

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
8. Oktober 2015 (08.10.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/150071 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
C23C 24/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/055611

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. März 2015 (18.03.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102014206073.7 31. März 2014 (31.03.2014) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: ARNDT, Axel; Gneisenaustr. 70, 10961 Berlin (DE). PYRITZ, Uwe; Faucherweg 10 A, 13599 Berlin (DE). REICHE, Ralph; Bulgenbachweg 15, 13465 Berlin (DE). STIER, Oliver; Zimmermannstraße 29, 12163 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

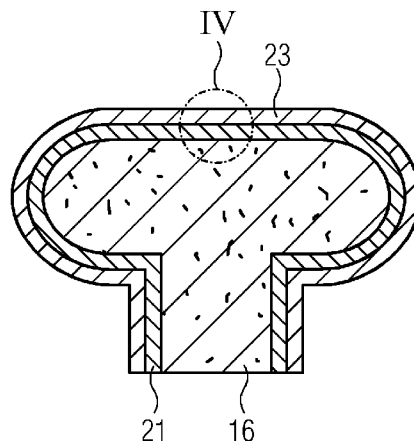
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A HOLLOW BODY BY COLD SPRAYING AND MOULD CORE SUITABLE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES HOHLKÖRPERS MITTELS KALTGASSPRITZEN UND ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS GEEIGNETER FORMKERN

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a hollow body (23) by cold spraying. According to the invention, a mould core (16) is used for producing the hollow body, said mould core being prepared for the production of the hollow body (23) by cold spraying in a suitable manner by means of an auxiliary layer (21). The auxiliary layer (21) consists of a metallic material and therefore forms a suitable surface to which the particles processed by cold spraying remain adhered to form the hollow body (23). The mould core, to which the invention also relates, can therefore advantageously be produced from an inexpensive material such as sand or wood, although said materials are in principle only suitable to a limited extent or not at all for depositing metals by cold spraying. The auxiliary layer (21) can advantageously be applied to the mould core (16) as a foil, or be produced on the mould core (16) by cold-spraying particularly low-melting and/or soft materials.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/150071 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers (23) mittels Kaltgasspritzen. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Herstellung des Hohlkörpers ein Formkern (16) verwendet wird, der für die Herstellung des Hohlkörpers (23) mittels Kaltgasspritzen in geeigneter Weise durch eine Hilfslage (21) vorbereitet wird. Die Hilfslage (21) ist aus einem metallischen Werkstoff und bildet daher eine geeignete Oberfläche, damit die durch Kaltgasspritzen verarbeiteten Partikel zur Bildung des Hohlkörpers (23) haften bleiben. Vorteilhaft kann der Formkern, auf den sich die Erfindung ebenfalls bezieht, daher aus einem kostengünstigen Material, wie Sand oder Holz, hergestellt werden, obwohl sich diese Materialien grundsätzlich für eine Abscheidung von Metallen mittels Kaltgasspritzen nur eingeschränkt oder überhaupt nicht eignen. Vorteilhaft kann die Hilfslage (21) als Folie auf den Formkern (16) aufgebracht werden oder durch Kaltgasspritzen besonders niedrigschmelzender und/oder weicher Materialien auf dem Formkern (16) hergestellt werden.

Beschreibung

Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers mittels Kaltgas-
spritzen und zur Durchführung dieses Verfahrens geeigneter
5 Formkern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines
Hohlkörpers. Bei diesem wird der Hohlkörper durch Beschichten
eines Formkerns durch Kaltgasspritzen hergestellt. Mit ande-
10 ren Worten bildet die auf dem Formkern hergestellte Schicht
den zu erzeugenden Hohlkörper aus. Nach Fertigstellung dieses
Hohlkörpers wird der Formkern aus diesem entfernt. Außerdem
betrifft die Erfindung einen Formkern mit einer als Substrat
für das Kaltgasspritzen geeigneten Oberfläche. Die Oberfläche
15 muss insofern für das Kaltgasspritzen geeignet sein, dass die
Partikel, die mit dem Kaltgasstrahl zur Oberfläche des Form-
kerns beschleunigt werden, auf diesem haften bleiben müssen.

