

(19)



(11)

EP 2 791 606 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
28.10.2015 Patentblatt 2015/44

(21) Anmeldenummer: **12806412.8**

(22) Anmeldetag: **11.12.2012**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F27B 11/00^(2006.01) F27D 17/00^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**C21D 9/0006; C21D 1/34; C21D 9/677;
F27B 11/00; F27D 17/004; C21D 1/26;
F27D 2099/0065**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2012/075128

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/087648 (20.06.2013 Gazette 2013/25)

(54) **GESCHLOSSENES TRANSPORTFLUIDSYSTEM ZUM OFENINTERNEN WÄRMEAUSTAUSCH ZWISCHEN GLÜHGASEN**

CLOSED TRANSPORT FLUID SYSTEM FOR FURNACE-INTERNAL HEAT EXCHANGE BETWEEN ANNEALING GASES

SYSTÈME DE FLUIDE DE TRANSPORT FERMÉ POUR L'ÉCHANGE THERMIQUE ENTRE DES GAZ DE RECUIT À L'INTÉRIEUR D'UN FOUR

(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: **14.12.2011 DE 102011088634**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.10.2014 Patentblatt 2014/43

(73) Patentinhaber: **Ebner Industrieofenbau GmbH
4060 Leonding (AT)**

(72) Erfinder:
• **EBNER, Robert
4060 Leonding (AT)**
• **LOCHNER, Heribert
4060 Leonding (AT)**

(74) Vertreter: **Dilg, Haeusler, Schindelmann
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Leonrodstraße 58
80636 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**AT-B- 411 904 AT-B1- 507 423
AT-B1- 508 776 DE-A1-102008 005 259
DE-B- B31 215 GB-A- 497 480
US-A- 2 479 102 US-A- 2 479 102
US-A- 4 247 284 US-A- 4 480 822**

- **DATABASE WPI Week 199322 Thomson Scientific, London, GB; AN 1993-180854 XP002696498, -& SU 1 740 459 A1 (KHARK BRANCH ELEC THERMAL EQUIP DES INST) 15. Juni 1992 (1992-06-15)**
- **"Industrielle Thermoprozessanlagen - Teil 3: Sicherheitsanforderungen für die Erzeugung und Anwendung von Schutz- und Reaktionsgasen", Norm DIN EN 746-3: 1997 D, March 1997 (1997-03), page 1 und 12,**
- **"Sicherheitstechnische Empfehlungen für den Betrieb von Industrieöfen mit Schutzgasatmosphäre", ATW, April 1999 (1999-04), page 1 und 2,**
- **Axel von Starck et al., Praxisbuch - Thermoprozess-Technik?, Band II, ?Prozesse -Komponenten - Sicherheit?, Vulkan-Verlag GmbH, Essen, ISBN 3-8027-2923-4, 2003, Seiten 258 bis 263**
- **Peter Wendt und Udo Dengel, Wasserstoffrecycling - Eine Maßnahme zur Steigerung der Effizienz von HPH®-Haubenglühanlagen?. Sonderdruck aus der Zeitschrift GASWÄRME International, Nr. 3/2009, 8 Seiten**
- **.Taschenbuch für Wärmeprozess Technik?, 5. Auflage, Vulkan-Verlag, Essen, ISBN 3-8027-2901-3, 1999, Seiten 24, 25 und 30 bis 33**

EP 2 791 606 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ofen zum Wärmebehandeln von Glühgut und ein Verfahren zum Wärmebehandeln von Glühgut in einem Ofen.

[0002] AT 508776 offenbart ein Verfahren zum Vorwärmen von Glühgut in einer Haubenglühanlage mit das Glühgut unter einer Schutzhaube in einer Transportfluidatmosphäre aufnehmenden Glühsockeln. Das in einer Schutzhaube einer Wärmebehandlung zu unterziehende Glühgut wird mit Hilfe eines gasförmigen Wärmeträgers vorgewärmt, der in einem Kreislauf die Schutzhauben von außen umspült und Wärme von einem in einer Schutzhaube bereits wärmebehandelten Glühgut aufnimmt und an ein vorzuwärmendes Glühgut in einer anderen Schutzhaube abgibt. Zur Wärmebehandlung des Glühguts wird wenigstens ein weiterer Glühsockel mit einer von außen über Brenner beheizbaren Schutzhaube eingesetzt. Die heißen Abgase von der Heizung dieser Schutzhaube werden dem erwärmten Wärmeträger zur Vorwärmung des Glühguts zugemischt.

[0003] AT 507423 offenbart ein Verfahren zum Vorwärmen von Glühgut in einer Haubenglühanlage mit zwei das Glühgut unter einer Schutzhaube aufnehmenden Glühsockeln. Das in einer Schutzhaube einer Wärmebehandlung zu unterziehende Glühgut wird mit Hilfe eines gasförmigen Wärmeträgers vorgewärmt, der zwischen den beiden Schutzhauben im Kreislauf geführt wird und Wärme von einem in einer Schutzhaube wärmebehandelten Glühgut aufnimmt und an das vorzuwärmende Glühgut in der anderen Schutzhaube abgibt. Der im Kreislaufgeführte Wärmeträgerstrom umspült die beiden Schutzhauben von außen, während innerhalb der Schutzhauben ein Transportfluid umgewälzt wird.

[0004] AT 411904 offenbart einen Haubenglühofen, insbesondere für Stahlband- oder Drahtbunde, mit einem das Glühgut aufnehmenden Glühsockel und mit einer gasdicht aufgesetzten Schutzhaube. Ferner ist ein im Glühsockel gelagertes Radialgebläse vorgesehen, das ein Laufrad und einen das Laufrad umschließenden Leitapparat zur Umwälzung eines Transportfluids in der Schutzhaube umfasst. Ein Wärmetauscher zum Kühlen des Transportfluids wird eingangsseitig über einen Strömungskanal an die Druckseite des Radialgebläses angeschlossen und mündet ausgangsseitig in einen Ringspalt zwischen dem Leitapparat und der Schutzhaube. Eine axial in den druckseitigen Strömungsweg des Radialgebläses verschiebbare Umlenkeinrichtung dient zum wahlweisen Anschluss des zum Wärmetauscher (wassergekühltes ringförmiges Rohrbündel) führenden Strömungskanals an das Radialgebläse. Die Schutzhaube ist über einen Ringflansch gasdicht gelagert, nämlich am Sockelflansch angepresst. Der Wärmetauscher (Kühler) liegt unterhalb des Ringflansches. Der Strömungskanal besteht aus einem vom Außenumfang des Leitapparates ausgehenden, zum Ringspalt konzentrischen Ringkanal. Die Umlenkeinrichtung ist als den Leitapparat außen umschließender, ringförmiger Umlenkschieber ausgebildet.

[0005] SU 1740459 A1 offenbart einen Haubenofen, welcher zwei abgedichtete Ofenkammern aufweist. Außerhalb der Ofenkammern ist ein Wärmetauscher angeordnet. Der Wärmetauscher ist mit dem Ofenkammern gekoppelt, so dass mittels des Wärmetauschers thermische Energie aus einem Ofenraum an den anderen Ofenraum abgegeben werden kann und umgekehrt.

[0006] US 2,479,102 A offenbart einen Haubenglühofen, in dessen inneren Volumen Spulen oder blechförmiges Material gestapelt und beheizt werden. In dem oberen Bereich des Haubenglühofens ist eine Wärmetauscheranordnung dargestellt, welche Rohre aufweist, die in konzentrischen Schleifen um die Mittelachse des Haubenglühofens verlaufen. In einem Heizmodus wird Verbrennungsgas bzw. Heißgas durch die Wärmetauscherrohre geströmt, um das Gas bzw. die innere Atmosphäre innerhalb des Haubenglühofens aufzuheizen und in einem anschließenden Kühlmodus wird Luft durch die Wärmetauscherrohre geströmt.

[0007] Herkömmliche satzweise arbeitende Öfen haben einen relativ hohen Energieverbrauch.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen satzweise arbeitenden Ofen energieeffizient zu betreiben.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Ofen zum Wärmebehandeln von Glühgut geschaffen. Der Ofen weist einen verschließbaren ersten Ofenraum auf, der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts mit heizbarem erstem Glühgas in dem ersten Ofenraum ausgebildet ist. In dem ersten Ofenraum ist ein erster Wärmetauscher angeordnet, der zum thermischen Austausch zwischen dem ersten Glühgas und einem Transportfluid ausgebildet ist. Der erste Wärmetauscher ist innerhalb eines Gehäuseabschnitts (zum Beispiel innerhalb einer Schutzhaube, insbesondere innerhalb einer innersten Schutzhaube) des ersten Ofenraums angeordnet. Dieser Gehäuseabschnitt schließt das erste Glühgas im Inneren des ersten Ofenraums ein (insbesondere steht dieser Gehäuseabschnitt, der Glühgut aufnimmt, in direktem Kontakt mit dem ersten Glühgas und dichtet dieses gegenüber der Umgebung hermetisch oder gasdicht ab). Ferner ist ein verschließbarer zweiter Ofenraum vorgesehen, der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts mit heizbarem zweitem Glühgas in dem zweiten Ofenraum ausgebildet ist. In dem zweiten Ofenraum ist ein zweiter Wärmetauscher angeordnet, der zum thermischen Austausch zwischen dem zweiten Glühgas und dem Transportfluid ausgebildet ist. Der zweite Wärmetauscher ist innerhalb eines Gehäuseabschnitts (zum Beispiel innerhalb einer Schutzhaube, insbesondere innerhalb einer innersten Schutzhaube) des zweiten Ofenraums angeordnet. Die-

ser Gehäuseabschnitt schließt das zweite Glühgas im Inneren des zweiten Ofenraums (gemeinsam mit Glühgut) ein (insbesondere steht er, der Glühgut aufnimmt, in direktem Kontakt mit dem zweiten Glühgas und dichtet dieses gegenüber der Umgebung hermetisch ab). Ein geschlossener Transportfluidpfad ist mit dem ersten Wärmetauscher und mit dem zweiten Wärmetauscher derart wirkverbunden, dass mittels des Transportfluids thermische Energie zwischen dem ersten Glühgas und dem zweiten Glühgas übertragbar ist.

[0010] Gemäß noch einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist ein Verfahren zum Wärmebehandeln von Glühgut in einem Ofen bereitgestellt, wobei bei dem Verfahren Glühgut in einem verschließbaren ersten Ofenraum aufgenommen und mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts mit heizbarem ersten Glühgas in dem ersten Ofenraum wärmebehandelt wird. Ferner wird ein thermischer Austausch zwischen dem ersten Glühgas und einem Transportfluid mittels eines in dem ersten Ofenraum angeordneten ersten Wärmetauscher bewirkt. Der erste Wärmetauscher ist innerhalb eines Gehäuseabschnitts des ersten Ofenraums angeordnet. Dieser Gehäuseabschnitt schließt das erste Glühgas im Inneren des ersten Ofenraums ein. Glühgut wird in einem verschließbaren zweiten Ofenraum aufgenommen und mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts mit heizbarem zweitem Glühgas in dem zweiten Ofenraum wärmebehandelt. Darüber hinaus wird ein thermischer Austausch zwischen dem zweiten Glühgas und dem Transportfluid mittels eines in dem zweiten Ofenraum angeordneten zweiten Wärmetauscher bewirkt, wobei der zweite Wärmetauscher innerhalb eines Gehäuseabschnitts des zweiten Ofenraums angeordnet ist. Dieser Gehäuseabschnitt schließt das zweite Glühgas im Inneren des zweiten Ofenraums ein. Ein geschlossener Transportfluidpfad, der mit dem ersten Wärmetauscher und mit dem zweiten Wärmetauscher wirkverbunden ist, wird derart gesteuert, dass mittels des Transportfluids thermische Energie zwischen dem ersten Glühgas und dem zweiten Glühgas übertragen wird.

[0011] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein separat von dem Glühgas in verschiedenen Sockeln oder Ofenräumen eines Ofens vorgesehener fluidischer Pfad, auch als geschlossener Transportfluidpfad bezeichnet, vorgesehen werden, der mit jeweiligen Wärmetauschern (die getrennt von Schutzhauben, insbesondere in deren Inneren, vorgesehen werden) in den Ofenräumen miteinander wirkverbunden, um thermische Energie zwischen zwei getrennten Glühgasen in den beiden Ofenräumen auszutauschen. Dabei ist wichtig, dass ein direkter mechanischer Kontakt zwischen dem Transportfluid und dem Glühgas in den Ofenräumen vermieden ist. Lediglich ein thermischer Austausch zwischen diesen Gasen bzw. Fluiden ist mittels der jeweiligen Wärmetauscher ermöglicht. Auf diese Weise kann bei einem Ofen mit mehreren Ofenräumen bzw. Sockeln zum Beispiel thermische Energie

eines gerade in einer Abkühlphase befindlichen Ofenraums dazu verwendet werden, einen gerade in einer Aufheizphase befindlichen anderen Ofenraum vorzuheizen. Hierfür wird erfindungsgemäß ein separater und abgeschlossener Transportfluidpfad bereitgestellt, der mit den innerhalb der Ofenräume angeordneten Wärmetauschern (die somit insbesondere jeweils vollumfänglich, d.h. im Vollstrom, von dem jeweiligen Glühgas umspült werden) in Fluidverbindung gebracht wird. Dies führt zu einer effizienten Nutzung der aufgewendeten Energie. Dabei kommt das Glühgas eines Sockels (zum Beispiel 100 % Wasserstoff) mit dem Glühgas des wärmetauschenden Partnersockels (zum Beispiel ebenfalls 100 % Wasserstoff) nicht in Kontakt. Somit ist auch eine unerwünschte Qualitätseinbuße wegen Verrußung (durch abdampfende Walzöle oder Ziehmittel) oder der unerwünschten Zufuhr von Spuren von Sauerstoff (O_2) und Wasser (H_2O) beim Anwärmen des Wärmetauschers zuverlässig vermieden. Ferner ist die Sicherheit des erfindungsgemäßen Ofens sehr hoch, da das Wechselwirken zwischen Glühgas unterschiedlicher Ofenräume bzw. zwischen Glühgas einerseits und Transportfluid (zum Beispiel 100% Wasserstoff oder 100% Helium) andererseits trotz des Vorsehens der Wärmetauscher unterbunden ist.

[0012] Indem der Transportfluidpfad zwar fluidisch, nicht aber thermisch, von dem Glühgas in den beiden Ofenräumen entkoppelt ist, ist es auch möglich, das verwendete Transportfluid speziell auf die Bedürfnisse einer effizienten Wärmeübertragung hin auszuliegen, insbesondere ein Transportfluid einer hohen Wärmeleitfähigkeit zu verwenden. Z.B. können 100 % H_2 , 100 % He oder andere gut wärmeleitende Gase eingesetzt werden. Darüber hinaus ist es bei einer derartigen fluidischen Entkopplung von Glühgas und Transportfluid möglich, den Transportfluidpfad als einen Hochdruckpfad auszugestalten, so dass in dem unter Hochdruck stehenden Transportfluid die Wärmeübertragung erheblich gesteigert und gleichzeitig eine besonders hohe Wärmemenge transportiert werden kann, ohne dass die relativ niedrigen Druckgasverhältnisse in den einzelnen Ofenräumen dadurch unerwünscht beeinträchtigt würden.

[0013] Über den Wärmeaustausch von thermischer Energie hinaus, die in dem Glühgas der einzelnen Ofenräume gespeichert ist, kann der Transportpfad auch zum Bereitstellen von Heiz- oder Kühlenergie zum selektiven Heizen oder Kühlen eines jeweiligen der Ofenräume verwendet werden. Entscheidend für den Transportfluidpfad ist, dass dieser direkt im Vollstrom wirkt. Somit kann der Transportfluidpfad gemäß der erfindungsgemäßen Ausgestaltung sowohl zum Wärmeaustausch zwischen verschiedenen Ofenräumen, als auch zum Heizen oder zum Kühlen verwendet werden.

[0014] Wenn gemäß einem Ausführungsbeispiel genau jeweils nur eine wärmeisolierte Schutzhaube (ohne das zwingende Erfordernis des Vorsehens weiterer Heiz- oder Kühlhauben) auf den jeweiligen Sockel aufgesetzt wird, kann die Anordnung sehr kompakt ausgebildet wer-

den. Dieser Vorteil wird durch das Positionieren der Wärmetauscher als einzige Wärmezuführeinheiten für das jeweilige Glühgas im Inneren des Glühraums (d.h. unter der Schutzhaube) ermöglicht. Ferner ist bei Wegfall von Heiz- oder Kühlhauben der Aufwand im Zusammenhang mit den benötigten Kranspielen zum Handhaben der einzelnen Hauben signifikant reduziert. Ein Kran wird im Wesentlichen nur noch zum Befördern von Glühgutchargen sowie der Schutzhauben zu den Ofenräumen benötigt, nicht mehr zum Manövrieren von Kühl- oder Heizhauben.

[0015] Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele des Ofens beschrieben. Diese gelten auch für das Verfahren.

[0016] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Ofen als satzweise betreibbarer Ofen, insbesondere als Haubenofen oder Kammerofen, ausgestaltet sein. Unter einem satzweise betreibbaren Ofen wird ein Ofen verstanden, in den ein Satz Glühgut, zum Beispiel wärmebehandelnde Bänder, eingeführt wird. Dann wird der entsprechende Ofenraum geschlossen und das satzweise eingebrachte Glühgut der Wärmebehandlung unterzogen. Anders ausgedrückt ist ein satzweise betreibbarer Ofen ein diskontinuierlich betreibbarer Ofen.

[0017] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Ofenraum mit einer abnehmbaren ersten Schutzhaube (als dem oben genannten Gehäuseabschnitt des ersten Ofenraums) verschließbar sein und der zweite Ofenraum mit einer abnehmbaren zweiten Schutzhaube (als dem oben genannten Gehäuseabschnitt des zweiten Ofenraums) verschließbar sein. Die jeweilige wärmeisolierte Schutzhaube für den Ofenraum kann so ausgebildet sein, dass diese das Innere des Ofenraums hermetisch oder gasdicht abschließt, so dass ein in den jeweiligen Ofenraum einlassbares Glühgas vor einem Ausströmen aus dem jeweiligen Ofenraum sicher geschützt ist.

[0018] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste Schutzhaube die äußerste, insbesondere die einzige, Haube des ersten Ofenraums sein. Die zweite Schutzhaube kann die äußerste, insbesondere die einzige, Haube des zweiten Ofenraums sein. Gemäß dieser bevorzugten Ausgestaltung kann der Ofen mit einer einzigen Haube pro Ofenraum ausgestattet werden. Gegenüber herkömmlichen Haubenöfen, in denen eine Schutzhaube und zusätzlich eine äußere Heiz- oder Kühlhaube aufgesetzt wird, ist die erfindungsgemäße Konstruktion des Ofens mit einer einzigen Schutzhaube pro Sockel wesentlich einfacher. Diese Vereinfachung der Konstruktion resultiert aus dem Positionieren des jeweiligen Wärmetauschers in dem Ofenraum und in Fluidverbindung mit dem Transportfluidpfad, da dieser Wärmetauscher die gesamte thermische Kopplung zwischen dem Glühgas und dem Transportfluid und somit alle Heiz- und Kühlaufgaben übernehmen kann. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind somit mit kleinstem Platzbedarf realisierbar, da keine Heizhaube, keine Kühlhaube, keine Tauschhaube erforderlich ist, und je Sockel eine einzige

wärmeisolierte Schutzhaube ausreichend sein kann.

