



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 367 139 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **C21D 1/613**, C21D 1/767,
C21D 1/76, C21D 1/74

(21) Anmeldenummer: **03012016.6**

(22) Anmeldetag: **28.05.2003**

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

(72) Erfinder:
• **Die Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet**

(30) Priorität: **29.05.2002 DE 10224129**

(74) Vertreter: **Thielmann, Andreas
Cohausz & Florack,
Patentanwälte,
Kanzlerstrasse 8a
40472 Düsseldorf (DE)**

(71) Anmelder: **Schmetz GmbH
58706 Menden (DE)**

(54) **Wärmebehandlungsanlage und Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage**

(57) Dargestellt und beschrieben sind eine Wärmebehandlungsanlage, insbesondere zur Wärmebehandlung von metallischen Werkstücken, mit einem in einem Stahlgehäuse (1) angeordneten Nutzraum (2), Einrichtungen zum Beheizen und Abkühlen des Nutzraumes (2) und Mitteln zum Zirkulieren des Gases im (2) Nutzraum bzw. Stahlgehäuse (1) sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage. Um die Anlage für ei-

nen größeren Anwendungsbereich nutzbar machen zu können, um die Effizienz des Kühlsystems hinsichtlich Temperaturbereich und Abkühlgeschwindigkeit und damit auch die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage zu steigern, ist vorgesehen, dass der Nutzraum (2) einen Einlass (3) für eine Leitung für ein Flüssiggas umfasst, welche in einem Düsenauslässe (5) aufweisenden Verdampfungselement endet und dass der Nutzraum einen Auslass (6) für die Durchleitung von Abgas aufweist.

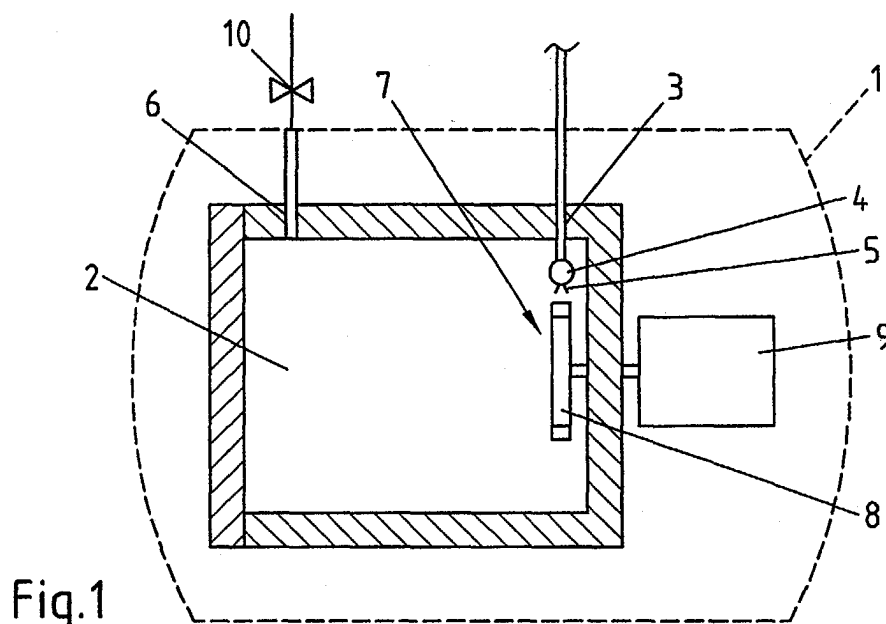


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Wärmebehandlungsanlage, insbesondere zur Wärmebehandlung von metallischen Werkstücken, mit einem in einem Stahlgehäuse angeordneten Nutzraum, Einrichtungen zum Beheizen und Abkühlen des Nutzraumes und Mitteln zum Zirkulieren des Gases im Nutzraum bzw. Stahlgehäuse sowie ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Anlage.

