



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 036 615 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.05.2005 Patentblatt 2005/21

(51) Int Cl.7: **B22F 3/11, F27B 9/06, B22F 3/105**

(21) Anmeldenummer: **00105235.6**

(22) Anmeldetag: **13.03.2000**

(54) **Verfahren zum Aufschäumen eines metallischen Werkstoffes**

Process for foaming metallic articles

Procédé pour le moussage d'articles métalliques

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(30) Priorität: **13.03.1999 DE 19911228**
15.11.1999 DE 19954755

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.09.2000 Patentblatt 2000/38

(73) Patentinhaber: **SCHUNK SINTERMETALL GMBH D-35452 Heuchelheim (DE)**

(72) Erfinder:
• **Rother, Bernd**
01277 Dresden (DE)
• **Mucha, Andreas**
01728 Bannewitz (DE)

• **Siegert, Lothar**
01809 Maxen (DE)
• **Baumgärtner, Frank**
35435 Wettenberg (DE)

(74) Vertreter:
Stoffregen, Hans-Herbert, Dr. Dipl.-Phys.
Patentanwalt,
Friedrich-Ebert-Anlage 11b
63450 Hanau (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 726 127 **AT-B- 406 558**
DE-A- 4 413 423 **DE-A- 19 734 394**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 174 (M-096), 10. November 1981 (1981-11-10) & JP 56 099683 A (MARUZEN KK), 11. August 1981 (1981-08-11)**

EP 1 036 615 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 bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufschäumen eines aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabsplattendem Treibmittelpulver bestehenden Presslings, der gegebenenfalls mit zumindest einer Deckschicht verbunden wird, wobei der Pressling in einen Raum angeordnet und zu dessen Aufschäumen erwärmt wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer Vorrichtung zum Aufschäumen eines Presslings.

[0002] Aus der DE 44 26 627 C2 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von metallischen Verbundwerkstoffen aus einer oder mehreren Deckschichten aus massivem Material und aus einem zwischen diesen befindlichen Kern bekannt, der durch Verdichten einer Mischung aus mindestens einem Metallpulver und mindestens einem gasabsplattendem Treibmittelpulver gebildet ist. Ein so gebildeter Verbund wird sodann in einen Kammerofen bei einer Temperatur von 850 °C eingebracht. Bei dieser Temperatur schäumt der Pressling in erforderlichem Umfang auf, ohne dass die Deckschichten schmelzen.

[0003] Das Erwärmen erfolgt demzufolge durch Wärmeübertragung derart, dass zunächst über den Ofen über ein Schaumwerkzeug indirekt die Wärme auf den Pressling übertragen wird. Ein solches Verfahren ist energetisch ungünstig und führt häufig zu einer Überhitzung des Schaumes, so dass die hergestellten Verbundwerkstoffe nicht die erforderliche Güte aufweisen. Ferner ist es kaum möglich, in das Halbzeug gezielt Wärme derart einzuleiten, dass reproduzierbar Bereiche des Presslings unterschiedlich aufgeschäumt werden.

[0004] Aus der DE 197 34 394 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung von Metallschaum bekannt. Dabei wird in einer Schäumzelle aufzuschäumendes Material erwärmt, das die Schäumzelle über eine Austrittsöffnung verlässt und dabei vor, während oder nach dem Austreten aufschäumt. Das Erwärmen kann durch eine Induktionsheizung erfolgen.

[0005] Die DE 44 13 423 A1 bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Aufschluss von Substanzen. Eine zu analysierende Substanz kann dabei in ein aus Quarzglas bestehendes Gefäß eingebracht sein, das substanzseitig mit einer Schutzschicht z. B. aus Bornitrid versehen ist.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zugrunde, mit hoher Effizienz und energetisch günstig Presslinge aufzuschäumen, wobei zusätzlich die Möglichkeit gegeben sein soll, unterschiedliche Bereiche des Presslings unterschiedlich zu erwärmen bzw. gegebenenfalls das Aufschäumen zu beobachten, um gezielt eingreifen zu können.

