

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Mai 2007 (18.05.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/054313 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*F24H 3/04* (2006.01) *F24H 9/02* (2006.01)  
*F24H 9/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/010759

(22) Internationales Anmeldedatum:

9. November 2006 (09.11.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2005 053 731.6

10. November 2005 (10.11.2005) DE

06000207.8 5. Januar 2006 (05.01.2006) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): LINDE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Abraham-Lincoln-Strasse 21, 65189 Wiesbaden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINRICH, Peter  
[DE/DE]; Pestalozzistrasse 5, 82110 Germering (DE).  
KREYE, Heinrich [DE/DE]; Werfelring 51, 22175 Ham-  
burg (DE). SCHMIDT, Tobias [DE/DE]; Isingheim 4,  
59889 Eslohe (DE).

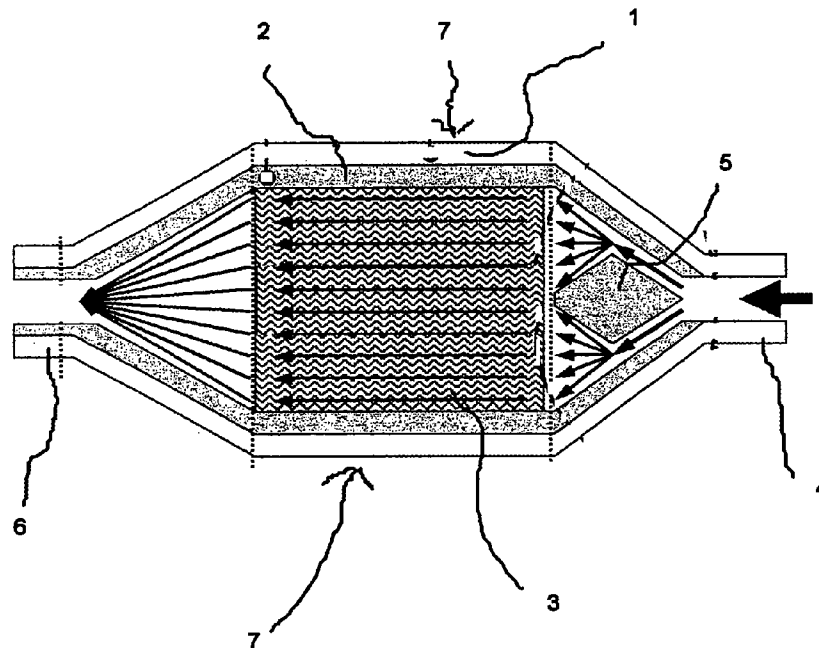
(74) Gemeinsamer Vertreter: LINDE AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Patente und Marken, Dr.-Carl-von-  
Linde-Strasse 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,  
IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO,  
RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR HIGH-PRESSURE GAS HEATING

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR HOCHDRUCKGASERHITZUNG



(57) Abstract: A device for high-pressure gas heating has a pressure vessel (1) through which gas flows, a heating element (3) arranged in the pressure vessel (1), and an insulation (2). The insulation (2) is arranged on the inner wall of the pressure vessel (1). The pressure vessel (1) is designed for pressures of 15 to 100 bar, and arranged in an inflow region of the pressure vessel (1) is at least one flow-distribution element (5) which distributes the inflowing gas over the entire width of the heating element (3).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/054313 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung weist einen von Gas durchströmten Druckbehälter (1), ein in dem Druckbehälter (1) angeordnetes Heizelement (3) und eine Isolierung (2) auf. Die Isolierung (2) ist auf der Innenwand des Druckbehälters (1) angeordnet. Der Druckbehälter (1) ist für Drucke von 15 bis 100 bar ausgelegt und in einem Einstrombereich des Druckbehälters (1) ist mindestens ein Strömungsverteilungselement (5) angeordnet ist, welche das einströmende Gas über die gesamte Breite des Heizelements (3) verteilt.

## Beschreibung

### Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung mit einem von Gas durchströmten Druckbehälter (1), einem in dem Druckbehälter (1) angeordneten Heizelement (3) und einer Isolierung (2), welche auf der Innenwand des Druckbehälters (1) angeordnet ist. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Beschichtungsvorrichtung für Substratwerkstoffe mit einem von Gas durchströmten
- 10 Druckbehälter, einem in dem Druckbehälter angeordneten Heizelement und einer Isolierung.