Das Kaltgasspritzen ist ein an sich bekanntes Verfahren, bei
20 dem für die Beschichtung vorgesehene Partikel mittels einer
konvergent-divergenten Düse vorzugsweise auf Überschallge-
schwindigkeit beschleunigt werden, damit diese aufgrund ihrer
eingepprägten kinetischen Energie auf der zu beschichtenden
Oberfläche haften bleiben. Hierbei wird die kinetische Ener-
25 gie der Teilchen genutzt, welche zu einer plastischen Verfor-
mung derselben führt, wobei die Beschichtungspartikel beim
Auftreffen lediglich an ihrer Oberfläche aufgeschmolzen wer-
den. Deshalb wird dieses Verfahren im Vergleich zu anderen
thermischen Spritzverfahren als Kaltgasspritzen bezeichnet,
30 weil es bei vergleichsweise tiefen Temperaturen durchgeführt
wird, bei denen die Beschichtungspartikel im Wesentlichen
fest bleiben. Vorzugsweise wird zum Kaltgasspritzen, welches
auch als kinetisches Spritzen bezeichnet wird, eine Kaltgas-
spritzanlage verwendet, die eine Gasheizeinrichtung zum Er-
35 hitzen eines Gases aufweist. An die Gasheizeinrichtung wird
eine Stagnationskammer angeschlossen, die ausgangsseitig mit
der konvergent-divergenten Düse, vorzugsweise einer Lavaldüse
verbunden wird. Konvergent-divergente Düsen weisen einen zu-

sammenlaufenden Teilabschnitt sowie einen sich aufweitenden Teilabschnitt auf, die durch einen Düsenhals verbunden sind. Die konvergent-divergente Düse erzeugt ausgangsseitig einen Pulverstrahl in Form eines Gasstroms mit darin befindlichen Partikeln mit hoher Geschwindigkeit, vorzugsweise Überschallgeschwindigkeit.

Ein Verfahren zum Erzeugen eines Hohlkörpers der eingangs angegebenen Art ist aus der DE 10 2010 060 362 A1 bekannt. Das Kaltgasspritzen kann demnach zur Herstellung eines Rohres auf einer zylindrischen Matrize verwendet werden. Dabei wird der Kaltgasstrahl gegen die Oberfläche des Zylinders so weit geneigt, dass die Partikel vorrangig an dem in Herstellung befindlichen Rohr haften bleiben. Der zylindrische Formkern kann daher nach Herstellung des Rohres aus diesem entfernt werden. Dies gelingt wegen der typischen Geometrie von Rohren, die im Inneren frei von Hinterschneidungen sind, so dass der zylindrische Formkörper an den Innenwänden des Rohres entlanggleiten kann. Kompliziertere Geometrien von Hohlkörpern lassen sich auf diese Weise jedoch nicht herstellen.

Die Aufgabe der Erfindung liegt daher darin, ein Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers mittels Kaltgasspritzen anzugeben, mit dem auch Hohlkörper komplexer Geometrie gefertigt werden können. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, einen Formkörper anzugeben, der bei dem genannten Verfahren zum Einsatz kommen kann.

Diese Aufgabe wird mit dem eingangs angegebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Formkern vor dem Herstellen des Hohlkörpers mit einer Hilfslage versehen wird. Das Material dieser Hilfslage ist erfindungsgemäß metallisch oder weist zumindest überwiegend metallische Anteile auf. Dies bedeutet, dass die Hilfslage eine metallische Matrix zur Verfügung stellen kann, in die nichtmetallische Einlagerungen eingebettet sein können. Im Wesentlichen verhält sich eine solche Lage dennoch wie ein Metall. Die Einlagerungen können beispielsweise Partikel eines Trockenschmierstoffs sein, um

ein Entformen eines Kerns zu erleichtern. Bevorzugt weist das Material der Hilfslage eine andere Zusammensetzung auf, als das Material, aus dem der Hohlkörper hergestellt werden soll. Dies ermöglicht es vorteilhaft, das Material, welches die
5 Oberfläche zur Beschichtung mit dem Material des Hohlkörpers bildet, optimal an die Anforderungen eines Substrats für das Kaltgasspritzen anzupassen. Einerseits muss dieses Material genügend duktil sein, damit die Partikel aus dem Kaltgasstrahl auf der Oberfläche des Formkerns haften bleiben. Außerdem muss dieses Material hinreichend temperaturbeständig
10 sein, wobei unter Umständen zu berücksichtigen ist, dass das Gas, welches für die Bildung des Kaltgasstrahls verwendet wird, vorgeheizt wird. Hierbei können in der sich vor dem Formkern ausbildenden Prallströmung annähernd die Temperaturen erreicht werden, die das Trägergas in der der Kaltgasspritzdüse vorgelagerten Stagnationskammer aufweist. Eine weitere Eigenschaft, die die Oberfläche des Formkerns aufweisen muss, ist eine Resistenz gegen den erosiven Einfluss der aufprallenden Partikel. Ist diese Oberfläche mechanisch zu
15 instabil, bietet sie den auftreffenden Partikeln des Kaltgasstrahls nämlich keinen genügenden Widerstand, so dass es nicht zu einer mechanischen Anbindung der Partikel auf der Oberfläche und in Folge dessen zu einer Zerstörung des Formkerns kommen würde.