[0002] Wärmebehandlungsanlagen, häufig auch als Vakuum- oder Vakuum-Kammeröfen bezeichnet, sind in vielfältigen Ausführungen bekannt. Vakuumöfen mit Gasabschreckung im Unter- und Überdruckbereich werden heutzutage im allgemeinen für die verschiedensten Wärmebehandlungen metallischer Werkstücke eingesetzt.

[0003] Öfen mit höheren Gasdruckstufen werden vor allem zum Härten und Anlassen der unterschiedlichsten Stahlqualitäten benutzt. Öfen mit niedrigen Gasdruckstufen dagegen kommen hauptsächlich bei Vakuumlötprozessen, Glühprozessen und anderen Wärmebehandlungen von metallischen Chargen zum Einsatz.

[0004] In der Regel bestehen die Wärmebehandlungen darin, die Werkstücke innerhalb der Heizkammer, unter neutraler Atmosphäre (Schutzgas oder Vakuum) auf eine bestimmte Temperatur zu erwärmen und sie dann nach werkstoffbedingten Vorgaben oder nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten wieder abzukühlen. Zu diesem Zweck sind die bekannten Vakuumöfen mit einer integrierten Gas-Schnellkühlung ausgerüstet. Als Kühlgas wird aus technischen und Kostengründen überwiegend Stickstoff eingesetzt. Das Gas übernimmt dabei im wesentlichen zwei Hauptaufgaben, es dient

1. zur Schaffung einer neutralen Atmosphäre im Ofen und
2. als Wärmeträger für die Heißgas- und Kühlgasumwälzung.

[0005] Unabhängig von den vorgenannten Aufgaben werden die Öfen auf verschiedene Gasdruckstufen ausgelegt. Dies kann der reine Unterdruckbereich bis 1 bar (abs.) sowie auch der Überdruckbereich bei verschiedenen Drücken bis 10 bar (abs.) oder höher sein.

[0006] Bezogen auf die Abkühlgeschwindigkeit der Charge ist es wichtig, eine gleichmäßige, aber auf entsprechend den Anforderungen angepasste, regelbare Kühlgeschwindigkeit innerhalb einer Charge zu erreichen.

[0007] Die verfahrenstechnischen Anforderungen beruhen in erster Linie darauf, dass es bei derartigen Wärmebehandlungen wichtig ist, gezielte Veränderungen von Werkstoffeigenschaften zu erreichen.

[0008] Die wirtschaftlichen Gründe ergeben sich aus der allgemeinen Forderung, bei allen vorkommenden Behandlungsprozessen eine möglichst kostengünstige

Verfahrensweise zu erreichen.

[0009] Das Anwendungsfeld beschränkt sich für die bisher bekannten und beschriebenen Wärmebehandlungsanlagen in den genannten Punkten auf die nachfolgend genannten Merkmale:

1. Die Anwendungstemperatur (Arbeitstemperatur) im Nutzraum ist ausgelegt auf den Bereich zwischen Starttemperatur (Raumtemperatur) von ca. +25 °C und der max. Endtemperatur von +1.350 °C (oder höher). Nach Abkühlung ergibt sich eine Entnahmetemperatur von ca. +40 bis +50 °C.

2. Die Kühlung der Charge im Nutzraum erfolgt durch ein zirkulierendes Gassystem, bei dem der Wärmeträger "Gas" die aufgenommene Energie an einen Wärmetauscher, beispielsweise Gas-Wasser-Wärmetauscher, abgibt.

3. Zur "Schutzgasflutung" des Ofeninnenraumes gelangt Schutzgas von einem externen Überdruckpufferbehälter oder direkt aus dem Verdampfer der Gasversorgung, in gasförmiger Form in den Rezipienten des Ofens.

[0010] Das bedeutet, dass bei den bisher bekannten Anlagen zirkulierende Gasströmungen, die über Gas-Wasser-Wärmetauscher geführt werden, zur Abkühlung dienen. Dabei dient ein motorgetriebenes Gebläse als Antrieb, wobei der Motor im Kesselraum angeordnet ist. Dieses Kühlsystem ist vor allem im unteren Temperaturbereich, ab ca. 200 °C bis zur Entnahmetemperatur der Charge, langsam und träge.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bekannte und zuvor näher beschriebene Wärmebehandlungsanlagen und ein Verfahren zu ihrem Betreiben so auszugestalten und weiterzubilden, dass sie für einen größeren Anwendungsbereich nutzbar gemacht werden können. Weiterhin soll die Effizienz des Kühlsystems hinsichtlich Temperaturbereich und Abkühlgeschwindigkeit gesteigert werden und damit auch die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage.

