



(11)

EP 4 036 254 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.08.2022 Patentblatt 2022/31

(21) Anmeldenummer: **21154814.4**

(22) Anmeldetaq: **02.02.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21D 1/09 (2006.01) **C21D 1/34** (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01) **C21D 9/00** (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01) **C21D 1/74** (2006.01)
D01G 15/00 (2006.01) **C21D 9/26** (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 1/09; C21D 1/34; C21D 1/74; C21D 6/00;
C21D 9/0068; C21D 9/26; C21D 9/52; D01G 15/88;
C21D 2221/02

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO PS SE SI SK SM TR

PL PI RU RS SE SI SK SM TR

Benann

BA ME

Benannte Validatoren

(71) Anmelder: **Groz-Beckert KG**
72458 Albstadt (DE)

(72) Erfinder:

- **Johannes Bruske**
72458 Albstadt (DE)
 - **Jochen Strauss**
72458 Albstadt (DE)

(74) Vertreter: **Rüger Abel Patentanwälte PartGmbB**
Patentanwälte
Webergasse 3
73728 Esslingen a. N. (DE)

(54) VERFAHREN ZUM LASERHÄRTESTEN EINES GARNITURDRAHTES

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlhärten von zu härtenden Bereichen (A) eines Garniturdrahtes (10). Dabei wird der Garniturdraht (10) in einer Förderrichtung durch einen Arbeitsraum (26) bewegt. Im Arbeitsraum (26) wird eine Schutzgasatmosphäre durch das kontinuierliche oder diskontinuierliche Einleiten von Schutzgas (G) erzeugt. Im Arbeitsraum (26) wird ein Laserstrahlfeld (27) gebildet, durch das die zu härtenden Bereiche (A) des Garniturdrahtes (10) bewegt werden. Dabei werden die zu härtenden Bereiche (A) erwärmt. Nach dem Austritt aus dem Laserstrahlfeld (27) kühlen sich die zu härtenden Bereiche (A) ab und werden durch das Durchlaufen dieses Temperaturprofils gehärtet. Das Härteln in der Schutzgasatmosphäre im Arbeitsraum (26) verhindert das Bilden von Oxidschichten (Verzunderung) und Anlassfarben.

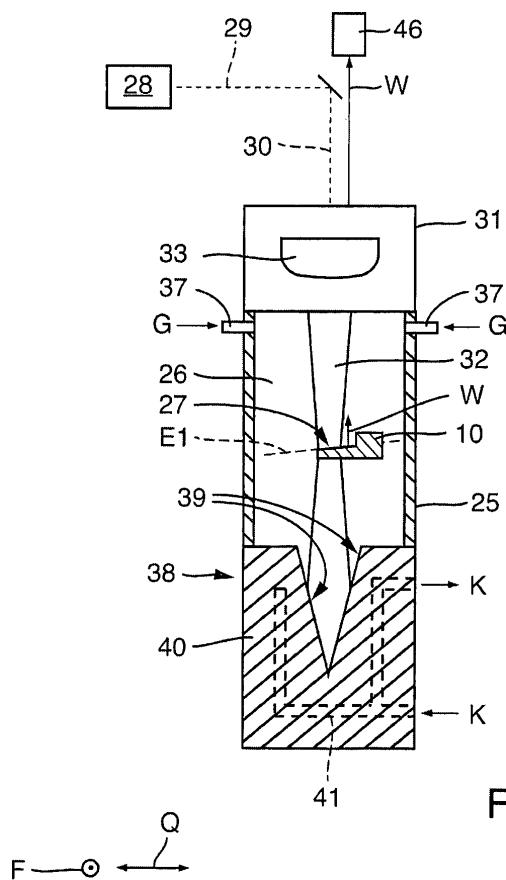


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserhärten von zu härtenden Bereichen eines Garniturdrahtes.

[0002] Ein Verfahren zum Laserhärten ist beispielsweise aus US 4,924,062 A bekannt. Dort wird ein Laserstrahl durch eine Öffnung in einen Arbeitsraum gerichtet, durch den ein Garniturdraht in einer Förderrichtung bewegt wird. In Förderrichtung vor dem Arbeitsraum wird der Garniturdraht mittels eines Gasbrenners vorgewärmst. In Förderrichtung hinter dem Arbeitsraum wird der Garniturdraht mittels einer Sprühdüse gekühlt. Der Arbeitsraum ist an seiner Innenseite kugelabschnittsförmig, so dass vom Garniturdraht reflektiertes Laserlicht an der Innenseite des Arbeitsraums zurück auf den Garniturdraht reflektiert werden kann. Auf diese Weise ist es möglich, Laserlicht auf zwei entgegengesetzten Seiten des Garniturdrahtes zu richten.

[0003] Ein Verfahren zum Laserhärten eines Garniturdrahtes ist auch in CH 670 455 A5 beschrieben.

[0004] DE 10 2014 106 574 A1 beschreibt das Härteln eines Garniturdrahtes durch induktives Erhitzen und anschließendes Abkühlen mit einem Kühlmedium. Das Laserhärten wird in dieser Druckschrift als nachteilig angesehen, da lokale Überhitzungen durch die Energie des Laserstrahls auftreten könnten. Das Induktionshärten eines Garniturdrahtes ist ferner aus JP 2909774 B2 bekannt.

[0005] DE 2 018 793 beschreibt ein Verfahren zum Härteln von Werkstücken oder Werkzeugen, wie Bandsägen, durch Elektronenstrahlen, wobei die Elektronenstrahlenergie an die Form und/oder die Position des zu härtenden Bereichs angepasst wird.

[0006] Aus DE 10 2006 030 418 A1 ist der Einsatz eines Lasers zum Laserstrahlschneiden bekannt. Durch kann beispielsweise die Kontur eines Garniturdrahtes aus einem Werkstück ausgeschnitten werden.

[0007] Der Garniturdraht hat einen Basisabschnitt, mit dem der Garniturdraht auf eine Walze aufgewickelt wird. Von diesem Basisabschnitt ragen Zähne weg, die eine in etwa dreieckförmige Kontur aufweisen. In Erstreckungsrichtung des Garniturdrahtes bzw. des Basisabschnitts sind zwei unmittelbar benachbarte Zähne durch eine Lücke voneinander getrennt.

[0008] Beim Kardieren werden Textilfasern durch den auf einer Walze aufgewickelten Garniturdraht aufgenommen und in den Zwischenräumen zwischen benachbarten Windungen des Garniturdrahtes in Umfangsrichtung um die Walze ausgerichtet. Die Zähne des Garniturdrahtes sind dabei dazu eingerichtet, die Textilfasern aufzunehmen und bis zu deren Abgabe zurückzuhalten. Es ist daher wünschenswert, diesen Zähnen eine ausreichende Härte zu verleihen, so dass durch die Reibung mit den Textilfasern kein zu großer Verschleiß auftritt. Der Basisabschnitt des Garniturdrahtes muss wiederum um die Walze gewickelt werden können und sollte eine entsprechende Elastizität aufweisen. Beim Herstellen eines

Garniturdrahtes für eine Ganzstahlgarnitur ist es also wünschenswert, dass der Garniturdraht in unterschiedlichen Bereichen unterschiedliche Härten aufweist.

[0009] Somit soll zumindest ein zu härtender Bereich jedes Zahns eines Garniturdrahtes gehärtet werden, während der Basisabschnitt eine gegenüber den zu härtenden Bereichen geringere Härte aufweist. Dabei bildet sich eine Übergangszone zwischen dem bereits gehärteten Teil und dem ungehärteten Teil. In der Übergangszone hat der Garniturdraht eine nicht genau definierte Härte, die daher eine Schwachstelle des Garniturdrahtes bzw. jedes Zahns des Garniturdrahtes darstellen kann. Es ist auch nachteilig, dass sich durch das Erwärmen Metalloxidschichten bilden können (Verzunderung).

[0010] Dann ist es in der Regel erforderlich, die Eisenoxidschichten im weiteren Prozess wieder zu entfernen. Es kann daher als Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen werden, ein Verfahren zu schaffen, mit dem sich ein Garniturdraht effizient, mit einer platzsparenden Vorrichtung und unter Vermeidung von Zunderbildung härtet.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

[0012] Erfindungsgemäß wird ein Garniturdraht unter Verwendung eines Lasers in zu härtenden Abschnitten des Garniturdrahtes gehärtet. Der Garniturdraht hat einen kontinuierlichen Basisabschnitt, von dem Zähne weg ragen. Erstreckt sich der Basisabschnitt linear in einer Erstreckungsrichtung, sind die Zähne parallel zu einer gemeinsamen Ebene ausgerichtet und in Erstreckungsrichtung in einer Reihe hintereinander angeordnet. Zu dem Verfahren gehören folgende Schritte:

[0013] In einem Arbeitsraum wird wenigstens ein Laserstrahlfeld in wenigstens einer Arbeitsebene erzeugt.

