



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 538 575 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift: **02.11.95**

Int. Cl.⁶: **C21D 11/00, C21D 1/767**

Anmeldenummer: **92113958.0**

Anmeldetag: **17.08.92**

Verfahren zum Abkühlen einer Werkstückcharge innerhalb eines Wärmebehandlungsprozesses.

Priorität: **25.10.91 DE 4135313**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.04.93 Patentblatt 93/17

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
02.11.95 Patentblatt 95/44

Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 129 701
EP-A- 0 253 176

HAERTEREI TECHNISCHE MITTEILUNGEN Bd.
41, Nr. 4, 1986, MUNCHEN DE Seiten 207 - 212
B. LISCIC ET AL.

Patentinhaber: **IPSEN INDUSTRIES INTERNA-**
TIONAL GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNK-
TER HAFTUNG
Flutstrasse 78
D-47533 Kleve (DE)

Erfinder: **Edenhofer, Bernd, Dr.**
Hölderlinstrasse 29
W-4190 Kleve (DE)

Vertreter: **Stenger, Watzke & Ring Patentan-**
wälte
Kaiser-Friedrich-Ring 70
D-40547 Düsseldorf (DE)

EP 0 538 575 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen einer Werkstückcharge innerhalb eines Wärmebehandlungsprozesses mittels Gaskühlung, bei dem die den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter wie etwa Kühlgasgeschwindigkeit und Kühlgasdruck in Abhängigkeit von während des Abkühlprozesses ermittelten Temperaturen eingestellt und auf diese Weise der Abkühlprozeß gesteuert wird.

Werkstückchargen in Öfen zur Wärmebehandlung oder in separaten Gaskühlvorrichtungen werden bisher in der Weise unter einem Schutzgas bei Normaldruck oder Überdruck abgekühlt oder abgeschreckt, daß entweder mit einem konstanten, vorher abzuschätzenden Gasdruck des Kühlgases und einer vorgegebenen Geschwindigkeit des Kühlgases gekühlt wird. Die Abkühlung erfolgt in einer Stufe oder mehreren Stufen, wobei der Temperaturgradient des Ofens oder der eines Analogstückes vorgegeben wird und als Sollgröße für die Steuerung des Abkühlprozesses dient. Zur Erfassung des Istwertes der Temperatur lassen sich grundsätzlich auch Meßfühler unmittelbar im oder am Werkstück anbringen. Dies ist allerdings in der Praxis häufig nicht durchführbar. Da auch vergleichbare Analogstücke identischer Geometrie und aus identischem Werkstoff vielfach nicht vorliegen, bzw. sich bei großen Werkstücken nicht im Ofenraum unterbringen lassen, bleibt in solchen Fällen zur Regelung des Prozesses nur die Vorgabe eines Temperaturgradienten im Ofen. Dieser Temperaturgradient steht jedoch in keinem Zusammenhang mit dem erforderlichen Temperaturgradienten an einem beliebigen Werkstückquerschnitt des zu härtenden Werkstückes, um dort die geforderte Härte zu erreichen.

Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, das Abkühlen der Werkstückcharge so zu steuern, daß an einem vorgegebenen Werkstückquerschnitt das gewünschte Wärmebehandlungsergebnis erreicht wird, ohne an dieser oder einer anderen Stelle des Werkstücks Temperaturmessungen vorzunehmen.

Zur **Lösung** dieser Aufgabenstellung wird vorgeschlagen, daß während des Abkühlprozesses mit Hilfe mehrerer Meßfühler, z.B. Thermoelemente, kontinuierlich der Temperaturverlauf über den Querschnitt mindestens einer im Chargenraum angeordneten Meßsonde definierter Geometrie und definierten Werkstoffs erfaßt wird und mittels eines Rechners aufgrund dieser Temperaturverläufe zu der Meßsonde über die Bestimmung der Wärmestromdichte und des Wärmeübergangs an der Meßsonde der zeitliche Temperaturverlauf im Werkstück, d.h. in dem interessierenden Querschnitt des Werkstückes, errechnet wird und daß der Rechner mittels einer Vergleichseinrichtung einen fortlaufenden Vergleich zwischen dem solcher-

art errechneten Ist-Temperaturverlauf und einem vorgegebenen Soll-Temperaturverlauf durchführt und die den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter in Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Vergleiches steuert.