[0019] Gemäß einem Ausführungsbeispiel können die erste Schutzhaube und die zweite Schutzhaube jeweils ein hitzebeständiges Innengehäuse, insbesondere aus einem Metall, und eine Isolationshülle aus einem wärmeisolierenden Material aufweisen. Da die Energiezufuhr gemäß diesem Ausführungsbeispiel nicht mehr über die Schutzhaube erfolgt (zum Beispiel Brenner der Heizhaube von außen), ist die Wandtemperatur der Schutzhauben niedriger, das hitzebeständige Material wird weniger beansprucht und die Wandwärmeverluste sinken. Gemäß dieser Ausgestaltung kann die Schutzhaube für Haubenöfen signifikant anders ausgebildet werden als herkömmliche Schutzhauben. Während die herkömmlichen Schutzhauben durchweg aus einem thermisch gut leitfähigen Material ausgebildet sein sollen, um einen thermischen Ausgleich zwischen dem Glühgas unter der jeweiligen Schutzhaube und einem anderen Gas zwischen den beiden Hauben zu bewerkstelligen, ist bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Tatsache Rechnung getragen, dass eine thermische Wechselwirkung durch die Schutzhaube hindurch nicht mehr erforderlich und auch nicht mehr gewünscht ist. Aus diesem Grund kann die Schutzhaube zumindest teilweise aus einem thermisch isolierenden Material gebildet sein, um Wärmeverluste nach außen hin zu unterdrücken.

[0020] Dagegen kann/können die Schutzhaube und/oder die weitere Schutzhaube bei einer Ausgestaltung des Ofens als Kammerofen jeweils ein nicht notwendigerweise hitzebeständiges Außengehäuse, insbesondere aus einem Metall, und eine innere Isolationshülle aus einem wärmeisolierenden Material aufweisen.

[0021] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Transportfluidpfad eine Heizeinheit zum Generieren von Heizwärme aufweisen. Die Heizeinheit kann zum direkten Heizen des Transportfluids oder des ersten Wärmetauschers oder des zweiten Wärmetauschers eingerichtet sein. Mittels thermischer Übertragung der generierten Heizwärme auf das erste Glühgas kann der erste Ofenraum heizbar sein. Alternativ oder ergänzend kann mittels thermischer Übertragung der generierten Heizwärme auf das zweite Glühgas der zweite Ofenraum heizbar sein. Die Heizeinheit kann außerhalb der Ofenräume, d.h. außerhalb des geheizten Bereichs, angeordnet sein. Wenn der Transportfluidpfad mit einer separaten Heizeinheit gekoppelt ist, so kann das Transportfluid selbst nicht nur für den Wärmeaustausch zwischen dem Glühgas in den unterschiedlichen Ofenräumen dienen, sondern kann auch von der Heizeinheit thermische Energie ins Innere des jeweiligen Ofenraums transportieren.

[0022] In einer anderen Ausgestaltung kann mit einer elektrischen Versorgungseinheit (zum Beispiel aufweisend einen Transformator) auch das Rohrbündel selbst als Übertragungsmedium für elektrischen Strom verwendet oder mitverwendet werden, welches (vorzugsweise bei niedriger Spannung und hoher Stromstärke) durch ohmsche Verluste (gemäß dem Prinzip einer elektrischen Widerstandsheizung) in dem jeweiligen Wärme-

tauscher in Wärmeenergie umgewandelt werden kann. Als ein entsprechendes Kopplungselement kann zum Beispiel eine niederohmige Rohrwandung des Transportfluidpfads eingesetzt werden, an die sich der jeweilige Wärmetauscher (insbesondere ein Rohrbündel) anschließt. Ein Durchführen des Kopplungselements durch einen Boden oder eine Ofenbasis des Ofenraums erlaubt es, die Schutzhaube einfach und unterbrechungsfrei auszubilden, da ein Hindurchführen einer Zuleitung zu dem Wärmetauscher durch die Schutzhaube hindurch entbehrlich wird.

[0023] Bei Einsatz einer Gasheizereinheit kann es dagegen bevorzugt sein, das Transportfluid selbst zu heizen und durch Ventilatoren entlang des Transportfluidpfads zur thermischen Wechselwirkung über den jeweiligen Wärmetauscher mit dem Glühgas im Inneren des jeweiligen Ofenraums zu bringen.

[0024] Diese Glühkammer-externe Heizereinheit kann zum Beispiel eine Gasheizereinheit, eine Ölheizereinheit, eine Pelletheizereinheit oder auch eine elektrische Heizereinheit sein. Die Beheizung z.B. mit Gas kann über einen glühkammerexternen Wärmetauscher erfolgen, dessen Rohrbündel zum Beispiel unter Einsatz von Erdgasbrennern das Heißdruckgas erhitzen, welches mit einem Druckventilator zum jeweiligen Glühgaskammerwärmetauscher transportiert werden kann. Das Heizen mit elektrischer Energie kann über einen Transformator auch direkt durch das Rohrbündel des glühkammerexternen Wärmetauschers erfolgen, um elektrische Energie auf das Heißdruckgas zu übertragen und die darin enthaltene thermische Energie zum jeweiligen Glühgaskammerwärmetauscher zu befördern.

[0025] Ferner ist der Ofen umweltfreundlich betreibbar, zum Beispiel weil bei einer elektrischen Heizereinheit (intern oder extern) kein Kohlendioxid und keine Stickoxide erzeugt werden. Mit dem beschriebenen sehr effektiven Wärmeaustausch ist bei einer Gasheizung der Methanverbrauch gering, sodass nur geringe Mengen CO₂ und NO_x entstehen. Eine Ölheizereinheit kann Öl verbrennen, um thermische Energie zu erzeugen. Eine Pelletheizereinheit kann Holzpellets verfeuern, um thermische Energie zu erzeugen. Natürlich sind noch andere Arten von thermischen Energieerzeugungseinheiten erfindungsgemäß einsetzbar.

[0026] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Ofenraum mit einer abnehmbaren ersten Heizhaube verschließbar sein, welche die erste Schutzhaube umschließt. Der zweite Ofenraum kann mit einer abnehmbaren zweiten Heizhaube verschließbar sein, der die zweite Schutzhaube umschließt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Ofenraum eine erste Heizereinheit zum Heizen eines Zwischenraums zwischen der ersten Heizhaube und der ersten Schutzhaube aufweisen. Entsprechend kann der zweite Ofenraum eine zweite Heizereinheit zum Heizen eines Zwischenraums zwischen der zweiten Heizhaube und der zweiten Schutzhaube aufweisen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist zusätzlich zu der Schutzhaube eine weitere Heiz-

haube pro Sockel oder Ofenraum vorgesehen. Diese dient zum Heizen eines Zwischenraums zwischen der Heizhaube und der Schutzhaube, wobei dann ein thermischer Ausgleich durch die Schutzhaube hindurch zu einem Heizen des Glühgases führt. Bei dieser Ausgestaltung kann der Transportfluidpfad ausschließlich zum Austausch von thermischer Energie zwischen den Glühgasen vorgesehen sein. Es ist auch möglich, eine Kühlhaube auf den jeweiligen Ofenraum aufzusetzen, um dadurch eine Kühlung des Glühgases zu initiieren.

[0027] Gemäß diesem Ausführungsbeispiel können die erste Heizereinheit und die zweite Heizereinheit jeweils eine Gasheizereinheit sein. Eine solche Gasheizereinheit kann ein Gasbrenner sein, der zwischen Heiz- und Schutzhaube heizt.

[0028] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann oder können der erste Wärmetauscher und/oder der zweite Wärmetauscher als Rohrbündelwärmetauscher aus zu einem Bündel gebogenen Rohren ausgebildet sein. Unter einem Rohrbündelwärmetauscher kann dabei ein Wärmetauscher verstanden werden, der durch ein Bündel von Rohren gebildet ist, die zum Beispiel kreisförmig gewickelt sind. Das Rohrrinnere kann Teil des Transportfluidpfads und von dem Transportfluid durchströmbar sein. Das Rohrräußere kann mit dem jeweiligen Glühgas direkt in Verbindung gebracht sein. Insbesondere kann ein Rohrbündelwärmetauscher aus zueinander parallel verlaufend angeordneten Rohren ausgebildet sein. Die Rohrwandung kann gasdicht und hitzebeständig ausgebildet sein. Die Anordnung kann derart konfiguriert sein, dass das Transportfluid durch das Innere der Rohre gedrückt oder gefördert wird und durch die Rohrwandung von dem jeweiligen Glühgas getrennt ist. Durch das Bündel von Rohren kann eine große effektive thermische Austauschfläche bereitgestellt sein, so dass das Transportgas und das jeweilige Glühgas eine hohe Menge an thermischer Energie austauschen können. Ferner sind Ausführungsbeispiele der Erfindung in einem Vollautomatikbetrieb einsetzbar.

[0029] Erfindungsgemäß kann ein Rohrbündel als Wärmetauscher in den einzelnen Ofenräumen eingesetzt werden, der in den Vollstrom gesetzt werden kann. Dies dient dann zum Wärmeaustausch zwischen einer abkühlenden Charge von Glühgut und einer anheizenden Charge von Glühgut. Ferner kann mit den Rohrbündelwärmetauschern auf Glühtemperatur geheizt werden. Auch ein Kühlen auf eine Endtemperatur (zum Beispiel eine Entnahmetemperatur des Glühguts) kann mittels desselben Rohrbündelwärmetauschers durchgeführt werden.

[0030] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Ofenraum einen ersten Glühgasventilator und der zweite Ofenraum einen zweiten Glühgasventilator aufweisen, wobei der jeweilige Glühgasventilator eingerichtet ist, das jeweilige Glühgas auf den jeweiligen Wärmetauscher und auf das jeweilige Glühgut zu richten. Ein jeweiliger Glühgasventilator kann in einem unteren Bereich des jeweiligen Sockels oder Ofenraums angeord-

net sein und kann das Glühgas umwälzen, um es in gute thermische Wechselwirkung mit Glühgut in dem jeweiligen Ofenraum zu bringen. Der jeweilige Glühgasventilator kann zu diesem Zweck das Glühgas mittels eines Leitapparats in eine bestimmte Richtung lenken.

[0031] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Transportfluid ein gut wärmeleitfähiges Transportgas sein, insbesondere Wasserstoff oder Helium. Generell kann das Transportfluid eine Flüssigkeit oder ein Gas sein. Bei Verwendung von Wasserstoff oder Helium kann von deren guter Wärmeleitfähigkeit Gebrauch gemacht werden. Außerdem sind diese Gase auch unter Hochdruck gut einsetzbar.

[0032] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Transportfluid in dem Transportfluidpfad unter einem Druck von ungefähr 2 bar bis ungefähr 20 bar oder höher stehen, insbesondere unter einem Druck von ungefähr 5 bar bis ungefähr 10 bar. Somit kann ein erheblicher Überdruck des Transportfluids gegenüber Atmosphärendruck erzeugt werden, der über den nur leichten Überdruck hinausgehen kann, dem Glühgas in dem Ofen ausgesetzt sein kann. Durch den Einsatz hohen Drucks im Wärmetauscher kann der Wärmeaustausch besonders effizient gestaltet werden, ohne dass eine Hochdruckfähigkeit im ersten und zweiten Ofenraum erforderlich wäre.

[0033] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Transportfluid in dem Transportfluidpfad auf eine Temperatur in einem Bereich zwischen ungefähr 400°C und ungefähr 1100°C gebracht werden, insbesondere in einem Bereich zwischen ungefähr 600°C und ungefähr 900°C. Zum Beispiel kann das Transportfluid in dem Transportfluidpfad auf eine Temperatur in einem Bereich zwischen 700°C und 800°C gebracht werden. Somit können mittels des Transportfluids Temperaturen in den Ofenräumen erzeugt werden, die für die Behandlung von Glühgut, wie zum Beispiel Bänder oder Drähte oder Profile aus Stahl, Aluminium oder Kupfer und/oder deren Legierungen, erforderlich sind.

[0034] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Ofen ferner mindestens einen verschleißbaren dritten Ofenraum, der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts mit heizbarem drittem Glühgas in dem dritten Ofenraum ausgebildet ist, und einen in dem dritten Ofenraum angeordneten dritten Wärmetauscher aufweisen, der zum thermischen Austausch zwischen dem dritten Glühgas und dem Transportfluid ausgebildet ist. Auch der dritte Wärmetauscher kann innerhalb eines Gehäuseabschnitts des dritten Ofenraums angeordnet sein, welcher Gehäuseabschnitt das dritte Glühgas im Inneren des dritten Ofenraums einschließt. Der geschlossene Transportfluidpfad kann auch mit dem dritten Wärmetauscher derart wirkverbunden sein, dass mittels des Transportfluids thermische Energie zwischen dem ersten Glühgas und dem zweiten Glühgas und dem dritten Glühgas übertragbar ist. Gemäß dieser Ausgestaltung können mindestens drei Ofenräume miteinander gekoppelt

werden. Dann kann ein energietauschender Erwärmungs-, ein Erhitzungs- und ein Kühlzyklus für jeden einzelnen der Ofenräume unterschieden werden. Zyklisch können zwei der drei Ofenräume mittels des Transportfluids thermisch gekoppelt werden, zum Beispiel um einen Ofen vorzukühlen und den anderen vorzuwärmen. Der jeweils dritte Ofen kann dann einer Heiz- oder einer Kühlprozedur unterworfen werden. Der Wärmetausch zwischen den Ofenräumen kann bei Einsatz von zwei Ofenräumen einstufig, bei Einsatz von drei Ofenräumen zweistufig oder bei Einsatz von mehr als drei Ofenräumen mehrstufig vorgesehen sein.

[0035] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Ofen eine Steuereinheit aufweisen, die eingerichtet ist, den Transportfluidpfad derart zu steuern, dass mittels thermischen Austauschs zwischen dem Transportfluid und dem ersten Glühgas und dem zweiten Glühgas selektiv einer des ersten Ofenraums und des zweiten Ofenraums in einem Vorwärmmodus, einem Heizmodus, einem Vorkühlmodus oder einem Finalkühlmodus betreibbar ist. Eine solche Steuereinheit kann zum Beispiel ein Mikroprozessor sein, der die Betriebsweise der unterschiedlichen Ofenräume koordiniert. Dabei kann die Steuereinheit zum Beispiel die Heizeinheit, die Kühleinheit bzw. Ventile des fluidischen Systems steuern, um einen Betriebsablauf automatisiert durchzuführen. Unter einem Vorwärmmodus kann ein Betriebsmodus eines Ofenraums verstanden werden, bei dem ein Glühgas auf eine erhöhte Zwischentemperatur gebracht, indem dem Glühgas thermische Energie eines anderen Glühgases zugeführt wird. Ein Glühgas kann einer oder mehreren aufeinanderfolgenden Vorwärmphasen unterzogen werden. In einem Heizmodus kann einem bereits in obiger Weise ein- oder mehrstufig vorgewärmten Glühgas eine ofenraumexterne Heizeinheit (Gas, Elektro, etc.) zugeschaltet werden, um das Glühgas auf eine hohe Endtemperatur zu bringen. Nach Beendigung des Heizmodus und vor Beginn eines Kühlmodus kann ein Glühgas einer Vorkühlung (quasi der inverse Prozess zu obiger Vorheizung) unterzogen werden, bei dem das Glühgas auf eine abgesenkte Zwischentemperatur gebracht wird, indem das Glühgas thermische Energie einem anderen Glühgas am Umweg über das Transportfluidgas indirekt zugeführt. In einem Finalkühlmodus kann dem Fluidgas und damit dem Glühgas eine ofenraumexterne Kühleinheit (zum Beispiel Wasserkühlung) zugeschaltet werden, um das Glühgas auf eine niedrigere Temperatur abzukühlen.

[0036] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Transportfluidpfad einen Transportfluidventilator zum Fördern des Transportfluids durch den Transportfluidpfad aufweisen. Der Transportfluidventilator kann somit das Transportfluid entlang vorgegebener Pfade fördern, die durch entsprechende Ventilstellungen vorgegebbar sind.

[0037] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Transportfluidpfad einen zuschaltbaren Kühler zum Kühlen des Transportfluids in dem Transportfluidpfad auf-

weisen. Ein solcher zuschaltbarer Kühler (zum Beispiel basierend auf dem Prinzip der Wasserkühlung eines Rohrbündels) erlaubt es, das Transportfluid mit Kühlenergie zu beaufschlagen, die über die jeweiligen Wärmetauscher in die einzelnen Ofenräume eingekoppelt werden können.

[0038] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Transportfluidpfad eine Mehrzahl von Ventilen aufweisen. Die Ventile können zum Beispiel pneumatische Ventile oder Magnetventile sein, die mittels elektrischer Signale geschaltet werden können. Wenn die Ventile auf geeignete Weise in dem fluidischen Pfad angeordnet werden, können unterschiedliche Betriebsmodi eingestellt werden. Die Ventile können (zum Beispiel unter Kontrolle einer Steuereinheit) derart schaltbar sein, dass der Ofen selektiv in einem der folgenden Betriebsmodi betreibbar ist:

- a) einem ersten Betriebsmodus, bei dem der Transportfluidventilator das Transportfluid mit dem zweiten Glühgas thermisch koppelt, so dass das Transportfluid dem zweiten Glühgas Wärme entnimmt und dem ersten Glühgas zuführt, um den ersten Ofenraum vorzuheizen und den zweiten Ofenraum vorzukühlen;
- b) einem nachfolgenden zweiten Betriebsmodus, bei dem eine Heizeinheit den ersten Ofenraum weiterheizt, und bei dem in einem davon getrennten Pfad der Transportfluidventilator das Transportfluid dem zugeschalteten Kühler zum Kühlen zuführt und das gekühlte Transportfluid mit dem zweiten Glühgas thermisch koppelt, um den zweiten Ofenraum weiterzukühlen;
- c) einem nachfolgenden dritten Betriebsmodus, bei dem der Transportfluidventilator das Transportfluid mit dem ersten Glühgas thermisch koppelt, so dass das Transportfluid dem ersten Glühgas Wärme entnimmt und dem zweiten Glühgas zuführt, um den zweiten Ofenraum vorzuheizen und den ersten Ofenraum vorzukühlen;
- d) einem nachfolgenden vierten Betriebsmodus, bei dem die Heizeinheit den zweiten Ofenraum weiterheizt, und bei dem in einem davon getrennten Pfad der Transportfluidventilator das Transportfluid dem zugeschalteten Kühler zum Kühlen zuführt und das gekühlte Transportfluid mit dem ersten Glühgas thermisch koppelt, um den ersten Ofenraum weiterzukühlen.

[0039] Diese vier Betriebsmodi können sukzessive wiederholt werden, so dass ein zyklischer Prozess durchgeführt werden kann.

[0040] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Wärmetauscher im Ofen druckfest ausgeführt sein oder einen Druckbehälter aufweisen, der zumindest einen Teil des Transportfluidpfads druckdicht umschließt. Zum Beispiel kann der gesamte Transportfluidpfad, der unter hohem Druck von zum Beispiel 10 bar betrieben werden

kann, mit druckfesten Rohren, Ventilen und Transportfluidventilatoren ausgeführt sein oder in einem Druckbehälter oder einer anderen Druckschutzeinrichtung untergebracht werden. Es ist aber auch möglich, besonders druckbelastete Komponenten, insbesondere den Transportfluidventilator, mit einem Druckbehälter zu ummanteln.