- Beim Kaltgasspritzen oder dem kinetischen Spritzen werden Pulverpartikel von 1 µm bis 100 µm, in jüngster Zeit auch Partikel bis hin zu einer Größe von 250 µm in einem
- 15 Gasstrom auf Geschwindigkeiten von 200 m/s bis 1600 m/s beschleunigt, ohne dabei an- oder aufzuschmelzen, und auf die zu beschichtende Fläche, das Substrat, gespritzt. Erst beim Aufprall auf das Substrat steigt durch plastische Verformung unter sehr hohen Dehnraten die Temperatur an den kollidierenden Grenzflächen und führt zu einer Verschweißungen des Pulverwerkstoffs mit dem Substrat sowie untereinander.
- 20 Dazu muss jedoch eine Mindestaufprallgeschwindigkeit überschritten werden, die so genannte kritische Geschwindigkeit. Der Mechanismus und die Qualität der Verschweißung ist mit dem Explosivschweißen vergleichbar. Durch Aufheizen des Prozessgases wird die Schallgeschwindigkeit des Gases, damit die Strömungsgeschwindigkeit des Gases in der Düse und somit auch die
- 25 Partikelgeschwindigkeit beim Aufprall gesteigert. Zudem erhöht sich die Partikeltemperatur beim Aufprall mit der Prozessgastemperatur. Dies führt zu einer thermischen Erweichung und Duktilisierung des Spritzwerkstoffes, welches die kritische Geschwindigkeit der aufprallenden Partikel absenkt. Somit erhöht sich durch Anheben der Prozessgastemperatur sowohl die Partikelgeschwindigkeit als auch die
- 30 Partikeltemperatur beim Aufprall. Beides wirkt sich positiv auf den Auftragswirkungsgrad und Schichtqualität aus. Die Prozessgastemperatur bleibt dabei immer unter der Schmelztemperatur des verwendeten Spritzwerkstoffes. Beim Kaltgasspritzverfahren wird also ein im Vergleich zu anderen Spritzverfahren, bei denen die Pulverpartikel durch das Gas geschmolzen werden, "kälteres" Gas benutzt. Ebenso wie bei

Spritzverfahren, bei denen Zusatzwerkstoffe durch heißes Gas aufgeschmolzen wird, muss auch beim Kaltgasspritzen folglich das Gas erhitzt werden.

Um Pulverpartikel, insbesondere gröbere Partikel zwischen 25 und 100 µm und größer  
5 bis hin zu 250 µm stark beschleunigen zu können, ist Gas mit hohem Druck nötig. Zum Erhitzen, kann das Gas durch einen Druckbehälter geleitet werden, in dem ein Heizelement Platz findet. Der Druckbehälter wird somit von innen mit hohen Temperaturen und Drücken beaufschlagt. Wenn sich die Temperatur direkt auf den Druckbehälter auswirken kann, führt dies dazu, dass teure und schwer zu  
10 verarbeitende Hochtemperaturwerkstoffe Verwendung finden müssen oder der Druckbehälter durch seine Größe und die nötigen Wandstärken relativ schwer wird. Eine Heizvorrichtung mit einem solchen Druckbehälter ist wegen des hohen Gewichts schwer zu handhaben und besitzt eine hohe thermische Trägheit. Die Wärmeabfuhr über den Druckbehälter führt zu Verlusten bei der Heizleistung.

15 Aus der DE 197 56 594 A1 ist eine Vorrichtung zum Beschichten von Substratswerkstoffen durch thermisches Spritzen bekannt, mit der Pulverpartikel gespritzt werden können. Die Vorrichtung zum Beschichten von Substratswerkstoffen umfasst eine Vorrichtung zum Erhitzen des Gases, die in einer Ausführungsform eine  
20 elektrische Widerstandsheizung umfasst. Die Vorrichtung zum Erhitzen des Gases ist dabei nach einem Gaspufferbehälter angeordnet. Weiter ist aus der Druckschrift bekannt, heißes Gas führende Leitungen zu isolieren. Nachteilig an diesem Stand der Technik ist jedoch, dass die Vorrichtung zum Erhitzen des Gases einen Druckbehälter benötigt, der wegen seiner Temperaturbeständigkeit relativ schwer ist und, wenn er an  
25 einer Spritzpistole angebracht ist, beim Bedienen der Spritzpistole hindert. Durch die nötigen großen Materialstärken des Druckbehälters ist dieser auch thermisch träge.

Die FR 2568672 beinhaltet ein Verfahren zur Gaserwärmung, bei welchem das Gas in einem Behälter erhitzt wird, welcher eine Innenisolierung aufweist. Die US 5963709  
30 offenbart einen Winderhitzer, welcher eine Innenisolierung aufweist und in welchem vor und nach dem Heizelement eine poröse Schaumkeramik eingebaut ist, die dafür sorgt, dass das Gas ausreichend lange im Bereich des Heizelements verweilt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung zur  
35 Verfügung zustellen, die mit hohen Drücken und hohen Temperaturen arbeiten kann

und dabei dennoch leicht und damit gut handhabbar ist. Insbesondere soll eine wirkungsvolle Gaserhitzung auch bei hohem Druck möglich sein. Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung für eine Beschichtungsvorrichtung für Substratwerkstoffe zur Verfügung zu stellen.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung für eine Beschichtungsvorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 sowie eine Beschichtungsvorrichtung nach Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Vorrichtungen werden durch die Unteransprüche angegeben.

10

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung gelöst, die einen mit einem von Gas durchströmten Druckbehälter, ein in dem Druckbehälter angeordnetes Heizelement und eine Isolierung, welche auf der Innenwand des Druckbehälters angeordnet ist aufweist, wobei der Druckbehälter für Drücke von 15 bis 100 bar ausgelegt ist und in einem Einströmbereich des Druckbehälters mindestens ein Strömungsverteilungselement angeordnet ist, welche das einströmende Gas über die gesamte Breite des Heizelements verteilt.

