



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 650 710 A5

⑤ Int. Cl.4: B 22 F 3/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 500/81</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 27.01.1981</p> <p>⑳ Priorität(en): 06.02.1980 DE 3004209</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.08.1985</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.08.1985</p>	<p>㉗ Inhaber: Sintermetallwerk Krebsöge GmbH, Radevormwald 1 (DE)</p> <p>㉘ Erfinder: Schelb, Bernhard, Remscheid 11 (DE)</p> <p>㉙ Vertreter: Hartmut Keller Dr. René Keller, Patentanwälte, Bern</p>
--	--

⑤④ **Verfahren zur Herstellung eines metallischen Sinterformteils.**

⑤⑦ Zur Herstellung eines metallischen Sinterformteils aus einem feinkörnigen Ausgangspulver wird das schüttfähige Ausgangspulver in eine Grünformlingsform eingebracht sowie in dieser zu einem Grünformling verdichtet. Dieser Grünformling wird dann zu einem Vorformling gesintert, der durch Pressen und/oder Schmieden verdichtbar oder unmittelbar als Sinterformteil einsetzbar ist.

Bei einem solchen Verfahren kommt man ohne Schwierigkeiten zu Vorformlingen und Sinterformteilen mit grosser Homogenität der physikalischen Parameter, wenn das Ausgangspulver in einer Formmaschine vom Typ einer Kernformmaschine, welche die Grünformlingsform als Kernform aufweist, zum Grünling geformt, und letzterer formfrei zum Vorformling gesintert wird.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Sinterformteils aus einem feinkörnigen Ausgangspulver,

wobei das schüttfähige Ausgangspulver in eine Grünformlingsform eingebracht sowie in dieser zu einem Grünformling verdichtet wird,

wobei ferner der Grünformling zu einem Vorformling gesintert wird, welcher Vorformling durch Pressen und/oder Schmieden zum Sinterformteil verdichtbar oder unmittelbar als Sinterformteil einsetzbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangspulver in einer Formmaschine vom Typ einer Kernformmaschine, welche die Grünformlingsform als Kernform aufweist, zum Grünformling geformt wird, und dass der Grünformling formfrei zum Vorformling gesintert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Ausgangspulver mit einem organischen Binder gemischt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangspulver mit einem Kunstharzbinder zu einer schüttfähigen Mischung gemischt und diese in die Kernformmaschine eingeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als organischer Binder ein Giessereiformsand-Binder auf Kunstharzbasis eingesetzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als organischer Binder ein Phenolharzbinder eingesetzt wird, und zwar in einer Menge von unter 10 Gew.-%, vorzugsweise von etwa 1 Gew.-%.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit unreduziertem Metallpulver als Ausgangspulver, dadurch gekennzeichnet, dass der Grünformling in reduzierender Atmosphäre gesintert und dabei reduziert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem aus dem Vorformling durch Verdichten Sinterformteile mit mehreren Querschnittssektionen hergestellt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung in der Formmaschine in eine Grünformlingsform eingebracht wird, die dem Sinterformteil entsprechende Querschnittssektionen aufweist, und dass aus dem entsprechenden Vorformling das Sinterformteil ohne beachtlichen Stoffübertritt zwischen den Querschnittssektionen geformt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Ausgangspulver binderfrei eingesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangspulver in der Formmaschine beim Einbringen in die Grünformlingsform und/oder in der Grünformlingsform einer physikalischen und/oder chemischen Bindungsbehandlung unterworfen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem reduzierten Ausgangspulver gearbeitet und die Bindungsbehandlung als Oxidation durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Maschine vom Typ einer Kernblasmaschine für die Herstellung des Grünformlings verwendet.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man eine Maschine vom Typ einer Kernschliessmaschine für die Herstellung des Grünformlings verwendet.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Sinterformteils aus einem feinkörnigen Ausgangspulver,

wobei das schüttfähige Ausgangspulver in eine Grünformlingsform eingebracht sowie in dieser zu einem Grünformling verdichtet wird,

