

(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
23. Juni 2022 (23.06.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/128144 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 14/16 (2006.01) F01D 5/12 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01) F01D 5/28 (2006.01)
C23C 14/08 (2006.01) C23C 14/32 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/000134

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Oktober 2021 (27.10.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 007 662.9
15. Dezember 2020 (15.12.2020) DE

(71) Anmelder: OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,
PFÄFFIKON [CH/CH]; Churerstrasse 120, 8808 Pfäffikon
(CH).

(72) Erfinder: KOHLHAUSER, Bernhard; Münchreiter-
strasse 21, 1130 Vienna (AT). RAMM, Jürgen; Mühle-
bündtestrasse 12, 7304 Maienfeld (CH). HUNOLD, Oli-
ver; Hoffnungsweg 13, 8820 Wädenswil (CH). BALTER,
Edgar; Dorfstrasse 9, 6834 Übersaxen (AT).

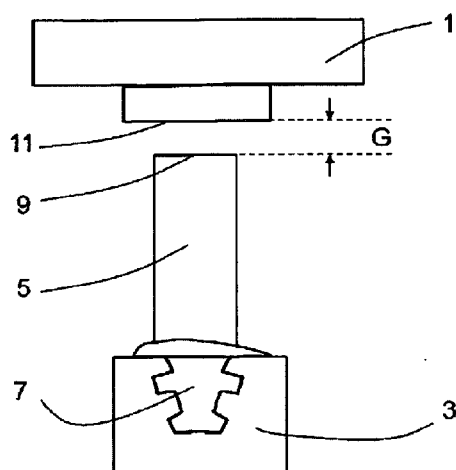
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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, 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,
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).

(54) Title: COATING FOR THERMICALLY AND ABRASIVELY LOADED TURBINE BLADES

(54) Bezeichnung: BESCHICHTUNG FÜR THERMISCH UND ABRASIV BELADENE TURBINENSCHAUFELN

Figur 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for coating a substrate surrounding a gas turbine blade, comprising the following steps: In a first step, a MCrAlY matrix is applied by means of a PVD method; in a further step, an oxide layer is applied by means of a PVD method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschichtung eines Substrates das eine Gasturbinenschaufel umfasst, umfassend die Schritte: - In einem ersten Schritt Aufbringen einer MCrAlY Matrix mittels PVD Verfahren; - In einem weiteren Schritt Aufbringen einer Oxidschicht mittels PVD Verfahren.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschichtung für thermisch und abrasiv beladene Turbinenschaufeln

Gasturbinen haben die Aufgabe ein Gas in eine Richtung zu bewegen. Die Gasturbine umfasst zumindest einen Rotor der um eine Achse rotiert und der einen Träger aufweist an dessen Peripherie eine Vielzahl radial nach aussen ragender Turbinenschaufeln angeordnet sind. Um ein Rückströmen des Gases entgegen der gewünschten Richtung weitestgehend zu verhindern um damit eine möglichst hohe Effizienz von Gasturbinen zu erreichen, ist eine Turbinenauskleidung vorgesehen, um zwischen Turbinenschaufel und Turbinenauskleidung einen Spalt mit minimalem Spaltabstand zu gewährleisten.

Das wird durch sogenannte Einlaufschichten auf Seite der Turbinenauskleidung erreicht. Diese Einlaufschichten dienen dazu, den Spaltabstand zwischen einer Turbinenschaufel und der umgebenden Turbinenauskleidung so gering wie möglich zu halten um Druckverluste zu verhindern. Die Einlaufschichten sind in der Regel porös und nur schwach in sich gebunden. Das hat zur Folge, dass die am Anfang die Einlaufschicht noch häufig berührende Turbinenschaufelspitze diese soweit abträgt, bis ein im Wesentlichen berührungsloser Rundlauf bei minimalem Spaltabstand realisiert ist.