15

Die Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung gibt Gas mit Gasaustrittstemperaturen von 100 bis 1100 °C, bevorzugt von 700 bis 900°C ab. Insbesondere im oberen Temperaturbereich der genannten Werte können nur noch ausgewählte Stähle für begrenzte Zeit oder spezielle Hochtemperaturwerkstoffe eingesetzt werden, da es ansonsten zu einer Erweichung des Werkstoffes und zu einer Verformung durch Kriechen kommt und nur noch eine sehr geringe Zeitstandfestigkeit der meisten Werkstoffe gegeben ist. Da die Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung Gas von einem Druck von 15 bis 100 bar, insbesondere im Bereich von 25 bis 60 bar erhitzt, wird von dem hochgespannten Gas eine große Energiemenge auf die Wand des Druckbehälters übertragen. Durch die Ausführung einer Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung wird durch die innen angeordnete Isolierung die Energieübertragung auf die Wand des Druckbehälters vermindert. Durch den Kontakt der Außenfläche des Druckbehälters mit der Umgebung und insbesondere durch Mittel zur Wärmeabfuhr wird die Temperatur des Druckbehälters gegenüber dem heißen Gas auf 60% der Heißgastemperatur, bevorzugt auf weniger als 40% und bei entsprechender Auslegung weniger als 20% der Temperatur des heißen Gases herabgesetzt, gemessen in °C. Im letzteren Fall ergeben sich Temperaturen des Druckbehälters von unter 220°C, bei

25

30

35

denen z.B. Stahl noch keine wesentliche Verminderung seiner Festigkeit zeigt. Der Druckbehälter kann daher mit einer erheblich geringeren Wandstärke ausgeführt werden und ist leichter, so dass die Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung auch in eine Spritzpistole integriert werden kann. Durch die verminderte Wärmeabgabe an den Druckbehälter ist die Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung nicht thermisch träge und reagiert schnell, wenn die Temperatur des Gases geändert werden soll. Weiter werden durch die Isolierung auf der Innenseite des Druckbehälters Wärmeverluste im Dauerbetrieb vermieden. Dazu ist es von Vorteil, wenn der verwendete Isolationswerkstoff eine Wärmeleitfähigkeit von weniger als  $4 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , bevorzugt von weniger als  $2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  aufweist und wenn die Isolierung derartig ausgelegt ist, dass weniger als  $300 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , bevorzugt weniger als  $150 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , besonders bevorzugt weniger als  $75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  an den Druckbehälter abgegeben werden.

Erfindungsgemäß ist im Einströmbereich des Druckbehälters ein

Strömungsverteilungselement angeordnet, welches das einströmende Gas über die gesamte Breite des Heizelements verteilt. Stark komprimiertes Gas hat eine hohe Dichte und bei gleichem Strömungsquerschnitt und gleichem Massenfluss im Vergleich zu nicht komprimiertem Gas eine deutlich geringere Strömungsgeschwindigkeit. Daher ist bei der Verwendung komprimierten Gases unter sonst gleichen Bedingungen der Strömungswiderstand deutlich geringer und die treibende Kraft für eine gleichmäßige Verteilung des Gases über dem gesamten Strömungsquerschnitt fehlt. Um eine gleichmäßige Anströmung des Heizelements sicherzustellen, wird daher der Gasstrom durch das Strömungsverteilungselement gezielt über den Querschnitt des Druckbehälters gleichmäßig verteilt.

Um also eine wirksame Erwärmung von komprimiertem Gas zu erreichen ist neben der Innenisolierung, die von Vorteil ist, damit eine kompakte Bauweise und ein geringes Gewicht erreicht wird, mindestens ein Element zur Strömungsverteilung vorgesehen.

Das Strömungsverteilungselement dient zur Gasverteilung, welche bei den hohen

Drücken in dem Druckbehälter aktiv vorgenommen werden muss, damit eine wirksame Gaserhitzung möglich wird. Das Strömungselement muss dazu so ausgelegt sein, dass an ihm nahezu kein oder zumindest nur ein geringer Druckabfall auftritt. Ein

Druckabfall ist bei der bevorzugten Verwendung in einer Beschichtungsvorrichtung deswegen von Nachteil, da in der Spritzpistole vor der Düse ein möglichst hoher Druck vorliegen soll, damit bei der Entspannung in der Düse möglichst hohe

