

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 823 190 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.07.1999 Patentblatt 1999/30

(21) Anmeldenummer: **96907289.1**

(22) Anmeldetag: **21.03.1996**

(51) Int Cl.⁶: **H05B 6/78**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE96/00536

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 96/34513 (31.10.1996 Gazette 1996/48)

(54) **VERFAHREN, VORRICHTUNG ZUR THERMISCHEN BEHANDLUNG VON STOFFEN IN EINEM
MIKROWELLENOFEN UND VERWENDUNG DIESES VERFAHRENS UND DIESER
VORRICHTUNG**

METHOD AND DEVICE FOR THE HEAT TREATMENT OF MATERIALS IN A MICROWAVE OVEN
AND USE OF THIS METHOD AND THIS DEVICE

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT THERMIQUE DE MATERIAUX DANS UN FOUR A
MICRO-ONDES, ET UTILISATION DE CE PROCEDE ET DE CE DISPOSITIF

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB LU SE

(30) Priorität: **26.04.1995 DE 19515342**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.02.1998 Patentblatt 1998/07

(73) Patentinhaber: **Widia GmbH**
45145 Essen (DE)

(72) Erfinder:
• **WILLERT-PORADA, Monika**
D-44289 Dortmund (DE)

- **GERDES, Thorsten**
44157 Dortmund (DE)
- **RÖDIGER, Klaus**
D-44869 Bochum (DE)

(74) Vertreter: **Vomberg, Friedhelm, Dipl.-Phys.**
Schulstrasse 8
42653 Solingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 136 453 **DE-A- 1 935 681**
DE-A- 4 324 635 **FR-A- 2 548 507**

EP 0 823 190 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Stoffen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

[0003] Die DE 43 24 635 A1 beschreibt Mikrowellen-Kammeröfen, die zur diskontinuierlichen Sinterung von keramischen Körpern für Temperaturen bis etwa 1650°C ausgerüstet ist. Für die kontinuierliche Sinterung sind Tunnelöfen mit konventioneller Beheizung bekannt, die sich jedoch als zeit- und energieaufwendig erweisen. Um hier Abhilfe zu schaffen, wird eine Sintervorrichtung vorgeschlagen, die wenigstens einen feststehenden Sintertisch, auf dem die zu sinternden Körper platzierbar sind, und wenigstens eine Mikrowellenquelle in einer tunnelförmigen fahrbaren Haube aufweist, die mittels einer Antriebseinrichtung über den Sintertisch hinweg bewegbar ist. Die Haube ist aus Metall in selbsttragender Bauweise, z.B. aus Aluminium bestehend, ausgeführt. In einem konkreten Ausführungsbeispiel sind in oder an der Haube mehrere Mikrowellenquellen angeordnet, die mit einer Meß-, Steuer- und Regeleinrichtung zur temperaturgesteuerten Regelung der Mikrowellenleistung und/oder der Haubengeschwindigkeit verbunden sind. Die zu sinternden Keramikkörper können in einer mikrowellentransparenten und wärmedämmten Kassette angeordnet sein, die beispielsweise aus einer Aluminiumoxidfaser besteht.

[0004] Auch die DE 36 43 649 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Erwärmen von polaren, vorzugsweise temperaturempfindlichen Gütern oder hochviskosen Produkten unter gleichzeitiger Anwendung von Mikrowellenenergie und konditionierter Atmosphäre, bei der das zu behandelnde Gut eine hinreichend dimensionierte Resonatorkammer mehr als einmal in wechselnder Richtung durchläuft. Die Förderung des Gutes durch die Vorrichtung kann wahlweise mit Hilfe von Transportbändern, Rinnen, Wendeln oder Rohren ohne oder mit zusätzlicher Vibration erfolgen, wahlweise mit Unter-, Normal- oder Überdruck. Mit einer solchen Vorrichtung soll durch eine Vergrößerung des Resonanzraumes eine gleichmäßigere Feldverteilung geschaffen werden, jedoch verändert jede der Mikrowellenstrahlung ausgesetzte stark koppelnde Probe aus einem Hartmetall, Cermet oder einer Keramik die Feldverteilung unkontrolliert, insbesondere dann, wenn, wie bei einer mit mehreren Förderbändern arbeitenden Vorrichtung nach der DE 36 43 649 A1, die Stücke eine mehr oder weniger zufällig orientierte Lage auf dem nächsten Förderband, auf das sie fallen, einnehmen.