Allerdings können die Turbinenschaufeln, beispielsweise bei deren thermischer Ausdehnung oder durch Erschütterungen herbeigeführter Auslenkung der Turbine aus dem Zentrum, die poröse und nur schwach in sich gebundene Einlaufschicht in unerwünschter Weise abtragen und somit den Spaltabstand erhöhen und die Effizienz verkleinern.

Zum Schutz der Schaufelspitze gegen Verschleiss werden Schaufelspitzenbeschichtungen eingesetzt. Diese Schaufelspitzenbeschichtungen bestehen typischerweise aus abrasiven Partikeln (wie zum Beispiel kubisches Bornitrid) welche in einer Matrix (wie z.B. MCrAlY) eingebettet sind. Dabei steht „M“ für ein Metall, wobei es sich meistens um Kobalt, Nickel oder eine Kobalt-Nickel Legierung handelt. „Cr“ steht dabei für Chrom, „Al“ für Aluminium und „Y“ steht für Yttrium.

Derartige Beschichtungen werden gemäss dem Stand der Technik durch komplexe und kostenintensive Prozesse wie elektrolytischer oder elektrophoretischer Abscheidung (US5935407A) aufgebracht.

- 5 Ein Nachteil der auf diese Weise gemäss dem Stand der Technik realisierten Beschichtungen ist die geringe Schichthaftung. Beim entsprechenden Beschichtungsprozess ist nämlich der Energieeintrag relativ gering und es kommt an der Grenzfläche zur Substratoberfläche kaum zu Diffusionsprozessen die normalerweise für eine akzeptable Schichthaftung sorgen. Als Resultat kann es bereits
10 zu einem Versagen und Delamination der kompletten Schicht oder der abrasiven Partikel auf Grund der bei der Rotation auftretenden Kräfte kommen.

- Es kommt hinzu, dass sowohl die im Stand der Technik verwendeten abrasiven Partikel als auch die Matrix bei hohen Temperaturen nicht oxidationsbeständig sind
15 und auf Grund der Oxidation versagen. Die typischerweise eingesetzten abrasiven Partikel haben eine Partikelgrösse in der Grössenordnung der Schichtdicke und können daher von der Oberfläche bis an die Grenzfläche zwischen Beschichtung und Substrat reichen. Wird nun das Partikel oxidiert, so wird das Schaufelmaterial oder die entsprechende Grenzfläche direkt angegriffen was bei einer Oxidation des Partikels
20 zu einem direkten Angriff des Schaufelmaterials oder der Grenzfläche zwischen Schaufelmaterial und Beschichtung führen kann.

- Es besteht daher ein Bedürfnis, die aus dem Stand der Technik bekannte Beschichtung hafter und oxidationsbeständiger zu machen. Diesem Bedürfnis liegt
25 die Aufgabe der vorliegenden Erfindung zugrunde.

- Die oben geschilderte Aufgabe wird erfindungsgemäss und entsprechend dem Anspruch 1 dadurch gelöst, dass für die Beschichtung Abscheidungen aus der Gasphase mittels PVD Verfahren eingesetzt werden. Besonders bevorzugt ist der
30 Einsatz der reaktiven Funkenverdampfung.

Durch den Einsatz von reaktiver Funkenverdampfung kann nämlich die Haftung von Schaufelspitzenbeschichtungen deutlich verbessert werden, da ein höherer Energieeintrag der Gasionen zu einer verbesserten Schichthaftung beiträgt. Auch die

Herstellungsparameter können freier gewählt werden, wodurch eine Abscheidung bei höheren Temperaturen möglich ist.

