



(10) **DE 10 2017 105 364 A1** 2018.09.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 105 364.6**
(22) Anmeldetag: **14.03.2017**
(43) Offenlegungstag: **20.09.2018**

(51) Int Cl.: **B22F 3/02** (2006.01)
B22F 3/03 (2006.01)
B22F 3/12 (2006.01)
B28B 7/00 (2006.01)
C04B 35/622 (2006.01)

(71) Anmelder:
**GKN Sinter Metals Engineering GmbH, 42477
Radevormwald, DE**

(72) Erfinder:
**Tiller, Stefan, 53757 Sankt Augustin, DE; Schmitt,
Rainer, 53343 Wachtberg, DE; Bornemann, Nils,
53179 Bonn, DE**

(74) Vertreter:
**Kahlhöfer Rößler Kreuels Patentanwälte PartG
mbB, 40476 Düsseldorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 038 915	A1
DE	10 2010 048 183	A1
DE	10 2013 204 370	A1

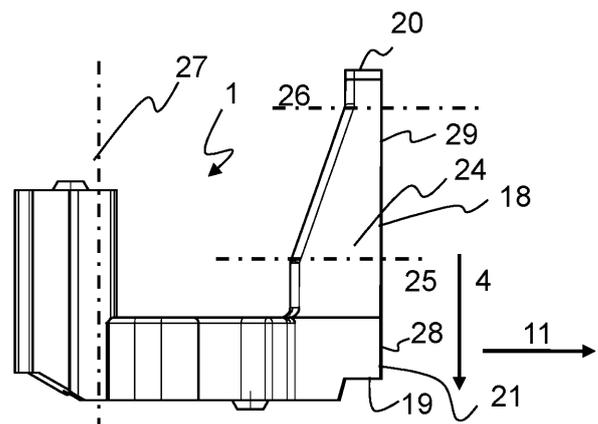
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Grünlings mit einem Presswerkzeug, ein Presswerkzeug, ein Grünling sowie ein Sinterteil**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Grünlings 1 mit einem Presswerkzeug 2, ein Presswerkzeug 2, einen Grünling 1 sowie ein Sinterteil 30. Das Presswerkzeug 2 umfasst eine Matrize 3 und weiter einen entlang einer axialen Richtung 4 verfahrbaren ersten Stempel 10 sowie einen entlang einer radialen Richtung 11 durch einen Kanal 12 in der Matrize 3 und hin zur Aufnahme 9 verfahrbaren und dabei eine Öffnung 8 der Aufnahme 9 ausfüllenden zweiten Stempel 13. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Bereitstellen der Matrize 3 und des zweiten Stempels 13, wobei der zweite Stempel 13 vor oder während Schritt b) gegenüber der Innenumfangsfläche 7 in der radialen Richtung 11 nach außen versetzt angeordnet ist;
- Einfüllen eines pulverförmigen Werkstoffes 14 in die Aufnahme 9;
- Verfahren zumindest des ersten Stempels 10 und des zweiten Stempels 13 und Verpressen des Werkstoffes 14 in der Aufnahme 9, wobei der zweite Stempel 13 in der radialen Richtung 11 hin zur Aufnahme 9 nur so weit verfahren wird, dass er mit der Innenumfangsfläche 7 bündig abschließend angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Grünlings mit einem Presswerkzeug, ein Presswerkzeug, einen Grünling sowie ein Sinterteil (bzw. ein durch eine Wärmebehandlung des Grünlings hergestelltes Bauteil, im Folgenden auch als Sinterteil bezeichnet). Mit dem Presswerkzeug werden insbesondere sinterfähige Grünlinge bzw. beliebig weiter zu verarbeitende (z. B. durch eine Wärmebehandlung) Grünlinge hergestellt, also Grünlinge, die nach dem Pressvorgang z. B. gesintert werden können. Insbesondere können in der Matrize metallische und/oder keramische Pulver zu Grünlingen verpresst werden. Insbesondere kann das Verfahren zum Betrieb des Presswerkzeugs und zur Herstellung des Grünlings bzw. des Sinterteils eingesetzt werden. Insbesondere kann das Presswerkzeug zur Herstellung des Grünlings eingesetzt werden.

[0002] Eine Matrize erstreckt sich entlang einer axialen Richtung zwischen einer ersten Stirnseite und einer zweiten Stirnseite und bildet zwischen den Stirnseiten eine Innenumfangsfläche aus, die eine Aufnahme für einen pulverförmigen Werkstoff bzw. für ein aus dem Werkstoff durch Verpressen hergestelltes Grünling bildet. Es ist zumindest ein entlang der axialen Richtung über eine (erste) Stirnseite in die Matrize hinein verfahrbarer Stempel des Presswerkzeugs vorgesehen, der den in der Aufnahme angeordneten Werkstoff zu dem Grünling verpresst. Selbstverständlich ist auch bekannt, weitere entlang der axialen Richtung verfahrbare Stempel einzusetzen, die über die andere (zweite) Stirnseite in die Matrize eindringen.

[0003] Zur Erzeugung eines geometrischen Hinterschnitts bei dem Grünling kann in der Innenumfangsfläche eine Öffnung vorgesehen sein, über die mindestens ein, entlang einer radialen Richtung durch einen Kanal in der Matrize und hin zur Aufnahme verfahrbarer und dabei die Öffnung ausfüllender, zweiter Stempel in die Aufnahme hinein verfahren werden kann.

[0004] Die Innenumfangsfläche der Matrize bildet einerseits die Aufnahme für das Pulver bzw. den herzustellenden Grünling. Über die nach oben offene erste Stirnseite der Matrize kann insbesondere mindestens ein Oberstempel des Presswerkzeugs entlang der axialen Richtung in die Matrize hineinfahren. Der mindestens ein Oberstempel gleitet dabei entlang der Innenumfangsfläche der Matrize und verpresst das Pulver zunehmend. Insbesondere kann zusätzlich mindestens ein Unterstempel vorgesehen sein, der über eine nach unten offene zweite Stirnseite der Matrize entlang der axialen Richtung in die Matrize hineinfährt, bzw. in der Matrize zwischen einer oberen Stellung und einer unteren Stellung verfährt, wobei auch die Matrize gegenüber dem ggf. nicht be-

wegten Unterstempel verfahren werden kann. Zwischen dem mindestens einen Oberstempel und dem mindestens einen Unterstempel wird so das Pulver zu einem Grünling verpresst, wobei die Innenumfangsfläche der Matrize insbesondere eine seitliche Kontur des Grünlings definiert.

[0005] Die in Matrizen hergestellten Grünlinge können eine Vielzahl von Geometrien aufweisen. Es hat sich bisher allerdings als schwierig dargestellt, Grünlinge herzustellen, die sich zumindest in Teilstücken des Grünlings entlang der axialen Richtung verjüngen. Insbesondere in Teilstücken des Grünlings, die gegenüber der axialen Richtung geneigte Seitenflächen aufweisen, also sich konisch verjüngen, können Inhomogenitäten in der Dichteverteilung des Grünlings auftreten. Damit lassen sich diese Teile entweder nicht herstellen oder weisen auch als Sinterteile gerade in diesen Teilstücken nicht die erwünschte Festigkeit bzw. die erwünschten Eigenschaften auf. Bisher ist kein Verdichtungsverfahren bekannt, mit dem derartige Geometrien mit vertretbarem Aufwand bzw. mit optimalen Bauteileigenschaften herstellbar sind.

[0006] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme zumindest teilweise zu lösen. Insbesondere sollen auch besonders anspruchsvolle Geometrien von herzustellenden Grünlingen durch ein Verfahren und/oder durch ein Presswerkzeug herstellbar sein, wobei insbesondere Inhomogenitäten der Dichte in dem Grünling reduziert oder verhindert werden können.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1, ein Presswerkzeug gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 8, ein Grünling gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 9 und ein Sinterteil gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 14 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche. Die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale sind in technologisch sinnvoller Weise miteinander kombinierbar und können durch erläuternde Sachverhalte aus der Beschreibung und Details aus den Figuren ergänzt werden, wobei weitere Ausführungsvarianten der Erfindung aufgezeigt werden.

