



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.10.2015 Patentblatt 2015/42**

(51) Int Cl.:  
**H01B 13/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15162545.6**

(22) Anmeldetag: **07.04.2015**

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

(71) Anmelder: **P & F Maschinenbau GmbH**  
**3002 Purkersdorf (AT)**

(72) Erfinder: **Pascher, Gerald**  
**3002 Purkersdorf (AT)**

(74) Vertreter: **Sonn & Partner Patentanwälte**  
**Riemergasse 14**  
**1010 Wien (AT)**

(30) Priorität: **07.04.2014 AT 502632014**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VERARBEITUNG EINES DRAHTES**

(57) Verfahren und Vorrichtung zur Verarbeitung eines Drahtes (14), insbesondere eines Aluminiumdrahtes, wobei zumindest eine Schicht eines Beschichtungsmaterials auf den Draht (14) aufgebracht wird und die aufgetragene Schicht anschließend in einem Einbrennofen (4) getrocknet und/oder ausgehärtet wird, wobei der Draht (14) vor dem Aufbringen der Schicht und zur Re-

kristallisation des Drahtes (14) durch einen von dem Einbrennofen (4) separaten Glühofen (2) gefördert wird und wobei im Glühofen (2) eine im Wesentlichen in sich geschlossene Strömung eines heißen Gases, insbesondere eine Umluftströmung, erzeugt wird, welche Strömung vorzugsweise der Drahtförderrichtung (9) entgegen gerichtet ist.

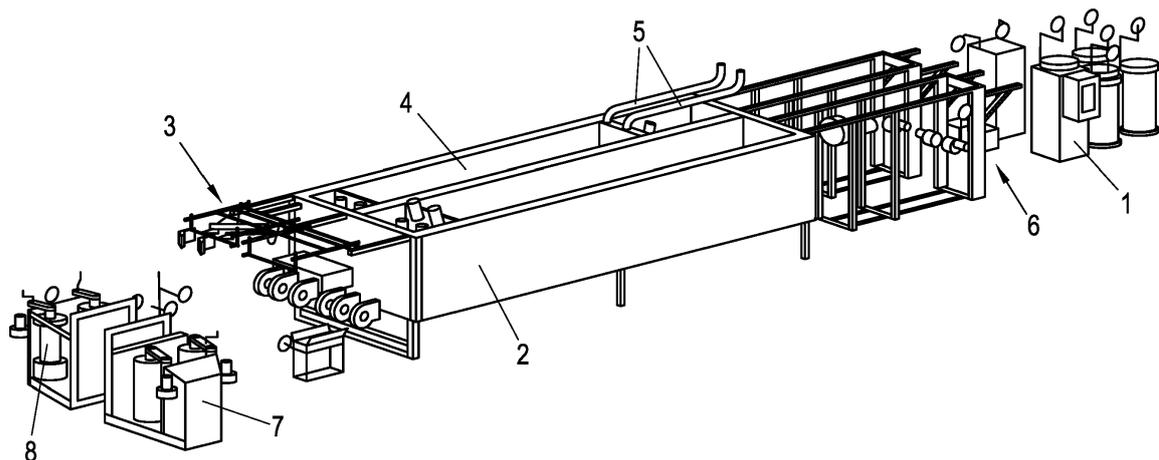


Fig. 2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verarbeitung eines Drahtes, insbesondere eines Aluminiumdrahtes, wobei in einer Beschichtungsvorrichtung zum Aufbringen zumindest einer Schicht einer Beschichtung auf den Draht zumindest eine Schicht eines Beschichtungsmaterials auf den Draht aufgebracht wird und die aufgebrachte Schicht anschließend in einem Einbrennofen zum Trocknen oder Aushärten der aufgebrachten Schicht getrocknet bzw. ausgehärtet wird, wobei der Draht vor dem Aufbringen der Schicht und zur Rekristallisation des Drahtes durch einen von dem Einbrennofen separaten Glühofen, welcher in Drahtförderrichtung vor dem Einbrennofen angeordnet ist und zur Rekristallisation des Drahtes eingerichtet ist, gefördert wird.

