



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.11.2023 Patentblatt 2023/44

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H05B 6/10 (2006.01) **C21D 9/46** (2006.01)
C21D 9/56 (2006.01) **C21D 9/60** (2006.01)
F27B 9/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22170873.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H05B 6/104; C21D 1/42; C21D 1/74; C21D 9/0056;
C21D 9/46; C21D 9/561; C21D 11/00; F27B 9/067;
F27D 11/06

(22) Anmeldetag: **29.04.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Daube, Thomas**
47279 Duisburg (DE)
- **Langejürgen, Markus**
51688 Wipperfürth (DE)
- **Maschler, Frank**
47279 Duisburg (DE)
- **Vogt, Christian**
42349 wuppertal (DE)

(71) Anmelder: **SMS Elotherm GmbH**
42897 Remscheid (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Dappen, Stefan**
50737 Köln (DE)

(54) **VORRICHTUNG ZUR INDUKTIVEN ERWÄRMUNG ZUMINDEST EINES WERKSTÜCKS SOWIE VERFAHREN ZUR INDUKTIVEN ERWÄRMUNG ZUMINDEST EINES WERKSTÜCKS**

(57) Die Erfindung betrifft Vorrichtung zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks (4), insbesondere eines im Wesentlichen bandförmigen Werkstücks (4), umfassend: zumindest ein Ofengehäuse (6); zumindest eine innerhalb des Ofengehäuses (6) angeordnete Induktoranordnung (8), wobei die Induktoranordnung (8) zumindest teilweise in einem Induktorbereich (10) des Ofengehäuses (6) angeordnet ist; zumindest einen Er-

wärmungsbereich (14) zur Aufnahme von Prozessgas, wobei der Erwärmungsbereich (14) innerhalb des Ofengehäuses (6) angeordnet ist; sowie Trennmaterial (12) zur Trennung, insbesondere zur thermischen Trennung, von Induktorbereich (10) und Erwärmungsbereich (14). Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks.

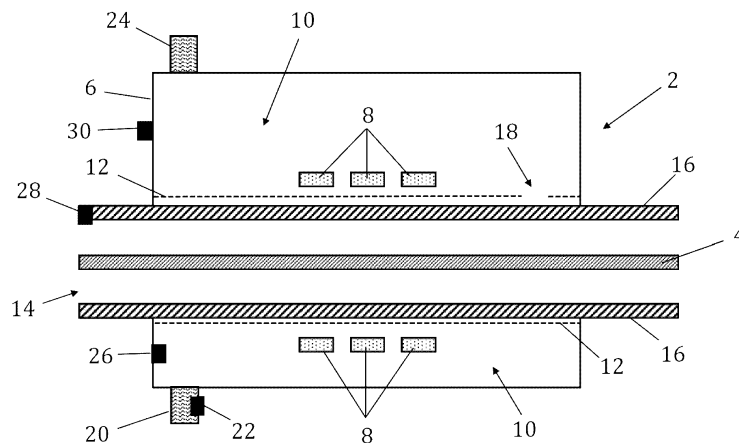


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks, insbesondere eines im Wesentlichen bandförmigen Werkstücks, umfassend: zumindest ein Ofengehäuse; zumindest eine innerhalb des Ofengehäuses angeordnete Induktoranordnung, wobei die Induktoranordnung zumindest teilweise in einem Induktorbereich des Ofengehäuses angeordnet ist; zumindest einen Erwärmungsbereich zur Aufnahme von Prozessgas, wobei der Erwärmungsbereich innerhalb des Ofengehäuses angeordnet ist; sowie Trennmaterial zur Trennung, insbesondere zur thermischen Trennung, von Induktorbereich und Erwärmungsbereich. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks, insbesondere mittels einer vorgenannten Vorrichtung.

[0002] Vorrichtungen zur induktiven Erwärmung sind aus dem Stand der Technik bekannt und können beispielsweise als Durchlauftunnelöfen oder Elektroinduktionstunnelöfen bezeichnet werden. Derartige Vorrichtungen können dazu genutzt werden, ein Werkstück induktiv zu erwärmen. Als induktive Erwärmungsverfahren werden üblicherweise Verfahren bezeichnet, bei denen die zu erwärmende Fläche eines Materials, insbesondere eines Stahlmaterials, mittels eines in das Werkstück induzierten elektromagnetischen Feldes erwärmt wird.

[0003] Bei einem solchen Verfahren kann der Ofentunnel mit einem Prozessgas gefüllt sein, welches nicht aus dem Ofentunnel in eine den Ofentunnel umgebende Atmosphäre austreten soll. Denn durch das Austreten des Prozessgases aus dem Ofentunnel kann nicht nur die den Durchlauftunnelöfen umgebende Luft verschmutzt werden, sondern vielmehr auch eine explosive Reaktion des Prozessgases auftreten.

[0004] Dementsprechend weisen herkömmliche Durchlauftunnelöfen in der Regel einen im Wesentlichen gasdichten Ofentunnel auf, welcher vor und hinter einer Erwärmungsstrecke gasdicht an einen Anschlusskanal angeschlossen ist. Dabei kann eine Induktoranordnung entweder das Werkstück umschließen oder oberhalb und/oder unterhalb des zumindest einen Werkstücks angeordnet sein.