[0005] In der DE 41 36 416 A1 wird eine Vorrichtung zur Mikrowellenbestrahlung von Materialien, insbesondere der Ausgangsstoffe für keramische Materialien, Legierungen etc. mit einer Förderstrecke vorgeschlagen, die zumindest streckenweise durch eine Rinnen- oder Rohranordnung definiert ist, deren Wandungen ein

bestimmtes Mikrowellen-Absorptionsvermögen aufweist. Diese Vorrichtung besitzt einen die Wandung zumindest streckenweise umgebenden Resonator sowie wenigstens einen Generator zum Erzeugen der Mikrowellenstrahlung, wobei die Wandung der Rinnen- oder Rohranordnung über ihre Länge unterschiedliche Mikrowellen-Absorptionseigenschaften aufweist. Zwecks direkter Erwärmung von Materialien mit der Mikrowelle kann zusätzlich eine der Förderstrecke vorgeschaltete Einrichtung vorgesehen sein, mittels welcher den Materialien Zusatzmaterialien mit hohem Mikrowellen-Absorptionsvermögen hinzugefügt werden. Allerdings ist diese Vorrichtung auf die Behandlung von solchen Stoffen beschränkt, die mittels eines Extruders verformbar bzw. mit einer Transportschnecke förderbar sind.

[0006] Die DE 39 26 471 A1 beschreibt ein Verfahren zur Wärmebehandlung von organischen Substanzgemischen, bei dem die Mikrowellenbeaufschlagung innerhalb eines im wesentlichen allseitig reflektiv begrenzten Resonanzraumes durchgeführt wird, in dem eine Moden- und Frequenzaufspaltung der Mikrowelle erfolgt und dessen Hauptabmessungen etwa das Achtfache der auf Nennfrequenz bezogenen Freiraumwellenlänge des Mikrowellenfeldes nicht unterschreiten. Abgesehen davon, daß in dieser Druckschrift die Behandlung von Hartmetallen, cermets und/oder Keramiken erst gar nicht erwähnt wird, wäre der fertigungstechnische und apparative Aufwand zu deren Sinterbehandlung in bezug auf die erreichbaren kleinen Durchsatzmengen unwirtschaftlich.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem eine gleichmäßige Wärmeverteilung bei allen zu erwärmenden Gütern erzielt wird. Das Verfahren soll möglichst kontinuierlich und wirtschaftlich durchführbar sein, wobei eine stufenweise Behandlung der zu behandelnden Körper in verschiedenen Temperaturstufen unter geringstmöglichem konstruktiven Aufwand wirtschaftlich durchführbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

[0009] Erfindungsgemäß ist das Behandlungsgut in einzelnen Kassetten angeordnet, die mit Ausnahme einer für die Mikrowelleneinstrahlung notwendigen Öffnung gleichzeitig den Resonanzraum bilden und die eine Länge, Höhe und/oder Breite von vorzugsweise 6 Wellenlängen bei 2,45 GHz (in einem Medium mit $\epsilon_r=1$ oder im Vakuum) der verwendeten Mikrowellenstrahlung nicht überschreiten. Somit wird ein Multi-Moden-Resonator geschaffen, dessen Größe maximal nur einige Wellenlängen der verwendeten Mikrowellenstrahlung entspricht, derart, daß bezogen auf die eingesetzte Mikrowellenlänge die Bestandteile der Charge als Modenmischer wirken, die zur Vielfachreflexion der Mikrowellen beitragen.

[0010] Die Unterteilung des Sintergutes auf einzelne Kassetten, die zugleich die cavity darstellen, ermöglicht eine Sinterung in einem quasi-kontinuierlichen Prozeß,

der analog zu konventionellen Tunnelöfen geregelt werden kann. Durch die geringe Beladung der Kassetten mit Behandlungsgut (Vorsinterprodukten) bleibt in entsprechendem Maße auch die Feldhomogenität weitgehend erhalten. Während nach dem Stand der Technik die Meinung vorherrschte, daß mit zunehmender Resonatorgröße das Feld vergleichmäßigt werden kann, ist experimentell gezeigt worden, daß die Feldverteilung wesentlich von der Charge beeinflusst wird. Damit wird eine jeweilige Berechnung der Ofenräume erschwert, da jede andersartige Beladung eine andersartige Feldverteilung zur Folge hat.

[0011] Die vorliegende Erfindung geht hin zu kleinen Kassetten, die als Resonator wirken und die im Anspruch 1 definierte Bedingung erfüllen. Eine Reihe von Kassetten kann so unter einer Reihe von Mikrowellenquellen hindurchbewegt werden, wobei die Strahlungsleistung jeder Mikrowellenquelle auf die in der Kassette gewünschte Temperaturhöhe abgestimmbar ist. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, Aufwärm-, Halte- und Abkühl-Phasen nacheinander und nebeneinander durchzuführen.

[0012] Nach einer Weiterentwicklung des Verfahrens werden die einzelnen Kassetten in einer Reihe durch einen mit Magnetrons bestückten Tunnel bewegt, so daß jede Kassette sukzessive von den Magnetrons bestrahlt wird. Dabei ist eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Bewegung der Kassetten bezüglich der Mikrowellenquellen in jeder Richtung möglich.