[0007] Erfindungsgemäß wird das Problem im Wesentlichen dadurch gelöst, dass der Pressling durch von außen in den Raum eingekoppelte Strahlungsenergie aufgeschäumt wird, wobei der Raum von einer transpa-

renten, semitransparenten bzw. transluzenten Wandung begrenzt ist, die zumindest rauminnenseitig mit einer gegenüber dem aufschäumbaren Pressling und der gegebenenfalls vorhandenen Deckschicht chemisch inerten, gegenüber der eingekoppelten Strahlungsenergie durchlässigen oder im Wesentlichen durchlässigen Schutzschicht versehen wird. Abweichend vom vorbekannten Stand der Technik erfolgt keine Wärmeübertragung von dem den Pressling aufnehmenden Raum selbst, sondern von außen in den Raum eingekoppelte Energie. Hierbei handelt es sich insbesondere um Strahlungsenergie im mittleren bzw. fernen Infrarotbereich. Auch Strahlung im Mikrowellenbereich kommt in Frage.

[0008] Als Wandung des den Pressling aufnehmenden Raums, auf die die Schutzschicht aufgebracht wird, kommt insbesondere Quarzglasmaterial oder solches enthaltendes in Frage.

[0009] Die Verwendung eines semitransparenten Materials hat den Vorteil, dass das aufzuschäumende Material nicht durch die anderenfalls wie ein kalter Pol wirkende Wandung "geschockt" wird.

[0010] Als Schutzschicht kann Al_2O_3 und/oder Si_3N_4 und/oder BN und/oder SiO_2/Al_2O_3 und/oder Mischungen dieser verwendet werden. Dabei kann die Schutzschicht auf die Innenflächen der Wandung, gegebenenfalls über eine Haftvermittlerschicht, durch PVD-Verfahren aufgebracht werden. Insbesondere Elektronenstrahlverdampfung, Magnetron-Sputtern, kathodische Lichtbogenverdampfung oder Plasmainmersions-Ionenimplantation kommen in Frage.

[0011] Insbesondere ist vorgesehen, dass die die Schutzschicht wie Aluminiumoxidschicht über zumindest eine gradierte Zwischenschicht insbesondere aus Silicium- und Aluminiumoxid an die Wandung wie das Quarzglasbauteil angekoppelt wird, insbesondere die Schutzschicht wie Aluminiumoxidschicht durch physikalische Abscheidung aus der Dampfphase und/oder durch chemische Abscheidung aus der Gasphase abgeschieden wird und vorzugsweise das Aluminiumoxid durch Nachoxidation einer Aluminiumschicht mittels Plasmabehandlung und/oder thermische Oxidation bzw. Reaktion mit SiO_2 ausgebildet wird.

[0012] Ferner bezieht sich die Erfindung auf die Verwendung einer Vorrichtung mit einem von einer Wandung begrenzten Raum sowie einer Strahlungsenergie in den Raum einkoppelnden Energiequelle, wobei die Wandung gegenüber der einkoppelbaren Strahlungsenergie transparent oder zumindest transluzent ist und zumindest rauminnenseitig mit einer gegenüber dem aufschäumbaren Material chemisch inerten und gegenüber der Strahlungsenergie transparenten oder transluzenten Schutzschicht abgedeckt ist, zum Aufschäumen eines in dem Raum angeordneten aus zumindest einem Metallpulver und zumindest einem Gas absplattendem Treibmittelpulver bestehenden Presslings.

[0013] Die Dicke D der Wandung selbst sollte im Bereich zwischen 5 und 25 mm liegen insbesondere etwa

15 mm betragen.

[0014] Bei der Wärmequelle selbst handelt es sich vorzugsweise um IR-Strahler, wobei die Strahlungsenergie derart einkoppelbar ist, dass sich in dem aufzuschäumenden Körper Wärmesenken ausbilden können. Hierdurch kann eine gezielte Aufschäumgeometrie und gezielte Dichtegradierte erreicht werden.

[0015] Bezüglich der Schutzschicht, bei der es sich erwähnenswertenmaßen um ein Al_2O_3 oder Si_3N_4 oder BN-Material oder dieses enthaltendes handeln kann, ist anzumerken, dass deren Dicke im Bereich zwischen 20 nm und 2 μm , liegen sollte.

[0016] Durch die erfindungsgemäßen Lehren ist mit konstruktiv einfachem Aufbau eine Strahlungswärme in den aufzuschäumenden Pressling bzw. Körper einkoppelbar, wobei sich im Vergleich zu konventionellen Verfahren, bei denen eine Wärmeübertragung mittels von den Ofenwandungen abgegebener Wärme erfolgt, eine erhebliche Energieeinsparung und insbesondere ein Zeitgewinn von bis zu 50 % ergibt. Das Überhitzen des Schaumes ist ausgeschlossen. Auch erfolgt kein Nachheizen, wodurch die Taktzeiten des Aufschäumens anderenfalls nachteilig beeinflusst werden würden.