[0005] Problematisch an einer solchen Ausgestaltung ist allerdings, dass der üblicherweise zur gasdichten Trennung genutzte Materialwerkstoff zumindest teilweise aus Metall besteht, welcher sich bei der Verwendung einer Induktoranordnung analog zu dem zumindest einen Werkstück ebenfalls unzulässig erwärmen würde.

[0006] Aus EP 2 577 201 B1 ist ein Elektroinduktionstunnelöfen aufweisend eine gasdichte Tunnelregion umgebende gasdichte Barrierenkammer bekannt, wobei zwischen der Tunnelregion und der Barrierenkammer eine gasdichte Trennebene bzw. ein gasdichtes Trennmaterial angeordnet ist. Um einen Austausch eines in der Barrierenkammer angeordneten Barrierengases und eines in der Tunnelregion angeordneten Prozessgases zu

vermeiden, weist der Elektroinduktionstunnelöfen ferner einen Barrierengasregler auf.

[0007] Allerdings stellt sich beim Vorsehen einer solchen gasdichten Trennebene in der Praxis das Problem, dass gasdichte Materialien entweder metallisch sind, also problematisch für die Durchdringung des Magnetfelds bzw. ein solches Durchdringen nur mit hohen Energieverlusten zu realisieren ist, oder nur mit einem temperaturkritischen Polymer-Werkstoff realisiert werden können. Ebenfalls nachteilig ist, dass im Falle einer hohen Druckdifferenz zwischen Barrierenkammer und Tunnelregion, große Kräfte auf die Trennebene wirken können, wobei die Kräfte die Integrität der Trennebene gefährden können. Zusätzlich ist der gasdichte Anschluss an einen Anschlusskanal nur mit einem hohen konstruktiven Aufwand zu bewerkstelligen.

[0008] Ausgehend von dem vorgenannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung somit das technische Problem zugrunde, eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks zur Verfügung zu stellen, welche in konstruktiv simpler Weise einen zuverlässigen und sicheren Betrieb der Vorrichtung bzw. ein zuverlässiges und sicheres Betreiben des Verfahrens ermöglichen.

[0009] Das zuvor aufgeführte technische Problem wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung bei einer vorgenannten Vorrichtung dadurch gelöst, dass das Trennmaterial derart ausgebildet ist, das eine strömungstechnische Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich besteht.

[0010] Durch das Vorsehen einer strömungstechnischen Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich kann ein strömungstechnischer Austausch eines im Induktorbereich angeordneten Mediums und eines im Erwärmungsbereich angeordneten Mediums zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere handelt es sich bei den jeweiligen Medien um Gase oder Gasgemische, die sich innerhalb des Ofengehäuses befinden.

[0011] Beispielsweise hat es sich als vorteilhaft erwiesen, vor Betriebsstart der Vorrichtung zur induktiven Erwärmung des zumindest einen Werkstücks, das gesamte Ofengehäuse durch ein inertes Gehäusegas, beispielsweise Stickstoff oder ein Stickstoffgemisch, durchzuspülen und anschließend mittels des im Betrieb der vorgenannten Vorrichtung verwendeten Prozessgases, beispielsweise mit Wasserstoff oder einem Wasserstoffgemisch, zu füllen. Hierdurch können während des Betriebs der Vorrichtung zur induktiven Erwärmung des zumindest einen Werkstücks in zuverlässiger Weise Restluftkonzentrationen bzw. Restsauerstoffkonzentrationen im Induktorbereich vermieden werden und so ein zuverlässiger Betrieb der zumindest einen Induktoranordnung sichergestellt werden.

[0012] Eine strömungstechnische Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich bedeutet vorliegend insbesondere, dass gasförmige Medien entlang eines Druckgefälles von dem Induktorbereich in

Richtung des Erwärmungsbereichs oder von dem Erwärmungsbereich in Richtung des Induktorbereichs strömen können. Vorzugsweise ist das Trennmateriale im Wesentlichen thermisch stabil ausgeführt, so dass sich die Eigenschaften des Trennmateriale auch bei hohen Temperaturen im Wesentlichen nicht verändern. Des Weiteren ist es bevorzugt, dass der Erwärmungsbereich im Wesentlichen in Form eines tunnelförmigen Ofenkanals ausgebildet ist.

[0013] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist das Trennmateriale zumindest eine Durchgangsöffnung zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich und Erwärmungsbereich auf. Durch das Vorsehen einer Durchgangsöffnung in dem Trennmateriale kann in konstruktiv günstiger Weise eine strömungstechnische Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich zur Verfügung gestellt werden.

[0014] Vorzugsweise weist die zumindest eine Durchgangsöffnung einen Durchmesser von zumindest 1 mm und/oder eine Querschnittsfläche von zumindest 1 mm² auf. Des Weiteren ist es bevorzugt, dass die zumindest eine Durchgangsöffnung im Wesentlichen kreisrund ausgebildet ist.

[0015] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die zumindest eine Durchgangsöffnung mit mindestens einer Klappe zumindest teilweise verschließbar, so dass der Austausch von Gasen oder Gasgemischen zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich regelbar ist.

[0016] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Trennmateriale als zumindest teilweise permeables Materiale zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich und Erwärmungsbereich ausgestaltet ist. Mittels der Ausgestaltung des Trennmateriale als zumindest teilweise permeables Materiale kann eine vorteilhafte, im Wesentlichen gleichmäßige strömungstechnische Verbindung über im Wesentlichen die gesamte Ausdehnung des Trennmateriale zur Verfügung gestellt werden. Es ist bevorzugt, dass das permeable Materiale insbesondere gasdurchlässig ausgebildet ist, so dass das Prozessgas und/oder das Gehäusegas entlang eines Druckgefälles von dem Induktorbereich in den Erwärmungsbereich oder umgekehrt strömen können.