25 Werden diese Eigenschaften von der metallischen Hilfslage erfüllt, kann das Material des Formkerns vorteilhaft weitgehende unabhängig von den Anforderungen des Kaltgasspritzens gewählt werden. Hierdurch werden dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Materialien für Formkerne zugänglich, deren mechanische Stabilität normalerweise für eine Applikation des Kaltgasspritzens nicht ausreichen würde. Jedoch sind es gerade diese Materialien, die einerseits kostengünstig in der Verwendung und andererseits einfach aus dem fertig hergestellten
30 Formkörper zu entfernen sind. Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung können für den Formkern Sand, Holz, Metall oder Kunststoff verwendet werden. Sandkerne haben den Vorteil, dass diese als verlorene Kerne kostengünstig herzustellen

sind und durch Auflösen der Bindung zwischen den einzelnen Sandkörnern auch leicht aus dem Hohlraum der Hohlraumstruktur entfernt werden können. Holz bildet einen kostengünstigen Werkstoff, der insbesondere bei sehr kleinen Serien einfach
5 bearbeitet werden kann, um Kerne der geforderten Geometrie zu erzeugen. Metall eignet sich insbesondere zur Herstellung von Kernen, die mehrfach verwendet werden sollen. Deren Verschleiß ist vorteilhaft gering. Außerdem können diese mit einer hohen Maßhaltigkeit gefertigt werden. Die Oberfläche dieser Metallkerne wird dann durch die Hilfslage vor einem Ver-
10 schleiß geschützt. Auch Kunststoffkerne haben den Vorteil einer einfachen Herstellung und eines kostengünstigen Materials, welches beispielsweise auch gegossen werden kann.

15 Ein Formkern, der insbesondere aus den genannten Materialien gefertigt sein kann, wird erfindungsgemäß dann mit einer Hilfslage aus einem metallischen Werkstoff versehen, wobei diese an der Bildung der Startschicht auf dem Material des Formkerns beteiligt ist oder diese allein bildet, wobei die
20 Startschicht die Oberfläche für ein anschließendes Kaltgas-spritzen der Hohlraumstruktur zur Verfügung stellt.

Als Hohlkörper nach der Erfindung sollen im weitesten Sinne alle Strukturen verstanden werden, die eine konkave Innenflä-
25 che und eine konvexe Außenfläche aufweisen. Die konkave Innenfläche kann insofern durch einen Formkörper während der Herstellung gestützt werden, während sie von der konvexen Seite aus für den Kaltgasstrahl zugänglich ist. Insofern wäre beispielsweise ein schüsselförmiges Bauteil ebenfalls als
30 Hohlkörper im Sinne der Erfindung zu verstehen, wobei die schüsselförmige Vertiefung den Hohlraum mit einer entsprechend weiten Öffnung darstellen würde. Klassische Hohlkörper wären beispielsweise Gehäuse, die eine im Vergleich zum gebildeten Hohlraum kleine Öffnung aufweisen können. Die Hohl-
35 körper müssen selbstverständlich auch nicht ausschließlich konvexe Außenwände aufweisen. Es können auch auf der Außenseite konkave Teilbereiche vorhanden sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Hilfslage aus einer Metallfolie, insbesondere einer Aluminiumfolie, gebildet wird. Hierbei wird die Metallfolie auf den Formkern aufgelegt und bildet somit die metallische Oberfläche, auf der der Hohlkörper durch Kaltgas-
5 spritzen abgeschieden werden kann. Hierbei stellt Aluminium eine sehr kostengünstige Variante dar, wobei dieses Material einerseits duktil genug ist, damit die gespritzten Partikel haften bleiben. Andererseits ist dieses Metall mechanisch genügend stabil, um den Formkörper vor einem erosiven Abtragen
10 durch den Kaltgasstrahl zu schützen. Auf Formkörpern aus Holz reicht beispielsweise eine Aluminiumfolie mit einer Dicke von 0,1 mm, um die Abscheidung metallischer Materialien zu ermöglichen. Beispielsweise ist es auch gelungen, einen Hohlkörper
15 aus einer Titanlegierung darauf abzuschneiden.