**[0002]** Insbesondere betrifft die Erfindung sowohl die Vorbereitung eines zuvor gezogenen Drahtes auf eine Beschichtung als auch die Aufbringung der Beschichtung, wobei der Draht ein unbeschichteter Blankdraht ist, dessen Metallgefüge aufgrund der plastischen Verformung des Drahtes beim Ziehen verzerrt ist, so dass er eine entsprechend herabgesetzte Dehnbarkeit bzw. Zugfestigkeit aufweist. Bei der Beschichtung können eines oder mehrere Beschichtungsmaterialien in mehreren Schichten und/oder als Beschichtungszusammensetzung auf den Draht aufgebracht werden. Als Beschichtungsmaterialien kommen beliebige Lacke bzw. Kunstharze in Frage, welche üblicherweise bei der Beschichtung bzw. Emaillierung von Drähten verwendet werden, insbesondere Polyesterimid (PEI) und/oder Polyamidimid (PAI). Der Einbrennofen (häufig auch als Beschichtungs-ofen, Brennofen oder engl. "Curing Oven" bezeichnet) ist zum Trocknen und Aushärten der Beschichtung eingerichtet. Dabei werden im Lackfilm enthaltene Lösungsmittel verdunstet, in die direkte Umgebung ausgetragen und abtransportiert, bis das verbleibende Polymer schließlich an der Drahtoberfläche "vernetzt" bzw. aushärtet. Nach Aufbringung der letzten Schicht der Beschichtung wird der Draht üblicherweise gekühlt und zu einer Wicklervorrichtung zur Abnahme des Fertigdrahtes gefördert.

**[0003]** Derzeit erfolgt bei Lackdrahtanlagen das Inline-Glühlen von Kupferdrähten in thermisch beheizten Rohrglühlen (bzw. Profilen), welche mit Schutzgasen wie Wasserdampf (bzw. mit Stickstoff) durchströmt sind. Der Wärmeeintrag in den Draht erfolgt bei solchen Rohrglühlen konvektiv über die Eigenbewegung des Drahtes durch die Schutzgasatmosphäre, über Wärmestrahlung zwischen Glührohrinnenwand und Draht, und schlussendlich über Wärmeleitung zwischen Glührohrinnenwand und mit dieser in direktem Kontakt stehenden Draht (schleifender Draht). Der Wärmeeintrag durch Wärmeleitung ist dabei dominant. Der Kontakt zwischen Draht und Rohrwand ist in diesem Fall sogar erforderlich, um bei den hohen Durchlaufgeschwindigkeiten überhaupt die erforderlichen Wärmetransportraten zu schaffen. Der