[0017] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Trennmateriale ein Gewebe, insbesondere ein Gewebe aus Hochtemperaturfasern. Durch das Vorsehen eines Gewebes lässt sich in bevorzugter Weise ein permeables Materiale zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich und Erwärmungsbereich vorsehen. Bei dem Gewebe handelt es sich in vorteilhafter Weise um ein Gewebe aus Hochtemperaturfasern, da diese für die in dem Inneren des Ofengehäuses, insbesondere in dem Inneren des Erwärmungsbereichs, auftretenden Temperaturen geeignet sind. Bei den Hochtemperaturfasern handelt es sich beispielsweise um Silikatglasfasern.

[0018] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Induktorbereich zumindest einen Einlass zur Einspeisung von Gehäusegas aufweist, und dass ein Steuermittel die Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich derart regelt, dass von dem in dem Induktorbereich angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung von in dem Erwärmungsbereich angeordneten Prozessgas besteht. Indem das in dem Induktorbereich angeordnete Gehäusegas einen höheren Druck als das in dem Erwärmungsbereich angeordnete Prozessgas aufweist, kann zuverlässig vermieden werden, dass Prozessgas aus dem Erwärmungsbereich in den Induktorbereich eindringen kann. Hierdurch kann vermieden werden, dass heißes Prozessgas in den Induktorbereich eindringt. Der Einlass kann des Weiteren auch dazu verwendet werden, das Prozessgas in den Erwärmungsbereich zu füllen. Beispielsweise kann es sich bei dem Prozessgas und dem Gehäusegas auch um im Wesentlichen identische Gase und/oder Gasgemische handeln. Beispielsweise können sich das Gehäusegas und das Prozessgas durch deren jeweilige Temperatur unterscheiden, wobei die Temperatur des Gehäusegases vorzugsweise geringer ist als die Temperatur des Prozessgases.

[0019] Insbesondere handelt es sich bei dem Prozessgas um ein leicht entzündliches Gas, insbesondere ein leicht entzündliches Gasgemisch, besonders falls sich dieses mit Sauerstoff vermischt. Beispielsweise kann es sich bei dem Prozessgas um ein Wasserstoff- und/oder Stickstoffgemisch oder um reinen Wasserstoff handeln. Demnach kann durch das Vorsehen eines Druckgefälles vermieden werden, dass das Prozessgas aus dem Erwärmungsbereich in den Induktorbereich oder in die Ofenumgebung strömt und sich mit Sauerstoff vermischt, wodurch ein leicht entzündliches Gasgemisch entstehen könnte. Bei dem Gehäusegas handelt es sich vorzugsweise um ein inertes Gas, wie beispielsweise Stickstoff oder ein Stickstoffgemisch.

[0020] Durch vorgenanntes Druckgefälle wird ferner ein im Wesentlichen konstanter Strom des Gehäusegases in Richtung des Erwärmungsbereichs ermöglicht, wodurch der Induktorbereich stetig gespült werden kann. Vorzugsweise ist die Temperatur des Prozessgases größer als die Temperatur des Gehäusegases. Beispielsweise weist das Prozessgas dieselbe Zusammensetzung wie das Gehäusegas auf. Alternativ weist das Prozessgas eine andere Zusammensetzung als das Gehäusegas auf. Insbesondere handelt es sich bei dem Prozessgas ein Wasserstoff- und/oder Stickstoffgemisch oder um reinen Wasserstoff, wobei es sich bei dem Gehäusegas um ein inertes Gas, vorzugsweise um Stickstoff oder ein Stickstoffgemisch, handelt.

[0021] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist der Induktorbereich zumindest einen Auslass auf. Durch das Vorsehen eines Auslasses kann das Ofengehäuse umfassend den Induktorbereich und den Erwärmungsbereich beim Start der Vorrichtung zur induktiven Erwärmung des zumindest einen Werkstücks

zunächst mittels eines im Wesentlichen inerten Gases, beispielsweise mittels des Gehäusegases, gespült werden, wobei das Gas durch den zumindest einen Einlass eingeführt und durch den zumindest einen Auslass abgeführt wird. Dies ermöglicht eine zuverlässige Befreiung des Inneren des Ofens von Umgebungsluft. Vorzugsweise ist der zumindest eine Auslass während des Betriebs der Vorrichtung zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks geschlossen.

[0022] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner zumindest ein Messmittel zur Messung eines Drucks innerhalb des Induktorbereichs und/oder innerhalb des Erwärmungsbereichs und/oder des Differenzdrucks zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich umfasst. Durch das Vorsehen zumindest eines Messmittels kann eine verbesserte Regelung des Steuermittels zur Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich ermöglicht werden. Insbesondere kann auch der Erwärmungsbereich umfassend Prozessgas mittels des Gehäusegases gespült werden, so dass auch innerhalb des Erwärmungsbereichs reduzierte Temperaturen vorliegen und die Entzündungswahrscheinlichkeit insgesamt reduziert werden kann.