Abhängig von der Härte und der Empfindlichkeit des Materials des Formkerns muss die Dicke der Hilfslage gewählt werden. Werden beispielsweise Sandkerne verwendet, so fallen aufgrund
20 des Bedarfs eines höheren Schutzes die Schichtdicken der Hilfslage größer aus. Bei geringeren Dicken der Hilfslage ist zu berücksichtigen, dass diese aufgrund des Auftreffens der Partikel des Kaltgasstrahls plastisch verformt wird. Die plastische Verformung darf jedoch nicht zu einer kompletten
25 Zerstörung der Hilfslage führen, da der restliche Formkern dann nicht mehr geschützt wäre. Ist die Hilfslage als Metallfolie ausgeführt, kann diese vorteilhaft auf den Formkern aufgeklebt werden. Hierdurch lässt sich einerseits ein Ver-
rutschen der Folie während des Beschichtens, insbesondere bei
30 Winkeln zwischen Kaltgasstrahl und Oberfläche von ungleich 90° vermeiden. Außerdem erleichtert das Kleben die Applikation der Folie auf den Formkern, insbesondere bei komplexen Geometrien des Formkerns.

35 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mindestens eine Hilfslage als Startschicht durch Kaltgasspritzen eines metallischen Materials auf dem Formkörper erzeugt wird. Hierbei wird bewusst ein metalli-

sches Material gewählt, was hinsichtlich der Schichtbildung auf dem Formkörper im Vergleich zu dem Material, welches für den Hohlkörper vorgesehen ist, als unproblematisch einzustufen ist. Mit anderen Worten hält das metallische Material, welches insbesondere durch ein sehr duktilen Metall gebildet werden kann, auf dem Formkörper, ohne diesen zu zerstören. Wird die Startschicht mit einer genügenden Dicke auf den Formkörper aufgebracht, bietet diese bei der Abscheidung des Materials des Hohlkörpers anschließend einen genügenden Widerstand. Für die Dicke der Startschicht gelten die zur Ausführung als Folie gemachten Dickenangaben entsprechend.

Die Herstellung der Startschicht mittels Kaltgasspritzen hat zudem den Vorteil, dass die Startschicht in mehreren Hilfslagen aufgebaut sein kann. Auf diese Weise ist es möglich, metallische Materialien nacheinander abzuscheiden, wobei in der Folge der Herstellung der Hilfslagen mit zunehmend härteren und/oder höher schmelzenden metallischen Werkstoffen gearbeitet wird. Dies bedeutet, dass die Hilfslage, die direkt auf dem Formkern hergestellt wird, danach ausgewählt werden kann, dass der Formkern möglichst wenig mechanisch beansprucht wird. Dies ist insbesondere bei sehr niedrig schmelzenden und/oder sehr duktilen Werkstoffen der Fall. Hier kommen insbesondere Zink, Zinn und Blei zum Einsatz. Die folgenden Lagen können dann aus anderen Metallen hergestellt werden, wobei bevorzugt Zink, Aluminium, Kupfer, Silber und Gold zum Einsatz kommen können. Bei den Edelmetallen ist zu beachten, dass diese in der Anschaffung sehr teuer sind. Allerdings können diese im Hohlkörper besondere Aufgaben übernehmen, beispielsweise einen Korrosionsschutz oder eine antimikrobielle oder katalytische Wirkung, was die Kosten ihres Einsatzes evtl. rechtfertigt. Statt der oben genannten Metalle können selbstverständlich auch Metalllegierungen verwendet werden, die diese Metalle als Legierungsbestandteile aufweisen und vergleichbare mechanische Eigenschaften haben.

Bei der Auswahl der Metalle für die Hilfslage, die die zu beschichtende Oberfläche des Formkerns ausbildet, ist zu beach-

ten, ob eher eine thermische Stabilität gefordert ist oder eine mechanische Stabilität. Die thermische Stabilität steht bei der Auswahl im Vordergrund, wenn die Temperatur des Kaltgasstrahls durch Vorheizen des Trägergases erhöht wird.