Abrieb und die Beschädigung der Kupferdrahtoberfläche durch den Kontakt mit der Rohrwand sind sehr gering. Der Wasserdampf übernimmt die Funktion als Schutzgas gegen Oxidation des Kupfers und zugleich der Abreinigung von Ziehmittelrückständen des zuvor gezogenen Blankdrahtes. Versuche, Aluminiumdrähte mit solchen Glührohrsystemen zu glühen sind immer wieder gescheitert. Aluminium besitzt einen wesentlich geringeren Schmelzpunkt (660°C) als Kupfer (1083°C) und ist materialbedingt viel weicher. Ein direkter Kontakt des schnell bewegten Aluminiumdrahtes mit der Glührohrinnenwand führt bei entsprechenden Temperaturen zu massivem Abrieb und Beschädigung der Drahtoberfläche, und schlussendlich zur zeitnahen Verstopfung der Glührohre. Aufgrund der großen Länge üblicher Glührohre (~15m) und deren vergleichsweise kleinen Durchmesser (25 mm) ist ein Kontakt zwischen Draht und Rohrwand nahezu unvermeidlich. Aluminium weist hinzu im Vergleich zu Kupfer zwar eine geringere Rekristallisationstemperatur, allerdings auch eine geringere Wärmeleitfähigkeit auf. Bei den hohen Durchlaufgeschwindigkeiten der Aluminiumdrähte wären zu deren Aufheizprozess entsprechend hohe Glührohrtemperaturen erforderlich, was einen störungsfreien Produktionsbetrieb unmöglich machen würde. Beim herkömmlichen Prozessverfahren zur Beschichtung von Aluminiumdrähten in Lackdrahtanlagen wird daher zumeist versucht, wesentliche Prozesse wie ein Rekristallisationsglühen des Drahtmetalls, eine thermische Reinigung der Drahtmetalloberfläche von fest haftenden organischen Ziehmittelrückständen und ein Einbrennen der Lackfilme in ein und demselben Ofen zu realisieren. Beispielsweise beschreibt die CN 102074308 A eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung lackierter Aluminiumdrähte, wobei das Glühen der unlackierten Drähte und das Aushärten nach dem Aufbringen des Lacks in ein und demselben Ofen vorgenommen wird. Das Problem dabei ist nun, dass diese Prozesse aus physikalischen und thermodynamischen Gründen zu ihrer vollständigen Abwicklung jedoch unterschiedliche Drahttemperaturen erfordern. Da sowohl die weich zu glühenden Drahtspuren (d.h. die Bahnen oder Abschnitte des Drahtes im Ofen) als auch die zu beschichtenden Drahtspuren zwangsweise dieselbe Verweilzeit im Ofen bei denselben Ofenbedingungen aufweisen, bilden sich längs der einzelnen Drahtspuren nun aber nahezu die gleichen Temperaturprofile aus. Die verschiedenen Prozesse können deshalb prozesstechnisch nicht in Einklang gebracht werden: bei dieser Form der Prozessabwicklung erfolgt die Erstbeschichtung der Aluminiumdrähte oft an nicht vollständig rekristallisierten Blankdrähten mit stark veränderlicher Weichheit und daraus folgend mit nicht vollständig abgereinigten Ziehmittelbelägen. Um dennoch ein Mindestmaß an Rekristallisation zu erzielen muss die Temperatur im Ofen höher sein als für die Trocknung eigentlich geeignet. Außerdem muss zum Abtransport der verdunsteten Lösungsmittel die Luft im Ofen ständig getauscht und daher kühle Zuluft ständig neu erhitzt werden. Von

dem damit verbundenen Energieaufwand abgesehen führen die nicht zu kontrollierenden Weichheitsunterschiede zwischen den einzelnen Drahtspuren zu unterschiedlichen Drahtzugspannungen, welche wiederum Drahttrisse und Produktionsausfall bedingen können. Durch die unzureichende thermische Reinigung der Blankdrahtspuren folgt außerdem zumeist eine unzureichende Haftung des Lackes auf der Drahtoberfläche. Um die Haftfähigkeit des Lackes zu gewährleisten, wird daher meistens noch vor dem Aufbringen des eigentlichen Beschichtungslackes eine sogenannte "Primerbeschichtung" als Klebeschmittstelle aufgetragen. Unabhängig vom Mehraufwand weisen die "Primer"-Lacke sehr niedrige Wärmeklassen auf, wodurch die Anwendbarkeit des Fertigdrahtes in oft thermisch belasteten Spulen und Wicklungen automatisch limitiert ist. Ein solcher Aluminiumlackdraht ist damit nur begrenzt einsetzbar und damit aber auch begrenzt nachgefragt. Wenn umgekehrt eine höhere Temperatur im Ofen eingestellt wird, um eine bessere Rekristallisation und Reinigung zu erzielen, werden die beschichteten Spuren zwangsweise überbrannt, was zu einem nicht korrekt eingebrannten Draht und ebenfalls minderer Beschichtungsqualität führt.