[0041] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Wärmetauscher relativ zu einem ersten Glühgasventilator zum Antreiben des ersten Glühgases und/oder der zweite Wärmetauscher relativ zu einem zweiten Glühgasventilator zum Antreiben des zweiten Glühgases derart angeordnet sein, dass in jedem Betriebszustand des Ofens das von dem ersten Glühgasventilator angetriebene erste Glühgas den ersten Wärmetauscher bestrahlt und/oder dass in jedem Betriebszustand des Ofens bzw. eines jeweiligen Ofenraums das von dem zweiten Glühgasventilator angetriebene zweite Glühgas den zweiten Wärmetauscher bestrahlt.

[0042] Ein signifikanter Vorteil eines solchen Ausführungsbeispiels besteht darin, dass in jedem Betriebszustand (insbesondere zum Heizen mittels einer Heizeinrichtung, zum Kühlen mittels einer Kühleinrichtung und zum Wärmeaustauschen zwischen Glühgas und Wärmeaustauschgerät) das von dem Ventilator beförderte Glühgas direkt auf den jeweiligen Wärmetauscher gerichtet wird. Eine solche direkte oder unmittelbare Bestrahlung mit von einem Ventilator angetriebenem Glühgas kann insbesondere im Vollstrom erfolgen, d.h. vollumfänglich entlang eines Umfangs (zum Beispiel eines gedachten Kreises) um den Ventilator herum. Dadurch kann eine sehr effiziente Wärmekopplung zwischen Glühgas und dem jeweiligen Wärmetauscher erreicht werden. Der jeweilige Wärmetauscher kann insbesondere ortsfest montiert bzw. unbeweglich an dem Ofen vorgesehen sein, damit sichergestellt ist, dass von dem Ventilator gefördertes Glühgas über Leitbleche oder dergleichen auf einen etwa kreisförmig angeordneten Rohrbündelwärmetauscher oder einen anderen Wärmetauscher gerichtet wird. Um sicherzustellen, dass in jedem Betriebszustand des Ofens bzw. eines jeweiligen Ofenraums das von dem jeweiligen Glühgasventilator angetriebene jeweilige Glühgas den jeweiligen Wärmetauscher bestrahlt, soll der jeweilige Wärmetauscher ortsfest und unverschiebbar an einer entsprechenden Stelle des Ofens angeordnet bzw. dort dauerhaft fixiert sein. Als die möglichen Betriebszustände des Ofens bzw. eines jeweiligen Ofenraums können ein Heiz-Betriebszustand zum Heizen mittels einer Heizeinheit, ein Kühl-Betriebszustand zum Kühlen mittels einer Kühleinheit, sowie ein Wärmeaustausch-Betriebszustand zum Wärmeaustauschen zwischen unterschiedlichen Ofenräumen unter Einsatz des Transportfluidpfads (zum Vorheizen oder Vorkühlen) angesehen werden.

[0043] Gemäß einem Ausführungsbeispiel können bei dem Ofen das erste Glühgas und das zweite Glühgas gegenüber dem Transportfluid kontaktfrei verbleiben. Somit kann konstruktiv sichergestellt werden, dass das

Glühgas nicht mit dem Transportfluidgas in Kontakt kommt, sodass kein Verrußen entsteht.

[0044] Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

Fig. 1 zeigt einen Haubenofen zum Wärmebehandeln von Glühgut mit einer Mehrzahl von Sockeln gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem ein Glühgas mittels eines Wärmetauschers erwärmt oder gekühlt werden kann. Die Beheizung des Wärmetauschers erfolgt anfangs durch Transportgas von einem anderen Wärmetauscher (eines abkühlenden Sockels) und anschließend mit einer elektrischen Versorgungseinheit. Die Kühlung des Wärmetauschers erfolgt anfangs durch Transportgas eines anderen Wärmetauschers (eines anheizenden Sockels) und anschließend durch eine zuschaltbare Kühleinrichtung.

Fig. 2 bis Fig. 5 sind schematische Darstellungen von unterschiedlichen Betriebszuständen während eines Kreisprozesses zum Betreiben des Haubenofens gemäß Fig. 1.

Fig. 6 ist eine Detailansicht eines erfindungsgemäßen Glühsockels des Haubenofens gemäß Fig. 1.

Fig. 7 zeigt einen Haubenofen zum Wärmebehandeln von Glühgut mit einer Mehrzahl von Sockeln gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem ein Glühgas mittels eines Wärmetauschers erwärmt oder gekühlt werden kann. Die Beheizung des Wärmetauschers erfolgt anfangs durch Transportgas von einem anderen Wärmetauscher (eines abkühlenden Sockels) und anschließend mit einer externen Gasheizereinheit. Die Kühlung des Wärmetauschers erfolgt anfangs durch Transportgas eines anderen Wärmetauschers (eines anheizenden Sockels) und anschließend durch eine zuschaltbare Kühleinrichtung.

Fig. 8 bis Fig. 11 sind schematische Darstellungen von unterschiedlichen Betriebszuständen während eines Kreisprozesses zum Betreiben des Haubenofens gemäß Fig. 7.

Fig. 12 zeigt Temperatur-Zeit-Verläufe des in Fig. 1 bzw. Fig. 7 gezeigten Haubenofens, der für die verschiedenen Betriebszustände die jeweiligen Temperaturverläufe der einzelnen Sockel zeigt.

Fig. 13 zeigt Temperatur-Zeit-Verläufe bei einem zweistufigen Betrieb eines erfindungsgemäßen Haubenofens mit zweistufiger Vorwärmphase, Heizphase, zweistufiger Vorkühlphase und Finalkühlphase, wobei drei Sockel mittels eines Transportgaspfads thermisch koppelbar sind.

Fig. 14 zeigt eine schematische Ansicht eines Multisockelofens mit zweistufigem Wärmetausch gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 15 zeigt eine thermisch isolierte Schutzhaube,

die mit einem Ofen gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eingesetzt werden kann.

Fig. 16 zeigt eine Draufsicht eines Haubenofens des in Fig. 6 gezeigten Typs, bei dem ein Rohrbündelwärmetauscher betriebszustandsunabhängig von einem Umwälzaggregat mit einer Ofenatmosphäre im Wesentlichen im Vollstrom beströmt wird, um zum Heizen, zum Kühlen bzw. zum Wärmetauschen jeweils eine gute Wärmekopplung zwischen Umwälzaggregat und Rohrbündelwärmetauscher zu gewährleisten.

Fig. 17 zeigt einen Ofen gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem nur der Wärmetausch von abkühlendem zu aufheizendem Glühgut genützt wird und daher zusätzlich zu Schutzhauben pro Sockel jeweils eine Heizhaube vorgesehen ist. Die Finalkühlung erfolgt über den Gas-/Wasser-Kühler, wie in Fig. 1. Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0045] Im Weiteren wird Bezug nehmend auf **Fig. 1** ein Haubenofen 100 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

[0046] Der Haubenofen 100 ist zum Wärmebehandeln von Glühgut 102 ausgebildet. Dieses Glühgut ist zum Teil an einem ersten Sockel So1 des Haubenofens 100 und zu einem anderen Teil an einem zweiten Sockel So2 des Haubenofens 100 angeordnet. Bei dem Glühgut 102, das in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellt ist, kann es sich zum Beispiel um Stahlband- oder Drahtbunde oder dergleichen (z.B. Schüttgut auf Etagen) handeln, die einer Wärmebehandlung unterzogen werden sollen.

[0047] Der Haubenofen 100 hat einen ersten verschließbaren Ofenraum 104, der dem ersten Sockel So1 zugeordnet ist. Der erste Ofenraum 104 dient dem Aufnehmen und Wärmebehandeln des Glühguts 102, das dem ersten Sockel So1 satzweise zugeführt ist. Zum Wärmebehandeln wird der erste Ofenraum 104 mit einer ersten Schutzhaube 120 gasdicht verschlossen. Die erste Schutzhaube 120 ist glockenartig ausgebildet und kann mittels eines Krans manövriert werden (nicht gezeigt). Erstes Glühgas 112, zum Beispiel Wasserstoff, kann dann als Schutzgas in den mittels der ersten Schutzhaube 120 hermetisch abgedichteten ersten Ofenraum 104 eingelassen und erhitzt werden, wie dies unten näher beschrieben wird. Ein erster Glühgasventilator 130 (oder Sockelventilator) in dem ersten Ofenraum 104 kann rotierend angetrieben werden, um das Glühgas 112 in dem ersten Ofenraum 104 umzuwälzen. Dadurch kann das erhitze erste Glühgas 112 in thermischen Wirkkontakt mit dem wärmezubehandelnden Glühgut 102 gebracht werden.

[0048] In dem ersten Ofenraum 104 ist ein erster Rohrbündelwärmetauscher 108 angeordnet. Dieser ist aus mehreren Windungen von Rohren gebildet, wobei unten näher beschriebenes Transportgas 116 einem Rohrein-

gang zugeführt wird, durch das Rohrinne strömt und durch einen Rohrausgang abgeführt wird. Eine Außenfläche des Rohrbündels steht in direktem Kontakt mit dem ersten Glühgas 112. Der erste Rohrbündelwärmetauscher 108 dient der thermischen Wechselwirkung zwischen dem ersten Glühgas 112 und dem Transportgas 116, das gemäß einem Ausführungsbeispiel ein gut wärmeleitfähiges Gas wie zum Beispiel Wasserstoff oder Helium unter hohem Druck von zum Beispiel 10 bar ist. Der erste Rohrbündelwärmetauscher 108 kann anschaulich als Mehrzahl von aufgewickelten Rohren angesehen werden, wobei das Transportgas durch das Innere der Rohre geleitet werden kann und über die thermisch gut zu leitende, zum Beispiel metallische, Wand der Rohre in thermische Wechselwirkung mit dem um die Außenwand der Rohre zirkulierenden ersten Glühgas 112 gebracht wird. Anders ausgedrückt sind das erste Glühgas 112 und das Transportgas 116 zwar fluidisch entkoppelt bzw. unvermischbar voneinander getrennt, aber es kann mittels des ersten Rohrbündelwärmetauschers 108 im Vollstrom eine thermische Wechselwirkung erfolgen.

[0049] Der erste Rohrbündelwärmetauscher 108 ist relativ zu dem ersten Glühgasventilator 130 zum Antreiben des Glühgases derart angeordnet, dass in jedem Betriebszustand des Ofens 100 das von dem ersten Glühgasventilator 130 angetriebene Glühgas den ersten Rohrbündelwärmetauscher 108 beströmt. Der zugrundeliegende Mechanismus wird in Fig. 16 näher beschrieben.

[0050] Wenn ein hoher Druck zum Transportieren des Transportgases 116, zum Beispiel 10 bar, verwendet wird, können die Rohre des Transportgaspfades 118 in kleiner Dimension vorgesehen werden, was zu einer kompakten Bauweise führt. Der Druck des Transportgases 116 kann wesentlich höher als der Druck des Glühgases 112 und des Glühgases 114 in dem jeweiligen Ofenraum 104, 106 gewählt werden (zum Beispiel ein leichter Überdruck von zwischen 20 mbar bis 50 mbar über Atmosphärendruck).

[0051] Der zweite Sockel So2 ist identisch aufgebaut wie der erste Sockel So1. Dieser enthält einen zweiten Glühgasventilator 132 zum Umwalzen von zweitem Glühgas 114, zum Beispiel ebenfalls Wasserstoff, in einem zweiten Ofenraum 106. Der zweite Ofenraum 106 ist mittels einer zweiten Schutzhaube 122 hermetisch gegenüber der Umgebung abdichtbar. Ein zweiter Rohrbündelwärmetauscher 110 ermöglicht eine thermische, nicht aber kontaktnehmende Wechselwirkung zwischen dem zweiten Glühgas 114 und dem Transportgas 116.

[0052] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 sind zwei Sockel So1, So2 gezeigt, bei anderen Ausführungsbeispielen können jedoch zwei oder mehr Sockel in Wirkkopplung miteinander betrieben werden.

[0053] Der erste Ofenraum 104 ist nach unten hin durch eine erste Ofenbasis 170 (d.h. ein wärmeisolierter Sockelunterteil) begrenzt, wohingegen der zweite Ofenraum 106 nach unten hin durch eine zweite Ofenbasis

172 begrenzt ist. Um eine fluidische Wechselwirkung zwischen dem in einem Transportgasrohrsystem zirkulierenden Transportgas 116 und dem ersten Glühgas 112 zu ermöglichen, ist eine Zufuhr des Transportgases 116 durch die erste Ofenbasis 170 hindurch zum Rohrinne des ersten Rohrbündelwärmetauschers 108 ermöglicht. In ähnlicher Weise ist eine Zufuhr des Transportgases 116 durch die zweite Ofenbasis 172 hindurch zum Rohrinne des zweiten Rohrbündelwärmetauschers 110 ermöglicht. Dadurch, dass das Transportgas 116 durch die jeweilige Ofenbasis 170, 172 hindurch bodenseitig in den jeweiligen Ofenraum 104, 106 eingeführt bzw. daraus abgeführt wird, erfolgt auch die Energiezufuhr in den jeweiligen Sockel So1 bzw. So2 und die Energieabfuhr aus dem jeweiligen Sockel So1 bzw. So2 durch die Ofenbasis 170, 172 hindurch.

[0054] Das Transportgas 116 wird durch einen geschlossenen Transportgaspfad 118, der auch als geschlossener Transportkreislauf bezeichnet werden kann, zirkuliert. Geschlossen bedeutet dabei, dass das Transportgas 116 gasdicht in dem hitzebeständigen und druckfesten Transportgaspfad 118 eingeschlossen ist und vor einer Leckage aus dem System heraus bzw. vor einer Vermischung mit anderen Gasen und vor einem Druckausgleich mit der Umgebung geschützt ist. Daher zirkuliert das Transportgas 116 viele Zyklen lang durch den Transportgaspfad 118, bevor das Transportgas 116 zum Beispiel durch Abpumpen oder dergleichen ausgetauscht werden kann. Eine kontaktbehaftete Wechselwirkung oder eine Vermischung des Transportfluidgases 116 mit dem Glühgas 112 oder 114 ist aufgrund der rein thermischen Kopplung mittels der Rohrbündelwärmetauscher 108, 110 unterbunden.

[0055] Der erste Rohrbündelwärmetauscher 108 dient funktionell als Wärmeabgabegerät bzw. Wärmeannahmegerät, das sich - von Zu- und Ableitungen abgesehen - vollständig im Inneren des durch die erste Schutzhaube 120 verschlossenen ersten Ofenraums 104 befindet. Der zweite Rohrbündelwärmetauscher 110 dient ebenfalls funktionell als Wärmeabgabegerät bzw. Wärmeannahmegerät, das sich - von Zu- und Ableitungen abgesehen - vollständig im Inneren des durch die zweite Schutzhaube 122 verschlossenen zweiten Ofenraums 106 befindet. Somit ist bei dem Haubenofen 100 die Wärmeabgabe an das jeweilige Glühgas 112, 114 mittels im Inneren des jeweiligen Ofenraums 104, 106 angeordneten Rohrbündelwärmetauschern 108, 110 (die getrennt bzw. unabhängig von den Schutzhauben 120, 122 und von diesen bedeckt vorgesehen sind) als Wärmeabgabegerät bzw. Wärmeannahmegerät realisiert. Aufgrund dieser Wärmezufuhr an das Glühgas 112, 114 ausschließlich innerhalb der Schutzhauben 120, 122 ist das Vorsehen von weiteren Hauben außerhalb der Schutzhauben 120, 122 erfindungsgemäß entbehrlich. Anders ausgedrückt ist erfindungsgemäß die gesamte thermische Wechselwirkung zwischen Glühgas 112, 114 und Wärmequelle innerhalb der jeweils einzigen Schutzhaube 120, 122 des jeweiligen Sockels So1, So2 realisiert. Dies erlaubt eine

kompakte Ausgestaltung des Haubenofens 100 und reduziert den Aufwand mit Kranspielen.

[0056] Wie im Weiteren näher beschrieben wird, ist der geschlossene Transportgaspfad 118 mit dem ersten Rohrbündelwärmetauscher 108 und mit dem zweiten Rohrbündelwärmetauscher 110 derart wirkverbunden, dass mittels des Transportgases 116 thermische Energie zwischen dem ersten Glühgas 112 und dem zweiten Glühgas 114 übertragbar ist. Wenn zum Beispiel der erste Sockel So1 in einer Abkühlphase befindlich ist, kann thermische Energie des noch heißen ersten Glühgases 112 mittels eines Wärmetauschs in dem ersten Rohrbündelwärmetauscher 108 auf das Transportgas 116 übertragen werden. Das dadurch erhitzte Transportgas 116 kann über den zweiten Rohrbündelwärmetauscher 110 in thermische Wirkverbindung mit dem zweiten Glühgas 114 gebracht werden und somit zum Heizen oder Vorwärmen des zweiten Sockels So2 dienen. In ähnlicher Weise kann alternativ thermische Energie von dem zweiten Glühgas 114 auf das erste Glühgas 112 übertragen werden.

[0057] Indem der Transportgaspfad 118 und das darin strömende Transportgas 116 von den Glühgas 112 und dem Glühgas 114 strikt mechanisch entkoppelt ist, ist es möglich, das Transportgas 116 in dem Transportgaspfad 118 unter hohem Druck zu halten, zum Beispiel von 10 bar. Durch diesen hohen Druck kann eine hohe Wärmeenergie zwischen dem ersten Glühgas 112 und dem zweiten Glühgas 114 sehr effizient ausgetauscht werden. Ferner ist es möglich, aufgrund dieser Entkopplung von Glühgaspfad und Transportgaspfad das Transportgas 116 unterschiedlich von dem Glühgas 112, 114 zu wählen, so dass beide Gasarten unabhängig voneinander auf die jeweilige Funktion hin optimiert werden können. Auch ist ein Verrußen oder sonstiges Verunreinigen im Inneren des ersten Ofenraums 104 und des zweiten Ofenraums 106 unterbunden, da kein Austausch von darin befindlichem Glühgas 112, 114 mit Transportgas 116 erfolgt.

[0058] Als Teil des Transportgaspfads 118 ist ferner eine elektrische Versorgungseinheit 124 vorgesehen. Die elektrische Versorgungseinheit 124 weist einen Transformator 174 für zwei Sockel auf, der mit einer elektrischen Versorgungseinheit 176 zum Bereitstellen einer hohen Spannung wirkgekoppelt ist. Je nach Schaltzustand eines Schalters 178 (sekundärseitig) wird ein elektrischer Strom über Klemmen 180 bzw. 182 und über Anschlussrohre 126 des Transportgaspfads 118 direkt auf die Rohrbündel 108 oder 110 übertragen. Es kann aber auch je Sockel ein Transformator vorgesehen sein, um primärseitig bei nur ca. 1/10 der Stromstärke umzuschalten. Die elektrische Versorgungseinheit 124 kann auch vollständig deaktiviert werden. Von der niedrigen Rohrwandung 126 aus wird der elektrische Strom bis zu dem wesentlich hochohmigeren Rohrbündelwärmetauscher 108 geleitet, wo der elektrische Strom in Wärme umgewandelt wird, die durch ohmsche Verluste erzeugt wird. Somit dient die Rohrwandung 126 als

Stromführer, während die eigentliche Heizung weiter oben am Rohrbündel erfolgt. Somit wird Heizenergie auf den ersten Rohrbündelwärmetauscher 108 und von dort auf das erste Glühgas 112 bzw. vom zweiten Rohrbündelwärmetauscher 110 auf das zweite Glühgas 114 übertragen. Die elektrische Versorgungseinheit 124 bewirkt, dass die Rohrbündelwärmetauscher 108, 110 beheizt werden können. Eine erste elektrische Isolationseinrichtung 184 im Bereich des ersten Sockels So1 und eine zweite elektrische Isolationseinrichtung 186 im Bereich des zweiten Sockels So2 sorgen für eine elektrische Entkopplung der Rohrwandung oberhalb bzw. unterhalb dieser Isolationselemente 184, 186.

