



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 19 141 T2** 2005.08.11

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 216 311 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 19 141.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE00/01634**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 957 215.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/014601**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **01.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **30.03.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **11.08.2005**

(51) Int Cl.⁷: **C21D 6/02**
B26B 19/02, B26B 19/14

(30) Unionspriorität:
9902977 23.08.1999 SE

(73) Patentinhaber:
**Sandvik AB, Sandviken, SE; Koninklijke Philips
Electronics N.V., Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:
**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**NILSSON, Jan-Olof, S-811 35 Sandviken, SE;
OLSSON, Sören, S-811 38 Sandviken, SE;
SJOERD BLAAUW, Hubert, NL-9205 AV Drachten,
NL; VAN DER GRIJN, Adriaan, NL-9202 GC
Drachten, NL**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen von Produkten aus ausscheidungsgehärtetem, martensitischem, nichtrostendem Stahl und Verwendung des Verfahrens**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlproduktes, worin der Stahl isothermer Martensitbildung und Ausscheidungshärtung in einer martensitischen Struktur anschließend an Weichglühen und seine Formgebung ausgesetzt wird. Die Erfindung betrifft auch ein Stahlprodukt, das mit einer solchen Methode erhalten wird und die Verwendung dieses Stahlprodukts.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Bei der Diskussion des Standes der Technik, die nun folgt, wird Bezug genommen auf bestimmte Strukturen und/oder Methoden. Die folgenden Bezugnahmen sollten jedoch nicht notwendigerweise als eine Zulassung angesehen werden, daß diese Strukturen und/oder Methoden Stand der Technik darstellen. Die Anmelderin behält sich ausdrücklich das Recht vor, zu demonstrieren, daß solche Strukturen und/oder Methoden gegenüber der vorliegenden Erfindung kein Stand der Technik sind.

[0003] In der veröffentlichten internationalen Patentanmeldung WO 93/07 303 wurde ein Verfahren zur Herstellung der oben erwähnten Art beschrieben, worin die Umwandlung in die martensitische Struktur durch Luftkühlung nach dem Glühen im austenitischen Bereich oder durch Kaltbearbeitung erreicht wird. Luftkühlung nach Glühen führt normalerweise zu der sogenannten athermischen kinetischen Umformung von Martensit. Die Bildung von durch Luftkühlung induziertem Martensit wird durch Legierungselemente, wie Nickel, Titan und Aluminium, unterdrückt, die für die Ausscheidung von härtbarem Stahl verwendet werden. Es mag sein, daß bei relativ hohen Konzentrationen solcher Legierungselemente der Austenit stabilisiert wird, so daß die Gastemperatur der martensitischen Umwandlung unpraktisch niedrig wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Ziel der Erfindung sind, ein Verfahren zur Herstellung von Stahlprodukten, so hergestellte Stahlprodukte und die Verwendung dieser Stahlprodukte, wobei ein praktisches Optimum zwischen Duktilität, Festigkeit, Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit, Homogenität von Martensitverteilung und praktischer Wert der Martensitumformungstemperatur erreicht wird.

[0005] Die Erfindung ist in Anspruch 1 beschrieben. Bezug genommen wird auf [Fig. 1](#). Das Verfahren zur Herstellung eines Stahlprodukts nach der Erfindung umfaßt die Stufen, in denen der Stahl isothermer Martensitbildung (10) und Ausscheidungshärtung

(11) in einer martensitischen Struktur anschließend an Weichglühen (5) unterzogen wird. Der Stahl wird zu der erwünschten Form anschließend an Weichglühen (5) gebracht, wonach Lösungsglühen (7) bei einer Temperatur zwischen 1050°C und 1200°C und während einer Zeitdauer zwischen 5 und 30 Minuten erfolgt. Aus der Temperatur des Glühens (7) wird der Stahl mit einer Geschwindigkeit von wenigstens 5°C je Sekunde auf eine Temperatur unter 500°C abgekühlt. Der abgeschreckte Stahl wird einer isothermen martensitischen Umformung (10) unterzogen. Ausscheidungshärtung (11) des Stahls erfolgt dann bei einer Temperatur zwischen 450°C und 550°C während wenigstens 3 Minuten, um eine Ausscheidung von Teilchen in der Martensitstruktur zu bewirken.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0006] Die Ziele und Vorteile der Erfindung werden offenbar aus der folgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen hiervon in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung.

[0007] [Fig. 1](#) ist ein Temperaturprofil in der Zeit der Hitzebehandlung und Bearbeitungsmethode nach der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen.

