



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.01.2022 Patentblatt 2022/01

(51) Int Cl.:
C23C 24/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20184029.5**

(22) Anmeldetag: **03.07.2020**

(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:
• **Batt, Stephan**
46397 Bocholt (DE)
• **Dinter, Ralf Martin**
45888 Gelsenkirchen (DE)

(74) Vertreter: **Michalski Hüttermann & Partner**
Patentanwälte mbB
Speditionstraße 21
40221 Düsseldorf (DE)

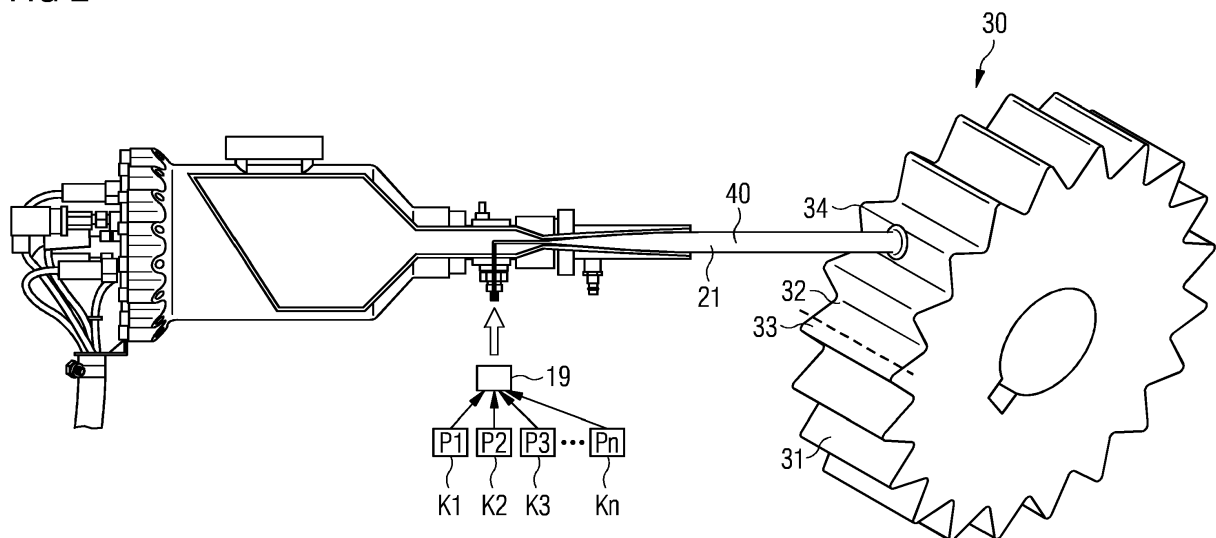
(71) Anmelder: **Flender GmbH**
46395 Bocholt (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER BESCHICHTUNG, EINE BESCHICHTUNG, EIN BAUTEIL MIT EINER BESCHICHTUNG**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung (100), wobei die Beschichtung (100) wenigstens zwei Schichten umfasst, auf einem Grundkörper (24, 30), wobei eine Mehrzahl an Partikeln (40) beschleunigt wird, derart, dass die Partikel (40) bei Auftreffen auf einer Oberfläche des Grundkörpers (24, 30) an den Grundkörper (24, 30) anhaften, wobei in einer ersten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens ein erstes Pulver (P1, P2, P3, ... Pn)

aufweist, wobei in der ersten Beschichtungsphase eine erste Schicht gebildet wird, wobei in einer zweiten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens das erste Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) und wenigstens ein zweites Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) aufweist, wobei in der zweiten Beschichtungsphase eine zweite Schicht gebildet wird. Die Erfindung betrifft ferner eine Beschichtung (100) sowie ein Bauteil (24, 30).

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung, eine Beschichtung sowie ein Bauteil mit einer Beschichtung.

[0002] An eine Randschicht auf einem Zahnrad, insbesondere auf Zahnflanke und Zahnfuß, werden hinsichtlich einer Tragfähigkeit besondere Anforderungen gestellt. An einer Zahnkontur der Randschicht soll eine hohe Tragfähigkeit vorliegen, an einem Innenumfang der Randschicht ist eine gewisse Zähigkeit gewünscht. Dies gelingt bisher mittels Einsatzhärten.

[0003] Einsatzhärten ist ein Verfahren zur Oberflächenhärtung, insbesondere zur Härtung der Randschicht. Das Verfahren umfasst insbesondere folgende Schritte: Aufkohlen, Härten und Anlassen eines, vorteilhaft Einsatzstahl umfassenden, Werkstücks.

[0004] Beim Aufkohlen wird die Randschicht des Werkstücks mit Kohlenstoff angereichert. Durch die Diffusion des Kohlenstoffs von der angereicherten Randschicht in Richtung des Kerns stellt sich ein Kohlenstoffprofil ein, das typischerweise einen mit zunehmendem Randabstand zum Kern hin abnehmenden Verlauf des Kohlenstoffgehaltes (auch: C-Gehalt) aufweist. Im Anschluss an die Aufkohlung wird das Härten und Anlassen durchgeführt. Hierdurch wird die Randhärte und Einsatzhärtungstiefe eingestellt.

[0005] Das Einsatzhärten weist jedoch einige Nachteile auf, wie beispielsweise eine lange Prozesszeit.

[0006] Eine der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe kann folglich darin gesehen werden, eine Oberflächenhärtung von Zahnrädern zu verbessern und eine Prozesszeit zu verringern.