- Gasgeschwindigkeiten erreicht werden. So ist das Strömungsverteilungselement vorteilhafter so ausgelegt, dass der Druckabfall weniger als ein hundertstel, vorzugsweise weniger als ein zweihundertstel des anliegenden Gasdrucks beträgt. Ferner muss mit dem Strömungsverteilungselement das Gas sehr gleichmäßig über
- 5 den gesamten Eintrittsbereich des Gaserhitzer verteilt werden, da nur bei einer sorgfältigen Gasverteilung eine gleichmäßige Durchströmung des Heizers erreicht wird. Diese wiederum ist notwendig, damit ein wirkungsvoller Wärmeübergang vom Heizer auf das Gas erfolgen kann und die gewünschten hohen Temperaturen erreicht werden. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung wird es
- 10 also möglich, große Mengen Gas bei hohem Druck von 15 bis 100 bar wirksam auf hohe Temperaturen von bis zu 900 °C und mehr zu erwärmen. Dabei ist die erfindungsgemäße Vorrichtung sehr handlich und von geringem Gewicht, so dass sie problemlos beispielsweise in einer Spritzpistole angebracht werden und so die beim thermischen Spritzen durchgeführten Bewegungen mit vollziehen kann. Mit der
- 15 erfindungsgemäßen Vorrichtung werden Leistungsdichten von 0,5 bis 8 kW/kg, bevorzugt 1 bis 3 kW/kg bezogen auf den gesamten Hochdruckgaserhitzer und Leistungsvolumen von 3 bis 30 kW/l, bevorzugt von 10 bis 25 kW/l bezogen auf das Innenvolumen des Druckbehälters erreicht.
- 20 Mit besonderen Vorteilen wird das Strömungsverteilungselement durch einen Doppelkegel, eine Lochscheibe, ein Gitter, Führungsblechen und/oder durch eine divergierende Einlaufstrecke gebildet. Diese Strömungsverteilungselemente können einzeln oder in Kombination von zwei oder mehr Elementen im Einstrombereich angeordnet sein.
- 25 Vorteilhaft sind die Mittel zur Wärmeabfuhr mit der Umgebungsluft direkt in Kontakt stehende Außenflächenbereiche des Druckbehälters. An den Außenflächen können Kühlrippen angeformt sein.
- 30 Durch die Isolierung von innen werden trotz der hohen Energieübertragung durch unter hohem Druck stehendes Gas die Verluste durch Wärmeabfuhr gering gehalten und bereits durch freie Flächenbereiche der Außenseite des Druckbehälters, die mit der Umgebungsluft in direktem Kontakt sind, eine niedrige Temperatur des Druckbehälters sichergestellt. Sollte dennoch sich eine noch zu hohe Druckbehältertemperatur

einstellen, können auch Kühlrippen, Gas- oder Flüssigkeitsströmungen oder auch beides in Verbindung zur Kühlung des Druckbehälters eingesetzt werden.

5 Vorteilhaft beträgt die Druckbehältertemperatur weniger als 600°C. Der Druckbehälter kann beispielsweise aus Stahl und/oder Titan bzw. einer Titanlegierung bestehen.

10 Wird die Druckbehältertemperatur durch Isolation und äußere Wärmeabfuhr auf unter 600°C reduziert, kann bei Verwendung eines Hochtemperaturwerkstoffes ein Druckbehälter mit deutlich geringerer Wandstärke verwendet werden. Auch können Druckbehälter aus Stahl, Titan oder Titanlegierung verwendet werden. Bei diesen  
Temperaturen zeigen diese Werkstoffe keine wesentliche Änderung hinsichtlich Festigkeit. Wird die Druckbehältertemperatur weiter auf unter 400°C gesenkt, ergibt sich eine weitere deutliche Reduzierung des Gewichts.

15 In vorteilhafter Ausführung beträgt die Druckbehältertemperatur weniger als 200°C. Der Druckbehälter kann aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen bestehen.

20 Dies ermöglicht eine Konstruktion aus Leichtbauwerkstoffen, insbesondere Aluminium und Aluminiumlegierungen. Durch Aluminium ist eine nicht nur leichte, sondern auch preisgünstige Konstruktion möglich.

In günstiger Ausführungsform besteht das Heizelement aus elektrischen Heizdrähten. Insbesondere wird ein Filamenterhitzer eingesetzt.

25 Ein solches Heizelement in Form eines so genannten Filamentheizers wird elektrisch beheizt und erzeugt vorteilhaft keine Verbrennungsrückstände. In einem Filamenterhitzer sind die Heizdrähte in einzelnen Kanälen angeordnet, wobei das zu erhitzende Gas durch diese Kanäle strömt. Viele Kanäle zusammen ergeben schließlich den Filamenterhitzer.

30

In günstiger Ausführungsform weisen die Heizdrähte Stromzuführungen auf, die hitzebeständig sind und hitzebeständige Durchführungen durch die Wand des Druckbehälters haben.



Dadurch kann bereits erhitztes Gas der Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung zugeführt werden, da die Stromzuführungen nicht in einem kalten Gasstrom liegen müssen.

- 5 In günstiger Ausführungsform bildet die Vorrichtung eine auswechselbare Einheit mit leicht lösbaren Anschlüssen für die Gaszuleitung und Gasableitung.

- Dadurch ist es möglich, mehrere Vorrichtungen hintereinander zu schalten, insbesondere, wenn der Gaszuleitungsanschluss an den Gasableitungsanschluss  
10 passt. Dies ermöglicht eine flexible Anpassung an die geforderte Leistung und das Erreichen sehr hoher Gastemperaturen. Schließlich wird ein leichtes Auswechseln im Reparaturfall ermöglicht.