Grundlage dieses Verfahrens ist die Steuerung des Abkühlprozesses auf Basis von Temperaturverläufen, die mittels einer Meßsonde definierter Geometrie und definiertem Werkstoffs erfaßt werden. Eine derartige Meßsonde ist für den Fall des Abschreckhärtens in einem Wasser- oder Ölbad in einem Beitrag von Liscic und Filetin in der Zeitschrift "Härtereitechnische Mitteilungen 41 (1986)" Heft 4, Seiten 208ff beschrieben. Diese Meßsonde ermöglicht es, zu jedem Zeitpunkt während der Wärmebehandlung die Temperatur der Sonde an einer oder mehreren Stellen ihres Querschnittes zu bestimmen.

Bei der vorliegenden Erfindung wird auf Grundlage der hierdurch ermittelten Temperaturverläufe und mit Hilfe der mathematischen Beziehungen für die Wärmeleitung in festen Stoffen und für den konvektiven Wärmeübergang das Temperaturprofil in der Meßsonde sowie die Wärmestromdichte und der Wärmeübergangskoeffizient an der Oberfläche der Meßsonde zu jedem Zeitpunkt während der Abkühlung errechnet. Mit Hilfe der bekannten dreidimensionalen Wärmeleitungsgleichungen wird dann für die vorgegebene Geometrie des Werkstückes für jeden Zeitpunkt dessen Oberflächentemperatur sowie der Temperaturverlauf im jeweils interessierenden Werkstückquerschnitt bestimmt. Der hierdurch erhaltene, errechnete Ist-Temperaturverlauf im Werkstück wird mit einem vorgegebenen Soll-Temperaturverlauf im Werkstück verglichen, der für die jeweilige Geometrie des Werkstückquerschnitts beispielsweise aus dem entsprechenden ZTU-Diagramm des betreffenden Werkstoffes ermittelt wird und der ein optimales Ergebnis der Wärmebehandlung, insbesondere ein optimales Härteergebnis, erwarten läßt. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleiches erfolgt dann die Steuerung der den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter, d.h. der Geschwindigkeit des auf die Werkstückcharge geleiteten Kühlgases und/oder des Gasdrucks des Kühlgases. Die Steuerung des Abkühlprozesses kann auch über eine entsprechende Auswahl des jeweils in den Chargenraum eingeleiteten Kühlgases erfolgen, wofür vorzugsweise Stickstoff, Helium, Argon oder Wasserstoff in Betracht kommen.

Die Führung der den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter erfolgt dann in der Weise, daß der für den betrachteten Querschnitt des Werkstückes errechnete Ist-Temperaturverlauf zu jedem Zeitpunkt weitgehend mit dem aus dem ZTU-Diagramm gewonnenen Soll-Temperaturverlauf übereinstimmt. Dadurch wird am vorgegebenen Querschnitt des Werkstückes das gewünschte Wärme-

behandlungsergebnis erreicht, ohne daß an dieser oder an einer anderen Stelle des Werkstücks Temperaturmessungen erforderlich wären.

Die Temperaturen werden vorzugsweise an verschiedenen Stellen des Querschnittes der Meßsonde erfaßt, von denen sich zumindest zwei Meßstellen innerhalb der Meßsonde befinden. Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens sind innerhalb der Meßsonde insgesamt drei Meßstellen angeordnet, wobei diese Meßstellen verschiedene Abstände zur Oberfläche der Meßsonde aufweisen. Hierdurch ist eine besonders exakte Errechnung des Temperaturprofils im betrachteten Querschnitt der Meßsonde möglich, so daß auch das anschließende Errechnen des Ist-Temperaturverlaufes im Werkstück mit großer Genauigkeit durchgeführt werden kann.

Besonders aussagefähige Temperaturwerte lassen sich erhalten, wenn zumindest eine Meßstelle sich nahe der Oberfläche innerhalb der Meßsonde befindet.