[0007] Die Lösung der Aufgabe gelingt durch Anspruch 1, d. h. ein Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung, wobei die Beschichtung wenigstens zwei Schichten umfasst, auf einem Grundkörper, wobei eine Mehrzahl an Partikeln beschleunigt wird, derart, dass die Partikel bei Auftreffen auf einer Oberfläche des Grundkörpers an den Grundkörper anhaften, wobei in einer ersten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln wenigstens ein erstes Pulver aufweist, wobei in der ersten Beschichtungsphase eine erste Schicht gebildet wird, wobei in einer zweiten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln wenigstens das erste Pulver und wenigstens ein zweites Pulver aufweist, wobei in der zweiten Beschichtungsphase eine zweite Schicht gebildet wird.

[0008] Der Grundkörper ist vorzugsweise ein Bauteil, insbesondere ein Zahnrad. Die Erfindung eignet sich besonders gut für Zahnrädern in Getrieben mit einer hohen Leistungsdichte. Hierzu zählen mitunter Getriebe für Windkraftanlagen, Förderbänder und den Bereich Automotive. Auch andere Anwendungsgebiete sind denkbar.

[0009] Die Beschichtung ist vorzugsweise eine Randschicht.

[0010] Die Mehrzahl an Partikeln kann auch als eine Partikelmenge bezeichnet werden. Es handelt sich hier-

bei vorzugsweise um granulares Material.

[0011] Ein Verfahren, bei welchem eine Mehrzahl an Partikeln beschleunigt wird, derart, dass die Partikel bei Auftreffen auf einer Oberfläche eines Grundkörpers an den Grundkörper anhaften, ist beispielsweise das Kaltgasspritzen. Durch Umwandlung der hohen kinetischen Energie der beschleunigten Partikel gelingt hierbei die Beschichtung.

[0012] Das Kaltgasspritzen (auch Cold Spray genannt) ist ein Verfahren im Bereich des thermischen Spritzens. Dieses Verfahren ist vorteilhaft, da ein Spritzwerkstoff weder an- noch aufgeschmolzen wird und dadurch ein thermischer Einfluss auf Schicht und Trägermaterial gering ist

[0013] Beim Kaltgasspritzen wird vorteilhaft ein Prozessgas, z. B. Stickstoff oder Helium, bei hohem Druck (vorzugsweise 30 bar bis 50 bar) einer Spritzpistole zugeführt und im Pistolengehäuse auf eine Temperatur erwärmt, die vorzugsweise zwischen 800°C und 1100°C liegt.

[0014] Eine anschließende Expansion des erhitzten und hochgespannten Gases in einer konvergent-divergenten Düse auf Umgebungsdruck hat zur Folge, dass das Prozessgas auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und auf Temperaturen von ca. unter 100°C abkühlt.

[0015] Granulares Material, insbesondere Pulver, wird mittels einer Fördereinheit und einem, vorzugsweise gleichartigen, Trägergas im konvergenten Bereich der Düse injiziert und im Hauptgasstrom auf Partikelgeschwindigkeiten von vorteilhaft 900 m/s bis 1200 m/s beschleunigt.

[0016] Pulverpartikel treffen in einem vorteilhaft stark fokussierten Spritzstrahl auf eine, vorzugsweise unbehandelte, Bauteiloberfläche auf. Es erfolgt eine Verformung des Substrats, also der Bauteiloberfläche, sowie eine Verformung der Pulverpartikel selbst, wodurch eine fest haftende, dichte und oxidarme Schicht gebildet wird.

[0017] Die hohe kinetische Energie der Pulverpartikel und der damit verbundene, hohe Verformungsgrad beim Aufprall auf dem Bauteil, ermöglichen die Herstellung von homogenen und sehr dichten Schichten, bei einer variablen Schichtdicke von 1 µm bis hin zu 20 cm.

[0018] Vorzugsweise werden beim Kaltgasspritzen metallische Schichten hergestellt, deren physikalische und chemische Eigenschaften sich kaum von denen des Ausgangswerkstoffes des Bauteils unterscheiden.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird ein Mischverhältnis des ersten Pulvers und des zweiten Pulvers in der zweiten Beschichtungsphase durch eine Mischeinheit verändert, derart, dass am Beginn der zweiten Beschichtungsphase eine Anzahl an Partikeln des ersten Pulvers größer ist als eine Anzahl der Partikel des zweiten Pulvers und am Ende der zweiten Beschichtungsphase die Anzahl an Partikeln des ersten Pulvers kleiner ist als die Anzahl an Partikeln des zweiten Pulvers.

[0020] In anderen Worten: Die Menge des ersten Pul-

vers wird reduziert, die Menge des zweiten Pulvers wird erhöht.

[0021] Auf diese Weise wird vorteilhaft ein fließender Übergang geschaffen.

[0022] Es ist jedoch auch möglich, zuerst das erste Pulver mit einem gewissen C-Gehalt und anschließend das zweite Pulver mit einer höheren C-Gehalt zu nutzen. Dies schafft einen abrupten Übergang.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist das erste Pulver einen ersten Kohlenstoffgehalt auf, wobei das zweite Pulver einen zweiten Kohlenstoffgehalt aufweist, wobei der zweite Kohlenstoffgehalt höher ist als der erste Kohlenstoffgehalt.

[0024] Dies bietet den Vorteil, dass durch ein schichtweises Auftragen von Werkstoffen, wobei die Werkstoffe vorteilhaft eine gleiche Legierung umfassen, sich jedoch hinsichtlich ihres Kohlenstoffgehalts unterscheiden, ein Kohlenstoffprofil nachgebildet wird. Hierbei nimmt der Kohlenstoffgehalt der Beschichtung vom Außenumfang der Beschichtung zum Innenumfang hin ab (in anderen Worten: auf ein Profil bezogen von außen nach innen), wodurch das vom Einsatzhärten bekannte Kohlenstoffprofil nachgebildet wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren gelingen die Beschichtung und die Nachbildung des Kohlenstoffprofils aber wesentlich schneller als beim Aufkohlen während des Einsatzhärtens. Die Prozesszeit wird dadurch deutlich verkürzt.