[0023] Ferner ist eine weitere Ausgestaltung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zumindest ein Durchflussmessmittel zur Messung einer Durchflussmenge des eingespeisten Gehäusegases umfasst, und/oder dass die Vorrichtung ferner zumindest ein Taupunktmessmittel zur Messung des Taupunkts des im Induktorbereich angeordneten Gasgemisches und/oder des Taupunkts des im Prozessbereich angeordneten Gasgemisches aufweist. Durch das Vorsehen zumindest eines vorgenannten Messmittels kann eine verbesserte Regelung des Steuermittels zur Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich ermöglicht werden.

[0024] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung regelt das Steuermittel die Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich derart, dass von dem in dem Induktorbereich angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung der um das Ofengehäuse herum angeordneten Umgebungsluft besteht. Hierdurch kann ferner verhindert werden, dass heißes und möglicherweise leicht entzündliches Prozessgas von dem Erwärmungsbereich über den Induktorbereich zu der Ofenumgebung außerhalb des Ofengehäuses gelangt.

[0025] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner eine Transportvorrichtung zum im Wesentlichen longitudinalen Transport eines induktiv zu erwärmenden Werkstücks entlang der im Wesentlichen länglichen Erstreckung des Erwärmungsbereichs umfasst. Durch das Vorsehen einer derartigen Transportvorrichtung kann eine über die gesamte Länge des Werkstücks im Wesentlichen einheitliche Erwärmung zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise ist die Geschwindigkeit

des zu verfahrens Werkstücks mittels der Transportvorrichtung variabel einstellbar, wodurch unter anderem auch die thermische Behandlung des Werkstücks verändert werden kann.

[0026] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung ist zwischen dem Trennmaterial und dem Erwärmungsbereich eine thermische Wärmedämmung vorgesehen. Eine thermische Wärmedämmung ermöglicht zusätzlich zu dem vorhandenen Trennmaterial eine weitere thermische Abschirmung des Induktorbereichs von dem Erwärmungsbereich. Vorzugsweise ist die thermische Wärmedämmung analog zu dem Trennmaterial ausgebildet, so dass weiterhin eine strömungstechnische Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich durch die Trennebene und die Wärmedämmung hindurch besteht. Die thermische Wärmedämmung kann auch von dem Trennmaterial alleine gebildet werden.

[0027] Das zuvor aufgeführte technische Problem wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung bei einem vorgenannten Verfahren zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks, insbesondere mittels einer vorgenannten Vorrichtung dadurch gelöst, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- 25 - Führen eines zu erwärmenden Werkstücks entlang eines mit einem Prozessgas gefüllten Erwärmungsbereichs eines Ofengehäuses;
- Erwärmen des Werkstücks mittels zumindest einer in einem mit Gehäusegas gefüllten Induktorbereich angeordneten Induktoranordnung;
- 30 - Herstellen einer strömungstechnischen Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich, insbesondere mittels eines zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich angeordneten Trennmaterials; sowie
- 35 - Einspeisen von Gehäusegas in den Induktorbereich derart, dass von dem in dem Induktorbereich angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung von in dem Erwärmungsbereich angeordneten Prozessgas besteht.
- 40

[0028] Dabei kann das Einspeisen von Gehäusegas in den Induktorbereich beispielsweise temporär oder konstant erfolgen. In vorteilhafter Weise wird das Gehäusegas derart in den Induktorbereich eingespeist, dass lediglich ein Gasaustausch in Richtung des Erwärmungsbereichs stattfinden kann, so dass im Wesentlichen kein Prozessgas von dem Erwärmungsbereich in den Induktorbereich gelangen kann. Weitere im Zusammenhang mit dem vorliegenden Verfahren beschriebene Vorteile sind bezüglich der vorgenannten Vorrichtung beschrieben.

[0029] Bei einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Menge des einzuspeisenden Gehäusegases in Abhängigkeit des zwischen dem Induktorbereich und dem Erwärmungsbereich bestehenden Druckunterschieds bestimmt, und/oder die Menge des einzuspeisenden Gehäusegases wird in Abhängigkeit des zwi-

schen Induktorbereich und Erwärmungsbereich auftretenden Gehäusegasstromes, insbesondere in Abhängigkeit des Volumenstroms des Gehäusegases, bestimmt. Dies ermöglicht eine zuverlässige Regelung der Menge des einzuspeisenden Gases oder Gasgemisches.

[0030] Bei einer weiteren Ausgestaltung des vorgenannten Erfindung wird das Gehäusegas derart in den Induktorbereich eingespeist, dass die Temperatur, insbesondere die durchschnittliche Temperatur, des Gehäusegases in dem Induktorbereich geringer als die Temperatur, insbesondere die durchschnittliche Temperatur, des Schutzgases in dem Erwärmungsbereich ist. Hierdurch kann die Entzündungswahrscheinlichkeit von möglicherweise in den Induktorbereich gelangendem Gas reduziert werden.

[0031] Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Führen eines zu erwärmenden Werkstücks entlang des Erwärmungsbereichs des Ofengehäuses zunächst der Induktorbereich und der Erwärmungsbereich mittels des Gehäusegases gespült werden; dass anschließend das Prozessgas in den Erwärmungsbereich eingespeist wird; und dass vorzugsweise nachfolgend weiteres Gehäusegas in den Induktorbereich eingespeist wird. Bei einem solchen Vorgehen kann insbesondere sichergestellt werden, dass keine kritischen Restluftkonzentrationen vor Inbetriebnahme der Vorrichtung in der Ofenumgebung verbleiben. Auch kann insbesondere eine mögliche Kondensatbildung, vorzugsweise an der Induktoranordnung, vermieden werden.