[0014] Vorzugsweise wird genau ein Laserstrahlfeld in einer einzigen Arbeitsebene oder es wird ein erstes Laserstrahlfeld in einer ersten Arbeitsebene und ein zweites Laserstrahlfeld in einer zweiten Arbeitsebene erzeugt. Die Arbeitsebenen sind dabei mit Abstand zueinander angeordnet. Das Laserstrahlfeld kann durch den Querschnitt eines zusammenhängenden Laserstrahls gebildet sein. Die Kontur des Laserstrahlfeldes kann variieren und beispielsweise polygonförmig, insbesondere rechteckig sein. Vorteilhafterweise weist das Laserstrahlfeld zumindest eine und vorzugsweise vier gerade verlaufende Außenkanten auf. An jeder geraden Außenkante ändert sich die Intensität des Laserlichts bzw. Energiedichte des Laserstrahlfeldes sprungartig. Eine Steilheit m beschreibt einen Gradienten der Intensität des Laserlichts an der Außenkante des Laserstrahlfeldes und kann beispielsweise wie folgt bestimmt werden:

$$m = w \frac{0,9 \cdot \bar{I} - 0,1 \cdot \bar{I}}{x_2 - x_1}$$

mit m : Steilheit der Intensitätsänderung;

\bar{I} : Mittelwert der Intensität I des Laserstrahlfeldes;

w: Breite der Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 50% der mittleren Intensität \bar{I} ;

x1: halbe Breite des Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 10% der mittleren Intensität \bar{I} ;

x2: halbe Breite des Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 90% der mittleren Intensität \bar{I} .

[0014] Vorzugsweise ist die Steilheit größer als 5, insbesondere größer als 7, und weiter vorzugsweise größer als 8.

[0015] In den Arbeitsraum wird Schutzgas eingeleitet. Das Einleiten von Schutzgas kann kontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen. Auf diese Weise ist es möglich, im Arbeitsraum eine Schutzgasatmosphäre zu erzeugen. Als Schutzgas kann beispielsweise Stickstoff und/oder Argon und/oder ein anderes Edelgas verwendet werden. In dem Arbeitsraum wird dadurch eine Atmosphäre erzeugt, die inert und/oder reaktionsträge ist.

[0016] Der Garniturdraht wird in einer Förderrichtung, insbesondere in Erstreckungsrichtung des Garniturdrahtes in den Arbeitsraum gefördert. Ein zu härtender Abschnitt jedes Zahns des Garniturdrahtes ist dabei vorzugsweise schräg oder rechtwinkelig zur Ausbreitungsrichtung des Laserlichts innerhalb des Arbeitsraums ausgerichtet. Der Garniturdraht wird derart gefördert, dass jeder zu härtende Abschnitt entlang des wenigstens einen Laserstrahlfeldes oder durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld bewegt wird. Jeder zu härtende Bereich hat wenigstens eine Außenfläche, die bei der Bewegung des zu härtenden Bereichs durch das zugeordnete wenigstens eine Laserstrahlfeld entlang der jeweiligen Arbeitsebene bewegt wird. Beispielsweise kann ein einziges Laserstrahlfeld in einer einzigen Arbeitsebene erzeugt werden, wobei eine Außenfläche jedes zu härtenden Bereichs entlang der Arbeitsebene durch das Laserstrahlfeld bewegt wird. Es ist auch möglich, zwei Laserstrahlfelder in zwei Arbeitsebenen zu erzeugen, die parallel zueinander angeordnet sind und rechtwinkelig zur Förderrichtung einen Abstand aufweisen, der der Dicke des zu härtenden Bereichs entspricht. Dabei können zwei entgegengesetzte Außenflächen jedes zu härtenden Bereichs jeweils entlang einer der beiden Arbeitsebenen durch das zugeordnete Laserstrahlfeld bewegt werden. Somit kann jeder zu härtende Bereich von einer Seite durch ein Laserstrahlfeld oder von zwei entgegengesetzten Seiten durch zwei Laserstrahlfelder erwärmt werden.

[0017] Während sich ein zu härtender Bereich durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld bewegt, wird er erwärmt. Durch die Förderbewegung des Garniturdrahtes wird der zu härtende Bereich immer weiter aus dem wenigstens einen Laserstrahlfeld herausbewegt, so dass keine weitere Energie bzw. Wärme mehr in den zu härtenden Bereich eingetragen wird. Aufgrund der Wärmeleitung des Materials des Garniturdrahtes sowie der Wär-

meleitung zwischen dem Garniturdraht und der umgebenden Atmosphäre im Arbeitsraum kühl sich der erwärme, zu härtende Bereich rasch ab, wodurch seine Härte zunimmt. Ein zusätzlicher Kühlereffekt kann dabei

5 im Arbeitsraum optional dadurch erreicht werden, dass durch das Zuführen des Schutzgases eine Gasströmung erzeugt wird. In diesem Fall kann das Schutzgas kontinuierlich in den Arbeitsraum eingeleitet werden. Das Zuführen von einem weiteren separaten Kühlmedium ist bei 10 sämtlichen Ausführungsbeispielen nicht erforderlich. Das Erwärmen und Abkühlen jedes zu härtenden Abschnitts des Garniturdrahtes findet vollständig innerhalb der Arbeitskammer statt.

[0018] Das Eintragen von Energie und die dadurch bewirkte Erwärmung jedes zu härtenden Abschnitts durch das Laserstrahlfeld kann auf sehr kleinem Raum erfolgen. Das Erwärmen und Abkühlen findet in einer sehr kurzen Zeit statt, so dass die Gefahr der Verzunderung bereits reduziert ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass trotz 15 dieser kurzen Zeitdauer des Härtens eine Bildung von Anlassfarben und/oder eine Verzunderung stattfinden kann. Erfindungsgemäß wird deswegen eine reaktionsträge bzw. inerte Atmosphäre im Arbeitsraum gebildet, indem Schutzgas kontinuierlich oder diskontinuierlich 20 eingeleitet wird. Dadurch wird das Laserhärten weiter verbessert und eine Nachbearbeitung der gehärteten 25 Teile des Garniturdrahtes kann entfallen.

[0019] Zur Erzeugung des Laserlichts bzw. des Laserstrahls wird eine Laserstrahlquelle verwendet, beispielsweise 30 ein Diodenlaser oder ein Gaslaser. Das Laserlicht kann eine Wellenlänge von mindestens 650 nm aufweisen, z.B. im Bereich von 800 nm bis 1400 nm und bei einem Ausführungsbeispiel eine Lichtwellenlänge von etwa 1000 nm aufweisen.

[0020] Es ist bevorzugt, wenn der Garniturdraht stillstandslos kontinuierlich in Förderrichtung bewegt wird. Die Bewegung in Förderrichtung kann mit einer konstanten Geschwindigkeit erfolgen. Die Geschwindigkeit, mit der der Garniturdraht in Förderrichtung bewegt wird, 35 kann mindestens 10 m/min oder 20 m/min betragen, beispielsweise 40 40 45 50 55 40 m/min bis 50 m/min betragen, wobei die Geschwindigkeit abhängig von der Dimension der Zähne in Förderrichtung eingestellt werden kann. Durch eine konstante Geschwindigkeit beim Bewegen des Garniturdrahtes in Förderrichtung bleibt auch die Zeit konstant, mit der jeder zu härtende Abschnitt durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld hindurch bewegt wird.

[0021] Es ist vorteilhaft, wenn wenigstens eine Eigenschaft des Laserstrahlfeldes zeitinvariant ist, beispielsweise 50 die Kontur des Laserstrahlfeldes und/oder die Intensität des Laserlichts während einer Einschaltzeit des Lasers und/oder eine Laserstrahlimpulsfrequenz, wenn das Laserstrahlfeld durch Laserstrahlimpulse gebildet ist. Das Laserstrahlfeld wird bei einem Ausführungsbeispiel weder ein- und ausgeschaltet, noch wird die Energiedichte des Laserlichts im Bereich des Laserstrahlfeldes zeitlich variiert (z.B. Laserstrahlimpulsfrequenz gleich Null). Die räumliche Ausdehnung des La-

serstrahlfeldes und die Position des Laserstrahlfeldes im Arbeitsraum ist vorzugsweise konstant.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann das wenigstens eine Laserstrahlfeld eine nicht kreisrunde Kontur aufweisen. Das wenigstens eine Laserstrahlfeld kann in Förderrichtung eine Länge und rechtwinklig zur Förderrichtung in der zugeordneten Arbeitsebene eine Breite aufweisen. Die Länge und die Breite sind insbesondere unterschiedlich groß, wobei die Breite kleiner sein kann als die Länge. Das wenigstens eine Laserstrahlfeld kann beispielsweise eine Länge im Bereich von mindestens 10 mm bis maximal 100 mm aufweisen, vorzugsweise 15 mm bis 70 mm und weiter vorzugsweise 25 mm oder 30 mm bis 40 mm aufweisen. Beispielsweise beträgt die Länge des Laserstrahlfeldes 32 mm bis 35 mm. Die Breite des Laserstrahlfeldes kann abhängig von einer Höhe eines zu härtenden Bereichs an jedem Zahn gewählt werden und bei einem Ausführungsbeispiel mindestens 0,5 mm oder 1,0 betragen und/oder maximal 2,0 mm oder 3,0 mm betragen.