[0013] Eine weitere Flexibilisierung ist möglich, wenn die Kassetten mindestens eine verschiebbare Seitenwand aufweisen, die vor der thermischen Behandlung auf den Füllgrad des Behandlungsgutes und die eingestrahlte Mikrowellenlänge einjustiert wird. Durch diese Maßnahme kann beispielsweise berücksichtigt werden, daß der Resonanzraum der Chargenmenge angepaßt wird. Die Verschiebung einer Seitenwand bzw. eines entsprechenden Kolbens wird beispielsweise in der EP 0 234 528 A1, Fig. 8, prinzipiell dargestellt und erläutert. Dieses System läßt sich auch bei den hier zu verwendenden Multi-Moden-Kassetten anwenden.

[0014] Die Aufgabe wird ferner durch die in Anspruch 4 beschriebene Vorrichtung gelöst. Diese Vorrichtung ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß im Mikrowellen-Sinterofen mehrere mit Behandlungsgut gefüllte Kassetten angeordnet sind, die mit Ausnahme einer für die Mikrowelleneinstrahlung notwendigen Öffnung im wesentlichen mikrowellenundurchlässige Wände aufweisen, und die ferner abgestimmt auf die Materialart und Beladung eine Länge, Breite und/oder Höhe besitzen, die ohne Beladung zur Ausbildung diskreter Moden führt, wobei die Kassetten eine Länge, Breite und/oder Höhe besitzen, die im unbeladenen Zustand zu gering ist, um bei der verwendeten Mikrowellenfrequenz eine kontinuierliche Energieverteilung zu erzeugen, die im beladenen Zustand aber eine homogene Erwärmung ermöglichen, vorzugsweise 6 Wellenlängen der verwendeten Mikrowellenstrahlung nicht über-

schreitet, wobei die Kassetten jeweils als Mikrowellenresonanzräume ausgebildet sind.

[0015] Weiterentwicklungen der Vorrichtung sind in den Ansprüchen 5 bis 9 beschrieben.

[0016] So ist der Sinterofen als mit feststehenden Mikrowellenquellen ausgestatteter Tunnel ausgebildet, durch den die Kassetten längsbeweglich sind, beispielsweise durch ein im Tunnel zur Aufnahme der Kassetten angeordnetes Förderband. Je nach Temperatur und/oder Sinterofenatmosphäre sind die Kassettenwände aus mikrowellenreflektierendem Material, vorzugsweise Graphit, Stahl, Molybdän, Nickel, Titan, Tantal, Kupfer, Aluminium und/oder deren Legierungen. Wie bereits erwähnt, kann mindestens eine Kassettenwand verschiebbar zu dem Boden angeordnet sein, um den Resonanzraum abzustimmen bzw. zu vergrößern und zu verkleinern.

[0017] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist der Tunnel mehrere Mikrowellenquellen auf, die in einem Abstand angeordnet sind, der etwa der Kassettenlänge entspricht, vorzugsweise diese um die Hohlleiterbreite überschreitet. Bei schubweiser Fortbewegung der Kassettenreihe im Mikrowellentunnel jeweils um eine Kassettenlänge kann somit jede Kassette einer Mikrowellenquelle ausgesetzt werden, so daß jeweils individuelle Strahlungsleistungen und Temperaturen pro Kassette einstellbar sind.

[0018] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung befindet sich seitlich jeder Mikrowellenquelle eine mikrowellenundurchlässige vertikale Abschirmwand im Tunnel, vorzugsweise in einem Abstand, der etwa der Kassettenlänge entspricht. Hierdurch wird gewährleistet, daß die Mikrowellenstrahlung seitlich abgeschirmt wird, also bevorzugt auf die jeweilige aktuelle Kassette unterhalb der Quelle gerichtet ist.

[0019] Im einfachsten Fall sind die Kassetten oben offen oder weisen einen mikrowellendurchlässigen Deckel auf. Diese zweite Ausgestaltung hat den Vorteil, daß die Kassette als nach außen abgeschlossener Raum darstellbar ist.

[0020] Im einfachsten Fall weisen die Kassetten eine rechteckige Form auf, können aber auch - je nach Mikrowellen- und Sinter- bzw. Heiztechnik komplexere Formen aufweisen, z.B. Vielecke, Zylinder etc..

[0021] Um auch die Kassettenatmosphäre individuell einstellen und regeln zu können, besitzt jede Kassette mindestens einen ventilverschließbaren Stutzen, über den Gas zu- oder abführbar ist. Insbesondere lassen sich hiermit Schutzgasatmosphären in der Kassette aufbauen.

[0022] Vorzugsweise sind die Kassetten durch den Tunnel derart förderbar, daß deren obere Kante der Seitenwände mit geringstmöglichem Abstand unter der Unterkante der vertikalen Abschirmwände seitlich der Mikrowellenquellen hindurchführbar ist. Hierdurch wird ein Optimum an Abschirmung gewährleistet, d.h., es wird ausgeschlossen, daß die Mikrowellenfelder zweier benachbarter Quellen überlagert werden.

