

(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
18. März 2010 (18.03.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/028958 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01D 5/245 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/061068

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. August 2009 (27.08.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 046 740.5
11. September 2008 (11.09.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SCHAEFFLER KG** [DE/DE]; Industriestraße
1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RUDY, Dietmar** [DE/
DE]; Schulstraße 11, 66501 Kleinbundenbach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

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

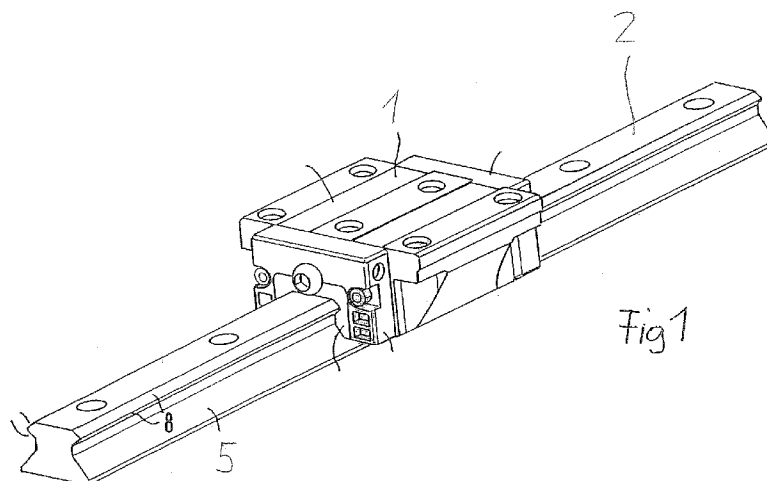
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,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

Veröffentlicht:

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

(54) Title: GUIDE RAIL COMPRISING A MATERIAL MEASURE

(54) Bezeichnung : FÜHRUNGSSCHIENE MIT MASSVERKÖRPERUNG



(57) Abstract: The invention relates to a guide rail (2) of a linear bearing, on which a guide carriage (1) is mounted so that it can be longitudinally displaced. The guide rail (2) is provided with at least one running track for the guide carriage (1) and a material measure (3) that is integrated into the guide rail (2) and that is formed by recesses (4) positioned one behind the other, said recesses being integrated into the surface of a measuring track (5) of the guide rail (2) and being produced along the measuring track (5) by the removal of material from the guide rail (2). The measuring track (5) runs parallel to the running track and the recesses (4) are produced by the electrochemical removal of material from the electrically conductive guide rail (2).

(57) Zusammenfassung: Führungsschiene (2) eines Linearlagers, auf der ein Führungswagen (1) längsverschieblich gelagert
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/028958 A2



ist, wobei die Führungsschiene (2) mit wenigstens einer Laufbahn für den Führungswagen (1) versehen ist, und mit einer in die Führungsschiene (2) eingearbeiteten Maßverkörperung (3), die aus einer Spur von hintereinander angeordneten Aussparungen (4) gebildet ist, die in die Oberfläche einer Messbahn (5) der Führungsschiene (2) und entlang der Messbahn (5) unter Entfernen von Material der Führungsschiene (2) eingearbeitet sind, wobei die Messbahn (5) parallel zu der Laufbahn angeordnet ist, wobei die Aussparungen (4) durch elektrochemisches Abtragen des Werkstoffes aus der elektrisch leitfähigen Führungsschiene (2) gebildet sind.

Führungsschiene mit Maßverkörperung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Führungsschiene eines Linearlagers, bei der bspw. ein Führungswagen längsverschieblich auf der Führungsschiene
5 gelagert werden kann.

Profilschienenwäzführungen als Linearlager werden in vielen Bereichen der Technik eingesetzt, in denen ein Bauteil gegenüber einem anderen Bauteil geradlinig und möglichst ohne Reibungsverluste bewegt werden soll. Ein Bei-
10 spiel hierfür sind Werkzeugmaschinen. Derartige Führungen weisen als Führungskörper einen Wagen oder Schlitten auf, der über Wälzkörper, wie Kugeln, Rollen oder Nadeln, an einer Schiene geführt ist. Die Wälzkörper zirkulieren hierbei in in sich geschlossenen Wälzkörperumläufen des Wagens. Die Füh-
15 rungskörper weisen üblicherweise einen Tragbereich auf, in welchen die Wälzkörper an einer Tragfläche des Wagens und an der Schiene anliegen und hierdurch die zu bewegende Last tragen. Durch die Linearbewegung des Wagens gelangen die Wälzkörper aus der Tragzone in einen ersten Umlenkkanal, in dem die Wälzkörper von der Tragzone in den Rücklaufkanal überführt werden. Nach Durchlaufen des Rücklaufkanals erreichen die Wälzkörper über einen
20 zweiten Umlenkkanal wieder die Tragzone.