[0017] Durch die einkoppelbare Strahlungsenergie ergibt sich auch der Vorteil, dass Bereiche des aufzuschäumenden Halbzeuges gezielt mit Wärme beaufschlagt werden können, so dass erwähnenswertenmaßen bereits durch das Aufschäumen eine gewünschte Geometrieausbildung erfolgen kann.

[0018] Durch die Verwendung von Quarzglasmaterial zur Ausbildung der Wandungen, die den aufzuschäumenden Pressling umgeben, gelangen mechanisch beanspruchbare langzeitstabile Materialien zum Einsatz, die kostengünstig hergestellt und benutzt werden können. Dabei stellt das Quarzglas sicher, dass Wärmestrahlung insbesondere im Infrarotbereich bis zu 2 μm und im Bereich zwischen 3 und 3,5 μm bei einem Transmissionskoeffizienten zwischen 0,8 und 0,9 einkoppelbar ist. Ferner ergibt sich bei der Verwendung von Quarzglas die Möglichkeit einer visuellen Beobachtung beim Aufschäumen, so dass ein steuerndes Eingreifen beim Aufschäumen möglich ist.

[0019] Bevorzugterweise kann die Wandung aus Quarzglasbauteilen bestehen. Quarzglas ist wegen seines hohen Schmelzpunktes und der hohen Transparenz im infraroten und im sichtbaren Spektralbereich zur Einkopplung von Wärmestrahlung in heiße, flüssige und gasförmige Medien sowie zur Beobachtung der Prozesse selbst geeignet. Beim Kontakt mit chemisch aggressiven Medien wie etwa flüssigem Aluminium treten jedoch Reaktionen auf, die Quarzglasbauteile bzw. hieraus hergestellte Bauteile binnen kurzer Zeit zerstören.

[0020] Für Kokillen, Reaktionsgefäße oder Rohrleitungen, die mit flüssigem Aluminium in Kontakt gelangen, werden verschiedene Keramiken wie z. B. Si_3N_4 in Form von Sinterbauteilen verwendet. Allerdings sind entsprechende Materialien weder im infraroten noch im sichtbaren Spektralbereich strahlungsdurchlässig, so

dass eine Erwärmung der Materialien selbst allein über Wärmeleitung erfolgt. Eine visuelle Beobachtung von Prozessen selbst innerhalb entsprechender Geräte ist ebenfalls nicht möglich.

[0021] Um Quarzglas hierfür zu verwenden, ohne dass die Gefahr einer unerwünschten chemischen Reaktion mit aggressiven Medien erwächst, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass der transparente Glasbaustein auf seiner dem Werkstoff zugewandten Seite chemisch passiviert und mit einer Schutzschicht aus Aluminiumoxid versehen ist. Dabei kann diese eine Dicke zwischen 20 nm und 2 μm aufweisen. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Aluminiumoxidschicht über eine gradierte Zwischenschicht aus Silicium- und/oder Aluminiumoxid an das Grundmaterial angekoppelt ist.

[0022] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die insbesondere aus Quarzglasformteilen modular aufgebaute Form in einer Trägeraufnahme zur Strahlenquelle hin- bzw. von dieser wegtransportiert wird, wodurch ein Chargieren bzw. eine Handhabung der aufschäumbaren bzw. aufgeschäumten Materialien erleichtert wird.

[0023] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen -für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

[0024] Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zum Herstellen eines aufschäumbaren metallischen Werkstoffes und

Fig. 2 eine beschichtete Quarzglasplatte.

[0025] In Fig. 1 ist eine Vorrichtung 10 dargestellt, bei der ein Pressling 12, der auf gegenüberliegenden Seiten mit aus Metall bestehenden Deckschichten 14, 16 versehen ist, aufgeschäumt werden soll, um einen metallischen Verbundwerkstoff geringen Gewichts, jedoch hoher Festigkeit herzustellen. Entsprechende Verbundwerkstoffe bilden leistungsfähige Leichtbaustrukturen, die z. B. in der Verkehrstechnik zum Einsatz gelangen. Solche Verbundwerkstoffe zeichnen sich durch niedrige Dichte bei relativ hoher Steifigkeit aus.