[0059] Darüber hinaus ist ein Transportgasventilator 140 vorgesehen, der zum Fördern des Transportgases 116 durch den Transportgaspfad 118 ausgebildet ist. Als Transportgasventilator 140 kann ein Heißdruckgebläse eingesetzt werden. Der Transportgaspfad 118 enthält darüber hinaus einen zuschaltbaren Kühler 142 zum Kühlen des Transportgases 116 in dem Transportgaspfad 118 unter Einsatz eines Gas-Wasser-Wärmetauschers (alternativ kann an dieser Stelle auch eine elektrische Kühleinheit eingesetzt werden). An verschiedenen Stellen des Transportgaspfads 118 sind Einwegventile 144 angeordnet, die zum Beispiel elektrisch oder pneumatisch schaltbar sind, um einen bestimmten Gasleitungsweg zu öffnen oder zu schließen. Ferner sind Mehrwegventile 146 an anderen Stellen des Transportgaspfads 118 angebracht, die zwischen mehreren Stellungen entsprechend mehreren möglichen Gasleitungswegen elektrisch oder pneumatisch schaltbar sind. Das Schalten der Ventile 144, 146 sowie das Zu- oder Abschalten von Transportgasventilator 140, Heizeinheit 124 bzw. Kühleinheit 142 kann ebenfalls mittels elektrischer Signale erfolgen. Das System kann entweder händisch durch einen Betreiber oder durch eine Steuereinheit wie zum Beispiel einen Mikroprozessor erfolgen, der in Fig. 1 nicht gezeigt ist und einen automatisierten Zyklus des Betriebs des Haubenofens 100 bewirken kann.

[0060] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, kann auch ein Druckbehälter 148 selektiv den Transportgasventilator 140 umschließen. Der Druckbehälter 148 dient vorteilhaft als Druckschutz, wenn der Transportgaspfad 118 mit einem Druck von zum Beispiel 10 bar betrieben werden kann. Andere Komponenten des Transportgaspfads 118 können druckfest ausgeführt sein oder ebenfalls im Inneren eines Druckbehälters angeordnet sein.

[0061] Fig. 1 zeigt ferner eine Steuereinheit 166, die zum Steuern und Schalten der Einzelkomponenten des Ofens 100 eingerichtet ist, wie in Fig. 1 schematisch mit Pfeilen angedeutet ist.

[0062] Im Weiteren wird auf Fig. 2 bis Fig. 5 Bezug genommen, in denen unterschiedliche Betriebszustände des Haubenofens 100 gezeigt sind, die durch entsprechende Steuerung (mit der Steuereinheit 166) der Stellung der fluidischen Ventile 144, 146 sowie des elektrischen Schalters 178 einstellbar sind.

[0063] In einem in **Fig. 2** gezeigten ersten Betriebszustand I ist der Transportgasventilator 140 mit dem zweiten Glühgas 114 thermisch gekoppelt, so dass das Transportgas 116 dem zweiten Glühgas 114 Wärme entnimmt und dem ersten Glühgas 112 zuführt. In dem Betriebszustand I wird somit der erste Ofenraum 104 vorgeheizt und der zweite Ofenraum 106 vorgekühlt, indem das Transportgas 116 thermische Energie von dem ersten Glühgas 112 auf das zweite Glühgas 114 transferiert. Dadurch wird die Charge (das Glühgut) des Sockels So1 aufgeheizt und die Charge (das Glühgut) des zweiten Sockels So2 abgekühlt.

[0064] **Fig. 3** zeigt einen zweiten Betriebszustand II des Haubenofens 100, der dem ersten Betriebszustand I nachfolgt. In dem zweiten Betriebszustand II heizt das Rohrbündel 108 mit der elektrischen Versorgungseinheit 124 den ersten Ofenraum 104 elektrisch, indem ein entsprechender elektrischer Pfad geschlossen wird. In einem davon getrennten fluidischen Pfad führt der Transportgasventilator 140 das Transportgas 116 dem nun zugeschalteten Kühler 142 zum Kühlen des zweiten Glühgases 114 zu. Das nun gekühlte Transportgas 116 ist mit dem zweiten Glühgas 114 thermisch gekoppelt, um den zweiten Ofenraum 106 zu kühlen. Gemäß **Fig. 3** wird somit die Charge (das Glühgut) des ersten Sockels So1 weiter aufgeheizt, wohingegen die Charge (das Glühgut) des zweiten Sockels So2 weiter abgekühlt wird.

[0065] Nach dem zweiten Betriebszustand II wird die nun hitzebehandelte und mittlerweile abgekühlte Charge von Glühgut 102 aus dem zweiten Sockel So2 entnommen. Hierfür kann ein Kran die zweite Schutzhaube 122 abnehmen, dann das in dem zweiten Sockel So2 angeordnete Glühgut 102 entnehmen und eine neue Charge von Glühgut 102 in den zweiten Sockel So2 einführen.

[0066] Danach folgt ein dritter Betriebszustand III, der in **Fig. 4** gezeigt ist. In diesem dritten Betriebszustand III koppelt der Transportfluidventilator 140 das Transportfluid 116 thermisch mit dem ersten Glühgas 112, so dass das Transportgas 116 dem ersten Glühgas 112 Wärme entnimmt und dem zweiten Glühgas 114 zuführt. Dadurch wird der zweite Ofenraum 104 vorgeheizt und der erste Ofenraum 106 vorgekühlt.

[0067] Nach diesem dritten Betriebszustand III wird ein nachfolgender vierter Betriebszustand IV aktiviert, der in **Fig. 5** gezeigt ist. Bei dem vierten Betriebszustand IV heizt das Rohrbündel 110 mit der elektrischen Versorgungseinheit 124 nur den zweiten Ofenraum 106 elektrisch weiter. In einem davon getrennten fluidischen Pfad führt der Transportfluidventilator 140 das Transportgas 116 dem nun zugeschalteten Kühler 142 zum Kühlen zu. Das gekühlte Transportgas 116 wird mit dem ersten Glühgas 112 thermisch gekoppelt, um den ersten Ofenraum 104 weiter zu kühlen. Somit wird nun die Charge (das Glühgut) des ersten Sockels So1 weiter abgekühlt und die Charge (das Glühgut) des zweiten Sockels So2 elektrisch weiter aufgeheizt.

[0068] Nach dem vierten Betriebszustand IV wird die nun wärmebehandelte und mittlerweile abgekühlte Charge

von Glühgut 102 aus dem ersten Sockel So1 entnommen. Hierfür kann ein Kran die erste Schutzhaube 120 abnehmen, dann das in dem ersten Sockel So1 angeordnete Glühgut 102 entnehmen und eine neue Charge von Glühgut 102 in den ersten Sockel So1 einführen.

[0069] Nun kann der Zyklus von Betriebszuständen I bis IV von neuem beginnen, d.h. der Haubenofen 100 wird als nächstes wieder gemäß **Fig. 2** betrieben.

[0070] **Fig. 6** zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Teils des ersten Sockels So1 des Haubenofens, aus dem die Anordnung des Rohrbündelwärmetauschers 108 im Vollstrom mit Zu- und Abführung im Detail hervorgeht. Die thermische Isolation der Schutzhaube 120 ist mit Bezugszeichen 600 gekennzeichnet.

[0071] Der erste Glühgasventilator 130 ist ein Radialgebläse, dessen Laufrad 602 von einem Motor 604 angetrieben wird. Das Laufrad 602 ist von einem Leitapparat 608 mit Leitschaufeln umschlossen. Das auf dem Glühsockel ruhende Glühgut 102, das lediglich schematisch angedeutet ist, wird von der Schutzhaube 120 abgedeckt, die über einen Ringflansch 612 abgestützt ist, der über eine umlaufende Dichtung 614 für einen gasdichten Abschluss der Schutzhaube 120 sorgt.

[0072] **Fig. 7** zeigt einen Haubenglühofen 100 gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0073] Bei dem Haubenofen 100 gemäß **Fig. 7** ist anstelle der elektrisch beheizten ofeninternen Wärmetauschbündel 108/110 mit elektrischer Versorgungseinheit 124 eine ofenextern angeordnete Gasheizereinheit 700 bereitgestellt. Als ofenexterne Heizeinheit kann alternativ auch eine elektrische Heizeinheit eingesetzt werden. Der Gasheizereinheit 700 ist ein separater Heizungsventilator 704 zugeordnet, der von der Gasheizereinheit 700 geheiztes Transportgas 116 durch ein Rohrsystem transportiert. Gemäß **Fig. 7** wird von der Gasheizereinheit 700 erhitztes Transportgas 116 durch die Rohrbündelwärmetauscher 108, 110 gefördert.

[0074] Ferner ist eine Steuereinheit 702 vorgesehen, die über diverse Steuerleitungen 720 zum Schalten der diversen Ventile 144, 146 sowie zum Ein- oder Ausschalten des Kühlers 142, der Gasheizereinheit 700 bzw. der Ventilatoren 140, 704 ausgebildet ist. Der Ventilator 140 kann als Kaltdruckventilator ausgebildet werden, wohingegen der Ventilator 704 ein Heißdruckventilator ist.

[0075] Die Gasheizereinheit 700 fungiert als Erhitzer und ist als gasgeheizter Wärmetauscher zum Übertragen thermischer Energie an das Transportgas 116 ausgebildet.

[0076] Der Bereich unterhalb der Ofenbasen 170, 172 in **Fig. 7** kann ganz oder teilweise im Inneren eines Hochdruckbehälters angebracht werden, um einen Schutz gegenüber dem Hochdruck in dem Transportgassystem 118 bereitzustellen.

[0077] **Fig. 8** bis **Fig. 11** zeigen vier Betriebszustände des Haubenofens 100 gemäß **Fig. 7**, die funktional den Betriebszuständen I bis IV gemäß **Fig. 2** bis **Fig. 5** entsprechen.

[0078] Gemäß dem Betriebszustand I in **Fig. 8** ist der Kühler 142 von dem Rest des Systems abgetrennt. Die Gasheizeinheit 700 ist ausgeschaltet. Es wird Wärme von dem zweiten Glühgas 114 des zweiten Sockels So2 an das erste Glühgas 112 in dem ersten Sockel So1 transferiert.

[0079] Gemäß Betriebszustand II in **Fig. 9** wird der erste Sockel So1 von der nun eingeschalteten Gasheizeinheit 700 weiter geheizt, während in einem separaten anderen Gaspfad der Kühler 142 nun aktiviert ist und das zweite Glühgas 114 in dem zweiten Sockel So2 aktiv weiter abgekühlt.

[0080] Nach Ablauf von Betriebszustand II kann das Glühgut 102 aus dem zweiten Sockel So2 entnommen und durch eine neue, wärmezubehandelnde Charge Glühgut 102 ersetzt werden.

[0081] **Fig. 10** zeigt den dritten Betriebszustand III, bei dem nun thermische Energie von dem ersten Glühgas 112 in dem ersten Sockel So1 auf das zweite Glühgas 114 in dem zweiten Sockel So2 übertragen wird. Der Kühler 142 und die Gasheizeinheit 700 sind in diesem Zustand abgeschaltet.

[0082] Betriebszustand III wird dann durch Betriebszustand IV abgelöst, der in **Fig. 11** dargestellt ist. Gemäß diesem Betriebszustand ist der Kühler 142 aktiviert und kühlt aktiv den ersten Sockel So1 weiter ab. In einem separaten Fluidpfad wird mittels der Gasheizeinheit 700 der zweite Sockel So2 aktiv weiter geheizt.

[0083] Nach Durchführung der Prozedur gemäß dem vierten Betriebszustand IV kann das Glühgut 102 aus dem ersten Sockel So1 entnommen werden und durch eine neue Charge Glühgut 102 ersetzt werden.

[0084] Im Weiteren werden Bezug nehmend auf **Fig. 12** ein erstes Diagramm 1200 und ein zweites Diagramm 1250 beschrieben. Das erste Diagramm 1200 hat eine Abszisse 1202, entlang welcher die Zeit während Durchführens der Betriebszustände I bis IV aufgetragen ist. Entlang einer Ordinate 1204 ist die Temperatur des jeweiligen Glühgases bzw. des Glühguts während Durchführens der Betriebszustände I bis IV aufgetragen. Die Abszisse 1202 und die Ordinate 1204 sind auch in dem zweiten Diagramm 1250 entsprechend gewählt.

[0085] Das erste Diagramm 1200 bezieht sich auf einen Temperaturverlauf des ersten Glühgases 112 bzw. des Glühguts des ersten Sockels So1 während des Durchfahrens der einzelnen Betriebszustände I bis IV, wohingegen das zweite Diagramm 1250 sich auf einen Temperaturverlauf des zweiten Glühgases 114 bzw. des Glühguts des zweiten Sockels So2 während der Betriebszustände I bis IV gemäß **Fig. 1** oder **Fig. 7** bezieht. In dem ersten Betriebszustand I wird thermische Energie von dem zweiten Glühgas 114 in Sockel So2 auf das erste Glühgas 112 in Sockel So1 übertragen (erster Wärmetausch WT1 mit Energieübertrag E). In dem zweiten Betriebszustand II wird der erste Sockel So1 mit Glühgut aktiv weiter geheizt (H), wohingegen der zweite Sockel So2 mit Glühgut aktiv weiter abgekühlt wird (K). In dem nachfolgenden dritten Betriebszustand III wird nun ther-

misches Energie von dem ersten Glühgas 112 bzw. dem Glühgut in dem ersten Sockel So1 auf das zweite Glühgas 114 bzw. das Glühgut in dem zweiten Sockel So2 übertragen (zweiter Wärmetausch WT2 mit Energieübertrag E). In dem vierten Betriebszustand IV wird der erste Sockel So1 mit Glühgut weiter aktiv abgekühlt, wohingegen der zweite Sockel So2 mit Glühgut aktiv weitergeheizt wird.

[0086] Somit zeigt **Fig. 12** den Temperaturverlauf in einem Zweisockelbetrieb gemäß **Fig. 1** oder gemäß **Fig. 7**. Durch einen solchen einstufigen Wärmeaustausch (d.h. ein einstufiges Vorheizen eines Sockels mit Glühgut durch Zufuhr von Glühgaswärme des jeweils anderen Sockels vor dem aktiven Weiterheizen mittels einer Heizereinheit) kann der Energieverbrauch auf ca. 60 % reduziert werden. Ein solches Ausführungsbeispiel ist einfach und reduziert infolge der Wiederverwendung von Abwärme eines jeweils zu kühlenden Sockels mit Glühgut die Energie um 40 %.

[0087] **Fig. 13** zeigt ein erstes Diagramm 1300, ein zweites Diagramm 1320, ein drittes Diagramm 1340 und ein viertes Diagramm 1360 eines zweistufigen Wärmeaustauschsystems, bei dem nicht wie in **Fig. 1** und **Fig. 7** zwei Sockel, sondern drei Sockel in einem Haubenofen vorgesehen werden. Bei einem solchen zweistufigen Wärmeaustausch erfolgt ein zweistufiges Vorheizen eines Sockels mit Glühgut durch Zufuhr von Glühgaswärme der jeweils anderen beiden Sockel mit Glühgut (nacheinander, d.h. zweistufig) vor dem aktiven Weiterheizen mittels einer Heizereinheit.

[0088] In diesem Wärmetauschsystems sind sechs unterschiedliche Betriebszustände unterscheidbar:

In einem ersten Betriebszustand I wird ein dritter Sockel So3 vorgekühlt und überträgt mittels des Transportgases thermische Energie von dem dritten Glühgas auf das erste Glühgas, um einen Sockel So1 vorzuwärmen. Gleichzeitig wird ein von dem ersten und dem dritten Sockel in diesem Betriebszustand getrennter zweiter Sockel So2 mittels einer Heizeinrichtung auf eine Endtemperatur geheizt.

[0089] In einem nachfolgenden zweiten Betriebszustand II wird der Sockel So3 aktiv mittels eines Kühlers gekühlt, während der nun vorzukühlende Sockel So2 thermische Energie von seinem zweiten Glühgas auf das erste Glühgas des ersten Sockels So1 überträgt. Dadurch wird der erste Sockel So1 weiter vorgewärmt.

[0090] In einem dritten Betriebszustand III wird der dritte Sockel So3 wieder geheizt, indem thermische Energie von dem zweiten Sockel So2 an den dritten Sockel So3 mittels des Transportgases transferiert wird. Dadurch wird der dritte Sockel So3 vorgewärmt. Da der zweite Sockel So2 thermische Energie seines zweiten Glühgases auf das dritte Glühgas des dritten Sockels So3 überträgt, sinkt dessen Energie in dem dritten Betriebszustand III. Der erste Sockel So1 ist nun isoliert von den anderen Sockeln So2 und So3 und wird mittels einer Heizeinrichtung auf eine Endtemperatur geheizt.

[0091] In einem nachfolgenden vierten Betriebszu-

stand IV wird der erste Sockel So1 vorgekühlt, indem thermische Energie von dem ersten Glühgas auf das dritte Glühgas des Sockels So3 transferiert wird. Dadurch wird der dritte Sockel So3 weiter vorgewärmt. Der zweite Sockel So2 ist in einem vierten Betriebszustand von den anderen beiden Sockeln So1, So3 getrennt und wird mit einem Kühler aktiv weiter gekühlt, um dann am Ende des vierten Betriebsmodus IV dessen untere Endtemperatur zu erreichen.

[0092] In einem nachfolgenden fünften Betriebszustand V wird der dritte Sockel So3 aktiv und von den anderen Sockeln So1, So2 getrennt mit der Heizeinheit verbunden, um auf die Endtemperatur gebracht zu werden. Der weiter zu kühlende Sockel So1 überträgt thermische Energie von seinem Glühgas auf das zweite Glühgas des zweiten Sockels So2. Letzterer wird damit einer ersten Vorwärmphase unterzogen.

[0093] In einem nachfolgenden sechsten Betriebsmodus VI wird thermische Energie von dem dritten Sockel So3, der nun vorgekühlt werden soll, auf den zweiten Sockel So2 übertragen. Dadurch wird der zweite Sockel So2 einer zweiten Vorwärmung unterzogen und der dritte Sockel So3 vorgekühlt. Der erste Sockel So1 befindet sich in diesem Betriebszustand in Isolation von Sockeln So2, So3 und wird durch einen Kühler auf eine Endtemperatur herunter gekühlt. Nach Beendigung von Betriebszustand VI beginnt der Zyklus wieder mit dem ersten Betriebszustand I.

