



(11) **EP 2 815 195 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.10.2015 Patentblatt 2015/42

(21) Anmeldenummer: **13702328.9**

(22) Anmeldetag: **12.01.2013**

(51) Int Cl.:
F27D 1/00 (2006.01)

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/000074

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/120571 (22.08.2013 Gazette 2013/34)

(54) **VORRICHTUNG ZUR WÄRMEBEHANDLUNG**

HEAT TREATMENT DEVICE

DISPOSITIF DE TRAITEMENT THERMIQUE

(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

(30) Priorität: **17.02.2012 DE 102012003030**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.12.2014 Patentblatt 2014/52

(73) Patentinhaber: **Heraeus Noblelight GmbH**
63450 Hanau (DE)

(72) Erfinder:
• **WEBER, Jürgen**
63801 Kleinostheim (DE)

• **DIEHL, Frank**
61350 Bad Homburg (DE)
• **LINOW, Sven**
64285 Darmstadt (DE)

(74) Vertreter: **Heraeus IP**
Heraeus Holding GmbH
Schutzrechte
Heraeusstraße 12-14
63450 Hanau (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2004/001311 US-A- 4 883 424

EP 2 815 195 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung, umfassend einen von einer Ofenauskleidung aus Quarzglas umgebenen Prozessraum, eine Heizeinrichtung und einen Reflektor.

[0002] Vorrichtungen in diesem Sinne sind insbesondere zum Erwärmen von Substraten auf Temperaturen oberhalb von 600 °C geeignet.

Stand der Technik

[0003] In industriellen Elektrowärmeöfen, die zum Erwärmen eines Heizgutes auf Temperaturen oberhalb von 600 °C eingesetzt werden, werden als Heizelemente häufig Infrarotstrahler eingesetzt, die kurzweilige, mittelwellige und/oder langwellige Infrarotstrahlung emittieren. Die Infrarotstrahler sind vielfach innerhalb des Prozessraumes angeordnet und damit hohen Temperaturen ausgesetzt; sie weisen daher eine begrenzte Lebensdauer auf.

[0004] Um hohe Prozesstemperaturen und geringe Energieverluste zu gewährleisten, sind diese Öfen mit einer isolierenden Ofenauskleidung versehen, die beispielsweise in vielen klassischen Öfen aus Isoliersteinen aus Schamotte besteht. Ofenauskleidungen aus Schamotte weisen allerdings eine vergleichsweise hohe Wärmekapazität auf. Da nach dem Einschalten des Ofens zunächst die Ofenauskleidung aufgeheizt werden muss, führt die hohe Wärmekapazität der Auskleidung zu einer verhältnismäßig langen Aufheizzeit des Ofens bei gleichzeitig hohem Energieverbrauch. Der Einsatz von Ofenauskleidungen aus Schamotte limitiert zudem auch die Reinheitsbedingungen im Prozessraum. Öfen mit einer Ofenauskleidung aus Schamotte haben ein hohes Gewicht und sind daher nur begrenzt mobil einsetzbar.

[0005] Ein elektrisch beheizter Muffelbrennofen mit einer Ofenauskleidung aus Schamotte ist beispielsweise aus der DE 1 973 753 U bekannt. Der Muffelbrennofen weist als Heizeinrichtung Infrarotstrahler mit quarzumschlossenen Heizspiralen auf, die im Bereich der Deckenwandung des Prozessraumes angeordnet sind. Durch die Anordnung der Infrarotstrahler innerhalb des Prozessraumes soll zwar eine kurze Aufheizzeit und eine gleichmäßige Beheizung des Brennguts erreicht werden. Allerdings wird auch bei diesem Ofen die Aufheiz- als auch die Abkühlzeit durch die Ofenauskleidung verlängert.

[0006] Zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur im Prozessraum ist auch hier zunächst die Ofenauskleidung auf Betriebstemperatur zu erwärmen. Darüber hinaus weisen Öfen mit einer Ofenauskleidung aus Schamotte nur eine geringe Wärmeschockbeständigkeit auf, so dass bei einem vorzeitigen Öffnen des Ofens Risse in der Ofenauskleidung entstehen können. Um eine hohe Lebensdauer der Ofenauskleidung zu gewährleisten, sollten die Öfen erst dann geöffnet werden, wenn ihr Prozessraum auf eine Temperatur unterhalb von 400 °C ab-

gekühlt ist.

[0007] Neben Schamotte werden auch andere feuerfeste Werkstoffe, in der Regel keramische Erzeugnisse und Werkstoffe mit einer Einsatztemperatur von über 600 °C als Ofenauskleidungen eingesetzt.

[0008] Für besondere Anforderungen, beispielsweise für Prozesse mit hohen Reinheitsanforderungen, werden Ofenauskleidungen aus Quarzglas eingesetzt. Eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung eines Substrats mit einer Ofenauskleidung aus Quarzglas ist beispielsweise aus der US 4,883,424 bekannt. Die Ofenauskleidung soll ein schnelles Aufheizen und Abkühlen des Heizgutes ermöglichen; sie ist zylinderförmig ausgebildet und von einer mit einem Reflektor versehenen Umhüllung zur Kühlung umgeben. Innerhalb der Ofenauskleidung ist eine Heizeinrichtung aus einer Nichrome-Legierung angeordnet.

[0009] Allerdings sind Ofenauskleidungen aus Quarzglas, insbesondere solche mit größeren Abmessungen, aufwendig zu fertigen. Sie weisen in der Regel Zylinderform auf und sind daher für viele Anwendungen, in denen Elektrowärmeöfen eingesetzt werden, nur bedingt geeignet.

Technische Aufgabenstellung

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Wärmebehandlung mit einer Ofenauskleidung bereitzustellen, die einfach und in variabler Form zu fertigen ist, die ein schnelles Aufheizen und Abkühlen des Heizgutes und kurze Prozesszeiten ermöglicht und sich durch eine lange Lebensdauer auszeichnet.

Allgemeine Beschreibung der Erfindung

[0011] Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung zur Wärmebehandlung mit den eingangs genannten Merkmalen erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Ofenauskleidung mehrere Wandungselemente mit einer dem Prozessraum zugewandten und einer dem Prozessraum abgewandten Seite umfasst, und dass mindestens eines der Wandungselemente mehrere Quarzglasrohre aufweist, die über eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse miteinander verbunden sind.

[0012] Im Vergleich zu bekannten Vorrichtungen mit einer Ofenauskleidung aus Quarzglas weist die erfindungsgemäße Modifikation zwei wesentliche zusätzliche Merkmale auf, nämlich erstens umfasst die Ofenauskleidung mehrere Wandungselemente, und zweitens weist mindestens eines der Wandungselemente mehrere Quarzglasrohre auf, die über eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse miteinander verbunden sind.

[0013] Durch den Aufbau der Ofenauskleidung aus mehreren Wandungselementen, kann die Ofenauskleidung in variabler Form, beispielsweise in Form eines Quaders, einer Kugel, eines Zylinders, einer Pyramide oder eines Würfels hergestellt werden. Die Form der

Ofenauskleidung kann auch an das zu beheizende Heizgut angepasst sein. Die einzelnen Wandungselemente sind lösbar oder fest miteinander verbunden. Die Verbindung kann beispielsweise über eine Fügeverbindung erfolgen, die zum Beispiel das rein mechanische, formschlüssige Zusammensetzen, das An- oder Einpressen oder das Kleben der Wandungselemente umfasst.

[0014] Darüber hinaus ist vorgesehen, dass mindestens eines der Wandungselemente mehrere Quarzglasrohre aufweist. Quarzglasrohre sind einfach und kostengünstig zu fertigen. Die Quarzglasrohre weisen einen Hohlraum auf, der zu einer Isolierung der Ofenauskleidung beiträgt; sie können gestreckt oder gebogen sein. Durch das Verbinden der Quarzglasrohre mit einer SiO₂-haltigen Verbindungsmasse wird ein Wandungselement erhalten, das im Wesentlichen aus Quarzglas besteht. Ein solches Wandungselement weist eine hohe Temperaturbeständigkeit auf. Es ermöglicht hohe Betriebstemperaturen oberhalb von 1.000 °C.