[0025] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist das erste Pulver Stahl-Partikel, vorzugsweise Einsatzstahl-Partikel, auf.

[0026] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist das zweite Pulver Stahl-Partikel, vorzugsweise Einsatzstahl-Partikel, auf.

[0027] Als Stahl-Partikel eignen sich besonders gut Verzahnungsstahl-Partikel sowie deren Legierungen.

[0028] Geeignet sind beispielsweise Stähle des Typs 18CrNiNo7-6 oder 16MnCr5. Der Kohlenstoffgehalt ist in den verschiedenen Pulvern vorteilhaft unterschiedlich, sodass das in den Figuren gezeigte Kohlenstoffprofil erreicht wird.

[0029] Vorteilhaft ist Kohlenstoff in einer gewünschten Dosierung in den Stahl-Partikeln gelöst.

[0030] Alternativ sind Kohlenstoff-Partikel in einer gewünschten Dosierung hinzugefügt.

[0031] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist in einer dritten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln wenigstens ein zweites Pulver auf, wobei in der dritten Beschichtungsphase eine dritte Schicht gebildet wird, wobei in einer vierten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln wenigstens das zweite Pulver und wenigstens ein drittes Pulver aufweist, wobei in der vierten Beschichtungsphase eine vierte Schicht gebildet wird.

[0032] Es können auf diese Weise beliebig viele Schichten gebildet werden. Dies ist beispielsweise abhängig von einer Gesamtgröße des Bauteils.

[0033] Die Lösung der oben gestellten Aufgabe gelingt ferner durch eine Beschichtung, insbesondere herge-

stellt nach dem beschriebenen Verfahren, aufweisend wenigstens zwei Schichten, wobei eine erste Schicht einen ersten Kohlenstoff-Massenanteil aufweist, wobei eine zweite Schicht einen zweiten Kohlenstoff-Massenanteil aufweist.

[0034] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein Übergang zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht fließend.

[0035] Auf diese Weise wird ein optimales Kohlenstoffprofil erreicht.

[0036] Auch ein abrupter Übergang ist möglich.

[0037] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein Übergang zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht wenigstens im Wesentlichen linear ausgebildet.

[0038] Die Lösung der oben gestellten Aufgabe gelingt überdies durch ein Bauteil, aufweisend eine derartige Beschichtung.

[0039] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist das Bauteil als Zahnrad ausgeführt.

[0040] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

FIG 1 eine beispielhafte Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

FIG 2 eine Beschichtung eines Zahnrads mittels der in FIG 1 beschriebenen Vorrichtung 1,

FIG 3 einen typischen Aufbau der Beschichtung,

FIG 4 ein Diagramm zum Kohlenstoffgehalt,

FIG 5 einen möglichen Gesamtablauf des Verfahrens zur Herstellung der Beschichtung,

FIG 6 den Verfahrensschritt S5 aus FIG 5 im Detail.

[0041] FIG 1 zeigt eine beispielhafte Vorrichtung 1 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Figur 1 zeigt eine beheizte Hochdruckkammer 3 sowie ein Heizelement 5. Ein Prozessgas 7, vorzugsweise Stickstoff oder Helium, wird in der Vorrichtung 1, vorteilhaft als Spritzpistole ausgeführt, bei hohem Druck zugeführt und auf eine Temperatur zwischen 800°C und 1100°C aufgeheizt. Die Vorrichtung 1 zeigt hierzu eine Druckmessung 11, das Heizelement 5 und die beheizte Hochdruckkammer 3.

[0042] Die Vorrichtung 1 weist ferner eine Stromversorgung 9 auf.

[0043] Die Figur zeigt eine Düse 14, in welcher das erhitze und hochgespannte Prozessgas 7 vorteilhaft auf Umgebungsdruck expandiert. Das Prozessgas 7 wird durch die Expansion auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und auf Temperaturen von weniger als 100°C abgekühlt. Dies gelingt u.a. mit einer Düsenkühlung 15.

[0044] Mittels einer Fördereinheit 18 und einem Trägergas 16, wobei das Trägergas 16 vorzugsweise gleich-

artig zum Prozessgas 7 ist, werden Partikel 40, insbesondere Pulver, injiziert. Dies gelingt vorteilhaft im konvergenten Bereich der Düse 14.

[0045] Im Hauptgasstrom werden die Partikel 40 auf Geschwindigkeiten von vorzugsweise 900m/s bis 1200 m/s beschleunigt. Die Figur zeigt eine Mischeinheit 19, in welcher eine gewünschte Pulvermischung aus den Pulvern P1, P2, P3, ..., Pn erhalten wird. Das erste Pulver P1 lagert beispielsweise in einer Kammer K1. Das zweite Pulver P2 lagert beispielsweise in einer Kammer K2. Das dritte Pulver P3 lagert beispielsweise in einer Kammer K3.

[0046] Es ist eine beliebige Anzahl von Pulvern und somit auch Kammern möglich. Dies ist in der Figur durch Pn und Kn gekennzeichnet.

[0047] Ein Spritzstrahl 21 führt, wie in der Figur gezeigt, zu einem Partikeleinschlag 20 auf einer Oberfläche 23 eines Bauteils 24. Auf diese Weise wird eine Beschichtung 20 gebildet. Die Beschichtung 20 weist in der Figur eine erste Schicht 22 auf. Vorteilhaft weist die fertiggestellte Beschichtung wenigstens zwei Schichten auf.