- Der Druckbehälter kann für Drücke von 25 bis 60 bar ausgelegt sein und das  
15 Heizelement das Gas auf 700°C bis 900°C aufheizen.

- Vorteilhaft arbeitet die Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung dann in für das Kaltgasspritzen günstigen Temperatur- und Druckbereichen. Höhere Gastemperaturen erhöhen die Schallgeschwindigkeit des Gases und damit die Strömungs-  
20 geschwindigkeit in einer Düse z.B. einer Beschichtungsvorrichtung. Partikel werden stärker beschleunigt und prallen mit höherer Geschwindigkeit auf ein zu beschichtendes Substrat. Auch die Partikeltemperatur beim Aufprall wird höher. Der Partikelwerkstoff wird thermisch erweicht und duktilisiert. Höhere Gasdrücke führen zu einer höheren Gasdichte in der Gasströmung, und begünstigen damit die  
25 Beschleunigung der Partikel, insbesondere die Beschleunigung größerer Partikel. Größere Partikel (Durchmesser von 25 bis 100 µm und bis hin zu 250 µm) haben eine hohe Bedeutung, um qualitativ hochwertige Schichten herstellen zu können und um hohe Auftragsraten zu erreichen.

- 30 Die Aufgabe wird auch gelöst durch eine Beschichtungsvorrichtung für Substratwerkstoffe, bei der zumindest eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung vorhanden ist. Eine oder auch mehrere der Vorrichtungen zur Hochdruckgaserhitzung können in oder an einer Spritzpistole und weitere können in einem stationären Teil der Beschichtungsvorrichtung angeordnet sein, die dann über einem Heißgasschlauch mit  
35 der Spritzpistole in Reihe verbunden sind. Im stationären Teil der

Beschichtungsvorrichtung kann anstelle der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung auch ein anderes Verfahren zur Gaserwärmung eingesetzt werden, da im stationären Teil Gewicht und Handlichkeit nur eine untergeordnete Rolle spielen.

5

Dadurch wird eine hohe Gastemperatur erreicht und dennoch ein geringes Gewicht der Spritzpistole.

Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung als rotationssymmetrisches Bauteil im Längsschnitt und  
15 Fig. 2 bis Fig. 6 schematisch weitere Ausführungen des Strömungsverteilungselements der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Fig. 1 im Längsschnitt.

Die Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung als  
20 rotationssymmetrisches Bauteil im Längsschnitt, die im vorliegenden Beispiel bei einer Beschichtungsvorrichtung für das Kaltgasspritzen benutzt wird. Der Druckbehälter 1 weist auf seiner Innenseite eine Isolierung 2 auf. Im Inneren des Druckbehälters 1 ist ein Heizelement 3 angeordnet, hier in Form eines Filamentheizers, der aus einer Vielzahl von elektrischen Heizdrähten besteht. Das aufzuheizende Gas wird dem  
25 Druckbehälter 1 über eine Gaszuleitung 4 zugeführt. In dem vorliegenden Beispiel ist der Druckbehälter 1 ein rotationssymmetrischer Körper, bei dem ein in dem durch die Pfeile angedeuteten Gasstrom liegender Doppelkegel 5 das Strömungsverteilungselement darstellt, welches für eine gleichmäßige Verteilung des Gases über den Querschnitt des Heizelements 3 sorgt. Das erhitzte Gas wird über eine  
30 Gasableitung 6 aus dem Druckbehälter 1 herausgeleitet. Außenflächenbereiche 7 stehen mit der Umgebungsluft direkt in Kontakt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung bildet eine standardisierte Einheit, die leicht auswechselbar ist, z. B. im Reparaturfall, oder um mehrere hintereinander anzuordnen. Auch das Heizelement 3 kann als leicht auswechselbare Heizpatrone ausgestaltet sein. Dadurch  
35 lässt sich das Heizelement 3 in Reparaturfall leicht ersetzen.

Das Gas durchströmt den Druckbehälter 1, wobei es sich durch den Doppelkegel 5, wie durch die Pfeile dargestellt, gleichmäßig über den Querschnitt des Heizelements 3 verteilt. Durch die innen angebrachte Isolierung 2 wird erreicht, dass nur wenige

5 Wärmeenergie die Wand des Druckbehälters 1 erreicht. Über die Außenflächenbereiche 7 wird gleichzeitig Wärme des Druckbehälters 1 an die Umgebung abgegeben, so dass der Druckbehälter 1 gekühlt wird und eine erheblich niedrigere Temperatur als das erhitzte Gas hat. Der Druckbehälter 1 kann daher relativ dünnwandig und leicht gebaut sein. Bei einer Änderung der Temperatur, auf die das  
10 Gas erhitzt werden soll, reagiert die erfindungsgemäße Vorrichtung rasch und ohne Verzögerungen. Die Masse des Druckbehälters kann sich wegen der innen angebrachten Isolierung nicht verzögernd auswirken.

