



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.09.2020 Patentblatt 2020/36

(51) Int Cl.:
B22F 3/03 (2006.01) **B22F 3/105** (2006.01)
B22F 3/14 (2006.01) **C22C 1/04** (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01) **H01H 1/02** (2006.01)
H01H 33/664 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19160085.7**

(22) Anmeldetag: **28.02.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Bödinge, Hermann**
81243 München (DE)
• **Karmazin, Roman**
81829 München (DE)
• **Kupka, Daniel**
92224 Amberg (DE)
• **Schuh, Carsten**
85598 Baldham (DE)

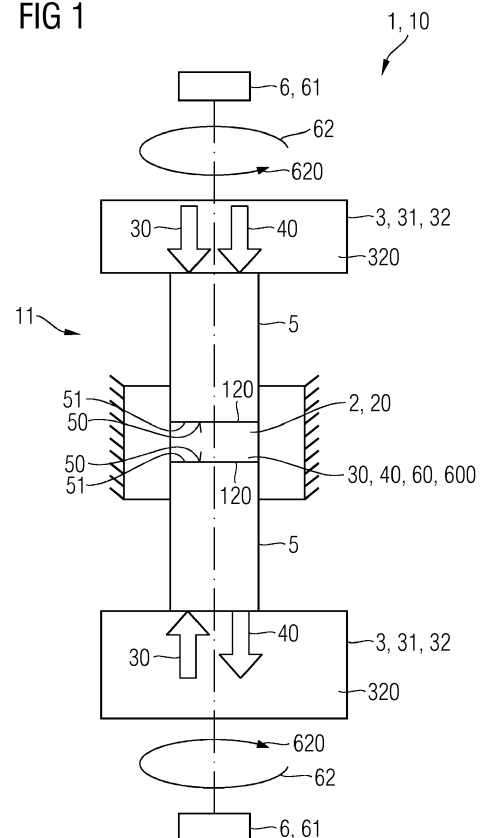
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(54) **SINTER-VORRICHTUNG MIT SCHER-BELASTUNGS-QUELLE, VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES ELEKTRISCHEN KONTAKT-WERKSTOFFS UNTER VERWENDUNG DER SINTER-VORRICHTUNG, ELEKTRISCHER KONTAKT-WERKSTOFF UND VERWENDUNG DES ELEKTRISCHEN KONTAKT-WERKSTOFFS**

(57) Die Erfindung betrifft eine Sinter-Vorrichtung mit mindestens einer Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut. Das Sinter-Gut weist Pulver-Partikel auf. Ausgestattet ist die Sinter-Einheit mit mindestens einem Sinter-Behälter zur Aufnahme des Sinter-Guts, mit mindestens einer Druck-Quelle zum Ausüben von Sinter-Druck auf das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut während des Sinterns, mit mindestens einer Strom-Quelle zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut und mit mindestens einer Sinter-Komponente für das Ausüben des Sinter-Drucks und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms. Dabei ist mindestens eine Scher-Belastungs-Quelle zum Aussetzen des im Sinter-Behälter aufgenommenen Sinter-Guts einer Scher-Belastung während des Sinterns vorhanden. Vorzugsweise weist die Scher-Belastungs-Quelle zumindest eine Rotations-Vorrichtung zum Rotieren des Sinter-Behälters und/oder zum Rotieren der Sinter-Komponente auf, so dass die Scher-Belastung während des Sinterns in das Sinter-Gut eingebracht werden kann. Mit dem Einbringen von der Scher-Belastung während des Sinterns resultiert ein zusätzlicher Freiheitsgrad für eine Form-Gebung des Sinter-Körpers mit dem Sinter-Gut. Neben der Sinter-Vorrichtung wird ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung angegeben, sowie ein auf diese Weise hergestellter elektrischer Kontakt-Werkstoff und dessen Verwendung für mindestens einen elektrischen Kontakt

einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sinter-Vorrichtung mit Druck-Quelle zum Ausüben von Sinter-Druck auf ein in einem Sinter-Behälter aufgenommenes Sinter-Gut und mit einer Strom-Quelle zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut. Daneben wird ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung, sowie ein elektrischer Kontakt-Werkstoff, der gemäß dem Verfahren hergestellt wird, und eine Verwendung des elektrischen Kontakt-Werkstoffs angegeben.

[0002] Der elektrische Kontakt-Werkstoff ist beispielsweise ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff (Cu-Cr-Kontakt-Werkstoff), der für einen elektrischen Kontakt in einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre eingesetzt wird. Ein solcher Kontakt-Werkstoff wird beispielsweise pulvermetallurgisch durch Sintern hergestellt. Dazu wird beispielsweise eine Spark-Plasma-Sinter(PS) - Anlage verwendet. Eine solche Sinter-Vorrichtung weist beispielsweise eine Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut (Sinter-Körper) mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln auf. Die elektrisch leitfähigen Pulver-Partikel sind im Fall des Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoffs Pulver-Partikel aus Chrom und Pulver-Partikel aus Kupfer.