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das in den Induktorbereich eingespeiste Gasgemisch derart beschaffen ist, dass der Taupunkt des im Induktorbereich angeordneten Gehäusegases gegenüber dem Taupunkt des im Prozessbereich angeordneten Prozessgases hin zu niedrigeren Temperaturen verschoben wird, und/oder dass der Taupunkt des im Induktorbereich angeordneten Gehäusegases im Wesentlichen konstant überwacht wird und in Abhängigkeit des Taupunkts Gehäusegas nachgespeist wird. Hierdurch kann eine zuverlässige Regelung des eingespeisten Gasgemisches zur Verfügung gestellt werden. Vorzugsweise weist das in den Induktorbereich eingespeiste Gasgemisch eine geringere Temperatur als das Prozessgas auf.

[0033] Weitere vorteilhafte, beispielhafte Ausführungsformen der Aspekte der Erfindung sind der folgenden detaillierten Beschreibung einiger beispielhafter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, insbesondere in Verbindung mit den Figuren zu entnehmen. Die der Anmeldung beiliegenden Figuren sollen jedoch nur dem Zwecke der Verdeutlichung, nicht aber zur Bestimmung des Schutzbereiches der Erfindung dienen. Die beiliegenden Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabgetreu und sollen lediglich das allgemeine Konzept der vorliegenden Erfindung beispielhaft widerspiegeln. Insbesondere sollen Merkmale, die in den

Figuren enthalten sind, keineswegs als notwendiger Bestandteil der vorliegenden Erfindung verstanden werden.

[0034] In der Zeichnung zeigen:

5 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung; und

10 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung.

[0035] In der nachfolgenden Beschreibung der verschiedenen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele werden Bauteile und Elemente mit gleicher Funktion und gleicher Wirkungsweise mit denselben Bezugszeichen versehen, auch wenn die Bauteile und Elemente bei den verschiedenen Ausführungsbeispielen in ihrer Dimension oder Form Unterschiede aufweisen können.

20 **[0036]** Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung 2 zur induktiven Erwärmung zumindest eines bandförmigen Werkstücks 4. Die Vorrichtung 2 umfasst ein Ofengehäuse 6 sowie eine innerhalb des Ofengehäuses 6 angeordnete Induktoranordnung 8. Die Induktoranordnung 8 kann das bandförmige Werkstück 4 vollständig umschließen.

25 **[0037]** Die Induktoranordnung 8 ist in einem Induktorbereich 10 angeordnet, wobei der Induktorbereich 10 mittels Trennmateriale 12, insbesondere thermisch, von einem Erwärmungsbereich 14 getrennt ist. Zusätzlich zu dem Trennmateriale 12 ist eine thermische Wärmedämmung 16 zwischen Trennmateriale 12 und dem Erwärmungsbereich 14 vorgesehen, wobei Trennmateriale 12 und Wärmedämmung 16 derart ausgebildet sind, dass eine strömungstechnische Verbindung zwischen dem Induktorbereich 10 und dem Erwärmungsbereich 14 besteht.

30 **[0038]** Hierzu weist das Trennmateriale 12 zumindest eine Durchgangsöffnung 18 zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich 10 und Erwärmungsbereich 14 auf. Zusätzlich ist das Trennmateriale 12 als zumindest teilweise permeables Material ausgestaltet, so dass auch abseits der Durchgangsöffnung 18 ein strömungstechnischer Austausch zwischen Induktorbereich 10 und Erwärmungsbereich 14 stattfinden kann.

35 **[0039]** Der Induktorbereich 10 weist einen Einlass 20 zur Einspeisung eines Gasgemisches, insbesondere von Gehäusegas in den Induktorbereich 10 auf. Des Weiteren ist an dem Einlass 20 ein Steuermittel 22 vorgesehen, welches die Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich 10 derart regelt, dass von dem in dem Induktorbereich 10 angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung von in dem Erwärmungsbereich 14 angeordneten Prozessgas besteht. Dies ermöglicht eine Vermeidung eines Strömens von in dem Erwärmungsbereich 14 angeordneten Prozessgases in Richtung des Induktorbereichs 10 bzw. außerhalb des Ofengehäuses.

[0040] Ebenfalls weist der Induktorbereich 10 einen

Auslass 24 auf. Durch das Vorsehen des Auslasses 24 kann das Ofengehäuse 6 beim Start der Vorrichtung 2 mittels eines im Wesentlichen inerten Gases, beispielsweise mittels des Gehäusegases, gespült werden.

[0041] Des Weiteren weist die Vorrichtung ein Messmittel 26 in dem Induktorbereich 10, ein Messmittel 28 innerhalb des Erwärmungsbereichs 14 sowie ein weiteres Messmittel 30 an der Außenseite des Ofengehäuses auf. Die Messmittel 26, 28 und 30 können beispielweise für eine Messung des in dem Induktorbereich 10, in dem Erwärmungsbereich 14 und/oder in der Umgebungsluft vorhandenen Drucks ausgestaltet sein. Die Messmittel 26 und 28 können ebenfalls für eine Messung des Taupunkts des in dem Induktorbereich 10 und/der in dem Erwärmungsbereich 14 vorhandenen Gases oder Gasgemisches ausgebildet sein. Das Steuermittel 22 kann ferner ein Messmittel zur Messung der Durchflussmenge des eingespeisten Gehäusegases aufweisen.