[0023] Weiterhin vorzugsweise besitzt der Tunnel unterschiedlich stark beheizbare Bereiche, wie sie etwa beim Sintern benötigt werden:

[0024] In einem ersten Temperaturbereich bis 600°C, vorzugsweise von 200°C bis 500°C, können Sinterkörper entwachst werden, wozu entsprechende Absaugvorrichtung vorgesehen sind; der Sinterbereich sollte auf Temperaturen zwischen 400°C und 1800°C, vorzugsweise 600°C bis 1400°C, heizbar sein, der Abkühlbereich kann schwach oder gar nicht geheizt werden, ggf. ist eine Spülung mit einem Schutzgas, Intergas, reaktiven Gas und/oder Gasgemisch vorzusehen.

[0025] Weiterhin können einzelne Zonen des Ofens auch konventionell beheizt werden. Ferner kann sich die Mikrowellenbehandlung des Gutes auch auf einzelne Verfahrensschritte des Prozesses beschränken.

[0026] Das Verfahren und/oder die Vorrichtung sind vorzugsweise auch zur Synthese von Wolframcarbid verwendbar, aber auch für separate Wärmebehandlung allein, wie das Entwachsen von Bauteilen.

[0027] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 und 2 jeweils schematische Seitenansichten einer Reihe von 5 Kassetten in unterschiedlichen Relativstellungen zu den Mikrowellenquellen und

Fig. 3 eine alternative Ausführungsform des Mikrowellen-Tunnelofens.

[0028] Wie aus Fig. 1 und 2 ersichtlich, ist das Sintergut auf einzelne Kassetten 10 verteilt, die in einer Reihe hintereinander angeordnet durch einen Tunnel 11 in Richtung des Pfeiles 12 hindurchführbar sind. In dem Tunnel 11 befinden sich in äquidistantem Abstand Mikrowellenquellen 13 (Magnetrons), unter denen die Reihe von Kassetten hindurchgeführt wird. Die Kassetten sind mit Behandlungsgut, hier vorgepreßten Schneidplatten 14 aus Hartmetall, Cermet oder Keramik bestückt. Die unterschiedlichen Leistungsdichten bzw. Abstrahlleistungen der Mikrowellenquellen 13 sind durch unterschiedliche Schwärzungen kenntlich gemacht. Im vorliegenden Fall strahlt die letzte Quelle 13 mit der stärksten Leistung, so daß das Behandlungsgut 14 in fortschreitender Bewegung von links nach rechts stärker erwärmt wird.

[0029] In Fig. 2 ist dieselbe Reihe von 5 Kassetten nach einem gewissen Vorschub dargestellt. Bei der in Fig. 2 dargestellten Stellung befindet sich jede Mikrowellenquelle 13 zentral über der betreffenden Kassette 10. Die Kassetten sind zu den Mikrowellenquellen 13 hin elektrisch leitend mit der Tunnelwand verbunden, vorzugsweise durch Schleifkontakte.

[0030] Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante sind zusätzlich Abschirmwände 15 vorgesehen, deren Unterkante knapp über der Oberkante der Seitenwände 16 endet. Hierdurch wird gewährleistet, daß die

Kassetten 10 in einer zentrierten Stellung unterhalb des jeweiligen Magnetrons 13 ausschließlich mit dessen Strahlung beaufschlagt werden. In dieser Position sind Feldüberlagerungen, die durch Mikrowellenstrahlung benachbarter Quellen verursacht werden, ausgeschlossen, in allen anderen Positionen sind sie möglich.

[0031] Die Kassetten 10 können entweder nach oben offen sein oder einen mikrowellendurchlässigen Deckel aufweisen. Die Seitenwände 16 und der Boden bestehen aus mikrowellenundurchlässigem Material. Durch diese Maßnahme, d.h., die Unterteilung des Sintergutes auf kleine Kassetten, die zugleich die sogenannte Cavity darstellen, wird die Sinterung in einem quasi-kontinuierlichen Prozeß ermöglicht, der analog zu konventionellen Tunnelöfen regelbar ist. Die Abmessungen der Sinterkästen sind auf die eingestrahlte Mikrowelle abgestimmt, wobei durch eine gleichmäßige Beladung eine optimale Feldhomogenität gewährleistet wird. Diese Feldhomogenität ist unabhängig von Durchsatz, da dieser durch die Fördergeschwindigkeit der Kassetten 10 bestimmt wird. Durch Segmentierung des Tunnels in baugleiche Teilstücke, die jeweils abgeschlossene Resonatoren mit separaten Mikrowellenquellen 13 darstellen, kann die Flexibilität des Prozesses erhöht werden. So ist es möglich, verschiedene Temperaturbereich ebenso einzustellen wie das Aufheizen und das Abkühlen aufgrund der geringeren Sinterereinheiten zu beschleunigen. Hiermit kann der Vorteil ausgenutzt werden, den gesamten Sinterzyklus in ca. 2 Stunden ablaufen zu lassen. Längere Abkühlzeiten, wie sie bei größeren Chargen in herkömmlichen Mikrowellenöfen anfallen, entfallen vollständig.