[0003] Das Sinter-Gut wird in einem Sinter-Behälter angeordnet. Zum Sintern wird unter Sinter-Druck (z.B. uniaxialer Press-Druck) thermische Sinter-Energie in das Sinter-Gut eingebracht. Während des Sinterns wird der Sinter-Druck auf das Sinter-Gut ausgeübt. Zusätzlich wird elektrischer Sinter-Strom durch den Sinter-Behälter und/oder durch das Sinter-Gut geleitet. Der Sinter-Behälter und/oder das Sinter-Gut wirken als Widerstands-Heizung. Damit wird Joule'scher Wärme homogen im Sinter-Gut verteilt und es werden sehr hohe Aufheizraten erzielt. Der Sinter-Vorgang findet relativ schnell statt. Durch das zusätzliche Einwirken des Sinter-Drucks resultiert zudem ein gesinterter Körper mit hoher Verdichtung.

[0004] Zum Ausüben des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut wird ein Press-Werkzeug mit Press-Stempel verwendet. Diese Press-Stempel dienen dem Aufbringen des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut und dem Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms in das Sinter-Gut.

[0005] Bei bestimmten Anwendungen ist es erforderlich, das Sinter-Gut massiv mechanisch zu deformieren (z.B. Strangpressen von Kontakt-Werkstoffen). Die mechanische Deformation, die in einer Spark-Plasma-Sinter-Anlage erreicht werden kann, reicht nicht aus, um ähnliche Ausmaße an Umformgraden zu erzeugen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, aufzuzeigen, wie eine weitere mechanische Deformations-Möglichkeit eines Sinter-Guts mit hohem Umformungs-Grad in einer eingangs beschriebenen Sinter-Vorrichtung erreicht werden kann.

[0007] Zur Lösung der Aufgabe wird eine Sinter-Vor-

richtung mit mindestens einer Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut angegeben. Das Sinter-Gut weist Pulver-Partikel auf. Ausgestattet ist die Sinter-Einheit mit mindestens einem Sinter-Behälter zur Aufnahme des Sinter-Guts, mit mindestens einer Druck-Quelle zum Ausüben von Sinter-Druck auf das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut während des Sinterns, mit mindestens einer Strom-Quelle zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut und mit mindestens einer Sinter-Komponente für das Ausüben des Sinter-Drucks und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms. Dabei ist mindestens eine Scher-Belastungs-Quelle (Scherungs-Quelle) zum Aussetzen des im Sinter-Behälter aufgenommenen Sinter-Guts einer Scher-Belastung (Scherung) während des Sinterns vorhanden. Die Scher-Belastung gelingt beispielsweise durch das Aufbringen eines Drehmoments. Die Scher-Belastungs-Quelle fungiert als Drehmoment-Quelle. Das Sinter-Gut ist während des Sinterns einem Drehmoment ausgesetzt. Vorzugsweise weist die Scher-Belastungs-Quelle zumindest eine Rotations-Vorrichtung zum Rotieren des Sinter-Behälters und/oder zum Rotieren der Sinter-Komponente auf, so dass die Scher-Belastung während des Sinterns in das Sinter-Gut eingebracht werden kann. Mit Hilfe der Rotations-Vorrichtung kann der Sinter-Behälter mit dem Sinter-Gut während des Sinterns rotiert werden. Es kann eine Rotations-Bewegung des Sinter-Behälters und damit des im Sinter-Behälter angeordneten Sinter-Guts ausgeführt werden. Dies gelingt beispielsweise durch ein Rotieren der Sinter-Komponente dadurch, dass der Sinter-Behälter bzw. das Sinter-Gut im Sinter-Behälter und die Sinter-Komponente stoff- oder reibschlüssig miteinander verbunden sind.

[0008] Neben der Sinter-Vorrichtung wird ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung angegeben. Mit dem Verfahren wird ein Sinter-Werkstoff in Form eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs hergestellt. Das Verfahren weist folgenden Verfahrensschritte auf: a) Anordnen von Sinter-Gut mit Pulver-Partikeln im Sinter-Behälter und b) Sintern des im Sinter-Behälter angeordneten Sinter-Guts, wobei während des Sinterns Sinter-Druck auf das Sinter-Gut ausgeübt, elektrischer Sinter-Strom in den Sinter-Behälter und/oder in das Sinter-Gut eingeleitet und das Sinter-Gut einer Scher-Belastung ausgesetzt wird. Während des Sinterns wird das Sinter-Gut verpresst und es wird während des Sinterns durch den Sinter-Behälter und/oder durch das Sinter-Gut elektrischer Sinter-Strom geleitet. Der Sinter-Behälter ist beispielsweise aus elektrisch leitfähigem Material wie Kupfer oder Graphit. Zusätzlich wird während des Sinterns das Sinter-Gut einer Scher-Belastung (Scherung) ausgesetzt. Die Scher-Belastung führt im Vergleich zum Stand der Technik zu einer Verringerung einer Porosität des resultierenden gesinterten Körpers (Sinter-Bauteils). Zudem wird durch die Scher-Belastung ein beträchtliches Maß an Umformung des resultierenden Körpers er-

zielt.

[0009] Weitere Aspekte der Erfindung sind ein auf diese Weise hergestellter elektrischer Kontakt-Werkstoff und dessen Verwendung für mindestens einen elektrischen Kontakt einer Mittelspannungs-Vakuum-Schalt-röhre. Der elektrischer Kontakt-Werkstoff ist insbesondere ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff.