5 Durch den Einsatz unterschiedlicher Targetmaterialien und von Reaktivgasen können in einem einzelnen Verfahren eine Haftschrift und/oder Matrix als auch abrasive Phasen wie Oxide, Boride, Carbide oder Nitride abgeschieden werden. Diese Phasen können entweder als Schichten in einer Multilagenstruktur oder aber auch als Makropartikel in einer Matrix eingebracht werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Herstellungsverfahren für Schaufelspitzenbeschichtungen, die auf elektrolytischer
10 oder elektrophoretischer Abscheidung beruhen, können dabei sehr kleine Partikel oder dünne Lagen in einer Matrix (z.B. umfassend ein MCrAlY Material und bevorzugt bestehend aus einem MCrAlY Material) komplett eingebettet werden, wodurch tiefer liegende abrasive Phasen, auch wenn sie nicht oxidationsbeständig sind (was jedoch nur auf manche zutrifft), von der darüber liegenden Matrix (z.B. MCrAlY) geschützt
15 werden. Damit kann ein Schutzeffekt der Schaufelspitze gegenüber der Einlaufschicht an der Auskleidung auch bei Kontakt- bzw. Abriebsituationen nach längerer Betriebsdauer als bei konventionellen Schaufelspitzenbeschichtungen erzielt werden.

Die Schicht kann aus mehreren Lagen bestehen wobei eine Haftschrift an das
20 Substratmaterial angepasst werden kann um eine optimale Haftung zu ermöglichen.

Die abrasive Phase der Schaufelspitzenbeschichtung kann an die Einlaufschichtung auf der Turbinenverkleidung angepasst werden. Diese abrasiven Phasen können
25 entweder als Lagen oder Partikel in der Schicht eingebaut werden.

Schichtdicken könne variiert werden, um die Beschichtung dem thermischen und abrasiven Beanspruchungsprofil anzupassen und damit die Standzeit zu erhöhen.

Eine thermisch weniger beanspruchbare Schicht kann über die
30 Schaufelspitzenbeschichtung abgeschieden werden, um zum Beispiel die Verschleissbeständigkeit der gesamten Schaufelspitzenbeschichtung im initialen Einlaufprozess zu erhöhen.

Die Erfindung wird nun anhand eines Beispiels und mit Hilfe der Figuren im Detail erläutert:

Figur 1 zeigt schematisch ein erfindungsgemässes Schichtsystem aus einer MCrAlY Schicht und einer darüber liegenden Oxidschicht.

Figur 2 zeigt schematisch ein erfindungsgemässes Multilagenschichtsystem.

Figur 3 zeigt die schematische Darstellung einer Turbine

Figur 4 zeigt ein SEM des Querschnitts eines erfindungsgemässen Multilagenschichtsystems, nachdem es für 10 Stunden einer Temperatur von 1200°C ausgesetzt worden war

Figur 5 zeigt das Röntgendiffraktogramm einer abrasiven Phase aus einem Aluminiumoxid-Chromoxid.

Die in Figur 3 dargestellte Turbine mindestens eine Turbinenschaufel 5 auf einer rotierenden Scheibe 3 mit einer Schaufelbasis 7 und einer Schaufelspitze 9. Die Figur 3 zeigt auch eine Einlaufschicht 11 an einer Turbinenauskleidung 1 gegenüber der Schaufelspitze 9 und separiert von dieser mit einem Spalt G.

Auf einer Schaufelspitze aus einer Superlegierung (kann zum Beispiel einkristallin sein) wird eine Beschichtung des Aufbaues MCrAlY - Aluminium-Chrom-Oxid, oder eine Multilagenschicht aus abwechselnden MCrAlY - Aluminium-Chrom-Oxid Schichten abgeschieden.

Das MCrAlY wird dabei durch plasmaverstärkte kathodische Funkenverdampfung von einer MCrAlY Materialquelle (= Target) abgeschieden. Dabei kann die MCrAlY Schicht Dicken von 0.1 - 100 Mikrometer entsprechend der geforderten Oxidationsbeständigkeit aufweisen.

Auf der MCrAlY Haft- und Oxidationsschutzschicht wird nun die Oxidschicht abgeschieden. Die Aluminium-Chrom-Oxid Lagen werden von metallischen AlCr

Targets mittels reaktiver kathodischer Funkenverdampfung in Sauerstoffatmosphäre abgeschieden. Die Oxidschicht kann dabei 0.5 bis 50 Mikrometer dick sein.