[0032] Zum Entwachsen von Bauteilen werden mehrere Kassetten 10, einlagig beladen mit einer Charge von wachshaltigen Hartmetall-Wendeschneidplatten, mit einem Abstand von jeweils 3 mm zueinander, mit einer Geschwindigkeit von $<20 \text{ cmMin}^{-1}$ durch den mit Mikrowellen der Frequenz 2,45 GHz und mit zunehmender Leistungsdichte beaufschlagten Tunnel gefahren. Die dabei erreichte Maximaltemperatur beträgt 500°C. Das verdampfende Wachs wird durch in der Tunneldecke befindliche Öffnungen kontinuierlich abgesaugt. Die auf diese Weise entwachsenen Proben werden anschließend wahlweise einem konventionell oder mittels Mikrowellen beheizten Sinterofen zugeführt.

[0033] Zur Wärmebehandlung von Wolfram-Kohlenstoff-Preßkörpern hoher Porosität werden mehrere Graphit-Kassetten 10 der Abmessungen $50 \times 50 \times 30 \text{ cm}^3$, beladen mit jeweils mehreren Preßtabletten hoher Porosität, die aus einem innigen Gemisch von Wolfram- und Kohlenstoffpulver bestehen, mit einer Geschwindigkeit von $<10 \text{ cmMin}^{-1}$ durch den mit Mikrowellen der Frequenz 2,45 GHz und mit variabler Leistungsdichte beaufschlagten Tunnel gefahren. Dabei wird durch Mikrowellendissipation, bei Temperaturen zwischen 1000 bis 1800°C das Gemisch zu Wolframcarbidpulver umgesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Behandlung von beliebigen Stoffen in einem Mikrowellenofen, insbesondere von Pulvern, Hartmetallen, Cermets und/oder Keramiken, bei dem das Behandlungsgut (14) relativ zu einer oder mehreren Mikrowellenquellen (13) bewegt wird,
dadurch gekennzeichnet,
 daß das Behandlungsgut (14) in einzelnen Kassetten (10) angeordnet und bewegt wird, die mit Ausnahme einer für die Mikrowelleneinstrahlung notwendigen Öffnung aus mikrowellenundurchlässigem Material bestehen und gleichzeitig den Resonanzraum bilden, dessen Länge, Höhe und/oder Breite im unbeladenen Zustand zu gering ist, um bei der verwendeten Mikrowellenfrequenz eine kontinuierliche Energieverteilung zu erzeugen, die im beladenen Zustand aber eine homogene Erwärmung ermöglichen, wobei vorzugsweise dessen Länge, Höhe und/oder Breite 6 Wellenlängen der verwendeten Mikrowellenstrahlung nicht überschreiten.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Kassetten (10) in einer Reihe durch einen mit Magnetrons (13) bestückten Tunnel (11) bewegt werden, vorzugsweise kontinuierlich und/oder diskontinuierlich relativ zu den Mikrowellenquellen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kassetten (10) durch Veränderung ihrer Geometrie und Größe, vorzugsweise durch Verschiebung mindestens einer Kassettenwand vor der thermischen Behandlung auf den Füllgrad und die Art des Behandlungsgutes (14) und die eingestrahlte Mikrowellenlänge einjustiert werden.
4. Vorrichtung zur thermischen Behandlung von Hartmetallen, Cermets und/oder Keramiken, mit einem Mikrowellen-Sinterofen, zu dessen Mikrowellenquellen (13) das Behandlungsgut (14) relativ bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß im Mikrowellen-Sinterofen mehrere mit Behandlungsgut (14) gefüllte Kassetten (10) angeordnet sind, die mit Ausnahme einer für die Mikrowelleneinstrahlung notwendigen Öffnung im wesentlichen mikrowellenundurchlässige Wände (16) aufweisen und ferner eine Länge, Breite und/oder Höhe besitzen, die im unbehandelten Zustand zu gering ist, um bei der verwendeten Mikrowellenfrequenz eine kontinuierliche Energieverteilung zu erzeugen, die im beladenen Zustand aber eine homogene Erwärmung ermöglichen, vorzugsweise 6 Wellenlängen der verwendeten Mikrowellenstrahlung nicht überschreitet, wobei die Kassetten (10) jeweils als Mikrowellenresonanzräume ausgebildet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrowellen-Sinterofen als mit feststehenden Mikrowellenquellen (13) ausgestatteter Tunnel (11) ausgebildet ist, durch den die Kassetten (10) längsbeweglich sind, wobei vorzugsweise im Tunnel ein Förderband zur Aufnahme der Kassetten (10) angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kassettenwände (16) aus Graphit, Stahl bzw. aus Molybdän, Nickel, Titan, Tantal, Kupfer, Aluminium und/oder deren Legierungen bestehen und/oder mindestens eine Kassettenwand (16) zur Veränderung der Größe und/oder Geometrie der Kassette verschiebbar ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Tunnel (11) mehrere Mikrowellenquellen (13) aufweist, die in einem Abstand angeordnet sind, der etwa der Länge der Kassetten (10) entspricht, vorzugsweise diese um die Hohlleiterbreite überschreitet, wobei vorzugsweise seitlich jeder Mikrowellenquelle (13) mikrowellenundurchlässige vertikale Abschirmwände (15) im Tunnel (11) vorgesehen sind, vorzugsweise in einem Abstand, der etwa der Kassettenlänge entspricht.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kassetten (10) oben offen sind oder einen mikrowellendurchlässigen Deckel aufweisen und/oder daß jede Kassette (10) mindestens einen ventilverschließbaren Stutzen zur Einstellung einer beliebigen Druck- und/oder Gasatmosphäre im Kassetteninneren aufweist, wobei vorzugsweise die Kassetten (10) durch den Tunnel (11) derart förderbar sind, daß deren obere Kante der Seitenwände (16) mit geringstmöglichem Abstand unter der Unterkante der vertikalen Abschirmwände (15) hindurchführbar ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Tunnel (11) unterschiedlich stark beheizbare Bereiche, vorzugsweise einen Temperaturbereich bis 600°C zum Entwaschen mit Absaugung, einen Sinterbereich zwischen 600°C und 1400°C und einen Abkühlbereich, der weiterhin vorzugsweise mit einem Schutzgas wie N₂ oder einem Inertgas spülbar ist.
10. Verwendung des in den Ansprüchen 1 bis 3 beschriebenen Verfahren und/oder der Vorrichtung nach Ansprüchen 4 bis 9 zur Synthese von Wolframcarbid.