wobei ferner der Grünformling zu einem Vorformling gesintert wird, welcher Vorformling durch Pressen und/oder Schmieden zum Sinterformteil verdichtbar oder unmittelbar als Sinterformteil einsetzbar ist. Der hergestellte Vorformling ist porös. Er kann unmittelbar als Sinterformteil eingesetzt werden, wo seine Festigkeit den Anforderungen entspricht und wo es auf diese Porosität ankommt oder wo diese nicht stört. Im allgemeinen erfolgt jedoch eine weitere Verdichtung des Vorformlings durch Pressen und/oder Schmieden, wobei diese weitere Verdichtung im kalten, warmen oder heissen Zustand des Vorformlings durchgeführt werden kann. Das schliesst nicht aus, dass der gepresste oder geschmiedete Gegenstand erneut konventionell einer Sinterung unterworfen wird. Das Ausgangspulver kann mit einem Binder gemischt oder binderfrei eingesetzt werden.

Grünformling bezeichnet einen Formling aus dem ungesinterten Ausgangspulver. «Grün» ist also symbolisch gebraucht und meint nicht die Farbe. Die Grünformlingsform ist die Form, in der der Grünformling geformt wird.

Bei einem bekannten gattungsgemässen Verfahren (The International Journal of Powder Metallurgy & Powder Technology, 1975, Volume 11, No. 3, S. 209 bis 220) wird mit einem Binder gearbeitet, und zwar mit einem organischen Binder. Der organische Binder ist Saccharose. Das Verdichten der Mischung in der Grünformlingsform geschieht durch blosse Vibration. Die so erreichte Grünfestigkeit reicht nicht aus, um den Grünformling aus der Grünformlingsform herauszunehmen und zu manipulieren. Die Sinterung zum Vorformling erfolgt daher in der Grünformlingsform. Das bringt Probleme. Tatsächlich kommt man im Rahmen der bekannten Massnahmen kaum zu Vorformlingen, deren physikalische Parameter (z.B. Dichte, Festigkeit, Porenvolumen) ausreichend reproduzierbar und homogen sind. Porosität, Dichte und Festigkeit, bei Verwendung unreduzierter Metallpulver aber auch der Reduktionsgrad nach der Sinterung in reduzierender Atmosphäre sowie der Grad der Versinterung, können von Vorformling zu Vorformling und in einem Vorformling bereichsweise in starkem Masse schwanken. Das gilt auch für Aufkohlungsparameter, wenn zusätzlich mit der Sinterung eine Aufkohlung durchgeführt wird. Das gilt im übrigen insbes. dann, wenn binderarm oder binderfrei gearbeitet wird, oder wenn es sich um die Herstellung von Vorformlingen für Sinterformteile mit mehreren Querschnittssektionen handelt. Die vorstehend beschriebenen Massnahmen und ähnliche haben daher noch nicht zur technischen Praxis geführt. Die Praxis bevorzugt für die Herstellung von metallischen Sinterformteilen reduzierte Metallpulver mit möglichst geringen Sauerstoffgehalten, die jedoch teuer sind. Sie werden im übrigen auf andere Weise, nämlich durch Vorpresse mit erheblichen Pressdrücken zum Vorformling geformt und danach weiterbehandelt.

In anderen Bereichen der Technik, nämlich bei der Herstellung von Sandformen der Giessereitechnik, arbeitet man seit den Anfängen mit Formsanden und besonderen Gieserei-Formsandbindern. Die Formsandbinder sind ausgewählt, eingerichtet und bestimmt, einer Form oder einem Formkern ausreichende Grünfestigkeit zu verleihen. Sie verlieren ihre Bindefähigkeit, wenn ein Abguss erfolgt ist. Das gilt auch für die in neuerer Zeit entwickelten Giesserei-Formsandbinder auf Kunstharzbasis. Im übrigen kennt die Giessereitechnik Kernformmaschinen als Einrichtungen für die maschinelle Herstellung von Kernen für Giessereizwecke. Das alles liegt fern von der Technologie der Herstellung metallischer Sinterformteile und hat daher die Probleme um die Weiterentwicklung des gattungsgemässen Verfahrens zur Produktionsreife nicht beeinflusst. Die Giessereitechnik und im Rahmen der Giessereitechnik die Herstellung von Giesereiformen und Giesereikernen einerseits, die pulvermetall-

lurgische Herstellung von Sinterformteilen andererseits sind ausweislich der bisherigen Entwicklung dieser Fachgebiete als artfremde Fachgebiete anzusehen.