[0015] Die erfindungsgemäße Ofenauskleidung weist im Vergleich zu einer Ofenauskleidung aus Schamotte ein geringes Gewicht und damit eine geringe Wärmekapazität auf. Hierdurch wird ein schnelles Aufheizen und Abkühlen der Vorrichtung ermöglicht. Die Vorrichtung zeichnet sich darüber hinaus durch eine hohe Wärmeschockbeständigkeit aus, so dass sie beispielsweise auch bei hohen Temperaturen geöffnet werden kann. Die Lebensdauer der Vorrichtung wird auch durch häufige, schnelle Temperaturwechsel nicht beeinträchtigt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist sowohl für den Batch-Betrieb als auch für den kontinuierlichen Betrieb geeignet.

[0016] In einer bevorzugten Modifikation der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die SiO₂-haltige Verbindungsmasse gleichzeitig als Reflektor und als Verbindungsmittel dient.

[0017] Zur Verbindung der Quarzglasrohre wird eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse eingesetzt, die beispielsweise in Form eines Schlickers auf die zu verbindenden Quarzglasrohre aufgebracht, getrocknet und gegebenenfalls gesintert wird. Vorzugsweise bildet die SiO₂-haltige Verbindungsmasse eine opake, diffus hoch reflektierende und poröse Schicht aus Quarzglas, die reflektierende Eigenschaften aufweist und die deshalb gleichzeitig als Reflektor dient. Durch die reflektierenden Eigenschaften der Verbindungsmasse wird ein energieeffizienter Betrieb der Vorrichtung ermöglicht. Darüber hinaus lässt sich das Heizgut durch die vorgesehene Reflektorschicht schneller erwärmen, so dass bei Batchprozessen auch die Prozesszeiten verkürzt werden.

[0018] Es hat sich bewährt, wenn die SiO₂-haltige Verbindungsmasse auf die dem Prozessraum zugewandte Seite eines Wandungselements aufgebracht ist.

[0019] Die SiO₂-haltige Verbindungsmasse weist eine hohe Temperaturstabilität und Wärmeschockbeständigkeit auf. Dadurch, dass die SiO₂-haltige Verbindungsmasse auf die dem Prozessraum zugewandte Seite des Wandungselements aufgebracht ist, wird eine energie-

effiziente Wärmebehandlung des Heizgutes ermöglicht. Dabei werden sowohl auftretende Energieverluste minimiert als auch ein Energieeintrag in die Wandungselemente vermindert, so dass die durch die Heizeinrichtung in den Prozessraum eingebrachte Energie vermehrt zur Wärmebehandlung des Heizgutes zur Verfügung steht.

[0020] In einer alternativen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die SiO₂-haltige Verbindungsmasse auf die dem Prozessraum abgewandte Seite eines Wandungselements aufgebracht ist.

[0021] Auch eine auf die dem Prozessraum abgewandte Seite aufgebrachte SiO₂-haltige Verbindungsmasse führt zu einer Reduktion auftretender Energieverluste. Dadurch, dass die Beschichtung auf die dem Prozessraum abgewandte Seite des Wandungselements aufgebracht ist, ist sie geringeren Temperaturen und Temperaturschwankungen ausgesetzt. Im Vergleich zu einer Beschichtung, die auf die dem Prozessraum zugewandte Seite aufgebracht ist, weist eine solche Beschichtung eine höhere Lebensdauer auf.

[0022] Es hat sich als günstig erwiesen, wenn die Quarzglasrohre einen runden Querschnitt aufweisen und wenn der Außendurchmesser der Quarzglasrohre im Bereich von 4 mm bis 50 mm liegt.

[0023] Quarzglasrohre mit rundem Durchmesser sind einfach und kostengünstig zu fertigen. Ein Quarzglasrohr mit einem Außendurchmesser von weniger als 4 mm weist nur einen vergleichsweise geringen Hohlraum auf, so dass sich der Effekt des Hohlraumes auf die Isolierung der Prozesskammer verliert. Ein Quarzglasrohr mit einem Außendurchmesser von mehr als 50 mm ist aufwendig zu verarbeiten und beeinträchtigt eine kompakte Bauform der Vorrichtung.

[0024] In einer bevorzugten Modifikation der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass in mindestens einem der Quarzglasrohre ein Heizelement angeordnet ist, das Teil der Heizeinrichtung ist.

[0025] Innerhalb eines Quarzglasrohres können ein oder mehrere Heizelemente angeordnet sein und es können mehrere Quarzglasrohre mit Heizelementen bestückt sein. Durch die Anordnung des Heizelements in einem Quarzglasrohr wird ein geringer Abstand zwischen Heizelement und Heizgut erreicht, ohne die Qualität der Bestrahlungsintensität zu beeinträchtigen.

[0026] Es hat sich bewährt, wenn alle Quarzglasrohre eines Wandungselements mit Heizelementen belegt sind.

[0027] Dadurch, dass alle Quarzglasrohre eines Wandungselements mit Heizelementen belegt sind, wird eine möglichst homogene Bestrahlung des Heizgutes mit einer hohen Bestrahlungsintensität gewährleistet.

[0028] Es hat sich als günstig erwiesen, wenn das Heizelement ein Infrarotstrahler ist, der ein Strahlerrohr und ein Heizfilament aufweist.

[0029] Ein Heizelement in Form eines Infrarotstrahlers bewirkt, dass das Heizgut unmittelbar beheizt wird, so dass eine schnelle und gleichmäßige Erwärmung des Heizgutes erzielt wird. Der eingesetzte Infrarotstrahler

kann beispielsweise für kurzwellige, mittelwellige und/oder langwellige Infrarotstrahlungsemission ausgelegt sein; er weist mindestens ein Heizfilament auf, das von einem Strahlerrohr, beispielsweise aus Quarzglas, umgeben ist.

[0030] Es hat sich bewährt, wenn das Quarzglasrohr das Strahlerrohr des Infrarotstrahlers ist.

[0031] Dadurch, dass das Quarzglasrohr des Wandungselements gleichzeitig das Strahlerrohr des Infrarotstrahlers ist, kann ein möglichst geringer Abstand zwischen dem Heizelement und dem zu bestrahlenden Heizgut erzielt werden. Darüber hinaus werden die an dem Quarzglasrohr und dem Strahlerrohr auftretenden Strahlungsverluste minimiert, so dass die Energieeffizienz der Vorrichtung verbessert wird.

[0032] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das Heizelement für mittelwellige Infrarotstrahlungsemission ausgelegt.

[0033] Im Gegensatz zu Infrarotstrahlern für den kurzwelligen IR-Wellenlängenbereich, die zum Schutz des Heizfilaments mit einem Inertgas gefüllt und daher verschlossen sind, kann das Strahlerrohr eines mittelwelligen Heizstrahlers offen sein. Bei einem einseitig oder beidseitig offenen Strahlerrohr ist das Heizfilament unmittelbar zugänglich und kann deshalb besonders leicht und kostengünstig ausgetauscht werden. Diese Ausführungsform erleichtert somit Montage und Wartung der Vorrichtung.

[0034] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die Wandungselemente einen quaderförmigen Hohlkörper bilden.

[0035] Die Wandungselemente sind Teil der Ofenauskleidung. Vorzugsweise sind die Wandungselemente derart angeordnet, dass sie einen quaderförmigen Hohlkörper bilden. Beispielsweise ist der quaderförmige Hohlkörper an allen Seiten von Wandungselementen im Sinne der Erfindung umgeben. Ein solcher Hohlkörper ist insbesondere als Ofenauskleidung für einen Ofen, der im diskontinuierlichen Betrieb eingesetzt wird, geeignet. Darüber hinaus kann der quaderförmige Hohlkörper auch an einer oder an zwei Seiten offen ausgebildet sein. Insbesondere eine an zwei Seiten offene Ofenauskleidung ist für den Einsatz im kontinuierlichen Dauerbetrieb geeignet.

[0036] In einer bevorzugten Modifikation ist vorgesehen, dass der quaderförmigen Hohlkörper ein die Bodenplatte bildendes Wandungselement, ein die Deckplatte bildendes Wandungselement und vier, die Seitenwände des Hohlkörpers bildende Wandungselemente umfasst.

[0037] Eine Ofenauskleidung in Form eines quaderförmigen Hohlkörpers mit einer Bodenplatte, einer Deckplatte und vier Wandungselementen ist insbesondere als Ofenauskleidung für einen Ofen, der im diskontinuierlichen Betrieb verwendet wird, geeignet. Die Wandungselemente umschließen den Prozessraum, wodurch die Ofenauskleidung auch für Anwendungen mit hohen Reinheitsanforderungen geeignet ist. Da die Ofenaus-

kleidung aus Quarzglas gefertigt ist, sind unter Prozessbedingungen keine nennenswerten Verunreinigungen durch die Ofenauskleidung zu erwarten.