[0042] Fig. 2 zeigt eine schematische Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform der Vorrichtung 2 gemäß der Erfindung. Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Vorrichtung 2 ist das Trennmateriale 12 als Wärmedämmung ausgebildet, wobei das Trennmateriale 12 Durchgangsöffnungen 18 zur Herstellung einer strömungstechnischen Verbindung zwischen Induktorbereich 10 und Erwärmungsbereich 14 aufweist. Zu Beginn einer Erwärmungsbehandlung kann mittels des Einlasses 20 die in dem Ofengehäuse 6 angeordnete Luft beispielsweise durch inertes Gas verdrängt werden. Der Induktorbereich 10 und der Erwärmungsbereich 14 können also gespült werden. Dadurch kann vermieden werden, dass das anschließend in den Induktorbereich 10 und in den Erwärmungsbereich 14 eingeführte Prozessgas mit Restluftkonzentrationen innerhalb des Ofengehäuses 6 reagieren kann.

Bezugszeichenliste

[0043]

2	Vorrichtung
4	Werkstück
6	Ofengehäuse
8	Induktoranordnung
10	Induktorbereich
12	Trennmateriale
14	Erwärmungsbereich
16	Wärmedämmung
18	Durchgangsöffnung
20	Einlass
22	Steuermittel
24	Auslass
26	Messmittel für den Induktorbereich
28	Messmittel für den Erwärmungsbereich
30	Messmittel für die Umgebungsluft

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks (4), insbesondere eines im Wesentlichen bandförmigen Werkstücks (4), umfassend:

- zumindest ein Ofengehäuse (6);
- zumindest eine innerhalb des Ofengehäuses (6) angeordnete Induktoranordnung (8), wobei die Induktoranordnung (8) zumindest teilweise in einem Induktorbereich (10) des Ofengehäuses (6) angeordnet ist;
- zumindest einen Erwärmungsbereich (14) zur Aufnahme von Prozessgas, wobei der Erwärmungsbereich (14) innerhalb des Ofengehäuses (6) angeordnet ist; sowie
- Trennmateriale (12) zur Trennung, insbesondere zur thermischen Trennung, von Induktorbereich (10) und Erwärmungsbereich (14);

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** das Trennmateriale (12) derart ausgebildet ist, das eine strömungstechnische Verbindung zwischen Induktorbereich (10) und Erwärmungsbereich (14) besteht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Trennmateriale (12) zumindest eine Durchgangsöffnung (18) zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich (10) und Erwärmungsbereich (14) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Trennmateriale (12) als zumindest teilweise permeables Materiale zur strömungstechnischen Verbindung von Induktorbereich (10) und Erwärmungsbereich (14) ausgestaltet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** das Trennmateriale (12) ein Gewebe, insbesondere ein Gewebe aus Hochtemperaturfasern, umfasst.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,**

- **dass** der Induktorbereich (10) zumindest einen Einlass (20) zur Einspeisung von Gehäusegas aufweist; und
- **dass** ein Steuermittel (22) die Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich (10) derart

- regelt, dass von dem in dem Induktorbereich (10) angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung von in dem Erwärmungsbereich (14) angeordneten Prozessgas besteht.
- 5
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** der Induktorbereich (10) zumindest einen Auslass (24) aufweist.
- 10
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die Vorrichtung ferner zumindest ein Messmittel (26, 28) zur Messung eines Drucks innerhalb des Induktorbereichs (10) und/oder innerhalb des Erwärmungsbereichs (14) und/oder des Differenzdrucks zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich umfasst.
- 15
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die Vorrichtung ferner zumindest ein weiteres Messmittel (26, 30) zur Messung eines Drucks innerhalb des Induktorbereichs (10) und/oder der Umgebungsluft und/oder des Differenzdrucks zwischen Induktorbereich und Umgebungsluft umfasst.
- 20
- 25
- 30
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die Vorrichtung ferner zumindest ein Durchflussmessmittel (22) zur Messung einer Durchflussmenge des eingespeisten Gehäusegases umfasst, und/oder
- 35
- **dass** die Vorrichtung ferner zumindest ein Taupunktmessmittel (26, 28) zur Messung des Taupunkts des im Induktorbereich (10) angeordneten Gasgemisches und/oder des Taupunkts des im Prozessbereich (14) angeordneten Gasgemisches aufweist.
- 40
- 45
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** das Steuermittel (22) die Einspeisung von Gehäusegas in den Induktorbereich (10) ferner derart regelt, dass von dem in dem Induktorbereich (10) angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung der um das Ofengehäuse (6) herum angeordneten Umgebungsluft besteht.
- 50
- 55
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die Vorrichtung ferner eine Transportvorrichtung zum im Wesentlichen longitudinalen Transport eines induktiv zu erwärmenden Werkstücks () entlang der im Wesentlichen länglichen Erstreckung des Erwärmungsbereichs () umfasst.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** zwischen dem Trennmaterial (12) und dem Erwärmungsbereich (14) eine thermische Wärmedämmung (16) vorgesehen ist.
13. Verfahren zur induktiven Erwärmung zumindest eines Werkstücks, insbesondere mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend die folgenden Schritte:
- Führen eines zu erwärmenden Werkstücks entlang eines mit einem Prozessgas gefüllten Erwärmungsbereichs eines Ofengehäuses;
- Erwärmen des Werkstücks mittels zumindest einer in einem mit Gehäusegas gefüllten Induktorbereich angeordneten Induktoranordnung;
- Herstellen einer strömungstechnischen Verbindung zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich, insbesondere mittels eines zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich angeordneten Trennmaterials; sowie
- Einspeisen von Gehäusegas in den Induktorbereich derart, dass von dem in dem Induktorbereich angeordneten Gehäusegas ein Druckgefälle in Richtung von in dem Erwärmungsbereich angeordneten Prozessgas besteht.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet,**
- **dass** die Menge des einzuspeisenden Gehäusegases in Abhängigkeit des zwischen dem Induktorbereich und dem Erwärmungsbereich bestehenden Druckunterschieds bestimmt wird, und/oder
- **dass** die Menge des einzuspeisenden Gehäusegases in Abhängigkeit des zwischen Induktorbereich und Erwärmungsbereich auftretenden Gehäusegasstromes, insbesondere in Abhängigkeit des Volumenstroms des Gehäusegases, bestimmt wird, und/oder
- **dass** das Gehäusegas derart in den Induktorbereich eingespeist wird, dass die Temperatur, insbesondere die durchschnittliche Temperatur, des Gehäusegases in dem Induktorbereich geringer als die Temperatur, insbesondere die durchschnittliche Temperatur, des Schutzgases in dem Erwärmungsbereich ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,