Die Ausgestaltung der Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung, wie Stärke der  
15 Isolation, Gasverteilung, Heizung über Heizdrähte ermöglicht bei kompakter Bauweise und hoher Leistungsdichte das Erreichen sehr hoher Gastemperaturen für einer breiten Spanne an Gasdrücken.

Die Fig. 2 bis Fig. 6 zeigen schematisch weitere Ausführungen des  
20 Strömungsverteilungselements der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Fig. 1 im Längsschnitt. Schematisch dargestellt ist der vordere Teil des Druckbehälters 1 mit der Gaszuleitung 4. Das Strömungsverteilungselement in Fig. 2 besteht aus mehrfach angeordneten Gittern 8, das in Fig. 3 aus Führungsblechen 9. In der Fig. 4 ist eine Lochscheibe 10 so angeordnet, dass sie eine gleichmäßige Gasverteilung bewirkt und  
25 in der Fig. 5 wird das Gas durch eine Kombination aus Doppelkegel 5 und der Lochscheibe 10 verteilt. Bei Verwendung einer Lochscheibe zusammen mit einem Filamenterhitzer ist es besonders vorteilhaft, wenn die Löcher derartig angeordnet sind, dass die Löcher die Zugänge zu den einzelnen Kanälen des Filamenterhitzers verengen, wobei ein Loch den Zugang in einen Kanal verengt. Schließlich zeigt die Fig.  
30 6 eine Ausführung, bei der der Druckbehälter 1 im Bereich, der sich unmittelbar an die Gaszuleitung 4 anschließt, als divergierenden Einlaufstrecke 11 ausgebildet ist.

Bei einem Einsatz von einem Doppelkegel und einem weiteren Element, insbesondere einer Lochblende zur Strömungsverteilung bewirkt der Doppelkegel eine Verzögerung

und eine Grobverteilung des Gases und das weitere Element bewirkt eine Feinverteilung des Gases in das Heizelement.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung kann auch in anderen  
5 Bereichen, in denen unter hohem Druck stehende Gase erhitzt werden müssen, verwendet werden, wie etwa bei der Verdüsung von Schmelzen mit heißen Gasen. Auch zum Vorwärmen von Zusatzwerkstoff oder Grundwerkstoff beim Schweißen oder Löten mit Lichtbogen, Flamme oder Laser kann die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung mit Vorteil eingesetzt werden. Auch ist es möglich, mit dem  
10 Gasstrom, welcher die erfindungsgemäße Vorrichtung verlässt, selbst zu Löten. Weiterhin ist ein Einsatz beim Trocknen von wasserstoffempfindlichen Werkstoffen, wie beispielsweise Feinkornbaustähle oder Aluminium und Aluminiumlegierungen, möglich.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung ermöglicht eine  
15 kompakte Bauweise mit Länge zu Durchmesser Verhältnissen zwischen 1 und 5 und hohen Leistungsdichten von 1 bis 8 kW/kg bei einem hohen Leistungsvolumen von z.B. 5 bis 25 kW/l. Die Ausgestaltung der Vorrichtung als eine Einheit ermöglicht einen schnellen Austausch einer defekten Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können besonders günstige Aufpralltemperaturen der  
20 beim Kaltspritzen verspritzten Partikel zwischen 200 und 600°C bei gleichzeitig hoher Aufprallgeschwindigkeit erreicht werden, indem Gastemperaturen von 600 bis 1100°C, insbesondere von 800 bis 1100°C sehr flexibel ausgewählt werden können.

## Bezugszeichenliste

	1	Druckbehälter
5	2	Isolierung
	3	Heizelement
	4	Gaszuleitung
	5	Doppelkegel
	6	Gasableitung
10	7	Außenflächenbereich
	8	Gitter
	9	Führungsblech
	10	Lochscheibe