[0008] Hierzu trägt ein Verfahren zur Herstellung mindestens eines Grünlings mit einem Presswerkzeug bei. Das Presswerkzeug umfasst zumindest eine Matrize, einen ersten Stempel und einen zweiten Stempel. Die Matrize erstreckt sich entlang einer axialen Richtung zwischen einer ersten Stirnseite und einer zweiten Stirnseite und bildet zwischen den Stirnseiten eine Innenumfangsfläche mit einer Öffnung aus. Die Innenumfangsfläche bildet eine Aufnahme für den Grünling. Der mindestens eine erste

Stempel ist über eine der Stirnseiten der Matrize in die Aufnahme entlang einer axialen Richtung verfahrbar. Der mindestens eine zweite Stempel ist durch einen Kanal in der Matrize und hin zur Aufnahme entlang einer radialen Richtung verfahrbar, wobei er dabei (wenn er bis zur Aufnahme verfahren wurde) die Öffnung bevorzugt ausfüllt. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte:

a) Bereitstellen der Matrize und des zweiten Stempels, wobei der zweite Stempel vor oder während Schritt b) gegenüber der Innenumfangsfläche (und der Öffnung) in der radialen Richtung nach außen versetzt angeordnet ist;

b) Einfüllen eines pulverförmigen Werkstoffes in die Aufnahme;

c) Verfahren zumindest des (mindestens einen) ersten Stempels und des (mindestens einen) zweiten Stempels und Verpressen des Werkstoffes in der Aufnahme, wobei der (mindestens eine) zweite Stempel in der radialen Richtung hin zur Aufnahme nur so weit verfahren wird, dass er zumindest mit einem Bereich der Innenumfangsfläche, der entlang der axialen Richtung zwischen der einen Stirnseite, über die der (mindestens eine) erste Stempel in die Aufnahme verfahren wird, und der Öffnung angeordnet ist,

- bündig abschließend oder

- um höchstens 0,1 mm [Millimeter], insbesondere um höchstens 0,05 mm, zumindest gegenüber diesem Bereich der Innenumfangsfläche in der radialen Richtung in die Aufnahme hinein überstehend

angeordnet ist.

[0009] Hier wird der in der radialen Richtung verfahrbare zweite Stempel insbesondere nicht zur Erzeugung eines Hinterschnitts eingesetzt. Zur Erzeugung eines Hinterschnitts wird der zweite Stempel über die Öffnung hinaus in die Aufnahme hinein verschoben, wobei vor dem Entnehmen des Grünlings aus der Aufnahme der zweite Stempel aus der Aufnahme heraus verfahren werden muss, so dass der in der axialen Richtung erzeugte Formschluss zwischen zweitem Stempel und Grünling aufgehoben wird. Eine solche „Rückstellbewegung“ des zweiten Stempels ist für die Entnahme des Grünlings aus der Aufnahme nicht erforderlich, sondern der Grünling kann insbesondere auch dann entnommen werden, wenn sich der zweite Stempel in der oben angegebenen „bündigen“ oder „geringfügig überstehenden“ Endstellung befindet. Insbesondere wird der zweite Stempel zur Entnahme des Grünlings nur um höchstens 0,1 mm gegenüber der Endstellung (also der Stellung, in der der zweite Stempel während Schritt c) entlang der radialen Richtung am weitesten in Richtung hin zur Aufnahme verfahren ist) entlang der radialen Richtung zurückgefahren.

[0010] Mit dem zweiten Stempel wird demnach eine Verdichtung des pulverförmigen Werkstoffes durch ein Verpressen in der radialen Richtung bewirkt. Dazu wird zugelassen, dass der pulverförmige Werkstoff über die Öffnung in den Kanal eintritt. So kann eine Zusatzmenge an Werkstoff in diesen Bereich des späteren Grünlings transportiert werden, wobei diese Zusatzmenge durch den zweiten Stempel über die Öffnung der Aufnahme und damit dem Grünling zugeführt wird. Damit wird ein Transport des pulverförmigen Werkstoffes entlang der axialen Richtung durch den ersten Stempel während des Verpressens hier durch einen Transport des pulverförmigen Werkstoffes entlang der radialen Richtung (teilweise) ersetzt und/oder ergänzt.

[0011] Gerade bei sich verjüngenden Bauteilen, z. B. mit konisch zulaufenden Seitenwänden, kann der pulverförmige Werkstoff nicht ausreichend genau und/oder nur mit hohem Risiko von Inhomogenitäten in diesem Teilstück des späteren Grünlings verschoben werden. Der Einsatz eines in der radialen Richtung verfahrbaren zweiten Stempels ermöglicht nun, dass die geforderte Menge an Werkstoff zielgerichtet und genau bemessen zu diesem Teilstück hin verfahren werden kann.

[0012] Es lassen sich hiermit Grünlinge herstellen, die eine sehr hohe und/oder sehr gleichmäßige Dichte im gesamten Querschnitt aufweisen.

[0013] Insbesondere weist der zweite Stempel in der angegebenen Endstellung eine, zusammen mit der Innenumfangsfläche die Aufnahme bildende, Stirnfläche auf, wobei die Stirnfläche sich parallel zur axialen Richtung erstreckt. Bevorzugt erstreckt sich auch die Innenumfangsfläche, insbesondere in dem Bereich zwischen der Öffnung und der ersten Stirnseite der Matrize, parallel zur axialen Richtung. Eine „parallele“ Ausrichtung soll hier noch vorliegen, soweit dies mit den Fertigungstoleranzen der hier angegebenen Bauteile üblicherweise einstellbar ist, so dass beispielsweise Abweichungen von höchstens zwei (2) Winkelgrad, bevorzugt von höchstens einem (1) Winkelgrad, besonders bevorzugt von höchstens 0,3 Winkelgrad von der axialen Richtung mit umfasst sein sollen.

[0014] Insbesondere wird der (mindestens eine) zweite Stempel in Schritt a) oder während Schritt b) so weit in der radialen Richtung gegenüber der Innenumfangsfläche versetzt angeordnet, dass sich der in Schritt b) eingefüllte Werkstoff (vor Schritt c)) auch in dem Kanal anordnet.

[0015] Bevorzugt wird das Einfüllen des Werkstoffes und das Verfahren des zweiten Stempels zumindest teilweise parallel zueinander durchgeführt. Insbesondere ist der zweite Stempel vor dem Einfüllen des Werkstoffes im Wesentlichen bündig mit der Innen-

umfangsfläche angeordnet, wobei der zweite Stempel während des Einfüllens des Werkstoffes entlang der radialen Richtung zurückgefahren wird. Die Bewegung des zweiten Stempels wirkt nach Art einer Vakuumpumpe und zieht den Werkstoff hinein in den Kanal.

[0016] Insbesondere wird der in dem Kanal angeordnete Werkstoff durch das Verfahren des (mindestens einen) zweiten Stempels in Schritt c) über die Öffnung in die Aufnahme verschoben.

[0017] Bevorzugt umfasst der (mindestens eine) zweite Stempel zumindest einen ersten Teilstempel und einen zweiten Teilstempel, die unabhängig voneinander verfahrbar sind. Es ist ebenso möglich, dass zwei zweite Stempel vorgesehen sind. Damit kann das Verfahren genauer an die jeweils vorherrschenden Bedingungen angepasst werden. Z. B. können Teilvolumina des späteren Grünlings sukzessive gefüllt und verdichtet werden.

[0018] Insbesondere können alle im Verfahren vorgesehenen Stempel (und Auswerfer) miteinander gekoppelt oder vollständig unabhängig voneinander verfahren und geregelt werden.

[0019] Insbesondere sind die Teilstempel entlang der axialen Richtung nebeneinander angeordnet. Es ist aber auch eine andere Anordnung der Teilstempel möglich. Diese können auch koaxial zueinander oder entlang einer Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sein.

[0020] Insbesondere wird in Schritt c) durch den (mindestens einen) zweiten Stempel ein Teilbereich eines, sich entlang der axialen Richtung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende erstreckenden, Wandbereichs des Grünlings verdichtet, wobei der Teilbereich von dem ersten Ende und/oder von dem zweiten Ende beabstandet angeordnet ist. Der Wandbereich zwischen dem ersten Ende und dem Teilbereich wird insbesondere von dem ersten Stempel verpresst. In diesem Bereich wird der pulverförmige Werkstoff entlang der Innenumfangsfläche in erster Linie entlang der axialen Richtung verschoben. Der Wandbereich erstreckt sich von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende des Wandbereichs bzw. des Grünlings, wobei die Enden nicht die maximale Erstreckung des Grünlings entlang der axialen Richtung bezeichnen müssen. In Schritt c) wird durch den zweiten Stempel ein Teilbereich des Wandbereichs verdichtet. Der Teilbereich ist hier der Bereich des Grünlings, der in radialer Richtung vor der Stirnfläche des zweiten Stempels angeordnet ist.