[0026] Der Pressling 12 kann aus einer Mischung aus Aluminiumpulver und z. B. 12 Gewichts-% Siliziumpulver und 0,8 Gewichts-% Titanhydridpulver als gasabspaltendes Treibmittelpulver zusammengesetzt sein, die vermischt sodann zu einem Barren vorkompaktiert werden. Dieser kann offen- oder geschlossporig sein. Sodann ist der Pressling 12 mit den Deckschichten 14, 16 durch Walzen abgedeckt worden. Sofern der Pressling 12 offenporig war, wird bei diesem Verfahrensschritt eine notwendige Geschlossporigkeit erzielt. Die Temperatur beim Walzen selbst beträgt in etwa 400 °C.

[0027] Der so gebildete Sandwichkörper wird sodann in einen Raum 18 eingebracht, der von einer Wandung 20 begrenzt ist, die aus Quarzglasmaterial besteht. Im Ausführungsbeispiel wird der Raum von einem topfförmigen Unterteil 22 und einem diesen abschließenden Deckelteil 24 gebildet. Rauminnenseitig sind die Wandungen mit einer Schutzschicht 26, 28 versehen, die gegenüber in den Raum 18 einzukoppelnder Strahlung durchlässig ist. Die Dicke der Wandung 20 selbst ist ebenfalls so gewählt, dass diese gegenüber einer ein-

koppelbaren Strahlung transparent bzw. translucient ist. **[0028]** Die Aufnahme ist im Ausführungsbeispiel umfangsseitig von Infrarotstrahlern umgeben, die beispielhaft mit den Bezugszeichen 30, 32 versehen sind.

[0029] Bei der Schutzschicht 26 handelt es sich vorzugsweise um eine solche aus Al_2O_3 , Si_3N_4 , BN oder $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oder diese Materialien enthaltend. Die Schutzschicht ist gegenüber dem aggressiven Material des Presslings, also insbesondere bei Verwendung von Aluminiumpulver gegenüber diesem chemisch inert, so dass das ansonsten von Aluminium angreifbare Quarzmaterial geschützt ist. Die Dicke der Schutzschicht 26, 28 ist jedoch so gewählt, dass diese ebenfalls gegenüber einzukoppelnder Strahlung transparent bzw. translucient ist. Somit kann im erforderlichen Umfang von außen in den Raum 18 hinein Strahlung eingekoppelt werden, um den Pressling 12 auf eine Temperatur zu erhitzen, die ein Aufschäumen ermöglicht. Die Infrarotstrahler 30, 32 können dabei derart um den Raum 18 angeordnet werden, dass sich in dem Pressling 12 Wärme-

senken ausbilden können, wodurch beim Aufschäumen gezielte Geometrieausbildung und/oder Dichtegradienten erreichbar sind. **[0030]** Der Raum 18 kann des Weiteren eine Innengeometrie aufweisen, die der Endgeometrie des aufzuschäumenden Werkstücks entsprechen soll. Um eine einfache Geometrie Anpassung zu ermöglichen, können die Wandungen 20 modular aufgebaut werden, so dass mit einfachen Maßnahmen eine Veränderung möglich ist.

[0031] Die Schutzschichten 26, 28 werden vorzugsweise durch PVD-Verfahren, insbesondere durch Elektronenstrahlverdampfung, Magnetron-Sputtern, Lichtbogenverdampfung oder Plasmaimmersions-Ionenimplantation aufgebracht.

[0032] Damit die Schutzschicht 26, 28 das Quarzglasmaterial hinreichend schützt, sollte deren Dicke zwischen 5 und 25 nm, insbesondere im Bereich von 10 nm liegen. Die Wandung selbst weist eine Dicke D von 15 mm auf.

[0033] Von den Strahlern 30, 32 wird vorzugsweise Licht im mittleren Infrarotbereich emittiert. Unabhängig davon sollte jedoch die Wellenlänge auf das Material der Wandung und der Schutzschicht abgestimmt sein, um einen hohen Transmissionsgrad sicherzustellen.

