

(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
16. November 2023 (16.11.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/217527 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

<i>B22F 1/105</i> (2022.01)	<i>C22C 1/05</i> (2023.01)
<i>B22F 10/25</i> (2021.01)	<i>C22C 32/00</i> (2006.01)
<i>B22F 10/366</i> (2021.01)	<i>C23C 24/10</i> (2006.01)
<i>B22F 1/18</i> (2022.01)	<i>F03D 80/70</i> (2016.01)
<i>B23K 26/00</i> (2014.01)	<i>F16C 17/02</i> (2006.01)
<i>B23K 26/34</i> (2014.01)	<i>F16C 29/02</i> (2006.01)
<i>B23K 101/36</i> (2006.01)	<i>F16C 33/10</i> (2006.01)
<i>B33Y 70/10</i> (2020.01)	<i>F16C 33/14</i> (2006.01)

(30) Angaben zur Priorität:

10 2022 204 689.7

13. Mai 2022 (13.05.2022)

DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, München, 80686 (DE). **ADMOS GLEITLAGER GMBH** [DE/DE]; Wilhelmshofstrasse 89a, 12459 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/060817

(22) Internationales Anmeldedatum:

25. April 2023 (25.04.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(72) Erfinder: **BARBOSA, Maria**; c/o Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden (DE). **HILLIG, Holger**; c/o Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden (DE). **NOWOTNY, Steffen**; c/o Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden (DE). **BISCHOFF, René**; c/o Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahl-

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A TRANSMISSION ELEMENT WITH A SURFACE ACTING AS A SLIDING BEARING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES GETRIEBEELEMENTS MIT EINER ALS GLEITLAGER FUNGIERENDEN OBERFLÄCHE

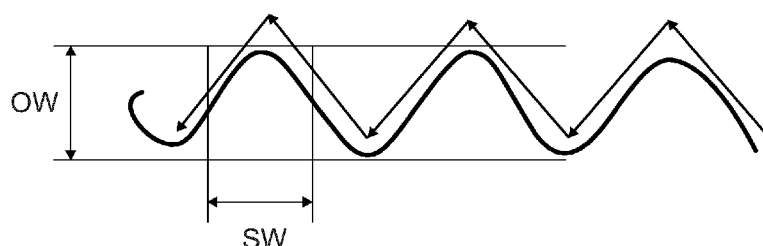


Fig. 1A

(57) Abstract: In the method, by means of a relative movement of the respective transmission element, a focal point of at least one laser beam and a joint supply of a binder metal in pulverulent, wire or strip form and particles of a solid lubricant, a locally defined melting of the binder metal is achieved through the energy of the laser beam and a coating consisting of the binder metal and the particles of the solid lubricant is formed on the surface and is integrally connected there to the transmission element. The particles of the solid lubricant are distributed in the formed melt bath of the binder material such that an at least almost homogeneous distribution of the particles of the solid lubricant is achieved in the matrix of the solidified binder metal. The at least one laser beam is used at a power of at least 10 kW, and the focal point of the laser beam has a cross-sectional area of at least 25 mm². A proportion of at least 0.5 vol.-% and at most 40 vol.-% of solid lubricant in relation to the proportion of binder metal and a specific application rate of the binder metal with the solid lubricant of at least 0.45 kg/kWh are maintained.

(57) Zusammenfassung: Bei dem Verfahren wird durch eine Relativbewegung des jeweiligen Getriebeelementes, eines Brennflecks mindestens eines Laserstrahls und einer gemeinsamen Zuführung eines pulverförmigen oder eines Drahtes oder Bandes eines Bindermetalls und Partikeln eines Feststoffschmierstoffs ein lokal definiertes Aufschmelzen des Bindermetalls mit der Energie des Laserstrahls erreicht und an der Oberfläche eine aus dem Bindermetall und Partikeln des Festschmierstoffs eine Beschichtung ausgebildet und dort stoffschlüssig mit dem Getriebeelement verbunden wird. Die Partikel des Festschmierstoffs werden im ausgebildeten Schmelzbad des Bindermetalls so verteilt, dass eine zumindest nahezu homogene Verteilung der Partikel des Festschmierstoffs in der Matrix des erstarrten Bindermetalls erreicht wird. Der mindestens eine Laserstrahl wird mit einer Leistung von mindestens 10 kW eingesetzt, dabei weist der Brennfleck des Laserstrahls eine Größe seiner Querschnittsfläche von mindestens 25 mm² auf. Es werden ein Anteil an mindestens 0,5 Vol.-% und maximal 40 Vol.-% an Festschmierstoff in Bezug zum Anteil an Bindermetall und eine spezifische Auftragsrate des Bindermetalls mit dem Festschmierstoff von mindestens 0,45 kg/kWh eingehalten.

technik IWS, Winterbergstraße 28, 01277 Dresden (DE).
HOSEMANN, Jörg; Akeleiweg 81b, 12487 Berlin (DE).

(74) **Anwalt: PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB**; An
der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW,
CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

5

Verfahren zur Herstellung eines Getriebeelements mit einer als Gleitlager fungierenden Oberfläche

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Getriebeelements mit einer als Gleitlager fungierenden Oberfläche, insbesondere eines Getriebeelements einer Windenergie-Anlage. Bei einem Getriebeelement kann es sich beispielsweise um ein Planetenrad, Sonnenrad, Hohlrad, andere Zahnräder, Naben oder Wellen handeln, auf denen entsprechende Zahnräder drehbar gelagert sind.