5 Gleichzeitig sind in diesem Fall die verarbeiteten Partikel wärmer und üben daher eine geringere mechanische Belastung auf die Oberfläche des Formkerns aus. Die mechanische Stabilität steht eher im Vordergrund, wenn die Partikel im Kaltgasstrahl selbst wenig duktil sind und daher eine höhere mechanische Belastung des Formkerns bewirken.
10

Für die Abscheidung der Hilfslage oder der Hilfslagen als Startschicht durch das Kaltgasspritzen hat sich insbesondere das sogenannte Low Pressure Gas Dynamic Spray (LPGDS) bewährt. Bei diesem Verfahren werden die Partikel in den divergenten Teil der konvergent-divergenten Düse eingespeist und das Trägergas auf ein für das Kaltgasspritzen vergleichsweise geringen Druck gebracht. Hierbei treten geringere Partikelgeschwindigkeiten auf, als wenn die Partikel wie üblich in die der Düse vorgelagerte Stagnationskammer eingespeist und von einem höheren Druckniveau des Trägergases aus beschleunigt werden. Damit ist beim LPGDS auch die mechanische Belastung des Formkerns beim Auftreffen der Partikel auf dessen Oberfläche geringer. Da das Material des Formkerns ohnehin empfindlich gegenüber dem Kaltgasstrahl ist, bleiben die Partikel dennoch am Formkern haften, ohne diesen nachhaltig zu zerstören.
15
20
25

Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die mindestens eine Hilfslage nach dem Entformen des Formkerns aus dem Hohlkörper entfernt wird. Das Entformen des Formkerns kann gemäß üblicher Methoden aus dem Stand der Technik erfolgen. Ein Sandkern oder andere verlorene Kerne können beispielsweise ausgeschmolzen oder mit Hilfe von Ultraschall zerstört werden. Aus Kunststoff oder Holz oder auch aus Metall lassen sich gebaute Kerne herstellen, die mehrteilig ausgeführt sein können, damit diese in ihren Einzelteilen aus dem fertiggestellten Hohlkörper entfernt werden können.
30
35

Anschließend verbleibt die Hilfslage im durch den Hohlkörper ausgebildeten Hohlraum, da diese aufgrund der mechanischen Verformungen durch die auftreffenden Partikel des Hohlkörpermaterials fest mit diesen verbunden sind.

5

Wenn das Material der Hilfslage die Funktion des hergestellten Hohlkörpers nicht stört, kann dieses als Auskleidung des Hohlraums im Inneren des Hohlkörpers verbleiben. Wie bereits angedeutet, kann das Material der Hilfslage im Hohlkörper sogar zusätzliche Funktionen wie Korrosionsschutz oder eine antimikrobielle Wirkung übernehmen. Wenn das Material des Hohlkörpers jedoch die Innenwand des Hohlraums bilden soll, muss die Hilfslage anschließend entfernt werden. Diese Entfernung kann mechanisch beispielsweise durch Sandstrahlen erreicht werden. Eine Alternative besteht darin, das Material durch ein selektives Ätzverfahren zu entfernen, wobei das Ätzmittel das Material des Hohlkörpers nicht oder nur wenig angreift.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen:

25

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches in einer Kaltgasspritzanlage durchgeführt wird, als Schemazeichnung,

30 Figur 2 und 3 Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Formkerns im Schnitt und

Figur 4 das Detail IV wie in Figur 3 dargestellt.

35 In Figur 1 ist schematisch eine Kaltspritzanlage dargestellt, die in einer Prozesskammer 11 untergebracht ist. Die Kaltspritzanlage ist auf ihre wesentlichen Bauteile reduziert und stellt somit lediglich eine Prinzipskizze dar. Die Kaltgas-