[0038] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn mindestens zwei Wandungselemente in Blockbauweise miteinander verbunden sind, indem vorzugsweise zwei Wandungselemente an Korpusecken durch Verzinkung miteinander verbunden sind und/oder sich die Quarzglaszylinder eines ersten und eines zweiten Wandungselements an Korpusecken wechselweise überragen.

[0039] Die Wandungselemente der Ofenauskleidung sind in Blockbauweise miteinander verbunden, beispielsweise durch Verzinkung oder Verzahnung. Die Wandungselemente überragen sich wechselweise an den Korpusecken oder sie schließen an den Ecken bündig ab. Durch die Verbindung der Wandungselemente in Blockbauweise wird eine Fügeverbindung erhalten, die hohen mechanischen Beanspruchungen standhält und gleichzeitig den Austausch einzelner Wandungselemente ermöglicht.

[0040] Es hat sich bewährt, wenn die überragenden Wandungselemente zu deren Fixierung mit einer die Ofenauskleidung umgebenden Ofenhülle verbunden sind.

[0041] Die Ofenhülle umfasst eine Isolierung, beispielsweise in Form einer Mineralfasermatte, und eine Blechummantelung. Die überragenden Wandungselemente können zu deren Fixierung lose oder fest mit der Ofenhülle verbunden sein. Im einfachsten Fall wird eine Fixierung der Wandungselemente schon dadurch ermöglicht, dass die Wandungselemente von der Isolierung und der Blechummantelung umgeben sind.

[0042] In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass die Ofenauskleidung zylinderförmig ausgebildet ist, und ein die Zylindermantelfläche bildendes Wandungselement mit mehreren ringförmig gebogenen Quarzglasrohren, ein die Deckplatte bildendes und ein die Bodenplatte bildendes Wandungselement umfasst.

[0043] Eine hohlzylinderförmige Ofenauskleidung ermöglicht eine allseitig gleichmäßige Bestrahlung des Heizgutes, insbesondere dann, wenn das Heizgut ebenfalls Zylinderform aufweist. Die Ofenauskleidung weist darüber hinaus Wandungselemente in Form einer Boden- und einer Deckplatte auf.

[0044] Es hat sich bewährt, wenn die Bodenplatte und/oder die Deckplatte mehrere Quarzglaszylinder aufweisen, die über die SiO₂-haltige Verbindungsmasse miteinander verbunden sind.

[0045] Eine Boden- und/oder Deckplatte aus Quarzglaszylindern ist einfach und kostengünstig zu fertigen. Die Quarzglaszylinder weisen darüber hinaus einen Hohlraum auf, der zu einer thermischen Isolierung der Vorrichtung beiträgt. Des Weiteren können in eine Boden- und/oder eine Deckplatte aus mehreren Quarzglaszylindern mehrere Heizelemente angeordnet werden, so dass eine möglichst gleichmäßige Bestrahlungsintensität bezogen auf das Heizgut erreicht wird.

[0046] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Ofenauskleidung von einer feuerfesten Hochtemperaturmatte umgeben ist.

Ausführungsbeispiel

[0047] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigt in schematischer Darstellung im Einzelnen:

Figur 1 eine erste Ausführungsform eines Wandungselements der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Wärmebehandlung in räumlicher Darstellung,

Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines Wandungselements der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Wärmebehandlung in Seitenansicht,

Figur 3 eine Draufsicht auf vier miteinander verbundene Wandungselemente gemäß Figur 1,

Figur 4 vier miteinander verbundene Wandungselemente in räumlicher Darstellung, und

Figur 5 einen Temperatur-Zeit-Verlauf einer in der erfindungsgemäßen Vorrichtung positionierten Probe.

[0048] **Figur 1** zeigt schematisch ein Wandungselement der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Wärmebehandlung, dem insgesamt, die Bezugsziffer 1 zugeordnet ist. Das Wandungselement 1 besteht aus vier Quarzglasrohren 4a-4d aus transparentem Quarzglas. Ein einzelnes Quarzglasrohr 4a-4d hat die Abmessungen Länge x Breite x Höhe (L x B x H) 350 mm x 34 mm x 14 mm. Zum Aufbau eines flächigen Wandungselements sind die Quarzglasrohre 4a-4d nebeneinander angeordnet und über eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse 5 miteinander verbunden. Im Wandungselement 1 sind die Quarzglasrohre 4a-4d in der Ebene wechselweise um 50 mm gegeneinander versetzt angeordnet, so dass die Quarzglasrohre 4a und 4c einerseits und die Quarzglasrohre 4b und 4d andererseits aus dem Verbund herausstehen. Das gesamte Wandungselement 1 ist 140 mm breit und 400 mm lang.

[0049] Im Folgenden wird die Herstellung des Wandungselements 1 näher erläutert:

Zur Verbindung der Quarzglasrohre 4a-4d wird als SiO₂-haltige Verbindungsmasse 5 eine Suspension aus Quarzpulver und Wasser verwendet, mit der die vier Quarzglasrohre 4a-4d nacheinander einseitig beschichtet werden. Das Aufbringen der Suspension auf die Oberfläche der Quarzglasrohre 4a-4d erfolgt bei Raumtemperatur mit einem automatisierten

Sprühverfahren. Die Dicke der Beschichtung beträgt etwa einen Millimeter. Vor dem Trocknen werden die einseitig beschichteten Quarzglasrohre 4a-4d mit der beschichteten Seite nach oben auf eine temperaturbeständige ebene Ablageplatte aus Quarzglas gelegt. Unmittelbar nach der Beschichtung, werden die Quarzglasrohre 4a-4d axial zueinander angepresst, so dass im sukzessiven Aufbau ein stoffschlüssiger ebener Verbund in Form einer Platte entsteht.

[0050] Die aneinandergespressten Quarzglasrohre 4a-4d befinden sich nach dem Beschichten im fragilen Grünzustand; sie werden daher im Anschluss zusammen mit der Ablageplatte in einen Sinterofen überführt. Das Sintern des Grünlings erfolgt bei 1240 °C für zwei Stunden in Luftatmosphäre. Nach dem Sintern sind die Quarzglasrohre 4a-4d mechanisch stabil miteinander verbunden, so dass ein Wandungselement 1 erhalten wird, das zu über 99.9% aus Quarzglas (SiO₂) besteht. Im fertigen Wandungselement 1 ist die Beschichtung auf die dem Prozessraum abgewandte Seite 3 des Wandungselements 1 aufgebracht; sie ist opak und dient gleichzeitig als Reflektorschicht.

[0051] Sofern in den Figuren 1 bis 4 dieselben Bezugsziffern verwendet sind, so sind damit baugleiche oder äquivalente Bauteile und Bestandteile bezeichnet, wie sie oben anhand der Beschreibung der Ausführungsform des Wandungselements aus Figur 1 näher erläutert sind.

[0052] Eine zweite Ausführungsform eines Wandungselements ist in **Figur 2** schematisch dargestellt, die das Wandungselement 20 in Seitenansicht zeigt. Das Wandungselement 20 umfasst vier Quarzglaszylinder 21a, 21b, 21c, 21 d, die über eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse 5 miteinander verbunden sind. Die Quarzglaszylinder sind nebeneinander und wechselweise um 50 mm versetzt zueinander angeordnet. Die Seite 22 als auch die gegenüberliegende Seite (nicht dargestellt) des Wandungselements 20 sind nur im Bereich der Verbindung mit der SiO₂-haltigen Verbindungsmasse 5 beschichtet. Die einzelnen Quarzglaszylinder 21a, 21b, 21c, 21 d weisen folgende Abmessungen auf: (L x B x H) 350 mm x 34 mm x 14 mm; das gesamte Wandungselement 20 ist 140 mm breit und 400 mm lang.

Beispiel 1

[0053] Im ersten Ausführungsbeispiel weist die Vorrichtung zur Wärmebehandlung (nicht dargestellt) eine Ofenauskleidung in Form eines quaderförmigen Hohlkörpers auf; die Ofenauskleidung umfasst mehrere Wandungselemente 1 aus Quarzglas, eine Bodenplatte und eine Deckplatte.