15

Moderne, gleitgelagerte Planetenradgetriebe für Windenergie-Anlagen (WEA) stellen eine große technische Herausforderung in diesem hochaktuellen Gebiet der Technik dar. Die Gleitlager müssen vollumfänglich die Laufeigenschaften von bislang verwendeten Wälzlagern aufweisen, um diese ersetzen zu können. Der Ersatz von Wälzlagern durch Gleitlager ist ein technisches Erfordernis, um die gestiegene elektrische Leistung von modernen WEA bei gleichzeitig akzeptabler Bauraum- und Massebilanz des Getriebes zu realisieren. Der Stand der Technik ist hierbei durch Gleitlager in Massivausführung gekennzeichnet, und es werden Werkstoffe aus dem Bereich klassischer Bronzen verwendet. Die Lager werden entweder auf die Planetenwelle aufgeschraubt oder als schwimmende Buchse zwischen Planetenwelle und Zahnrad eingesetzt. Das Lager kann auch in das Zahnrad eingepresst werden.

Wesentlich vorteilhafter hinsichtlich Funktion, Masse-Leistungs-Verhältnis und Kosten ist die direkte Beschichtung einer Planetenwelle mit einem Bronzewerkstoff. Durch diese stoffschlüssige Verbindung entsteht eine Planetenwelle mit Gleitlagerfunktion. Alle oben genannten Varianten können dadurch ersetzt werden, jedoch weist diese Variante unter den Bedingungen des heutigen Standes der Technik Mängel auf, die einen Einsatz in industriellen WEA bisher verhindern.

Insbesondere verfügen die herkömmlichen Bronzen nur über unzureichende Gleiteigenschaften unter für ein Windrad typischen Beanspruchungen im ungünstigen Bereich der Mischreibung und unter Bedingungen der Mangelschmierung mit Unterbrechung des hydrodynamischen Betriebes. Es kann zum Fressen der Reibpartner kommen, was Schäden bis hin zum Totalschaden der Komponenten mit großen Folgeschäden verursachen kann.

Abhilfe schafft die Verwendung eines Gleitmaterials, das auch unter den geschilderten extremen, gleichwohl typischen Beanspruchungen stabile Gleiteigenschaften des jeweiligen Lagers gewährleistet. Dabei ist es das Ziel, dass die erforderliche Lagerschmierung auch in den oben geschilderten kritischen Schmiersituationen gesichert ist. Dazu muss der Gleitwerkstoff selbst nicht nur über die entsprechenden Eigenschaften verfügen, sondern er muss jederzeit und sofort gleitende Wirkung aufweisen. Außerdem darf er während des Normalbetriebes die Ausbildung des hydrodynamischen Schmierfilms nicht beeinträchtigen.

Es ist Aufgabe der Erfindung, Getriebeelemente mit Gleitlagerfunktion zur Verfügung zu stellen, die infolge ihres strukturellen Aufbaus über Gleitreibei-
5 genschaften verfügen, die auch unter kritischen Schmierungs- und Betriebs-
bedingungen einen stabilen und schadenfreien Betrieb des Reibsystems ge-
währleisten. Darüber hinaus ist ein vorteilhaftes Bauteilkonzept zu erreichen,
das auf Gleitlager als separate Komponente im herkömmlichen Sinne verzich-
tet und stattdessen ein Komplexbauteil mit integrierter Gleitlagerfunktion zur
Verfügung stellt.

10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einem Verfahren, das die Merkmale
des Anspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiter-
bildungen können mit in abhängigen Ansprüchen bezeichneten Merkmalen
realisiert werden.

15 Mit der Erfindung kann mit einer flächenhaften Oberflächenbeschichtung ei-
nes funktionsgemäßen Werkstoffs ein Direkt-Aufbau eines Gleitlagers an ei-
nem Getriebeelement zur Verfügung gestellt werden, ohne dass ein zusätzli-
ches Gleitlager als weiteres Element eines Getriebes erforderlich ist.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch eine Relativbewegung des
jeweiligen Getriebeelementes, eines Brennflecks mindestens eines Laser-
strahls und einer gemeinsamen Zuführung eines pulverförmigen oder eines
Drahtes oder Bandes eines Bindermetalls und Partikeln eines Feststoff-
25 schmierstoffs (FSS) ein lokal definiertes Aufschmelzen des Bindermetalls mit
der Energie des Laserstrahls erreicht.

30 An der jeweiligen Oberfläche wird eine aus dem Bindermetall und Partikeln
des Festschmierstoffs gebildete Beschichtung ausgebildet und die Beschich-
tung dort stoffschlüssig mit dem Getriebeelement verbunden, ähnlich wie es
bei bekannten Auftragsschweißverfahren bereits durchgeführt wird.

35 Prinzipiell kann man das Bindermetall und Partikel des Festschmierstoffs
gleichzeitig zuführen, so dass beide Materialien gemeinsam in den Einflussbe-
reich der Laserstrahlung gelangen und erwärmt werden. Es kann aber vorteil-
haft sein, dass das Bindermetall und Partikel des Festschmierstoffs separat

zugeführt werden. Bevorzugt kann die Zuführung der Partikel des Festschmierstoffs in ein mit dem Bindermetall gebildetes Schmelzbad, das mit der Energie der Laserstrahlung ausgebildet worden ist, erfolgen.