Da zur Berechnung des Ist-Temperaturverlaufes auch die Gastemperatur im Chargenraum benötigt wird, wird mit einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens vorgeschlagen, die Gastemperatur nahe der Oberfläche der Meßsonde zu erfassen. Alternativ ist auch eine mathematische Berechnung der Gastemperatur möglich.

Von Vorteil ist es ferner, wenn die Form der Meßsonde den für den Erfolg des Wärmebehandlungsprozesses maßgeblichen Stellen des Werkstücks nachgebildet ist. Diese Weiterentwicklung des Verfahrens ist insbesondere bei großen Werkstückserien mit Vorteil anwendbar, wobei in diesem Fall die für das Werkstück errechneten Ist-Temperaturverläufe den tatsächlichen Temperaturverlauf besonders genau wiedergeben, so daß sich der Abkühlprozeß besonders präzise steuern läßt.

Schließlich ist bei einer Weiterentwicklung des Verfahrens vorgesehen, daß der Rechner den Soll-Temperaturverlauf aus dem ZTU-Diagramm des Werkstoffes des Werkstückes errechnet. Es ist dadurch nicht erforderlich, im Rechner werkstückspezifische Abkühlkurven abzuspeichern. Der Rechner benötigt vielmehr nur eine Datei der einschlägigen ZTU-Diagramme und errechnet hieraus bei Kenntnis der geforderten Härte selbsttätig den Soll-Temperaturverlauf im Werkstück an der betreffenden Stelle.

Weitere Einzelheiten und Vorteile des Gegenstandes der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der zugehörigen Zeichnungen, in denen anhand eines Beispiels das erfindungsgemäße Verfahren erläutert ist. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein vereinfachtes Ablaufdiagramm des Verfahrens zum Abkühlen einer Werkstückcharge innerhalb eines Wärmebehandlungsprozesses und

Fig. 2 in einer Schnittdarstellung eine Meßsonde zur Verwendung in dem Verfahren.

In Fig. 1 ist strichpunktiert der Chargenraum 1 eines Vakuumofens zur Wärmebehandlung metallischer Werkstücke dargestellt. Der Vakuumofen ist zur Durchführung eines vollständigen Wärmebehandlungsprozesses vorbereitet, verfügt also neben einem Heizsystem über ein gebläsegestütztes Kühlsystem, bei dem ein Kühlgas, beispielsweise Stickstoff, Helium, Argon oder Wasserstoff, in den Chargenraum 1 eingeleitet wird und auf diese Weise zu einem schnellen Abkühlen des Werkstückes bzw. der Charge von Werkstücken führt. Der Abkühlprozeß wird von einer Steuereinrichtung 2 kontrolliert, die sowohl die Geschwindigkeit v_{Gas} als auch den Gasdruck p_{Gas} regelt. Die Kühlgasgeschwindigkeit und damit die innerhalb des Wärmebehandlungsprozesses am Werkstück erzielbare Härte läßt sich also durch die Steuereinrichtung 2 beeinflussen.

Im Chargenraum 1 befindet sich neben einem Werkstück 3 eine Meßsonde 4, die mit insgesamt vier Meßstellen zur Temperaturmessung versehen ist. Innerhalb der Meßsonde 4 angeordnete Meßstellen ergeben Temperaturwerte T_1, T_2 und T_3 , während eine nahe der Oberfläche der Meßsonde 4 angeordnete weitere Meßstelle die Temperatur T_0 im Chargenraum 1 nahe der Oberfläche der Meßsonde 4 erfaßt.