Um schädliche Diffusionsprozesse zu unterdrücken und damit die Lebensdauer zu erhöhen, kann die Oxidschicht auch als eine Multilagenschicht abgeschieden werden, in der die MCrAlY Schicht sich in regelmässigen oder sonstigen Abständen von 0.1-20 Mikrometern mit einer Aluminium-Chrom-Oxidschicht abwechselt.

In diesem Konzept bietet die Oxidbeschichtung eine Diffusionsbarriere, welche zugleich auch als abrasive Phase dient, die nicht oxidationsempfindlich ist. Ebenso liefert die direkt an das Substrat anhaftende MCrAlY Lage eine ausgezeichnete Haftung zur Schaufelspitze und die Summe aller MCrAlY Lagen in der gesamten Schaufelspitzenbeschichtung verhindern nach innen orientierte Diffusionsprozesse und schützen das Substrat effizient vor Oxidation.

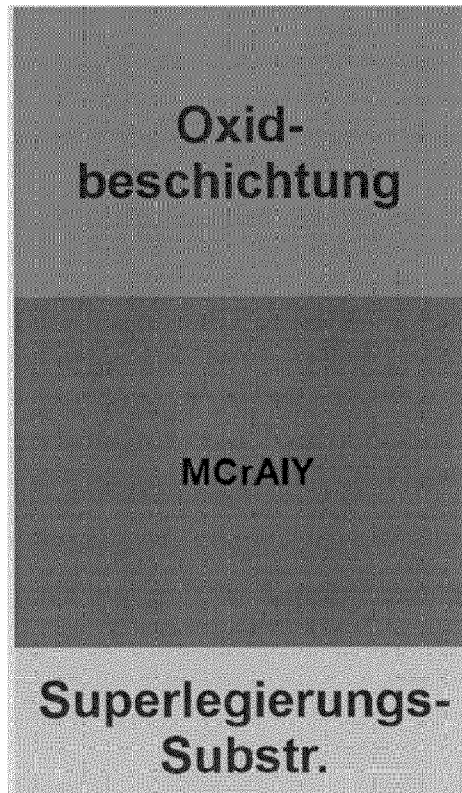
Ganz allgemein lässt sich sagen, dass die Härte des erfindungsgemässen Gesamtschichtsystems durch das Verhältnis von abrasiver Phase zu MCrAlY eingestellt werden kann um einen optimalen Abtrag der Einlaufschicht zu ermöglichen. So können zum Beispiel Schichten mit Oxidphasen im Bereich 7 bis 25 GPa eingestellt werden. Wenn jedoch härtere abrasive Phasen wie Nitride, Boride oder Carbide eingesetzt werden kann die Härte auf bis zu 45 GPa erhöht werden. Zum Beispiel hat die Schicht in Figur 4 eine Härte von ca. 13 GPa.

Wenn Aluminiumoxid-Chromoxid als abrasive Phase eingesetzt wird bildet es in der Kathodischen Funkenverdampfung einen Mischkristall in der Korrundstruktur mit einer starken Vorzugsorientierung, wie in der Figur 5 zu sehen ist. In der Korrundstruktur ist das Mischoxid in seiner thermisch stabilen Hochtemperaturmodifikation und kann damit die hohen Einsatztemperaturen ohne Phasenumwandlung erreichen. Die mit der Phasenumwandlung verbundenen Volumensänderungen welche zum Versagen der Schicht führen können, können damit verhindert werden.