[0023] Jedes Laserstrahlfeld kann bei einer bevorzugten Ausführungsform mittels jeweils einer Strahlformoptik erzeugt werden, die einen einfallenden Laserstrahl zu einem austretenden Laserstrahl umformt. Der austretende Laserstrahl hat einen anderen Querschnitt als der einfallende Laserstrahl. Der austretende Laserstrahl bildet in der zugeordneten Arbeitsebene das Laserstrahlfeld. Sollen ein erstes Laserstrahlfeld in einer ersten Arbeitsebene und ein zweites Laserstrahlfeld in einer zweiten Arbeitsebene erzeugt werden, können hierfür zwei separate Strahlformoptiken verwendet werden. Die Strahlformoptik kann beispielsweise eine Linse und insbesondere eine Freiformlinse - ähnlich einer Powell-Linse - aufweisen. Zusätzlich zu einer solchen Linse kann die Strahlformoptik weitere lichtbeugende und/oder lichtbrechende und/oder lichtreflektierende Bestandteile aufweisen.

[0024] Es ist außerdem vorteilhaft, wenn Laserlicht, das im Laserstrahlfeld nicht auf einen zu härtenden Bereich auftrifft, sondern das Laserstrahlfeld durchsetzt, von einer Strahlfalle zumindest teilweise aufgefangen wird. Wird der Garniturdraht beispielsweise in Förderrichtung bewegt, durchsetzt das Laserlicht das Laserstrahlfeld teilweise, beispielsweise in dem Bereich, in dem eine Lücke zwischen zwei benachbarten Zähnen des Garniturdrahtes im Laserstrahlfeld vorhanden ist. Dieses Laserlicht kann durch die Strahlfalle zumindest teilweise aufgefangen werden. Dazu kann die Strahlfalle beispielsweise gegenüberliegend zu der Strahlformoptik angeordnet sein, wobei sich die Arbeitsebene zwischen der Strahlformoptik und der Strahlfalle befindet.

[0025] Vorzugsweise kann die Strahlfalle durch ein Kühlmedium, beispielsweise Wasser und/oder Luft gekühlt werden. Im Inneren der Strahlfalle kann hierzu wenigstens ein Kühlkanal verlaufen, der von dem Kühlmedium durchströmt wird. Zusätzlich oder alternativ kann ein Kühlmedium von außen auf die Strahlfalle gerichtet werden.

[0026] Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Strahlfalle wenigstens eine Auftrefffläche aufweisen, die schräg geneigt zur Ausbreitungsrichtung des durch die wenigstens eine Laserstrahlebene durchtretenden Laserlichts ausgerichtet ist. Dadurch wird die Energiedichte des Laserlichts an der Auftrefffläche verglichen mit der Energiedichte in der Laserstrahlebene verringert. Die Energiedichte des Laserlichts kann derart reduziert werden, dass die Erwärmung an der Auftrefffläche für die Strahlfalle unkritisch ist und die dadurch eingetragene Wärme abgeführt werden kann, vorzugsweise durch eine aktive Kühlung mit einem Kühlmedium.

[0027] Die Einwirkzeitdauer des Laserlichts auf jeden Punkt eines zu härtenden Abschnitts in dem wenigstens einen Laserstrahlfeld kann maximal 150 ms oder maximal 100 ms betragen. Vorzugsweise kann die Einwirkzeitdauer in einem Bereich von 30 ms bis 90 ms und weiter vorzugsweise in einem Bereich von 50 ms bis 70 ms liegen. Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die Einwirkzeitdauer etwa 60 ms. Die Einwirkzeitdauer kann beispielsweise durch die Fördergeschwindigkeit des Garniturdrahtes und/oder die Länge des wenigstens einen Laserstrahlfeldes in Förderrichtung eingestellt werden.

[0028] Es ist vorteilhaft, wenn der Garniturdraht vor dem Eintritt in das wenigstens eine Laserstrahlfeld glüht wird. Das Glühen kann sich auf den Basisabschnitt des Garniturdrahtes beschränken oder diesen zumindest umfassen. Es ist auch möglich, den gesamten Garniturdraht dem Glühprozess zu unterwerfen. Das Glühen umfasst das Anwärmen von einer Ausgangstemperatur bis zu einer Haltetemperatur, das Durchwärmen bei der Haltetemperatur sowie das Abkühlen auf eine Zieltemperatur, die der Ausgangstemperatur des Garniturdrahtes vor dem Anwärmen entsprechen kann. Die Zieltemperatur und/oder Ausgangstemperatur kann beispielsweise die Umgebungstemperatur sein.

[0029] Es ist auch vorteilhaft, wenn das Verfahren das Reinigen des Garniturdrahtes vor dem Eintritt in das wenigstens eine Laserstrahlfeld umfasst. Das Reinigen kann vor einem optionalen Glühprozess stattfinden. Das Reinigen erfolgt insbesondere ohne direkten Kontakt eines Reinigungswerkzeugs mit dem Garniturdraht, beispielsweise durch Aufsprühen eines Reinigungsfluids auf dem Garniturdraht. Als Reinigungsfluid kann Wasser verwendet werden.

[0030] Es ist auch vorteilhaft, wenn die Erwärmung des wenigstens einen zu härtenden Bereichs gemessen wird, beispielsweise unter Einsatz eines Pyrometers. Auf diese Weise lässt sich die Energiedichte des Laserlichts in dem wenigstens einen Laserstrahlfeld einstellen, so dass die erwünschte Temperatur in den zu härtenden Bereichen des Garniturdrahtes erreicht wird. Durch die Messung der Temperatur in dem zu härtenden Bereich kann auch eine Regelung oder Justierung der Laserenergie und damit der Energiedichte des Laserlichts im wenigstens einen Laserstrahlfeld realisiert werden.

[0031] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung er-

geben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen im Einzelnen erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

[0032] Figur 1 eine schematische perspektivische Teil-darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Garnitur-drahtes,

[0033] Figur 2 einen Teil des Garniturdrahtes aus Figur 1 in einer schematischen Seitenansicht,

[0034] Figur 3 einen Querschnitt rechtwinklig zur Er-streckungsrichtung des Garniturdrahtes gemäß der Schnittlinie III-III in Figur 2,

[0035] Figur 4 eine schematische Prinzipdarstellung eines Verlaufs einer Härte eines in einem bereits gehärteten Zahn des Garniturdrahtes gemäß der Figuren 1-3,

[0036] Figur 5 eine schematische Prinzipdarstellung einer Vorrichtung und eines Verfahrens zum Härteten des Garniturdrahtes mit Blick in eine Förderrichtung,

[0037] Figur 6 eine schematische Darstellung der Vor-richtung und des Verfahrens aus Figur 5 in einer Seiten-ansicht rechtwinklig zur Förderrichtung,

[0038] Figur 7 eine Prinzipdarstellung eines erfin-dungsgemäßen Laserstrahlfeldes mit einer Länge in För-derrichtung und einer Breite rechtwinklig zur Förderrichtung,

[0039] Figur 8 eine stark schematisierte Darstellung einer abgewandelten Ausführungsform einer Vorrich-tung und eines Verfahrens zum Laserhärten des Garni-turdrahtes.

[0040] Bei der Erfindung geht es um das Laserhärten eines Garniturdrahtes 10, wie er schematisch in den Fi-guren 1-3 veranschaulicht ist. Der Garniturdraht 10 weist einen sich in einer Längsrichtung L erstreckenden Basi-sabschnitt 11 auf. Der Basisabschnitt 11 kann einen poly-gonalen, beispielsweise einen rechteckförmigen Quer-schnitt aufweisen. In einer Breitenrichtung B ragen von dem Basisabschnitt 11 mehrere Zähne 12 weg, die in Längsrichtung L hintereinander angeordnet sind. Zwi-schen zwei in Längsrichtung L unmittelbar benachbarten Zähnen 12 ist jeweils eine Lücke 13 vorhanden. Jeder Zahn 12 hat eine im Wesentlichen dreieckförmige Kontur mit einer in Breitenrichtung B vom Basisabschnitt 11 ent-fernt angeordneten Ecke 14. Die Ecke 14 wird durch zwei die Kontur des Zahns 12 begrenzende Kanten 15, 16 gebildet. Beim Ausführungsbeispiel erstreckt sich die ei-ne, erste Kante 15 im Wesentlichen in Breitenrichtung B und die andere, zweite Kante 16 schräg geneigt zur Brei-tenrichtung B.