[0021] Insbesondere erstreckt sich der Teilbereich zwischen einer ersten Trennlinie und einer zweiten Trennlinie am bzw. zum Wandbereich entlang der axialen Richtung, wobei zumindest eine der Trennlini-

en einen gekrümmten, insbesondere mäandernden, Verlauf aufweist. Diese Trennlinien können zum einen aufgrund des minimalen Versatzes in der radialen Richtung des Teilbereichs gegenüber dem nicht in der radialen Richtung verdichteten Wandbereichen erzeugt und daher gut identifizierbar sein. Zum anderen stellt sich in dem Teilbereich ein anderes Oberflächenbild und/oder ein anderes zweites Oberflächengefüge ein, das sich visuell von dem ersten Oberflächengefüge des Wandbereichs, außerhalb des Teilbereichs, unterscheiden lässt.

[0022] Bevorzugt ist der (mindestens eine) zweite Stempel an einem Teilstück des Grünlings angeordnet, das sich entlang der axialen Richtung verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt, quer zur axialen Richtung, des Teilstücks und einem kleinsten Querschnitt mindestens 2:1, bevorzugt mindestens 3:1 ist. Dabei ist der größte Querschnitt des sich verjüngenden Teilstücks insbesondere zwischen der ersten Trennlinie und der zweiten Trennlinie angeordnet. Bevorzugt ist auch der kleinste Querschnitt zwischen der ersten Trennlinie und der zweiten Trennlinie angeordnet.

[0023] Insbesondere erfolgt die Verjüngung kontinuierlich über, gegenüber der axialen Richtung geneigt angeordnete Seitenflächen der Innenumfangsfläche bzw. der Aufnahme.

[0024] Weiter wird ein Presswerkzeug zur Herstellung mindestens eines Grünlings vorgeschlagen. Das Presswerkzeug kann insbesondere für das vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung eines Grünlings eingesetzt werden. Das Presswerkzeug umfasst zumindest eine Matrize, mindestens einen ersten Stempel sowie mindestens einen zweiten Stempel. Die Matrize erstreckt sich entlang einer axialen Richtung zwischen einer ersten Stirnseite und einer zweiten Stirnseite und bildet zwischen den Stirnseiten eine Innenumfangsfläche mit einer Öffnung aus. Die Innenumfangsfläche bildet eine Aufnahme für den Grünling. Der mindestens eine erste Stempel ist entlang einer axialen Richtung verfahrbar. Der mindestens eine zweite Stempel ist entlang einer radialen Richtung durch einen Kanal in der Matrize und hin zur Aufnahme verfahrbar, wobei er bevorzugt dabei (wenn er bis zur Aufnahme verfahren wurde) die Öffnung ausfüllt. Der erste Stempel ist über eine der Stirnseiten der Matrize in die Aufnahme entlang der axialen Richtung verfahrbar. Das Presswerkzeug ist nunmehr so eingerichtet, dass der zweite Stempel in der radialen Richtung nur so weit hin zur Aufnahme verfahrbar ist, dass er zumindest mit einem Bereich der Innenumfangsfläche, der entlang der axialen Richtung zwischen der einen Stirnseite über die der erste Stempel in die Aufnahme verfahren wird, und der Öffnung angeordnet ist, bündig abschließend oder höchstens um 0,1 mm [Millimeter], insbesondere höchstens um 0,05 mm, zumindest gegenüber diesem Bereich der

Innenumfangsfläche in der radialen Richtung in die Aufnahme hinein überstehend anordenbar ist.

[0025] Insbesondere weist der zweite Stempel an seiner der Aufnahme zugewandten Stirnfläche keine Kontur zur Ausbildung eines Hinterschnitts an dem Grünling auf. Dabei bezeichnet Hinterschnitt bevorzugt einen Absatz in der Außenfläche des Grünlings, der ein Untermaß (entlang der radialen Richtung) von mehr als 2 oder 1 mm, bzw. sogar mehr als nur 0,1 mm [Millimeter], insbesondere mehr als 0,05 mm, gegenüber jeder (anderen) Fläche des Grünlings zwischen der durch die Stirnfläche des zweiten Stempels gebildeten Fläche des Grünlings und dem ersten Ende und/oder dem zweiten Ende des Wandbereichs bzw. des Grünlings entlang der axialen Richtung aufweist.

[0026] Insbesondere sind das erste Ende und das zweite Ende jeweils unmittelbar an den Wandbereich angrenzend angeordnet.

[0027] Insbesondere weist der (mindestens eine) zweite Stempel eine, zusammen mit der Innenumfangsfläche die Aufnahme bildende, Stirnfläche auf, wobei die Stirnfläche sich parallel zur axialen Richtung erstreckt.

[0028] Bevorzugt erstreckt sich auch die Innenumfangsfläche, insbesondere in dem Bereich zwischen der Öffnung und der ersten Stirnseite der Matrice, parallel zur axialen Richtung.

[0029] Die Ausführungen zu dem vorstehend beschriebenen Verfahren gelten gleichermaßen für das Presswerkzeug und umgekehrt.

[0030] Es wird ein Grünling vorgeschlagen, hergestellt durch Verpressen eines pulverförmigen Werkstoffes, wobei der Grünling eine sich entlang einer axialen Richtung erstreckende Längsachse und einen zu der Längsachse parallel verlaufenden Wandbereich aufweist, der sich entlang der axialen Richtung von einem ersten Ende zu einem zweiten Ende erstreckt. Der Wandbereich umfasst einen Teilbereich, der von dem ersten Ende und von dem zweiten Ende beabstandet angeordnet ist. Ein sich durch das Verpressen eingestelltes erstes Oberflächengefüge des Wandbereichs außerhalb des Teilbereichs unterscheidet sich von einem zweiten Oberflächengefüge des Teilbereichs.

[0031] Insbesondere wird das erste Oberflächengefüge außerhalb des Teilbereichs durch Scheerung, nämlich bewegen der Partikel entlang der Innenumfangsfläche in der axialen Richtung, während des Verdichtens erzeugt, wobei eine glänzende Oberfläche mit abgeplatteten Partikeln entsteht.

[0032] Insbesondere erstreckt sich der Teilbereich zwischen einer ersten Trennlinie zum Wandbereich und einer zweiten Trennlinie zum Wandbereich entlang der axialen Richtung, wobei die Trennlinie den Übergang von dem ersten Oberflächengefüge zu dem zweiten Oberflächengefüge bildet.

[0033] Der Teilbereich des Wandbereichs wird durch das Verpressen entlang der radialen Richtung mit dem zweiten Stempel gebildet. Infolge des radialen Verpressens stellt sich in dem Teilbereich ein zweites Oberflächengefüge ein, das sich bereits visuell von dem ersten Oberflächengefüge (außerhalb des Teilbereichs) unterscheiden lässt.

[0034] Das zweite Oberflächengefüge des Teilbereichs wird insbesondere gerade nicht durch Scheerung gebildet. Hier werden die Partikel entlang der radialen Richtung verdichtet. Es entsteht eine matte Oberfläche mit abgeplatteten Partikeln.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist zumindest eine (insbesondere beide) der Trennlinien einen gekrümmten, insbesondere mäandernden Verlauf auf. Ein „gekrümmter“ Verlauf einer Trennlinie liegt vor, wenn dieser nicht geradlinig verläuft, die Trennlinie also zumindest einen Krümmungsradius aufweist. Hat der Verlauf mehrere Abschnitte mit unterschiedlichem Krümmungsradius, insbesondere unterschiedlicher (entgegengesetzter) Orientierung relativ zum Verlauf der Trennlinie, kann von einem mäanderförmigen bzw. mäandernden Verlauf ausgegangen werden. Der gekrümmte bzw. mäandernde Verlauf wirkt der Bildung einer Sollbruchstelle entgegen, die bei geradlinig verlaufenden Trennlinien eher zu erwarten ist. Diese Sollbruchstelle des Grünlings wird insbesondere durch den Umstand hervorgerufen, dass im Bereich der Trennlinie der Übergang zwischen dem durch den zweiten Stempel verdichteten Teilbereich und dem durch das axiale Verdichten gebildeten Wandbereich vorliegt. Diese dort ggf. vorliegenden minimalen Kanten und/oder Gefügeunterschiede können die Sollbruchstelle bilden. Dieser Übergang eines möglichen Dichteunterschieds im Grünling zwischen dem Teilbereich und dem Wandbereich wird durch die gekrümmte Trennlinie „verwischt“.