[0054] **Figur 3** zeigt eine Draufsicht auf vier vertikal aufgestellte, über eine Fügeverbindung miteinander verbundene Wandungselemente 1. Dem Verbund ist insgesamt die Bezugsziffer 30 zugeordnet. Die Wandungselemente 1 sind so zusammengesetzt, dass die wechsel-

weise um 50 mm gegeneinander versetzten Enden der Wandungselemente 1 ineinander geschachtelt und in Blockbauweise miteinander verbunden sind. Jedes Wandungselement 1 weist eine dem Prozessraum 31 abgewandte Seite 2 und eine dem Prozessraum 31 zugewandte Seite 3 auf. Die dem Prozessraum 31 zugewandte Seite 3 ist mit der SiO₂-haltigen Verbindungsmasse 5 beschichtet. Eine räumliche Darstellung der in Blockbauweise miteinander verbundenen Wandungselemente 1 zeigt **Figur 4**.

[0055] Der Verbund 30 ist mit einer rechteckigen Deckplatte (nicht dargestellt) abgedeckt, die aus elf Rohren aus Quarzglas besteht. Die Rohre weisen eine Länge von 400 mm, eine Breite von 34 mm und eine Höhe von 14 mm auf; sie sind miteinander über eine SiO₂-haltigen Verbindungsmasse 5 verbunden. Die Verbindung erfolgt wie für die Wandungselemente 1 zu **Figur 1** beschrieben. Die einzelnen Rohre der Deckplatte sind nebeneinander angeordnet. Im Unterschied zu den Wandungselementen 1 sind die einzelnen Rohre der Deckplatte nicht gegeneinander versetzt angeordnet. Die dem Prozessraum zugewandte Seite der rechteckigen Deckplatte ist mit der SiO₂-haltigen Verbindungsmasse beschichtet; die dem Prozessraum abgewandte Seite weist keine Beschichtung auf. Die rechteckige Deckplatte hat die folgenden Abmessungen: LxBxH 400x400x14 mm. Die Fläche des Deckels ist beträgt 0,16 m².

[0056] Die Bodenplatte (nicht dargestellt) ist ebenfalls aus Rundrohren aus Quarzglas gefertigt, die über die SiO₂-haltige Verbindungsmasse 5 miteinander verbunden sind. Zur Herstellung der Bodenplatte werden zehn Rundrohre mit einem Außendurchmesser von 10 mm und einer Länge von 400 mm miteinander verbunden. Die Rundrohre sind in einer Ebene nebeneinander, aber nicht versetzt zueinander angeordnet. Die Breite der Bodenplatte beträgt etwa 100 mm; sie hat eine Fläche von 400 x 100 mm² = 0,04m².

[0057] In jedes der zehn Rundrohre der Bodenplatte ist ein 350 mm-langer Heizdraht (Filament) eingezogen. Die Enden der Rundrohre sind mit einem Keramiksockel abgeschlossen. Jedes Filament weist eine elektrische Leistung von 400 Watt auf, die Gesamtleistung beträgt 4 Kilowatt (kW). Da die Fläche des Heizfeldes der Bodenplatte 350 x 100 mm² groß ist, ergibt sich eine Flächenleistung von 4 kW / 0,035 m² = 114 kW/m².

[0058] Die Flächendifferenz (0,12 m²) der Bodenplatte zur Deckenplatte ist mit Rohrabchnitten ausgelegt. Die Rohrabchnitte sind auf der Oberseite mit opakem, diffus hoch reflektivem Quarzglas beschichtet. Die Beschichtung besteht aus sehr vielen und kleinen Quarzkügelchen mit einem Durchmesser von circa 10 Nanometern bis 50 Mikrometern. Das fest gesinterte und entsprechend poröse SiO₂-Material, dessen Poren mit Luft gefüllt sind, besitzt aufgrund der winzigen Strukturen eine enorme Oberfläche: pro Gramm des Materials etwa 5 m². Beim hier beschriebenen Aufbau werden ungefähr 670 Gramm des opaken Materials fest aufgebracht, so dass sich eine Oberfläche im Ofeninnenraum von etwa

3.350 m² ergibt. Diese große Oberfläche fördert die schnelle indirekte Erwärmung der Luft in den Poren über die direkte Erwärmung des Quarzglases über Infrarotstrahlung.

[0059] Die Ofenauskleidung ist von einer einlagigen thermischen Isolierung umgeben. Die Isolierung besteht aus einer feuerfesten Hochtemperaturmatte auf der Basis von Aluminium- und Siliziumoxid; sie weist eine Dicke von 25 mm auf. Die Außenseite der thermischen Isolierung ist mit einer Blechummantelung umgeben. Um eine Beschickung des Ofens über die Oberseite zu ermöglichen, kann der Deckel geöffnet werden. Die gesamte Bestrahlungsvorrichtung wiegt etwa 10 Kilogramm und ist für den mobilen Einsatz geeignet.

[0060] In den von der Ofenauskleidung umschlossenen Prozessraum 31 wird das zu erwärmende Heizgut eingebracht. Der Prozessraum 31 weist eine Länge von 320 mm, eine Breite von 320 mm und eine Höhe von 145 mm auf.

[0061] In **Figur 5** ist der Temperatur-Zeit-Verlauf einer Probe dargestellt, die in der Mitte des Prozessraumes 31 der erfindungsgemäßen Vorrichtung positioniert wurde. Die Probe ist ein Quarzglas-Rundrohr mit einem Außendurchmesser von 10 mm und einer Länge von 50 mm. Zur Erfassung der Temperatur der Messprobe ist innerhalb des Quarzglas-Rundrohres ein mit Keramikkleber fixiertes NiCrNi-Thermoelement vorgesehen. Um zu vermeiden, dass das Messergebnis durch die direkte Einstrahlung der Heizfilamente in das Innere des Quarzglasrohres verfälscht wird, weist die Außenseite des Quarzglasrundrohres eine umlaufende Goldbeschichtung auf. Die Probe lag auf einem 30 mm von dem Heizfeld beabstandeten Warenträger aus Quarzglas.

[0062] Zur Bestimmung der Proben temperatur wurde die Vorrichtung bei Raumtemperatur in Betrieb genommen (sogenannter Kaltstart), und die volle elektrische Leistung (4 kW) eingeschaltet. Nach 2 Minuten erreicht die Temperatur des Heizgutes 260°C, nach 4 Minuten stellen sich 540°C ein. 900°C werden nach etwa 17,5 Minuten erreicht, die Maximaltemperatur von 950°C nach 22 Minuten.

[0063] Um die Quarzbauteile nicht zu gefährden, wurde die Maximaltemperatur auf 950°C begrenzt und anschließend die Aufheizphase beendet. Werden die Quarzbauteile und die Heizdrähte dauerhaft unterhalb von 1.000°C betrieben, kann die wartungsfreie Lebensdauer der Ofenauskleidung 10.000 Betriebsstunden und mehr erreichen.

[0064] Um anschließend eine Haltetemperatur von 800°C einzustellen, wurde die elektrische Leistung auf dauerhaft 1.6 kW erniedrigt. Diese Temperatur ist zum Beispiel geeignet für das Aufbringen von gerichteten Reflektoren auf Substrate aus Glas, also metallischen Schichten wie zum Beispiel Gold. Durch den geschlossenen Aufbau wird nicht nur die Strahlungsenergie genutzt, sondern auch die entstehende konvektive Wärme der erhitzten Luft trägt zur Gesamterwärmung bei. Der Temperaturgradient im linearen Bereich (260 bis 560°C)

beträgt beim Aufheizen etwa 2.3 K/min; die benötigten Aufheizzeiten sind minimiert.

[0065] Nach dem Heizprozess wurde unmittelbar nach Ausschalten der elektrischen Versorgung der Deckel des Aufbaus abgenommen und die Probe mit einer Zange entnommen. Die Probe hat dabei noch eine Temperatur größer 600°C. Aufgrund der ausgezeichneten Wärmeschockbeständigkeit der Innenauskleidung des Ofens aus reinem Quarzglas ist eine zeitaufwändige Abkühlphase nicht notwendig, die Gesamtprozesszeit wird gegenüber konventionellen Muffelöfen um mehrere Stunden verkürzt, siehe Vergleichsbeispiel 1. Die Probe kann sofort gewechselt werden, so dass der Prozess direkt wieder von neuem begonnen werden kann.

[0066] Da die neue Innenauskleidung des Ofens aus Quarzglas besteht und das Material sowie die Strahler selbst Temperaturen dauerhaft bis fast 1000°C überstehen, ist eine Kühlung der Einzelkomponenten mittels Ventilatoren oder Kühlflüssigkeiten nicht notwendig.