[0012] Hinsichtlich der Anlage besteht die Lösung der Aufgabe darin, dass der Nutzraum einen Einlass für eine Leitung eines Flüssiggases umfasst, welche in einem Düsenauslässe aufweisenden Verdampfungselement endet und dass der Nutzraum einen Auslass für die Durchleitung von Abgas aufweist.

[0013] Verfahrenstechnisch wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass zur Abkühlung flüssige inerte Stoffe oder Reaktionsstoffe im Inneren des Nutzraumes verdampft werden. Das Gas wird dazu direkt flüssig in den Nutzraum eingeleitet und dort verdampft und nicht mehr gasförmig zugeführt, wie dies bei den bekannten Öfen der Fall ist. Dadurch erfolgt eine wesentliche Erhöhung der Kühlleistung.

[0014] Als flüssige inerte Stoffe kommen flüssige Gase wie Stickstoff, Argon, Helium, Neon oder Krypton in

Frage, als Reaktionsstoff beispielsweise Wasserstoff.

[0015] Die Steigerung der Schnellkühleigenschaften der Anlage durch Verdampfung von flüssigen, inerten Stoffen erfolgt unmittelbar im Nutzraum, so dass die Kühlcharakteristik der Anlagen während der Schnellkühlphase verbessert werden.

[0016] Mit der anfangs sehr großen Temperaturdifferenz zwischen verdampfendem Flüssiggas, beispielsweise bei Stickstoff von -196°C , und der heißen Charge im Plusbereich, wird neben der Erhöhung der Abkühlgeschwindigkeit auch eine Zeitverkürzung des Gesamt-Chargenzyklusses erreicht.

[0017] Erfindungsgemäß ist der Bereich der Chargentemperatur im Nutzraum des Ofens von Raumtemperatur auf eine Endtemperatur von -185°C erweitert worden.

[0018] Dabei dient der Tieftemperaturbereich zum "Tiefkühlen" von Stählen. Er findet Anwendung bei metallkundlichen Vorgängen wie Härten oder Anlassen. Durch die Behandlung bis -185°C wird Restaustenit in den stabileren harten Martensit umgewandelt. Bei dieser Umwandlung werden weitere kleinere Kohlenstoffteilchen in Form von Carbiden freigesetzt und in der Werkstoffmasse gleichmäßig verteilt. Diese tragen zur Abstützung der Martensit-Grundmasse bei, die inneren Spannungen im behandelten Werkstück nehmen ab.

[0019] Die Vergütung der erfindungsgemäß behandelten Werkstücke durch Abschrecken findet also im 'Ofen' selbst statt. Dabei nehmen Verschleißfestigkeit, Härte, Zugfestigkeit, Biegefestigkeit und Zähigkeit zu. Die Lebens- und Anspruchsdauer von Werkzeugstählen für Bohrer, Fräser und allgemeinen Schneidwerkzeugen und auch Werkstücken aus Vergütungsstählen nimmt zu.

[0020] Erfindungsgemäß erfolgt die Schutzgaserzeugung durch direktes Verdampfen von Flüssiggas im Nutzraum, d.h. Ofeninnenraum. Dadurch wird der Ausnutzungsgrad des Gases gesteigert. Das verdampfende Flüssiggas gibt seine Energie im Ofen ab und kann damit genutzt werden für eine

- Schaffung einer neutralen Ofenatmosphäre,
- Erzeugung des Kühlgas- bzw. Überdrucks im Ofen und
- Kühlung der Charge bzw. des Ofeninnenraumes.

[0021] Damit erstreckt sich der Bereich der Arbeitstemperatur der Wärmebehandlungsanlagen von $+1350^{\circ}\text{C}$ (oder höher) bis auf -185°C .