Bei anderen Bauformen von Linearbewegungsführungen sind die Wälzkörper nicht in Umläufen sondern ausschließlich in einer oder mehreren Reihen angeordnet, die parallel zur Längsbewegungsachse verlaufen.

25

Die Erfindung betrifft auch hydrostatische Profilschienenführungen als Linearlager, bei denen ein Führungswagen auf einer Führungsschiene hydrostatisch lagerbar ist.

30 Diese Linearlager werden zum hochgenauen linearen Verfahren von beispielsweise Werkstücken und/oder Werkzeugen verwendet, beispielsweise in Werkzeugmaschinen oder auch in beliebigen Handlingsystemen eingesetzt.

Um eine hochgenaue Positionierung beispielsweise eines Führungswagens auf einer Führungsschiene erreichen zu können, werden Messsysteme eingesetzt. Derartige Messsysteme umfassen mit Sensoren ausgerüstete Messaufnehmer, die an dem Führungswagen oder an einem entlang der Führungsschiene zu verschiebenden Körper aufgenommen sind; ferner ist die Führungsschiene mit einer Maßverkörperung versehen, die von dem Sensor des Messaufnehmers abgetastet werden kann.

Maßverkörperungen sind Lehren, Messgeräte, Bestandteile von Messgeräten oder Teile von Gleichungen, die bestimmte einzelne Werte einer Messgröße oder einer Abfolge oder einer Spur von Werten einer Messgröße, eine Einheit, Vielfache beziehungsweise Teile einer Einheit darstellen. Die Werte der Maßverkörperung können equidistant, also abstandsgleich angeordnet sein.

Diese Spur von Werten – beispielsweise Ausnehmungen in der Führungsschiene - kann als Inkrementalspur ausgebildet sein, die eine sich wiederholende periodische Zählsur aufweisen kann. Die Messung beruht auf einer Richtungsbestimmung und einer Zählung. Mit einer Inkrementalspur kann eine zu verfahrenende Strecke auf der Führungsschiene gemessen werden.

20

Zur absoluten Positionsbestimmung beispielsweise eines Führungswagens auf der Führungsschiene kann eine Referenzspur vorgesehen sein, die ebenfalls durch eine Spur von Referenzmarken – beispielsweise Ausnehmungen - gebildet sein kann. Die Referenzspur kann verschiedene absolute Positionen auf der Maßverkörperung codieren.

25

Mehrere Referenzmarken können mit unterschiedlichen Abständen längs der Maßverkörperung verteilt sein, um eine oder mehrere absolute Positionen zu kennzeichnen.

30

Um absolute Positionen zu codieren, ist es nicht notwendig, dass die Maßverkörperung eine Referenzspur und eine Inkrementalspur aufweist. Als Alternative kann eine Maßverkörperung verwendet werden, die eine Spur mit

einem sich längs der Führungsschiene erstreckenden absoluten Codemarkenmuster aufweist; in diesem Fall ist eine Spur von Marken gebildet, die den jeweiligen Ort eindeutig kennzeichnen und für jeden Ort eine absolute Positionsinformation codieren.

5

Bei den Messsystemen sind eine Vielzahl von Messverfahren bekannt geworden. Ein erstes Beispiel hierfür sind magnetische Messverfahren mit auf einem Träger alternierend aufgebrachtten Nord- und Südpolen. Ein anderes Messsystem basiert auf dem Durchlicht- oder Reflexionsmessverfahren mit beispielsweise Glasmaßstäben, die in alternierender Weise Hell-/Dunkel-Markierungen als Maßverkörperung aufweisen. Schließlich sind auch Messverfahren bekannt geworden, bei denen die Markierungen induktiv abgetastet werden.