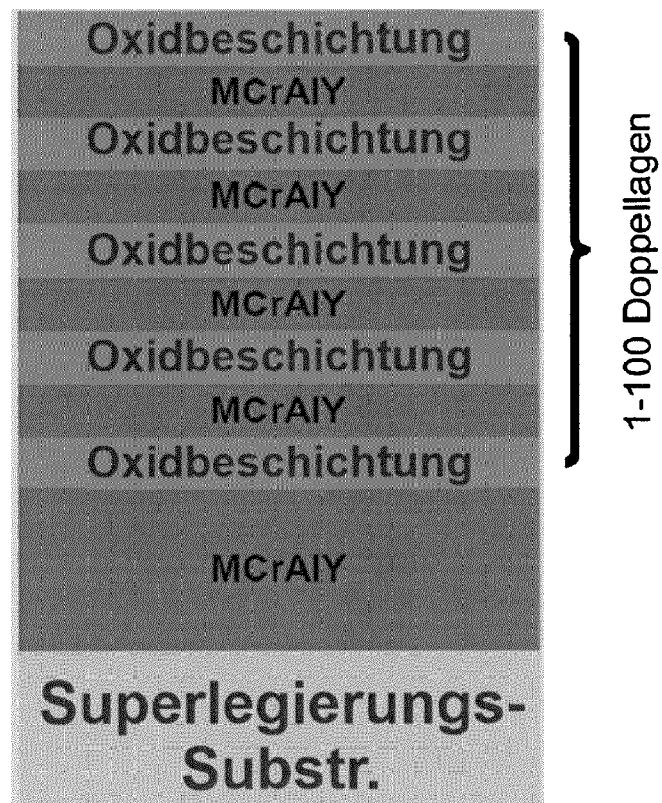
Ansprüche:

1. Verfahren zur Beschichtung eines Substrates das eine Gasturbinenschaufel umfasst, umfassend die Schritte:
 - 5 - In einem ersten Schritt Aufbringen einer MCrAlY Matrix mittels PVD Verfahren
 - In einem weiteren Schritt Aufbringen einer Schicht mittels PVD Verfahren, wobei die Schicht zumindest ein Oxid und/oder Borid und/oder Carbid und/oder Nitrid umfasst.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das PVD Verfahren des ersten und/oder des weiteren Schrittes ein kathodisches Funkenverdampfungsverfahren ist.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Materialquelle für das PVD Verfahren des weiteren Schrittes ein AlCr Target ist und das Beschichtungsverfahren eine reaktives Verfahren ist in dessen Verlauf Sauerstoff verwendet wird.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung als Schichtsystem ausgeführt wird, das zwei Schichten umfasst oder dass die Beschichtung als Schichtsystem ausgeführt wird, dass ein Multilagen Wechselschichtsystem umfasst.
- 25 5. Schichtsystem für eine Gasturbinenschaufelspitze umfassend, wobei die Beschichtung zumindest eine erste Schicht mit MCrAlY Matrix umfasst und die Beschichtung zumindest eine zweite Schicht umfasst, wobei die zweite Schicht zumindest ein Oxid und/oder Borid und/oder Carbid und/oder Nitrid umfasst.
- 30 6. Schichtsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung als Multilagenschichtsystem ausgebildet ist in der sich erste und zweite Schicht abwechseln.
7. Gasturbinenschaufel mit einem Schichtsystem nach einem der Ansprüche 5 oder 6.