Claims

1. Method for the heat treatment of materials in a microwave oven, particularly of powders, hard metals, cermets and/or ceramic, wherein the goods (14) to be treated are moved relatively to one or more microwave sources (13),

characterized in that

the treatment goods (14) are arranged and moved in individual cassettes (10), which with the exception of an opening necessary for the microwave irradiation are made of a microwave impermeable material and simultaneously form the resonance chamber, whose length, height and/or width are too small in the uncharged state to generate a continuous energy distribution at the used microwave frequency, but which in the charged state permit a homogenous heating, whereby preferably their length, height and/or width do not exceed 6 wave lengths of the used microwave radiation.

2. Method according to claim 1, characterized in that the individual cassettes (10) are moved in one row through a tunnel (11) equipped with magnetrons (13), preferably continuously and/or discontinuously relatively to the microwave sources.

3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the cassettes (10) are adjusted to the heat treatment to the filling degree and the type of goods (14) to be treated and the irradiated microwave length, by changing their geometry and size, preferably by providing at least one slidable cassette wall.

4. Device for the heat treatment of hard metals, cermets and/or ceramics, with a microwave sintering oven wherein the goods (14) to be treated can be moved in relation to the microwave sources (13), characterized in that the microwave sintering oven several cassettes (10) filled with treatment goods (14) are arranged, which with the exception of an opening necessary for the microwave irradiation, have essentially microwave-impermeable walls (16), and further have a length, width and/or height which in the uncharged state are too small to generate a continuous energy distribution at the used microwave frequency, but which in the charged state make possible a homogenous heating and preferably do not exceed 6 wave lengths of the used microwave radiation, whereby each cassette (10) constitutes a microwave resonance chamber.

5. Device according to claim 4, characterized in that the microwave sintering oven is built as a tunnel (11) equipped with stationary microwave sources (13), through which the cassettes (10) are longitudinally movable, whereby preferably in the tunnel a conveyor belt for receiving the cassettes (10) is provided.

veyor belt for receiving the cassettes (10) is provided.

6. Device according to one of the claims 4 and 5, characterized in that the cassette walls (16) consist of graphite, steel, respectively of molybdenum, nickel, titanium, tantal, copper, aluminum and/or alloys thereof and/or at least one cassette wall (16) is slidable for the purpose of changing the size and/or geometry of the cassette.

7. Device according to one of claims 5 and 6, characterized in that the tunnel (11) has several microwave sources (13), arranged at a distance roughly corresponding to the length of the cassettes (10), preferably slightly exceeding the length of the cassettes (10) by the width of the waveguide, whereby preferably in the tunnel microwave-impermeable vertical shielding walls (15) are arranged laterally of each microwave source (13), preferably at intervals which roughly correspond to the cassette length.