spritzanlage weist eine konvergent-divergente Spritzdüse 12 auf, die an eine Einheit 13 mit einer nicht näher dargestellten Stagnationskammer angeschlossen ist. Mittels eines Industrieroboters 15 wird ein Formkern 16 derart gehalten, dass dieser durch einen mittels der Spritzdüse 12 erzeugten Kaltgasstrahl beschichtet werden kann. Dieser Beschichtungsvorgang läuft in mehreren Stufen ab. Über einen ersten Vorratsbehälter 18 werden Partikel eines Zinnlots in den divergenten Teil 19 der Spritzdüse 12 eingeleitet und im Kaltgasstrahl 17 beschleunigt. Diese bilden eine in Figur 1 nicht näher dargestellte erste Hilfslage auf dem Formkern 16 (hierzu auch Figuren 3 und 4). Anschließend werden aus einem zweiten Vorratsbehälter Kupferpartikel in die Stagnationskammer (nicht näher dargestellt) vor der Spritzdüse 12 eingeleitet und ebenfalls über den Kaltgasstrahl 17 zum mit der ersten Hilfslage beschichteten Formkörper 16 beschleunigt. Es entsteht eine zweite Hilfslage, wobei diese beiden Hilfslagen eine Startschicht 21 (vgl. Figur 3 und 4) ausbilden. Zuletzt werden aus einem dritten Vorratsbehälter 22 Titanpartikel entnommen und ebenfalls über die Stagnationskammer dem Kaltgasstrahl 17 beigemischt. Hier können mehrere Lagen von Titan auf die Startschicht aufgebracht werden, wodurch eine Wandung gewünschter Dicke eines herzustellenden Hohlkörpers ausgebildet wird, wobei der durch den Hohlkörper eingeschlossene Hohlraum durch den Formkern 16 definiert ist.

In Figur 2 ist ein Hohlkörper 23 dargestellt, wie er mit einer Kaltspritzanlage gemäß Figur 1 hergestellt werden könnte. Für diesen Hohlkörper wurde ein zusammengesetzter Formkern 16 verwendet, der mehrere Formelemente 24 aus Holz aufweist. In die Formelemente sind Fügehilfen 25 integriert, die die Lage der einzelnen Formelemente 24 zueinander definieren und auf diese Weise die Montage erleichtern. Gleichzeitig sind diese Fügehilfen derart ausgeführt, dass sich der Formkern ohne Zerstörung der einzelnen Formelemente 24 aus dem Hohlraum des Hohlkörpers 23 entfernen lässt.

Der Formkern 16 wurde vor dem Beschichten mit dem Material des Hohlkörpers 23 mit einer Metallfolie 26 beklebt, wobei die Klebeschicht als solche in Figur 2 nicht dargestellt ist. Die Beschichtung unter Ausbildung des Hohlkörpers 23 erfolgt anschließend mit Kaltgasspritzen. Der Zustand nach fertiggestellter Beschichtung ist in Figur 2 dargestellt. Nach Fertigstellung der Beschichtung können die Formelemente 24 in der bereits beschriebenen Weise aus dem Hohlraum des Hohlkörpers 23 entnommen werden, wobei die Klebeverbindung zwischen Formkern 16 und Metallfolie 26 schwächer ausgebildet ist als die durch das Kaltgasspritzen entstandene Verbindung zwischen dem Hohlkörper 23 und der Metallfolie 26. Daher verbleibt die Metallfolie 26 in dem Hohlraum, während sich die Klebeverbindung löst. Diese kann in nicht dargestellter Weise beispielsweise durch ein selektives Ätzverfahren aus dem Hohlraum entfernt werden, soweit dies erforderlich ist.

In Figur 3 ist ein Formkern aus gebundenem Sand dargestellt. Dieser ist mit der gemäß Figur 1 hergestellten Startschicht 21 beschichtet, wobei in einem nachfolgenden Schritt der Hohlkörper 23 aus Titan hergestellt wurde. In Figur 3 nicht dargestellt ist die Möglichkeit, den Formkern aus Sand beispielsweise mittels Ultraschall zu zerstören, so dass dieser verloren ist und aus dem Hohlraum des Hohlkörpers 23 entnommen werden kann. Die Startschicht 21 verbleibt im Hohlraum, wie dies zu Figur 2 bereits beschrieben wurde. Auch hier besteht die Möglichkeit, diese anschließend mechanisch oder chemisch zu entfernen.