5 Die Partikel des Festschmierstoffs sollen im ausgebildeten Schmelzbad des Bindermetalls so verteilt werden, dass eine zumindest nahezu homogene Verteilung der Partikel des Festschmierstoffs in der gesamten Matrix des erstarrten Bindermetalls erreicht wird. Dabei soll unter zumindest nahezu homogen verteilt verstanden werden, dass der Anteil an einzelnen Partikeln des FSS
10 innerhalb von Teilvolumina der Beschichtung um maximal 10 % von einem Mittelwert aller im gesamten Volumen der ausgebildeten Beschichtung enthaltenen Partikel abweicht, verstanden werden. Dies hat zur Folge, dass mit der Beschichtung gute Reibeigenschaften und die Vermeidung eines hohen Verschleißes, wie auch Korrosionsschutz über die gesamte Lebensdauer mit
15 nahezu gleichen Eigenschaften eingehalten werden können.

Dazu wird der mindestens eine Laserstrahl mit einer Leistung von mindestens 10 kW eingesetzt. Der Brennfleck des Laserstrahls soll eine Größe seiner Querschnittsfläche von mindestens 25 mm², bevorzugt mindestens 30 mm²
20 aufweisen. Außerdem soll ein Anteil an mindestens 0,5 Vol.-% und maximal 40 Vol.-% an FSS in Bezug zum Anteil an Bindermetall und eine spezifische Auftragsrate des Bindermetalls mit dem FSS von mindestens 0,45 kg/kWh, bevorzugt 0,6 kg/kWh eingehalten werden.

25 Der Brennfleck sollte eine entsprechende Querschnittsfläche in einer Ebene aufweisen, in der eine energetische Wechselwirkung zwischen Laserstrahl und dem Pulvergemisch für einen Energieeintrag in die metallischen Bindermetallbestandteile des Pulvergemischs erreicht werden kann und soll.

30 Vorteilhaft kann dazu ein Diodenlaser genutzt werden, der Laserstrahlung mit Wellenlängen im Bereich 430 nm bis 600 nm oder 900 nm bis 1100 nm emittiert.

35 Bevorzugt sollte der mindestens eine Laserstrahl mit einer Leistung von mindestens 10 kW, bevorzugt 15 kW und besonders bevorzugt mindestens 20 kW

eingesetzt werden. Er kann auch gepulst mit einer Pulsrate im Bereich 10 ms/10 ms bis 200 ms/200ms betrieben werden, wobei dies jeweils die Pulsdauer und die Pause zwischen zwei Pulsen betrifft. Allein oder zusätzlich zu mindestens einer dieser Maßnahmen kann eine Vorschubgeschwindigkeit bei der Bewegung des mindestens einen Brennflecks entlang der Oberfläche im Bereich 4 mm/s bis 1000 mm/s eingehalten werden. Dabei kann bei der Vorschubbewegung des Brennflecks während der Ausbildung der Beschichtung auch die Vorschubbewegungsrichtung verändert werden.

Die Vorschubbewegungsrichtungsänderung des mindestens einen Brennflecks kann vorteilhaft entlang der jeweiligen Oberfläche des jeweiligen Getriebeelements periodisch oszillierend, mit einer Frequenz im Bereich 5 Hz bis 500 Hz durchgeführt werden. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn einer Oszillationsweite senkrecht zur Achsrichtung der auszubildenden Beschichtung von mindestens 1 mm und einer Schrittweite mit einer halben Periodenlänge von mindestens 1 mm in zick-zack-Form, wellen- oder sinusförmig durchgeführt wird.

Die Oszillationsweite kann aber auch größer 3 mm bzw. größer 5 mm gewählt werden. Die Schrittweite in der Achsrichtung in der die jeweilige Spur der Beschichtung ausgebildet wird, kann ebenfalls größer sein. Ab einer Oszillationsweite größer 5 mm kann die Schrittweite kleiner als die Oszillationsweite sein. Es kann aber auch vorteilhaft sein, die Schrittweite größer zu wählen, um dadurch die Temperatur des geschmolzenen Bindermetalls abzusenken, so dass ein Auflösen eines Festschmierstoffs in der Schmelze, eine Rissbildung (Lötrissigkeit) vermieden werden kann. Außerdem kann ein Anlasseffekt im Grundwerkstoff, auf dessen Oberfläche die mit dem Bindermetall und dem Festschmierstoff gebildete Beschichtung ausgebildet wird, genutzt werden, da dadurch die Härte des Grundwerkstoffs reduziert und die Dauerfestigkeit erhöht werden können, so dass ggf. auf eine entsprechende nachträgliche Wärmebehandlung verzichtet werden könnte,

Die Beschichtung des jeweiligen Getriebeelements kann mit sich um mindestens 1 mm überlappenden nebeneinander angeordneten Spuren des Partikel des Festschmierstoffs enthaltenden Bindermetalls ausgebildet werden. Dazu werden die einzelnen Spuren sukzessive nach- und nebeneinander ausgebil-

det, um eine geschlossene Oberfläche der Gleiteigenschaften aufweisenden Beschichtung zu erreichen.

Die periodisch oszillierende Vorschubbewegungsrichtungsänderung des mindestens einen Brennflecks kann durch eine dementsprechende Winkelauslenkung des mindestens einen Laserstrahls und/oder durch eine Bewegung des jeweiligen Getriebeelementes erreicht werden. Eine solche Winkelauslenkung kann mit an sich bekannten Scanneroptiken, die mit mindestens einem um mindestens eine Achse verschwenkbaren reflektierenden optischen Element gebildet ist, erreicht werden. Man kann aber auf eine Schwenkbewegung der optischen Achse des jeweiligen Laserstrahls verzichten oder gleichzeitig das jeweilige Getriebeelement entsprechend bewegen. Das Getriebeelement kann dabei translatorisch zwischen zwei Umkehrpunkten senkrecht in Bezug zu optischen Achse des mindestens einen Laserstrahls und in Bezug zur Vorschubbewegungsrichtungssachse, die ohne eine oszillierend wechselnde Vorschubbewegungsrichtungsänderung erfolgen würde, hin und her bewegt werden und dabei ggf. für einen Vorschub zusätzlich gleichzeitig gedreht werden.