## Patentansprüche

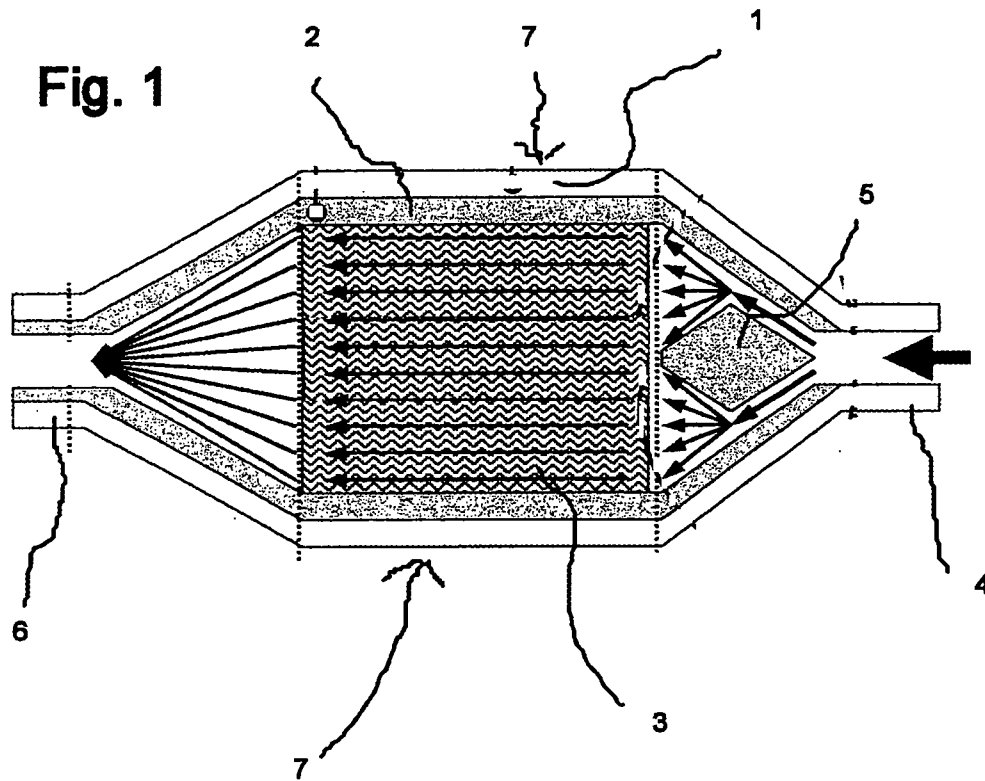
- 5 1. Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung mit einem von Gas durchströmten Druckbehälter (1), einem in dem Druckbehälter (1) angeordneten Heizelement (3) und einer Isolierung (2), welche auf der Innenwand des Druckbehälters (1) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckbehälter (1) für Drücke von 15 bis 100 bar ausgelegt ist und in einem Einströmbereich des
- 10 Druckbehälters (1) mindestens ein Strömungsverteilungselement (5) angeordnet ist, welche das einströmende Gas über die gesamte Breite des Heizelements (3) verteilt.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Strömungsverteilungselement durch einen Doppelkegel (5), eine Lochscheibe (10), ein Gitter (8), Führungsblechen (9) und/oder durch eine divergierende Einlaufstrecke (11) gebildet wird.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel zur Wärmeabfuhr des Druckbehälters (1) vorhanden sind, wobei die Mittel zur Wärmeabfuhr mit der Umgebungsluft direkt in Kontakt stehende Außenflächenbereiche (7) des Druckbehälters (1) sind.
- 25 4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Außenflächenbereichen Kühlrippen angeformt sind.
- 30 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Heizelement (3) das Gas auf 100°C bis 1100°C, bevorzugt auf 700 °C bis 900 °C aufheizt.
- 35 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckbehältertemperatur weniger als 600°C beträgt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckbehälter aus Stahl und/oder Titan und/oder einer Titanlegierung besteht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckbehältertemperatur weniger als 200°C beträgt.
- 5 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckbehälter aus Aluminium und/oder einer Aluminiumlegierung besteht.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Heizelement (3) aus elektrischen Heizdrähten besteht.
- 10
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizdrähte Stromzuführungen aufweisen, die hitzebeständig sind und hitzebeständige Durchführungen durch die Wand des Druckbehälters haben.
- 15
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung eine auswechselbare Einheit mit leicht lösbaren Anschlüssen für die Gaszuleitung und Gasableitung bildet.
- 20 13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckbehälter (1) für Drücke von 25 bis 60 bar ausgelegt ist.
- 25 14. Beschichtungsvorrichtung für Substratwerkstoffe, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche vorhanden ist.
- 30 15. Beschichtungsvorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in einer Spritzpistole angeordnet ist.
- 35 16. Beschichtungsvorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine weitere Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 in einem stationären Teil der Beschichtungsvorrichtung angeordnet ist und in einer Gaszufuhr mit der

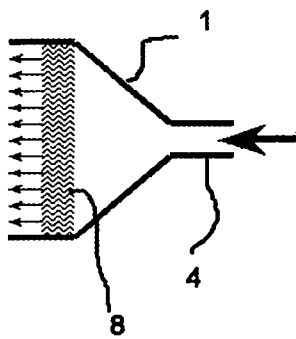
Vorrichtung zur Hochdruckgaserhitzung in der Spritzpistole in Reihe angeordnet ist.