Zur Herstellung von metallischen Sinterformteilen ist es allerdings auch bekannt (DE-AS 1 964 426), aus dem Ausgangspulver und einem organischen Binder in Form von aushärtbarem Giessharz auf Epoxidharzbasis eine fließfähige Masse herzustellen, diese in eine Grünformlingsform einzugießen und in der Grünformlingsform aushärten zu lassen, um danach den ausgeformten Grünformling einer mehrstufigen Wärmebehandlung zu unterwerfen, in deren erster Stufe der Binder zersetzt und in deren weiteren Stufen eine Sinterung durchgeführt wird. Auch hier ist die Homogenität der physikalischen Parameter im gesinterten Vorformling bzw. im Sinterformteil der Kritik offen. Sie hängt von der Verteilung des Metallpulvers in dem fließfähigen Binder ab und diese Verteilung wird auch durch die Fließvorgänge beim Eingießen in die Grünformlingsform beeinflusst.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemässe Verfahren so zu führen, dass ohne Schwierigkeiten Vorformlinge und Sinterformteile herstellbar sind, die sich durch grosse Homogenität der physikalischen Parameter auszeichnen, und zwar auch dann, wenn es sich um die Herstellung von Vorformlingen und Sinterformteilen mit mehreren Querschnittssektionen handelt.

Zur Lösung dieser Aufgabe lehrt die Erfindung, dass das schüttfähige Ausgangspulver in einer Formmaschine vom Typ einer Kernformmaschine, welche die Grünformlingsform als Kernform aufweist, zum Grünformling geformt wird, und dass der Grünformling formfrei zum Vorformling gesintert wird. Im Rahmen der Erfindung kann mit Binder oder, wie weiter unten erläutert wird, auch binderfrei gearbeitet werden. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangspulver mit einem Kunstharzbinder zu einer schüttfähigen Mischung gemischt und diese in die Formmaschine eingeführt wird. Dabei kann grundsätzlich mit den verschiedensten Kunstharzbindern gearbeitet werden, wobei nur Vorsorge zu treffen ist, dass die Mischung aus dem Ausgangspulver und dem Binder schüttfähig bleibt, um in einer Formmaschine vom Typ einer Kernformmaschine manipuliert werden zu können. Als organische Binder können insbes. die üblichen Giesereifor sand-Binder auf Kunstharzbasis eingesetzt werden, wobei auch die Mischungsverhältnisse so gewählt werden können, wie es bei der Herstellung von Formen und Formkernen aus Formsand im Giessereiwesen üblich ist. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in diesem Zusammenhang dadurch gekennzeichnet, dass als organischer Binder ein Phenolharzbinder eingesetzt wird, und zwar in einer Menge von unter 10 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von etwa 1 Gew.-%. Obwohl Giesereifor sand-Binder auf Kunstharzbasis durch die abgussbedingte Erwärmung ihre Bindefähigkeit verlieren und folglich so hergestellte Formkerne zerfallen, können die erfindungsgemäss hergestellten Grünformlinge ohne Schwierigkeit und ohne störende Massveränderungen formfrei gesintert werden.

Die Erfindung geht von der überraschenden Tatsache aus, dass bei Verwendung einer Formmaschine vom Typ einer Kernformmaschine im Rahmen der erfindungsgemässen Massnahmen Grünformlinge entstehen, die auch bei komplizierter Getaltung und insbes. bei Aufbau aus mehreren Querschnittssektionen überall gleiche Dichte – ohne Entmischungerscheinungen – aufweisen. Daraus resultieren dann homogene physikalische Parameter im Vorformling und im fertigen Sinterformteil. Überraschenderweise haben die Grünformlinge ausreichende Grünfestigkeit, so dass sie ohne weiteres manipuliert, formfrei gesintert und dabei auch reduziert, entkohlt oder aufgekohlt werden können.