[0010] Die Sinter-Vorrichtung ist eine Spark-Plasma-Sinter-Anlagen. In der Spark-Plasma-Sinter-Anlage kann ein Sinter-Gut (Sinter-Körper) mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln gesintert werden. Während des Sinterns wird Strom durch das Sinter-Gut hindurchgeleitet. Die elektrisch leitfähigen Pulver-Partikel des Sinter-Guts sind vorzugsweise Pulver-Partikel mindestens eines Metalls oder Mischungen von Pulver-Partikeln verschiedener Metalle. Beispielsweise sind die Metalle Kupfer und Chrom und das Sinter-Gut weist Kupfer-Pulver-Partikel und Chrom-Pulver-Partikel auf. Der resultierende gesinterte Körper ist aus einem Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff.

[0011] Der Sinter-Behälter (Sinter-Form, Sinter-Kammer, Sinter-Matrize) zur Aufnahme des Sinter-Guts mit den Pulver-Partikeln dient einer Form-Gebung (Formung) des Sinter-Guts. Es wird ein Grünkörper mit den Pulver-Partikeln gebildet. Vorzugsweise findet dabei eine Vor-Verdichtung des Sinter-Guts statt. Der resultierende Grünkörper kann dabei eine relativ einfache Form aufweisen. Beispielsweise liegt der Grünkörper als Scheibe vor. Ein Grünkörper mit einer komplexen Geometrie ist aber auch denkbar.

[0012] Die grundlegende Idee der Erfindung ist es, während des Sinterns unter Sinter-Druck inklusive des Einleitens des Sinter-Stroms in das Sinter-Gut eine zusätzliche Formgebung mit Hilfe der Scherung zu ermöglichen. Dadurch entsteht ein weiterer Freiheitsgrad für die Form-Gebung. Es wird neben einer translatorischen Bewegung des Sinter-Guts (durch das Ausüben des Sinter-Drucks) beispielsweise auch eine rotatorische Bewegung des Sinter-Guts durchgeführt. Durch die rotatorische Bewegung wird eine Scher-Deformation des Sinter-Körpers erreicht.

[0013] Mit Blick auf den einzubringenden Sinter-Strom wird vorzugsweise Sinter-Gut mit metallischen Pulver-Partikeln verwendet. Dadurch kann der Sinter-Strom kann durch das Sinter-Gut hindurch geleitet werden. Denkbar sind aber auch die Verwendung elektrisch isolierender (elektrisch nicht leitender) Pulver-Partikel. Der elektrische Sinter-Strom wird dann durch den Sinter-Behälter geleitet. Dazu ist der Sinter-Behälter aus elektrisch leitfähigem Material, beispielsweise Grafit. Möglich sind auch Metalle oder Metall-Legierungen für das Behälter-Material, beispielsweise eine Molybdän-Legierung (MTZ).

[0014] Im Hinblick auf den erwähnten Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff wird das Sintern vorzugsweise bei einer Temperatur durchgeführt, die aus dem Bereich von 100°C bis 1100°C und insbesondere aus dem Bereich von 200°C bis 1050°C ausgewählt ist. Das Sintern erfolgt

bei einer Sinter-Temperatur unter der Schmelz-Temperatur von reinem Kupfer (1.085 °C).

[0015] Gemäß einer besonderen Ausgestaltung weist die Druck-Quelle mindestens ein Press-Werkzeug zum Ausüben des Sinter-Drucks auf die Sinter-Komponente auf. Über die Sinter-Komponente wird der Sinter-Druck auf das Sinter-Gut weitergeleitet. Vorzugsweise weist dazu das Press-Werkzeug mindestens einen Press-Stempel auf. Während des Sinterns wird mit Hilfe des auf den oder die Press-Stempel ausgeübten Drucks das im Sinter-Behälter angeordnete Sinter-Gut mit den Pulver-Partikeln zusammengepresst. Dabei wird beispielsweise ein Sinter-Druck (Press-Druck) auf das Sinter-Gut ausgeübt, der aus dem Bereich von 300 N/mm² - 800 N/mm² ausgewählt ist.

[0016] In einer besonderen Ausgestaltung können mit Hilfe der Rotations-Vorrichtung ein oszillierendes und/oder eine einsinniges Rotieren durchgeführt werden. Eine Rotations-Richtung des Rotierens kann abwechselnd entgegengesetzt oder in einer Richtung gleichbleibend sein.

[0017] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn Sinter-Komponente an einer Kontakt-Fläche lösbar mit dem Sinter-Gut und/oder lösbar mit dem Sinter-Behälter verbunden ist. Zum Beispiel ist die Sinter-Komponente an einer Kontakt-Fläche zum Sinter-Gut (Sinter-Körper) hin aufgeraut. Die Kontakt-Fläche ist strukturiert. Dadurch ist eine Reibung zwischen dem Sinter-Gut und der Sinter-Komponente erhöht. Die Sinter-Komponente und der Sinter-Körper sind über einen Reib-Schluss miteinander verbunden. Die lösbare Verbindung führt im Vergleich zu einer bleibenden Verbindung (beispielsweise durch eine Schweiß-Verbindung) zu einer erhöhten Flexibilität der Sinter-Vorrichtung.