[0048] FIG 2 zeigt eine Beschichtung eines Zahnrads 30 mittels der in FIG 1 beschriebenen Vorrichtung 1. Das Zahnrad 30 weist eine Zahnflanke 31, einen Zahnfuss 32, einen Zahnkopf 33 sowie eine Kopffläche 34 auf.

[0049] Mittels der Vorrichtung 1 erfolgt vorzugsweise eine Herstellung einer Randschicht auf dem Zahnrad 30, insbesondere auf der Zahnflanke 31 und dem Zahnfuss 32. Mittels der Vorrichtung 1 werden nacheinander Schichten von Werkstoffen gleicher Legierung, jedoch mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten aufgebracht.

[0050] Der Kohlenstoffgehalt nimmt vorzugsweise von einem Außenumfang zu einem Innenumfang (in anderen Worten: beim Profil von außen nach innen) hin ab. Dies gelingt durch die Mischung der verschiedenen Pulver. Das Zahnrad 30 wird beispielsweise zuerst mit Pulver P3 aus der Kammer K3 bespritzt, anschließend aus einer Mischung aus Pulver P2 aus Kammer K2 und Pulver P3, anschließend mit Pulver P2, anschließend aus einer Mischung aus Pulver P1 aus Kammer K1 und Pulver P2 und zuletzt mit Pulver P1.

[0051] Die Mischeinheit 19 entnimmt vorteilhaft den einzelnen Kammern K1, ..., Kn derart viel Pulver, dass ein fließender Übergang von Pulver P2 zu Pulver P1 bzw. von Pulver P3 zu Pulver P2 gelingt. Jedoch ist auch ein abrupter Übergang denkbar.

[0052] FIG 3 zeigt einen typischen Aufbau einer Beschichtung 100. Die Figur zeigt auf der X-Achse die Breite b sowie auf der Y-Achse eine Profiltiefe t der Beschichtung.

[0053] An einem Außenumfang A der Beschichtung liegt eine Schicht mit Pulver P1 vor, anschließend folgt entlang des Pfeiles 50 eine Schicht P2 anschließend eine Schicht P3 anschließend eine Schicht P4 ... bis hin zu einer Schicht Pn. Die Schicht P1 weist vorteilhaft den größten Kohlenstoffgehalt auf, die Schicht Pn an einem Innenumfang I weist vorteilhaft den geringsten Kohlen-

stoffgehalt auf. Entlang des Pfeiles 50 nimmt der Kohlenstoffgehalt der Beschichtung ab.

[0054] Der Kohlenstoffgehalt einer jeden Schicht P1, ..., Pn steht in direkter Verbindung mit einer Härte einer Schicht P1, ..., Pn. Je größer der Kohlenstoffgehalt einer Schicht P1, ..., Pn ist, desto härter ist die Schicht P1, ..., Pn. Dies bedeutet vorteilhaft, dass die äußerste Schicht am härtesten ist und die innerste Schicht am weichsten, vorzugsweise ähnlich weich wie das Bauteil 24, z.B. ausgeführt als Zahnrad 30, ist. Dies ist auch in FIG 4 gezeigt.

[0055] FIG 4 zeigt ein Diagramm zum Kohlenstoffgehalt mit der Profiltiefe t auf der X-Achse und dem Kohlenstoffgehalt C auf der Y-Achse.

[0056] Die Figur zeigt den Verlauf der einzelnen Schichten P1, ..., Pn, die durch die verschiedenen Pulver bzw. Pulvermischungen hervorgerufen wurden. Die Figur zeigt einen Verlauf des C-Gehalts, startend beim Außenumfang A mit P1 und somit mit einem sehr hohen Kohlenstoffgehalt. Es folgt eine Mischung aus P1 und P2, wobei ein Mischverhältnis vorteilhaft wenigstens im Wesentlichen fließend in Richtung der Profiltiefe verläuft, zum Innenumfang I der Beschichtung. Es folgt eine Schicht, aufweisend Pulver P2, anschließend eine Mischung aus P2 und P3, anschließend eine Schicht aus P3.

[0057] Die Figur zeigt, einen treppenförmigen Verlauf des Kohlenstoff-Gehalts C mit abgerundeten Ecken. Die abgerundeten Ecken kennzeichnen den fließenden Übergang.

[0058] Eine Feinheit der Stufung kann durch die Feinheit bei der Mischung von Pulvern mit unterschiedlichen C-Gehalten beeinflusst werden. Somit kann ein beim heutigen Einsatzhärten typisches C-Profil nachgebildet werden.

[0059] Eine Stufe entspricht beispielsweise einer Schichtdicke von 10 bis 200 pm. Dies ist jedoch abhängig von einer Bauteilgröße. Auch eine Anzahl an Schichten ist abhängig von der Bauteilgröße. Vorteilhaft gilt: Je größer das Bauteil, desto dicker die Schicht.

[0060] Auch ein linearer Verlauf ist denkbar. Eine Härte h korrespondiert zum C-Gehalt.

[0061] FIG 5 zeigt einen möglichen Gesamtablauf des Verfahrens zur Herstellung der Beschichtung. In einem Verfahrensschritt S1 erfolgt ein Zuführen unter Druck von Prozessgas in eine Spritzpistole.

[0062] In einem Verfahrensschritt S2 erfolgt ein Aufheizen des Pistolengehäuses bzw. ein Aufheizen des Prozessgases im Pistolengehäuse.

[0063] In einem Verfahrensschritt S3 erfolgt eine Expansion des Prozessgases in der Düse.

[0064] In einem Verfahrensschritt S4 erfolgt eine Beschleunigung des Prozessgases, was eine Folge aus Verfahrensschritt S3 darstellt.

[0065] In einem Verfahrensschritt S5 wird ein Mischverhältnis des Pulvers, welches zu injizieren ist, herbeigeführt. Der Verfahrensschritt S5 wird in der folgenden FIG 6 noch genauer erläutert.