[0041] Der Basisabschnitt 11 hat in einer Tiefenrich-tung T, die rechtwinklig zur Breitenrichtung B und zur Längsrichtung L orientiert ist, eine Dicke oder Stärke, die zumindest in einem Abschnitt größer ist als die Dicke der Zähne 12. Dadurch ist am Basisabschnitt 11 ein Vor-sprung mit einer Längsfläche 17 gebildet, die beim Aus-führungsbeispiel rechtwinklig zur Breitenrichtung B ori-entiert ist. Jeder Zahn 12 hat eine erste Außenfläche 18 und eine der ersten Außenfläche 18 entgegengesetzte

zweite Außenfläche 19. Die beiden Außenflächen 18, 19 sind in Tiefenrichtung T entsprechend der Dicke des Zahns 12 mit Abstand zueinander angeordnet. Die bei-den Außenflächen 18, 19 können parallel zueinander an-geordnet sein. Bei dem hier veranschaulichten Ausführungsbeispiel erstreckt sich die zweite Außenfläche 19 im Wesentlichen rechtwinklig zur Tiefenrichtung T, wäh-rend die erste Außenfläche 18 gegenüber der Tiefenrich-tung T und der zweiten Außenfläche 19 schräg geneigt ausgerichtet ist. Die erste Außenfläche 18 erstreckt sich in einer ersten Ebene E1 und die zweite Außenfläche 19 erstreckt sich in einer zweiten Ebene E2 (Figur 3).

[0042] An jedem Zahn schließt sich an die Ecke 14 ein zu härtender Bereich A an. In diesem Bereich soll jeder

Zahn 12 gehärtet werden. Der zu härtende Bereich A ist mit Abstand zu dem sich an die Längsfläche 17 anschlie-ßenden Vorsprung des Basisabschnitts 11 angeordnet. Nach dem Härteten des zu härtenden Bereichs A durch das erfindungsgemäße Laserhärten schließt sich an den zu härtenden Bereich A eine Übergangszone Z an, in der die Härte in Richtung zum Basisabschnitt 11 kontinuierlich abnimmt. In Breitenrichtung B hat die Übergangszo-ne Z nach dem Laserhärten mittels des erfindungsgemä-ßen Verfahrens eine Dimension im Bereich von weniger als 0,3 mm und vorzugsweise weniger als 0,2 mm.

[0043] Zum Härteten des zu härtenden Bereichs A wird Energie in den zu härtenden Bereich A eingetragen und dieser erwärmt. Das Erwärmen des zu härtenden Be-reichs A erfolgt durch die Bestrahlung mit Laserlicht eines Laserstrahls. Ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung und eines Verfahrens zum Laserhärten zeigen Figuren 5 und 6 in einer jeweils blockschaltbildähnlichen sche-matischen Darstellung.

[0044] Für das Laserhärten wird in einem Gehäuse 25 ein Arbeitsraum 26 begrenzt. In dem Arbeitsraum 26 wird der Garniturdraht 10 bearbeitet und insbesondere in den zu härtenden Bereichen A lasergehärtet. Beim Ausführungsbeispiel wird der Garniturdraht 10 mittels einer nicht gezeigten Fördervorrichtung in einer Förderrichtung F durch den Arbeitsraum 26 bewegt. Die Förderrichtung F kann beispielsweise horizontal orientiert sein. Bei dem Fördern des Garniturdrahtes 10 in Förderrichtung F ist dieser vorzugsweise derart ausgerichtet, dass die Längsrichtung L des Garniturdrahtes 10 in Förderrichtung ausgerichtet ist. Die Breitenrichtung B des Garni-turdrahtes 10 ist bevorzugt parallel zu einer Querrichtung Q des Arbeitsraumes 26 ausgerichtet, die wiederum rechtwinklig zur Förderrichtung F orientiert ist. Die För-derrichtung F und die Querrichtung Q können eine Ebene aufspannen, die sich horizontal erstreckt. Der Garnitur-draht 10 kann sozusagen liegend durch den Arbeitsraum 26 bewegt werden.

[0045] Bei dem hier beschriebenen bevorzugten Aus-führungsbeispiel wird der Garniturdraht 10 stillstandslos durch den Arbeitsraum 26 hindurch bewegt und wäh-renddessen bearbeitet, insbesondere gehärtet. Vor-zugsweise ist die Geschwindigkeit, mit der der Garnitur-draht 10 in Förderrichtung F bewegt wird, konstant und

beträgt beim Ausführungsbeispiel mindestens 10 m/min oder mindestens 20 m/min, beispielsweise 40 m/min bis 50 m/min, wobei die Geschwindigkeit von der Größe der Zähne 12 abhängt und umso kleiner gewählt werden kann, je größer die Zähne 12 sind.

[0046] Im Arbeitsraum wird wenigstens ein Laserstrahlfeld 27 und beim Ausführungsbeispiel gemäß der Figuren 5 und 6 genau ein Laserstrahlfeld 27 erzeugt. Hierzu weist die Vorrichtung eine Laserstrahlquelle 28 auf, die einen Laserstrahl 29 emittiert. Der emittierte Laserstrahl 29 kann direkt als einfallender Laserstrahl 30 einer Strahlformoptik 31 zugeführt werden oder alternativ indirekt über ein oder mehrere optische Elemente. Diese optischen Elemente können den Laserstrahl umlenken und/oder brechen und/oder beugen und/oder reflektieren und ihn dann als einfallenden Laserstrahl 30 der Strahlformoptik 31 zuführen.

[0047] Das von der Laserstrahlquelle 28 erzeugte Laserlicht des Laserstrahls 29 weist vorzugsweise eine Wellenlänge von mindestens 650 nm oder mindestens 800 nm auf, z.B. im Bereich von 800 nm bis 1400 nm und hat beim Ausführungsbeispiel eine Wellenlänge von etwa 1000 nm.

[0048] Die Strahlformoptik 31 ist dazu eingerichtet, den einfallenden Laserstrahl 30 umzuformen und daraus einen austretenden Laserstrahl 32 mit einem definierten Querschnitt in einer Arbeitsebene zu bilden. Hierzu kann die Strahlformoptik 31 ein oder mehrere optische Komponenten aufweisen, wie beispielsweise eine Linse, insbesondere eine Freiformlinse 33.

[0049] In der Arbeitsebene innerhalb des Arbeitsraumes 26 bildet der austretende Laserstrahl 32 das Laserstrahlfeld 27. Beim Ausführungsbeispiel gemäß der Figuren 5 und 6 erstreckt sich die Arbeitsebene im Arbeitsraum 26 in Förderrichtung F und entweder in Querrichtung Q oder geneigt zur Querrichtung Q, so dass die erste Ebene E1 der im Arbeitsraum vorhandenen ersten Außenflächen 18 im Wesentlichen in der Arbeitsebene angeordnet sind. Der austretende Laserstrahl 32 hat in seinem in der Arbeitsebene angeordneten Laserstrahlfeld 27 eine definierte Dimension und Energiedichte. Wie es stark schematisiert in Figur 7 veranschaulicht ist, hat das Laserstrahlfeld 27 in Förderrichtung F eine Länge x und entlang der Arbeitsebene oder in Querrichtung Q eine Breite y rechtwinklig zur Förderrichtung F. Die Länge x ist vorzugsweise verschieden von der Breite y und insbesondere größer. Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Länge x mindestens 10 mm bis maximal 100 mm betragen, vorzugsweise 15 mm bis 70 mm und weiter vorzugsweise 25 mm oder 30 mm bis 40 mm und insbesondere von 32 mm bis 35 mm betragen. Die Breite y des Laserstrahlfeldes 27 kann an die Abmessung der zu härtenden Bereiche A der Zähne 12 angepasst werden und beispielsweise in einem Bereich von mindestens 0,5 mm oder 1,0 mm bis 2,0 mm oder 3,0 mm liegen.

[0050] Das wenigstens eine Laserstrahlfeldes 27 ist beispielsgemäß rechteckig oder anderweitig polygonal konturiert. Zumindest weist es eine gerade Außenkante

auf, die parallel zur Förderrichtung F ausgerichtet ist und das wenigstens eine Laserstrahlfeldes 27 zum Basisabschnitt 11 hin begrenzt. An jeder geraden Außenkante ändert sich die Intensität des Laserlichts bzw. die Energiedichte des wenigstens einen Laserstrahlfeldes 27 sprungartig. Eine Steilheit m beschreibt einen Gradienten der Intensität des Laserlichts an der Außenkante des Laserstrahlfeldes und kann beispielsweise wie folgt bestimmt werden:

$$m = w \frac{0,9 \cdot \bar{I} - 0,1 \cdot \bar{I}}{x_2 - x_1}$$

mit m: Steilheit der Intensitätsänderung;

\bar{I} : Mittelwert der Intensität I des Laserstrahlfeldes; w: Breite der Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 50% der mittleren Intensität \bar{I} ;

x1: halbe Breite des Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 10% der mittleren Intensität \bar{I} ;

x2: halbe Breite des Laserstrahlfeldes rechtwinkelig zu der geraden Außenkante bei 90% der mittleren Intensität \bar{I} .