Aus der DE 199 22 363 ist eine Maßverkörperung bekannt geworden, die einen Grundkörper 3 aufweist, an dem ein erstes Maßband 29 mit Perforationen 37 befestigt ist. Der Grundkörper 3 wird von der Führungsschiene einer Linearwälzföhrung gebildet. Die nicht dargestellte Mittellinie des Maßbandes ist daher eine Gerade. An dem Führungswagen dieser Linearwälzföhrung ist ein Sensorkopf angeordnet, mit dem das Maßband zur Ermittlung einer Weginformation induktiv abgetastet werden kann. Als Perforationen sind Rechtecke vorgesehen, die sich quer zur Mittellinie des Maßbandes erstrecken und periodisch angeordnet sind. Das Maßband besteht aus Stahl und weist eine Dicke von ca. 0,3 mm auf. Die Breite der Rechtecke und der Abstand in Längsrichtung beträgt jeweils 0,5 mm, so dass der induktiv arbeitende Sensorkopf Sinus- und Cosinussignale mit einer Periode von 1 mm abgibt. Das gedehnte Maßband ist mittels Punktschweißungen am Grundkörper befestigt, wobei es in einer Vertiefung aufgenommen ist, die mit einem Abdeckband 15 verschlossen ist.

Die Perforationen in dem Maßband werden mittels Ätzen hergestellt. Hierzu wird ein flaches unperforiertes Stahlband mit Fotolack beschichtet und mit dem gewünschten Perforationsmuster hochgenau belichtet. Der Fotolack wird anschließend entwickelt, wobei er an den Stellen, an denen die Perforationen

vorgesehen sind, abgetragen wird, während er das Stahlband an den übrigen Stellen abdeckt. Dieser Prozess wird auf beiden Seiten das Maßbandes durchgeführt. Durch Eintauchen des vorbehandelten Bandes in eine Ätzflüssigkeit werden die Perforationen chemisch aus dem Band herausgelöst. Hierbei besteht das Problem, dass die Begrenzungsflächen der Perforationen, die in Dickenrichtung des Maßbandes verlaufen, eine unregelmäßige Form aufweisen. Diese Unregelmäßigkeiten hängen sowohl von den Verfahrensbedingungen beim Ätzen wie z.B. der Ätzzeit als auch von der Geometrie des Maßbandes wie dessen Periode und dessen Dicke ab. Diese Unregelmäßigkeiten haben beim induktiven Abtasten des Maßbandes eine verminderte Genauigkeit des gesamten Wegmesssystems zur Folge.

Hieraus ergibt sich ein Zielkonflikt, da die Dicke des Maßbandes einerseits möglichst groß sein soll, um ein möglichst starkes Sensorsignal zu erzeugen, und andererseits möglichst klein, um eine möglichst geringe Unregelmäßigkeit der Perforation zu erhalten. Ein ähnlicher Zielkonflikt existiert in Bezug auf die Periode des Maßbandes. Bei einer kleinen Periode kann der Sensor ein genaueres Messsignal erzeugen, während die Unregelmäßigkeit der Perforationen des Maßbandes zunimmt.

20

Insbesondere bei optischen Messverfahren ist es üblich, die Maßverkörperung als gesondertes Bauteil neben der Schiene der Linearbewegungsführung oder als Einsatz in der Schiene vorzusehen. Neben einem hohen Fertigungs- und Montageaufwand hat dies auch den Nachteil einer erhöhten Gefahr von Messungenauigkeiten. Solche können beispielsweise dann auftreten, wenn sich die Maßverkörperung gegenüber der Schiene verschiebt oder aufgrund von unterschiedlichen Wärmekoeffizienten und/oder Temperaturbelastungen unterschiedlich starke Wärmeausdehnungen stattfinden.

Es ist deshalb in der WO 91/16594 vorgeschlagen worden, eine Maßverkörperung direkt in den Werkstoff der Schiene einer Linearbewegungsführung einzubringen. Als Fertigungsverfahren werden Ätzen oder Aufprägen von Magnetzuständen angegeben. Magnetzustände sind jedoch störanfällig. Um mit Ätz-

verfahren eine präzise Maßverkörperung erstellen zu können, muss ein hoher Aufwand betrieben werden, u.a. durch die Erstellung einer präzisen Maske, mit der die zu ätzenden Teilbereiche von jenen Teilbereichen isoliert werden, die nicht zu ätzen sind.