[0018] Insbesondere weist der Press-Stempel elektrisch leitendes Material auf. Das elektrisch leitende Material ist beispielsweise Kupfer. Mit dem elektrisch leitenden Material, das zudem über eine notwendige Festigkeit verfügt, ist es möglich, über den Press-Stempel nicht nur den Sinter-Druck auf das Sinter-Gut, sondern auch den elektrischen Sinter-Strom in das Sinter-Gut (mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln) ein- bzw. aus dem Sinter-Gut auszuleiten. Denkbar ist aber auch, dass der Press-Stempel und elektrisch leitenden Pulver-Partikel des Sinter-Gut elektrisch voneinander isoliert sind, beispielsweise durch Verwendung von elektrisch isolierendem Material für den Press-Stempel. In diesem Fall erfolgt die Einleitung des Sinter-Stroms separat.

[0019] Während des Sinterns kann isostatischer Sinter-Druck auf das Sinter-Gut ausgeübt werden. Vorzugsweise wird aber uniaxialer Sinter-Druck während des Sinterns eingebracht. In einer besonderen Ausgestaltung ist daher der Sinter-Druck ein uniaxialer Press-Druck, der entlang einer Press-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann.

[0020] Grundsätzlich ist jede beliebige Form für den Sinter-Behälter denkbar. Vorzugsweise ist dabei der Sinter-Behälter zumindest teilweise als Hohl-Zylinder mit

Zylinder-Stirn-Seite und mit Zylinder-Längs-Achse ausgestaltet. Die Zylinder-Stirn-Seite des Hohl-Zylinders weist dabei die Sinter-Komponente auf. Darüber hinaus sind die Press-Achse und die Zylinder-Längs-Achse derart aneinander angeordnet, dass der uniaxiale Press-Druck mittelbar über die Sinter-Komponente entlang der Zylinder-Längs-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann. Die Zylinder-Stirn-Seite des Hohl-Zylinders wird von der Sinter-Komponente begrenzt. Die Press-Achse und die Zylinder-Längs-Achse sind derart zueinander ausgerichtet, dass der uniaxiale Press-Druck entlang der Zylinder-Längs-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann. Die Zylinder-Längs-Achse und die Press-Achse fallen zusammen. Das Sinter-Gut wird in den Hohl-Zylinder eingefüllt. Das eingefüllte Sinter-Gut wird verpresst durch Ausüben eines uniaxialen Press-Drucks entlang der Zylinder-Längs-Achse. Es findet ein Vor-Verpressen statt.

[0021] Nachfolgend wird gesintert. Dabei wird ebenfalls entlang der Zylinder-Längs-Achse uniaxialer Sinter-Druck (Press-Druck) auf das Sinter-Gut ausgeübt. Während des Sinterns wird elektrischer Sinter-Strom in das Sinter-Gut eingeleitet. Dies ist dabei während des gesamten Sinter-Prozesses gewährleistet. Gleichzeitig findet um die Zylinder-Längs-Achse die Rotation statt. Durch die Rotation resultiert das Drehmoment. In Folge davon kommt es zur Scher-Belastung des Sinter-Guts.

[0022] Die Sinter-Vorrichtung kann eine einzige Sinter-Einheit aufweisen. Denkbar ist insbesondere, dass die Sinter-Vorrichtung eine Vielzahl von Sinter-Einheiten aufweist. Die Sinter-Einheiten sind dabei derart angeordnet, dass mehrere Sinter-Chargen (Grünkörper) in mehreren Sinter-Behältern parallel (also gleichzeitig) oder seriell (also zeitlich nacheinander) gesintert werden können. Dabei können die Sinter-Einheiten gemeinsame Sinter-Bestandteile (z.B. eine Wärme-Quelle zum Einbringen von thermischer Energie) aufweisen.

[0023] Mit Hilfe der Sinter-Vorrichtung bzw. mit Hilfe des Verfahrens können verschiedenste Bauteile aus verschiedensten Werkstoffen bzw. aus verschiedenen Kontakt-Werkstoffen hergestellt werden. Insbesondere ist mit dem Verfahren als elektrischer Kontakt-Werkstoff ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff zugänglich. Dabei ist ein Gewichts-Anteil des Chroms an dem Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff aus dem Bereich von 10 Gew.% bis 80 Gew.% und insbesondere aus dem Bereich von 20 Gew.% bis 60 Gew.% gewählt. Vorzugsweise liegt der Gewichts-Anteil des Chroms unter 50 Gew.%. Ein Gewichts-Anteil des Kupfers ist entsprechend aus dem Bereich von 90 Gew.% bis 20 Gew.% und insbesondere aus dem Bereich von 80 Gew.% bis 40 Gew.% ausgewählt. Der Gewichts-Anteil des Kupfers liegt vorzugsweise über 50 Gew.%, beispielsweise zwischen 55 Gew.% bis 75 Gew.%. Ein Anteil an Verunreinigungen im Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff ist dabei möglichst gering. Beispielsweise liegen Verunreinigungen im elektrischen Kontakt-Werkstoff und/oder in den verschiedenen Phasen mit einem Gewichts-Anteil von unter 1 Gew.% und

vorzugsweise von unter 0,1 Gew.% vor.

[0024] Der Vorteil der Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Neben einer translatorischen Bewegung zum Aufbringen des uniaxialen Drucks wird der Sinter-Behälter und damit das Sinter-Gut rotatorisch bewegt. Mit der Erfindung wird während des Sinterns eine Scher-Deformation des Sinter-Körpers erreicht. Je nach Wahl der Prozessbedingungen (Sinter-Temperatur, Sinter-Druck) kann eine massive Umformung des Sinter-Körpers erreicht werden.