[0051] Vorzugsweise ist die Steilheit größer als 5, insbesondere größer als 7, und weiter vorzugsweise größer als 8.

[0052] In dem Arbeitsraum 26 wird eine reaktionsträge bzw. inerte Gasatmosphäre geschaffen, um das Bilden von Metalloxidschichten (Zunder) und das Erzeugen von Anlassfarben durch das Laserhärten zu vermeiden. Zu diesem Zweck wird ein Schutzgas G in den Arbeitsraum 26 eingeleitet. Hierzu kann das Gehäuse 25 wenigstens einen Gasanschluss 37 aufweisen, um das Schutzgas G zuzuführen. Das Schutzgas G kann kontinuierlich oder diskontinuierlich in den Arbeitsraum 26 strömen.

[0053] Bevorzugt wird das Schutzgas G benachbart zur Strahlformoptik 31 in den Arbeitsraum 26 eingeleitet, so dass es schräg oder rechtwinklig zur Ausbreitungsrichtung des austretenden Laserstrahls 32 strömt, beispielsweise in Querrichtung Q und/oder in Förderrichtung F. Beim Ausführungsbeispiel wird das Schutzgas G

vertikal zwischen der Arbeitsebene bzw. dem Laserstrahlfeld 27 und der Strahlformoptik 31 eingeleitet. Die Strömung des Schutzgases G kann die Strahlformoptik 31 schützen und sozusagen als Sperrgas für Rauch und/oder Dampf dienen, der beim Laserhärten und/oder anderen Bearbeitungen im Arbeitsraum 26 gebildet wird. Das Schutzgas G kann Rauch und/oder Dampf aus dem Laserstrahlfeld 27 abtransportieren. Das Schutzgas G dient somit beispielsgemäß nicht nur zur Erzeugung einer reaktionsarmen bzw. inerten Atmosphäre im Arbeitsraum 26, sondern gleichzeitig auch zum Schutz der Strahlformoptik 31 und/oder zur Aufrechterhaltung einer möglichst gleichmäßigen Energiedichte im Laserstrahlfeld 27 an der Oberfläche des Garniturdrahts 10.

[0054] Als Schutzgas G kann beispielsweise Stickstoff, Argon oder ein anderes Edelgas oder eine beliebige Kombination davon verwendet werden.

[0055] Zum Laserhärten wird der Garniturdraht 10 durch den Arbeitsraum 26 bewegt, so dass sich die zu härtenden Bereiche A der einzelnen Zähne 12 nacheinander durch das Laserstrahlfeld 27 bewegen. Während dieser Bewegung werden die zu härtenden Bereiche A im Laserstrahlfeld 27 erhitzt und kühlen sich nach dem Austritt aus dem Laserstrahlfeld 27 rasch ab, wodurch die Härte zunimmt. Die Abkühlung wird durch Wärmeleitung innerhalb des Garniturdrahtes 10 aus den zu härtenden, erwärmten Bereichen in Richtung zum Basisabschnitt 11 bewirkt. Eine zusätzliche Kühlung kann durch Wärmeabgabe in die Atmosphäre im Arbeitsraum 26 erreicht werden. Eine durch das Einleiten des Schutzgases G bewirkte Gasströmung innerhalb des Arbeitsraumes 26 kann zur weiteren Kühlung der erwärmten Abschnitte beitragen.

[0056] Wie es in Figur 7 schematisch veranschaulicht ist, ist das Laserstrahlfeld 27 derart positioniert, dass lediglich die zu härtenden Bereiche A der Zähne 12 durch das Laserstrahlfeld 27 bewegt werden. Die anderen Bereiche des Garniturdrahtes 10, die nicht gehärtet werden sollen, insbesondere der Basisabschnitt 11, wird außerhalb des Laserstrahlfelds 27 durch den Arbeitsraum 26 bewegt.

[0057] Beim Ausführungsbeispiel beträgt die Einwirkdauer, während der das Laserlicht des austretenden Laserstrahls 32 im Laserstrahlfeld 27 auf jeden Punkt des hindurchbewegten, zu härtenden Bereichs A einwirkt, maximal 150 ms oder maximal 100 ms. Vorzugsweise kann die Einwirkzeitdauer in einem Bereich von 30 ms bis 90 ms und weiter vorzugsweise in einem Bereich von 50 ms bis 70 ms liegen. Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die Einwirkzeitdauer etwa 60 ms.

[0058] Nach dem Härteten eines zu härtenden Bereichs A eines Zahns 12 weist der Zahn 12 einen Härteverlauf auf, wie er in Figur 4 prinzipiell schematisch veranschaulicht ist. Die Abszisse des Diagramms gibt einen Abstand d von der Ecke 14 eines Zahns 12 in Breitenrichtung B an. Die Ordinate gibt die Härte H in Abhängigkeit vom Abstand d an. Nach dem Härteten ist die Härte H in jedem zu härtenden Bereich A am größten und im Wesentlichen konstant. In der Übergangszone Z sinkt die Härte ab. Außerhalb des gehärteten Bereichs A entspricht die Härte H dem Wert, den das ungehärtete Material des Garniturdrahtes 10 aufweist. Die Dimension der Übergangszone Z in Breitenrichtung B ist gering und vorzugsweise kleiner als 0,2 mm. Der ungehärteten Basisabschnitts 11 stellt eine ausreichende Elastizität und Verformbarkeit bereit und der Garniturdraht 10 kann auch nach dem Härteten problemlos auf eine Walze aufgewickelt werden, ohne Risse oder andere Schäden zu bilden.

[0059] Wie es in Figuren 5 und 6 außerdem veranschaulicht ist, kann in Ausbreitungsrichtung des austretenden Laserstrahls 32 hinter der Arbeitsebene bzw. der Ebene, in der der Garniturdraht 10 durch den Arbeits-

raum 26 bewegt wird, eine Strahlfalle 38 vorhanden sein. Die Strahlfalle 38 ist dazu eingerichtet, das Laserlicht des austretenden Laserstrahls 32 zumindest teilweise aufzufangen, das nicht auf den Garniturdraht 10 auftrifft, sondern durch das Laserstrahlfeld 27 hindurchtritt, insbesondere durch eine Lücke 13 zwischen zwei Zähnen 12 (vergleiche auch Figur 7). Die Strahlfalle 38 hat wenigstens eine und beispielsweise zwei schräg zur Ausbreitungsrichtung des Laserlichts des austretenden Laserstrahls 32 angeordnete Auftreffflächen 39. Die Auftreffflächen 39 können beispielsweise V-förmig angeordnet sein. Durch die Neigung der Auftreffflächen 39 gegenüber der Ausbreitungsrichtung des Laserlichts wird die Fläche vergrößert, auf die das Laserlicht auf der wenigstens einen Auftrefffläche 39 auftrifft verglichen mit der Fläche des Laserstrahlfeldes 27. Die Energiedichte des auf die wenigstens eine Auftrefffläche 39 auftreffenden Laserlichts ist daher gegenüber dem Laserstrahlfeld reduziert. Somit ist auch die Energieaufnahme in der Strahlfalle 38 pro Flächeneinheit ausreichend klein.

[0060] Beim Ausführungsbeispiel ist die wenigstens eine Auftrefffläche 39 durch eine Außenfläche eines Kühlkörpers 40 gebildet. Der Kühlkörper 40 und mithin die wenigstens eine Auftrefffläche 39 können durch ein Kühlmedium K, beispielsweise Luft, Wasser oder ein anderes Fluid, gekühlt werden. Beim Ausführungsbeispiel ist daher innerhalb des Kühlkörpers 40 wenigstens ein Kühlkanal 41 vorhanden, der vom Kühlmedium K durchströmt wird. Der Kühlkreislauf des Kühlmediums K ist in Figur 5 lediglich stark schematisiert angedeutet.

[0061] Anhand von Figur 6 sind weitere optionale Ausgestaltungsmöglichkeiten zur Durchführung des Verfahrens bzw. zur Ausgestaltung der Vorrichtung veranschaulicht. In dem Gehäuse 25 können weitere Stationen zur Bearbeitung des Garniturdrahtes 10 vorhanden sein, die vorzugsweise in Bewegungsrichtung des Garniturdrahtes 10 vor dem Laserstrahlfeld 27 angeordnet sind. Beispielsweise kann es sich dabei um eine Reinigungsstation und eine Glühstation 42 handeln. Die Reinigungsstation 41 ist dazu eingerichtet, zumindest die zu härtenden Bereiche A des Garniturdrahtes 10 zu reinigen. Die Glühstation 42 ist dazu eingerichtet, zumindest den Basisabschnitt 11 des Garniturdrahtes 10 zu glühen.

[0062] Die Reinigungsstation 41 kann dazu eingerichtet sein, ein Reinigungsmittel abzugeben und zumindest auf die zu härtenden Bereiche A des Garniturdrahtes 10 zu spritzen, um Verunreinigungen zu entfernen. Optional kann der Garniturdraht 10 in der Reinigungsstation 41 anschließend getrocknet werden, beispielsweise durch Trockenblasen mit einem Gas.