[0022] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer lediglich bevorzugte Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Wärmebehandlungsanlage im Längsschnitt,

Fig. 2 den Nutzraum einer erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsanlage gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel im Querschnitt und

Fig. 3 den Nutzraum einer erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsanlage gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel im Querschnitt.

Fig. 3 den Nutzraum einer erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsanlage gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel im Querschnitt.

[0023] Im dargestellten und insoweit bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein in einem nur schematisch angedeuteten doppelwandigen zylindrischen Stahlgehäuse 1 angeordneter Nutzraum 2 mit im wesentlichen rechteckigen Umrissen dargestellt. Zur besseren Darstellung der Erfindung sind die notwendigen Einrichtungen zum Beheizen und Abkühlen des Nutzraumes 2 sowie Mittel zum Zirkulieren des Gases im Nutzraum 2 bzw. Stahlgehäuse 1 nicht dargestellt.

[0024] Erfindungsgemäß weist der Nutzraum 2 einen Einlass 3 für eine nicht näher bezeichnete Leitung für ein Flüssiggas auf, die mit einem entsprechenden unter leichtem Druck stehenden Flüssiggasspeicher (nicht dargestellt) verbunden ist. Unterhalb des Einlasses 3 ist ein Verdampfungselement erkennbar, welches im Ausführungsbeispiel als Verdampfungsrohr 4 ausgeführt ist, das sich über die gesamte Breite des Nutzraumes erstreckt und an seiner Unterseite eine Vielzahl von Düsenauslässen 5 aufweist. Ein entsprechender Auslass 6 sorgt dafür, dass das Abgas aus dem Nutzraum 2 entweichen kann.

[0025] Nach einer weiteren Lehre der Erfindung ist unterhalb des Verdampfungselementes eine Zerstäubereinheit vorgesehen, welche aus einem hitzebeständigen Flügelrad 8 besteht, das über eine Welle mit einem außerhalb des Nutzraumes 2 angeordneten Antrieb 9 verbunden ist.

[0026] Die Fig. 2 und 3 zeigen zwei denkbare Ausgestaltungen von Zerstäubereinheiten 7, einmal mit einem Flügelrad 8 (Fig. 2) und einmal mit zwei Flügelrädern 8 (Fig. 3), wobei nach einer weiteren Lehre der Erfindung die Anordnung beider Flügelräder 8 bezogen auf den Nutzraum 2 symmetrisch erfolgt.

[0027] Es ist klar und nicht näher ausgeführt, dass die Zufuhrleitungen für das Flüssiggas mit einer speziellen Dämmung und Ummantelung versehen sind, und dass sämtliche Bauteile so ausgelegt sind, dass sie den hohen Temperaturen und den Temperaturwechseln Stand halten.

[0028] Gleichfalls ist nicht dargestellt, dass der Einlass 3 und Auslass 6 jeweils ein, vorzugsweise elektromagnetisch betätigbares, Ventil aufweisen.

[0029] Der Wärmebehandlungsvorgang beim Verdampfen des Flüssiggases im Nutzraum 2 läuft nun wie folgt ab:

[0030] Das Flüssiggas befindet sich in einem (nicht dargestellten) Tank unter leichtem Überdruck. Durch Öffnen eines automatisch betätigten Einlassventils gelangt der flüssige inerte Stoff über eine Zuleitung und eine vakuum- und überdruckdichte (nicht dargestellte) Durchführung in das Stahlgehäuse 1. Über diese Durch-

führung wird der flüssige Stickstoff in den Ofenrezipienten geführt. Von dort gelangt er über eine weitere Zuleitung in den wärmegeprägten Nutzraum 2 zum eigentlichen Verdampfungselement, dem Verdampfungsrohr 4, über dessen Längsachse Austrittsöffnungen 5 in Düsenform angebracht sind.

[0031] Im Bereich des Verdampfungsrohres im Nutzraum 2 ist die Zerstäubereinheit 7 positioniert, die im wesentlichen aus wenigstens einem hitzebeständigen Flügelrad 8 besteht.