[0094] Fig. 13 bezieht sich somit auf einen zweistufigen Wärmeaustausch in einem Dreisockelbetrieb. Der Energieverbrauch kann auf 40 % gesenkt werden. Der Aufbau eines entsprechenden erfindungsgemäßen Ofens ist immer noch einfach, und es kann dennoch ein hohes Maß an Energiegewinn von ca. 60 % erreicht werden.

[0095] Fig. 14 zeigt eine schematische Ansicht eines Ofens 1600 mit allgemein n Sockeln gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel. Dort sind schematisch ein erster Sockel So1 1602, ein zweiter Sockel So2 1604 und ein n-ter Sockel SoN 1606 gezeigt. Die Architektur gemäß Fig. 16 lässt sich auf eine beliebige Anzahl von Sockeln anwenden. Eine Vielzahl von Einwegventilen 144 sind ebenfalls in Fig. 14 gezeigt. Ferner sind eine Kühleinheit 142 und eine externe Heizeinheit 700 (in diesem Fall eine Gasheizeinheit, wobei diese alternativ als eine elektrische Widerstandsheizung möglich ist) gezeigt. Wird der Rohrbündelwärmetauscher direkt, also intern als elektrische Widerstandsheizung verwendet, ist je Sockel je eine elektrische Versorgungseinheit vorgesehen (1241, 1242, ..., 124n). Für einen zweistufigen Wärmeaustausch ist jeweils eine Ventilatoreinheit für WT1 bzw. WT2 vorgesehen.

[0096] Fig. 15 zeigt eine glockenförmige Schutzhaube 1700, wie sie zum Beispiel in Fig. 1 mit Bezugszeichen 120, 122 gezeigt ist. Die Schutzhaube 1700 hat ein durchgehendes Innengehäuse aus einem hitzebeständigen Material 1702 und außen eine Wärmeisolation 1704, um den jeweiligen Sockel vor einem Wärmeverlust

durch die Schutzhaube 1700 hindurch zu bewahren. Die gezeigte Konfiguration ist vorteilhaft für einen Haubenofen einsetzbar. Für einen Kammerofen dagegen kann vorteilhaft sein, eine Innenwandung aus einem thermisch isolierenden Material mit einer Stahlausenwandung zu kombinieren, d.h. anschaulich Bezugszeichen 1702 und 1704 auszutauschen.

[0097] Fig. 16 zeigt eine Draufsicht eines Haubenofens des in Fig. 6 gezeigten Typs, bei dem ein Rohrbündelwärmetauscher 108 mittels eines Glühgasventilators 130 gerichtet (und vorzugsweise im Wesentlichen vollumfänglich) mit beheiztem Glühgas beströmt wird. Somit kann für alle Betriebszustände des Haubenofens, d.h. zum Heizen eines Sockels, zum Kühlen eines Sockels bzw. zum Wärmeaustausch zwischen Sockeln, eine gute thermische Kopplung zwischen dem Glühgasventilator 130 und dem Rohrbündelwärmetauscher 108 gewährleistet werden.

[0098] Genauer gesagt wird ein Laufrad 602 des Glühgasventilators 130 rotierend angetrieben, siehe Bezugszeichen 1642. Dadurch wird das Glühgas vom Glühgasventilator 130 umgewälzt. Das Glühgas bewegt sich daher nach außen, und zwar gerichtet unter dem Einfluss der ruhenden Schaufelbleche 1640 eines Leitapparats. Dadurch gelangt das Glühgas gezielt in thermische Wechselwirkung mit dem Rohrbündelwärmetauscher 108 und weiter zur Charge (Glühgut). Der Rohrbündelwärmetauscher 108 befindet sich daher im Vollstrom.

[0099] In Fig. 17 ist ein Ofen 1800 gemäß noch einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Der Ofen 1800 ist ähnlich wie in Fig. 1 ausgebildet, hat aber an seinem ersten Sockel zusätzlich zu der ersten Schutzhaube 120 eine diese einschließende abnehmbare erste Heizhaube 1802. Entsprechend ist die zweite Schutzhaube 122 des zweiten Sockels von einer zweiten Heizhaube 1804 überdeckt. Die ersten Heizbrenner 1806 sind in einem Zwischenraum 1810 zwischen der ersten Heizhaube 120 und der ersten Schutzhaube 1802 zum Heizen des Schutzgases innerhalb der Schutzhaube vorgesehen. Entsprechend sind in dem zweiten Ofenraum 106 die zweiten Heizbrenner 1808 zum Heizen eines Zwischenraums 1812 zwischen der zweiten Heizhaube 122 und der zweiten Schutzhaube 1804 vorgesehen. Es ist möglich, anstelle der Heizbrenner 1806, 1808 elektrische Widerstands-Heizelemente vorzusehen. Die elektrische Versorgungseinheit 124 gemäß Fig. 1 ist in Fig. 17 weggelassen. Der zuschaltbare Gas-Wasser-Wärmetauscher 142 bleibt erhalten.

[0100] Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 17 wird somit das Hauptheizen des ersten Glühgases 112 bzw. des zweiten Glühgases 114 durch die thermische Wechselwirkung zwischen dem erhitzten Gas in dem Zwischenraum 1810 und dem ersten Glühgas 112 bzw. dem erhitzten Gas im Zwischenraum 1812 und dem zweiten Glühgas 114 (oder einer elektrischen Widerstandsheizung) bewerkstelligt. Der Transportfluidpfad 118 wird bei diesem Ausführungsbeispiel zum thermi-

schen Ausgleich zwischen dem ersten Glühgas 112 und dem zweiten Glühgas 114 eingesetzt, um vorzukühlen bzw. vorzuheizen und damit Energie einzusparen. Ferner kann ein Final-Kühlen durch eine Kühleinheit 142 erfolgen, die dem Transportgaspfad 118 zugeordnet ist.

[0101] Es ist ferner anzumerken, dass bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 17 auch eine Kühlhaube aufgesetzt werden kann.

[0102] Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass "aufweisend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und "eine" oder "ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Ofen (100) zum Wärmebehandeln von Glühgut (102), wobei der Ofen (100) aufweist:

einen verschließbaren ersten Ofenraum (104), der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut (102) mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts (102) mit heizbarem oder kühlbarem erstem Glühgas (112) in dem ersten Ofenraum (104) ausgebildet ist;
einen in dem ersten Ofenraum (104) angeordneten ersten Wärmetauscher (108), der zum thermischen Austausch zwischen dem ersten Glühgas (112) und einem Transportfluid (116) ausgebildet ist, wobei der erste Wärmetauscher (108) innerhalb eines Gehäuseabschnitts (120) des ersten Ofenraums (104) angeordnet ist, welcher Gehäuseabschnitt (120) das erste Glühgas (112) im Inneren des ersten Ofenraums (104) einschließt und welcher Gehäuseabschnitt (120) in direktem Kontakt mit dem ersten Glühgas (112) steht;
einen verschließbaren zweiten Ofenraum (106), der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut (102) mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts (102) mit heizbarem oder kühlbarem zweitem Glühgas in dem zweiten Ofenraum (106) ausgebildet ist;
einen in dem zweiten Ofenraum (106) angeordneten zweiten Wärmetauscher (110), der zum thermischen Austausch zwischen dem zweiten Glühgas (114) und dem Transportfluid (116) ausgebildet ist, wobei der zweite Wärmetauscher (110) innerhalb eines Gehäuseabschnitts (122) des zweiten Ofenraums (106) angeordnet ist, welcher Gehäuseabschnitt (122) das zweite Glühgas (114) im Inneren des zweiten Ofen-

raums (106) einschließt;
einen geschlossenen Transportfluidpfad (118), der mit dem ersten Wärmetauscher (108) und mit dem zweiten Wärmetauscher (110) derart wirkverbunden ist, dass mittels des Transportfluids (116) thermische Energie kontaktfrei zwischen dem ersten Glühgas (112) und dem zweiten Glühgas (114) übertragbar ist.

2. Ofen (100) gemäß Anspruch 1, wobei der Ofen (100) als satzweise betreibbarer Ofen ausgestaltet ist.
3. Ofen (100) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Ofenraum (104) mit einer abnehmbaren ersten Schutzhaube (120) als dem Gehäuseabschnitt (120) des ersten Ofenraums (104) verschließbar ist und der zweite Ofenraum (106) mit einer abnehmbaren zweiten Schutzhaube (122) als dem Gehäuseabschnitt (122) des zweiten Ofenraums (106) verschließbar ist, und wobei die erste Schutzhaube (120) die äußerste Haube des ersten Ofenraums (104) ist und die zweite Schutzhaube (122) die äußerste Haube des zweiten Ofenraums (106) ist, und/oder
wobei der Gehäuseabschnitt (122) des zweiten Ofenraums (106) in direktem Kontakt mit dem zweiten Glühgas (114) steht.
4. Ofen (100) gemäß Anspruch 3, wobei die erste Schutzhaube (120, 1700) und die zweite Schutzhaube (122, 1700) jeweils ein hitzebeständiges Innengehäuse (1702) und eine Isolationshülle (1704) aus einem wärmeisolierenden Material aufweist.
5. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine externe Heizeinheit (700) zum direkten Heizen des Transportfluids (116) zum ersten Wärmetauscher (108) oder zum zweiten Wärmetauscher (110) derart eingerichtet ist, dass mittels thermischer Übertragung von Heizwärme auf das erste Glühgas (112) der erste Ofenraum (104) heizbar ist und/oder mittels thermischer Übertragung von Heizwärme auf das zweite Glühgas (114) der zweite Ofenraum (106) heizbar ist, wobei die externe Heizeinheit (700) mit Gas, Öl oder Pellets betrieben werden kann oder eine elektrische Widerstandsheizung aufweist.
6. Ofen (100) gemäß Anspruch 5, wobei eine elektrische Versorgungseinheit (124) der Heizeinheit den ersten Wärmetauscher (108) oder den zweiten Wärmetauscher (110) als elektrische Widerstandsheizung und damit intern und direkt mit elektrischer Energie versorgt.
7. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der erste Wärmetauscher (108) und/oder der zweite Wärmetauscher (110) als Rohrbündelwär-

metauscher aus zu einem Bündel gebogenen Rohren ausgebildet ist, wobei das Rohrinne Teil eines Transportfluidpfads (118) und von einem Transportfluid (116) durchströmbar ist und das Rohräußere mit dem jeweiligen Glühgas (112, 114) direkt in Verbindung gebracht ist, und/oder wobei der erste Ofenraum (104) einen ersten Glühgasantrieb (130) und der zweite Ofenraum (106) einen zweiten Glühgasantrieb (132) aufweist, wobei der jeweilige Glühgasantrieb (130, 132) eingerichtet ist, das jeweilige Glühgas (112, 114) auf den jeweiligen Wärmetauscher (108, 110) und auf das jeweilige Glühgut (102) zu richten.

8. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner aufweisend:

einen verschließbaren dritten Ofenraum, der zum Aufnehmen und zum Wärmebehandeln von Glühgut (102) mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts (102) mit heizbarem drittem Glühgas in dem dritten Ofenraum ausgebildet ist;
einen in dem dritten Ofenraum angeordneten dritten Wärmetauscher, der zum thermischen Austausch zwischen dem dritten Glühgas und dem Transportfluid (116) ausgebildet ist, wobei der dritte Wärmetauscher innerhalb eines Gehäuseabschnitts des dritten Ofenraums angeordnet ist, welcher Gehäuseabschnitt das dritte Glühgas im Inneren des dritten Ofenraums einschließt;
wobei der geschlossene Transportfluidpfad (118) auch mit dem dritten Wärmetauscher derart wirkverbunden ist, dass mittels des Transportfluids thermische Energie zwischen einerseits dem dritten Glühgas und andererseits dem ersten Glühgas (112) und/oder dem zweiten Glühgas (114) übertragbar ist.

9. Ofen (700) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend eine Steuereinheit (702), die eingerichtet ist, den Transportfluidpfad (118) derart zu steuern, dass mittels thermischen Austauschs zwischen dem Transportfluid (116) und dem ersten Glühgas (112) und dem zweiten Glühgas (114) selektiv jeweils einer des ersten Ofenraums (104) und des zweiten Ofenraums (106) in einem Vorwärmodus, einem Heizmodus oder einem Kühlmodus betreibbar ist, und/oder

wobei der Transportfluidpfad (118) einen Transportfluidantrieb (140) zum Antreiben des Transportfluids (116) durch den Transportfluidpfad (118) aufweist, und/oder
wobei der Transportfluidpfad (118) einen zuschaltbaren Kühler (142) zum Kühlen des Transportfluids (116) in dem Transportfluidpfad

(118) aufweist.

10. Ofen (100) gemäß Anspruch 9, wobei der Transportfluidpfad (118) eine Mehrzahl von Ventilen (144, 146) aufweist, die derart schaltbar sind, dass der Ofen (100) selektiv in einem der folgenden Betriebsmodi betreibbar ist:

einem ersten Betriebsmodus, bei dem der Transportfluidantrieb das Transportfluid (116) mit dem zweiten Glühgas (114) thermisch koppelt, so dass das Transportfluid (116) dem zweiten Glühgas (114) Wärme entnimmt und dem ersten Glühgas (112) zuführt, um den ersten Ofenraum (104) zu heizen und den zweiten Ofenraum (106) zu kühlen;
einem nachfolgenden zweiten Betriebsmodus, bei dem eine Heizeinheit (124, 700) den ersten Ofenraum (104) weiter heizt, und bei dem in einem davon getrennten Pfad der Transportfluidantrieb (140) das Transportfluid (116) dem zugeschalteten Kühler (142) zum Kühlen zuführt und das gekühlte Transportfluid (116) mit dem zweiten Glühgas (114) thermisch koppelt, um den zweiten Ofenraum (106) weiter zu kühlen;
einem nachfolgenden dritten Betriebsmodus, bei dem der Transportfluidantrieb (140) das Transportfluid (116) mit dem ersten Glühgas (112) thermisch koppelt, so dass das Transportfluid (116) dem ersten Glühgas (112) Wärme entnimmt und dem zweiten Glühgas (114) zuführt, um den zweiten Ofenraum (106) zu heizen und den ersten Ofenraum (104) zu kühlen;
einem nachfolgenden vierten Betriebsmodus, bei dem die Heizeinheit (124, 700) den zweiten Ofenraum (106) heizt, und bei dem in einem davon getrennten Pfad der Transportfluidantrieb (140) das Transportfluid (116) dem zugeschalteten Kühler (142) zum Kühlen zuführt und das gekühlte Transportfluid (116) mit dem ersten Glühgas (112) thermisch koppelt, um den ersten Ofenraum (104) zu kühlen.

11. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, aufweisend ein Mittel zum Druckstabilisieren des Transportfluidpfads (118) der zumindest einen Teil des Transportfluidpfads (118) druckdicht umschließt.

12. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der erste Wärmetauscher (108) relativ zu einem ersten Glühgasventilator (130) zum Antreiben des ersten Glühgases und/oder der zweite Wärmetauscher (110) relativ zu einem zweiten Glühgasventilator (132) zum Antreiben des zweiten Glühgases derart angeordnet ist, dass in jedem Betriebszustand des Ofens (100) das von dem ersten Glühgasventilator (130) angetriebene erste Glühgas den ers-

ten Wärmetauscher (108) beströmt und/oder dass in jedem Betriebszustand des Ofens (100) das von dem zweiten Glühgasventilator (132) angetriebene zweite Glühgas den zweiten Wärmetauscher (110) beströmt.

13. Ofen (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, der derart konfiguriert ist, dass das erste Glühgas (112) und das zweite Glühgas (114) gegenüber dem Transportfluid (116) kontaktfrei verbleiben.

14. Verfahren zum Wärmebehandeln von Glühgut (102) in einem Ofen (100), wobei das Verfahren aufweist:

Aufnehmen und Wärmebehandeln von Glühgut (102) in einem verschließbaren ersten Ofenraum (104) mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts (102) mit heizbarem bzw. kühlbarem erstem Glühgas (112) in dem ersten Ofenraum (104);

Bewirken eines thermischen Austauschs zwischen dem ersten Glühgas (112) und einem Transportfluid (116) mittels eines in dem ersten Ofenraum (104) angeordneten ersten Wärmetauschers (108), wobei der erste Wärmetauscher (108) innerhalb eines Gehäuseabschnitts (120) des ersten Ofenraums (104) angeordnet ist, welcher Gehäuseabschnitt (120) das erste Glühgas (112) im Inneren des ersten Ofenraums (104) einschließt und welcher Gehäuseabschnitt (120) in direktem Kontakt mit dem ersten Glühgas (112) steht;

Aufnehmen und Wärmebehandeln von Glühgut (102) in einem verschließbaren zweiten Ofenraum (106) mittels thermischen Wechselwirkens des Glühguts (102) mit heizbarem bzw. kühlbarem zweitem Glühgas (114) in dem zweiten Ofenraum (106)

Bewirken eines thermischen Austauschs zwischen dem zweiten Glühgas (114) und dem Transportfluid (116) mittels eines in dem zweiten Ofenraum (106) angeordneten zweiten Wärmetauschers (110), wobei der zweite Wärmetauscher (110) innerhalb eines Gehäuseabschnitts (122) des zweiten Ofenraums (106) angeordnet ist, welcher Gehäuseabschnitt (122) das zweite Glühgas (114) im Inneren des zweiten Ofenraums (106) einschließt;

Steuern eines geschlossenen Transportfluidpfads, der mit dem ersten Wärmetauscher (108) und mit dem zweiten Wärmetauscher (110) wirkverbunden ist derart, dass mittels des Transportfluids (116) thermische Energie zwischen dem ersten Glühgas (112) und dem zweiten Glühgas (114) übertragen wird.

Claims

1. Furnace (100) for heat treating of annealing good (102), wherein the furnace (100) comprises:

a closable first furnace chamber (104) which is formed for receiving and for heat treating of annealing good (102) by thermal interacting of the annealing good (102) with heatable or coolable first annealing gas (112) in the first furnace chamber (104);

a first heat exchanger (108) arranged in the first furnace chamber (104), which is formed for thermal exchange between the first annealing gas (112) and a transport fluid (116), wherein the first heat exchanger (108) is arranged inside a housing section (120) of the first furnace chamber (104), which housing section (120) encloses the first annealing gas (112) in the interior of the first furnace chamber (104) and which housing section (120) is in direct contact with the first annealing gas (112);

a closable second furnace chamber (106) which is formed for receiving and for heat treating of annealing good (102) by thermal interacting of the annealing good (102) with heatable or coolable second annealing gas in the second furnace chamber (106);

a second heat exchanger (110) arranged in the second furnace chamber (106), which is formed for thermal exchange between the second annealing gas (114) and the transport fluid (116), wherein the second heat exchanger (110) is arranged inside a housing section (122) of the second furnace chamber (106), which housing section (122) encloses the second annealing gas (114) in the interior of the second furnace chamber (106);

a closed transport fluid path (118) which is effectively connected with the first heat exchanger (108) and with the second heat exchanger (110) in such a way that thermal energy is contactless transferable by the transport fluid (116) between the first annealing gas (112) and the second annealing gas (114).