[0036] Insbesondere ist der Teilbereich hinterschnittfrei zum Wandbereich ausgeführt und schließt mit dem Wandbereich bündig ab oder ist höchstens um 0,1 mm [Millimeter], insbesondere höchstens 0,05 mm, gegenüber dem Wandbereich in einer radialen Richtung in den Grünling hinein versetzt angeordnet. Dabei bezeichnet Hinterschnitt bevorzugt jede Form des Grünlings, die ein Untermaß (entlang der radialen Richtung) von mehr als 0,1 mm, insbesondere von höchstens 0,05 mm, aufweist gegenüber jeder Fläche des Grünlings zwischen dem durch die Stirnfläche des zweiten Stempels gebildeten Teilbereich des

Grünlings und dem ersten Ende und/oder dem zweiten Ende des Wandbereichs bzw. des Grünlings entlang der axialen Richtung.

[0037] Insbesondere ist der Teilbereich an einem Teilstück des Grünlings angeordnet, das sich entlang der axialen Richtung verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt, quer zur axialen Richtung, des Teilstücks und einem kleinsten Querschnitt mindestens 2:1, insbesondere mindestens 3:1, ist.

[0038] Dabei ist der größte Querschnitt des sich verjüngenden Teilstücks insbesondere zwischen der ersten Trennlinie und der zweiten Trennlinie angeordnet. Bevorzugt ist auch der kleinste Querschnitt zwischen der ersten Trennlinie und der zweiten Trennlinie angeordnet.

[0039] Insbesondere erfolgt die Verjüngung kontinuierlich über, gegenüber der axialen Richtung geneigt angeordnete Seitenflächen des Teilstücks des Grünlings, wobei sich zumindest die Seitenfläche des Grünlings, die den Teilbereich aufweist, zumindest in dem Teilbereich parallel zur Längsachse erstreckt.

[0040] Der Grünling ist insbesondere durch das Verfahren und/oder durch Einsatz des Presswerkzeuges herstellbar. Die Ausführungen zu dem Verfahren und zu dem Presswerkzeug gelten in gleicher Weise für den Grünling und umgekehrt.

[0041] Weiter wird ein Sinterteil oder ein wärmebehandeltes Bauteil (im Folgenden Sinterteil) vorgeschlagen, hergestellt durch Sintern oder Wärmebehandeln des vorstehend beschriebenen Grünlings, wobei das Sinterteil im Bereich des Grünlings, in dem zuvor das erste Oberflächengefüge vorlag, ein drittes Oberflächengefüge ausgebildet ist und im Bereich des Grünlings, in dem zuvor das zweite Oberflächengefüge vorlag, ein viertes (vom dritten Oberflächengefüge verschiedenes) Oberflächengefüge aufweist.

[0042] Das dritte Oberflächengefüge und das vierte Oberflächengefüge betrifft die Veränderungen der Oberflächengefüge durch das Sintern bzw. durch die Wärmebehandlung ausgehend von den Oberflächengefügen beim Grünling. Auch am Sinterteil sind die Unterschiede des Oberflächengefüges zwischen dem Teilbereich und dem Wandbereich identifizierbar.

[0043] Die Ausführungen zu dem Grünling gelten gleichermaßen für das Sinterteil und umgekehrt.

[0044] Vorsorglich sei angemerkt, dass die hier verwendeten Zahlwörter („erste“, „zweite“, „...“) vorrangig (nur) zur Unterscheidung von mehreren gleichartigen Gegenständen oder Größen dienen, also insbesondere keine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge die-

ser Gegenstände oder Größen zueinander zwingend vorgeben. Sollte eine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge erforderlich sein, ist dies hier explizit angegeben oder es ergibt sich offensichtlich für den Fachmann beim Studium der konkret beschriebenen Ausgestaltung.

[0045] Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die gezeigten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren und mit anderen Bestandteilen und Erkenntnissen aus der vorliegenden Beschreibung und/oder Figuren zu kombinieren. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Gegenstände, so dass ggf. Erläuterungen aus anderen Figuren ergänzend herangezogen werden können. Es zeigen:

Fig. 1: einen Grünling in einer ersten perspektivischen Ansicht;

Fig. 2: den Grünling nach **Fig. 1** in einer zweiten perspektivischen Ansicht;

Fig. 3: den Grünling nach **Fig. 1** und **Fig. 2** in einer Seitenansicht;

Fig. 4: ein Sinterteil in einer Seitenansicht;

Fig. 5: das Sinterteil nach **Fig. 4** in einer perspektivischen Ansicht;

Fig. 6: ein erstes Presswerkzeug während Schritt b) des Verfahrens in einer perspektivischen Ansicht im Schnitt;

Fig. 7: das erste Presswerkzeug nach **Fig. 6** während Schritt c) in einer teilweise geschnittenen perspektivischen Ansicht;

Fig. 8: ein zweites Presswerkzeug vor Schritt b) des Verfahrens in einer perspektivischen Ansicht im Schnitt; und

Fig. 9: ein weiteres Sinterteil in einer perspektivischen Ansicht.

[0046] **Fig. 1** zeigt einen Grünling **1** in einer ersten perspektivischen Ansicht. **Fig. 2** zeigt den Grünling **1** nach **Fig. 1** in einer zweiten perspektivischen Ansicht. **Fig. 3** zeigt den Grünling **1** nach **Fig. 1** und **Fig. 2** in einer Seitenansicht. Die **Fig. 1** bis **Fig. 3** werden im Folgenden gemeinsam beschrieben.

[0047] Die in Matrizen **3** hergestellten Grünlinge **1** können eine Vielzahl von Geometrien aufweisen. Es hat sich bisher als schwierig dargestellt, Grünlinge **1** herzustellen, die sich zumindest in Teilstücken **24** des Grünlings **1** entlang der axialen Richtung **4** verjün-

gen. Insbesondere in Teilstücken **24** des Grünlings **1**, die gegenüber der axialen Richtung **4** geneigte Seitenflächen aufweisen, also sich konisch verjüngen, können Inhomogenitäten in der Dichteverteilung des Grünlings **1** auftreten. Damit lassen sich diese Teile entweder nicht herstellen oder weisen auch als Sinterteile **30** gerade in diesen Teilstücken **24** nicht die erwünschte Festigkeit bzw. die erwünschten Eigenschaften auf.

[0048] Der hier dargestellte Grünling **1** wurde durch Verpressen eines pulverförmigen Werkstoffes **14** hergestellt. Der Grünling **1** weist eine sich entlang einer axialen Richtung **4** erstreckende Längsachse **27** und einen zu der Längsachse **27** parallel verlaufenden Wandbereich **21** auf, der sich entlang der axialen Richtung **4** von einem ersten Ende **19** zu einem zweiten Ende **20** erstreckt, wobei der Wandbereich **21** einen Teilbereich **18** umfasst, der von dem ersten Ende **19** und von dem zweiten Ende **20** beabstandet angeordnet ist. Ein sich durch das Verpressen eingestelltes erstes Oberflächengefüge **28** des Wandbereichs **21** außerhalb des Teilbereichs **18** unterscheidet sich von einem zweiten Oberflächengefüge **29** des Teilbereichs **18**. Der Teilbereich **18** des Wandbereichs **21** wird durch das Verpressen entlang der radialen Richtung **11** mit einem zweiten Stempel **13** gebildet.

[0049] Erkennbar ist der Teilbereich **18** hinterschnittsfrei zum Wandbereich **21** ausgeführt und schließt mit dem Wandbereich **21** bündig ab. Dabei bezeichnet Hinterschnitt jede Form des Grünlings **1**, die ein bestimmtes Mindestuntermaß (entlang der radialen Richtung **11**) aufweist gegenüber jeder Fläche des Grünlings **1** zwischen dem durch die Stirnfläche **15** des zweiten Stempels **13** gebildeten Teilbereich **18** des Grünlings **1** und dem ersten Ende **19** und/oder dem zweiten Ende **20** des Wandbereichs **21** bzw. des Grünlings **1** entlang der axialen Richtung **4**.

[0050] Der Teilbereich **18** ist an einem Teilstück **24** des Grünlings **1** angeordnet, dass sich entlang der axialen Richtung **4** verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt **25**, quer zur axialen Richtung **4**, des Teilstücks **24** und einem kleinsten Querschnitt **26** mindestens 2:1 ist.