Der Aufbau der Meßsonde 4 ist in der Fig. 2 dargestellt. Die Meßsonde 4 besteht aus einem massiven Metallzylinder, in den quer zur Längsachse des Zylinders insgesamt drei parallel zueinander verlaufende Bohrungen 5 zur Aufnahme von Meßfühlern eingearbeitet sind. Die Bohrungen 5 reichen unterschiedlich weit bis an die Oberfläche 6 der Meßsonde 4. Eine erste Meßstelle 7a wird durch ein Thermoelement gebildet, welches sich am sacklochartigen Ende der kürzesten der drei Bohrungen 5 befindet. Diese Meßstelle 7a erfaßt daher die Temperatur im Kern der Meßsonde 4. Die zweite Meßstelle 7b befindet sich in einem Abstand von ca. 4mm zur Oberfläche 6 der Meßsonde 4, während die dritte Meßstelle 7c knapp unterhalb der Oberfläche 6 der Meßsonde 4 eingebaut ist. Der Abstand zur Oberfläche 6 beträgt hier nur ca. 1,5mm. Um einen Wärmeeinfluß auf die als Thermoelemente ausgebildeten Meßfühler durch die Bohrungen 5 hindurch zu vermeiden, sind die Bohrungen 5 nach Einsetzen der Thermoelemente verschlossen. Nicht dargestellte Stromleiter der Thermoelemente führen aus der Meßsonde 4 hinaus und sind an eine Meßwerterfassung eines den Abkühlprozeß steuernden Rechners angeschlossen.

In Fig. 1 ist dargestellt, daß die an den drei Meßstellen der Meßsonde ermittelten Temperaturen T_1, T_2 und T_3 sowie die knapp oberhalb der

Oberfläche der Meßsonde 4 ermittelte Temperatur T_o zusammen mit der Geometrie und dem verwendeten Werkstoff der Meßsonde 4 einem in dem Rechner durchgeführten Rechenschritt zugrundegelegt werden, in dem für die Meßsonde 4 das Temperaturprofil T_s , die Wärmestromdichte an der Oberfläche sowie der Wärmeübergangskoeffizient der zwischen Oberfläche und Kühlgas übergehenden Wärme zu jedem Zeitpunkt während der Abkühlung ermittelt werden. Diese Berechnung erfolgt mit den bekannten Gleichungen der konvektiven Wärmeübertragung sowie der Wärmeleitung.

Diese Daten sowie die die Geometrie und den Werkstoff des Werkstückes 3 betreffenden Daten werden von dem Rechner in einem weiteren Rechenschritt herangezogen, um für den jeweiligen Zeitpunkt die Temperatur im Inneren sowie an der Oberfläche eines vorgegebenen Querschnittes des Werkstückes 3 zu berechnen. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Wärmeübertragungsbedingungen an Meßsonde 4 und Werkstück 3 weitgehend gleich sind. Anhand dieser Annahme wird aus den an der Meßsonde 4 ermittelten zeitlichen Temperaturverläufen auf entsprechende, jedoch zusätzlich durch die Geometrie sowie den Werkstoff des Werkstückes 3 beeinflusste Temperaturverläufe im Werkstück 3 geschlossen. Hierzu werden in einem Unterprogramm des Rechners die bekannten Wärmeleitungsgleichungen in dreidimensionaler Form für den jeweiligen Zeitpunkt sowie die vorgegebene Werkstückgeometrie gelöst. Der auf diese Weise rechnerisch bestimmte Ist-Temperaturverlauf $T_{w,ist}$ stimmt gut mit dem tatsächlichen Temperaturverlauf in dem Werkstück 3 überein, wenn die Kühlbedingungen, d.h. die Temperatur und die Geschwindigkeit des Kühlgases, an der Meßsonde 4 und dem Werkstück 3 gleich sind. Dies ist in der Praxis mit ausreichender Genauigkeit erfüllt, wenn die Meßsonde 4 nahe dem Werkstück 3 im Chargenraum 1 angeordnet wird.

Zur Steuerung des Abkühlprozesses ist es erforderlich, den rechnerisch ermittelten Ist-Temperaturverlauf $T_{w,ist}$ mit einem Soll-Temperaturverlauf $T_{w,soll}$ zu vergleichen. Hierbei wird der Soll-Temperaturverlauf $T_{w,soll}$ in einem Unterprogramm rechnerisch aus dem für den jeweiligen Werkstoff geltenden ZTU-Diagramm des Werkstückes 3 abgeleitet. Dabei wird mit Hilfe des ZTU-Diagramms jene Sollkurve errechnet, die gerade die gewünschte Härte des Werkstoffes ergibt.