8. Device according to one of claims 4 to 7, characterized in that the cassettes (10) are open at the top or have a microwave-permeable lid and/or that each cassette (10) has at least one connection piece closable by a valve for setting up a certain pressure and/or gas atmosphere inside the cassettes, whereby preferably the cassettes (10) can be conveyed through the tunnel (11) in such a way that the upper edge of their lateral walls (16) can pass underneath the lower edge of the vertical shielding walls (15) at a minimal distance.

9. Device according to one of claims 4 to 8, characterized in that the tunnel (11) has sections which can be differently heated, preferably one temperature zone up to 600°C for dewaxing with suction, a sintering zone between 600°C and 1400°C and a cooling zone, which can be further rinsed preferably with a protective gas such as N₂ or an inert gas.

10. Use of the method defined in claims 1 to 3, and/or the device according to claim 4 to 9 for the synthesis of tungsten carbide.

Revendications

1. Procédé de traitement thermique de matières quelconques dans un four à micro-ondes, en particulier de poudres, métaux durs, cermets et/ou de céramiques, dans le cas duquel le bien à traiter (14) est déplacé relativement à une ou plusieurs sources à micro-ondes (13),

caractérisé par le fait

que le bien à traiter (14) est disposé et déplacé dans des cassettes (10) individuelles qui, à l'exception

d'une ouverture nécessaire à l'irradiation de micro-ondes, se composent d'une matière imperméable aux micro-ondes et forment en même temps l'espace de résonance dont la longueur, la hauteur et/ou la largeur est trop faible en état non chargé afin de générer, à la fréquence utilisée de micro-ondes, une distribution continue d'énergie, mais qui, en état chargé, permettent un échauffement homogène, de préférence sa longueur, hauteur et/ou largeur ne dépassant pas 6 longueurs d'onde du rayonnement utilisé de micro-ondes.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les cassettes (10) individuelles sont déplacées en ligne à travers un tunnel (11) muni de magnétons (13), de préférence de manière continue et/ou discontinue relativement aux sources à micro-ondes.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que, avant le traitement thermique, les cassettes (10) sont ajustées au degré de remplissage et au type du bien à traiter (14) ainsi qu'à la longueur des micro-ondes irradiées, par un changement de leur géométrie et leur grandeur, de préférence par un déplacement d'une paroi de cassette du moins.

4. Dispositif pour le traitement thermique de métaux durs, de cermets et/ou de céramiques, comprenant un four de frittage à micro-ondes dans lequel le bien à traiter (14) peut être déplacé relativement aux sources à micro-ondes (13), caractérisé par le fait que plusieurs cassettes (10) remplies de biens à traiter (14) sont disposées dans le four de frittage à micro-ondes, qui, à l'exception d'une ouverture nécessaire à l'irradiation de micro-ondes, présentent des parois (16) pour l'essentiel imperméables aux micro-ondes et possèdent en sus une longueur, une largeur et/ou une hauteur qui, en état non chargé, est trop faible pour générer, à la fréquence utilisée de micro-ondes, une distribution continue d'énergie, mais qui, en état chargé, permettent un échauffement homogène, de préférence ne dépassent pas 6 longueurs d'onde du rayonnement utilisé de micro-ondes, les cassettes (10) étant formées respectivement comme espaces de résonance de micro-ondes.

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé par le fait que le four de frittage à micro-ondes est réalisé en tant que tunnel (11) muni de sources fixes à micro-ondes (13), au travers duquel les cassettes peuvent être déplacées de manière longitudinale, de préférence le tunnel présente une courroie de transport destinée à recevoir les cassettes (10).

6. Dispositif selon l'une des revendications 4 et 5, ca-

ractérisé par le fait que les parois (16) des cassettes se composent de graphite, d'acier ou bien de molybdène, nickel, titane, tantale, cuivre, aluminium et/ou d'alliages de ceux-ci et/ou que l'une du moins des parois (16) de la cassette peut être déplacée pour changer la grandeur et/ou la géométrie de la cassette.

7. Dispositif selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisé par le fait que le tunnel (11) présente plusieurs sources à micro-ondes (13) qui sont disposées à une distance qui correspond à peu près à la longueur des cassettes (10), de préférence dépasse celle-ci de la largeur du guide d'ondes, de préférence des parois de blindage (15) verticales imperméables aux micro-ondes étant prévues dans le tunnel (11) latéralement de chaque source à micro-ondes (13), de préférence à une distance qui correspond à peu près à la longueur de la cassette.

8. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé par le fait que les cassettes (10) sont ouvertes en haut ou présentent un couvercle perméable aux micro-ondes et/ou que chaque cassette (10) présente du moins une tubulure qui peut être fermée par une soupape pour régler une atmosphère quelconque de pression et/ou de gaz à l'intérieur de la cassette, de préférence les cassettes (10) pouvant être convoyées à travers le tunnel (11) de telle manière que le bord supérieur de leurs parois latérales (16) peut passer à une distance aussi faible que possible au-dessous du bord inférieur des parois verticales de blindage (15).