In Figur 4 ist der Ausschnitt IV gemäß Figur 3 vergrößert dargestellt. Es wird deutlich, dass der Kern aus Sand zunächst mit einer Basislage 27 beschichtet wird, die gemäß Figur 1 aus einem Zinnlot besteht. Alternative Werkstoffe wären ein Weißmetall (zinnhaltige Legierung) oder auch Zink. Auf die Basislage folgt eine Decklage 28, die aus Kupfer besteht und eine Oberfläche 29 zur Beschichtung mit dem Material des Hohlkörpers (hier Titan) zur Verfügung stellt. Alternativ zu Kupfer kann die Decklage auch aus Zink oder Aluminium oder

Legierungen bestehen, die mindestens eines dieser Metalle
enthalten. Zwischen der Basislänge 27 und der Decklage 28
können weitere Hilfslagen hergestellt werden, um zum Beispiel
den Übergang zu verschiedenen Eigenschaftsprofilen der Hilfs-
5 lagen (Duktilität, Härte und/oder Temperaturbeständigkeit)
fließender zu gestalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers, bei dem
– der Hohlkörper (23) durch Beschichten eines Formkerns (16)
5 durch Kaltgasspritzen hergestellt wird und
– der Formkern (16) nach Fertigstellung des Hohlkörpers (23)
aus diesem entfernt wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
der Formkern (16) vor dem Herstellen des Hohlkörpers (23) mit
10 einer Hilfslage (26, 27, 28) versehen wird, wobei das Materi-
al der Hilfslage metallisch ist oder zumindest überwiegend
metallische Anteile aufweist, und die Hilfslage (26, 27, 28)
nach dem Entformen des Formkerns (16) aus dem Hohlkörper (23)
entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
das Material der Hilfslage sich in seiner Zusammensetzung von
dem Material des Hohlkörpers unterscheidet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Hilfslage aus einer Metallfolie (26), insbesondere einer
Aluminiumfolie gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die Metallfolie (26) auf den Formkern (16) aufgeklebt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
die mindestens eine Hilfslage als Startschicht (21) durch
Kaltgasspritzen, insbesondere durch Low Pressure Gas Dynamic
Spray, eines metallischen Materials auf dem Formkörper (16)
35 erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

metallische Materialien mit einem duktilen Werkstoffverhalten, insbesondere eines oder mehrere der Metalle oder Metalllegierungen auf Basis der Metalle Zink, Zinn, Blei, Aluminium, Kupfer, Silber und Gold abgeschieden werden.

5

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Startschicht (21) mehrlagig ausgeführt wird, wobei in der
Folge der Herstellung die Hilfslagen (26, 27, 28) mit zuneh-
10 mend härteren und/oder höher schmelzenden metallischen Werk-
stoffen hergestellt werden.

15

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Startschicht (21) zweilagig mit
– einer auf dem Formkern liegenden Basislage (27) aus einem
der Metalle oder Metalllegierung auf Basis der Metalle
Zink, Zinn und Blei,
– und mit einer hierauf folgenden Decklage (28) aus einem
20 der Metalle oder Metalllegierung auf Basis der Metalle
Zink, Aluminium, Kupfer, Silber und Gold
hergestellt wird.

25

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Formkern (16) aus Holz, Kunststoff, Metall oder gebunde-
ner Sand hergestellt wird.

30

10. Formkern (16) mit einer als Substrat für das Kaltgas-
spritzen geeigneten Oberfläche (29),
dadurch gekennzeichnet, dass
die Oberfläche (29) durch mindestens eine Hilfslage (26, 27,
28) aus einem metallischen Werkstoff gebildet wird, die eine
Startschicht auf dem Material des Formkerns (16) bildet.

35

11. Formkern nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass

dieser aus gebundenem Sand, Holz, Metall oder Kunststoff besteht.