[0008] Ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlprodukts nach der Erfindung ist gekennzeichnet durch Formgebung des Stahls und anschließendes Lösungsglühen zwischen 1050°C und 1200°C während einer Zeit zwischen 5 und 30 Minuten, wonach der Stahl von der Lösungsglühtemperatur zu einer Temperatur unterhalb 500°C mit einer Abschreckgeschwindigkeit von wenigstens 5°C je Sekunde abgekühlt wird. Der abgekühlte Stahl wird dann einer isothermen martensitischen Umformung unterzogen und anschließend gefestigt, indem er auf einer Temperatur zwischen 450°C und 550°C während wenigstens 3 Minuten gehalten wird, um Teilchen in der martensitischen Struktur auszuscheiden.

[0009] Eine Kombination einer isothermen martensitischen Umformung und Ausscheidungshärtung ist bekannt (siehe Scripta Metallurgica et Materrialia, 1995, Band 33, Nr. 9, Seiten 1367 – 1372). Ein Verfahren zur Herstellung der oben erwähnten Art, welches erlaubt, daß ein Stahlprodukt in eine relativ komplizierte Form durch Deformation gebracht wird, während ein Optimum zwischen Duktilität, Festigkeit, Verschleißbeständigkeit und Korrosionsbeständigkeit sowie Homogenität der Martensitverteilung erreicht wird, ist nicht offenbart. Es ist ein weiteres Ziel der Erfindung, eine sehr effiziente Methode zur Herstellung von Stahlprodukten mit einer homogenen Verteilung von Martensit und Ausscheidungen zu liefern.

[0010] Demnach ist das Verfahren zur Herstellung von Stahlprodukten nach der Erfindung weiterhin dadurch gekennzeichnet, daß man den abgeschreckten Stahl einer isothermen martensitischen Umformung unterzieht, indem man den Stahl auf einer Temperatur zwischen -30°C und -50°C während wenigstens einer Stunde hält.

[0011] Eine Methode zur Herstellung von Stahlprodukten nach der Erfindung wird noch weiterhin gekennzeichnet durch ein sensibilisierendes Verfahren, in welchem der Stahl einer Temperatur zwischen 850°C und 950°C während wenigstens 5 Minuten gehalten wird, um so eine Einleitung der martensitischen Umformung optimal werden zu lassen. Das sensibilisierende Verfahren erfolgt zwischen Lösungsglühen und Abschrecken des Stahls. Ein Stahl, der einem sensibilisierenden Verfahren ausgesetzt wurde, erleichtert thermo-mechanische Spannungen, was seinerseits den Stahl im Inneren des Stahlprodukts aufbauen würde. Die reduzierten inneren thermo-mechanischen Spannungen ermöglichen die Herstellung eines Stahlprodukts mit einer sehr genauen Größe und Stabilität bei der Verwendung.

[0012] Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, ein Herstellungsverfahren für ein Stahlprodukt zu bekommen, das eine Kombination von größerer Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Duktilität hat. Ein solches Verfahren ist weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl Chrom (Cr) in einem Gewichtsprozentsatz zwischen 10% und 14% umfaßt. Allgemein können martensitische Stähle mit einem niedrigen Gewichtsprozentsatz an Kohlenstoff, sogenannte Maragingstähle, mit oder ohne Chrom vorliegen. Korrosionsbeständige Maragingstähle umfassen einen Gewichtsprozentsatz an Chrom zwischen 10,5 und 18%. Eine besondere Maragingstahltype, die nach dem Verfahren der Erfindung erhalten werden kann, enthält in Gewichtsprozenten 10 – 15% Cr, 7 – 10% Ni, 3 – 6 % Mo, 0,9% Co, 0,5 – 4% Cu, 0,05 – 0,5% Al, 0,4 – 1,4% Ti und weniger als 0,03% C und N.

[0013] Die Erfindung wird nun weiter durch die Verwendung praktischer Beispiele beleuchtet.

Beispiel 1

[0014] Ein Stahlmaterial, das für die Verwendung mit der vorliegenden Erfindung geeignet ist und mit der oben erwähnten Zusammensetzung wurde als ein Streifenmaterial aus einer Großversuchsschmelze von sieben Tonnen in einem Hochfrequenzofen erzeugt und dann Walzen unterzogen. Das Verfestigungsverfahren nach dem Schmelzen 1 ist in [Fig. 1](#) gezeigt, in welcher das Temperaturprofil über die Zeit mit einer durchgezogenen Linie angegeben ist. Verfestigung der Schmelze führt zur Kristallisation von Ti (C, N) und dabei zur Bindung des freien Kohlenstoffs und freien Stickstoffs. Das Binden von freiem Stick-

stoff ist wichtig, da der freie Stickstoff sonst die isotherme martensitische Umformung unterdrücken würde.