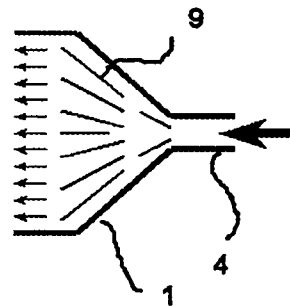
**Fig. 1**



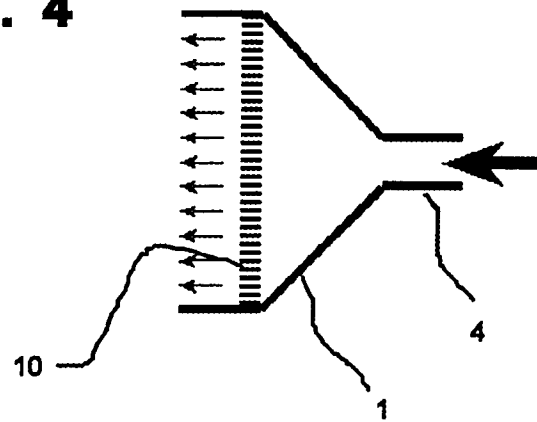
**Fig. 2**



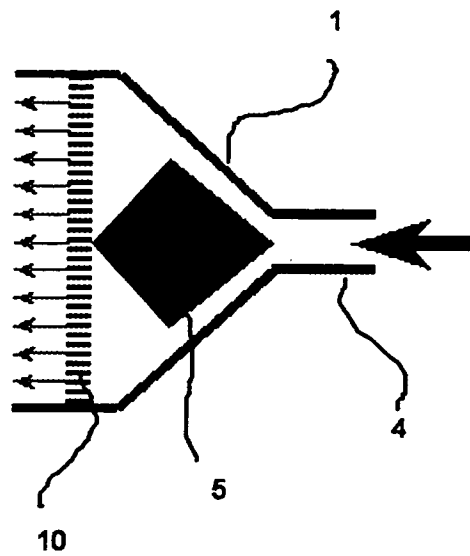
**Fig. 3**



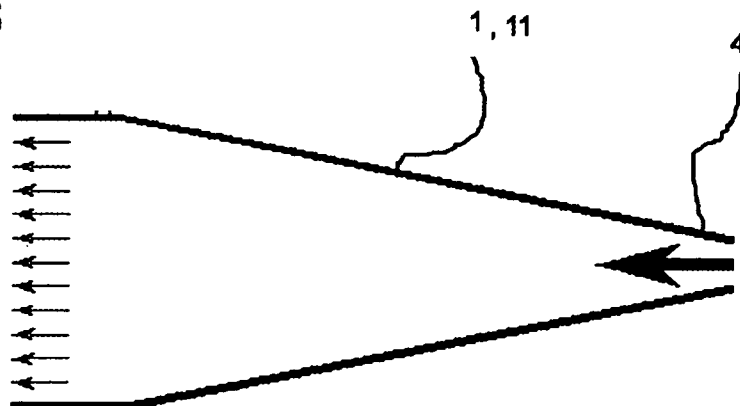
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/010759

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F24H3/04 F24H9/00 F24H9/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F24H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	FR 2 568 672 A (BERTIN ET CIE) 7 February 1986 (1986-02-07)	1,2,5
A	the whole document	14
Y	US 1 869 623 A (RUBINI ELIGIO ET AL) 2 August 1932 (1932-08-02)	1,2,5
	the whole document	
A	US 5 963 709 A (STAPLES ET AL) 5 October 1999 (1999-10-05)	1,14
	column 3, lines 6-37; figures	
A	DE 511 895 C (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKT.-GES) 3 November 1930 (1930-11-03)	1,14
	the whole document	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 February 2007

Date of mailing of the international search report

01/03/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

van Gestel, Harrie

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/010759

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 490 333 A (HUMPHRIES ET AL) 25 December 1984 (1984-12-25) column 1, paragraph 1 -----	1
A	EP 0 099 825 A (FIVES-CAIL BABCOCK, SOCIETE ANONYME) 1 February 1984 (1984-02-01) abstract -----	1, 14

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/010759

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2568672	A	07-02-1986	NONE	
US 1869623	A	02-08-1932	NONE	
US 5963709	A	05-10-1999	NONE	
DE 511895	C	03-11-1930	NONE	
US 4490333	A	25-12-1984	NONE	
EP 0099825	A	01-02-1984	DE 3360932 D1 FR 2530320 A1	07-11-1985 20-01-1984

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/010759

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F24H3/04 F24H9/00 F24H9/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F24H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	FR 2 568 672 A (BERTIN ET CIE) 7. Februar 1986 (1986-02-07)	1,2,5
A	das ganze Dokument	14
Y	US 1 869 623 A (RUBINI ELIGIO ET AL) 2. August 1932 (1932-08-02)	1,2,5
	das ganze Dokument	
A	US 5 963 709 A (STAPLES ET AL) 5. Oktober 1999 (1999-10-05) Spalte 3, Zeilen 6-37; Abbildungen	1,14
A	DE 511 895 C (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKT.-GES) 3. November 1930 (1930-11-03) das ganze Dokument	1,14
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Februar 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

01/03/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

van Gestel, Harrie

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 490 333 A (HUMPHRIES ET AL) 25. Dezember 1984 (1984-12-25) Spalte 1, Absatz 1 -----	1
A	EP 0 099 825 A (FIVES-CAIL BABCOCK, SOCIETE ANONYME) 1. Februar 1984 (1984-02-01) Zusammenfassung -----	1, 14

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/010759

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 2568672	A	07-02-1986	KEINE		
US 1869623	A	02-08-1932	KEINE		
US 5963709	A	05-10-1999	KEINE		
DE 511895	C	03-11-1930	KEINE		
US 4490333	A	25-12-1984	KEINE		
EP 0099825	A	01-02-1984	DE	3360932 D1	07-11-1985
			FR	2530320 A1	20-01-1984