Beispiel 2

[0067] Der Aufbau der Vorrichtung unterscheidet sich vom Aufbau der Vorrichtung aus Ausführungsbeispiel 1 dahingehend, dass zwei, sich gegenüberliegende Wandungselemente 1 komplett entfernt sind. Die Öffnungen sind die Vorbereitung für eine kontinuierliche Einbringung des zu erwärmenden Heizguts. Der Ofen mit der neuartigen Innenauskleidung in Form der verbleibenden beiden Wände mit Deckel und Boden wird im warmen und eingeschalteten Zustand (elektrische Dauerleistung 1.5 kW) mittig beladen. Der Warenträger hat einen Abstand von 60 mm zum Heizfeld (Boden).

[0068] Die Probe aus Quarzglas, wie im Ausführungsbeispiel 1 beschrieben, heizt sich von Raumtemperatur anfangs mit einem Gradienten von etwa 9 K/min auf und erreicht nach nur drei Minuten die Temperatur von 600°C und nach 14 Minuten eine maximale Temperatur von 740°C. Der Unterschied zur Maximaltemperatur von 800°C aus Beispiel 1 erklärt sich durch konvektive Verluste durch die zwei seitlichen Öffnungen und den etwas größeren Abstand zwischen Heizgut und Strahlungsquelle.

Beispiel 3

[0069] Der Aufbau des Ofens gemäß Beispiel 3 entspricht dem der Vorrichtung aus Beispiel 2. Der Ofen wird im warmen und eingeschalteten Zustand (elektrische Dauerleistung 1.5 kW) betrieben und für einen kontinuierlichen Sinterprozess eingesetzt. Hierzu wird ein auf der Oberseite mit Gold beschichtetes Bauteil, beispielsweise ein Quarzrohr mit den Abmessungen LxBxH = 1000 x 34 x 14 mm, zum Einbrennen der Beschichtung so durch den Ofen geführt, dass das Bauteil mit der Geschwindigkeit von 200 mm/min durch die heiße Prozesskammer des Ofens läuft und auf der Gegenseite wieder herausgeführt wird. Das Bauteil wird mit einem außer-

halb des Ofens befindlichen Halter manuell durch den Ofen bewegt. Das Rohr bewegt sich in einem Abstand von 60 mm zum Heizfeld der Bodenplatte.

[0070] Nach dem Durchlaufen des Ofens weist die Beschichtung auf dem Rohr eine visuell homogene Oberfläche mit sehr guter Oberflächenhaftung auf. Die Haftung des Goldes auf der Oberfläche wurde mit dem Klebeband-Abrisstest ermittelt. Dieser Test beinhaltet, dass ein im Handel frei erhältliches Klebeband, zum Beispiel ein Scotch-Klebeband der Firma 3M, auf die vergoldete Oberfläche aufgebracht und mit einem Ruck wieder abgezogen wird. Ist die Haftfähigkeit des Goldes nicht ausreichend, bleiben metallische Rückstände auf der Klebefläche des Bandes zurück. Die metallisch beschichtete Oberfläche zeigte keinerlei Beeinträchtigungen durch Partikel oder Fremdstoffe, da die neue Ofenauskleidung aus SiO₂ kontaminationsfrei und ohne Partikelgenerierung arbeitet.

20 Vergleichsbeispiel 1

[0071] Ein konventioneller Muffel-Temperofen umfasst eine elektrische Anschlussleistung 24 kW, eine Ofenauskleidung in Form einer Ausmauerung, und eine Prozesskammer, die folgende Nutzraum-Abmessungen aufweist: L x B x H = 1000 mm x 500 mm x 300 mm. In den Muffel-Temperofen wurde ein einseitig mit einem Metall beschichtetes Quarzrohr mit einer Länge von 300 mm, einer Breite von 34 mm und einer Höhe von 14 mm zum Einbrennen der Beschichtung eingebracht und der Temperatur-Zeit-Verlauf der Probe bestimmt. Die Aufheizkurve (nicht dargestellt) zeigt zwischen 700 und 1000°C einen Gradienten von 6,6 K/min, die Ofentemperatur wird bei maximal 1000°C gehalten. Nach Abschalten des Ofens dauert es 5,5 Stunden, bis die Temperatur 600°C erreicht und der Ofen frühestens zur Entnahme der Probe geöffnet werden kann. Zur Gewährleistung einer hohen Lebensdauer der Ausmauerung (> 1 Jahr) ohne Rissbildung sollte der Ofen erst unter 400°C geöffnet werden, da die Ausmauerungssteine keine hohe Wärmeschockbeständigkeit aufweisen.

Beispiel 4

[0072] Der Aufbau der Vorrichtung unterscheidet sich von dem aus Beispiel 1 dadurch, dass drei nebeneinander angeordnete Bodenplatten als Flächenstrahler vorgesehen sind. Jede Bodenplatte umfasst 10 Rundrohre, die mit jeweils einem Heizfilament mit einer Leistung von 400 Watt versehen sind. Die elektrische Gesamtleistung der Vorrichtung beträgt 12 kW. An den Enden der Rundrohre sind Keramiksockel vorgesehen. Die drei Flächenstrahler (Bodenplatten) nehmen insgesamt eine Fläche von 400 x 300 mm² = 0,12 m² ein. Die Differenz zur gegenüber liegenden Fläche des Deckels (0,16 m²) wird mit einzelnen, einseitig an der Oberseite beschichteten Rohrstücken ausgelegt.

[0073] Erwärmt wird eine Stahlplatte (L x B x H = 200

mm x 120 mm x 0.75 mm), deren Oberfläche leicht oxidiert ist. Der kürzeste Abstand zwischen Platte und Flächenstrahler beträgt 30mm. Die Zieltemperatur von 800°C, startend von Raumtemperatur 20°C, wird nach vier Minuten erreicht. Der Aufheizgradient beträgt im linearen Bereich ca. 4,5 K/s.

Vergleichsbeispiel 2

[0074] Eine Stahlplatte gemäß Beispiel 4 mit gleicher Abmessung und Qualität wird in einem konventionellen Infrarot-Modul mit neun kurzwelligen Strahlern von einer Seite erwärmt. Das Infrarot-Modul weist eine Leistungsdichte von 100 kW/m² und eine elektrische Gesamt-Leistung von 38 kW auf. Das Heizfeld des Infrarot-Moduls hat eine Fläche L x B = 700 mm x 500 mm. Der Abstand des Heizfeldes zum Heizgut beträgt 120 mm.

[0075] Der Aufheizgradient beträgt anfangs ca. 14 K/s und flacht dann stark ab. Die Maximaltemperatur von 640°C wird nach etwa 2 min erreicht. Aufgrund der hohen Konvektionsverluste nach allen Seiten und der hohen Reflektivität ist eine höhere Temperatur der Stahlplatte nur durch Erwärmung mittels Strahlung nicht möglich, die Zieltemperatur von 800°C kann nicht erreicht werden. Ein kleinerer Abstand zwischen Platte und Heizfeld ist nicht praktikabel, da sich die Umgebung inklusive Strahler trotz Kühlung in diesem Temperaturbereich unzulässig erwärmt.

Vergleichsbeispiel 3

[0076] Eine Stahlplatte mit gleichen Abmessungen und identischer Qualität aus dem Vergleichsbeispiel 2 wird über zwei konventionelle Infrarot-Module mit kurzwelligen Strahlern von zwei Seiten erwärmt. Die Infrarot-Module weisen eine Leistungsdichte von je 100 kW/m² auf; die elektrische Leistung beträgt insgesamt 75 kW. Das Heizfeld der Module hat jeweils eine Fläche L x B = 700 mm x 500 mm Der Abstand des Heizfeldes vom Heizgut beträgt 120 mm.

[0077] Der Aufheizgradient beträgt anfangs ca. 25-30 K/s, die Maximaltemperatur von ca. 680°C stellt sich nach etwa 1,5 Minuten ein, die Zieltemperatur von 800°C kann nicht erreicht werden. Ab 500°C ist eine deutliche Erwärmung (Rauchentwicklung) der Umgebung zu beobachten.