5

Aufgrund des isotropen Materialabtrages während des Ätzvorganges kann es zu einem unerwünschten Unterätzen kommen. Hierbei ätzt während des Ätzvorganges das Ätzmittel unter die Maske, die auf dem zu ätzenden Werkstück aufliegt, so dass die geätzten Bereiche die durch die Maske gegebenen Grenzen überschreiten. Dieses isotrope Verhalten liegt bei allen nasschemischen Ätzverfahren vor. Bei Führungsschienen kann ein derartiges Unterätzen zu einer mangelhaft hergestellten Führungsschiene und zu einer ungenauen Maßverkörperung führen.

15 Zwar kann bei dem plasmaunterstützten reaktiven Ionenätzen oder auch beim Plasmaätzen eine Anisotropie im Materialabtrag erreicht werden, so dass ein Unterätzen deutlich reduziert ist. Die sehr komplexe Dynamik des kinetisch außerordentlich komplexen Ätzprozesses bedingt, dass kleinste Parameteränderungen — zum Beispiel Änderungen bei Gasfluss und Reaktordruck, eine
20 Veränderung der Entladungsstärke oder der Feldstärke im Reaktor, eine Veränderung der Reaktorgeometrie — die Verhältnisse im Reaktor grundlegend verändern können. Für unterschiedliche Größen von Führungsschienen sind diese Verfahren aufgrund der erforderlichen Anpassung von Prozessparametern sehr aufwändig und daher ungeeignet.

25

In der DE 196 08 937 A1 wird zur Herstellung eines Markierungsträgers für eine Längenmesseinrichtung ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Laser mit hochenergetischer Strahlung und Impulsen von etwa 20 ns oder weniger die Oberfläche des Markierungsträgers partiell anschmilzt. Nachteilig an diesem Verfahren ist allerdings das Erfordernis einer vor der Laserbearbeitung zu erzeugenden hochreflektierenden Oberfläche, die der Laser anschmilzt und
30 gegenüber der er weniger stark reflektierende Oberflächenstrukturen erstellt. Um solche hochreflektierende Oberflächen zu erstellen, ist es erforderlich, vor

der Erstellung der Maßverkörperung die gesamte Oberseite der Schiene mit großem technischen Aufwand zu polieren. Hochglanzpoliervorgang, wie sie in der DE 196 08 937 A1 vorgeschlagen werden, sind mehrstufig und damit zeit-
aufwendig und teuer.

5

Ein weiterer Nachteil des in der DE 196 08 937 A1 angegebenen Verfahrens kann darin gesehen werden, dass sich bei der Abtragung von metallischen Werkstoffen mittels den angegebenen Lasern oftmals Schmelze oder ver-
dampfter Werkstoff unmittelbar neben der Bearbeitungsstelle niederschlagen.

10 Damit ist zu befürchten, dass die zuvor hochglanzpolierte Fläche auch in den nicht laserbearbeiteten Teilbereichen, d.h. auch auf den im hochpolierten Zu-
stand zu belassenden Teilbereichen beeinträchtigt wird. Solche auf die Laser-
bearbeitung zurückzuführenden Verschmutzungen müssen dann mit einem
zusätzlichen Aufwand zweiten Poliervorgang wieder entfernt werden.

15

Sämtliche bekannten Fertigungstechniken zur Erzeugung der Aussparungen der Maßverkörperung weisen für sich genommen wenigstens einen Nachteil auf, der die Erzeugung und Reproduktion hochgenauer Aussparungen an Füh-
rungsschienen erschwert oder sogar unmöglich macht: beim Lasern kann es
20 aufgrund des großen Wärmeeintrags zu Verformungen und Anschmelzungen
kommen, insbesondere bei tiefen Aussparungen; beim Ätzen sind entweder die
geforderten Eindringtiefen in das zu ätzende Werkstück nur schwer zu errei-
chen oder ein unerwünschtes Unterätzen findet statt oder das Verfahren ist
derart aufwändig, dass ein wirtschaftliches Fertigen von Führungsschienen mit
25 eingearbeiteter Maßverkörperung nicht möglich ist; bei rein mechanischen,
spangebenden Bearbeitungen zur Erzeugung der Aussparungen kann die ge-
forderte Genauigkeit nur schwer eingehalten werden, wobei ohnehin die ange-
strebte equidistante Teilung mit kleinen, aber tiefen Aussparungen nur schwer
herstellbar ist.