Um den Ist-Temperaturverlauf $T_{w,ist}$ möglichst gut in Übereinstimmung mit dem Soll-Temperaturverlauf $T_{w,soll}$ zu bringen, führt der Rechner anschließend einen Vergleichsschritt 8 durch, wobei abhängig von dem Ergebnis dieses Vergleichs die Steuereinrichtung 2 die den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter v_{Gas} , p_{Gas} im Sinne einer bestmöglichen Annäherung an den Soll-Temperaturver-

lauf $T_{w,soll}$ steuert. Der gesamte Abkühlprozeß läuft daher vollautomatisch und rechnergesteuert. Hierbei wird nur genau so viel Kühlgas und Umweltenergie zur Verteilung des Kühlgases verbraucht, wie nötig. Der Wärmebehandlungsprozeß ermöglicht es, in jedem gewünschten Punkt des Werkstückes genau die angestrebte Härte zu erreichen. Zusätzlich ist es möglich, bereits vor Durchführung des Wärmebehandlungsprozesses eine Vorausberechnung durchzuführen und auf diese Weise den Ablauf des Abkühlprozesses zu simulieren.

Bezugszeichenliste

15	1	Chargenraum
	2	Steuereinrichtung
	3	Werkstück
	4	Meßsonde
	5	Bohrung
20	6	Oberfläche
	7a	erste Meßstelle
	7b	zweite Meßstelle
	7c	dritte Meßstelle
	8	Vergleichsschritt

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abkühlen einer Werkstückcharge innerhalb eines Wärmebehandlungsprozesses mittels Gaskühlung, bei dem die den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter wie etwa Kühlgasgeschwindigkeit und Kühlgasdruck in Abhängigkeit von während des Abkühlprozesses ermittelten Temperaturen eingestellt und auf diese Weise der Abkühlprozeß gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß während des Abkühlprozesses mit Hilfe mehrerer Meßfühler, z.B. Thermoelemente, kontinuierlich der Temperaturverlauf über den Querschnitt mindestens einer im Chargenraum angeordneten Meßsonde definierter Geometrie und definierten Werkstoffs erfaßt wird und mittels eines Rechners aufgrund dieser Temperaturverläufe in der Meßsonde über die Bestimmung der Wärmestromdichte und des Wärmeübergangs an der Meßsonde der zeitliche Temperaturverlauf im Werkstück, d.h. in dem interessierenden Querschnitt des Werkstückes, errechnet wird und daß der Rechner mittels einer Vergleichseinrichtung einen fortlaufenden Vergleich zwischen dem solcherart errechneten Ist-Temperaturverlauf ($T_{w,ist}$) und einem vorgegebenen Soll-Temperaturverlauf ($T_{w,soll}$) durchführt und die den Abkühlprozeß bestimmenden Parameter in Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Vergleiches steuert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturen an verschiedenen Stellen des Querschnittes der Meßsonde erfaßt werden, von denen sich zumindest zwei Meßstellen innerhalb der Meßsonde befinden. 5
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß insgesamt drei Meßstellen innerhalb der Meßsonde angeordnet sind, wobei diese Meßstellen verschiedene Abstände zur Oberfläche der Meßsonde aufweisen. 10
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich zumindest eine Meßstelle nahe der Oberfläche innerhalb der Meßsonde befindet. 15
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gastemperatur (T_o) nahe der Oberfläche der Meßsonde erfaßt wird. 20
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der Meßsonde den für den Erfolg des Wärmebehandlungsprozesses maßgeblichen Stellen des Werkstücks nachgebildet ist. 25
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmebehandlungsprozeß in einem Vakuumofen durchgeführt wird. 30
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rechner den Soll-Temperaturverlauf ($T_{w,soll}$) aus dem ZTU-Diagramm des Werkstoffes des Werkstückes errechnet. 35