2. Furnace (100) according to claim 1, wherein the furnace (100) is formed as a furnace being operatable in batches.

3. Furnace (100) according to claim 1 or 2, wherein the first furnace chamber (104) is closable by a removable first protecting cover (120) as the housing section (120) of the first furnace chamber (104) and the second furnace chamber (106) is closable by a removable second protecting cover (122) as the housing section (122) of the second furnace chamber (106), and wherein the first protecting cover (120) is

- the outermost cover of the first furnace chamber (104) and the second protecting cover (122) is the outermost cover of the second furnace chamber (106), and/or wherein the housing section (122) of the second furnace chamber (106) is in direct contact with the second annealing gas (114). 5
4. Furnace (100) according to claim 3, wherein the first protecting cover (120, 1700) and the second protecting cover (122, 1700) each comprises a heat resistant internal housing (1702) and an insulating casing (1704) from a heat insulating material. 10
5. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 4, wherein an external heating unit (700) for direct heating of the transport fluid (116) to the first heat exchanger (108) or to the second heat exchanger (110) is arranged in such a way that the first furnace chamber (104) is heatable by thermal transfer of heating energy to the first annealing gas (112) and/or the second furnace chamber (106) is heatable by thermal transfer of heating energy to the second annealing gas (114), wherein the external heating unit (700) may be operated by gas, oil or pellets or comprises an electric resistance heater. 15 20 25
6. Furnace (100) according to claim 5, wherein the electric supply unit (124) of the heating unit supplies the first heat exchanger (108) or the second heat exchanger (110) as an electric resistance heater and thereby internally and directly with electric energy. 30
7. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 6, wherein the first heat exchanger (108) and/or the second heat exchanger (110) is formed as a tube bundle heat exchanger made of tubes bended to a bundle, wherein the interior of the tube is part of a transport fluid path (118) and is through flowable by a transport fluid (116) and the exterior of the tube is brought in direct contact with the respective annealing gas (112, 114), and/or wherein the first furnace chamber (104) comprises a first annealing gas drive (130) and the second furnace chamber (106) comprises a second annealing gas drive (132), wherein the respective annealing gas drive (130, 132) is arranged to point the respective annealing gas (112, 114) at the respective heat exchanger (108, 110) and at the respective annealing good (102). 35 40 45 50
8. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 7, further comprising: 55
- a closable third furnace chamber which is formed for receiving and for heat treating of annealing good (102) by thermal interacting of the annealing good (102) with heatable third annealing gas in the third furnace chamber; a third heat exchanger arranged in the third furnace chamber, which is formed for thermal exchange between the third annealing gas and the transport fluid (116), wherein the third heat exchanger is arranged inside a housing section of the third furnace chamber, which housing section encloses the third annealing gas in the interior of the third furnace chamber; wherein the closed transport fluid path (118) is also effectively connected with the third heat exchanger in such a way that thermal energy is transferable by the transport fluid between on the one hand the third annealing gas and one the other hand the first annealing gas (112) and/or the second annealing gas (114).
9. Furnace (700) according to one of the claims 1 to 8, comprising a control unit (702) which is arranged to control the transport fluid path (118) in such a way that by thermal exchange between the transport fluid (116) and the first annealing gas (112) and the second annealing gas (114) selectively a respective one of the first furnace chamber (104) and the second furnace chamber (106) is operatable in a pre heating mode, a heating mode or a cooling mode, and/or wherein the transport fluid path (118) comprises a transport fluid drive (140) for driving the transport fluid (116) through the transport fluid path (118), and/or wherein the transport fluid path (118) comprises a connectable cooler (142) for cooling the transport fluid (116) in the transport fluid path (118).
10. Furnace (100) according to claim 9, wherein the transport fluid path (118) comprises a plurality of valves (144, 146) which are switchable in such a way that the furnace (100) is selectively operated in one of the following operating modes:
- a first operating mode in which the transport fluid drive thermally couples the transport fluid (116) with the second annealing gas (114) such that the transport fluid (116) removes heat from the second annealing gas (114), and supplies it to the first annealing gas (112) for heating the first furnace chamber (104) and for cooling the second furnace chamber (106); a subsequent second operating mode in which a heating unit (124, 700) further heats the first furnace chamber (104) and in which in a therefrom separated path the transport fluid drive (140) supplies the transport fluid (116) to the connected cooler (142) for cooling, and thermally couples the cooled transport fluid (116) with the second annealing gas (114) for further cooling of the second furnace chamber (106); a subsequent third operating mode in which the transport fluid drive (140) thermally couples the

- transport fluid (116) with the first annealing gas (112) such that the transport fluid (116) removes heat from the first annealing gas (112), and supplies it to the second annealing gas (114) for heating the second furnace chamber (106) and for cooling the first furnace chamber (104);
 a subsequent fourth operating mode in which the heating unit (124, 700) heats the second furnace chamber (106) and in which in a therefrom separated path the transport fluid drive (140) supplies the transport fluid (116) to the connected cooler (142) for cooling, and thermally couples the cooled transport fluid (116) with the first annealing gas (112) for cooling the first furnace chamber (104).
11. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 10, comprising a means for pressure stabilizing of the transport fluid path (118), which encloses in a pressure sealed way at least a part of the transport fluid path (118).
12. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 11, wherein the first heat exchanger (108) is arranged relatively to a first annealing gas ventilator (130) for driving the first annealing gas and/or the second heat exchanger (110) is arranged relatively to a second annealing gas ventilator (132) for driving the second annealing gas in such a way that in every operating mode of the furnace (100) the first annealing gas driven by the first annealing gas ventilator (130), blows to the first heat exchanger (108) and/or that in every operating mode of the furnace (100) the second annealing gas driven by the second annealing gas ventilator (132), blows to the second heat exchanger (110).
13. Furnace (100) according to one of the claims 1 to 12, which is configured in such a way that the first annealing gas (112) and the second annealing gas (114), remains contactless towards the transport fluid (116).
14. Method for heat treating of annealing good in a furnace (100), wherein the method comprises:
- receiving and heat treating of annealing good (102) in a closable first furnace chamber (104) by thermal interacting of the annealing good (102) with heatable and coolable, respectively, first annealing gas (112) in the first furnace chamber (104);
 causing a thermal exchange between the first annealing gas (112) and a transport fluid (116) by a first heat exchanger (108) arranged in the first furnace chamber (104), wherein the first heat exchanger (108) is arranged inside a housing section (120) of the first furnace chamber

(104), which housing section (120) encloses the first annealing gas (112) in the interior of the first furnace chamber (104) and which housing section (120) is in direct contact with the first annealing gas (112);
 receiving and heat treating of annealing good (102) in a closable second furnace chamber (106) by thermal interacting of the annealing good (102) with heatable and coolable, respectively, second annealing gas (114) in the second furnace chamber (106);
 causing a thermal exchange between the second annealing gas (114) and the transport fluid (116) by a second heat exchanger (110) arranged in the second furnace chamber (106), wherein the second heat exchanger (110) is arranged inside a housing section (122) of the second furnace chamber (106), which housing section (122) encloses the second annealing gas (114) in the interior of the second furnace chamber (106);
 controlling a closed transport fluid path which is effectively connected with the first heat exchanger (108) and with the second heat exchanger (110) in such a way that by the transport fluid (116) thermal energy is transferable between the first annealing gas (112) and the second annealing gas (114).

Revendications

1. Four (100) servant au traitement thermique de produits à recuire (102), sachant que le four (100) présente :

une première chambre de four (104) pouvant être fermée, qui est réalisée afin de recevoir et de traiter thermiquement des produits à recuire (102) au moyen d'une interaction thermique des produits à recuire (102) avec un premier gaz de recuit (112) pouvant être chauffé ou refroidi dans la première chambre de four (104) ;
 un premier échangeur de chaleur (108) disposé dans la première chambre de four (104), lequel est réalisé aux fins de l'échange thermique entre le premier gaz de recuit (112) et un fluide de transport (116), sachant que le premier échangeur de chaleur (108) est disposé à l'intérieur d'une section d'enceinte (120) de la première chambre de four (104), laquelle section d'enceinte (120) renferme le premier gaz de recuit (112) à l'intérieur de la première chambre de four (104) et laquelle section d'enceinte (120) se trouve en contact direct avec le premier gaz de recuit (112) ;
 une deuxième chambre de four (106) pouvant être fermée, laquelle est réalisée afin de recevoir

- et afin de traiter thermiquement des produits à recuire (102) au moyen d'une interaction thermique des produits à recuire (102) avec un deuxième gaz de recuit pouvant être chauffé ou refroidi dans la deuxième chambre de four (106) ;
un deuxième échangeur de chaleur (110) disposé dans la deuxième chambre de four (106), lequel est réalisé aux fins de l'échange thermique entre le deuxième gaz de recuit (114) et le fluide de transport (116), sachant que le deuxième échangeur de chaleur (110) est disposé à l'intérieur d'une section d'enceinte (122) de la deuxième chambre de four (106), laquelle section d'enceinte (122) renferme le deuxième gaz de recuit (114) à l'intérieur de la deuxième chambre de four (106) ;
un chemin pour fluide de transport (118) fermé, qui est en liaison active avec le premier échangeur de chaleur (108) et avec le deuxième échangeur de chaleur (110) de telle manière que de l'énergie thermique peut être transférée sans contact entre le premier gaz de recuit (112) et le deuxième gaz de recuit (114) au moyen du fluide de transport (116).
2. Four (100) selon la revendication 1, sachant que le four (100) est configuré sous la forme d'un four pouvant fonctionner de manière périodique.
 3. Four (100) selon la revendication 1 ou 2, sachant que la première chambre de four (104) peut être fermée à l'aide d'un premier capot de protection (120) pouvant être retiré faisant office de section d'enceinte (120) de la première chambre de four (104) et que la deuxième chambre de four (106) peut être fermée à l'aide d'un deuxième capot de protection (122) pouvant être retiré faisant office de section d'enceinte (122) de la deuxième chambre de four (106), et sachant que le premier capot de protection (120) est le capot situé le plus à l'extérieur de la première chambre de four (104) et que le deuxième capot de protection (122) est le capot situé le plus à l'extérieur de la deuxième chambre de four (106), et/ou sachant que la section d'enceinte (122) de la deuxième chambre de four (106) se trouve en contact direct avec le deuxième gaz de recuit (114).
 4. Four (100) selon la revendication 3, sachant que le premier capot de protection (120, 1700) et le deuxième capot de protection (122, 1700) présentent respectivement une enceinte interne (1702) résistante à la chaleur et une enveloppe isolante (1704) composée d'un matériau à isolation thermique.
 5. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, sachant qu'une unité chauffante (700) externe servant à chauffer directement le fluide de transport (116) en direction du premier échangeur de chaleur (108) ou du deuxième échangeur de chaleur (110) est mise au point de telle manière que la première chambre de four (104) peut être chauffée au moyen d'un transfert thermique de chaleur chauffante sur le premier gaz de recuit (112) et/ou que la deuxième chambre de four (106) peut être chauffée au moyen d'un transfert thermique de chaleur chauffante sur le deuxième gaz de recuit (114), sachant que l'unité chauffante (700) externe peut fonctionner au gaz, à l'huile ou avec des granulés ou qu'elle présente un chauffage électrique par résistance.
 6. Four (100) selon la revendication 5, sachant qu'une unité d'alimentation (124) électrique de l'unité chauffante alimente, en tant que chauffage électrique par résistance et ce faisant de manière interne et directe, en énergie électrique le premier échangeur de chaleur (108) ou le deuxième échangeur de chaleur (110).
 7. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, sachant que le premier échangeur de chaleur (108) et/ou le deuxième échangeur de chaleur (110) sont réalisés sous la forme d'échangeurs de chaleur à faisceau tubulaire composés de tubes pliés de manière à former un faisceau, sachant que l'intérieur de tube fait partie d'un chemin pour fluide de transport (118) et peut être parcouru par un fluide de transport (116) et que l'extérieur de tube est amené en liaison directe avec le gaz de recuit (112, 114) respectif, et/ou sachant que la première chambre de four (104) présente un premier entraînement de gaz de recuit (130) et que la deuxième chambre de four (106) présente un deuxième entraînement de gaz de recuit (132), sachant que l'entraînement de gaz de recuit (130, 132) respectif est mis au point pour diriger le gaz de recuit (112, 114) respectif sur l'échangeur de chaleur (108, 110) respectif et sur les produits à recuire (102) respectifs.
 8. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, présentant en outre,
 - une troisième chambre de four pouvant être fermée, laquelle est réalisée afin de recevoir et de traiter thermiquement des produits à recuire (102) au moyen d'une interaction thermique des produits à recuire (102) avec un troisième gaz de recuit pouvant être chauffé dans la troisième chambre de four ;
 - un troisième échangeur de chaleur disposé dans la troisième chambre de four, lequel est réalisé aux fins de l'échange thermique entre le troisième gaz de recuit et le fluide de transport (116), sachant que le troisième échangeur de chaleur est disposé à l'intérieur d'une section

d'enceinte de la troisième chambre de four, laquelle section d'enceinte renferme le troisième gaz de recuit à l'intérieur de la troisième chambre de four ;

sachant que le chemin pour fluide de transport (118) fermé est également en liaison active avec le troisième échangeur de chaleur de telle manière que de l'énergie thermique peut être transférée, au moyen du fluide de transport, entre d'une part le troisième gaz de recuit et d'autre part le premier gaz de recuit (112) et/ou le deuxième gaz de recuit (114).

9. Four (700) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, présentant une unité de commande (702) qui est mise au point pour commander le chemin pour fluide de transport (118) de telle manière que de manière sélective respectivement une chambre de four parmi la première chambre de four (104) et la deuxième chambre de four (106) peut fonctionner dans un mode de préchauffage, dans un mode de chauffage ou dans un mode de refroidissement au moyen d'un échange thermique entre le fluide de transport (116) et le premier gaz de recuit (112) et le deuxième gaz de recuit (114), et/ou

sachant que le chemin pour fluide de transport (118) présente un entraînement de fluide de transport (140) servant à entraîner le fluide de transport (116) à travers le chemin pour fluide de transport (118), et/ou

sachant que le chemin pour fluide de transport (118) présente un refroidisseur (142) pouvant être activé servant à refroidir le fluide de transport (116) dans le chemin pour fluide de transport (118).

10. Four (100) selon la revendication 9, sachant que le chemin pour fluide de transport (118) présente une multitude de soupapes (144, 146), qui peuvent être commutées de telle manière que le four (100) peut fonctionner de manière sélective dans l'un des modes de fonctionnement qui suivent :

un premier mode de fonctionnement, dans le cadre duquel l'entraînement de fluide de transport couple thermiquement le fluide de transport (116) au deuxième gaz de recuit (114) de sorte que le fluide de transport (116) absorbe la chaleur du deuxième gaz de recuit (114) pour l'amener au premier gaz de recuit (112) afin de chauffer la première chambre de four (104) et de refroidir la deuxième chambre de four (106) ;
un deuxième mode de fonctionnement qui suit, dans le cadre duquel une unité chauffante (124, 700) continue à chauffer la première chambre

de four (104) et dans le cadre duquel l'entraînement de fluide de transport (140) amène, sur un chemin séparé, le fluide de transport (116) au refroidisseur (142) activé aux fins du refroidissement et couple thermiquement le fluide de transport (116) refroidi au deuxième gaz de recuit (114) afin de poursuivre le refroidissement de la deuxième chambre de four (106) ;

un troisième mode de fonctionnement qui suit, dans le cadre duquel l'entraînement de fluide de transport (140) couple thermiquement le fluide de transport (116) au premier gaz de recuit (112) de telle manière que le fluide de transport (116) absorbe la chaleur du premier gaz de recuit (112) pour l'amener au deuxième gaz de recuit (114) afin de chauffer la deuxième chambre de four (106) et de refroidir la première chambre de four (104) ;

un quatrième mode de fonctionnement qui suit, dans le cadre duquel l'unité chauffante (124, 700) chauffe la deuxième chambre de four (106) et dans le cadre duquel l'entraînement de fluide de transport (140) amène, sur un chemin séparé, le fluide de transport (116) au refroidisseur (142) activé aux fins du refroidissement et couple thermiquement le fluide de transport (116) refroidi au premier gaz de recuit (112) afin de refroidir la première chambre de four (104).

11. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, présentant un moyen de stabilisation de pression du chemin pour fluide de transport (118), qui entoure au moins une partie du chemin pour fluide de transport (118) de manière étanche à la pression.

12. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, sachant que le premier échangeur de chaleur (108) est disposé par rapport à un premier ventilateur de gaz de recuit (130) servant à entraîner le premier gaz de recuit et/ou que le deuxième échangeur de chaleur (110) est disposé par rapport à un deuxième ventilateur de gaz de recuit (132) servant à entraîner le deuxième gaz de recuit de telle manière que dans chaque état de fonctionnement du four (100), le premier gaz de recuit entraîné par le premier ventilateur de gaz de recuit (130) traverse le premier échangeur de chaleur (108), et en ce que dans chaque état de fonctionnement du four (100), le deuxième gaz de recuit entraîné par le deuxième ventilateur de gaz de recuit (132) traverse le deuxième échangeur de chaleur (110).

13. Four (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, qui est configuré de telle manière que le premier gaz de recuit (112) et le deuxième gaz de recuit (114) restent sans contact par rapport au fluide de transport (116).