FIG 1

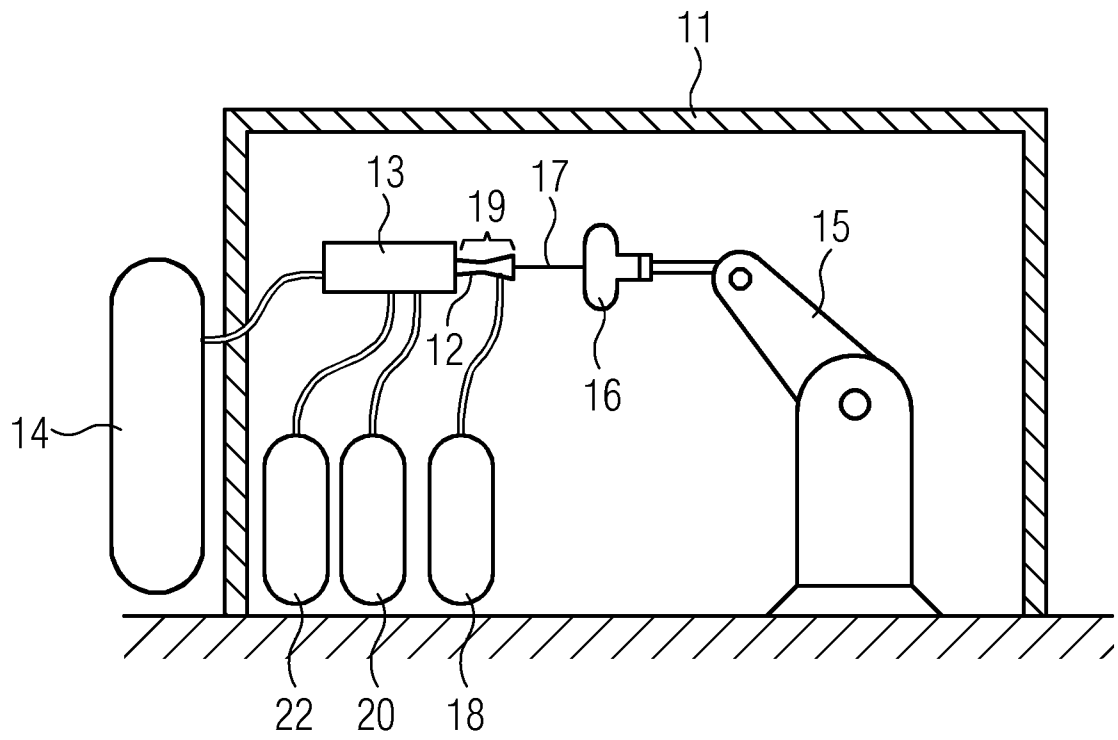


FIG 2

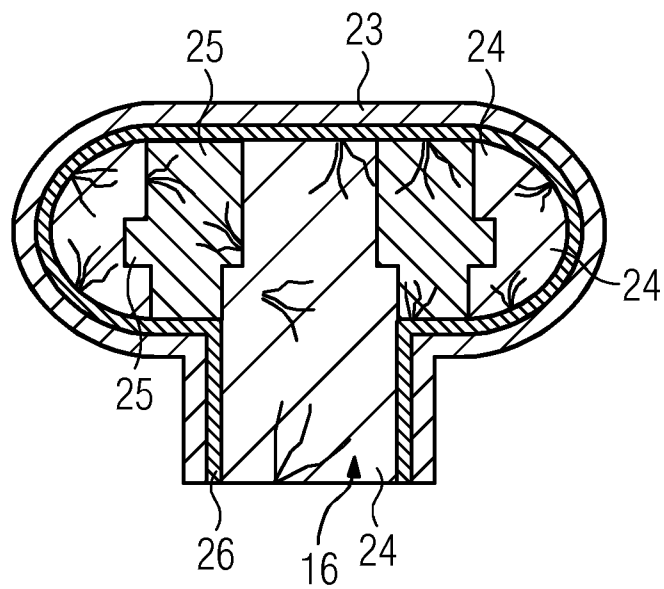


FIG 3

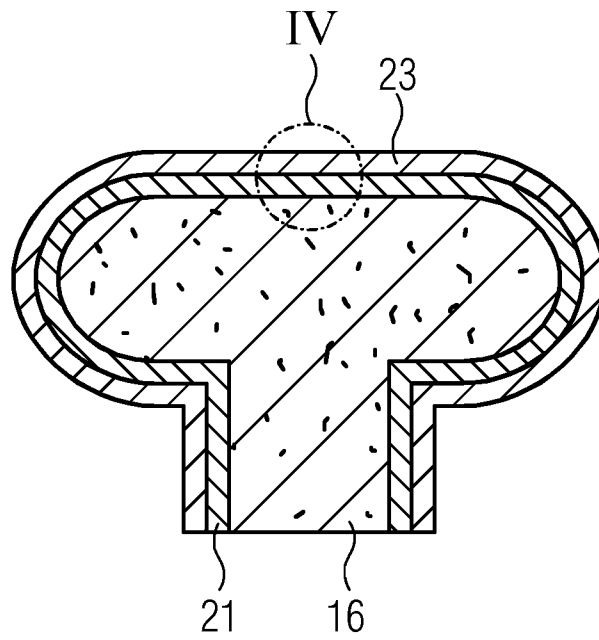


FIG 4