Allein oder zusätzlich zur oszillierenden Bewegung des Brennflecks kann auch das jeweilige Getriebeelement mit einer Frequenz von mindestens 1 kHz in Schwingung versetzt werden. Dabei kann man Schwingungen mit einer Amplitude von maximal 1 mm in das Getriebeelement mit mindestens einem Aktuator einkoppeln. Besonders bevorzugt ist es dabei, wenn eine Frequenz gewählt wird, die einer Resonanzfrequenz des Getriebeelements entspricht. Es kann auch ein Frequenzband durchfahren werden, innerhalb dessen eine Resonanzfrequenz des Getriebeelements liegt. Auch damit kann eine nahezu homogene Verteilung der Partikel des FSS im Volumen der mit dem Bindermetall ausgebildeten Beschichtung unterstützt bzw. erreicht werden. Die Einkopplung sollte dabei zu Zeiten erfolgen, bei denen das Bindermetall zumindest in einem Oberflächenbereich in dem die Beschichtung ausgebildet wird, noch schmelzflüssig ist.

Das jeweilige Bindermetall kann vorteilhaft auch auf eine Temperatur von mindestens 50° C, bevorzugt mindestens 100 °C oder auch auf noch höhere Temperaturen aufgeheizt werden, bevor es in den Einflussbereich des Laserstrahls gefördert wird. Dafür kann beispielsweise ein Draht oder ein Band,

der/das aus dem jeweiligen Bindermetall besteht oder mit ihm gebildet ist, mittels elektrischer Widerstandsheizung während der Förderung in Richtung der zu beschichtenden Oberfläche des jeweiligen Getriebeelements entsprechend erwärmt werden. Eine Erwärmung ist auch mit einer Bestrahlung mit elektromagnetischen Wellen erreichbar, die auf das in Richtung der jeweiligen Oberfläche geförderte Bindermetall, das dabei auch ein Pulver sein kann, gerichtet werden. Man kann die Wellenlänge dieser Strahlung auf die Absorptionseigenschaften des jeweiligen Bindermetalls optimiert auswählen oder an sich bekannte Infrarot-Heizstrahler einsetzen. Mit einer entsprechenden Vorwärmung des Bindermetalls kann die erreichbare Auftragsrate deutlich erhöht werden. Bei der Vorwärmung sollte die Schmelztemperatur des Bindermetalls nicht erreicht oder gar überschritten werden.

Es können auch Partikel des Festschmierstoffs eingesetzt werden, die an ihrer Oberfläche mit einem Metall, insbesondere einem Metall, das in der Legierung enthalten ist, mit der das Bindermetall gebildet ist, oder mit Nickel beschichtet sind. Die Beschichtung sollte dabei eine Schichtdicke aufweisen, die maximal 10 % des äußeren Durchmessers der FSS-Partikel ausmacht. Besonders bevorzugt kann die Beschichtung mit dem Metall der Legierung des Bindermetalls gebildet werden, das die niedrigste Schmelztemperatur hat. Dadurch können die FSS-Partikel zu Beginn der Ausbildung der die Gleitfunktion erfüllenden Beschichtung auf der jeweiligen Oberfläche des Getriebeelements im ausgebildeten Schmelzbad geschützt und mittels der Strömungsverhältnisse in der Schmelze noch besser homogen verteilt werden, bevor das Bindermetall erstarrt und die FSS-Partikel dann in der gewünschten homogenen Verteilung im Volumen der mit dem Bindermetall und den FSS-Partikeln gebildeten Beschichtung angeordnet und in Position gehalten werden.

Anstelle einer Beschichtung auf den Oberflächen der FSS-Partikel kann auch ein Pulvergemisch oder ein Verbundpulver eingesetzt werden, das mit FSS-Partikeln und Metallpartikeln agglomeriert ist. Auch hierbei können die o.g. Metalle, mit denen eine Beschichtung der FSS-partikel möglich ist, bevorzugt eingesetzt werden.

Das Verfahren kann mit an sich bekannten Vorrichtungen, die zum Auftragschweißen eingesetzt werden durchgeführt werden. Nach der vollständigen Ausbildung der eine Gleitfunktion erfüllenden Beschichtung kann deren Ober-

fläche geglättet werden, was mit herkömmlichen spanenden Bearbeitungsverfahren erreicht werden kann.

Das Einbetten der FSS bei Ausbildung der jeweiligen Beschichtung erfolgt durch einen Energieeintrag, bei dem das Bindermetall als Matrix für die FSS-Partikel bis oberhalb seiner Schmelztemperatur erwärmt wird. Die ultimative Voraussetzung für den Erfolg dieses Vorgehens ist, dass das Bindermetall geschmolzen wird, aber die FSS-Partikel in ihrer ursprünglichen Gestalt, Größe und Zusammensetzung weitestgehend erhalten bleiben sowie während des Schichtbildungsvorgangs nicht geschädigt werden. Dies kann durch Einhaltung von o.g. Parametern erreicht werden.

Das Bindermetall kann in Form eines Pulvers oder eines Drahtes oder Bandes zugeführt werden. Der FSS kann in Form eines Pulvers oder eines Pulvergemischs oder als Füllung eines Hohl Drahtes oder –bandes (Fülldraht) für die Ausbildung der Beschichtung an der Oberfläche des jeweiligen Getriebeelements, das durch Gleitreibung beansprucht wird, gleichzeitig zugeführt werden.