14. Procédé servant au traitement thermique de produits à recuire (102) dans un four (100), sachant que le procédé présente les étapes suivantes consistant à :

recevoir et traiter thermiquement des produits à recuire (102) dans une première chambre de four (104) pouvant être fermée au moyen d'une interaction thermique des produits à recuire (102) avec un premier gaz de recuit (112) pouvant être chauffé ou refroidi dans la première chambre de four (104) ; 5

provoquer un échange thermique entre le premier gaz de recuit (112) et un fluide de transport (116) au moyen d'un premier échangeur de chaleur (108) disposé dans la première chambre de four (104), sachant que le premier échangeur de chaleur (108) est disposé à l'intérieur d'une section d'enceinte (120) de la première chambre de four (104), laquelle section d'enceinte (120) renferme le premier gaz de recuit (112) à l'intérieur de la première chambre de four (104) et laquelle section d'enceinte (120) se trouve en contact direct avec le premier gaz de recuit (112) ; 10

recevoir et traiter thermiquement des produits à recuire (102) dans une deuxième chambre de four (106) pouvant être fermée au moyen d'une interaction thermique des produits à recuire (102) avec un deuxième gaz de recuit (114) pouvant être chauffé ou refroidi dans la deuxième chambre de four (106) ; 15

provoquer un échange thermique entre le deuxième gaz de recuit (114) et le fluide de transport (116) au moyen d'un deuxième échangeur de chaleur (110) disposé dans la deuxième chambre de four (106), sachant que le deuxième échangeur de chaleur (110) est disposé à l'intérieur d'une section d'enceinte (122) de la deuxième chambre de four (106), laquelle section d'enceinte (122) renferme le deuxième gaz de recuit (114) à l'intérieur de la deuxième chambre de four (106) ; 20

commander un chemin pour fluide de transport fermé, lequel est en liaison active avec le premier échangeur de chaleur (108) et avec le deuxième échangeur de chaleur (110) de telle manière que de l'énergie thermique est transférée entre le premier gaz de recuit (112) et le deuxième gaz de recuit (114) au moyen du fluide de transport (116). 25

30

35

40

45

50

55

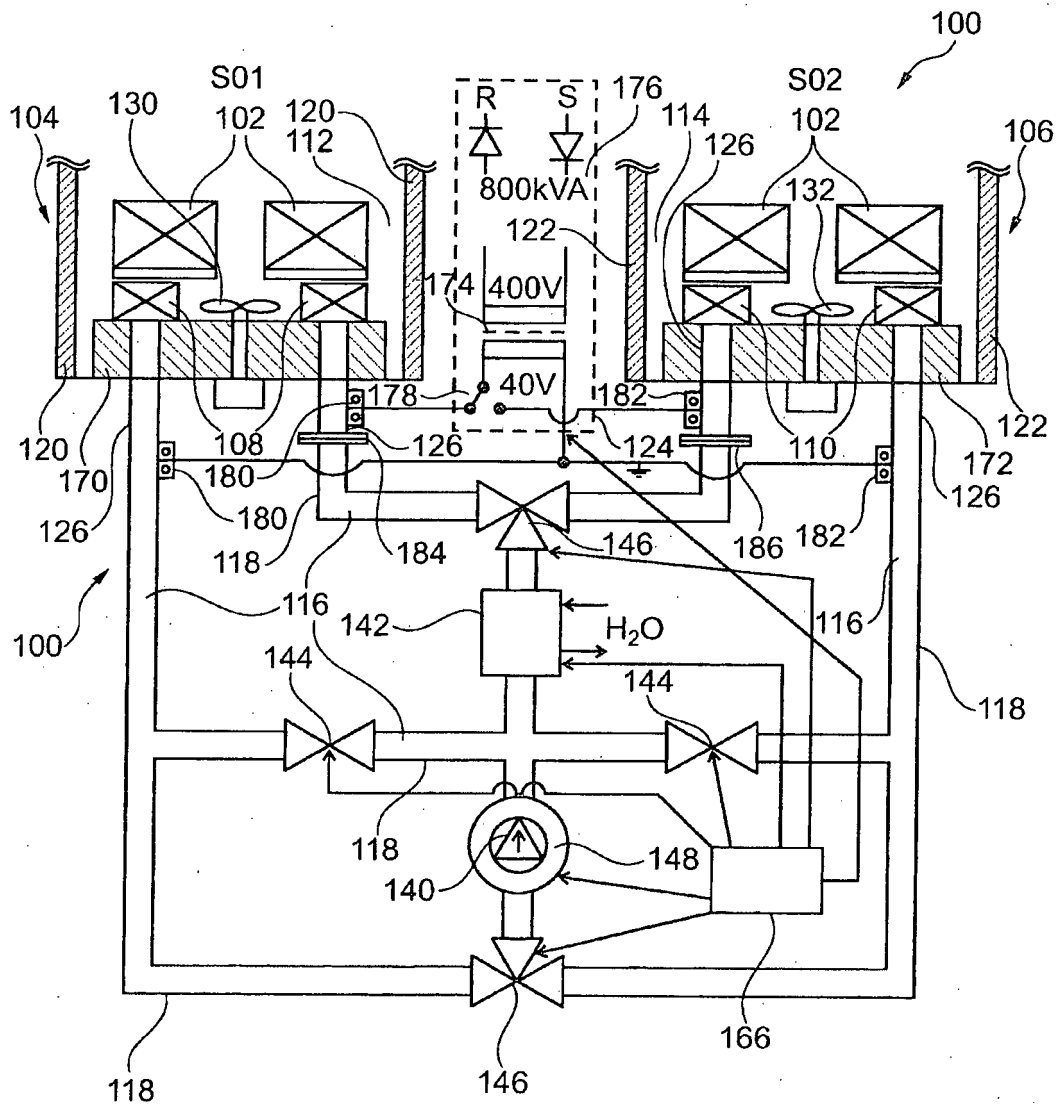


Fig. 1

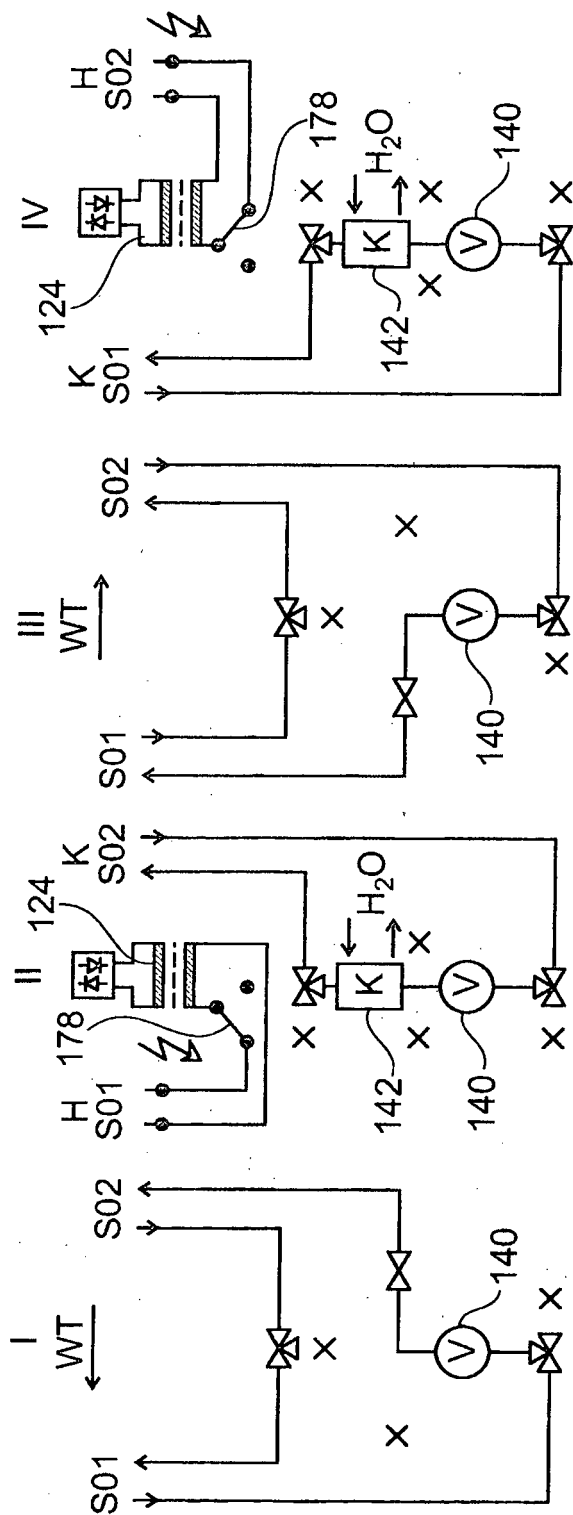


Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4 Fig. 5

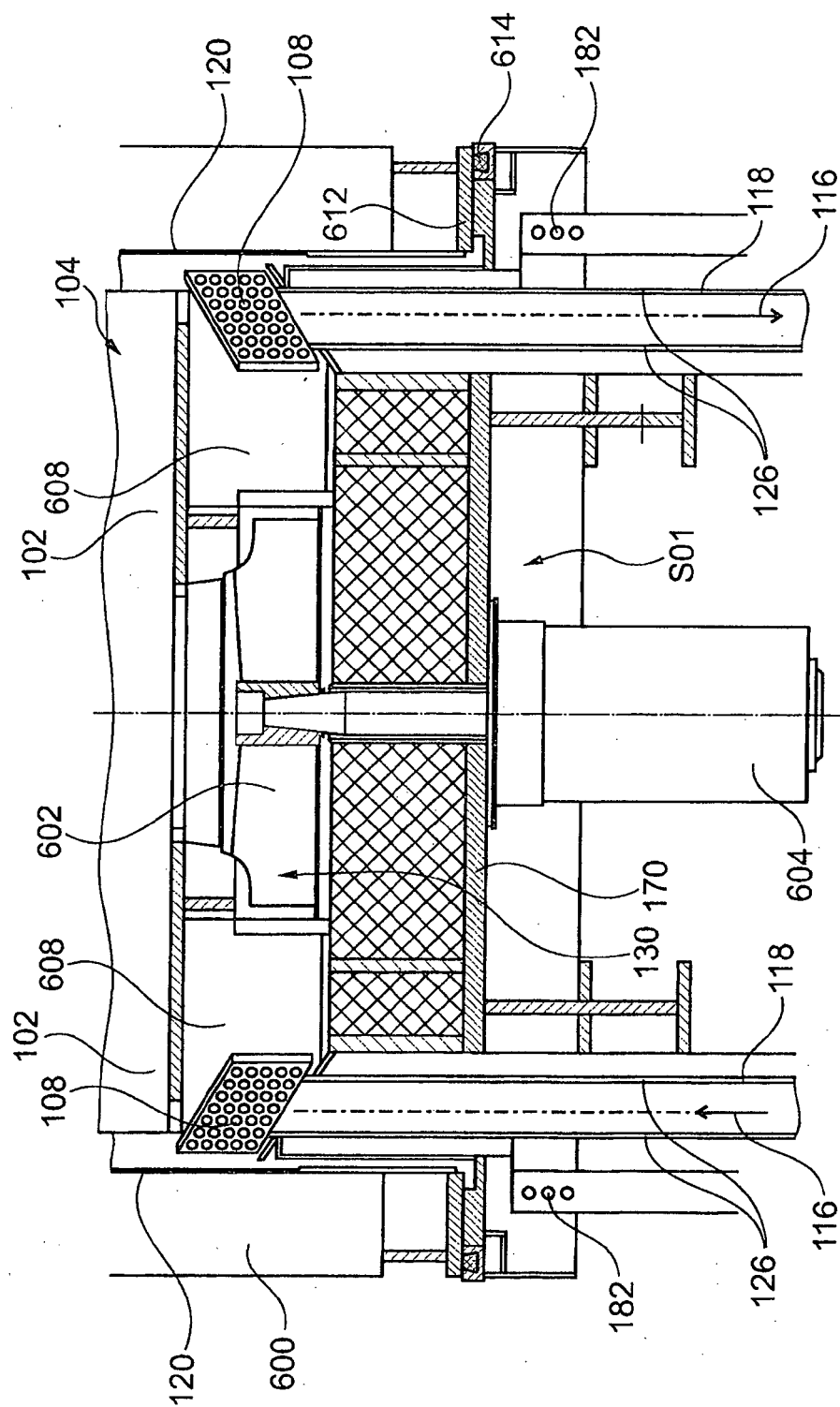


Fig. 6

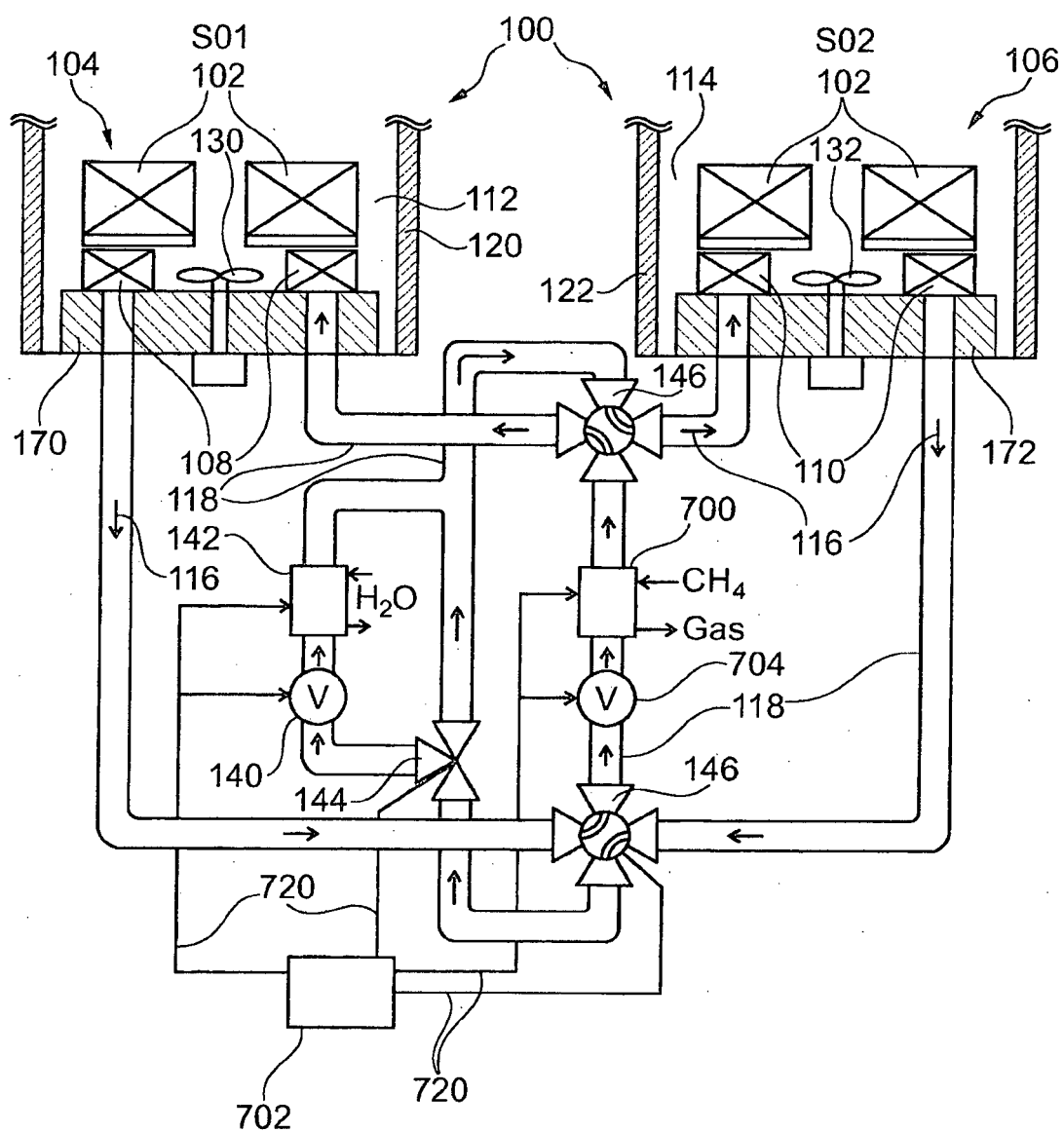
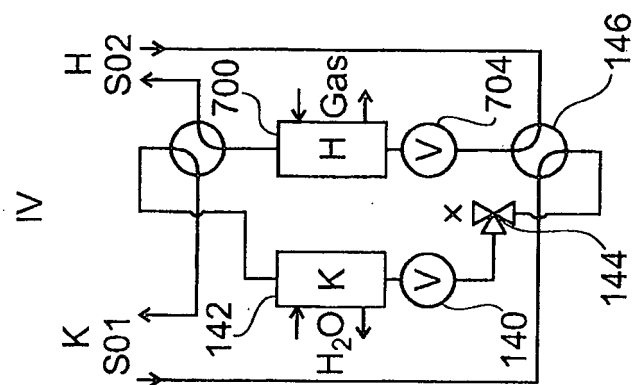
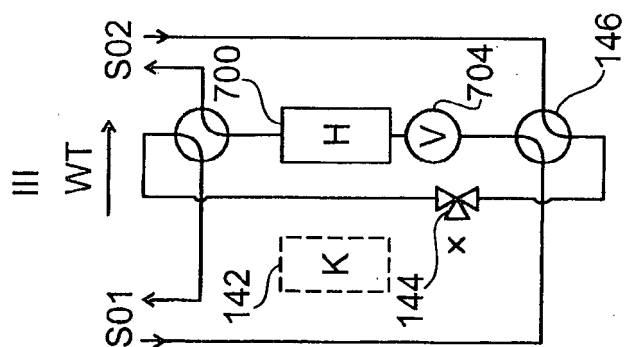
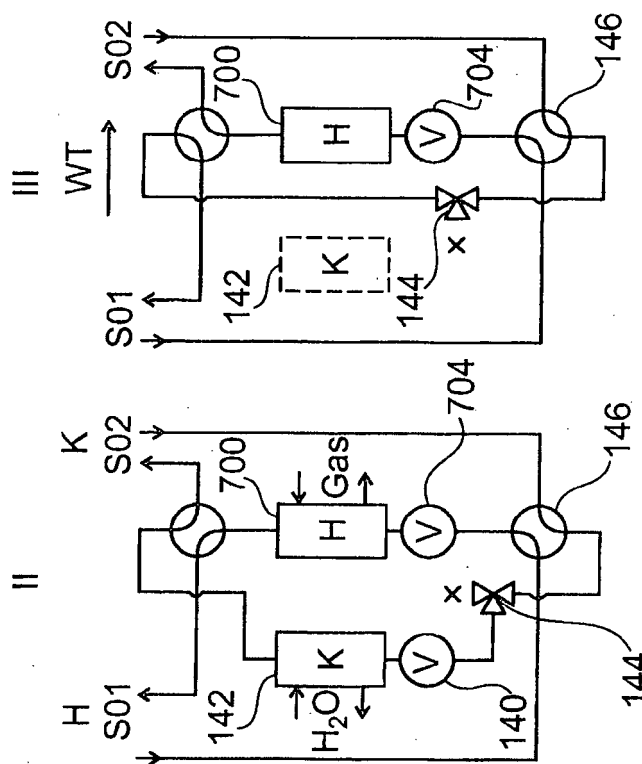
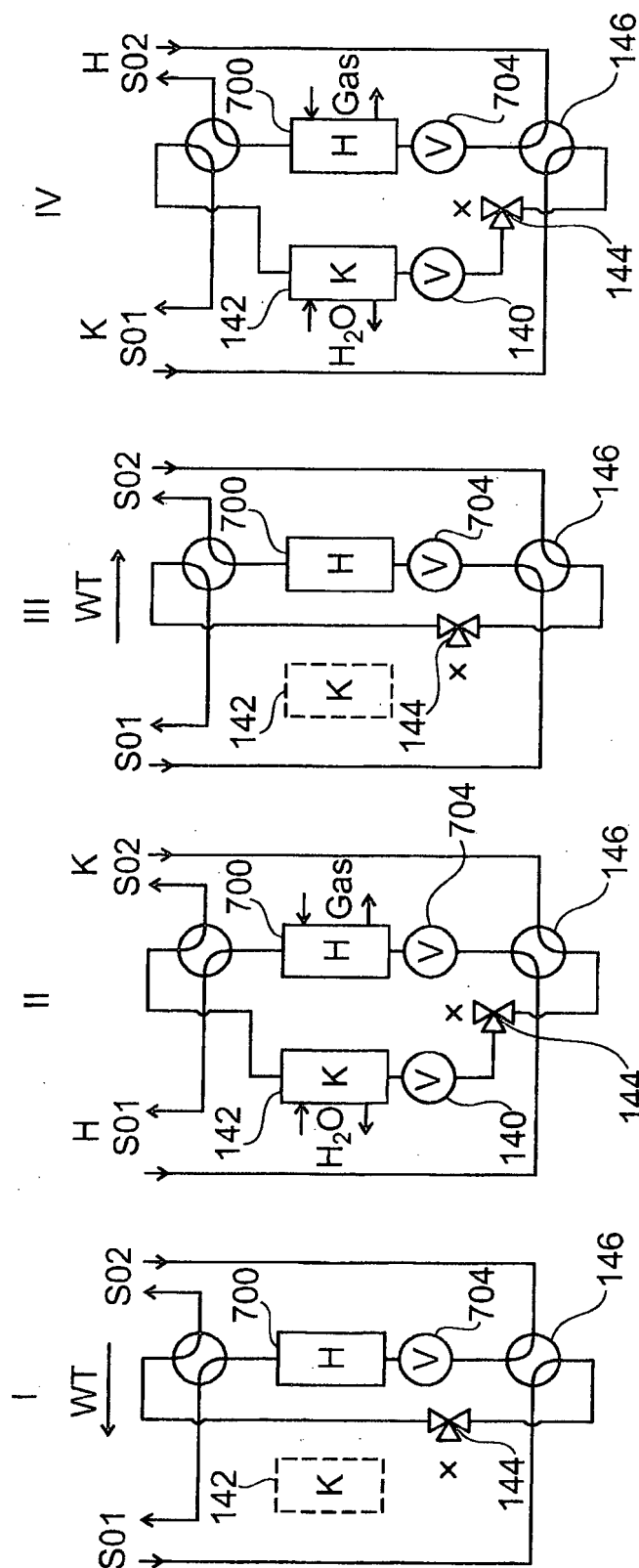