30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, eine Führungsschiene für eine
Linearführung nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 an-

zugeben, bei der die Massverkörperung wirtschaftlich und hochgenau in die Führungsschiene eingebracht ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Führungsschiene gemäß Anspruch 1 gelöst. Dadurch, dass die Aussparungen durch elektrochemisches Abtragen des Werkstoffes aus der elektrisch leitfähigen Führungsschiene gebildet sind, können selbst kleinste Ausnehmungen präzise und reproduzierbar in die Oberfläche der Messbahn eingearbeitet werden.

Die Erfindung hat erkannt, dass mit dem elektrochemischen Abtragen des Werkstoffes aus der Führungsschiene hochgenau die Aussparungen erzeugt werden können. Erstmals wurde ein neuer Weg bei der Herstellung von Maßverkörperungen an Führungsschienen beschritten. Denn abweichend von allen bislang bekannten Verfahren zur Herstellung einer Maßverkörperung an einer Führungsschiene beschreitet die Erfindung einen neuen Weg, indem sie für die Erzeugung von Maßverkörperungen an Führungsschienen das elektrochemische Abtragen von Werkstoff vorsieht.

Die Aussparungen können erfindungsgemäß hochgenau mit steilen Flanken oder Wandungen eingearbeitet werden. Vorzugsweise verläuft die Wandung quer zur Messbahn; allerdings können auch spezielle sinusförmige ausgebildete Wandungen für bestimmte Anwendungen erzeugt werden. Dies hat insbesondere große Vorteile bei Messsystemen, die nach dem Wirbelstromprinzip oder nach dem Induktionsprinzip arbeiten. Die eingesetzte Messelektronik kann vereinfacht werden, weil hochgenaue Aussparungen mit senkrechten Flanken oder Wandungen bereitgestellt werden können.

Die berührungslosen induktiven Wegaufnehmer arbeiten nach dem Wirbelstromprinzip ohne jede mechanische Verbindung mit dem Messobjekt. Sie sind geeignet, Abstände gegenüber Objekten aus elektrisch leitenden Materialien, also insbesondere solchen aus metallischen Werkstoffen zu messen. Die Ausgangsspannung der Sensoren ist hierbei ein Maß für den Abstand zwischen Sensorstirnfläche und Messobjekt.

Befindet sich ein ausgedehnter elektrischer Leiter in einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld oder bewegt sich ein solcher Leiter in einem Magnetfeld, dann wird in diesem Leiter eine Spannung induziert. Die Induktionsstromlinien
5 der Wirbelströme sind wie Wirbel in sich geschlossen sind und haben keine festen Bahnen.

Überfährt der Sensor eine Aussparung auf der Messbahn, verändert sich das Magnetfeld. Der Wechsel von der ebenen Oberfläche der Messbahn zu der
10 Aussparung verändert demzufolge die induzierte Spannung. Je steiler die Wandung der Aussparung ist, desto präziser und abgegrenzter kann eine Zählung von Aussparungen erfolgen.

Im Gegensatz zu dem eingangs beschriebenen Ätzen können bei dem erfindungsgemäßen elektrochemischen Abtragen des Werkstoffes präzise Konturen der Aussparungen gewährleistet werden, wobei auch zur Messbahn senkrecht angeordnete Wände der Aussparungen in gewünschter Eindringtiefe problemlos erzeugt werden können.

20 Der erfindungsgemäß verwendete, an sich bekannte elektrochemische Bearbeitungsprozess nutzt das Prinzip der anodischen Auflösung des zu bearbeitenden Werkstücks in einem elektrisch leitenden Medium, dem sogenannten Elektrolyt. An die Führungsschiene als Anode mit dem abzutragenden metallischen Werkstoff wird der positive Pol einer Gleichspannungsquelle angelegt, während der negative Pol an die abzuformende metallische Elektrode als Kathode angelegt wird. Zwischen den beiden Elektroden befindet sich ein Elektrolyt, der für den Ladungstransport erforderlich ist. Häufig werden wässrige Natriumnitrat- oder Natriumchloridlösungen verwendet. Zwischen den Elektroden, die sich in der wässrigen Elektrolytlösung befinden, fließt nach dem Anlegen
25 einer pulsierenden Gleichspannung ein Strom. Den Ladungstransport übernehmen die in Ionen dissoziierten Moleküle des Elektrolyten.
30