[0063] Die Glühstation 42 ist dazu eingerichtet, zumindest den Basisabschnitt 11 des Garniturdrahtes 10 oder alternativ den gesamten Garniturdraht 10 zu glühen. Hierzu kann die Glühstation 42 eine Erwärmungseinrichtung 43, eine Kühlseinrichtung 44 und optional eine Trocknungseinrichtung 45 aufweisen. Die Erwärmungseinrichtung 43 dient dazu, Wärme zumindest in den Basisabschnitt 11 des Garniturdrahtes 10 einzutragen und die-

sen bis auf eine Haltetemperatur aufzuwärmen. Anschließend werden die so erwärmten Teile des Garniturdrahtes 10 durch die Küleinrichtung 44 abgekühlt, beispielsweise durch Aufspritzen eines Kühlmittels, beispielsweise Wasser. Anschließend kann der Garniturdraht 10 mittels der Trocknungseinrichtung 45 getrocknet werden, beispielsweise durch Trockenblasen mit einem Gas.

[0064] Nach dem Reinigen in der Reinigungsstation 41 und/oder dem Glühen in der Glühstation 42 werden die zu härrenden Bereiche A durch Laserhärten im Arbeitsraum gehärtet. Sämtliche dieser Arbeitsschritte finden beim Ausführungsbeispiel innerhalb des Arbeitsraumes 26 statt.

[0065] Figur 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel zum Laserhärten von zu härrenden Bereichen A eines Garniturdrahtes 10 in einer stark vereinfachten schematisierten Prinzipdarstellung. Bei diesem Ausführungsbeispiel werden durch zwei separate Strahlformoptiken 31 zwei austretende Laserstrahlen 32 erzeugt, die jeweils ein Laserstrahlfeld bilden, beispielsgemäß ein erstes Laserstrahlfeld 27a in einer ersten Arbeitsebene und ein zweites Laserstrahlfeld 27b in einer davon mit Abstand angeordneten zweiten Arbeitsebene. Die beiden Arbeitsebenen können parallel oder geneigt zueinander verlaufen und sind beispielsgemäß derart ausgerichtet, dass sich die ersten Ebenen E1 der zu härrenden Bereiche A entlang der ersten Arbeitsebene bewegen und die zweiten Ebenen E2 der zu härrenden Bereiche A entlang der zweiten Arbeitsebene bewegen. Bei dieser Anordnung kann die Energie des Laserlichts von zwei entgegengesetzten Seiten in die zu härrenden Bereiche A des Garniturdrahtes 10 eingebracht werden, nämlich an der ersten Außenfläche 18 durch das erste Laserstrahlfeld 27a und an der zweiten Außenfläche 19 durch das zweite Laserstrahlfeld 27b.

[0066] In Förderrichtung F können die Laserstrahlfelder 27a, 27b voneinander versetzt zueinander angeordnet sein oder sich alternativ zumindest teilweise überlappen.

[0067] Wie es in Figur 8 außerdem veranschaulicht ist, können für die beiden austretenden Laserstrahlen 32 zwei separate Strahlfallen 38 vorhanden sein. Die austretenden Laserstrahlen 32 sind nicht parallel zu einer gemeinsamen Achse ausgerichtet, sondern die Ausbreitungsrichtungen sind unter einem Winkel von kleiner als 180° zueinander orientiert.

[0068] Zur Erzeugung der beiden austretenden Laserstrahlen 32 durch die zwei Strahlformoptiken 31 kann der emittierte Laserstrahl 29 einer gemeinsamen Laserstrahlquelle 28 verwendet werden. Optional könnten auch zwei separate Laserstrahlquellen 28 zum Einsatz kommen.

[0069] Es ist möglich, die Erwärmung des wenigstens einen zu härrenden Bereichs A, der sich durch das betreffende Laserstrahlfeld 27 bewegt, zu überwachen. Beispielsweise kann hierfür ein Pyrometer 46 verwendet werden, wie es schematisch in Figur 5 gezeigt ist. Mittels des Pyrometers 46 kann Wärmestrahlung W, die vom

erwärmten Bereich des Garniturdrahtes 10 in den wenigstens einen zu härrenden Bereich A ausgeht, erfasst werden. Mittels des Pyrometers 46 kann somit geprüft werden, ob ausreichend Energie in den wenigstens einen zu härrenden Bereich A eingetragen wurde. Gegebenenfalls können die Einstellungen der Laserstrahlquelle 28 modifiziert werden, um den Energieeintrag anzupassen.

[0070] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlhärten von zu härrenden Bereichen A eines Garniturdrahtes 10. Dabei wird der Garniturdraht 10 in einer Förderrichtung durch einen Arbeitsraum 26 bewegt. Im Arbeitsraum 26 wird eine Schutzgasatmosphäre durch das kontinuierliche oder diskontinuierliche Einleiten von Schutzgas G erzeugt. Im Arbeitsraum 26 wird ein Laserstrahlfeld 27 gebildet, durch das die zu härrenden Bereiche A des Garniturdrahtes 10 bewegt werden. Dabei werden die zu härrenden Bereiche A erwärmt. Nach dem Austritt aus dem Laserstrahlfeld 27 kühlen sich die zu härrenden Bereiche A ab und werden durch das Durchlaufen dieses Temperaturprofils gehärtet. Das Härteln in der Schutzgasatmosphäre im Arbeitsraum 26 verhindert das Bilden von Oxidschichten (Verzunderung) und Anlassfarben.

25 Bezugssachenliste:

[0071]

10	Garniturdraht
30	11 Basisabschnitt
	12 Zahn
	13 Lücke
	14 Ecke
	15 erste Kante
35	16 zweite Kante
	17 Längsfläche
	18 erste Außenfläche
	19 zweite Außenfläche
40	25 Gehäuse
	26 Arbeitsraum
	27 Laserstrahlfeld
	27a erstes Laserstrahlfeld
	27b zweites Laserstrahlfeld
45	28 Laserstrahlquelle
	29 Laserstrahl
	30 einfallender Laserstrahl
	31 Strahlformoptik
50	32 austretender Laserstrahl
	33 Freiformlinse
	37 Gasanschluss
	38 Strahlfalle
	39 Auftrefffläche
55	40 Kühlkörper
	41 Reinigungsstation
	42 Glühstation
	43 Erwärmungseinrichtung

44	Kühleinrichtung	
45	Trocknungseinrichtung	
46	Pyrometer	
A	zu härternder Bereich	
B	Breitenrichtung	
d	Abstand	
E1	erste Ebene	
E2	zweite Ebene	
F	Förderrichtung	
G	Schutzgas	
H	Härte	
K	Kühlmedium	
L	Längsrichtung	
Q	Querrichtung	
T	Tiefenrichtung	
W	Wärmestrahlung	
x	Länge des Laserstrahlfeldes	
y	Breite des Laserstrahlfeldes	
Z	Übergangszone	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laserhärten eines Garniturdrahtes (10) aufweisend einen Basisabschnitt (11) und mehrere von dem Basisabschnitt wegragende Zähne (12), wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - Erzeugen wenigstens eines zusammenhängenden Laserstrahlfeldes (27) innerhalb eines Arbeitsraumes (26),
 - Zuführen von Schutzgas (G) in den Arbeitsraum (26),
 - Fördern des Garniturdrahtes (10) in einer Förderrichtung (F) in den Arbeitsraum (26), so dass ein zu härternder Bereich (A) jedes Zahns (12) durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) bewegt wird, wobei wenigstens eine Außenfläche (18, 19) jedes zu härrenden Bereichs (A) durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) bewegt wird, so dass sich der zu härrende Bereich (A) erwärmt,
 - Abkühlen des zu härrenden Bereichs (A).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Garniturdraht (10) stillstandsfrei kontinuierlich in Förderrichtung (F) bewegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Garniturdraht (10) mit einer konstanten Geschwindigkeit in Förderrichtung (F) bewegt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) eine nicht kreisrunde Kontur mit einer Länge (x) in Förderrichtung (F) und einer Breite (y) rechtwinkelig zur Förderrichtung (F) hat, wobei die Breite (y) insbesondere kleiner ist als die Länge (x).
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) zumindest eine gerade Außenkante aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die zumindest eine gerade Außenkante des Laserstrahlfeldes (27) parallel zur Förderrichtung (F) ausgerichtet ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich an jeder geraden Außenkante des Laserstrahlfeldes (27) die Intensität des Laserlichts sprungartig ändert.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) mittels wenigstens einer Strahlformoptik (31) erzeugt wird, die einen einfallenden Laserstrahl (30) zu einem austretenden Laserstrahl (32) umformt, wobei der austretende Laserstrahl eines von dem wenigstens einen Laserstrahlfeld (27) bildet.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Strahlfalle (38) vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, zumindest ein Teil des Laserlichts des austretenden Laserstrahls (32) aufzufangen.
10. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Strahlfalle (38) durch ein Kühlmedium (K) gekühlt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die Strahlfalle (38) wenigstens eine geneigt zur Ausbreitungsrichtung des durch das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) hindurchtretenden Laserlichts angeordnete Auftrefffläche (39) für den austretenden Laserstrahl (32) aufweist.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Laserstrahlquelle (28) einen Laserstrahl (29) zur Erzeugung des wenigstens einen Laserstrahlfeldes (27) emittiert, der eine Wellenlänge von 900 nm bis 1100 nm aufweist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einwirkzeitdauer des Laserlichts im wenigstens einen Laserstrahlfeld (27) auf den zu härrenden Bereich (A) zwischen 50 ms und 70 ms beträgt.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Garniturdraht (10) vor dem Eintritt in das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) geglüht wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Garniturdraht (10) vor dem Eintritt in