[0025] Anhand eines Ausführungsbeispiels und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung näher beschrieben. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Sinter-Vorrichtung.

Figur 2 zeigt ein Verfahren zum Sintern von Sinter-Gut unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre mit elektrischem Kontakt.

[0026] Die Sinter-Vorrichtung 1 ist zur Herstellung eines Bauteils in Form eines elektrischen Kontakts 2001 einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre 2000 geeignet. Der elektrische Kontakt 2001 weist den elektrischen Kontakt-Werkstoff 2002 auf. Der elektrische Kontakt-Werkstoff 2002 ist ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff. Der Gewichtsanteil von Kupfer beträgt 50 Gew.% und der Gewichtsanteil von Chrom 50 Gew.%. Alternativ betragen der Gewichtsanteil von Kupfer 55 Gew.% und der des Chroms 45 Gew.%.

[0027] Die Sinter-Vorrichtung 1 weist eine oder mehrere Sinter-Einheiten 10 zum Sintern 1002 von Sinter-Gut 2 auf. Für die Herstellung des Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoffs bilden metallische Chrom-Partikel und metallische Kupfer-Partikel (elektrisch leitfähige) Pulver-Partikel 20 des Sinter-Guts 2.

[0028] Die Sinter-Einheit 10 umfasst einen Sinter-Behälter 11 aus Grafit zur Aufnahme des Sinter-Guts 2, eine Druck-Quelle 3 zum Ausüben von Sinter-Druck 30 auf das im Sinter-Behälter 11 aufgenommene Sinter-Gut 2 mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 während des Sinterns 1002 und eine elektrische Strom-Quelle 4 zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom 40 in den Sinter-Behälter 11 und/oder in das im Sinter-Behälter 11 aufgenommene Sinter-Gut 2 mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 während des Sinterns 1002. Zudem sind zwei Sinter-Komponenten 5 für das Ausüben des Sinter-Drucks 30 und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms 40 in das Sinter-Gut 2 vorhanden. Die Sinter-Komponenten 5 bestehen aus elektrisch leitfähigem Material 51. Das elektrisch leitfähige Material ist Edelstahl.

[0029] Zudem ist eine Scher-Belastung-Quelle 6 zum

Aussetzen des im Sinter-Behälter 11 aufgenommenen Sinter-Guts 2 einer Scher-Belastung 60 während des Sinterns 1002 vorhanden. Die Scher-Belastungs-Quelle 6 weist zumindest eine Rotations-Vorrichtung 61 zum Rotieren 62 des Sinter-Behälters 11 und/oder zum Rotieren 62 der Sinter-Komponente 5 auf, so dass die Scher-Belastung 60 während des Sinterns 1002 in das Sinter-Gut 2 eingebracht werden kann. Das Rotieren umfasst ein oszillierendes Rotieren 62 mit der Rotations-Richtung 620 auf. Es treten zusätzliche Reibungs-Kräfte 600 auf.

[0030] Dabei sind die Sinter-Komponenten 5 an einer jeweiligen Kontakt-Fläche 50 lösbar mit dem Sinter-Gut 2 und/oder lösbar mit dem Sinter-Behälter 11 verbunden. Dies gelingt jeweils mit einem Reib-Schluss 51. Dazu sind die Kontakt-Flächen 50 strukturiert.

[0031] Die Druck-Quelle 3 umfasst ein Press-Werkzeug 31 zum Ausüben des Sinter-Drucks 30 auf das im Sinter-Behälter 11 angeordnete Sinter-Gut 2. Das Press-Werkzeug 31 weist einen Press-Stempel 32 auf. Der Press-Stempel 32 umfasst elektrisch leitfähiges Material 320, das mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 elektrisch leitend verbunden ist. Das elektrisch leitfähige Material 320 des Press-Stempels 32 ist Kupfer. Damit wird der elektrische Sinter-Strom 40 in das Sinter-Gut 2 eingeleitet.

[0032] Der Sinter-Behälter 11 ist zumindest teilweise als Hohl-Zylinder 12 mit Zylinder-Stirn-Seiten 120 und mit Zylinder-Längs-Achse 121 ausgestaltet. Die Zylinder-Stirn-Seiten 120 des Hohl-Zylinders 12 weisen die Sinter-Komponenten 5 auf und wird von deren strukturiertem Kontakt-Flächen 50 begrenzt. Die Zylinder-Stirn-Seiten 120 werden von den Kontakt-Flächen 50 der Sinter-Komponenten 5 gebildet. Dabei sind die Press-Achse 302 und die Zylinder-Längs-Achse 121 sind derart aneinander angeordnet, dass der uniaxiale Press-Druck 301 mittelbar über die Sinter-Komponenten 5 entlang der Zylinder-Längs-Achse 121 auf das Sinter-Gut 2 ausgeübt werden kann. Die Press-Achse 302 und die Zylinder-Längs-Achse 121 fallen zusammen. Um die Press-Achse 302 bzw. um die Zylinder-Längs-Achse 121 findet das Rotieren 62 statt.