Figur 1

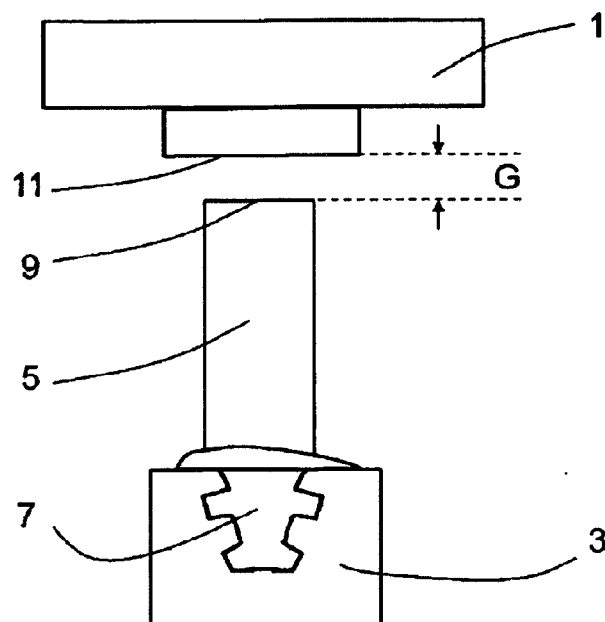


Figur 2

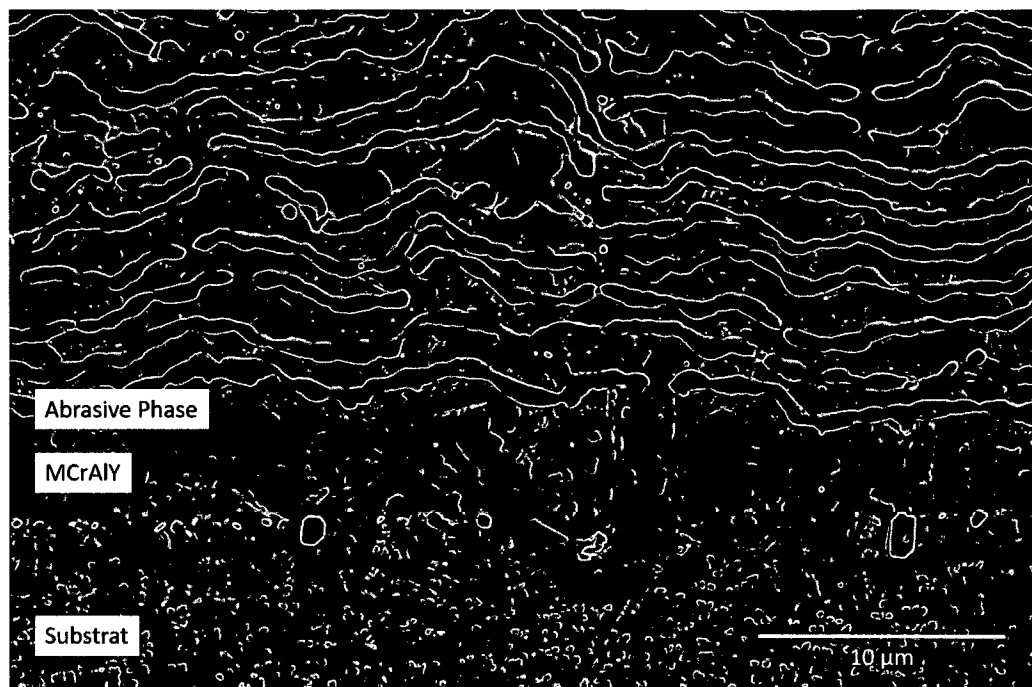


5

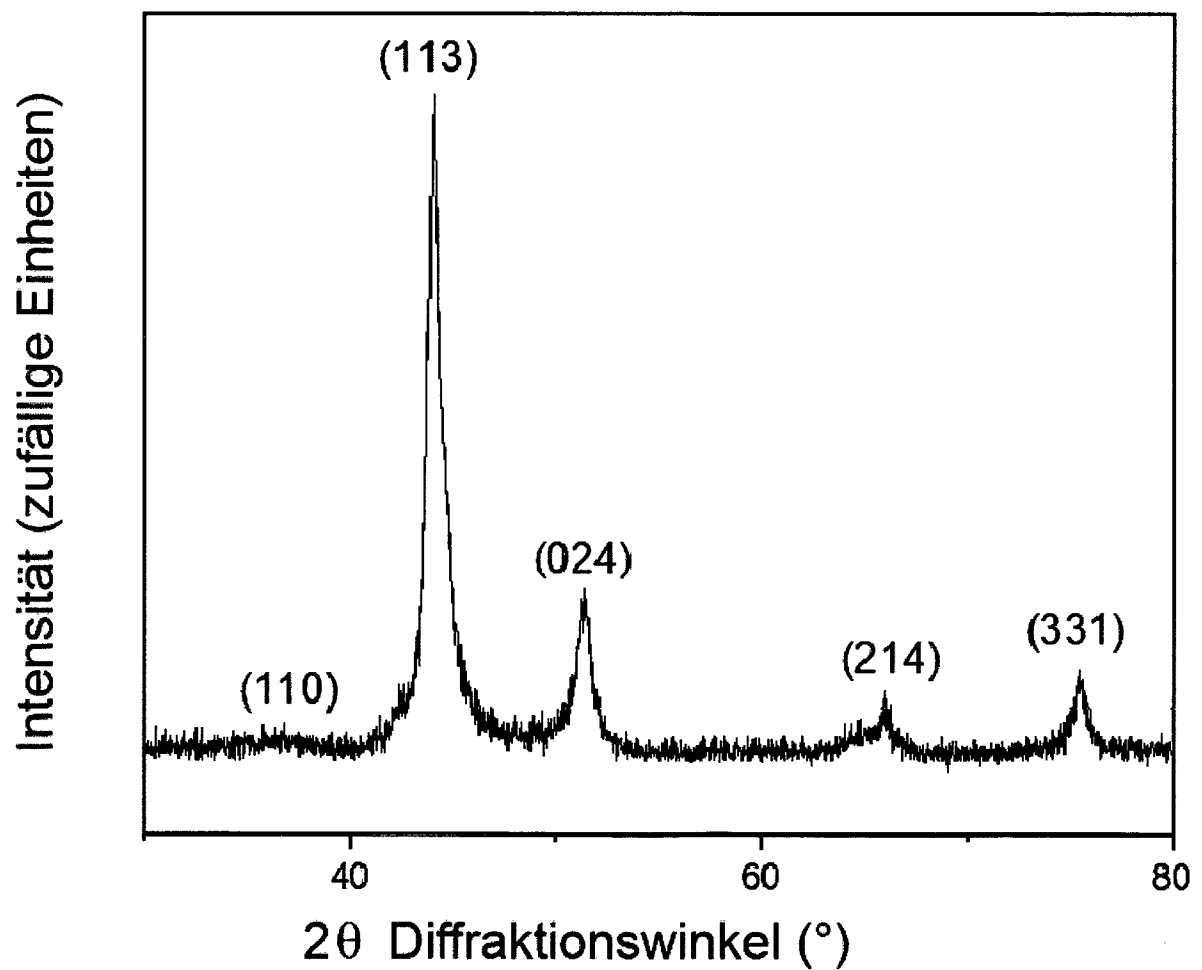
Figur 3



Figur 4



Figur 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/000134

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 14/16(2006.01)i; **C23C 14/06**(2006.01)i; **C23C 14/08**(2006.01)i; **F01D 5/12**(2006.01)i; **F01D 5/28**(2006.01)i;
C23C 14/32(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; F01D

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.
X	WO 2019206979 A1 (OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG PFAEFFIKON [CH]) 31 October 2019 (2019-10-31) page 1, line 13 - line 17 page 1, line 23 - line 27 page 7, line 8 - line 14 page 8, line 15 - line 21 page 9, line 10 - page 10, line 29 page 12, line 20 - page 13, line 4 figures 2,11; table 1	1-7
X	WO 2017005460 A1 (SIEMENS AG [DE]; OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG PFÄFFIKON [CH]) 12 January 2017 (2017-01-12) page 5, line 1 - page 7, line 6; figures 1-3	1,2,4,5,7
X	US 5935407 A (NENOV KRASSIMIR P [US] ET AL) 10 August 1999 (1999-08-10) cited in the application column 2, line 38 - line 65 column 4, line 65 - column 5, line 5 figures 5, 6; example 1	5,7