Eine evtl. anschliessende Verdichtung kann auf verschiedene Weise durchgeführt werden, und zwar sowohl als Warmverdichtung als auch als Kaltverdichtung, wie es bei der Herstellung von Sinterformteilen und bei anderen Gegenständen an sich bekannt ist. Im Ergebnis können ohne Schwierigkeiten mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens auch solche Bauteile hergestellt werden, die bisher als Sinterformteile gar nicht herstellbar waren und eine aufwendigere Fertigung benötigten.

Im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens kann grundsätzlich mit jedem zur Herstellung von Sinterformteilen üblichen Metallpulver als Ausgangspulver gearbeitet werden. Insbes. können auch Mischungen verschiedener Ausgangspulver eingesetzt werden. Stets kann es sich sowohl um reduziertes Metallpulver als auch um unreduziertes Metallpulver oder Mischungen beider handeln. Für die Ausführungsform mit unreduziertem Metallpulver als Ausgangspulver besteht im Rahmen der Erfindung ohne weiteres die Möglichkeit, den Grünformling in reduzierender Atmosphäre zu sintern und dabei auch ausreichend zu reduzieren. Eine ausreichende Reduzierung findet dabei auch an den Kontaktstellen statt, wobei vermutlich ein organischer Binder reduzierend mitwirkt. Wenn mit reduziertem Metallpulver gearbeitet wird, so werden weder die Vorformlinge noch die daraus hergestellten Sinterformteile durch den üblichen Restsauerstoffgehalt des Ausgangsmetallpulvers in bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften beeinflusst. Insbes. stört dieser Restsauerstoffgehalt auch bei einer nachträglichen Verdichtung der Vorformlinge nicht. Wenn es sich darum handelt, aus einem Vorformling Sinterformteile mit mehreren Querschnittssektionen herzustellen, so empfiehlt die Erfindung, die Mischung aus dem Ausgangspulver und dem Kunstharzbinder in eine Grünformlingsform einzubringen, die dem Sinterformteil entsprechende Querschnittssektionen aufweist, um danach aus dem entsprechenden Vorformling das Sinterformteil ohne Stoffübertritt zwischen den Querschnittssektionen zu formen.

Im Rahmen der Erfindung kann auch mit einem binderfreien Ausgangspulver gearbeitet werden. Dabei wird vorzugsweise das Ausgangspulver in der Formmaschine beim Einbringen in die Grünformlingsform und/oder in der Grünformlingsform einer physikalischen und/oder chemischen Bindungsbehandlung unterworfen. Eine bevorzugte Ausführungsform ist in diesem Zusammenhang dadurch gekennzeichnet, dass mit einem reduzierten Ausgangspulver gearbeitet und die Bindungsbehandlung als Oxidation durchgeführt wird. Hier bildet sich auf den Körnern des Ausgangspulvers eine Oxidhaut, die als Binder wirkt, weil sie an den Kontaktstellen mit der Oxidhaut anderer Körner des Ausgangspulvers mit dieser gleichsam verschmilzt.

Die erreichten Vorteile sind darin zu sehen, dass erfindungsgemäss ohne Schwierigkeiten Vorformlinge und Sinterformteile hergestellt werden können, die sich durch grosse Homogenität der physikalischen Parameter auszeichnen, und zwar auch dann, wenn es sich um die Herstellung von Vorformlingen bzw. Sinterformteilen mit mehreren Querschnittssektionen handelt. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass das erfindungsgemässe Verfahren praktisch mit jedem Ausgangspulver und insbes. mit Rohpulver verwirklicht werden kann, wie es bei der Pulverherstellung anfällt. Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht es also, auf die bisher bei der Herstellung von Sinterformteilen häufig eingesetzten aufwendigen Massnahmen der Pulveraufbereitung zu verzichten. Es genügt praktisch eine Entfernung von Teilchen mit einer Grösse von 600 µm und mehr durch Absieben. Der gesamte Rest der Pulvercharge wie sie bei der Herstellung von Metallpulver für sintermetallurgische Zwecke u. dgl. anfällt, einschliesslich des vorwiegend als Oxid an-