[0034] In Fig. 2 ist rein prinzipiell eine z. B. für eine Kokillenordnung bestimmte Bodenplatte 34 aus Quarzglas dargestellt, die z. B. Abmessungen von

180x80x5 mm³ aufweist. Die Platte 34 weist auf ihrer kokillenninnenseitigen Fläche 36 eine in etwa 1 µm dicke und haftfeste Schicht 38 aus Al_2O_3 auf. Als Beschichtungsverfahren kann die Elektronenstrahlverdampfung aus einer Al_2O_3 -Schmelze eingesetzt werden. Dabei erfolgt die Beschichtung bei einem Restgasdruck von in etwa 1×10^{-4} mbar.

[0035] Die entsprechende Platte 34 kann in einer nicht dargestellten Kokille mit der Schicht 38 dem Innenraum zugewandt eingesetzt werden. Sowohl beim Eingießen flüssigen Aluminiums als auch beim Erschmelzen eines Aluminiumbleches mittels Infrarotstrahlung, die durch die transparente Platte 36 eingekoppelt wird, konnte eine Reaktion mit der Quarzglasplatte 34 flüssigem Aluminium nicht festgestellt werden. Nach dem Abkühlen konnte ein erstarrtes Aluminiumteil ohne Schwierigkeiten von der beschichteten Quarzglasplatte 34 entfernt werden.

[0036] Die Kokille selbst kann in einer Trägereaufnahme angeordnet sein, um einen Transport zu einer Wärmequelle wie Infrarotstrahlern bzw. von diesen weg zu erleichtern. Hierdurch erfolgt eine Vereinfachung des Chargierens bzw. der Handhabung der aufzuschäumenden bzw. aufgeschäumten Materialien.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufschäumen eines aus zumindest einem Metallpulver und zumindest einem gasabspaltenden Treibmittelpulver bestehenden Presslings, der gegebenenfalls mit zumindest einer Deckschicht verbunden wird, wobei der Pressling in einem Raum angeordnet und zu dessen Aufschäumen erwärmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pressling durch von außen in den Raum eingekoppelte Strahlungsenergie aufgeschäumt wird, wobei der Raum von einer transparenten, semitransparenten bzw. translucienten Wandung begrenzt ist, die zumindest rauminnenseitig mit einer gegenüber dem aufschäumbaren Pressling chemisch inerten, gegenüber der eingekoppelten Strahlungsenergie durchlässigen oder im Wesentlichen durchlässigen Schutzschicht versehen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schutzschicht verwendet wird, die gegenüber der gegebenenfalls vorhandenen Deckschicht chemisch inert ist.
3. Verfahren nach zumindest Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pressling mit einer Strahlung einer Wellenlänge λ mit $700 \text{ nm} < \lambda < 4 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere mit $3,0 < \lambda < 3,5 \text{ }\mu\text{m}$, oder mit einer Strahlung im mittleren Infrarot oder mit einer Strahlung, die im fernen

Infrarot liegt, oder mit einer Strahlung im Mikrowellenbereich erwärmt wird.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Wandung des den Pressling aufnehmenden Raums in Bezug auf die einzukoppelnde Strahlung transparentes bzw. semitransparentes Formmaterial wie Quarzglasmaterial oder solches enthaltendes verwendet wird. 5
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Schutzschicht Al_2O_3 und/oder Si_3N_4 und/oder $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ und/oder BN oder diese enthaltendes Material verwendet wird, wobei vorzugsweise die Schutzschicht mit einer Dicke d mit $8 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere d in etwa 20 nm bis 500 nm versehen wird. 10
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schutzschicht durch PVD-Verfahren, durch Elektronenstrahlverdampfung, Magnetron-Sputtern, Lichtbogenverdampfung oder Plasmaimmersions-Ionenimplantation aufgebracht wird. 15
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Strahlungsenergie derart angekoppelt wird, dass sich im Pressling Wärmesenken bilden. 20
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schutzschicht wie Aluminiumoxidschicht (38) über zumindest eine gradierte Zwischenschicht insbesondere aus Silicium- und Aluminiumoxid an die Wandung wie das Quarzglasbauteil (34) angekoppelt wird, dass insbesondere die Schutzschicht wie Aluminiumoxidschicht durch physikalische Abscheidung aus der Dampfphase und/oder durch chemische Abscheidung aus der Gasphase abgeschieden wird und dass vorzugsweise das Aluminiumoxid durch Nachoxidation einer Aluminiumschicht mittels Plasmabehandlung und/oder thermische Oxidation bzw. Reaktion mit SiO_2 ausgebildet wird. 25
9. Verwendung einer Vorrichtung mit einem von einer Wandung begrenzten Raum sowie einer Strahlungsenergie in den Raum einkoppelnden Energiequelle, wobei die Wandung gegenüber der einkoppelbaren Strahlungsenergie transparent oder zu-

mindest translucent ist und zumindest rauminnen-seitig mit einer gegenüber dem aufschäumbaren Material chemisch inerten und gegenüber der Strahlungsenergie transparenten oder translucen-ten Schutzschicht abgedeckt ist, zum Aufschäumen eines in dem Raum angeordneten aus zumindest einem Metallpulver und zumindest einem Gas abspaltenden Treibmittelpulver bestehenden Presslings. 30

10. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Wandung auf Quarzglasbasis, insbesondere in Form von Quarzglasbausteinen aufgebaut ist, wobei die Wandung gegebenenfalls modular aufgebaut ist, und daß die Wandung vorzugsweise Dicke D mit $5 \text{ mm} \leq D \leq 25 \text{ mm}$, insbesondere mit D in etwa 15 mm aufweist. 35

11. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Schutzschicht aus Al_2O_3 und/oder $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ und/oder Si_3N_4 und/oder BN besteht oder dieses enthält und vorzugsweise eine Dicke d mit $20 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$ aufweist. 40

12. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Wärmequelle insbesondere zumindest ein IR-Strahler ist und dass vorzugsweise die Wärmequelle derart außerhalb des Raumes angeordnet ist, dass in dem Pressling Wärmesenken ausbildbar sind. 45

Claims

1. A method for foaming of a pressed part comprising at least one metal powder and at least one gas-separating propellant powder and if necessary connected to at least one cover layer, where said pressed part is arranged inside a space and heated in order to foam it,
wherein
the pressed part is foamed by a radiation energy injected from the outside into the space, the latter being limited by a transparent, semi-transparent or translucent wall which is at least on the inside of the space provided with a protective layer chemically inert to the foamable pressed part and permeable or substantially permeable for the injected radiation energy. 50
2. Method according to Claim 1,
wherein
a protective layer is used that is chemically inert to the cover layer where provided. 55
3. Method according to at least Claim 1 or Claim 2,
wherein
the pressed part is heated with a radiation of a

wavelength λ at $700 \text{ nm} < \lambda < 4 \text{ }\mu\text{m}$, in particular at $3.0 < \lambda < 3.5 \text{ }\mu\text{m}$, or with a mid infrared radiation or with a far infrared radiation or with a radiation in the microwave range.

4. Method according to at least one of the previous claims,
wherein

transparent or semi-transparent shaped material such as quartz glass material or containing such material is used as the wall of the space receiving the pressed part relative to the radiation to be injected.

5. Method according to at least one of the previous claims,
wherein

Al_2O_3 and/or Si_3N_4 and/or $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ and/or BN or material containing the latter is used as the protective layer, where said protective layer is preferably provided with a thickness d of $8 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$, in particular d approximately 20 nm to 500 nm.

6. Method according to at least one of the previous claims,
wherein

the protective layer is deposited by PVD process, by electron beam evaporation, magnetron sputtering, arc evaporation or plasma immersion ion implantation.

7. Method according to at least one of the previous claims,
wherein

the radiation energy is injected such that heat sinks are formed in the pressed part.

8. Method according to at least one of the previous claims,
wherein

the protective layer such as aluminium oxide layer (38) is connected via at least a graduated intermediate layer, in particular of silicon and aluminium oxide, to the wall such as the quartz glass component (34), wherein in particular the protective layer such as the aluminium oxide layer is deposited by physical deposition from the vapour phase and/or by chemical deposition from the gas phase, and wherein the aluminium oxide is preferably formed by post-oxidation of an aluminium layer by means of plasma treatment and/or thermal oxidation or reaction with SiO_2 .

9. Use of a device with a space limited by a wall and of an energy source injecting radiation energy into said space, where the wall is transparent or at least translucent to the injectable radiation energy and is covered at least on the inside of the space with a

protective layer chemically inert to the foamable material and transparent or at least translucent to the radiation energy, for foaming of a pressed part arranged inside the space and comprising at least one metal powder and at least one gas-separating propellant powder.

10. Use of a device according to Claim 9, where the wall is designed on a quartz glass basis, in particular in the form of quartz glass modules, where the wall is designed modular if necessary, and where the wall preferably has a thickness D of $5 \text{ mm} \leq D \leq 25 \text{ mm}$, in particular with D approximately 15 mm.