Fig. 7



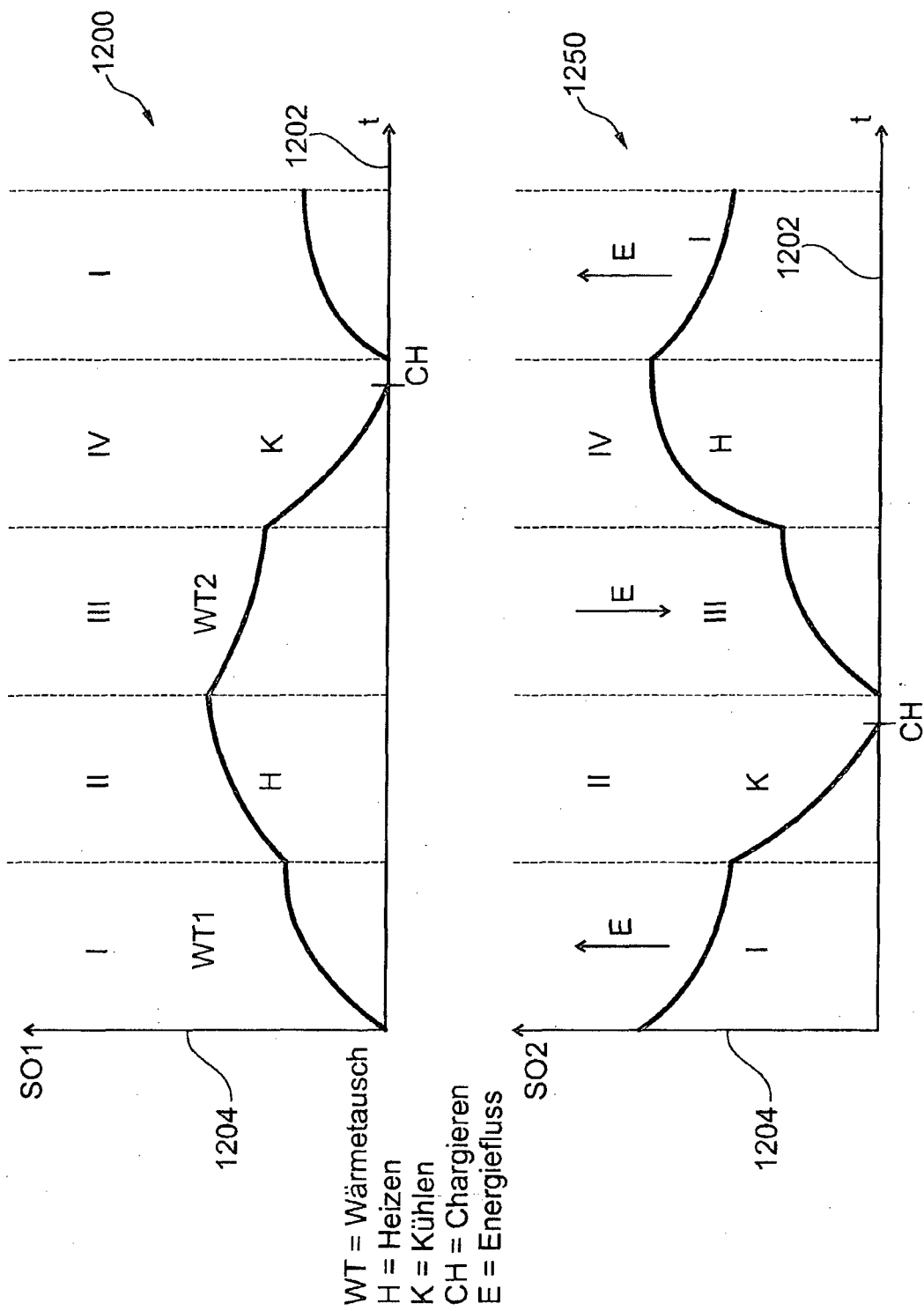


Fig. 12

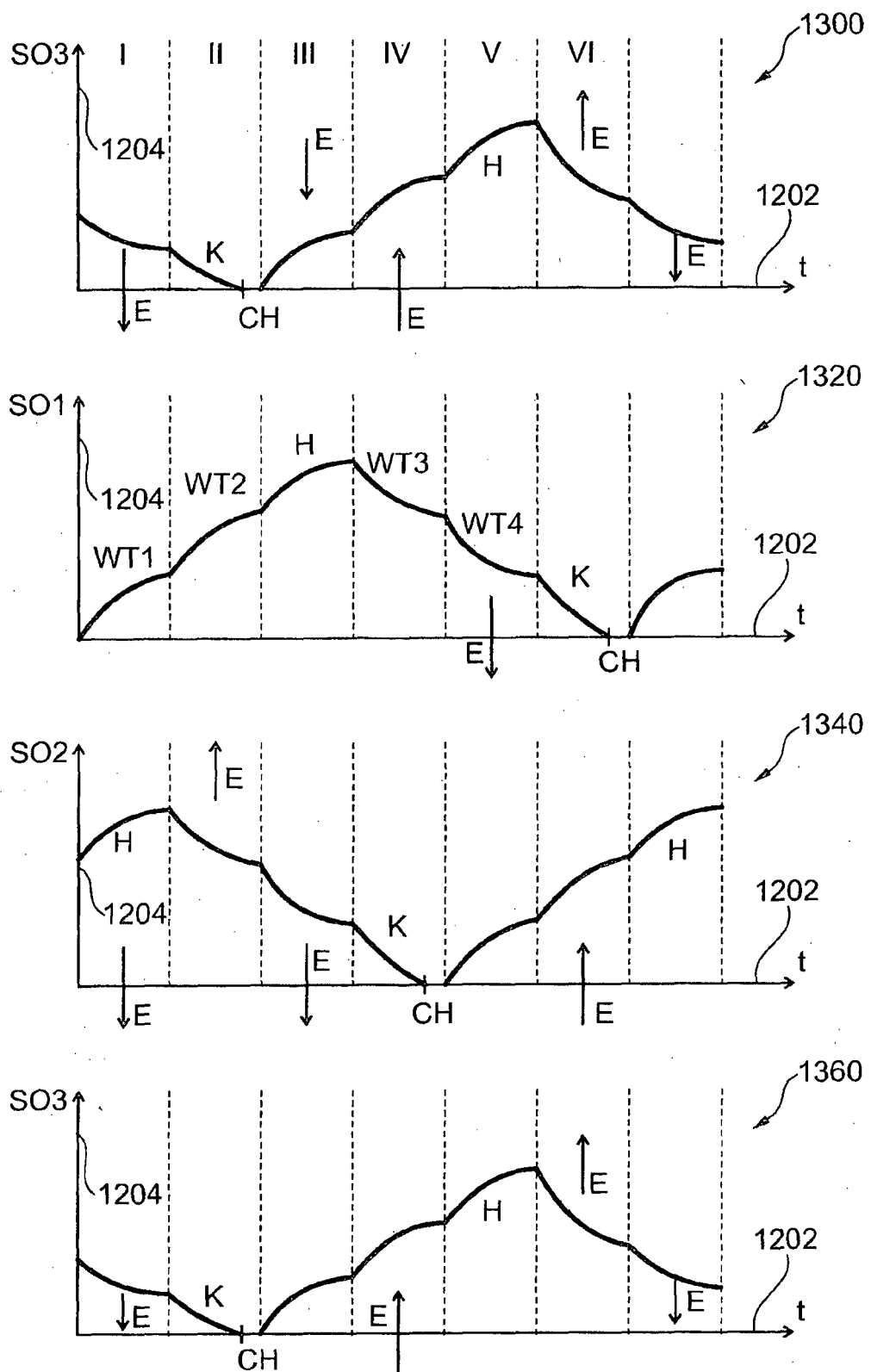


Fig. 13

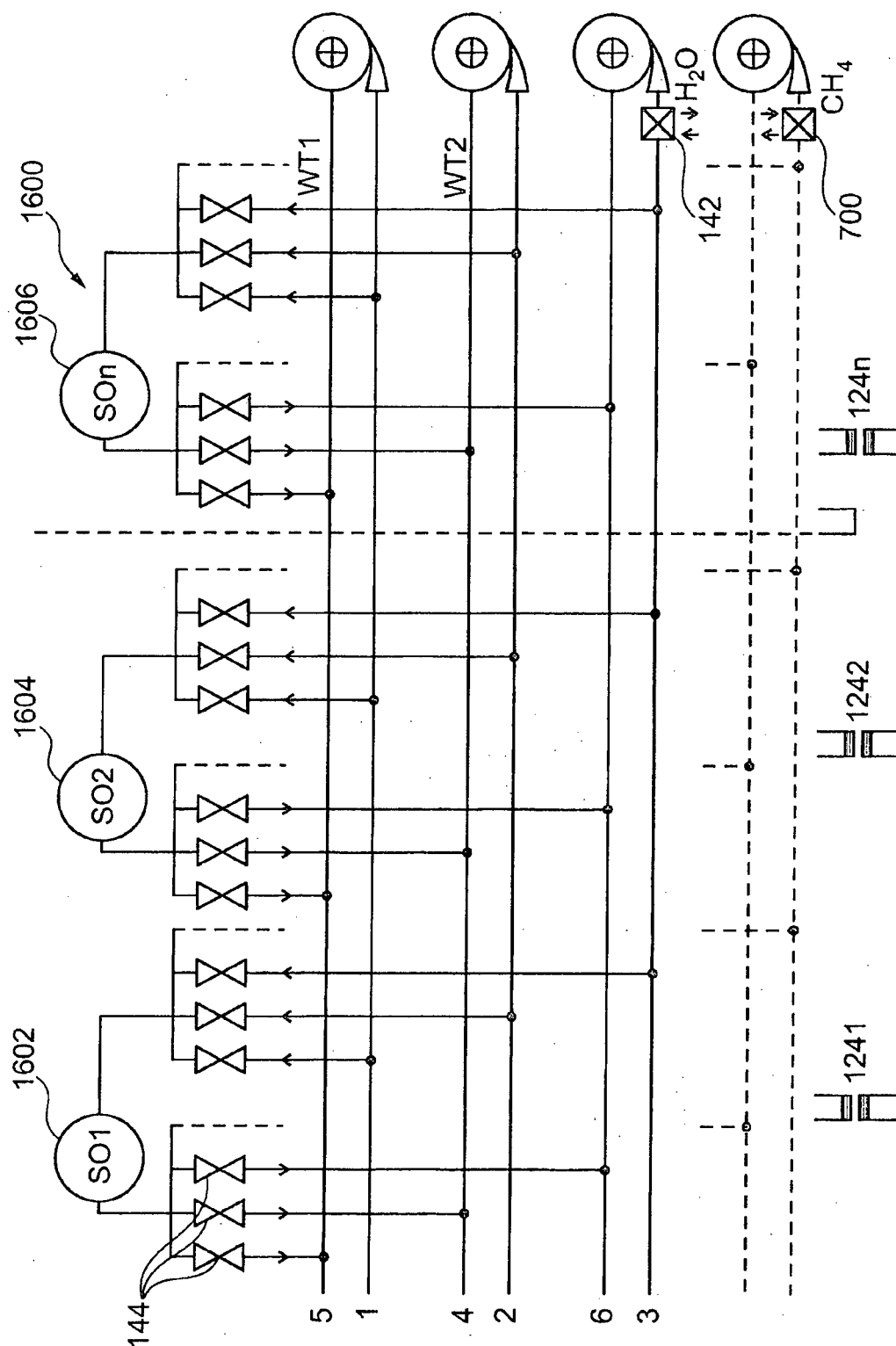


Fig. 14

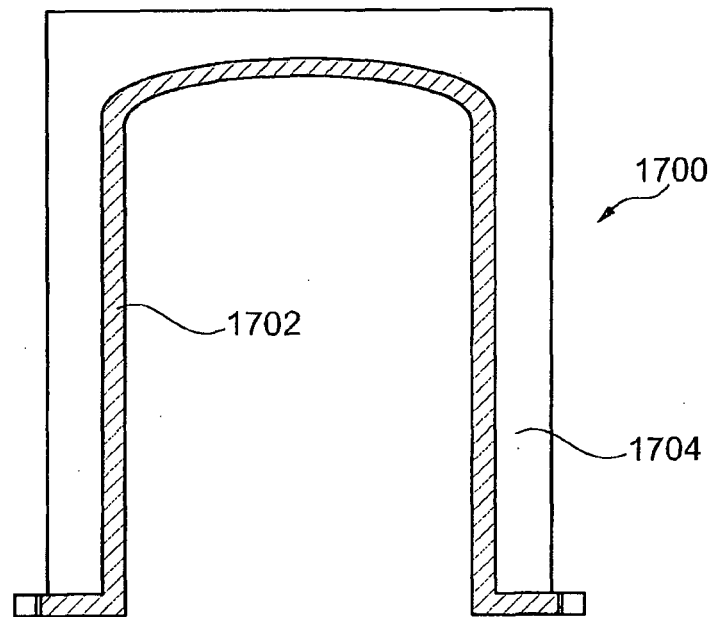


Fig. 15

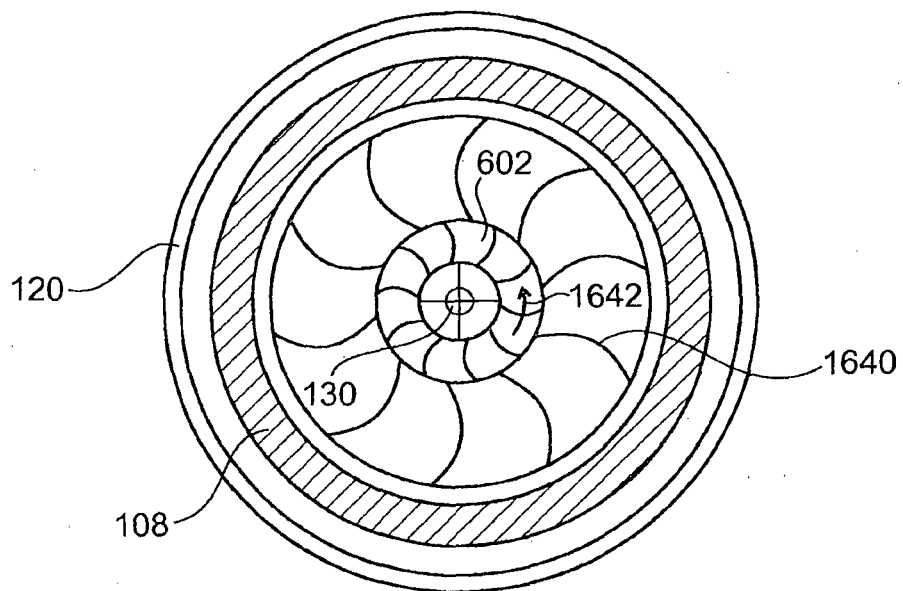


Fig. 16

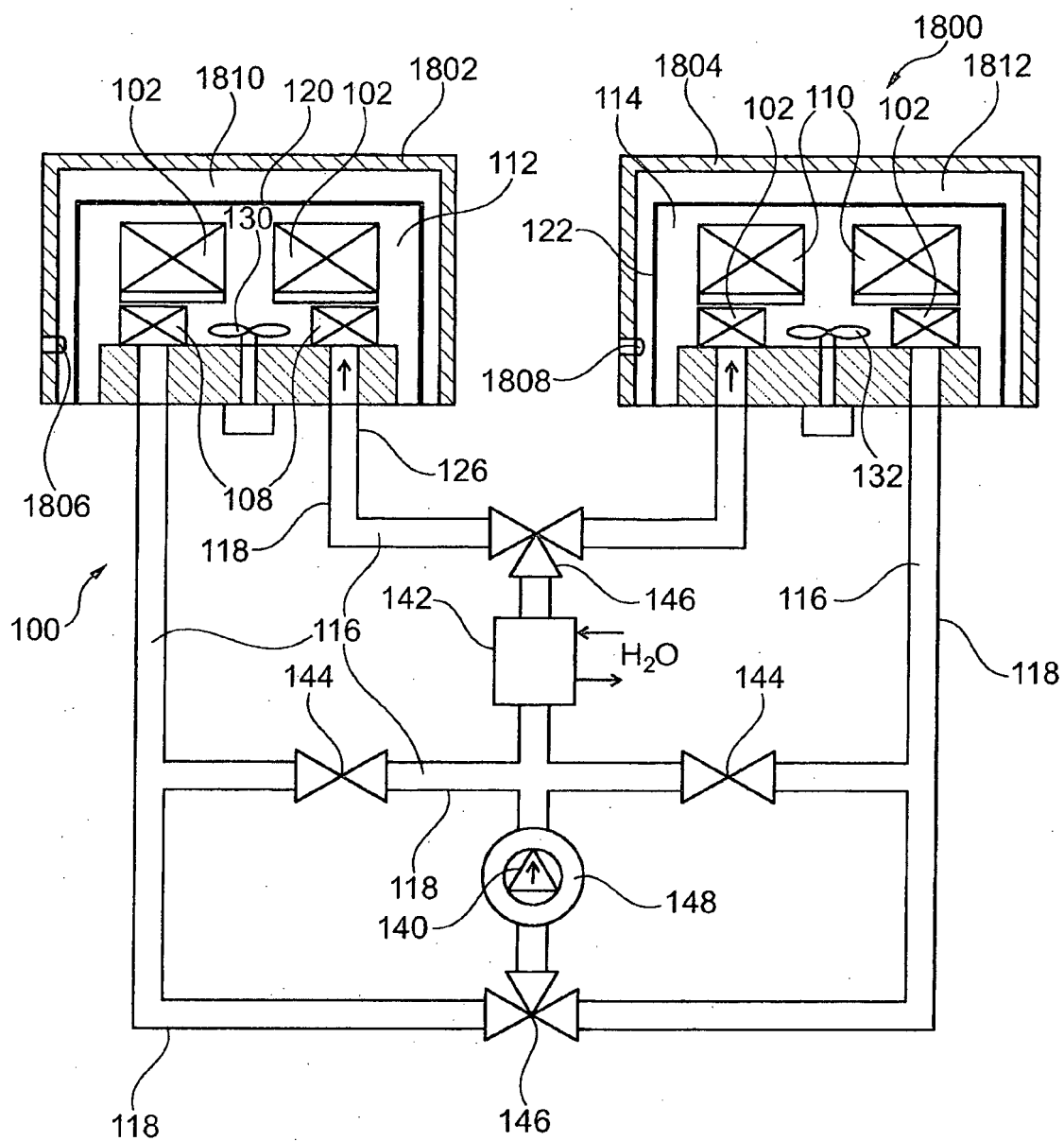


Fig. 17

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

- AT 508776 [0002]
- AT 507423 [0003]
- AT 411904 [0004]
- SU 1740459 A1 [0005]
- US 2479102 A [0006]