fallenden Staubes aus den Entstaubungsanlagen kann im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens (soweit nicht mit reduziertem Ausgangspulver gearbeitet wird) für die Herstellung von Sinterformteilen verwendet werden. Ohne weiteres kann aber auch mit aufbereiteten Pulvern gearbeitet werden. Dem Pulver können vor der Verarbeitung Legierungselemente in Form von Metallpulvern, Vorlegierungspulvern oder aber Metallverbindungen wie Oxide, Sulfide, Carbonate und auch natürliche Mineralien beigemischt werden. Selbst Stäube und Schlämme, die als Abfallstoffe bei der Metallgewinnung und Verarbeitung anfallen, können, sofern sie überwiegend aus Metall bestehen, entweder allein oder als Zumischung zu den vorerwähnten Metallpulvern im Rahmen der Erfindung verarbeitet werden. Immer erreicht man, dass in der Grünformlingsform ein Grünformling entsteht, der in jedem Volumenelement und in jeder Querschnittssekation die gewünschte Pulvermenge besitzt. Die Grünformlingsform kann sehr einfach aufgebaut werden, weil ihre Füllung im Rahmen der Erfindung drucklos oder nur mit mässigem Druck erfolgt.

Eine Unterteilung der Grünformlingsform durch Stempel und Segmente ist im allgemeinen verzichtbar. Der Vorformling besitzt eine so hohe Festigkeit, dass bei einer weiteren Verdichtung des Vorformlings ein Materialübertritt von einer Querschnittssekation in die andere ohne Schwierigkeit vermieden werden kann. Dabei kann die Verdichtung des Vorformlings zum Sinterformteil auf verschiedene Weise erfolgen, und zwar, wie bereits erwähnt, sowohl als Warmverdichtung als auch als Kaltverdichtung. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass auch eine Kaltverdichtung möglich ist. Die kann z. B. als Kaltpressen mit einem oder mit mehreren Pressschritten durchgeführt werden. Im übrigen kann die sog. koaxiale Verdichtungstechnik angewendet werden, wie sie in der pulvermetallurgischen Formgebungstechnik üblich ist, wobei ein Materialfluss senkrecht zur Pressrichtung bei Verwendung erfindungsgemässer Vorformlinge praktisch nicht stattfindet. Auch die an sich bekannte Massnahme des isostatischen Pressens kann eingesetzt werden. Beim Verdichten können, wie in der pulvermetallurgischen Formgebung üblich, auch gummielastische Werkzeugelemente eingesetzt werden. Soweit eine Nachverdichtung bei erhöhter Temperatur erfolgt, empfiehlt es sich, ein geschlossenes Werkzeug zu benutzen, wobei erreichbar ist, dass sich ein Grat an Werkzeugfugen nicht ergibt.

Die Maschinen, die im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens eingesetzt werden, sind Maschinen des Typs, der im Giessereiwesen als Kernformmaschinen üblich ist. Insbesondere können Kernblasmaschinen im Rahmen des erfindungsgemässen Verfahrens arbeiten. Bei einer Kernblasmaschine wird das Füllen einer sog. Kernbüchse und das Verdichten des mit dem Giesserei-Formsandbinder versetzten Kernsanddes mit Hilfe eines Druckluftsandgemisches erreicht. Die Kernbüchse wird mit der Einblasöffnung nach oben durch eine auf einem Tisch angeordnete, mechanisch oder pneumatisch betätigte Einspannvorrichtung festgeklemmt. Durch ein Anheben des Arbeitstisches mit Hilfe eines im Maschinenständer eingebauten Hubzylinders wird die Kernbüchse gegen die den Sandbehälter nach unten abschliessende Düsenplatte mit einer oder mehreren Blasöffnungen gepresst. Der Sandbehälter wird ständig durch seitliche Lufteintritte mit Druckluft von 5 bis 7 bar beaufschlagt. Ein Rührwerk sorgt für die Ausbildung eines Druckluft-Sandgemisches, bei dem im Idealfall jedes einzelne Sandkorn mit Druckluft umgeben ist. Im Augenblick des Ausblasens reisst die Druckluft den Sand durch die Blasöffnung in die Kernbüchse, wo er sich aufgrund seiner kinetischen Energie und unter dem Pressluftdruck verdichtet. Da beim Blasvorgang die Druckluft aus der Kernbüchse entweichen muss, sind in ihr beson-