11. Use of a device according to Claim 9, where the protective layer comprises Al_2O_3 and/or $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and/or Si_3N_4 and/or BN or material containing the latter and preferably has a thickness d of $20 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$.

12. Use of a device according to one of Claims 9 to 11, where the heat source is in particular at least one IR heater and where the heat source is preferably arranged outside the space such that heat sinks can form inside the pressed part.

Revendications

1. Procédé pour le moussage d'une pièce moulée composée d'au moins une poudre métallique et d'au moins une poudre moussante divisant par gaz, cette même pièce moulée étant le cas échéant reliée à au moins une couche de surface, sachant que la pièce moulée est placée dans une chambre et chauffée pour le moussage,

caractérisé en ce que

le moussage de la pièce moulée est réalisé par énergie radiante introduite de l'extérieur dans la chambre, sachant que la chambre est limitée par une paroi transparente, semi-transparente et/ou translucide qui présente au moins sur le côté intérieur de la chambre une couche protectrice chimiquement inerte par rapport à la pièce moulée à faire mousser, et perméable ou en grande partie perméable à l'énergie radiante introduite.

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

est utilisée une couche protectrice chimiquement inerte par rapport à la couche de surface éventuellement présente.

3. Procédé selon au moins la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

la pièce moulée est chauffée par un rayonnement d'une longueur d'ondes λ de $700 \text{ nm} < \lambda < 4 \text{ }\mu\text{m}$, en particulier de $3,0 < \lambda < 3,5 \text{ }\mu\text{m}$, ou par un rayonne-

- ment infrarouge moyen ou par un rayonnement infrarouge lointain ou par un rayonnement hyperfréquence.
4. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** est utilisé, en tant que paroi de la chambre abritant la pièce moulée, un matériau moulé transparent ou semi-transparent par rapport au rayonnement introduit, tel qu'un matériau en verre de silice ou en contenant. 5 10
5. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** est utilisé, en tant que couche protectrice, de l' Al_2O_3 et/ou du Si_3N_4 et/ou de l' $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ et/ou du BN ou un matériau en comprenant, sachant que de préférence la couche protectrice présente une épaisseur d de $8 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$, en particulier d d'environ 20 nm à 500 nm. 15 20
6. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche protectrice est déposée par un procédé en phase vapeur, par évaporation par faisceau d'électrons, pulvérisation par magnétron, évaporation par arc électrique ou implantation ionique par immersion plasma. 25 30
7. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'énergie radiante est introduite de telle manière que des puits de chaleur se forment dans la pièce moulée. 35
8. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche protectrice, telle qu'une couche d'oxyde d'aluminium (38), est couplée à la paroi telle que la pièce en verre de silice (34) au moyen d'au moins une couche intermédiaire concentrée par évaporation en particulier en oxyde de silicium et d'aluminium, qu'en particulier la couche protectrice telle qu'une couche d'oxyde d'aluminium est appliquée par déposition physique issue de la phase vapeur et/ou par déposition chimique issue de la phase gazeuse et que de préférence l'oxyde d'aluminium est formé par oxydation subséquente d'une couche d'aluminium au moyen d'un traitement plasma et/ou d'une oxydation thermique ou d'une réaction avec du SiO_2 . 40 45 50 55
9. Utilisation d'un dispositif avec une chambre limitée par une paroi ainsi qu'une source d'énergie introduisant une énergie radiante dans la chambre, sachant que la paroi est transparente ou au moins translucide par rapport à l'énergie radiante devant être introduite et est recouverte au moins sur le côté intérieur de la chambre d'une couche protectrice chimiquement inerte par rapport au matériau à faire mousser et transparente ou translucide par rapport à l'énergie radiante, pour le moussage d'une pièce moulée placée dans la chambre et constituée d'au moins une poudre métallique et d'au moins une poudre moussante divisant par gaz.
10. Utilisation du dispositif selon la revendication 9, sachant que la paroi est formée sur la base du verre de silice, en particulier sous forme d'élément de verre de silice, sachant que la paroi a le cas échéant une structure modulaire et que la paroi présente de préférence une épaisseur D de $5 \text{ mm} \leq D \leq 25 \text{ mm}$, en particulier D d'environ 15 mm.
11. Utilisation d'un dispositif selon la revendication 9, sachant que la couche protectrice est constituée d' Al_2O_3 et/ou de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ et/ou de Si_3N_4 et/ou de BN ou en contient et présente de préférence une épaisseur d de $20 \text{ nm} \leq d \leq 2 \text{ }\mu\text{m}$.
12. Utilisation d'un dispositif selon une des revendications 9 à 11, sachant que la source de chaleur est en particulier au moins un projecteur infrarouge et que de préférence la source de chaleur est disposée à l'extérieur de la chambre de telle manière que des puits de chaleur puissent se former dans la pièce moulée.