[0066] In einem Verfahrensschritt S6 erfolgt eine In-

jektion des Pulvers in den Hauptgasstrahl, wodurch das Pulver in einem Verfahrensschritt S7 beschleunigt wird.

[0067] In einem Verfahrensschritt S8 erfolgt ein Auftreffen der Partikel, beispielsweise auf einer Oberfläche eines Bauteils.

[0068] In einem Verfahrensschritt S9 erfolgt eine Verformung des Substrats des Bauteils, also des Bauteilmaterials, sowie der Partikel selbst.

[0069] In einem Verfahrensschritt S10 ist eine feste Schicht erreicht. Die feste Schicht erfolgt durch eine Verformung des Substrats und der Partikel beim Aufprall der Partikel durch deren hohe kinetische Energie.

[0070] Ein Wärmeeintrag ist hierbei nur gering, was ein Vorteil für das Bauteil ist. Je nach Werkstoff der Partikel wie auch des Bauteils ist eine gewisse Aufprallgeschwindigkeit nötig, die zu einer festen Verbindung von Partikel und Bauteil führt. Ist eine Aufprallgeschwindigkeit der Partikel größer als diese Geschwindigkeit, wird ein Verformungsgrad zwischen Partikel und Bauteil erhöht. Ist die Aufprallgeschwindigkeit hingegen zu hoch, wird Material abgetragen und keine Schicht gebildet. Ist die Aufprallgeschwindigkeit jedoch zu gering, wird keine Anhaftung der Partikel an dem Bauteil erreicht.

[0071] Als Beschichtungswerkstoffe, die als Pulver an Grundkörper bzw. Bauteile angespritzt werden, eignen sich beispielsweise Magnesium, Aluminium, Titan, Nickel, Kupfer, Tantal, Niob, Silber und /oder Gold. Ferner sind auch Legierungen, aufweisend Nickel-Chrom, Bronze, Aluminium-Legierungen, Titan-Legierungen und MCrAlY-Legierungen denkbar. Es sind auch Materialgemische denkbar, welche beispielsweise Metall und Keramik aufweisen sowie andere Kompositwerkstoffe. Auch Stahl, insbesondere Einsatzstahl, kann als Pulver an Bauteile angespritzt werden.

[0072] Die Grundkörper bzw. Bauteile sind vorteilhaft derart ausgeführt, dass sie Metall, Kunststoff, Glas und/oder Keramik aufweisen. Es sind jedoch auch andere Beschichtungsstoffe denkbar. Es sind auch andere Trägermaterialien der Bauteile denkbar. Für den Grundkörper können kostengünstige Werkstoffe verwendet werden.

[0073] FIG 6 zeigt den Verfahrensschritt S5 aus FIG 5 im Detail. Im Verfahrensschritt S5 wird, wie bereits erläutert, das Mischverhältnis des Pulvers herbeigeführt.

[0074] In einem Verfahrensschritt S51 wird nur Pulver 3 aus Kammer K3 genutzt, um es in Verfahrensschritt S6 zu injizieren.

[0075] Im Verfahrensschritt S52 wird eine Mischung von Pulver 3 und Pulver 2 herbeigeführt.

[0076] In einem Verfahrensschritt S53 wird nur Pulver 2 genutzt. In einem Verfahrensschritt S54 wird Pulver 1 und Pulver 3 genutzt.

[0077] In einem Verfahrensschritt S55 wird Pulver 1 genutzt. Pulver 1 bildet somit die Schicht am Außenumfang der Beschichtung und Pulver 3 die Schicht am Innenumfang, welche direkt am Grundkörper anliegt. Pulver 1 weist vorzugsweise den höchsten Kohlenstoffgehalt und Pulver 3 den niedrigsten Kohlenstoffgehalt auf.

[0078] Die Pulvermischung im Verfahrensschritt S52 und Verfahrensschritt S54 kann ferner dergestalt sein, dass ein abrupter Übergang von einem Pulver auf das andere Pulver erfolgt. Vorteilhaft ist jedoch ein fließender, insbesondere wenigstens im Wesentlichen linearer, Übergang zwischen den Pulvern. Dies bedeutet, dass ein Pulvergehalt des einen Pulvers langsam abnimmt, während der Pulvergehalt des anderen Pulvers in gleichem Maße zunimmt. Die Anzahl der verschiedenen Pulver ist rein beispielhaft, es können mehr als drei Pulver verwendet werden, jedoch auch weniger.

[0079] Die Erfindung bietet den Vorteil, dass in kurzer Zeit das beim heutigen Einsatzhärten typische C-Profil nachgebildet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Beschichtung (100), wobei die Beschichtung (100) wenigstens zwei Schichten umfasst, auf einem Grundkörper (24, 30), wobei eine Mehrzahl an Partikeln (40) beschleunigt wird, derart, dass die Partikel (40) bei Auftreffen auf einer Oberfläche des Grundkörpers (24, 30) an den Grundkörper (24, 30) anhaften, wobei in einer ersten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens ein erstes Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) aufweist, wobei in der ersten Beschichtungsphase eine erste Schicht gebildet wird, wobei in einer zweiten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens das erste Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) und wenigstens ein zweites Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) aufweist, wobei in der zweiten Beschichtungsphase eine zweite Schicht gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei ein Mischverhältnis des ersten Pulvers (P1, P2, P3, ... Pn) und des zweiten Pulvers (P1, P2, P3, ... Pn) in der zweiten Beschichtungsphase durch eine Mischeinheit (19) verändert wird, derart, dass am Beginn der zweiten Beschichtungsphase eine Anzahl an Partikeln (40) des ersten Pulvers größer ist als eine Anzahl der Partikel (40) des zweiten Pulvers (P1, P2, P3, ... Pn) und am Ende der zweiten Beschichtungsphase die Anzahl an Partikeln (40) des ersten Pulvers kleiner ist als die Anzahl an Partikeln (40) des zweiten Pulvers.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) einen ersten Kohlenstoffgehalt aufweist, wobei das zweite Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) einen zweiten Kohlenstoffgehalt aufweist, wobei der zweite Kohlenstoffgehalt höher ist als der erste Kohlenstoffgehalt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) Stahl-