- Unter dem Einfluss des elektrischen Feldes bewegen sich die Ionen entsprechend ihrer Ladung zu den entgegengesetzt geladenen Elektroden. Unter Aufnahme beziehungsweise Abgabe ihrer Elektronen gleichen sie ihre Ladung aus. Die Metallionen, die sich an der Anode gebildet haben und mit der Elektrolytlösung reagieren, verbinden sich mit den Hydroxid-Ionen in der Elektrolytlösung. Sie werden in einer nachfolgenden chemischen Reaktion als schwer lösliches Hydroxid abgeführt. Durch die Reaktion an der Kathode werden die verbrauchten Hydroxid-Ionen nachgeliefert. Die Ionen des dissoziierten Elektrolyten sind nicht an den chemischen Reaktionen beteiligt. Sie haben die Aufgabe, in der Lösung eine ausreichende Leitfähigkeit zu gewährleisten. Beim elektrolytischen Abtrag von Metall tritt nur ein Verbrauch von elektrischer Energie und Wasser auf. An der Kathode findet kein Werkstoffabtrag statt; es entwickelt sich lediglich Wasserstoffgas.
- 15 Präziser ausgedrückt, wird erfindungsgemäß dieses elektrochemische Abtragen als Senkerosionsverfahren mit vibrierender Elektrode und geregelter Arbeitsspalt zwischen der abzuformenden Elektrode und der Führungsschiene durchgeführt. Zwischen der abzuformenden Elektrode – die Kathode - und dem Werkstück – die Anode - wird ein gepulster Gleichstrom angelegt. Das Werkstück löst sich entsprechend der Geometrie der nachfahrenden Elektrode anodisch auf. Es entstehen die erfindungsgemäßen Aussparungen an zahlreichen Metallen, wie z.B. in hoch vergüteten Stählen, Wälzlagerstählen, pulvermetallurgischen Stählen sowie in Superlegierungen.
- 20
- 25 Durch die Verkleinerung des Arbeitsspalt zwischen der Führungsschiene und der vibrierenden abzuformenden Elektrode wird die Abbildegenauigkeit der Elektrode erhöht. Auf diese Weise wird die Fertigung von hochgenauen Maßverkörperungen in erfindungsgemäßer Weise möglich.
- 30 Die Spur der Aussparungen auf der Messbahn kann als Positivform bezeichnet werden. Bei einer erfindungsgemäßen Weiterbildung kann eine Maske mit der Spur von Ausnehmungen als Negativform bereitgestellt werden, wobei die Maske durch die abzuformende Elektrode gebildet ist. Wenn beispielsweise

eine Inkrementalspur über eine Länge von zwei Metern an der Führungsschiene erzeugt werden soll, kann die Maske sich über ein Teilstück dieser Länge erstrecken und mit einer Spur der Aussparungen versehen sein. Die Maske kann dann in mehreren Schritten entlang der Führungsschiene positioniert werden, um die Maßverkörperung an der Führungsschiene zu erzeugen.

Insbesondere für die Längen- und Positionsmessung mit induktiven Sensoren sind bei einer erfindungsgemäßen Weiterentwicklung strichförmige Aussparungen in paralleler Anordnung entlang der Messbahn angeordnet. Es kann für gute Messergebnisse vorteilhaft sein, die Eindringtiefe der Aussparungen in die Oberfläche der Messbahn mindestens 0,2 mm vorzusehen. Bei einer geringeren Eindringtiefe besteht das Risiko, dass eine Veränderung der induzierten Spannung nicht in dem erwünschten Ausmaß eintritt. Mit dem erfindungsgemäßen elektrochemischen Abtragen von Werkstoff können glatte, zur Messbahn einwandfrei quer angeordnete Wandungen der Aussparungen in jeder gewünschten Eindringtiefe bereitgestellt werden.

Die Teilung der Spur von Aussparungen beträgt in erfindungsgemäßer Weiterbildung 0,1mm bis 0,5 mm. Es hat sich herausgestellt, dass mit dem erfindungsgemäßen elektrochemischen Abtragen von Werkstoff zur Erzeugung der Aussparungen eine derartige Teilung gut beherrschbar ist, wobei insbesondere induktive Messaufnehmer für eine derartige Teilung gut geeignet sind.