[0033] Die Sinter-Komponenten 5 sind als jeweils als Voll-Zylinder aus elektrisch leitfähigem Material 51 ausgebildet. Die Sinter-Komponenten 5 und die Strom-Quelle 4 sind elektrisch leitend miteinander verbunden, so dass der elektrische Sinter-Strom 40 mittelbar über eine der Sinter-Komponenten 5 während des Sinterns 1002 in das Sinter-Gut 2 eingeleitet und über die weitere Sinter-Komponente 5 aus dem Sinter-Gut 2 wieder abgeleitet werden kann.

[0034] Gemäß dem Verfahren 1000 zum Herstellen eines elektrischen Kontaktwerk-Stoffs 2002 unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung 1 werden folgende Verfahrensschritte durchgeführt: a) Anordnen von Sinter-Gut 2 mit Pulver-Partikeln 20 im Sinter-Behälter 11 und b) Sintern 1002 des im Sinter-Behälter 11 angeordneten Sinter-Guts 2, wobei während des Sinterns 1002 Sinter-

Druck 30 auf das Sinter-Gut 2 ausgeübt, elektrischer Sinter-Strom 40 in den Sinter-Behälter 11 und/oder in das Sinter-Gut 2 eingeleitet und das Sinter-Gut 2 einer Scher-Belastung 60 ausgesetzt wird.

[0035] Es wird ein Spark-Plasma-Sinter-Verfahren durchgeführt, bei dem zusätzlich zum Ausüben des Sinter-Drucks 30 auf das Sinter-Gut 2 mit den (elektrisch leitfähigen) Pulver-Partikeln 20 und zum Einleiten des Sinter-Stroms 40 in das Sinter-Gut 2 das Sinter-Gut 2 einer Scher-Belastung 60 ausgesetzt wird. Dazu wird mit Hilfe der Rotations-Vorrichtung 61 eine oszillierende Rotations-Bewegung 63 durchgeführt.

[0036] Gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform verfügt die Sinter-Vorrichtung 1 über eine Vielzahl der beschriebenen Sinter-Einheiten 10. Damit kann eine Vielzahl der Kontakt-Werkstoffe parallel hergestellt werden.

20 Patentansprüche

1. Sinter-Vorrichtung (1) mit mindestens einer Sinter-Einheit (10) zum Sintern (1002) von Sinter-Gut (2), das Pulver-Partikel (20) aufweist, mit
 - mindestens einem Sinter-Behälter (11) zur Aufnahme des Sinter-Guts (2),
 - mindestens einer Druck-Quelle (3) zum Ausüben von Sinter-Druck (30) auf das im Sinter-Behälter (11) aufgenommene Sinter-Gut (2) während des Sinterns (1002),
 - mindestens einer Strom-Quelle (4) zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom (40) während des Sinterns (1002) in den Sinter-Behälter (11) und/oder in das im Sinter-Behälter (11) aufgenommene Sinter-Gut (2) und
 - mindestens einer Sinter-Komponente (5) für das Ausüben des Sinter-Drucks (30) und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms (40), wobei
 - mindestens eine Scher-Belastungs-Quelle (6) zum Aussetzen des im Sinter-Behälter (11) aufgenommenen Sinter-Guts (2) einer Scher-Belastung (60) während des Sinterns (1002) vorhanden ist.
2. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Scher-Belastungs-Quelle (6) zumindest eine Rotations-Vorrichtung (61) zum Rotieren (62) des Sinter-Behälters (11) und/oder zum Rotieren der Sinter-Komponente (5) aufweist, so dass die Scher-Belastung (60) während des Sinterns (1002) in das Sinter-Gut (2) eingebracht werden kann.
3. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei mit Hilfe der Rotations-Vorrichtung (61) ein oszillierendes und/oder eine einsinniges Rotieren (62) durchgeführt werden können.

4. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Sinter-Komponente (5) an einer Kontakt-Fläche (50) lösbar mit dem Sinter-Gut (2) und/oder lösbar mit dem Sinter-Behälter (11) verbunden ist. 5
5. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Druck-Quelle (3) mindestens ein Press-Werkzeug (31) zum Ausüben des Sinter-Drucks (30) auf die Sinter-Komponente (5) aufweist. 10
6. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei das Press-Werkzeug (31) mindestens einen Press-Stempel (32) aufweist. 15
7. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei der Press-Stempel (32) elektrisch leitendes Material (320) aufweist.
8. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Sinter-Druck (30) ein uniaxialer Press-Druck (301) ist, der entlang einer Press-Achse (302) auf das Sinter-Gut (2) ausgeübt werden kann. 20
9. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei 25
- der Sinter-Behälter (11) zumindest teilweise als Hohl-Zylinder (12) mit Zylinder-Stirn-Seite (120) und mit Zylinder-Längs-Achse (121) ausgestaltet ist, 30
 - die Zylinder-Stirn-Seite (120) des Hohl-Zylinders (12) die Sinter-Komponente (5) aufweist und
 - die Press-Achse (322) und die Zylinder-Längs-Achse (121) derart aneinander angeordnet sind, dass der uniaxiale Press-Druck (301) mittelbar über die Sinter-Komponente (5) entlang der Zylinder-Längs-Achse (121) auf das Sinter-Gut (2) ausgeübt werden kann. 35 40
10. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit einer Vielzahl von Sinter-Einheiten (10).
11. Verfahren (1000) zum Sintern von Sinter-Gut (2) unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit folgenden Verfahrensschritten: 45
- a) Anordnen (1001) des Sinterguts (2) im Sinter-Behälter (11) und 50
 - b) Sintern (1002) des im Sinter-Behälter (11) angeordneten Sinter-Guts (2), wobei während des Sinterns Sinter-Druck (30) auf das Sinter-Gut (2) ausgeübt wird, elektrischer Sinter-Strom (40) in den Sinter-Behälter (11) und/oder in das Sinter-Gut (2) eigeleitet wird und das Sinter-Gut (2) einer Scher-Belastung (60) ausgesetzt wird. 55
12. Elektrischer Kontakt-Werkstoff, wobei der elektrische Kontakt-Werkstoff (2002) nach einem Verfahren gemäß Anspruch 11 hergestellt wird.
13. Elektrischer Kontakt-Werkstoff nach Anspruch 12, wobei der elektrische Kontakt-Werkstoff (2002) ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff ist.
14. Verwendung des elektrischen Kontakt-Werkstoffs nach Anspruch 12 oder 13 für mindestens einen elektrischen Kontakt (2001) einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre (2000).