dere Entlüftungsöffnungen und Entlüftungskanäle angebracht. Arbeitet man mit einer Maschine dieses Typs im Rahmen der Erfindung, so ist anstelle der Kernbüchse die Grünformlingsform einzusetzen bzw. die Kernbüchse entsprechend auszubilden, – und die Mischung aus Kernsand und Kunstharzbinder wird durch das Ausgangspulver bzw. durch die Mischung aus Ausgangsmetallpulver und Binder ersetzt. Eine Kernschliessmaschine ähnelt in ihrem äusseren Aufbau der beschriebenen Kernblasmaschine mit Maschinenständer, durch Hubzylinder verstellbarem Maschinentisch, Düsenplatte und Sandvorratsbehälter. Das Füllen der Kernbüchse und das Verdichten des Kernsanddes geschieht auf folgende Weise: Eine vorgegebene Pressluftmenge strömt mit einem Nenndruck von 6 bis 8 bar in einen mit Sand gefüllten geschlitzten Zylinder, entspannt sich darin und wirkt schussartig auf die Sandsäule. Der Sand erhält dadurch eine hohe Geschwindigkeit, die ausreicht, ihn in eine unter dem Sandzylinder zwischen Maschinentisch und Düsenplatte eingespannte Kernbüchse zu schiessen. Der Kern erhält dadurch eine grosse Festigkeit, ohne dass die Kernbüchse unter Pressluftdruck steht. Nach dem Schiessvorgang strömt die überschüssige Luft durch den geschlitzten Zylinder, lockert die darin verbliebene Sandsäule selbsttätig ohne Rührwerk auf und entweicht anschliessend durch ein Überströmventil. Aus der Kernbüchse muss die atmosphärische Luft beim Schiessen abgeführt werden, so dass in den meisten Fällen auf besondere Entlüftungsöffnungen und Entlüftungskanäle verzichtet werden kann, zumal sich im Schiesskopf Düsen befinden, die ein Abströmen der Luft nach oben ermöglichen. Das alles kann im Rahmen der Erfindung ohne weiteres für die Herstellung des Grünformlings verwendet werden, wobei auch hier anstelle des Sandes das in der beschriebenen Weise mit dem Kunstharzbinder vermischte Ausgangspulver eingesetzt und die Kernbüchse zur Grünformlingsform ausgebildet bzw. eingesetzt wird. Auch eine solche Kernschliessmaschine kann für den angegebenen Zweck im Rahmen der Erfindung verwendet werden. – Es versteht sich von selbst, dass die Lehre der Erfindung auch mit Maschinen verwirklicht werden kann, die zwar funktionell nach dem Prinzip von Kernformmaschinen arbeiten, konstruktiv aber anders als oben beschrieben gestaltet sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Beispielen erläutert. Die Beispiele beziehen sich auf die Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens, bei dem das Ausgangspulver mit einem Kunstharzbinder zu einer schüttfähigen Mischung gemischt wird.

Ausführungsbeispiel 1:

Eine Kolbenstossstange für einen PKW-Stossdämpfer sollte als Sinterformteil hergestellt werden. Zur Herstellung des Grünformlings wurde Roheisen-Pulver mit 2% Cu-Pulver und 1% Phenolharz gemischt. Die Mischung wurde auf einer Kernschliessmaschine zum Grünformling verarbeitet, der entsprechend des Verhältnisses der Dichte des Grünformlings zur Dichte des Ventiltelles axial verzerrt war.

Dieser Grünformling wurde anschliessend bei 950 °C, 1 h, NH₃ Spaltgas reduziert. Der so erhaltene weitgehend oxidfreie Vorformling wurde danach in einem Presswerkzeug auf einer Dichte von 6,8 g/cm³ verpresst. Dabei wurde zugleich eine Ringnut für die Aufnahme eines Dichtungsringes angepresst und damit am Teil in Pressrichtung ein zusätzliches Profil angebracht. Im Anschluss an das Pressen wurde das Teil bei 1120 °C in einem Bandofen noch einmal gesintert. Nachdem das so erhaltene Teil kalibriert worden war, konnten alle geforderten Toleranzen mit Sicherheit eingehalten werden. Zur Festigkeitsprüfung des Teiles wurde eine Abdruckprobe ausgeführt. Das Teil konnte überall die verlangten 250 kN aufnehmen.