- **dass** vor dem Führen eines zu erwärmenden Werkstücks entlang des Erwärmungsbereichs des Ofengehäuses zunächst der Induktorbereich und der Erwärmungsbereich mittels des Gehäusegases gespült werden; 5
- **dass** anschließend das Prozessgas in den Erwärmungsbereich eingespeist wird; und 10
- **dass** vorzugsweise nachfolgend weiteres Gehäusegas in den Induktorbereich eingespeist wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, 15

- **dass** das in den Induktorbereich eingespeiste Gasgemisch derart beschaffen ist, das der Taupunkt des im Induktorbereich angeordneten Gehäusegases gegenüber dem Taupunkt des im Prozessbereich angeordneten Prozessgases hin zu niedrigeren Temperaturen verschoben wird, und/oder 20
- **dass** der Taupunkt des im Induktorbereich angeordneten Gehäusegases im Wesentlichen konstant überwacht wird und in Abhängigkeit des Taupunkts Gehäusegas nachgespeist wird. 25

30

35

40

45

50

55

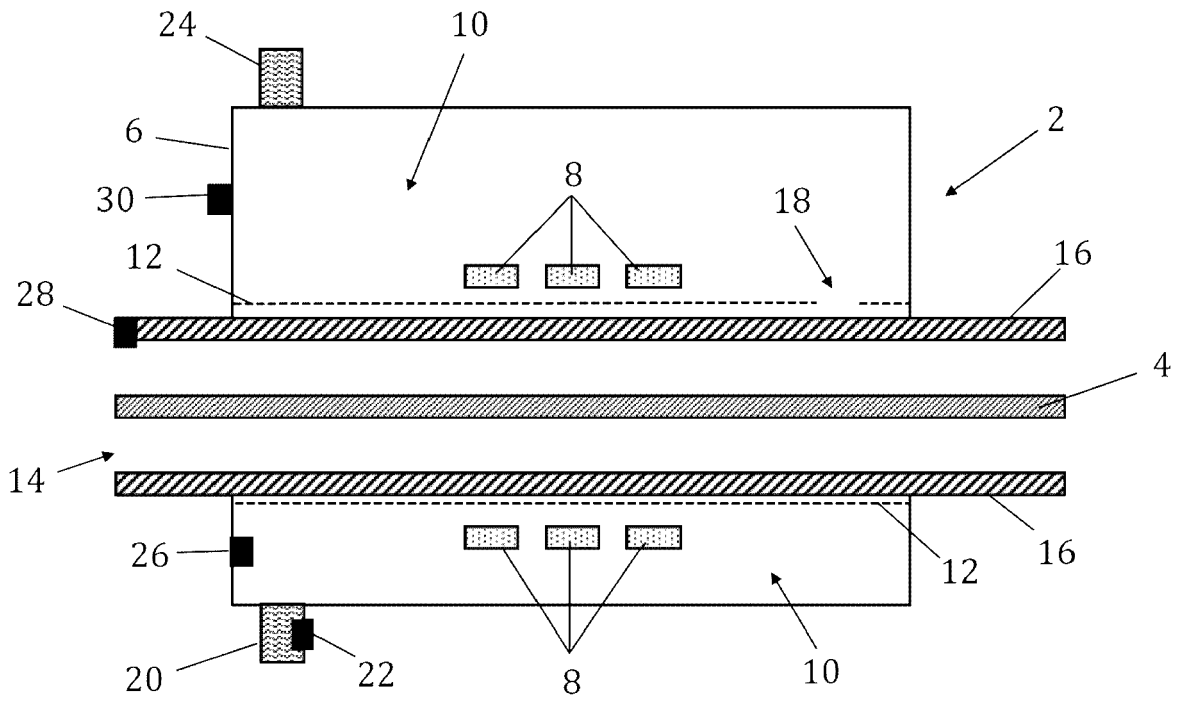


Fig. 1

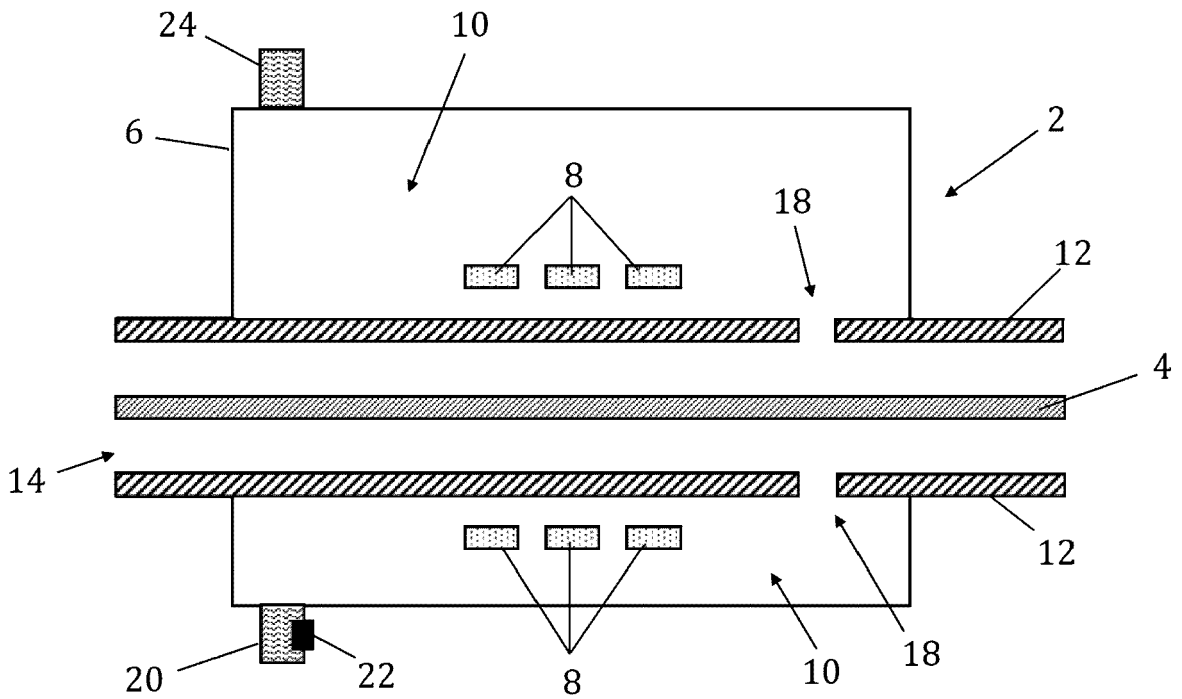


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 17 0873

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 900 255 B1 (FIVES CELES [FR]) 3. Dezember 2008 (2008-12-03) * Absatz [0023] - Absatz [0035]; Abbildungen 1-5 *	1-16	INV. H05B6/10 C21D9/46 C21D9/56 C21D9/60
X	US 2009/057301 A1 (LOVENS JEAN [BE]) 5. März 2009 (2009-03-05) * Absatz [0016]; Abbildungen 2(a), 2(b), 2(c) *	1-16	F27B9/06
A	US 5 768 799 A (DELAUNAY DIDIER [FR] ET AL) 23. Juni 1998 (1998-06-23) * Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 64; Abbildungen 1,2 *	1-16	