Claims

1. Method for cooling a workpiece charge within a heat treatment process by means of gas cooling, in which the parameters which define the cooling process such as perhaps cooling gas speed and cooling gas pressure are adjusted as a function of temperatures determined during the cooling process and in this way the cooling process is controlled, characterised in that the temperature gradient is detected over the cross-section of at least one measuring probe of predefined geometry and predefined material arranged in the charge space continuously during the cooling process by means of several measuring sensors, e.g. thermocouples, and the temperature gradient in time in the workpiece, i.e. in the cross-section of the workpiece of interest, is calculated by means of a computer on the basis of these temperature gradients in the measuring probe on determination of the heat flux density and heat 40
- 45
- 50
- 55

transmission at the measuring probe, and in that the computer by means of a comparator makes a progressive comparison between the actual temperature gradient ($T_{w,act}$) calculated in such a way and a preset nominal temperature gradient ($T_{w,nom}$), and controls the parameters which define the cooling process as a function of the result of this comparison.

2. Method according to claim 1, characterised in that the temperatures are detected at different points of the cross-section of the measuring probe, of which at least two measuring points are located inside the measuring probe.
3. Method according to claim 2, characterised in that a total of three measuring points are arranged inside the measuring probe, wherein these measuring points have different distances from the surface of the measuring probe.
4. Method according to claim 2 or claim 3, characterized in that at least one measuring point is located near the surface inside the measuring probe.
5. Method according to claim 2, characterized in that the gas temperature (T_o) near the surface of the measuring probe is detected.
6. Method according to claim 2, characterised in that the shape of the measuring probe simulates the points of the workpiece which are critical for success of the heat treatment process.

7. Method according to claim 1, characterized in that the heat treatment process is carried out in a vacuum furnace.

8. Method according to claim 1, characterized in that the computer calculates the nominal temperature gradient ($T_{w,nom}$) from the time-temperature-transformation graph of the material of the workpiece.

Revendications

1. Procédé pour refroidir une charge de pièces pendant un processus de traitement thermique au moyen d'un refroidissement au gaz, dans lequel les paramètres déterminant le processus de refroidissement, comme par exemple la vitesse du gaz de refroidissement et la pression du gaz de refroidissement, sont réglés en fonction de températures enregistrées lors du processus de refroidissement, et le processus

- de refroidissement est commandé de cette façon, caractérisé en ce que, lors du processus de refroidissement, la variation de la température est enregistrée en continu, au moyen de plusieurs capteurs, par exemple de thermocouples, sur la section d'au moins une sonde de mesure à géométrie définie et en matériau défini placée dans l'enceinte abritant la charge, en ce que la variation de température dans le temps à l'intérieur de la pièce, c'est-à-dire dans la section choisie de la pièce, est calculée au moyen d'un ordinateur, sur la base de ces variations de température observées dans la sonde de mesure, à l'aide de la densité de flux thermique et de la transmission de chaleur déterminées au niveau de la sonde, et en ce que l'ordinateur procède, au moyen d'un dispositif de comparaison, à une comparaison permanente entre la variation thermique effective ($T_{w,eff}$) ainsi calculée et une variation thermique de consigne prédéfinie ($T_{w,cons}$) et, en fonction du résultat de cette comparaison, module les paramètres déterminant le processus de refroidissement.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les températures sont enregistrées en divers endroits de la section de la sonde de mesure, au moins deux de ces points de mesure se trouvant à l'intérieur de la sonde.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les points de mesure situés à l'intérieur de la sonde de mesure sont au nombre total de trois, lesdits points de mesure se trouvant à des distances diverses par rapport à la surface de la sonde de mesure.
4. Procédé selon la revendication 2 ou la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins un point de mesure se trouve à proximité de la surface à l'intérieur de la sonde de mesure.
5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la température du gaz (T_o) est enregistrée à proximité de la surface de la sonde de mesure.
6. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la forme de la sonde de mesure est obtenue en reproduisant les points de la pièce qui sont déterminants pour la réussite du processus de traitement thermique.
7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le processus de traitement thermique est réalisé dans un four à vide.
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ordinateur calcule la variation thermique de consigne ($T_{w,cons}$) à partir du diagramme T.T.T. du matériau de la pièce.