Beispiel 5

[0078] In einer alternativen Ausführungsform ist ein Wandungselement, so ausgeführt, dass es selbst als Heizstrahler fungiert und von mehreren Seiten gleichzeitig das Heizgut erwärmt. Fünf einzelne Zwillingrohr aus Quarzglas mit einer Länge von 875 mm, einer Breite von 34 mm und einer Höhe von 14 mm werden ringförmig gebogen und danach auf der Außenseite beschichtet und miteinander verbunden. Der Innenradius der so erhaltenen Prozesskammer beträgt circa 120 mm. Der Kreis-

bogen ist einen Spalt geöffnet (etwa 30 mm); durch den Spalt sind die elektrischen Anschlüsse zur Stromversorgung in eine Zone außerhalb des Prozessraumes geführt. Die fünf ringförmigen Zwillingrohr werden mit je zwei Heizwendeln einer Länge von jeweils 70 cm bestückt; sie werden senkrecht übereinander in direktem Kontakt zu einem Verbund zusammengesetzt. Jede Heizwendel weist eine Leistung von 0,9 kW auf. Die Gesamtleistung der Vorrichtung beträgt 9 kW. Die Bodenplatte und die Deckplatte bestehen aus gefügten Einzelrohren ohne Heizelemente, wie in Ausführungsbeispiel 1 beschrieben.

[0079] Eine Stahlplatte wie im Ausführungsbeispiel 4 oder den Vergleichsbeispielen 2 oder 3 beschrieben wird mittig senkrecht in die Kammer platziert. Der mittlere Abstand der Stahlplatte zu der Innenwandung beträgt ca. 120 mm. Ausgehend von einer Starttemperatur von ca. 65°C werden mit einem Aufheizgradient von etwa 30 K/s nach ca. 35 Sekunden über 1000°C erreicht. Für eine Haltezeit auf ca. 800°C wird die elektrische Leistung auf 1,6 kW gedrosselt.

Beispiel 6

[0080] In einer weiteren Ausführungsform unterscheidet sich die Ofenauskleidung von der Ofenauskleidung gemäß Ausführungsbeispiel 1 dahingehend, dass ein Wandungselement 1 entfernt ist. Hierdurch ist die Beladung des Prozessraumes durch die offene Seite begünstigt; sie erfolgt mittels eines automatischen Roboterarms. Der Roboter hält das zu erwärmende Bauteil für eine definierte Zeit in die heiße Zone, bis die Zieltemperatur erreicht ist. Danach wird das Bauteil in ein Formwerkzeug gegeben. Schließlich wird wieder das nächste Bauteil im Infrarot-Ofen auf Zieltemperatur gebracht.

[0081] Erwärmt wird ein mit Carbonfasern verstärkter Kunststoff (CFK), hier mit dem thermoplastischen Kunststoff PPS (Polyphenylsulfid). Die Platte aus CFK hat die Abmessungen L x B x H = 180 mm x 85 mm x 4 mm. Der Abstand der Flächenstrahler zur Platte beträgt 55 mm.

[0082] Nach Einschalten werden die Flächenstrahler mit einer elektrischen Einspeisung von 4 kW betreiben. Der Prozessraum wird initial fünf Minuten erwärmt, bevor der CFK in die heiße Zone gehalten wird. Der Aufheizgradient im linearen Aufheizbereich beträgt auf der zum Strahler abgewandten Seite des CFK circa 4,8 K/s. Etwa 10 Sekunden nach der Einbringung des Heizguts in die Heizzone wird die elektrische Beheizung abgeschaltet, um eine vorzeitige Überhitzung der CFK-Oberfläche zu vermeiden. Aufgrund der Innenauskleidung des Ofens steigt durch die Abstrahlung der Wände mit Unterstützung von warmer Luft (Konvektion) die Temperatur im Innern trotz der offenen Seite weiter an, etwa 85 Sekunden nach dem Einbringen des CFK in den Prozessraum wird die Zieltemperatur von 260°C auf der zum Strahler abgewandten Seite erreicht. In den folgenden 100 aufgezählten Sekunden steigt die Temperatur mit einem Gradienten von etwa 0.2 K/s bis zu 280°C weiter an und

hält die Temperatur weiter in der nachfolgenden Minute. Durch die homogene Erwärmung auf 260°C wird das PPS weich, so dass eine Umformung des Materials leicht möglich ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Wärmebehandlung, umfassend einen von einer Ofenauskleidung aus Quarzglas umgebenen Prozessraum, eine Heizeinrichtung und einen Reflektor, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ofenauskleidung mehrere Wandungselemente (1) mit einer dem Prozessraum zugewandten (3) und einer dem Prozessraum abgewandten Seite (2) umfasst, und dass mindestens eines der Wandungselemente mehrere Quarzglasrohre aufweist, die über eine SiO₂-haltige Verbindungsmasse (5) miteinander verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die SiO₂-haltige Verbindungsmasse (5) gleichzeitig als Reflektor und als Verbindungsmittel dient.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die SiO₂-haltige Verbindungsmasse (5) auf die dem Prozessraum zugewandte Seite eines Wandungselements aufgebracht ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die SiO₂-haltige Verbindungsmasse (5) auf die dem Prozessraum abgewandte Seite eines Wandungselements aufgebracht ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Quarzglasrohre einen runden Querschnitt aufweisen und dass der Außendurchmesser der Quarzglasrohre im Bereich von 4 bis 50 mm liegt.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einem der Quarzglasrohre ein Heizelement angeordnet ist, das Teil der Heizeinrichtung ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Quarzglasrohre eines Wandungselements (1) mit Heizelementen belegt sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement ein Infrarotstrahler ist, der ein Strahlerrohr und ein Heizfilament aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Quarzglasrohr das Strahlerrohr

des Infrarotstrahlers ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Heizelement für mittelwellige Infrarot-Strahlungsemission ausgelegt ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wandungselemente (1) einen quaderförmigen Hohlkörper bilden.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der quaderförmigen Hohlkörpers ein die Bodenplatte bildendes Wandungselement (1), ein die Deckplatte bildendes Wandungselement und vier, die Seitenwände des Hohlkörpers bildende Wandungselemente umfasst.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Wandungselemente in Blockbauweise miteinander verbunden sind, indem vorzugsweise zwei Wandungselemente (1) an Korpusecken durch Verzinkung miteinander verbunden sind und/oder sich die Quarzglaszylinder eines ersten und eines zweiten Wandungselements an Korpusecken wechselseitig überragen.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die überragenden Wandungselemente (1) zu deren Fixierung mit einer die Ofenauskleidung umgebenden Ofenhülle verbunden sind.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ofenauskleidung zylinderförmig ausgebildet ist, und ein die Zylindermantelfläche bildendes Wandungselement (1) mit mehreren ringförmig gebogenen Quarzglasrohren, ein die Deckplatte bildendes und ein die Bodenplatte bildendes Wandungselement umfasst.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bodenplatte und/oder die Deckplatte mehrere Quarzglaszylinder aufweisen, die über die SiO₂-haltige Verbindungsmasse (5) miteinander verbunden sind.

Claims

1. Apparatus for heat treatment, comprising a process space that is surrounded by a furnace lining made of quartz glass, a heating facility, and a reflector, **characterised in that** the furnace lining comprises multiple wall elements (1) that have a side (3) facing