[0051] Bei dem dargestellten Grünling **1** erfolgt die Verjüngung des Teilstücks **24** kontinuierlich über, gegenüber der axialen Richtung **4** geneigt angeordnete Seitenflächen des Teilstücks **24**, wobei sich hier nur die Seitenfläche des Grünlings **1**, die den Teilbereich **18** aufweist, parallel zur Längsachse **27** erstreckt.

[0052] Fig. **4** zeigt ein Sinterteil **30** in einer Seitenansicht. Fig. **5** zeigt das Sinterteil **30** nach Fig. **4** in einer perspektivischen Ansicht. Die Fig. **4** und Fig. **5** werden im Folgenden gemeinsam beschrieben. Das Sinterteil **30** wird durch Sintern eines Grünlings **1** hergestellt. Das Sinterteil **30** weist eine sich entlang ei-

ner axialen Richtung **4** erstreckende Längsachse **27** und einen zu der Längsachse **27** parallel verlaufenden Wandbereich **21** auf, der sich entlang der axialen Richtung **4** von einem ersten Ende **19** zu einem zweiten Ende **20** erstreckt, wobei der Wandbereich **21** einen Teilbereich **18** umfasst, der von dem ersten Ende **19** und von dem zweiten Ende **20** beabstandet angeordnet ist.

[0053] Der Teilbereich **18** ist an einem Teilstück **24** des Sinterteils **30** angeordnet, das sich entlang der axialen Richtung **4** verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt **25**, quer zur axialen Richtung **4**, des Sinterteils **30** und einem kleinsten Querschnitt **26** mindestens 2:1 ist. Bei dem dargestellten Sinterteil **30** erfolgt die Verjüngung kontinuierlich über, gegenüber der axialen Richtung **4** geneigt angeordnete Seitenflächen des Sinterteils. Die Seitenfläche des Sinterteils **30**, die den Teilbereich **18** aufweist, erstreckt sich parallel zur Längsachse **27**.

[0054] Fig. **6** zeigt ein erstes Presswerkzeug **2** während Schritt b) des Verfahrens in einer perspektivischen Ansicht im Schnitt. Das Presswerkzeug **2** umfasst eine Matrize **3**, einen ersten Stempel **10** und einen zweiten Stempel **13**. Die Matrize **3** erstreckt sich entlang einer axialen Richtung **4** zwischen einer ersten Stirnseite **5** und einer zweiten Stirnseite **6** und bildet zwischen den Stirnseiten **5**, **6** eine Innenumfangsfläche **7** mit einer Öffnung **8** aus. Die Innenumfangsfläche **7** bildet eine Aufnahme **9** für den Grünling **1**. Der erste Stempel **10** ist entlang einer axialen Richtung **4** verfahrbar. Der zweite Stempel **13** ist entlang einer radialen Richtung **11** durch einen Kanal **12** in der Matrize **3** und hin zur Aufnahme **9** verfahrbar, wobei er dabei (wenn er bis zur Aufnahme **9** verfahren wurde) die Öffnung **8** ausfüllt (siehe Stellung des zweiten Stempels **13** in Fig. **7**). Der erste Stempel **10** ist über die erste Stirnseite **5** der Matrize **3** in die Aufnahme **9** entlang der axialen Richtung **4** verfahrbar. In Schritt a) des Verfahrens wird die Matrize **3** und der zweite Stempel **13** bereitgestellt, wobei der zweite Stempel **13** gegenüber der Innenumfangsfläche **7** (und gegenüber der Öffnung **8**) in der radialen Richtung **11** nach außen versetzt und dabei im Kanal **12** angeordnet ist. In Schritt b) des Verfahrens erfolgt das Einfüllen eines pulverförmigen Werkstoffes **14** in die Aufnahme **9**.

[0055] Hier wird der in der radialen Richtung **11** verfahrbare zweite Stempel **13** offensichtlich nicht zur Erzeugung eines Hinterschnitts eingesetzt. Zur Erzeugung eines Hinterschnitts würde der zweite Stempel **13** über die Öffnung **8** hinaus in die Aufnahme **9** hinein verschoben werden, wobei vor dem Entnehmen des Grünlings **1** aus der Aufnahme **9** der zweite Stempel **13** aus der Aufnahme **9** heraus verfahren werden müsste, so dass der in der axialen Richtung **4** erzeugte Formschluss zwischen zweitem Stempel **13** und Grünling **1** aufgehoben wird.

[0056] Hier wird also gerade kein Hinterschnitt erzeugt sondern eine Verdichtung des pulverförmigen Werkstoffs **14** durch ein Verpressen in der radialen Richtung **11** bewirkt. Dazu wird zugelassen, dass der pulverförmige Werkstoff **14** über die Öffnung **8** in den Kanal **12** eintritt. Nur so kann eine Zusatzmenge an Werkstoff **14** in diesen Bereich des späteren Grünlings **1** transportiert werden, wobei diese Zusatzmenge durch den zweiten Stempel **13** der Aufnahme **9** und damit dem Grünling **1** über die Öffnung **8** wieder zugeführt wird. Damit wird ein Transport des pulverförmigen Werkstoffes **14** entlang der axialen Richtung **4** durch den ersten Stempel **10** während des Verpressens hier durch einen Transport des pulverförmigen Werkstoffes **14** entlang der radialen Richtung **11** ergänzt.

[0057] Gerade bei sich verjüngenden Bauteilen, z. B. mit konisch zulaufenden Seitenwänden, kann der pulverförmige Werkstoff **14** nicht oder nur sehr schwer in dieses Teilstück **24** des späteren Grünlings **1** verschoben werden. Der Einsatz eines in der radialen Richtung **11** verfahrbaren zweiten Stempels **13** ermöglicht nun, dass die geforderte Menge an Werkstoff **14** zielgerichtet genau zu diesem Teilstück **24** hin verfahren werden kann.

[0058] Der zweite Stempel **13** weist eine, zusammen mit der Innenumfangsfläche **7** die Aufnahme **9** bildende, Stirnfläche **15** auf, wobei die Stirnfläche **15** sich parallel zur axialen Richtung **4** erstreckt. Auch die Innenumfangsfläche **7** erstreckt sich in dem Bereich zwischen der Öffnung **8** und der ersten Stirnseite **5** der Matrice **3**, parallel zur axialen Richtung **4**.

[0059] Der zweite Stempel **13** wird in Schritt a) so weit in der radialen Richtung **11** gegenüber der Innenumfangsfläche **7** versetzt angeordnet, dass sich der in Schritt b) eingefüllte Werkstoff **14** auch in dem Kanal **12** anordnet wie hier dargestellt. Der in dem Kanal **12** angeordnete Werkstoff **14** wird durch das Verfahren des zweiten Stempels **13** in Schritt c) über die Öffnung **8** in die Aufnahme **9** verschoben.

[0060] In Fig. **6** ist weiterhin ein dritter Stempel **33**, ein Auswerfer **34** sowie ein weiterer (vierter) Stempel **35** dargestellt. Der dritte Stempel **33** und ggf. der weitere Stempel **35** dienen ebenfalls der Verdichtung des pulverförmigen Werkstoffes **14**. Aufgrund des sich verjüngenden Teilstücks **24** kann der Auswerfer **34** nicht (oder nur im geringem Umfang zum Verdichten des Werkstoffes **14** eingesetzt werden. Damit würden Scherspannungen in dem Grünling **1** entstehen, die zum Versagen des Grünlings **1** führen können. Der Auswerfer **34** dient hier ausschließlich zum Entfernen des Grünlings **1** aus der Matrice **3** (zusammen mit dem dritten Stempel **33** und dem weiteren Stempel **35**).

[0061] Fig. **7** zeigt das erste Presswerkzeug **2** nach Fig. **6** während Schritt c) in einer teilweise geschnittenen perspektivischen Ansicht. Auf die Ausführungen zu Fig. **6** wird Bezug genommen.

[0062] In Schritt c) des Verfahrens werden der erste Stempel **10** und der zweite Stempel **13** zum Verpressen des Werkstoffes **14** in der Aufnahme **9** verschoben, wobei der zweite Stempel **13** in der radialen Richtung **11** hin zur Aufnahme **9** nur so weit verfahren wird, dass er mit einem Bereich **36** der Innenumfangsfläche **7**, der entlang der axialen Richtung **4** zwischen der ersten Stirnseite **5** und der Öffnung **8** angeordnet ist, bündig abschließend angeordnet ist oder höchstens um **0,1 mm** gegenüber diesem Bereich **36** der Innenumfangsfläche **7** in der radialen Richtung **11** in die Aufnahme **9** hinein überstehend angeordnet ist.