das wenigstens eine Laserstrahlfeld (27) gereinigt wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein erstes Laserstrahlfeld (27a) und mit Abstand dazu ein zweites Laserstrahlfeld (27b) erzeugt wird. 5
17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei eine erste Außenfläche (18) des zu härtenden Bereichs (A) durch das erste Laserstrahlfeld (27a) bewegt wird und eine der ersten Außenfläche (18) entgegengesetzte zweite Außenfläche (19) des zu härtenden Bereichs (A) durch das zweite Laserstrahlfeld (27b) bewegt wird. 10 15
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erwärmung des zu härtenden Bereichs (A) gemessen wird. 20

25

30

35

40

45

50

55

10

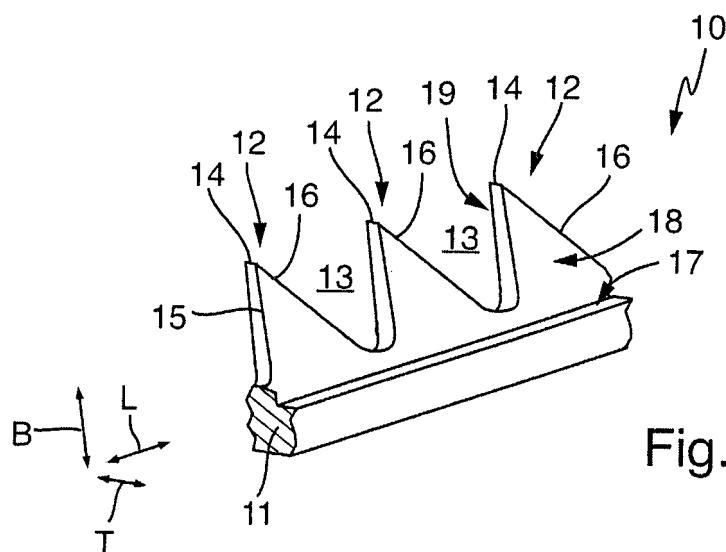


Fig. 1

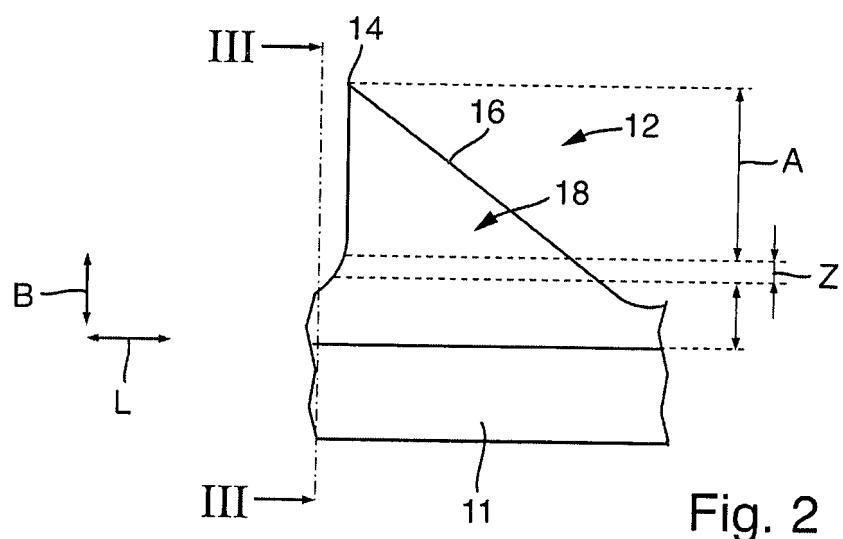


Fig. 2

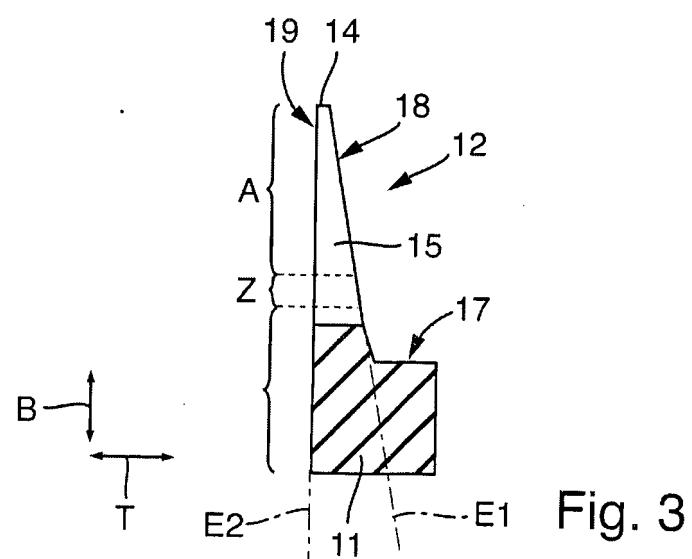


Fig. 3

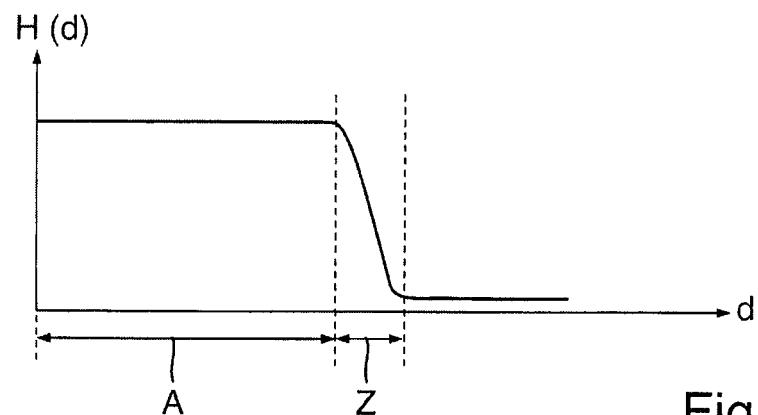


Fig. 4

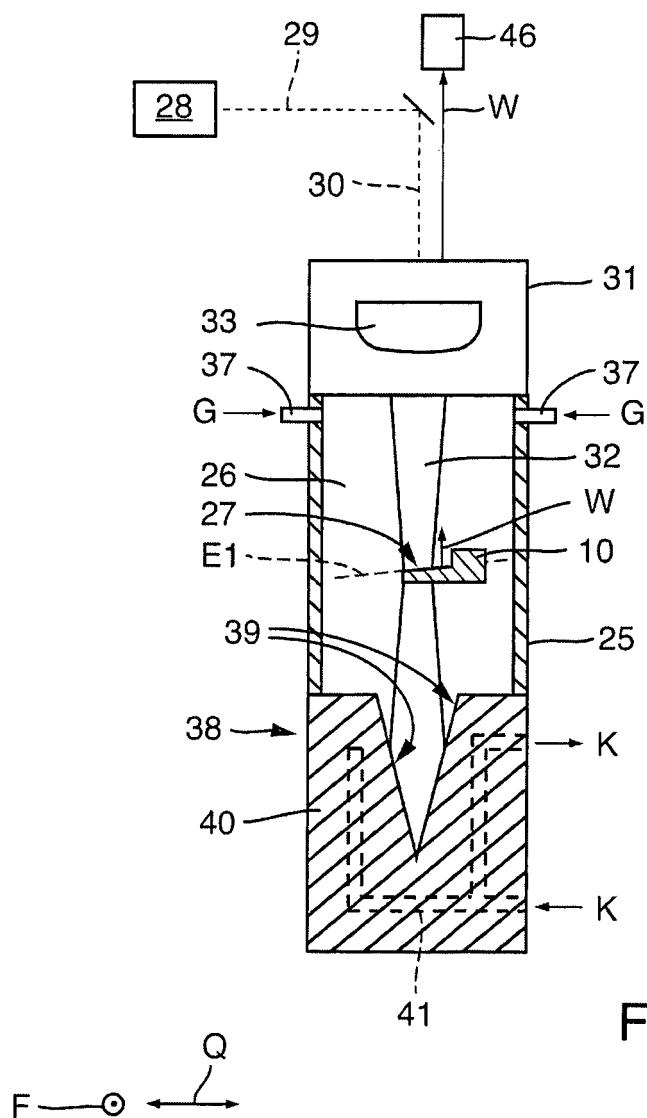


Fig. 5

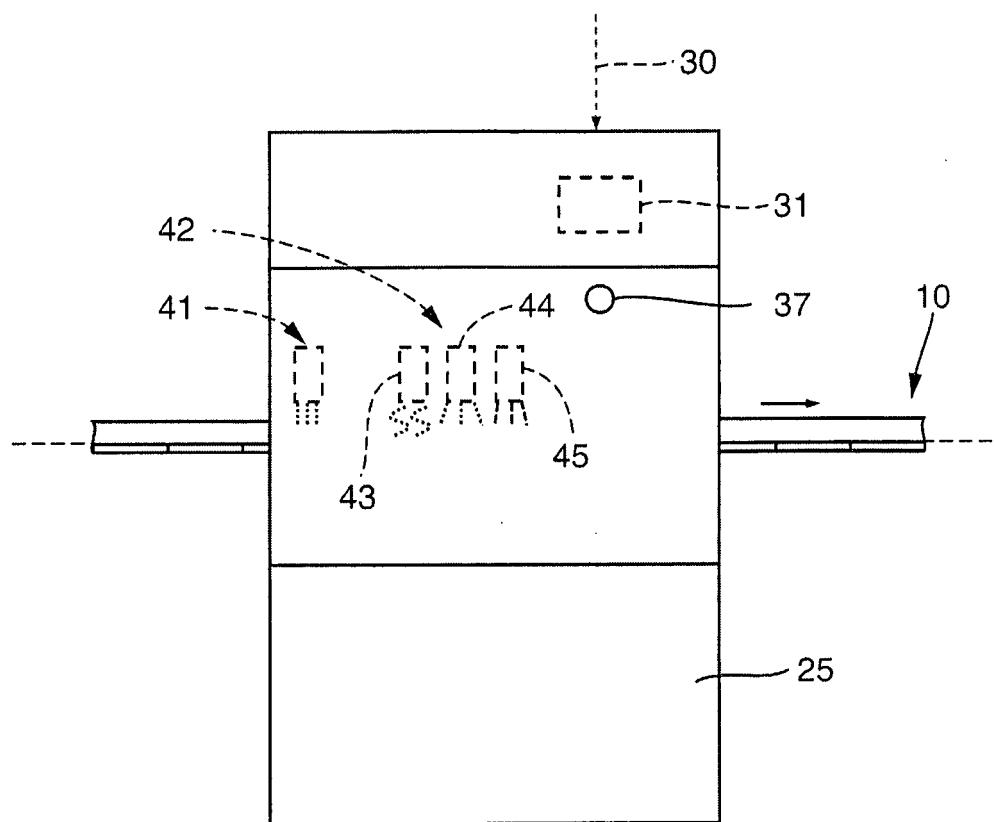


Fig. 6

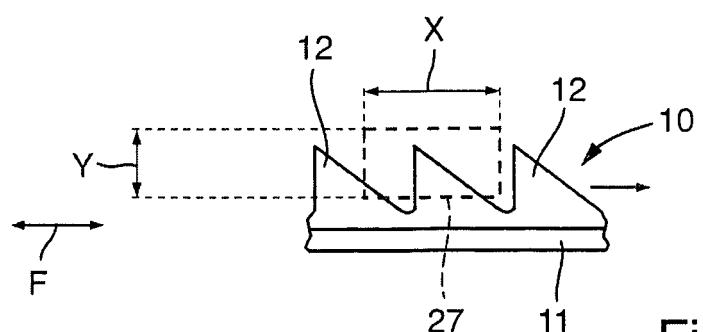
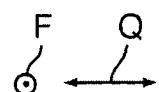


Fig. 7

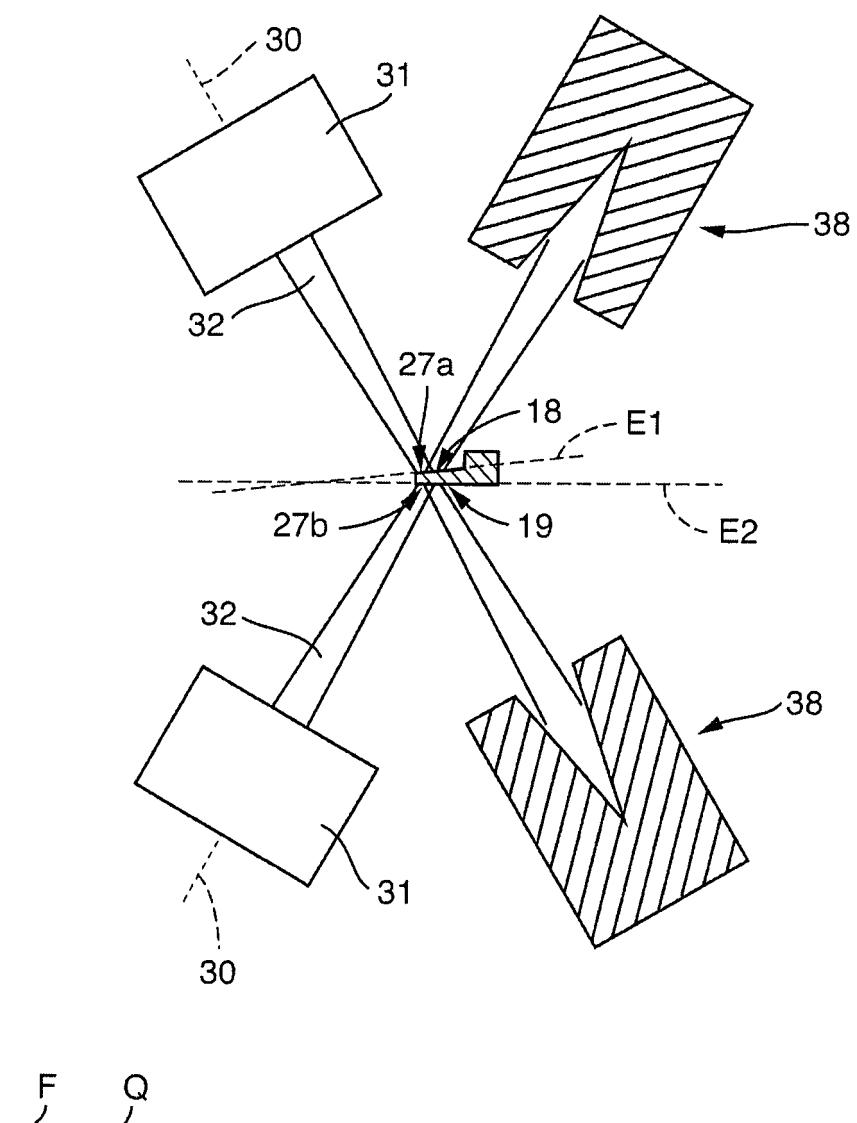


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 15 4814

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X,D US 4 924 062 A (ZURCHER ERWIN [CH]) 8. Mai 1990 (1990-05-08) * Spalte 2, Z. 45-69; Spalten 3-4, Z. 62-2; Abb. 1 *	1-18	INV. C21D1/09 C21D1/34 C21D6/00 C21D9/00