- the process space and a side (2) facing away from the process space, and **in that** at least one of the wall elements comprises multiple quartz glass tubes that are connected to each other by means of an SiO₂-containing connecting mass (5).
2. Apparatus according to claim 1, **characterised in that** the SiO₂-containing connecting mass (5) concurrently serves as reflector and as connecting mass.
 3. Apparatus according to claim 1 or 2, **characterised in that** the SiO₂-containing connecting mass (5) is applied onto the side of a wall element facing the process space.
 4. Apparatus according to any one of the claims 1 or 2, **characterised in that** the SiO₂-containing connecting mass (5) is applied onto the side of a wall element facing away from the process space.
 5. Apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the quartz glass tubes have a round cross-section and **in that** the outer diameter of the quartz glass tubes is in the range of 4 to 50 mm.
 6. Apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least one of the quartz glass tubes has a heating element that is part of the heating facility arranged in.
 7. Apparatus according to claim 6, **characterised in that** all quartz glass tubes of a wall element (1) are fitted with heating elements.
 8. Apparatus according to claim 6 or 7, **characterised in that** the heating element is an infrared emitter that comprises an emitter tube and a heating filament.
 9. Apparatus according to claim 8, **characterised in that** the quartz glass tube is the emitter tube of the infrared emitter.
 10. Apparatus according to any one of the preceding claims 6 to 9, **characterised in that** the heating element is designed for the emission of medium-wave infrared radiation.
 11. Apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the wall elements (1) form a cuboid hollow body.
 12. Apparatus according to claim 11, **characterised in that** the cuboid hollow space comprises a wall element (1) forming the bottom plate, a wall element forming the cover plate, and four wall elements forming the side walls of the hollow body.
 13. Apparatus according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least two wall elements are connected to each other in block construction **in that**, preferably, two wall elements (1) are connected to each other by galvanizing on corners of the body and/or the quartz glass cylinders of a first and a second wall element alternatingly project beyond the other on corners of the body.
 14. Apparatus according to claim 13, **characterised in that** the projecting wall elements (1) are connected, in order to affix them, to a furnace shell that surrounds the furnace lining.
 15. Apparatus according to any one of the preceding claims 1 to 10, **characterised in that** the furnace lining is designed to be cylindrical and **in that** a wall element (1) that forms the cylinder jacket surface and has multiple quartz glass tubes curved in the shape of a ring comprises a wall element forming the cover plate and a wall element forming the bottom plate.
 16. Apparatus according to any one of the preceding claims 12 or 15, **characterised in that** the bottom plate and/or the cover plate comprise multiple quartz glass cylinders that are connected to each other by means of the SiO₂-containing connecting mass (5).

Revendications

1. Dispositif de traitement thermique, comportant une chambre de traitement entourée d'un revêtement de four constitué de verre de quartz, un dispositif de chauffage et un réflecteur, **caractérisé en ce, que** le revêtement de four comporte plusieurs éléments de paroi (1) dotés d'une face dirigée (3) vers la chambre de traitement et d'une face opposée (2) à la chambre de traitement, au moins un des éléments de paroi comportant plusieurs tubes en verre de quartz, qui sont reliés entre eux par une matière d'assemblage (5) contenant du SiO₂.
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce, que** la matière d'assemblage (5) contenant du SiO₂ serve simultanément de réflecteur et de moyen de liaison.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce, que** la matière d'assemblage (5) contenant du SiO₂ soit appliquée sur la face d'un élément de paroi dirigée vers la chambre de traitement.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce, que** la matière d'assemblage (5) contenant du SiO₂ soit appliquée sur la face d'un élément de paroi opposée à la chambre de traite-

- ment.
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce, que** les tubes en verre de quartz aient une section circulaire et que le diamètre extérieur des tubes en verre de quartz soit situé dans une plage de valeurs de 4 à 50 mm. 5
 6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce, qu'**au moins un des tubes en verre de quartz comporte un élément chauffant qui fait partie du dispositif de chauffage. 10
 7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce, que** tous les tubes en verre de quartz d'un élément de paroi (1) comportent des éléments chauffants. 15
 8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce, que** l'élément chauffant soit un émetteur infrarouge qui comporte un tube d'émetteur et un filament chauffant. 20
 9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce, que** le tube en verre de quartz soit le tube d'émetteur de l'émetteur infrarouge. 25
 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 6 à 9, **caractérisé en ce, que** l'élément chauffant soit conçu pour une émission de rayonnement infrarouge à ondes moyennes. 30
 11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce, que** les éléments de paroi (1) forment un corps creux parallélépipédique. 35
 12. Dispositif selon la revendication 11, **caractérisé en ce, que** le corps creux parallélépipédique comporte un élément de paroi (1) formant la plaque de fond, un élément de paroi formant la plaque supérieure et quatre éléments de parois formant les parois latérales du corps creux. 40
 13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce, qu'**au moins deux éléments de parois soient assemblés en mode de construction par blocs, de préférence par endentement à des angles du corps de deux éléments de parois (1) et/ou par le dépassement en forme de saillies en alternance à des angles du corps par les cylindres en verre de quartz d'un premier et d'un deuxième élément de paroi. 50
 14. Dispositif selon la revendication 13, **caractérisé en ce, que** les éléments de paroi (1) en saillie soient liés pour leur fixation à une enveloppe de four qui entoure le revêtement de four. 55
 15. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 1 à 10, **caractérisé en ce, que** le revêtement de four soit de forme cylindrique, et qu'un élément de paroi (1), formant la surface de l'enveloppe du cylindre avec plusieurs tubes en verre de quartz courbés de manière annulaire, comporte un élément de paroi formant la plaque supérieure et un élément de paroi formant la plaque de fond.
 16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes 12 ou 15, **caractérisé en ce, que** la plaque de fond et/ou la plaque supérieure comportent plusieurs cylindres en verre de quartz, reliés entre eux par la matière d'assemblage (5) contenant du SiO₂.