Als Bindermetall können Legierungen auf der Basis eines Metalls, das ausgewählt ist aus Kupfer, Aluminium und Zinn eingesetzt werden. Dabei können insbesondere Zn, Sn, Al, Ni und/oder Sc als weitere Legierungselemente im jeweiligen Bindermetall enthalten sein. Mit Legierungselementen kann eine Anpassung der Werkstoffeigenschaften je nach Belastung (Wärme, Kantentragen, Notlaufeigenschaften, Dämpfung u.a.) für das jeweilige Getriebeelement vorgenommen werden.

Erst die erfindungsgemäße Kombination aus Bindermetall und FSS, mit deren homogener Verteilung in der Bindermetallmatrix bildet den finalen, die Gleiteigenschaften bestimmenden Gleitwerkstoff für das jeweilige Getriebeelement.

Zur Ausbildung der Beschichtung auf der Oberfläche des Getriebeelements mit Gleitfunktion durch Laserauftragsschweißen kann pulverförmiges oder draht- oder bandförmiges Bindermetall durch eine Zuführung eines Laserbearbeitungskopfes vorzugsweise koaxial in Richtung auf die zu beschichtende

Oberfläche gefördert werden. Die FSS-Partikel können dabei entweder ebenfalls koaxial gleichzeitig zugeführt werden, wenn sie zum Beispiel dem Bindermetall beigemischt werden. In einer anderen Ausführungsform kann die koaxiale Zufuhr des Bindermetalls und der FSS-Partikel aber auch so gestaltet werden, dass die FSS-Partikel separat gefördert werden und erst im Schmelzbad, das der mindestens eine Laserstrahl mit seiner in das Bindermetall eingebrachten Energie auf der Getriebeelementoberfläche ausbildet, mit diesem vermischt werden. Auf diesem Wege können vorteilhaft Entmischungen während der Förderung der FSS-Partikel vermieden werden. Außerdem sind so variable Mischungsverhältnisse von Bindermetall und FSS leicht einstellbar. Dadurch können Volumenbereiche der Beschichtung mit Gleitfunktion lokal definiert entsprechend lokal differenzierter Belastungen einer Gleitlagerung ausgebildet werden, die den lokalen Verhältnissen über die Fläche einer solchen Beschichtung entsprechend ausgebildet werden können. So können Bereiche der Beschichtung mit verbesserter Gleitreibung neben Bereichen mit erhöhter mechanischer Festigkeit ausgebildet werden.

Die FSS-Partikel können aber auch seitlich in das oben beschriebene Schmelzbad aus Bindermetall gefördert werden, solange es noch flüssig ist, was eine weitere alternative Durchführungsart bei der Verfahrensführung darstellt. Hierdurch kann eine direkte Beeinflussung der FSS-Partikel durch den Laserstrahl verringert oder sogar ganz vermieden werden, was bei bestimmten Arten von FSS-Partikeln vorteilhaft im Sinne eines Schutzes der FSS-Partikel vor Schädigung oder Zerstörung sein kann. Der Zufuhrwinkel der FSS-Partikel sollte dabei ungleich 0° zur optischen Achse des einfallenden Laserstrahls sein.

Außer der koaxialen Pulverzufuhr können beide Komponenten entweder gemischt oder getrennt voneinander auch seitlich oder in Rechteck- und Breitstrahlpulverdüsen oder in weiteren nicht-koaxialen Anordnungen dem Prozess (resp. dem Schmelzbad) auf der Getriebeelementoberfläche zugeführt werden.

Allen Varianten ist außerdem gemein, dass keinerlei mechanische, galvanische oder spritzende Einbringung des FSS-Partikel erforderlich ist und damit die Gefahr einer Schädigung der FSS-Partikel durch die Einwirkung mechanischer Kräfte oder chemischer Substanzen ausgeschlossen ist.

Weitere mögliche Merkmale der Lasertechnologie zum Schutz der FSS-Partikel sind die Einstellung von Laserleistungsdichte und eingetragener Streckenenergie, außerdem die Abschirmung der FSS-Partikel gegen die Laserstrahlung zum Beispiel durch eine Drahthülle oder durch eine metallische Beschichtung der Pulverpartikel und/oder den Einsatz eines inerten Prozessgases als Schutz- und ggf. als Fördergas für die FSS-Partikel. Dieses kann entweder durch kontinuierliche Gasströmung in die Prozesszone oder in Form einer geschlossenen Inertgaskammer im Prozess wirken.

Bei Einhaltung der für die Erfindung wesentlichen Merkmale kann der bekannte Mechanismus der Marangoni-Konvektion genutzt werden, um die FSS-Partikel trotz der grundsätzlich bestehenden Dichteunterschiede zwischen FSS und Bindermetall erfindungsgemäß homogen in der Metallschmelze des Bindermetalls zu verteilen, so dass die FSS-Partikel in dieser homogenen Verteilung nach erfolgter Erstarrung und Abkühlung ein gleichmäßiges Dispersionsgefüge mit erhaltenen FSS-Partikeln in funktionsorientiert variierbarer Korngröße und Korngrößenverteilung sowie einem einstellbaren Volumenanteil im Erstarrungsgefüge dauerhaft zu positionieren.

Für ein mit dem Bindermetall gebildetes Pulver sollte eine mittlere Partikelgröße d_{50} im Bereich von 50 μm bis 150 μm eingesetzt werden. Die mittlere Partikelgröße d_{50} der FSS-Partikel sollte im Bereich von 0,1 μm bis 500 μm liegen.