Ausführungsbeispiel 2:

Ein Stossring für eine LKW-Hinterachse sollte als Sinterformteil hergestellt werden. Zur Herstellung des Grünformlings wurde Roheisenpulver mit 15% Graugusspulver, 2% Cu-Pulver und 1% Phenolharz gemischt und anschliessend auf einer Kernformmaschine zu einem Grünformling der Dichte $3,8 \text{ g/cm}^3$ verarbeitet. Anschliessend wurde der Grünformling bei 950°C , NH_3 -Spaltgas, 1 h reduziert. Der Kohlenstoffgehalt betrug nach der Reduktion noch 0,6%. Der reduzierte Vorformling wurde in einem Presswerkzeug auf eine Dichte von $7,0 \text{ g/cm}^3$ verdichtet. Dabei ergab sich eine ausgezeichnete homogene Dichteverteilung. Der Pressling wurde konventionell bei 1120°C im Bandofen noch einmal gesintert und anschliessend kalibriert. Das Fertigteil besass das geforderte perlitische Gefüge und wies eine Brinellhärte von HB 160 auf.

Ausführungsbeispiel 3:

Eine Lagerbuchse mit Flansch sollte als Sinterformteil hergestellt werden. Zur Herstellung des Grünformlings wurde kohlenstoff-freies Eisenpulver mit 1% Phenolharz gemischt und anschliessend auf einer Kernschliessmaschine verarbeitet. Der so erhaltene Grünformling wurde bei 950°C , NH_3 -Spaltgas, 1 h gegläht. Anschliessend wurde der Vorformling in einem entsprechend abgestimmten Werkzeug so verpresst, dass die Dichte im Schaft $6,5 \text{ g/cm}^3$, im Flansch aber $7,1 \text{ g/cm}^3$ betrug. Der Pressling wurde anschliessend konventionell bei 1280°C im Hubbalkenofen noch einmal gesintert. Die Brinellhärte in der Lagerbuchse lag bei HB 45. Im Flansch wurde eine Brinellhärte von HB 66 gemessen.

Ausführungsbeispiel 4:

Es sollte ein Fadenführer für eine Spinnmaschine als Sinterformteil hergestellt werden. Ein solcher Fadenführer ist in erster Näherung ein kreiszylindrisches Bauteil mit mehr oder weniger wendelförmigen Nuten. Es ist nach konventionellen Methoden der Pulvermetallurgie nicht herstellbar. Für seine Fertigung nach dem Verfahren gemäss der Erfindung wurde wie folgt vorgegangen: Für die Innenkontur wurde nach den konventionellen Methoden der Giessereiindustrie ein Sandkern hergestellt. Dieser Sandkern wurde auf einer Kernschliessmaschine mit einer Mischung aus Roheisenpulver mit Zusatz von 25% Graugusspulver und 1% Phenolharz ummantelt. Dabei entsprachen die Aussenkonturen genau dem Fertigteil, während die Wandstärke entsprechend dem Füllfaktor dicker war. Dieser Grünformling wurde bei 950°C NH_3 -Spaltgas 1 h reduziert, wobei gleichzeitig der Zusammenhalt des Sandkorns verloren ging, so dass anschliessend allein der reduzierte Vorformling aus Eisenpulver erhalten wurde. Dieser Vorformling wurde an der Aussenkontur mit einer entsprechend geteilten Stahlmatrize umschlossen und innen mit einem Silikonfilm überzogen. Der so eingeschlossene Vorformling wurde anschliessend in einer isostatisch arbeitenden Presse verpresst, wobei – entsprechend der Ummantelung mit Stahl aussen und Silikon innen – der Pressdruck nur an der Innenkontur wirksam wurde. Die Aussenkontur des verpressten Teils entsprach daher genau den Anforderungen des Fertigteils. Die Dichte des Presslings betrug bei einem Pressdruck von 6000 bar ca. $7,2 \text{ g/cm}^3$. Der Pressling wurde anschliessend in einem Tiegelofen bei 1200°C noch einmal gesintert. Der Werkstoff wies das gewünschte ferritisch-perlitische Gefüge auf.

35

40

45

50

55

60

65