FIG 1

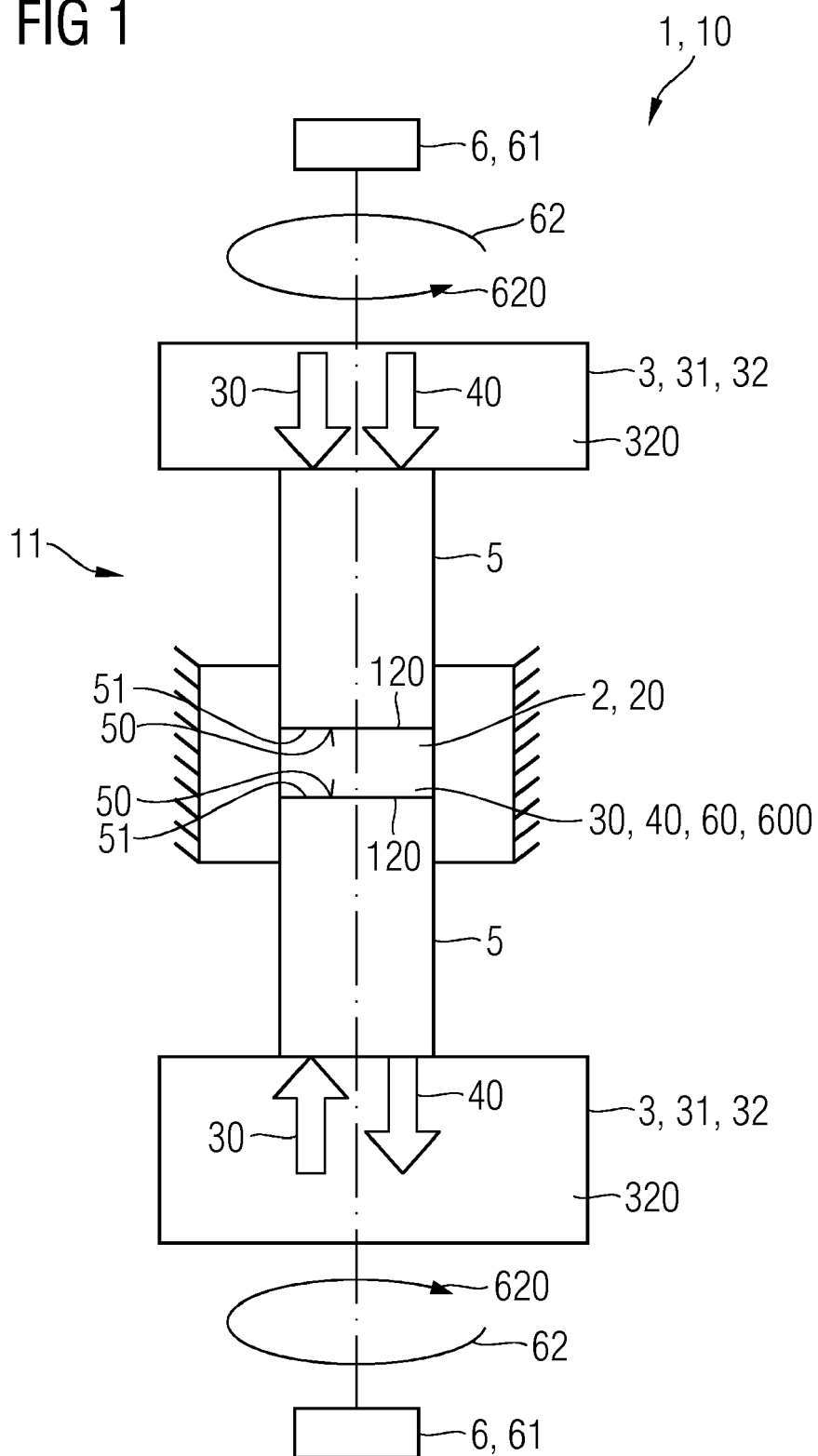


FIG 2

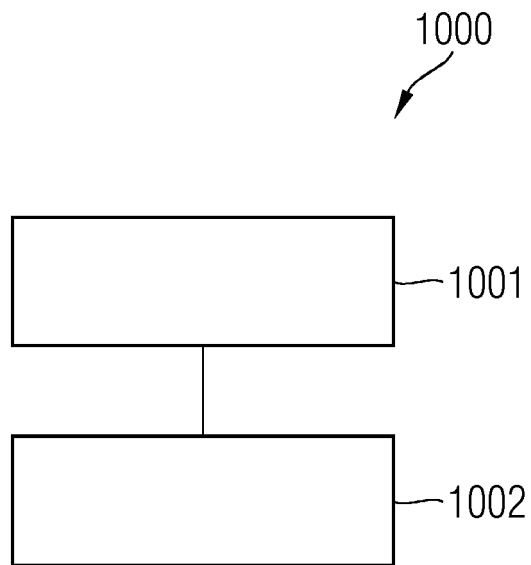
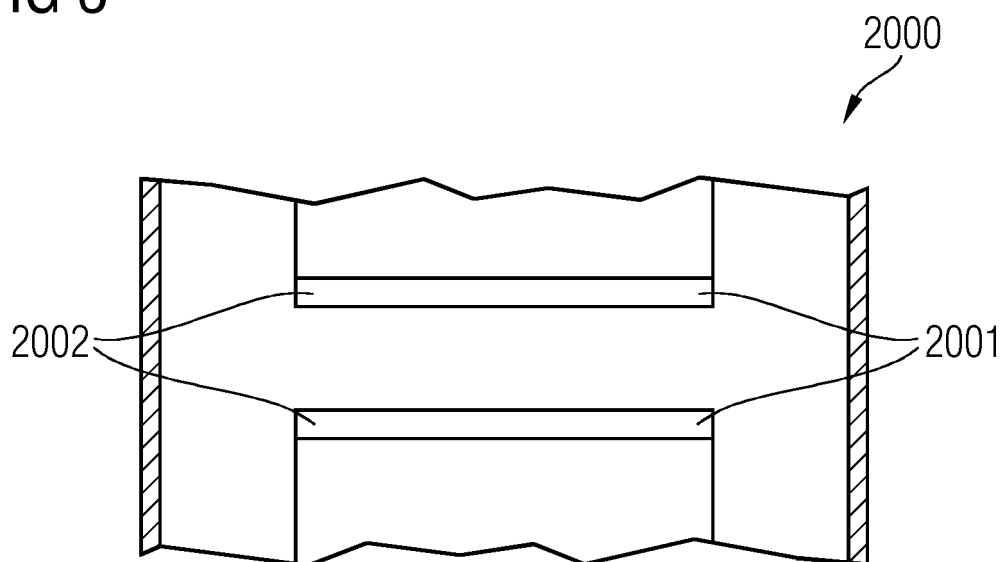


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 0085

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2018/083325 A1 (UNIV PIERRE ET MARIE CURIE PARIS 6 [FR]) 11. Mai 2018 (2018-05-11)	1-11	INV. B22F3/03 B22F3/105 B22F3/14 C22C1/04 C22C9/00 H01H1/02 H01H33/664
Y	* Ansprüche 1-6, 8, 9, 11-13 * * Seite 1, Zeilen 26-28 * * Seite 12, Zeilen 6-30 * * Abbildungen 1, 2 *	12-14	
X	US 6 309 591 B1 (YOO SANG H [US] ET AL) 30. Oktober 2001 (2001-10-30)	1-9,11	
A	* Ansprüche 1, 4-16 * * Spalte 2, Zeilen 54-58 * * Spalte 6, Zeile 4 - Spalte 7, Zeile 34 * * Spalte 9, Zeile 63 - Spalte 10, Zeile 10 * * Beispiele 1-6 * * Abbildungen 1-9, 12 *	10,12-14	
X	US 6 270 718 B1 (YOO SANG H [US] ET AL) 7. August 2001 (2001-08-07)	1-9,11	
A	* Ansprüche 1, 3, 7, 9, 13, 16, 19, 22, 23 * * Spalte 2, Zeilen 39-43 * * Spalte 5, Zeilen 12-16 * * Spalte 5, Zeile 31 - Spalte 6, Zeile 5 * * Abbildungen 1, 3-5 *	10,12-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22F C22C C04B H01H
X	WO 2014/202389 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24)	12-14	
Y	* Anspruch 1 *	12-14	
A	* Seite 20, Zeilen 22-34 *	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 26. April 2019	Prüfer Traon, Nicolas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 0085

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-04-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2018083325	A1	11-05-2018	FR 3058340 A1		11-05-2018
				WO 2018083325 A1		11-05-2018
15	US 6309591	B1	30-10-2001	AU 752326 B2		19-09-2002
				CA 2362672 A1		28-09-2000
				EP 1185388 A1		13-03-2002
				US 5989487 A		23-11-1999
				US 6309591 B1		30-10-2001
20				WO 0056485 A1		28-09-2000
	US 6270718	B1	07-08-2001	AU 3304799 A		03-07-2000
				US 6001304 A		14-12-1999
				US 6183690 B1		06-02-2001
25				US 6270718 B1		07-08-2001
				WO 0035615 A1		22-06-2000
	WO 2014202389	A1	24-12-2014	EP 2992541 A1		09-03-2016
				US 2016133402 A1		12-05-2016
30				WO 2014202389 A1		24-12-2014
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82