Fig. 1

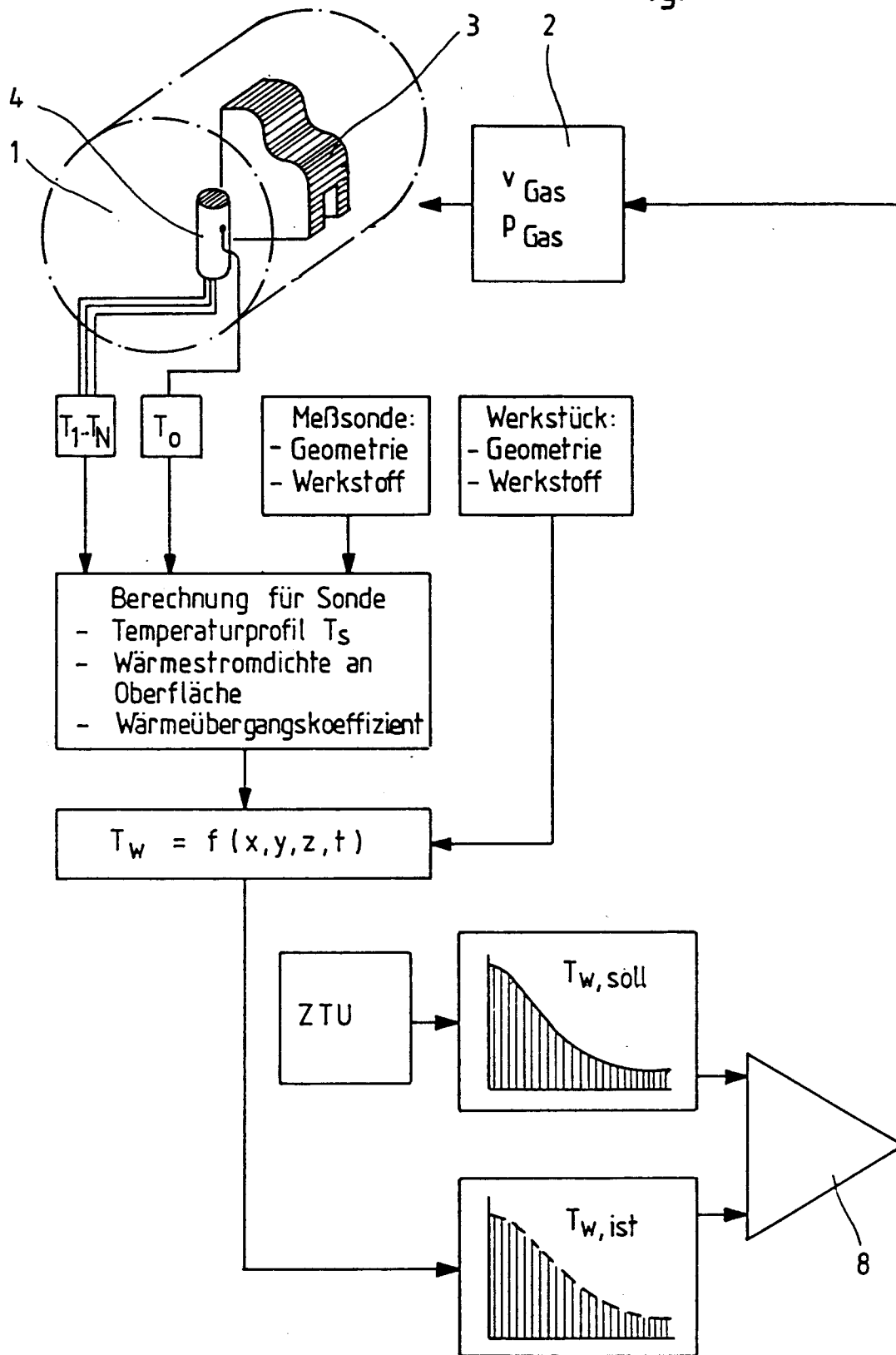


Fig. 2