[0015] Vor dem Walzen wird der Stahl erneut auf eine Temperatur von 1150°C bis 1250°C 2 erhitzt und bei dieser Temperatur wenigstens 1 Stunde Ausgleichsglühung unterzogen, um dem Material eine austenitische Struktur und genügend Duktilität zu geben, um heißgewalzt zu werden. Erneutes Erhitzen auf eine Temperatur von 1150° bis 1250°C 2 erfolgt durch Heißwalzen 3. Heißwalzen 3 erzeugt ein Material in einer Streifenform mit einer geeigneten Korngröße und gleichmäßig verteilten intermetallischen Teilchen.

[0016] Zunder (Oxidschichten), der sich während des Ausgleichglühens und Heißwalzens gebildet hat, muß entfernt werden durch Beizen und/oder Schleifen, bevor das Material zu feinen Abmessungen kaltgewalzt werden kann. Kaltwalzen 4 gibt dem Streifenstahl die Enddicke ohne Bildung von Oxidschichten. Kaltwalzen 4 jedoch führt zu Spannung, die martensitische Umformungen induziert, und zur Gewährleistung ausreichender Duktilität, um ein kompliziertes Produkt zu bilden, muß das Material zurück in den austenitischen Zustand Glühen 5 gebracht werden. Dieses Glühen 5 erfolgt in einem kontinuierlichen Ofen bei einer Temperatur um 1050°C , um das Material an der Umformung in Martensit zu hindern, bevor die Formgebung des Produkts erfolgte. Das Produkt wird in dem austenitischen Zustand 6 kaltgeformt, was zu einer Teilumformung in spannungsinduzierten Martensit führt. Um eine homogene Martensitumformung in dem gesamten Produkt und genügend Härtebarkeit des geformten Martensits durch Ausscheidungshärtung zu gewährleisten, ist das Material einer Lösungsglühung 7 während 5 bis 30 Minuten bei einer Temperatur zwischen 1050°C und 1200°C zu unterziehen. Das Lösungsglühen 7 bewirkt auch, daß Legierungselemente, wie Al, Cu, Mo und Ti, in Lösung in der austenitischen Struktur gehen und daß Spannungsrückbildung vom Martensit in Austenit induziert wird. Diese Elemente werden für Ausscheidungshärtung des isothermen Martensits in einer späteren Stufe der Herstellung verwendet.

[0017] Um eine optimale isotherme martensitische Umformung 10 zu erzielen, sollte die martensitische Umformung 10 bei einer Temperatur zwischen -30°C und -50°C während wenigstens einer Stunde erfolgen. Stärker bevorzugt geht der isothermen martensitischen Umformung 10 ein Sensibilisierungsverfahren 8 voraus. Das Sensibilisierungsverfahren 8 ist zwischen einer Lösungsglühstufe 17 und einer Abschreckstufe 9 angeordnet. Das Sensibilisierungsverfahren 8 erfolgt, wenn der Stahl auf einer Temperatur zwischen 850°C und 950°C während wenigstens 5 Minuten gehalten wird. Das Sensibilisierungsverfahren 8 bewirkt eine Destabilisierung der Auste-

nitstruktur des Stahlmaterials und erleichtert so die anschließende isotherme martensitische Umformung **10**. Es wurde bestimmt, daß während des Sensibilisierungsverfahrens **8** Mo und Ti aus der Lösung entfernt werden, und es wird angenommen, daß Mo sich entlang Kristallgrenzen konzentriert. Das Verhalten von Ti ist noch nicht klar. Sensibilisierung gewährleistet weiterhin homogene Keimbildung von Martensit während der isothermen martensitischen Umformung **10**. Abschrecken **9** auf Raumtemperatur oder selbst noch darunter verhindert vorzeitige Ausscheidung wesentlicher intermetallischer Verbindungen in dem Austenit.