[0063] In Schritt c) des Verfahrens wird durch den zweiten Stempel **13** ein Teilbereich **18** eines, sich entlang der axialen Richtung **4** von einem ersten Ende **19** zu einem zweiten Ende **20** erstreckenden, Wandbereichs **21** des Grünlings **1** verdichtet, wobei der Teilbereich **18** von dem ersten Ende **19** und von dem zweiten Ende **20** beabstandet angeordnet ist.

[0064] Fig. **8** zeigt ein zweites Presswerkzeug **2** vor Schritt b) des Verfahrens in einer perspektivischen Ansicht im Schnitt. Auf die Ausführungen zu den Fig. **6** und Fig. **7** wird Bezug genommen.

[0065] Im Unterschied zu dem ersten Presswerkzeug gemäß Fig. **6** und Fig. **7** umfasst der zweite Stempel **13** einen ersten Teilstempel **16** und einen zweiten Teilstempel **17**, die unabhängig voneinander verfahrbar sind. Damit kann das Verfahren genauer an die jeweils vorherrschenden Bedingungen angepasst werden. Z. B. können Teilvolumina des späteren Grünlings **1** sukzessive gefüllt und verdichtet werden. Erkennbar sind die Teilstempel **16**, **17** entlang der axialen Richtung **4** nebeneinander angeordnet.

[0066] Fig. **9** zeigt ein weiteres Sinterteil **30** in einer perspektivischen Ansicht. Auf die Ausführungen zu Fig. **1** bis Fig. **3** wird verwiesen. Das Sinterteil **30** wurde durch Sintern des Grünlings **1** nach Fig. **1** bis Fig. **3** hergestellt.

[0067] Der Teilbereich **18** des Grünlings **1** bzw. des Sinterteils erstreckt sich zwischen einer ersten Trennlinie **22** zum Wandbereich **21** und einer zweiten Trennlinie **23** zum Wandbereich **21** entlang der axialen Richtung **4**, wobei die erste Trennlinie **22** einen mäandernden Verlauf aufweist. Die Trennlinien **22**, **23** sind zum einen aufgrund des minimalen Versatzes in der radialen Richtung **11** des Teilbereichs **18** gegenüber dem nicht in der radialen Richtung **11** verdichteten Wandbereichen **21** erkennbar. Zum anderen stellt sich in dem Teilbereich **18** ein anderes Oberflächenbild oder ein anderes viertes Oberflächenge-

füge **32** ein, das sich visuell von dem dritten Oberflächengefüge **31** des Wandbereichs **21** unterscheiden lässt.

[0068] Erkennbar ist hier der größte Querschnitt **25** des sich verjüngenden Teilstücks **24** zwischen der ersten Trennlinie **22** und der zweiten Trennlinie **23** angeordnet. Auch der kleinste Querschnitt **26** des sich verjüngenden Teilstücks **24** ist zwischen der ersten Trennlinie **22** und der zweiten Trennlinie **23** angeordnet.

Bezugszeichenliste

1	Grünling
2	Presswerkzeug
3	Matrize
4	axiale Richtung
5	erste Stirnseite
6	zweite Stirnseite
7	Innenumfangsfläche
8	Öffnung
9	Aufnahme
10	erster Stempel
11	radiale Richtung
12	Kanal
13	zweiter Stempel
14	Werkstoff
15	Stirnfläche
16	erster Teilstempel
17	zweiter Teilstempel
18	Teilbereich
19	erstes Ende
20	zweites Ende
21	Wandbereich
22	erste Trennlinie
23	zweite Trennlinie
24	Teilstück
25	größter Querschnitt
26	kleinster Querschnitt
27	Längsachse
28	erstes Oberflächengefüge
29	zweites Oberflächengefüge
30	Sinterteil
31	drittes Oberflächengefüge

32	viertes Oberflächengefüge
33	dritter Stempel
34	Auswerfer
35	weiterer Stempel
36	Bereich

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung mindestens eines Grünlings (1) mit einem Presswerkzeug (2), wobei das Presswerkzeug (2) zumindest eine Matrize (3) umfasst, die sich entlang einer axialen Richtung (4) zwischen einer ersten Stirnseite (5) und einer zweiten Stirnseite (6) erstreckt und zwischen den Stirnseiten (5, 6) eine Innenumfangsfläche (7) mit einer Öffnung (8) ausbildet, wobei die Innenumfangsfläche (7) eine Aufnahme (9) für den Grünling (1) bildet, und weiter mindestens einen über eine der Stirnseiten (5, 6) der Matrize (3) in die Aufnahme (9) entlang der axialen Richtung (4) verfahrenen ersten Stempel (10) sowie mindestens einen durch einen Kanal (12) in der Matrize (3) und hin zur Aufnahme (9) entlang einer radialen Richtung (11) verfahrenen zweiten Stempel (13); wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

a) Bereitstellen der Matrize (3) und des zweiten Stempels (13), wobei der zweite Stempel (13) vor oder während Schritt b) gegenüber der Innenumfangsfläche (7) in der radialen Richtung (11) nach außen versetzt angeordnet ist;

b) Einfüllen eines pulverförmigen Werkstoffes (14) in die Aufnahme (9);

c) Verfahren zumindest des ersten Stempels (10) und des zweiten Stempels (13) und Verpressen des Werkstoffes (14) in der Aufnahme (9), wobei der zweite Stempel (13) in der radialen Richtung (11) hin zur Aufnahme (9) nur so weit verfahren wird, dass er zumindest mit einem Bereich (36) der Innenumfangsfläche (7), der entlang der axialen Richtung (4) zwischen der einen Stirnseite (5, 6), über die der erste Stempel (10) in die Aufnahme (9) verfahren wird, und der Öffnung (8) angeordnet ist, bündig abschließend oder um höchstens 0,1 mm zumindest gegenüber diesem Bereich (36) der Innenumfangsfläche (7) in der radialen Richtung (11) in die Aufnahme (9) hinein überstehend angeordnet ist.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei der zweite Stempel (13) in Schritt a) oder während Schritt b) so weit in der radialen Richtung (11) gegenüber der Innenumfangsfläche (7) versetzt angeordnet wird, dass sich der in Schritt b) eingefüllte Werkstoff (14) auch in dem Kanal (12) anordnet.

3. Verfahren nach Patentanspruch 2, wobei der in dem Kanal (12) angeordnete Werkstoff (14) durch das Verfahren des zweiten Stempels (13) in Schritt c)

über die Öffnung (8) in die Aufnahme (9) verschoben wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der zweite Stempel (13) zumindest einen ersten Teilstempel (16) und einen zweiten Teilstempel (17) umfasst, die unabhängig voneinander verfahrbar sind.

5. Verfahren nach Patentanspruch 4, wobei die Teilstempel (16, 17) entlang der axialen Richtung (4) nebeneinander angeordnet sind.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei in Schritt c) durch den zweiten Stempel (13) ein Teilbereich (18) eines, sich entlang der axialen Richtung (4) von einem ersten Ende (19) zu einem zweiten Ende (20) erstreckenden, Wandbereichs (21) des Grünlings (1) verdichtet wird, wobei der Teilbereich (18) zumindest von dem ersten Ende (19) oder von dem zweiten Ende (20) beabstandet angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der zweite Stempel (13) an einem Teilstück (24) des Grünlings (1) angeordnet ist, das sich entlang der axialen Richtung (4) verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt (25), quer zur axialen Richtung (4), des Teilstücks (24) und einem kleinsten Querschnitt (26) mindestens 2:1 ist.