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

26 January 2022

Date of mailing of the international search report

07 February 2022

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

Schwake, Andree

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/000134

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2019206979	A1	31 October 2019	CA	3096514	A1	31 October 2019
				CN	112105755	A	18 December 2020
				EP	3784813	A1	03 March 2021
				JP	2021521338	A	26 August 2021
				KR	20210003172	A	11 January 2021
				TW	201945566	A	01 December 2019
				US	2021123141	A1	29 April 2021
				WO	2019206979	A1	31 October 2019
WO	2017005460	A1	12 January 2017	BR	112018000215	A2	04 September 2018
				CA	2990731	A1	12 January 2017
				CN	107709617	A	16 February 2018
				DE	102015212588	A1	12 January 2017
				EP	3320127	A1	16 May 2018
				JP	2018529016	A	04 October 2018
				KR	20180026532	A	12 March 2018
				RU	2691822	C1	18 June 2019
				US	2018195176	A1	12 July 2018
				WO	2017005460	A1	12 January 2017
US	5935407	A	10 August 1999	AU	741526	B2	06 December 2001
				CA	2306781	A1	20 May 1999
				CN	1278873	A	03 January 2001
				EP	1042541	A1	11 October 2000
				IL	135716	A	20 June 2004
				JP	4658317	B2	23 March 2011
				JP	2001522944	A	20 November 2001
				KR	20010024583	A	26 March 2001
				NO	321452	B1	15 May 2006
				US	5935407	A	10 August 1999
				US	6194086	B1	27 February 2001
				WO	9924647	A1	20 May 1999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C23C14/16	C23C14/06
	C23C14/32	
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C23C F01D		
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.
X	WO 2019/206979 A1 (OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG PFAEFFIKON [CH]) 31. Oktober 2019 (2019-10-31) Seite 1, Zeile 13 - Zeile 17 Seite 1, Zeile 23 - Zeile 27 Seite 7, Zeile 8 - Zeile 14 Seite 8, Zeile 15 - Zeile 21 Seite 9, Zeile 10 - Seite 10, Zeile 29 Seite 12, Zeile 20 - Seite 13, Zeile 4 Abbildungen 2,11; Tabelle 1 -----	1-7
X	WO 2017/005460 A1 (SIEMENS AG [DE]; OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG PFÄFFIKON [CH]) 12. Januar 2017 (2017-01-12) Seite 5, Zeile 1 - Seite 7, Zeile 6; Abbildungen 1-3 ----- -/-	1, 2, 4, 5, 7
☒ 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
26. Januar 2022		07/02/2022
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 Schwake, Andree

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 935 407 A (NENOV KRASSIMIR P [US] ET AL) 10. August 1999 (1999-08-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 38 - Zeile 65 Spalte 4, Zeile 65 - Spalte 5, Zeile 5 Abbildungen 5, 6; Beispiel 1 -----	5, 7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/000134

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019206979 A1	31-10-2019	CA 3096514 A1	31-10-2019
		CN 112105755 A	18-12-2020
		EP 3784813 A1	03-03-2021
		JP 2021521338 A	26-08-2021
		KR 20210003172 A	11-01-2021
		TW 201945566 A	01-12-2019
		US 2021123141 A1	29-04-2021
		WO 2019206979 A1	31-10-2019

WO 2017005460 A1	12-01-2017	BR 112018000215 A2	04-09-2018
		CA 2990731 A1	12-01-2017
		CN 107709617 A	16-02-2018
		DE 102015212588 A1	12-01-2017
		EP 3320127 A1	16-05-2018
		JP 2018529016 A	04-10-2018
		KR 20180026532 A	12-03-2018
		RU 2691822 C1	18-06-2019
		US 2018195176 A1	12-07-2018
		WO 2017005460 A1	12-01-2017

US 5935407 A	10-08-1999	AU 741526 B2	06-12-2001
		CA 2306781 A1	20-05-1999
		CN 1278873 A	03-01-2001
		EP 1042541 A1	11-10-2000
		IL 135716 A	20-06-2004
		JP 4658317 B2	23-03-2011
		JP 2001522944 A	20-11-2001
		KR 20010024583 A	26-03-2001
		NO 321452 B1	15-05-2006
		US 5935407 A	10-08-1999
		US 6194086 B1	27-02-2001
		WO 9924647 A1	20-05-1999