Mit der erfindungsgemäßen Führungsschiene und dem Verfahren zur Erzeugung der Spur von Aussparungen lassen sich Inkrementalspuren und Absolutspuren problemlos kombinieren. Zu diesem Zweck braucht lediglich einmalig eine entsprechende Maske als abzuformende Elektrode bereitgestellt zu werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren oszilliert die Maske als Kathode quer zu der Führungsschiene. Die an der Maske als Negativform ausgebildete Spur von Erhebungen – die an der Führungsschiene die Spur von Aussparungen abbilden – kann sowohl eine Inkrementalspur als auch eine Absolutspur auf-

weisen. Die Kathode kann in Richtung auf die Führungsschiene nachgefahren werden.

Mit diesem Verfahren hergestellte Führungsschienen weisen erhebliche Vorteile auf: Das Werkstück kann von der Elektrode ohne Elektrodenverschleiß abgeformt werden. Eine Maßhaltigkeit in der Serie ist gewährleistet. Es tritt keine Gefügeänderung an der Führungsschiene auf, da prozessbedingt keine thermischen oder mechanischen Belastungen auftreten. Die Maßverkörperung lässt sich preiswert herstellen. Die Aussparungen können absolut gratfrei gebildet werden, wobei keine Nachbearbeitung des Werkstücks erforderlich ist, da keine Materialanhaftung bzw. Belagbildung auftritt. Die Bearbeitung der Führungsschiene ist unabhängig von ihrer Härte. Es ist eine hohe Oberflächengüte und eine hohe Abbildegenauigkeit mit einer Toleranz von $\pm 2\mu\text{m}$ bis $5\mu\text{m}$ bereitstellen. Eine standardmäßige Oberflächenqualität von R_a kleiner gleich $0,05\mu\text{m}$ wird erreicht. Alle diese Vorteile sind bei Maßverkörperungen von besonderer Bedeutung, insbesondere die Oberflächenqualität und die Abbildegenauigkeit der Aussparungen.

Nachstehend wird die erfindungsgemäße Führungsschiene anhand eines in fünf Figuren abgebildeten Ausführungsbeispiels näher erläutert. es zeigen:

- Figur 1 eine Profilschienenwälführung in perspektivischer Darstellung, bei der ein Führungswagen auf einer erfindungsgemäßer Führungsschiene längsverschieblich angeordnet ist,
- Figur 2 die Führungsschiene im Querschnitt
- Figur 3 die Führungsschiene im Teillängsschnitt
- Figur 4 die Führungsschiene in einem weiteren Teillängsschnitt und
- Figur 5 eine Ausschnittsvergrößerung der Figur 2.

Figur 1 zeigt in perspektivischer Darstellung eine Profilschienenwälführung, bei der ein Führungswagen 1 auf einer Führungsschiene 2 längsverschieblich geführt ist. Der Führungswagen 1 ist über nicht weiter abgebildete Wälzkörper auf der Führungsschiene 2 wälzgelagert.

5

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch die Führungsschiene 2 aus Figur 1 in vergrößerter Darstellung, wobei im Fußbereich an der rechten Seite der Führungsschiene 2 eine Maßverkörperung 3 angedeutet ist.

10 Die Maßverkörperung 3 ist in vergrößerter Darstellung in Figur 3 abgebildet, die einen Teillängsschnitt der Führungsschiene 2 zeigt. Die Figuren 4 und 5 zeigen in senkrecht zueinander angeordneten Schnitten Aussparungen 4 der Maßverkörperung 3.

15 Die Maßverkörperung 3 ist aus einer Spur von hintereinander angeordneten Aussparungen 4 gebildet, die in die Oberfläche einer Messbahn 5 der Führungsschiene 2 eingearbeitet sind. Die Messbahn 5 erstreckt sich entlang der Führungsschiene 2 parallel zu dem Fahrweg des Führungswagens 1. Die Aussparungen 4 sind strichförmig ausgebildet (Figuren 3 und 5) und parallel
20 zueinander entlang der Messbahn 5 angeordnet.

Figur 4 zeigt eine äquidistante Anordnung der Aussparungen 4 mit einer Teilung von 0,2 mm. Die Eindringtiefe der Aussparungen 4 in die Oberfläche der Messbahn 5 beträgt 0,2 mm.