Partikel, vorzugsweise Einsatzstahl-Partikel, aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zweite Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) Stahl-Partikel, vorzugsweise Einsatzstahl-Partikel, aufweist. 5

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einer dritten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens ein zweites Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) aufweist, wobei in der dritten Beschichtungsphase eine dritte Schicht gebildet wird, 10
wobei in einer vierten Beschichtungsphase die Mehrzahl an Partikeln (40) wenigstens das zweite Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) und wenigstens ein drittes Pulver (P1, P2, P3, ... Pn) aufweist, wobei in der vierten Beschichtungsphase eine vierte Schicht gebildet wird. 15 20

7. Beschichtung (100), insbesondere hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend wenigstens zwei Schichten, wobei eine erste Schicht einen ersten Kohlenstoff-Massenanteil aufweist, wobei eine zweite Schicht einen zweiten Kohlenstoff-Massenanteil aufweist. 25

8. Beschichtung (100) nach Anspruch 7, wobei ein Übergang zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht fließend ist. 30

9. Beschichtung (100) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei ein Übergang zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht wenigstens im Wesentlichen linear ausgebildet ist. 35

10. Bauteil (24, 30), aufweisend eine Beschichtung (100) nach einem der Ansprüche 7 bis 9. 40

11. Bauteil (24, 30) nach Anspruch 10, ausgeführt als Zahnrad (30) . 45

45

50

55

FIG 1

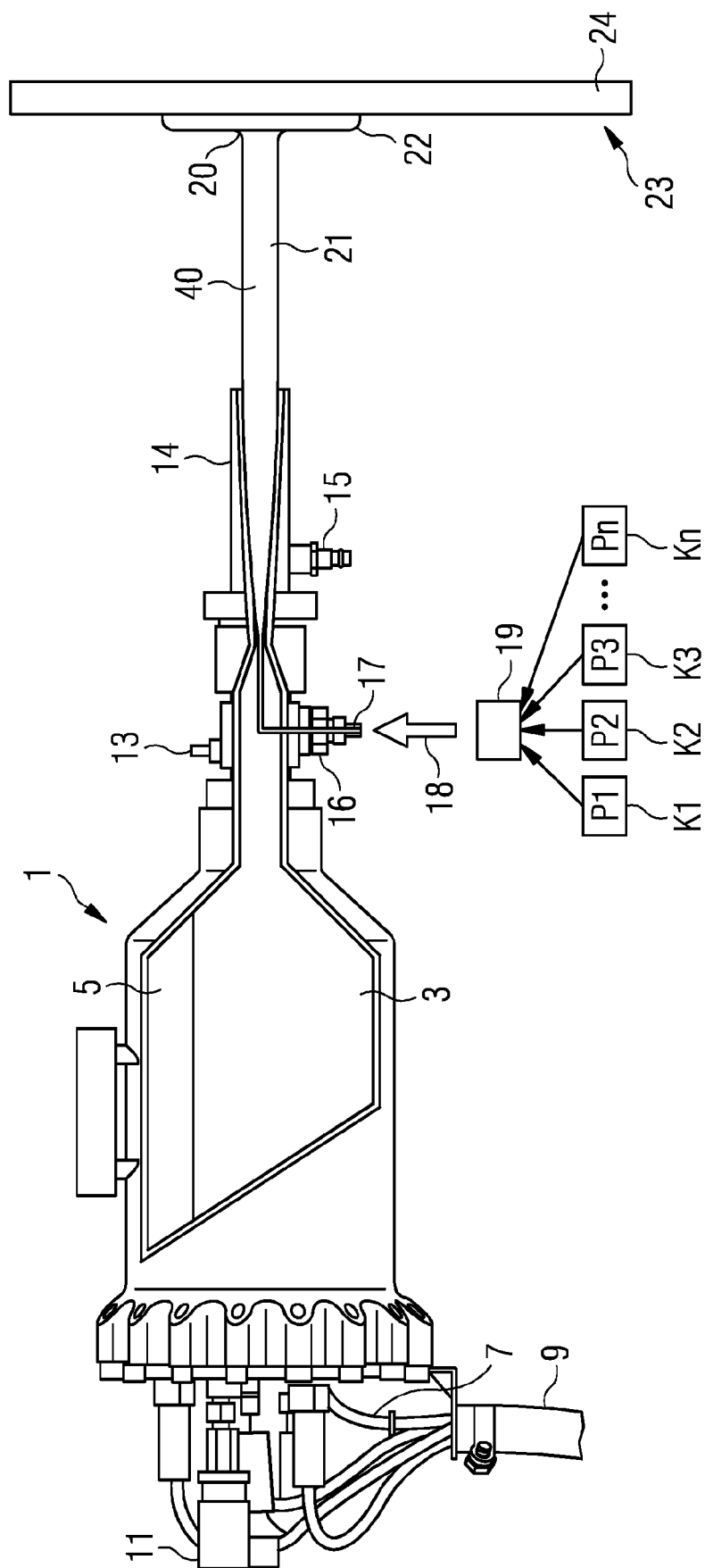


FIG 2

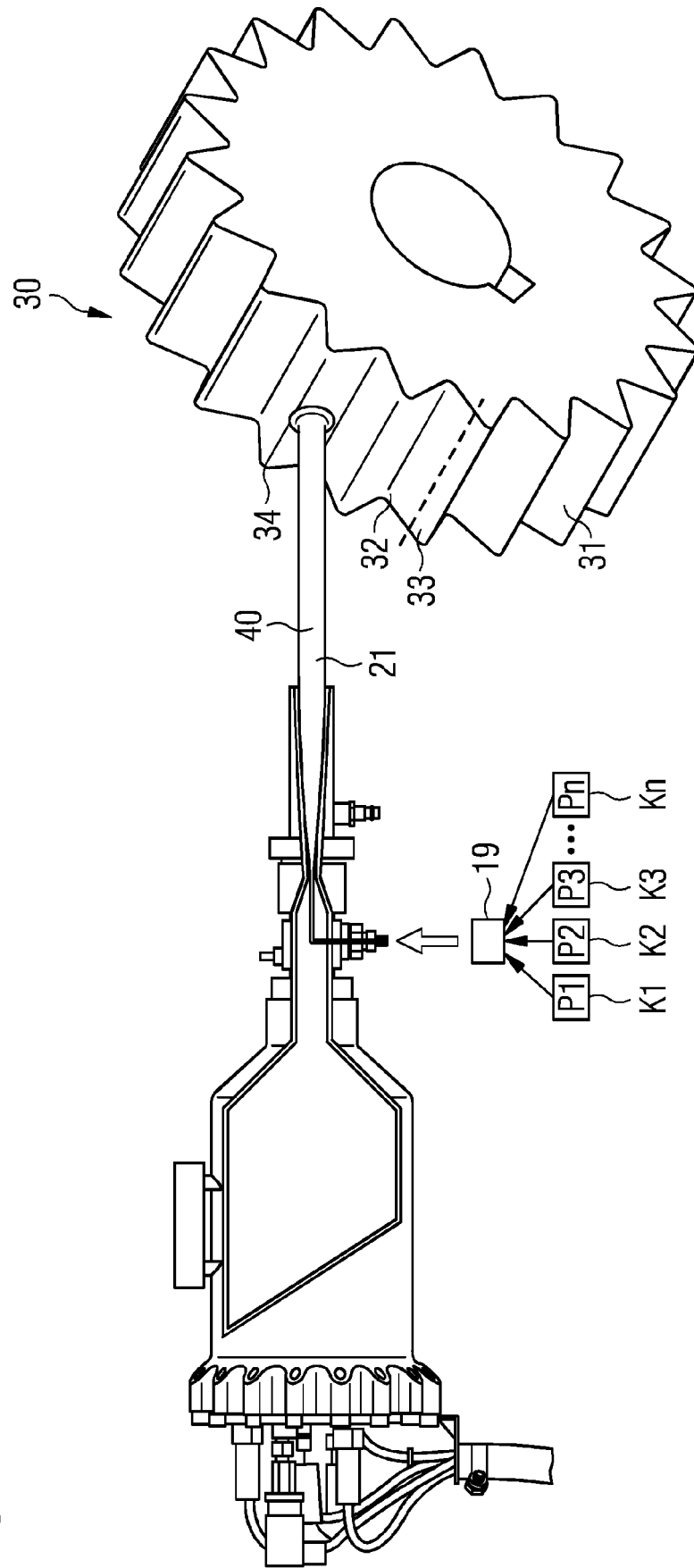


FIG 3