A	US 2007/181567 A1 (LOVENS JEAN [BE]) 9. August 2007 (2007-08-09) * Absatz [0021] - Absatz [0024]; Abbildungen 1,2 *	1-16	
A	WO 2006/136702 A1 (CELES [FR]; URING JEAN-CAMILLE [FR] ET AL.) 28. Dezember 2006 (2006-12-28) * Seite 3, Zeile 29 - Seite 4, Zeile 31; Abbildungen 1,2 *	1-16	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H05B F27D C21D F27B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Oktober 2022	Prüfer Gea Haupt, Martin
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 liegende 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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 17 0873

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-10-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 1900255	B1	03-12-2008	AT 416594 T	15-12-2008
EP 1900255 A1				19-03-2008	
ES 2318784 T3				01-05-2009	
FR 2887738 A1				29-12-2006	
WO 2006136701 A1				28-12-2006	
20	US 2009057301	A1	05-03-2009	EP 2031935 A2	04-03-2009
US 2009057301 A1				05-03-2009	
25	US 5768799	A	23-06-1998	AT 199664 T	15-03-2001
DE 744222 T1				30-04-1997	
DE 69612031 T2				15-11-2001	
EP 0744222 A1				27-11-1996	
FR 2734501 A1				29-11-1996	
US 5768799 A				23-06-1998	
30	US 2007181567	A1	09-08-2007	AU 2007204999 A1	19-07-2007
CN 101401485 A				01-04-2009	
EP 1974588 A2				01-10-2008	
JP 2009522816 A				11-06-2009	
KR 20080092416 A				15-10-2008	
US 2007181567 A1				09-08-2007	
US 2009107990 A1				30-04-2009	
35	WO 2006136702	A1	28-12-2006	EP 1900256 A1	19-03-2008
FR 2887737 A1				29-12-2006	
WO 2006136702 A1				28-12-2006	
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2577201 B1 [0006]