Nachfolgend soll die Erfindung beispielhaft näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

Figur 1A in schematischer Form eine mögliche periodisch oszillierende Vorschubbewegung des Brennflecks eines Laserstrahls, die bei der Erfindung durchgeführt werden kann und

Figur 1B in schematischer Form eine weitere mögliche periodisch oszillierende Vorschubbewegung des Brennflecks eines Laserstrahls, die bei der Erfindung durchgeführt werden kann.

Bei einem Beispiel einer erfindungsgemäßen Durchführung des Verfahrens wurde eine Oberfläche eines Getriebeelements aus einer Stahllegierung mit einer Beschichtung, wie folgt beschrieben, versehen.

5

Dazu wurde ein Laserstrahl mit einer Leistung von 10 kW von einem Diodenlaser auf ein Pulvergemisch bestehend aus einer CuSn-Legierung als Bindermetall und 5% Molybdändisulfid als FSS-Anteil, in Richtung der zu beschichtenden Oberfläche gerichtet. Der Laserstrahl wurde dabei so geformt, dass sein Brennfleck eine Querschnittsfläche in einer Ebene aufwies, in der eine energetische Wechselwirkung zwischen Laserstrahl und dem Pulvergemisch für einen Energieeintrag in die metallischen Bestandteile des Pulvergemischs erreicht wird, die ca. 122 mm² aufwies. Dabei wurde eine Leistungsdichte im Brennfleck von 163 W/mm² erreicht, um das Bindermetall zu schmelzen und auf der zu beschichtenden Oberfläche des Getriebeelements ein Schmelzbad auszubilden, in dem sich die FSS-Partikel homogen verteilen zu können.

10

15

Das Pulvergemisch wurde mit einem Massenstrom von 92 g/min zugeführt, so dass eine spezifische Auftragsrate von ca. 0,55 kg/kWh erreicht werden konnte.

20

Der Laser mit dem der Laserstrahl emittiert wurde, wurde gepulst mit einer Pulsrate von 50 ms/50 ms betrieben.

25

Zwischen der Pulvergemischzuführung und der zu beschichtenden Oberfläche des Getriebeelements wurde ein Arbeitsabstand von 24 mm eingehalten.

Der Laserstrahl wurde so auf die zu beschichtende Oberfläche des Getriebeelements gerichtet, dass eine Vorschubgeschwindigkeit des Brennflecks von 16 mm/s erreicht worden war.

30

Die Vorschubbewegung wurde dabei vorteilhaft nicht entlang einer Geraden sondern mit periodisch oszillierender Vorschubbewegung in Bezug zur zu beschichtenden Oberfläche des Getriebeelements bewegt. Dabei konnte eine Vorschubbewegungsrichtungsänderung, wie sie beispielhaft in den Figuren 1A und 1B gezeigt ist, gewählt werden. In Figur 1A ist eine zick-zack-förmige und

35

in Figur 1B eine wellenförmige Vorschubbewegung des Brennflecks gezeigt.

Die Oszillationsweite OW und die Schrittweite SW betrugen bei diesem Beispiel jeweils 2 mm. Dadurch war die Geschwindigkeit mit der die eine Gleitfunktion übernehmende Beschichtung durch den verlängerten Vorschubweg des Brennflecks entsprechend kleiner als die Vorschubbewegung des Brennflecks.

Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herstellung eines Getriebeelements mit einer als Gleitlager fungierenden Oberfläche, insbesondere eines Getriebeelementes einer Wind-Energieanlage, bei dem
durch eine Relativbewegung des jeweiligen Getriebeelementes, eines Brennflecks mindestens eines Laserstrahls und einer gemeinsamen Zuführung eines pulverförmigen oder eines Drahtes oder Bandes eines Bindermetalls und Partikeln eines Feststoffschmierstoffs ein lokal definiertes Aufschmelzen des Bindermetalls mit der Energie des Laserstrahls erreicht und
an der jeweiligen Oberfläche eine aus dem Bindermetall und Partikeln des Festschmierstoffs eine Beschichtung ausgebildet und die Beschichtung dort stoffschlüssig mit dem Getriebeelement verbunden wird, wobei
die Partikel des Festschmierstoffs im ausgebildeten Schmelzbad des Bindermetalls so verteilt werden, dass eine zumindest nahezu homogene Verteilung der Partikel des Festschmierstoffs in der Matrix des erstarrten Bindermetalls erreicht wird, wobei
der mindestens eine Laserstrahl mit einer Leistung von mindestens 10 kW eingesetzt wird, dabei der Brennfleck des Laserstrahls eine Größe seiner Querschnittsfläche von mindestens 25 mm² aufweist, ein Anteil an mindestens 0,5 Vol.-% und maximal 40 Vol.-% an Festschmierstoff in Bezug zum Anteil an Bindermetall und eine spezifische Auftragsrate des Bindermetalls mit dem Festschmierstoff von mindestens 0,45 kg/kWh eingehalten werden.

10

15

20

25

30

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Laserstrahl mit einer Leistung von mindestens 20 kW eingesetzt wird, der Laserstrahl gepulst mit einer Pulsrate im Bereich 10 ms/10 ms bis 200 ms/200ms betrieben wird und/oder eine Vorschubgeschwindigkeit bei der Bewegung des mindestens einen Brennflecks

entlang der Oberfläche im Bereich 4 mm/s bis 1000 mm/s eingehalten wird.