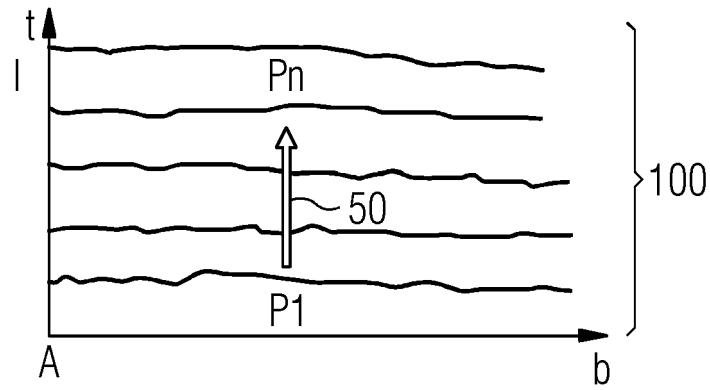


FIG 4

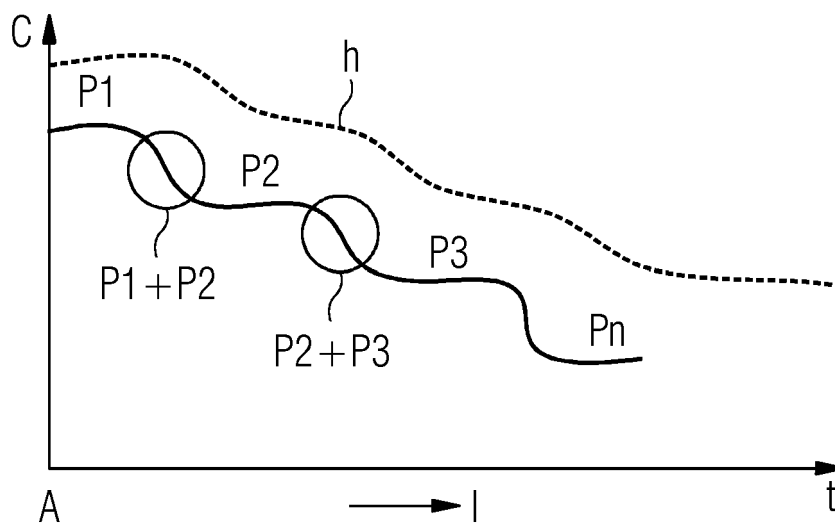


FIG 5

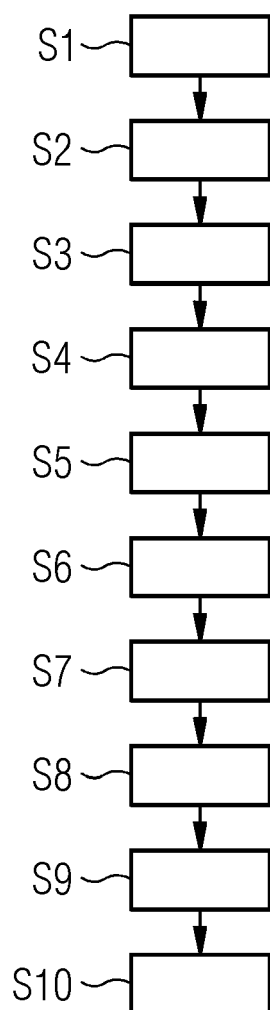
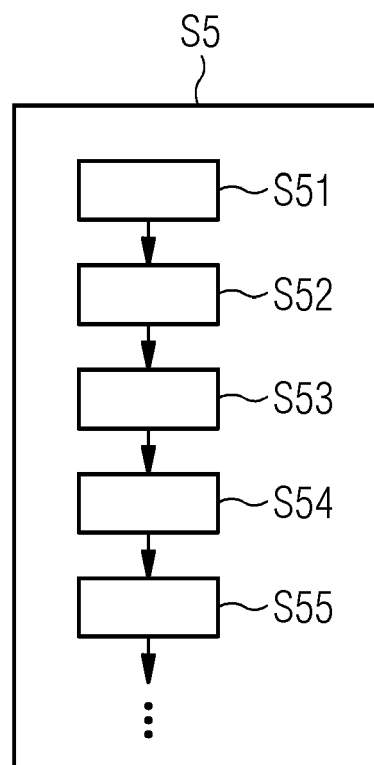


FIG 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 4029

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	US 2016/138151 A1 (KUWABARA KOUSUKE [JP] ET AL) 19. Mai 2016 (2016-05-19) * Abbildungen 1-6D * * Seite 1, Absatz 2-4 * * Seite 1, Absatz 16 - Seite 2, Absatz 29 * * Seite 2, Absatz 32 - Seite 3, Absatz 34 * * Seite 3, Absatz 37-40; Tabelle 1 * * Seite 4; Tabelle 2 *	1-11	INV. C23C24/04
X	WO 99/51790 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 14. Oktober 1999 (1999-10-14) * das ganze Dokument *	1-11	
X	US 2003/126800 A1 (SETH BRIJ B [US] ET AL) 10. Juli 2003 (2003-07-10) * Seite 2, Absätze 10,11,15 * * Seite 3, Absatz 22 * * Seite 4, Absatz 24 - Seite 5, Absatz 34 *	1-3,6-10 4,5,11	
A			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	WO 2014/193549 A1 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP [US]) 4. Dezember 2014 (2014-12-04) * Seite 3, Absätze 8,9 * * Seite 4, Absatz 12 * * Seite 5, Absatz 17 * * Seite 6, Absatz 21 - Seite 7, Absatz 23 * * Seite 8, Absatz 25 * * Seite 9, Absatz 27 - Seite 10, Absatz 31 *	1,2,7-10 3-6,11	C23C
A			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2020	Prüfer Joffreau, P
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 : nichtschriftliche 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)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 4029

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	EP 2 781 622 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. September 2014 (2014-09-24)	1,2,6	