9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé par le fait que le tunnel (11) présente des zones qui peuvent être chauffées différemment, de préférence une zone de température avec une température allant jusqu'à 600°C pour le décirage avec aspiration, une zone de frittage avec une température entre 600°C et 1400°C et une zone de refroidissement qui, en outre de préférence, peut être rincée avec un gaz protecteur tel que N₂ ou avec un gaz inerte.

10. Utilisation du procédé décrit dans les revendications 1 à 3 et/ou du dispositif selon les revendications 4 à 9 pour la synthèse de carbure de tungstène.

FIG. 1

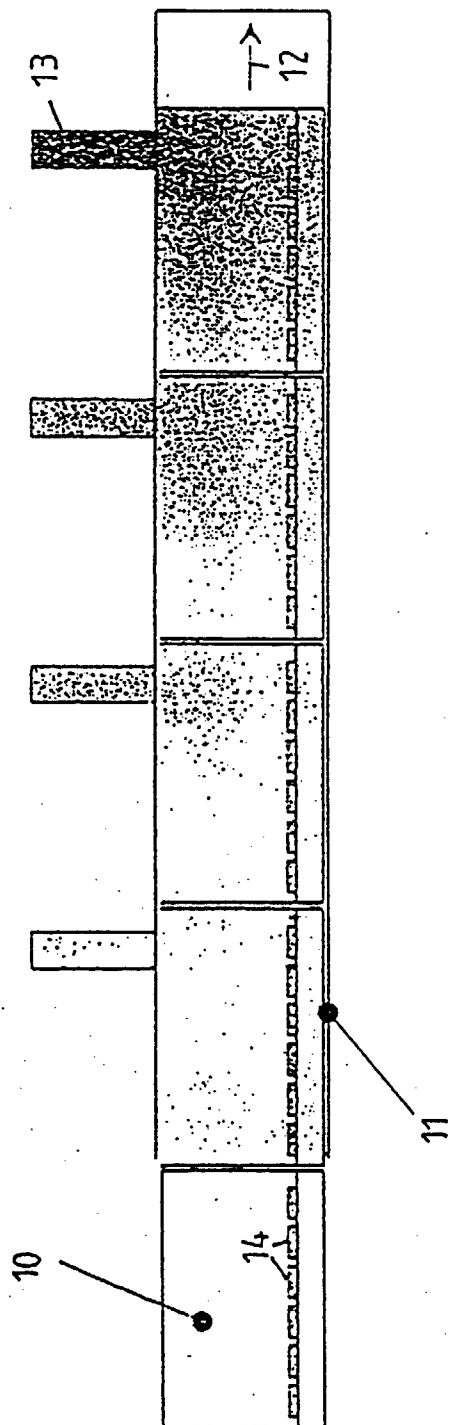


FIG. 2

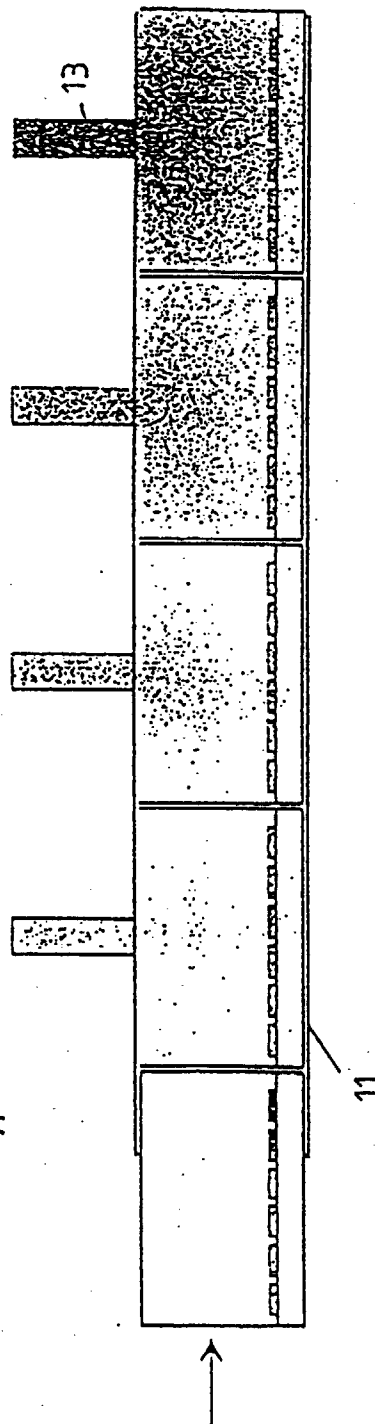


FIG. 3