- 5 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorschubbewegungsrichtungsänderung des mindestens einen Brennflecks entlang der jeweiligen Oberfläche des jeweiligen Getriebeelements periodisch oszillierend, mit einer Frequenz im Bereich 5 Hz bis 500 Hz, einer Oszillationsweite (OW) senkrecht zur Vorschubbewegungsachsrichtung der auszubildenden Beschichtung von mindestens 1 mm und einer Schrittweite (SW) von
- 10 mindestens 1 mm in zick-zack-Form oder sinusförmig durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung des jeweiligen Getriebeelements mit sich um mindestens 1 mm überlappenden nebeneinander angeordneten Spuren des Partikel des Festschmierstoffs enthaltenden Bindermetalls ausgebildet wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bindermetall ausgewählt wird, das ausgewählt ist aus einer Basislegierung auf der Basis von Kupfer, Aluminium und
- 20 Zinn und/oder ein Feststoffschmierstoff, der ausgewählt ist aus Molybdändisulfid, hexagonalem Bornitrit, einem Polymerwerkstoff, insbesondere Polytetrafluorethen oder Polyetheretherketon und Graphit eingesetzt wird/werden.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die oszillierende Vorschubbewegung des mindestens einen Brennflecks durch eine dementsprechende Winkelauslenkung des mindestens einen Laserstrahls und/oder durch eine Bewegung des jeweiligen Getriebeelementes erreicht wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebeelement mit einer Frequenz von mindestens 1 kHz in Schwingung versetzt wird.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige Bindermetall auf eine Temperatur von mindestens 50° C, bevorzugt mindestens 100 °C aufgeheizt wird, bevor es in den Einflussbereich des Laserstrahls gefördert wird.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Partikel des Festschmierstoffs eingesetzt werden, die an ihrer Oberfläche mit einem Metall, insbesondere einem Metall, das in der Legierung enthalten ist, mit der das Bindermetall gebildet ist, oder mit Nickel beschichtet sind oder als Pulvergemisch mit einem Metall agglomeriert ist.
- 15 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bindermetall und Partikel des Festschmierstoffs separat zugeführt werden, wobei bevorzugt die Zuführung der Partikel des Festschmierstoffs in ein mit dem Bindermetall gebildetes Schmelzbad, das mit der Energie der Laserstrahlung ausgebildet worden ist, erfolgt.
- 20

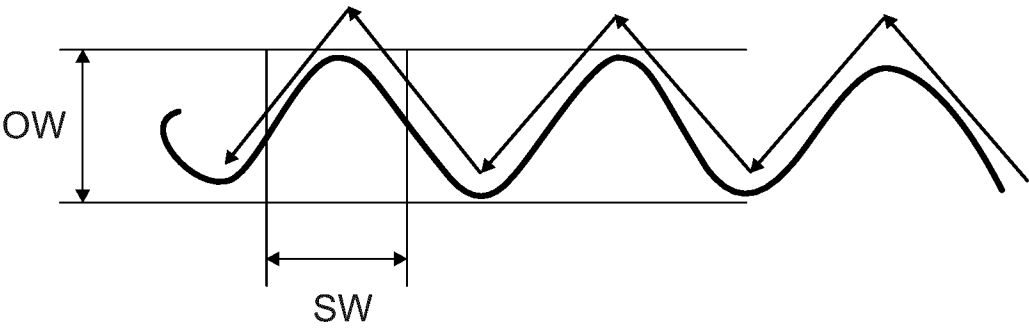


Fig. 1A

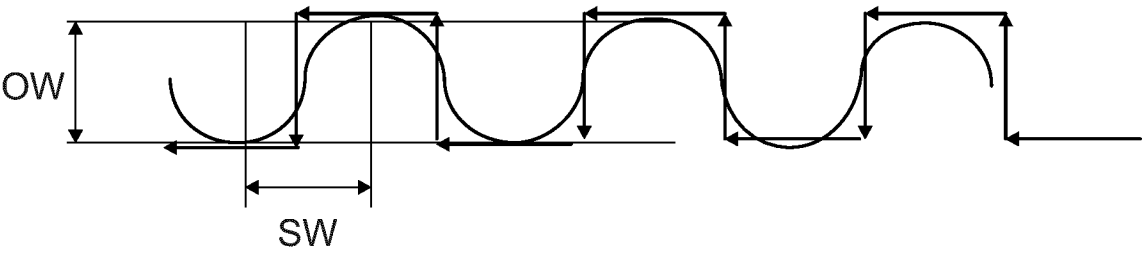


Fig. 1B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/060817**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

B22F 1/105(2022.01)i; **B22F 10/25**(2021.01)i; **B22F 10/366**(2021.01)i; **B22F 1/18**(2022.01)i; **B23K 26/00**(2014.01)i; **B23K 26/34**(2014.01)i; **B23K 101/36**(2006.01)i; **B33Y 70/10**(2020.01)i; **C22C 1/05**(2023.01)i; **C22C 32/00**(2006.01)i; **C23C 24/10**(2006.01)i; **F03D 80/70**(2016.01)i; **F16C 17/02**(2006.01)i; **F16C 29/02**(2006.01)i; **F16C 33/10**(2006.01)i; **F16C 33/14**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C; F03D; F16C; B22F; B33Y; C22C; B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2018213861 A1 (MIBA GLEITLAGER AUSTRIA GMBH [AT]) 29 November 2018 (2018-11-29) claims 1-10 page 3 - page 9	1-10
Y	TURICHIN G. A. ET AL. "TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF LASER CLADDING WITH THE HELP OF POWERFUL FIBER LASERS" <i>METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT</i> , Vol. 54, No. 3-4, 27 July 2012 (2012-07-27), pages 139-144, Retrieved from the Internet: https://link.springer.com/article/10.1007/s11041-012-9470-y XP093061917 "Methods of Study"; page 140 - page 141 page 141, column 2 figure 2	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 July 2023