15	X JP S57 106724 A (KANAI HIROYUKI) 2. Juli 1982 (1982-07-02) * das ganze Dokument *	1-3, 5-13,15, 18	C21D9/52 C21D1/74 D01G15/00 C21D9/26 B23K26/00
20	X US 4 696 080 A (NAKAMURA RITSUJI [JP]) 29. September 1987 (1987-09-29) * Abb. 1; Anspruch 1 *	1-3,5-7, 9-15,18	
25	A US 4 109 127 A (FRUNGEL FRANK) 22. August 1978 (1978-08-22) * Spalte 1, Z. 10-13 *	1-18	
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			C21D D01G B23K
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 16. Juni 2021	Prüfer Kreutzer, Ingo
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

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

EP 21 15 4814

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-06-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 4924062	A 08-05-1990	AT BR CH EP ES JP JP US	76442 T 8900426 A 674954 A5 0329604 A1 2031386 T3 2863537 B2 H01246324 A 4924062 A	15-06-1992 26-09-1989 15-08-1990 23-08-1989 01-12-1992 03-03-1999 02-10-1989 08-05-1990
20	JP S57106724	A 02-07-1982		KEINE	
25	US 4696080	A 29-09-1987	CH DE GB JP JP US	670455 A5 3600570 A1 2180269 A H0615726 B2 S61160426 A 4696080 A	15-06-1989 16-07-1987 25-03-1987 02-03-1994 21-07-1986 29-09-1987
30	US 4109127	A 22-08-1978		KEINE	
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 4924062 A [0002]
- CH 670455 A5 [0003]
- DE 102014106574 A1 [0004]
- JP 2909774 B [0004]
- DE 2018793 [0005]
- DE 102006030418 A1 [0006]