[0032] Das Flüssiggas tritt mit Überdruck aus den Düsenauslässen 5 des Verdampfungsrohres 4 aus. Dabei trifft es auf das sich drehende Flügelrad 8 (bzw. die sich drehenden Flügelräder 8) und zerstäubt. Diese Maßnahme beschleunigt durch die Verwirbelung den Verdampfungsprozess erheblich. Versuche haben gezeigt, dass ein Verdampfen ohne Verwirbelung zwar auch funktioniert, doch dass dieser Vorgang wesentlich länger dauert.

[0033] Der flüssige Stickstoff wandelt sich dabei von der Liquidusphase in die Gasphase um. Die dabei nötige Wärme wird dem Material des Nutzraumes 2 sowie der Charge entzogen, der Kühlprozeß läuft.

[0034] Der Umwandlungsfaktor dieser beiden Zustände liegt für Stickstoff bei 1 zu 700, d.h. aus 1 Raumteil (flüssig) werden 700 Raumteile (gasförmiger Stickstoff).

[0035] Der dabei entstehende Überdruck kann bis zum zulässigen Kesseldruck genutzt werden.

[0036] Das erwärmte Gas tritt über den Auslass 6 wieder aus dem Nutzraum 2 aus und gelangt zur vakuum- und überdruckdichten Durchführung am Ofenrezipienten.

[0037] Eingeleitet wird dieser Vorgang durch das Betätigen des Gas-Ablassventils 10. Das Gas strömt über die Abgasleitung ins Freie.

[0038] Dieser Funktionsablauf wird temperatur- und druckabhängig gesteuert. Hierfür kann der bereits vorhandene, zur Ofengrundausrüstung gehörende Prozeßregler eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Wärmebehandlungsanlage, insbesondere zur Wärmebehandlung von metallischen Werkstücken, mit einem in einem Stahlgehäuse angeordneten Nutzraum, Einrichtungen zum Beheizen und Abkühlen des Nutzraumes und Mitteln zum Zirkulieren des Gases im Nutzraum bzw. Stahlgehäuse, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nutzraum (2) einen Einlass (3) für eine Leitung für ein Flüssiggas umfasst, welche in einem Düsenauslässe (5) aufweisenden Verdampfungselement endet und dass der Nutzraum einen Auslass (6) für die Durchleitung von Abgas aufweist.

2. Anlage nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass das Verdampfungselement wenigstens ein im Nutzraum (2) angeordnetes Verdampfungsrohr (4) ist.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich des Verdampfungselementes eine Zerstäubereinheit (7) vorgesehen ist.

4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zerstäubereinheit (7) wenigstens ein Flügelrad (8) aufnimmt.

5. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zerstäubereinheit (7) zwei bezogen auf den Nutzraum (2) symmetrisch angeordnete Flügelräder (8) aufweist.

6. Anlage nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Antrieb der Zerstäubereinheit (7) mittels wenigstens eines, außerhalb des Nutzraumes angeordneten Antriebes (9) erfolgt.

7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einlass ein automatisch betätigbares Einlassventil umfasst.

8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Auslass ein automatisch betätigbares Ablassventil umfasst.

9. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anlage als Nachrüstungsmodul für vorhandene Wärmebehandlungsanlagen ausgeführt ist.

10. Verfahren zum Betreiben einer Wärmebehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Abkühlung flüssige inerte Stoffe oder Reaktionsstoffe im Inneren des Nutzraumes verdampft werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur temperatur- und druckabhängigen Steuerung des Funktionsablaufes ein Prozessregler eingesetzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als flüssiger inerte Stoff Stickstoff verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als flüssiger inerte Stoff Argon verwendet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als flüssiger inerte

ter Stoff Helium verwendet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass als flüssiger iner-
ter Stoff Neon verwendet wird.

5

16. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass als flüssiger iner-
ter Stoff Krypton verwendet wird.

10

17. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass als Reaktionsstoff
Wasserstoff verwendet wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