[0018] Nach dem Abschrecken **9** wird das Stahlmaterial einer isothermen martensitischen Umformung **10** unterzogen. Diese Umformung erfolgt durch Halten des Stahls auf einer Temperatur von -30°C bis 50°C während wenigstens einer Stunde. Das Ergebnis ist eine homogene martensitische Struktur mit gleichmäßig verteiltem zurückgehaltenem Austenit in einer feinen Korngröße. Der isothermen martensitischen Umformung **10** folgt ein Härtingsverfahren **11**, während dessen intermetallische Verbindungen aus der Lösung in die martensitische Struktur ausgefällt werden. Das so behandelte Stahlprodukt hat eine homogene Härte von mehr als 450 HV.

[0019] Ein Stahlprodukt, das mit der vorliegenden Methode erhalten wird, ist homogen und zeigt ausgezeichnete Eigenschaften in Bezug auf Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Härte und Duktilität. Diese einzigartige Kombination von Eigenschaften macht das Bandstahlprodukt sehr attraktiv für Rasiererkappen von elektrischen Dreh-Rasierapparaten, die Tiefziehen während der Herstellung unterzogen werden, um die erforderliche Schüsselform zu erhalten. Das gleiche gilt für die schwer verformten Schneiwerkzeuge von Rasierapparaten, die stark verformten Messer von Mischern und die stark gefalteten Rückstellfedern für Thermostaten in Bügeleisen.

[0020] Die chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozenten eines Stahlmaterials, das sehr gut geeignet für die Behandlungsmethode nach der vorliegenden Erfindung ist, ist folgende (sogenannter Sandvik IRK91 Stahl):

C + N	$\leq 0,05$
Cr	12,00
Mn	0,30
Fe	Rest
Ni	9,00
Mo	4,00
Ti	0,90
Al	0,30
Si	0,15
Cu	2,00

[0021] Ein Stahlmaterial oder Produkt mit der gleichen chemischen Zusammensetzung wie in Beispiel 1 kann als eine Diaphragma-Plattenfeder erzeugt werden, die wie eine Rückstellfeder in einem Fließmittelventil funktioniert. Abhängig von der erforderlichen Genauigkeit der Diaphragma-Plattenfederabmessungen kann es erlaubt sein, einen sogenannten Restaustenit in dem Produkt nach dem Abschrecken **9** zu haben. Der Lösungsbehandlung **7** folgt vorzugsweise ein Sensibilisieren **8**, welches eine Destabilisierung des Austenits bewirkt, so daß die spätere isotherme martensitische Umformung **10** erleichtert wird. Diaphragma-Plattenfedern für viele Anwendungsgebiete verwenden komplizierte Formen, die eine starke Deformation während der Bildung erfordern. Solche Deformationen verursachen spannungsinduzierten Martensit, der in Austenit durch Lösungsbehandlung **7** zurückgebracht werden muß. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung ist gut geeignet zur Herstellung von Stahlmaterial für diese Anwendung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung genau geformter geometrisch komplizierter Gegenstände aus einem rostfreien Stahl mit Martensitahärtung, mit den Stufen, in denen man

(a) den Stahl (**6**) formt, danach einer Lösungshärtung (**7**) zwischen einer Temperatur von 1050°C und 1200°C und während einer Zeitdauer zwischen 5 und 30 Minuten unterzieht,

(b) den Stahl einer Sensibilisierungsprozedur (**8**) unterzieht, worin Abschrecken (**9**) aus dem Lösungsglühen (**7**) bei einer Temperatur zwischen 850°C und 950°C für wenigstens 5 Minuten angehalten wird, um den Austenit zu destabilisieren und dadurch die Einleitung einer nachfolgenden isothermen Martensitumwandlung zu optimieren,

(c) den Stahl von der Temperatur des Sensibilisierungsverfahrens (**8**) auf eine Temperatur unterhalb 500°C mit einer Abschreckgeschwindigkeit von wenigstens 5°C je Sekunde abschreckt, wobei dieser abgeschreckte Stahl der isothermen Martensitumwandlung (**10**) unterzogen wird und dann

(d) bei einer Temperatur zwischen 450°C und 550°C während wenigstens 3 Minuten härtet (**11**), um zu bewirken, daß Teilchen aus der Lösung in die Martensitstruktur ausgefällt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der abgeschreckte Stahl einer isothermen Martensitumwandlung bei einer Temperatur zwischen -30°C und -50°C während wenigstens 1 Stunde unterzogen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Sensibilisierungsprozedur während der isothermen Martensitumwandlung Martensit homogen impft.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Stahl Chrom in einem Gewichtsprozentsatz zwischen 10 und 14 umfaßt.

5. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 zur Herstellung eines Stahlproduktes mit einer homogenen Härte von wenigstens 450 HV.

6. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt eine Kappe eines elektrischen Drehrasierers ist.

7. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt eine Schneideinrichtung eines elektrischen Drehrasierers ist.

8. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt eine Schneideinrichtung in einem häuslichen Zubehör ist.

9. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt ein Messer in einem häuslichen Zubehör ist.

10. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt eine Feder in einem häuslichen Zubehör ist.

11. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt ein medizinisches Instrument ist.

12. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt ein zahnmedizinisches Instrument ist.

13. Verwendung nach Anspruch 5, bei der das Stahlprodukt eine Feder einer Diaphragmaplatte in einem Flüssigkeitsventil ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

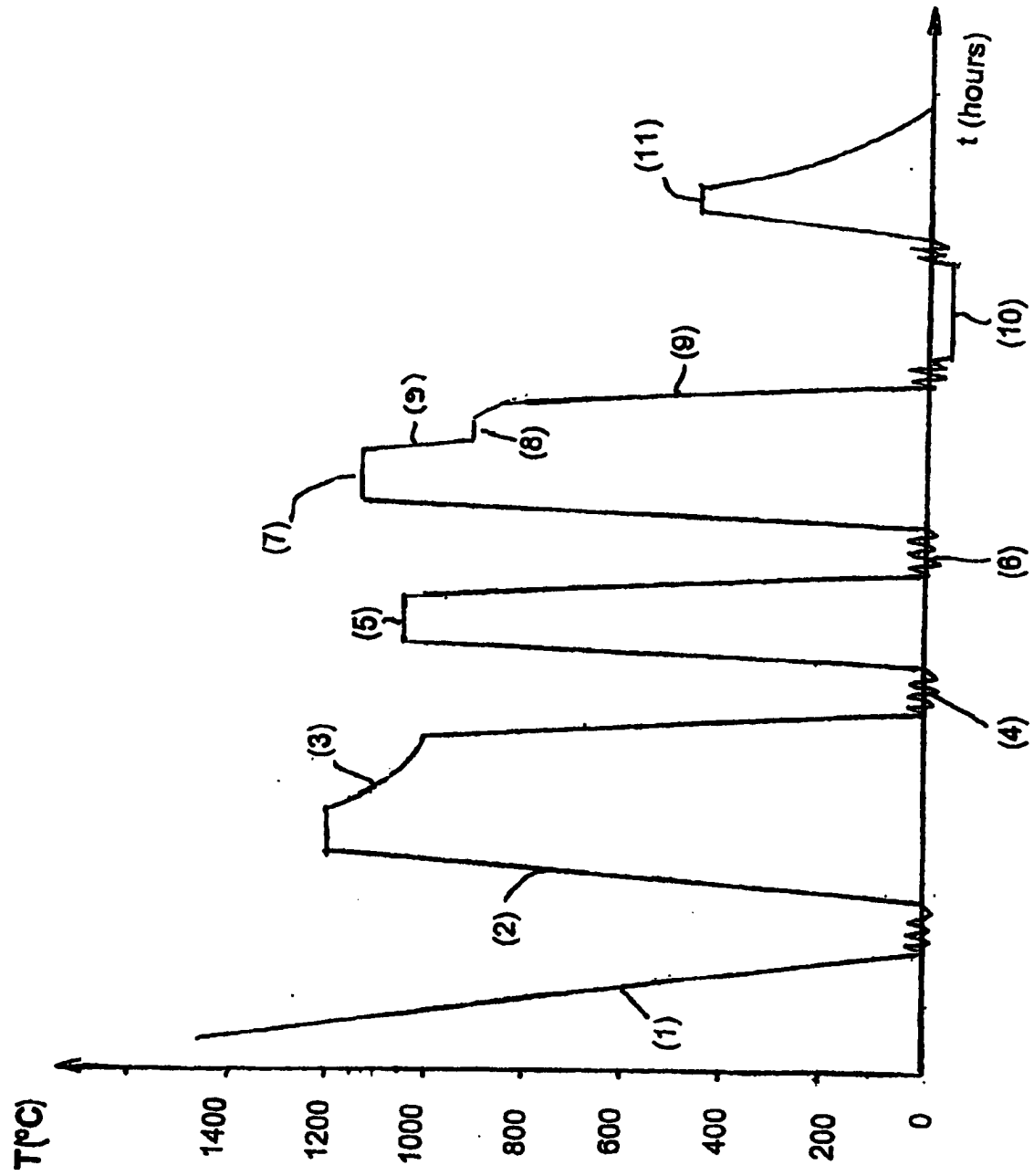


Fig. 1