25

Die Aussparungen 4 sind durch elektrochemisches Abtragen des Werkstoffes aus der elektrisch leitfähigen Führungsschiene 2 gebildet. Zu diesem Zweck wurde die Führungsschiene 2 als Anode (hier nicht abgebildet) an einen positiven Pol einer Gleichspannungsquelle angelegt. Eine hier ebenfalls nicht abgebildeten Maske wurde als Kathode an einen negativen Pol der Gleichspannungsquelle angeschlossen. Wenn man die Spur von Aussparungen 4 als Positivform bezeichnet, dann trägt die Maske zumindest einen Teil dieser Spur
30 von Aussparungen als Erhebungen, und kann daher als Negativform bezeich-

net werden. Diese Maske wird in einem geringen Abstand zur Messbahn 5 der Führungsschiene 2 angeordnet, wobei zwischen der Führungsschiene 2 und der Maske ein Elektrolyt vorgesehen ist. Die Maske oszilliert, wobei die Kontur der Erhebungen der Maske wie ein Spiegel in die Oberfläche der Messbahn 5

5 Führungsschiene 2 eingearbeitet wird, so dass die Spur von Aussparungen 4 gebildet ist.

Die Aussparungen 4 bei dieser wie auch bei jeder anderen erfindungsgemäßen Führungsschiene 2 können mit einem elektrisch nicht leitfähigen Material ge-

10 füllt sein, beispielsweise mit einem Kunstharz. Eine die Messgenauigkeit beeinträchtigende Verschmutzung der Aussparungen 4 ist dann ausgeschlossen.

15

20

25

30

Bezugszeichen

- | | |
|-----|-----------------|
| 1 | Führungswagen |
| 2 | Führungsschiene |
| 5 3 | Maßverkörperung |
| 4 | Aussparung |
| 5 | Messbahn |

Patentansprüche

1. Führungsschiene eines Linearlagers, auf der ein Führungswagen (1) längsverschieblich lagerbar ist, wobei die Führungsschiene (2) mit
5 wenigstens einer Laufbahn für den Führungswagen (1) versehen ist, und mit einer in die Führungsschiene (2) eingearbeiteten Maßverkörperung (3), die aus einer Spur von hintereinander angeordneten Aussparungen (4) gebildet ist, die in die Oberfläche einer Messbahn (5) der Führungsschiene (2) und entlang der Messbahn (5) unter Entfernen von Material der Führungsschiene (2) eingearbeitet sind, wobei die Messbahn (5) parallel zu der Laufbahn angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aussparungen (4) durch elektrochemisches Abtragen des Werkstoffes aus der elektrisch leitfähigen Führungsschiene (2) gebildet sind.
10
15
2. Führungsschiene (2) nach Anspruch 1, bei der die Spur von Aussparungen (4) an einer Maske als Negativform ausgebildet ist, wobei an der Maske den Aussparungen (4) entsprechende Erhebungen vorgesehen sind.
20
3. Führungsschiene (2) nach Anspruch 1, bei der die strichförmigen Aussparungen (4) parallel zueinander angeordnet sind.
4. Führungsschiene (2) nach Anspruch 1, bei der die Eindringtiefe für die Aussparungen (4) in die Oberfläche der Messbahn (5) mindestens 0,2 mm beträgt.
25
5. Führungsschiene (2) nach Anspruch 1, bei der die Teilung der Aussparungen (4) 0,1 bis 0,5 mm beträgt.
30
6. Verfahren zur Herstellung einer Maßverkörperung (3) an einer Führungsschiene (2) gemäß Anspruch 1, bei dem mittels elektrochemischer Senkerosion die Aussparungen (4) gebildet werden, wobei die

5 Führungsschiene (2) als Anode an einen positiven Pol einer Gleichspannungsquelle angelegt ist, und wobei eine Maske als Kathode an einen negativen Pol der Gleichspannungsquelle angeschlossen ist, und wobei die Maske als Negativform mit Erhebungen entsprechender Aussparungen (4) an der Führungsschiene (2) versehen ist, und wobei zwischen der Anode und der Kathode ein Elektrolyt wirksam angeordnet ist, und wobei die Maske quer zur Führungsschiene (2) oszillierend angeordnet ist.