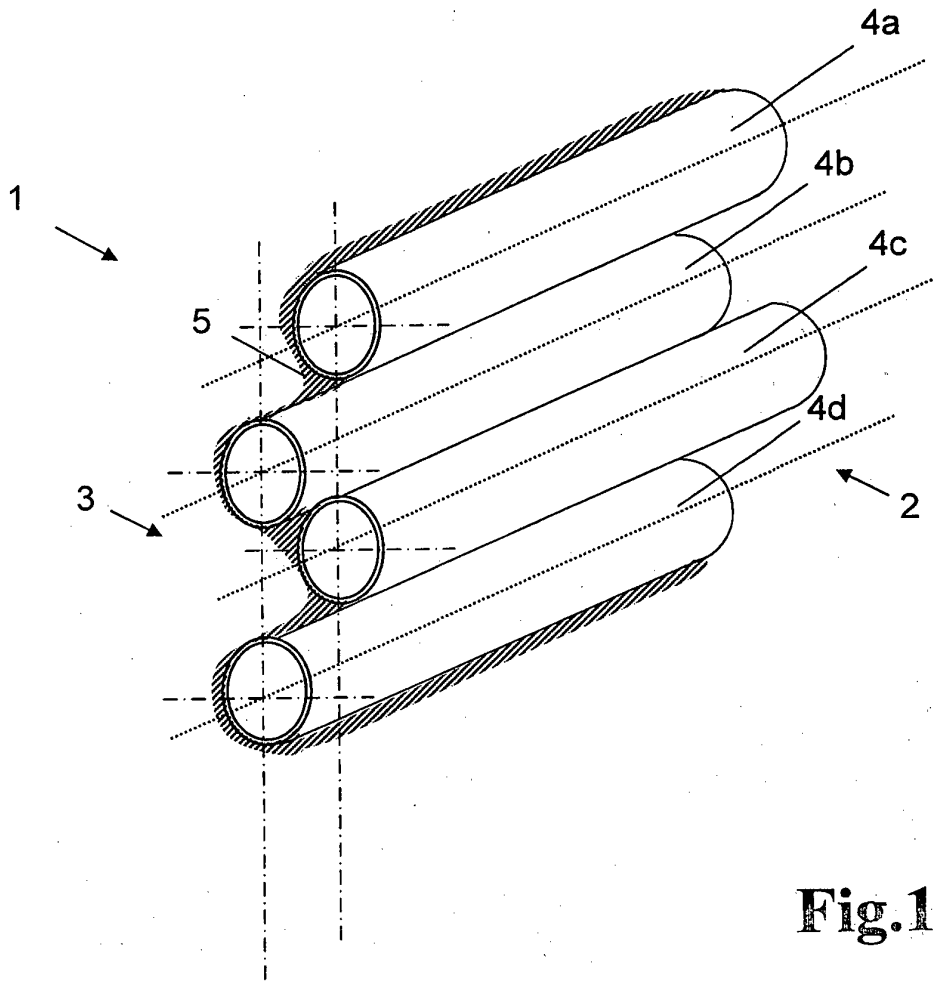


Fig.1

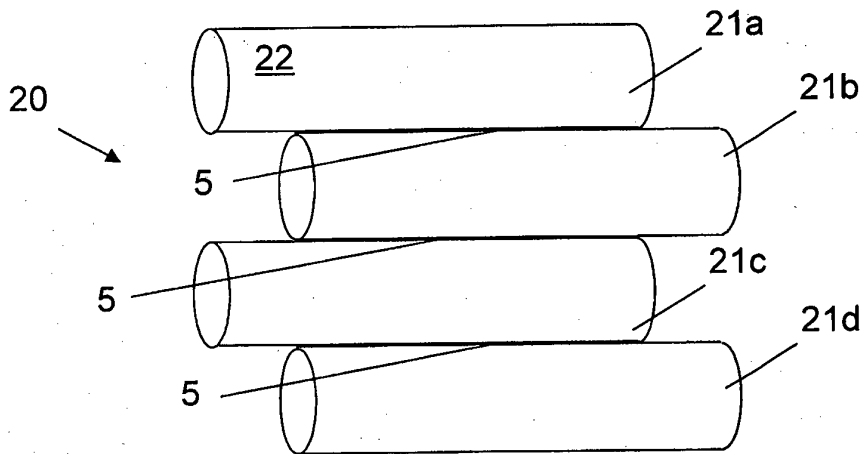


Fig.2

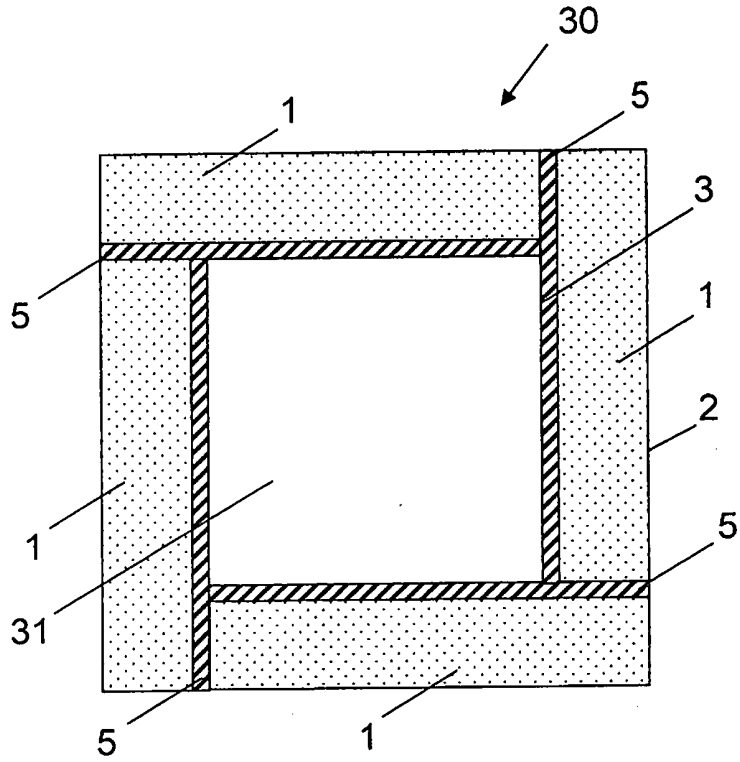


Fig.3

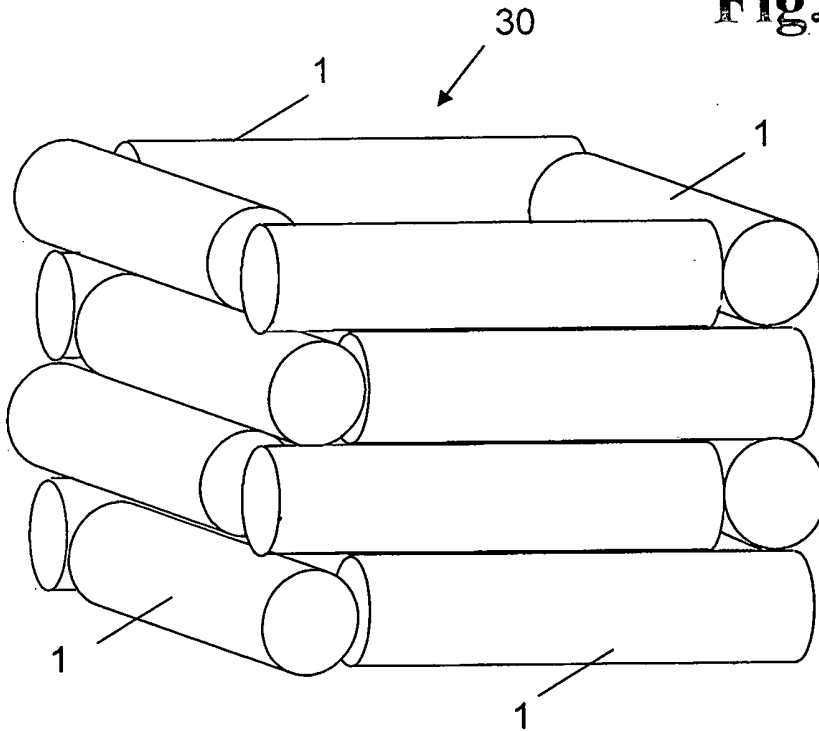


Fig.4

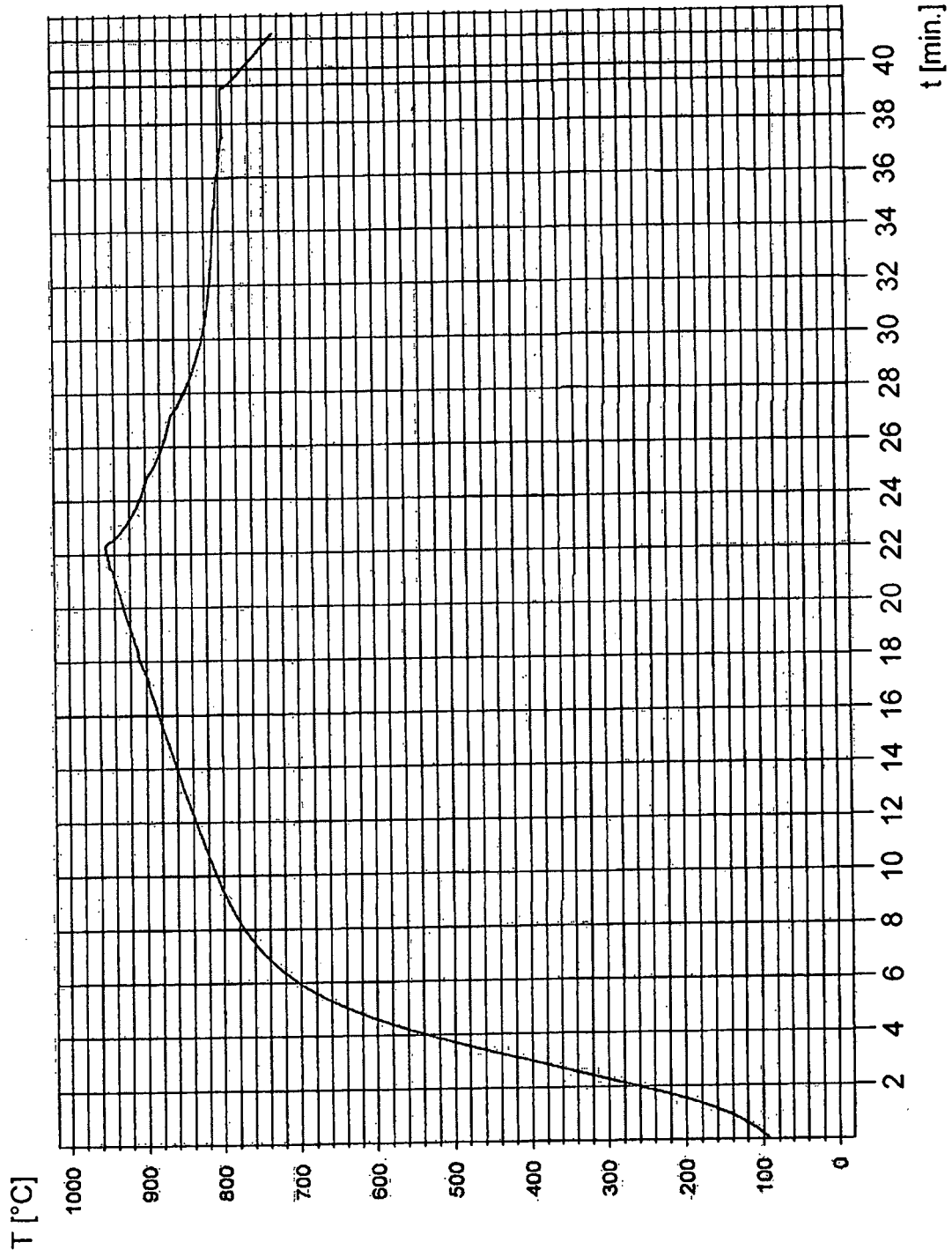


Fig.5

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

- DE 1973753 U [0005]
- US 4883424 A [0008]