A	* Seite 2, Absätze 5,7,8 * * Seite 3, Absatz 10-12 * * Seite 4, Absatz 26 - Seite 5, Absatz 31 * * Abbildungen 2,4 *	3-5,7-11	
X	EP 1 712 657 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18. Oktober 2006 (2006-10-18)	1,2,6	
A	* Seite 2, Absätze 3,8,9 * * Seite 2, Absatz 12 - Seite 3, Absatz 23 * * Seite 4, Absatz 25 * * Abbildungen 1-3 *	3-5,7-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2020	Prüfer Joffreau, P
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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			

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 18 4029

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.

15-12-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016138151 A1	19-05-2016	AU 2013392321 A1	07-01-2016
		CN 105308213 A	03-02-2016
		JP 6062048 B2	18-01-2017
		JP WO2014199423 A1	23-02-2017
		US 2016138151 A1	19-05-2016
		WO 2014199423 A1	18-12-2014

WO 9951790 A1	14-10-1999	EP 0991790 A1	12-04-2000
		JP 2002503293 A	29-01-2002
		US 6048586 A	11-04-2000
		WO 9951790 A1	14-10-1999

US 2003126800 A1	10-07-2003	KEINE	

WO 2014193549 A1	04-12-2014	CN 105189820 A	23-12-2015
		EP 3004420 A1	13-04-2016
		ES 2741832 T3	12-02-2020
		JP 6385015 B2	05-09-2018
		JP 2016540882 A	28-12-2016
		KR 20160016900 A	15-02-2016
		US 2018179624 A1	28-06-2018
		US 2018371601 A1	27-12-2018
		WO 2014193549 A1	04-12-2014

EP 2781622 A1	24-09-2014	EP 2781622 A1	24-09-2014
		WO 2014146997 A1	25-09-2014

EP 1712657 A2	18-10-2006	EP 1712657 A2	18-10-2006
		JP 2006289364 A	26-10-2006
		KR 20060108522 A	18-10-2006
		SG 126864 A1	29-11-2006
		TW 200700167 A	01-01-2007
		US 2006233951 A1	19-10-2006

EPO FORM P0461

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