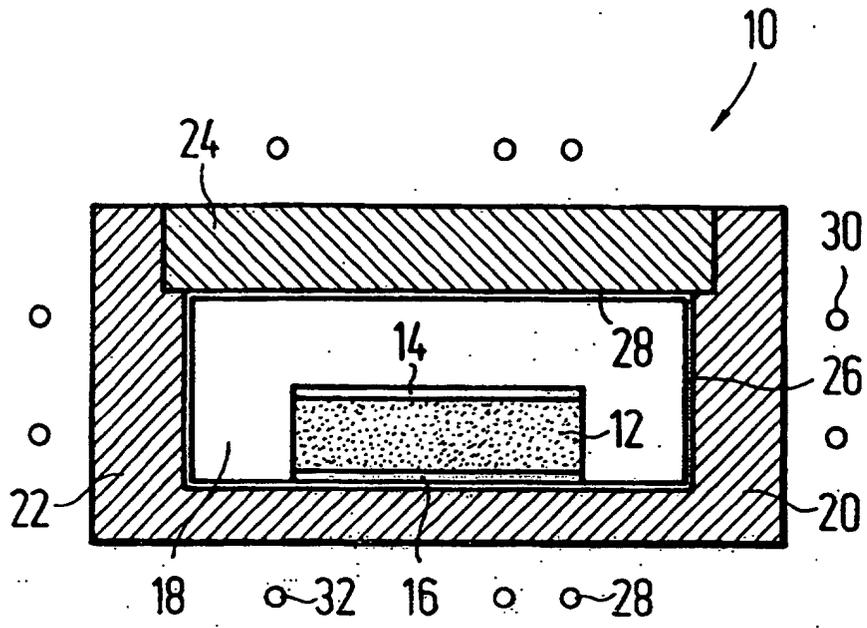


FIG.1

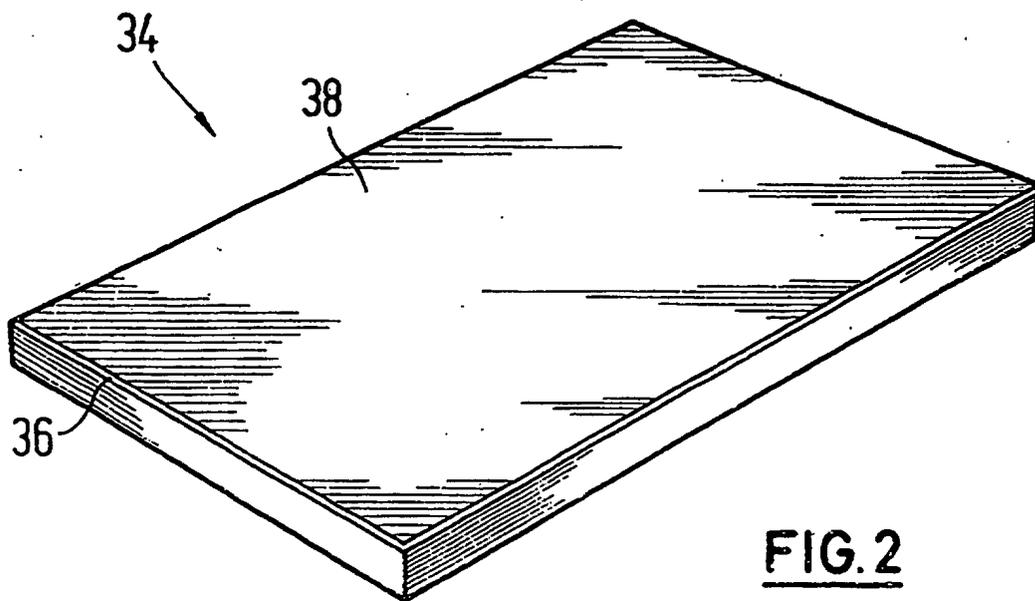


FIG.2