Date of mailing of the international search report

17 July 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Neibecker, Pascal

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/060817

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	N/a. "HICLAD sorgt mit Hochleistungslaser für resilientes Laserauftragschweißen" <i>FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS</i> , 07 April 2022 (2022-04-07), pages 1-7, Retrieved from the Internet: https://www.iws.fraunhofer.de/de/newsundmedien/presseinformationen/2022/presseinformation_2022-06_hiclad_laserline.html#:~:text=Hochleistungsdiolenlaser%20mit%20Leistungen%20von%20zehn,Maschinenbau%20und%20in%20weiteren%20Branchen. [retrieved on 2023-07-07] XP093061918	1, 2, 4, 5, 7-10
A	the whole document	3, 6
Y	ZHU LIDA ET AL. "Microstructure and mechanical properties of parts formed by ultrasonic vibration-assisted laser cladding of Inconel 718" <i>SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY</i> , NL, Vol. 410, 01 March 2021 (2021-03-01), pages 1-16, Retrieved from the Internet: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897221001377 DOI: 10.1016/j.surfcoat.2021.126964 ISSN: 0257-8972, XP093061919 abstract paragraph 2.1; page 2	7
Y	TYRALLA DIETER ET AL. "Laser hot wire cladding (LHWC) with single and multiple wires for high deposition rates and low dilution" <i>WELDING AND CUTTING</i> , Vol. 19, 30 September 2020 (2020-09-30), pages 2019-226 XP093062044 chapter 1; page 2 paragraph 2; page 3	8
Y	JP 2019218606 A (OFIC CO; PAUREKKUSU KK) 26 December 2019 (2019-12-26) paragraph [0018] paragraph [0049] claims 1-8	9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/060817

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018213861	A1	29 November 2018	AT	15975	U1	15 October 2018
				CN	110678648	A	10 January 2020
				EP	3631203	A1	08 April 2020
				KR	20200008131	A	23 January 2020
				US	2020158090	A1	21 May 2020
				WO	2018213861	A1	29 November 2018
JP	2019218606	A	26 December 2019	JP	7297279	B2	26 June 2023
				JP	2019218606	A	26 December 2019

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B22F1/105	B22F10/25
B23K26/34	B23K101/36	B33Y70/10
C23C24/10	F03D80/70	F16C17/02
B22F10/366	B22F1/18	B23K26/00
C22C1/05	C22C32/00	F16C29/02
F16C33/10		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C23C F03D F16C B22F B33Y C22C B23K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2018/213861 A1 (MIBA GLEITLAGER AUSTRIA GMBH [AT]) 29. November 2018 (2018-11-29) Ansprüche 1-10 Seite 3 - Seite 9 ----- -/--	1-10
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
9. Juli 2023		17/07/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Neibecker, Pascal

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	TURICHIN G. A. ET AL: "TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES OF LASER CLADDING WITH THE HELP OF POWERFUL FIBER LASERS", METAL SCIENCE AND HEAT TREATMENT, [Online] Bd. 54, Nr. 3-4, 27. Juli 2012 (2012-07-27), Seiten 139-144, XP093061917, Gefunden im Internet: URL:https://link.springer.com/article/10.1007/s11041-012-9470-y> "Methods of Study"; Seite 140 - Seite 141 Seite 141, Spalte 2 Abbildung 2 -----	1-10
Y	N/a: "HICLAD sorgt mit Hochleistungslaser für resilientes Laserauftragschweißen", FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS, 7. April 2022 (2022-04-07), Seiten 1-7, XP093061918, Gefunden im Internet: URL:https://www.iws.fraunhofer.de/de/newsundmedien/presseinformationen/2022/presseinformation_2022-06_hiclad_laserline.html#:~:text=Hochleistungsdiodelnaser%20mit%20Leistungen%20von%20zehn,Maschinenbau%20und%20in%20weiteren%20Branchen.[gefunden am 2023-07-07]	1, 2, 4, 5, 7-10
A	das ganze Dokument -----	3, 6
Y	ZHU LIDA ET AL: "Microstructure and mechanical properties of parts formed by ultrasonic vibration-assisted laser cladding of Inconel 718", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, [Online] Bd. 410, 1. März 2021 (2021-03-01), Seiten 1-16, XP093061919, NL ISSN: 0257-8972, DOI: 10.1016/j.surfcoat.2021.126964 Gefunden im Internet: URL:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897221001377> Zusammenfassung Absatz 2.1; Seite 2 ----- -/--	7

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	TYRALLA DIETER ET AL: "Laser hot wire cladding (LHWC) with single and multiple wires for high deposition rates and low dilution", WELDING AND CUTTING, Bd. 19, 30. September 2020 (2020-09-30), Seiten 2019-226, XP093062044, Kapitel 1; Seite 2 Absatz 2; Seite 3 -----	8
Y	JP 2019 218606 A (OFIC CO; PAUREKKUSU KK) 26. Dezember 2019 (2019-12-26) Absatz [0018] Absatz [0049] Ansprüche 1-8 -----	9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/060817

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2018213861 A1	29-11-2018	AT 15975 U1	15-10-2018
		CN 110678648 A	10-01-2020
		EP 3631203 A1	08-04-2020
		KR 20200008131 A	23-01-2020
		US 2020158090 A1	21-05-2020
		WO 2018213861 A1	29-11-2018
JP 2019218606 A	26-12-2019	JP 7297279 B2	26-06-2023
		JP 2019218606 A	26-12-2019