8. Presswerkzeug (2) zur Herstellung mindestens eines Grünlings (1), wobei das Presswerkzeug (2) zumindest eine Matrize (3) umfasst, die sich entlang einer axialen Richtung (4) zwischen einer ersten Stirnseite (5) und einer zweiten Stirnseite (6) erstreckt und zwischen den Stirnseiten (5, 6) eine Innenumfangsfläche (7) mit einer Öffnung (8) ausbildet, wobei die Innenumfangsfläche (7) eine Aufnahme (9) für den Grünling (1) bildet, und weiter mindestens einen über eine der Stirnseiten (5, 6) der Matrize (3) in die Aufnahme (9) entlang einer axialen Richtung (4) verfahrbaren ersten Stempel (10) sowie mindestens einen entlang einer radialen Richtung (11) durch einen Kanal (12) in der Matrize (3) und hin zur Aufnahme (9) verfahrbaren zweiten Stempel (13); wobei der zweite Stempel (13) in der radialen Richtung (11) nur so weit hin zur Aufnahme (9) verfahrbar ist, dass er zumindest mit einem Bereich (36) der Innenumfangsfläche (7), der entlang der axialen Richtung (4) zwischen der einen Stirnseite (5, 6), über die der erste Stempel (10) in die Aufnahme (9) verfahren wird, und der Öffnung (8) angeordnet ist, bündig abschließend oder höchstens um 0,1 mm zumindest gegenüber diesem Bereich (36) der Innenumfangsfläche (7) in der radialen Richtung (11) in die Aufnahme (9) hinein überstehend anordenbar ist.

9. Grünling (1), hergestellt durch Verpressen eines pulverförmigen Werkstoffes (14), wobei der Grünling (1) eine sich entlang einer axialen Richtung (4) erstreckende Längsachse (27) und einen zu der Längsachse (27) parallel verlaufenden Wandbereich (21) aufweist, der sich entlang der axialen Richtung (4) von einem ersten Ende (19) zu einem zweiten Ende (20) erstreckt, wobei der Wandbereich (21) einen Teilbereich (18) umfasst, der von dem ersten Ende (19) und von dem zweiten Ende (20) beabstandet angeordnet ist; wobei ein sich durch das Verpressen eingestelltes erstes Oberflächengefüge (28) des Wandbereichs (21) außerhalb des Teilbereichs (18) sich von einem zweiten Oberflächengefüge (29) des Teilbereichs (18) unterscheidet.

10. Grünling (1) nach Patentanspruch 9, wobei der Teilbereich (18) sich zwischen einer ersten Trennlinie (22) zum Wandbereich (21) und einer zweiten Trennlinie (23) zum Wandbereich (21) entlang der axialen Richtung (4) erstreckt, wobei die Trennlinien (22, 23) den Übergang von dem ersten Oberflächengefüge (28) zu dem zweiten Oberflächengefüge (29) bilden.

11. Grünling (1) nach Patentanspruch 10, wobei zumindest eine der Trennlinien (22, 23) einen gekrümmten Verlauf aufweist.

12. Grünling (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 9 bis 11, wobei der Teilbereich (18) hinterschnittfrei zum Wandbereich (21) ausgeführt ist und mit dem Wandbereich (21) bündig abschließt oder höchstens um 0,1 mm gegenüber dem Wandbereich (21) in einer radialen Richtung (11) in den Grünling (1) hinein versetzt angeordnet ist.

13. Grünling (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei der Teilbereich (18) an einem Teilstück (24) des Grünlings (1) angeordnet ist, das sich entlang der axialen Richtung (4) verjüngt, wobei ein Verhältnis zwischen einem größten Querschnitt (25), quer zur axialen Richtung (4), des Teilstücks (24) und einem kleinsten Querschnitt (26) mindestens 2:1 ist.

14. Sinterteil (30), hergestellt durch eine Wärmebehandlung des Grünlings (1) nach einem der vorhergehenden Patentansprüche 9 bis 13, wobei das Sinterteil (30) im Bereich des ersten Oberflächengefüges (28) des Grünlings (1) ein drittes Oberflächengefüge (31) und im Bereich des zweiten Oberflächengefüges (29) des Grünlings (1) ein viertes Oberflächengefüge (32) aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

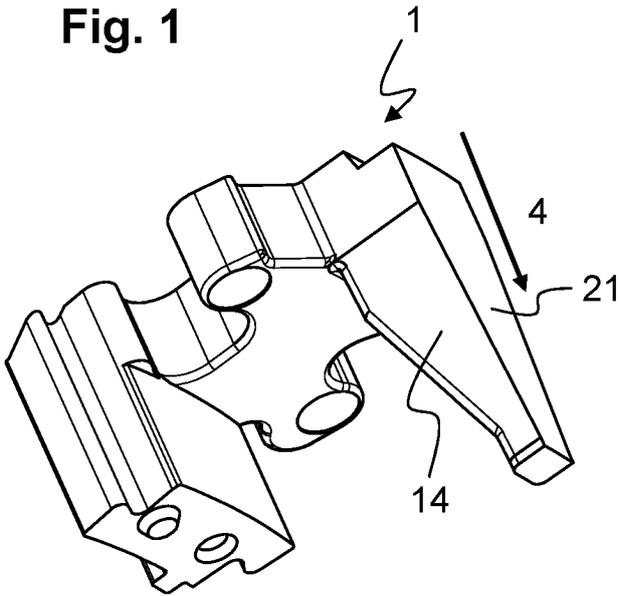


Fig. 2

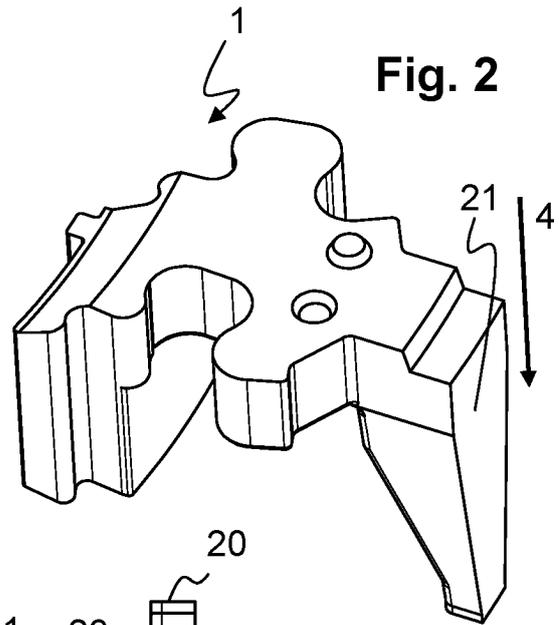


Fig. 3

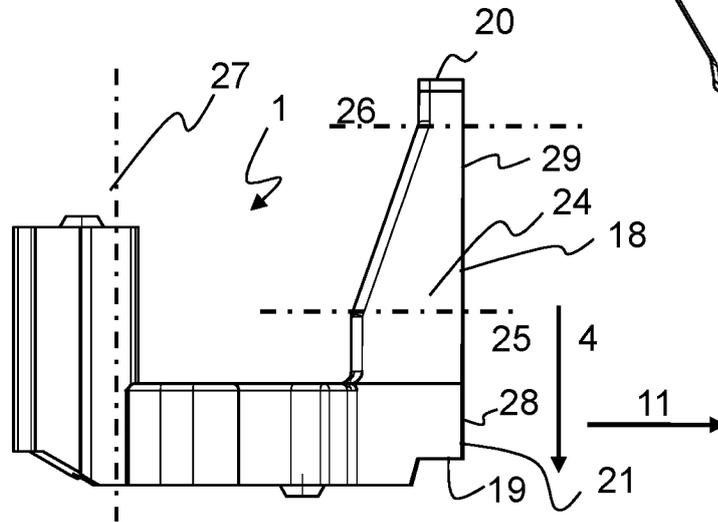


Fig. 4

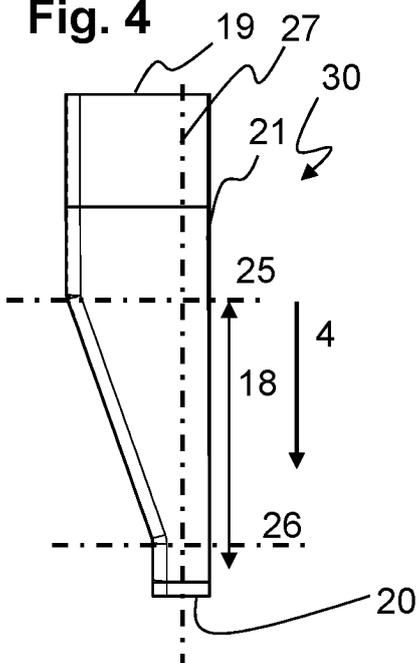
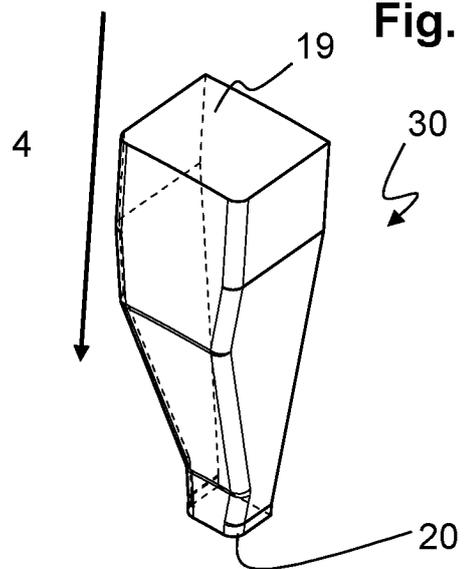


Fig. 5



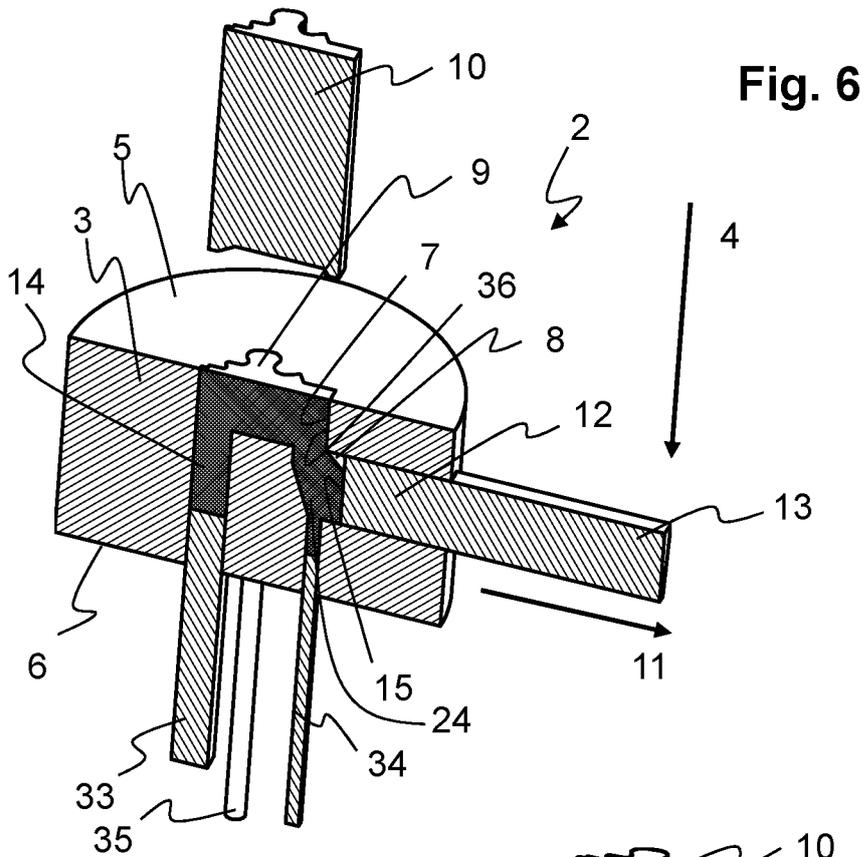


Fig. 6

Fig. 7

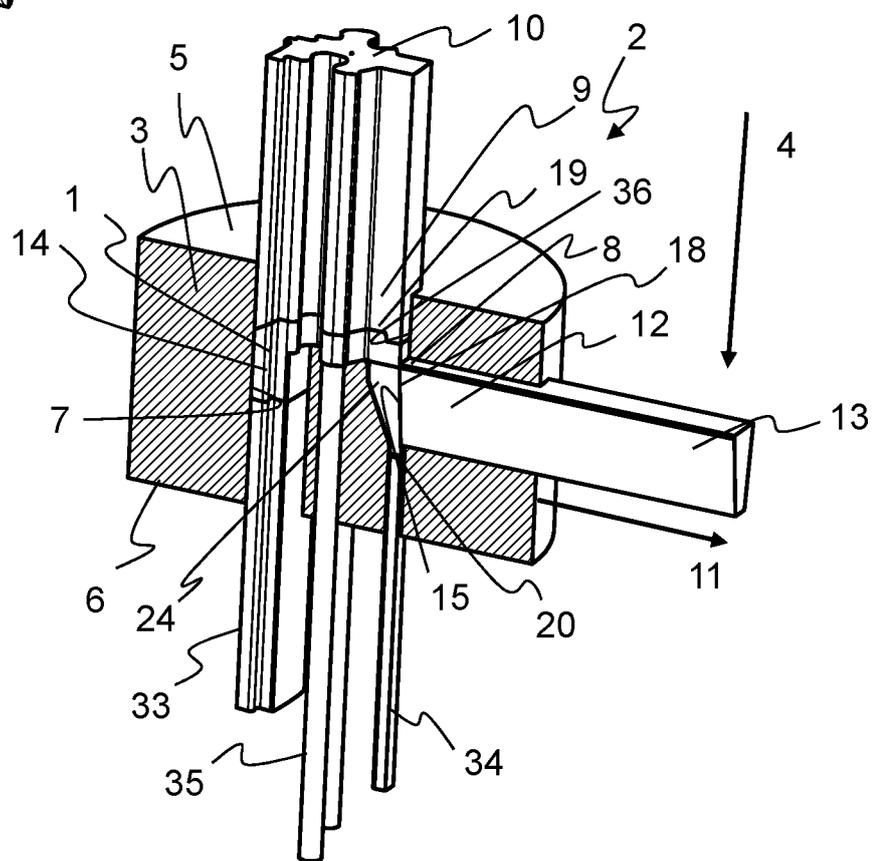


Fig. 8

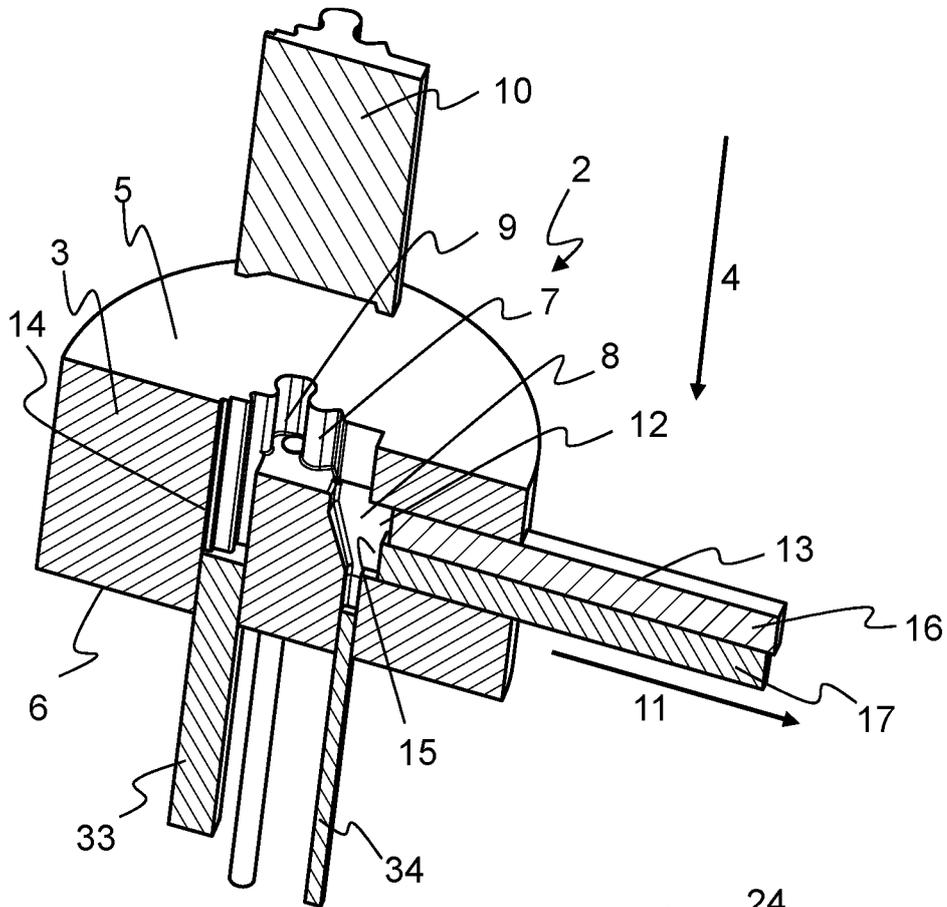


Fig. 9