**[0004]** Die JP H05-325684 A zeigt ein Lackierverfahren für Kupferdrähte mit einem Glühofen, wobei der noch weiche Draht nach dem Glühen lackiert wird und zum Aushärten vom Draht selbst abgegebene Wärmeenergie verwendet wird.

**[0005]** Die CN 103000313 A zeigt eine vertikale Lackiermaschine, bei der ein Draht von einer Abspuleinrichtung durch eine Glüheinrichtung, einen Farbbehälter und einen separaten Einbrennofen gefördert wird.

**[0006]** Die CN 103258600 A betrifft ein Lackierverfahren für Aluminiumdrähte, wobei die Drähte in einem dreischichtigen Verfahren mit unterschiedlichen Temperaturen gegläht werden. Anschließend wird eine Grundierungsschicht und eine Lackschicht direkt auf den Draht aufgebracht und in einem Einbrennofen ausgehärtet.

**[0007]** Schließlich zeigt die JP S59-28530 A ein Herstellungsverfahren für lackierte Kupfer- oder Aluminiumdrähte, wobei der gezogene Draht mit konstanter Lackiergeschwindigkeit kontinuierlich durch ein Inline-Glühsystem hindurchgeführt und gegläht wird. Nach dem Glühofen wird der Draht mit Lack beschichtet, welcher anschließend in einem eigenen Einbrennofen ausgehärtet wird.

**[0008]** Demnach ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs angeführten Art zu schaffen, mit welchem ein hochqualitativer Draht mit höchster Weichheit, prozesssicher und insbesondere ohne produktwertmindernde Primer als Klebeschmittstelle hergestellt werden kann. Das Verfahren soll weiters eine für die Prozesssicherheit abträgliche Erhitzung von Lösungsmitteldämpfen weitgehend vermeiden und zugleich den mit dem Verfahren bzw. der Vorrichtung verbundenen Energieverbrauch senken.

**[0009]** Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsge-

mäß vorgesehen, dass im Glühofen eine im Wesentlichen in sich geschlossene Strömung eines heißen Gases, insbesondere eine Umluftströmung, erzeugt wird, welche Strömung vorzugsweise der Drahtförderichtung entgegen gerichtet ist. Dementsprechend wird bei der Vorrichtung der eingangs angeführten Art die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass der Glühofen vorzugsweise zur Erwärmung des Drahtes mittels eines in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf bewegten erhitzten Gases, insbesondere mittels Heißluft, eingerichtet ist. Der Glühofen (oder einfach Glüher bzw. engl. "Annealer" genannt) ist vorzugsweise zur berührungslosen Erhitzung des Drahtes eingerichtet, so dass auch ein Draht aus einem Material mit einer relativ geringen Erweichungstemperatur im Glühofen nicht beschädigt wird. Dass der Glühofen separat vom Einbrennofen vorgesehen ist bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Glühofen räumlich und thermisch von dem Einbrennofen getrennt ist und eine unabhängige Wärmezuführung, insbesondere ein eigenständiges Heizelement bzw. eine eigenständige Wärmeerzeugungseinheit, aufweist. Die Anordnung des Glühofens in Drahtförderichtung vor dem Einbrennofen ist selbstverständlich unabhängig von der geometrischen Anordnung der beiden Öfen und bedeutet lediglich, dass im Zuge der Herstellung eines beschichteten Drahtes ein Abschnitt des zu verarbeitenden Drahts zunächst den Glühofen passiert, d.h. durch den Glühofen gefördert wird, bevor derselbe Abschnitt den Einbrennofen passiert. Der Glühofen ist hinsichtlich der im Glühofen erzeugten Temperatur bzw. des Temperaturprofils, welchem der Draht ausgesetzt ist, so eingestellt, dass eine optimale Rekristallisation des Metallgefüge des Drahtes erzielt wird. Die Rekristallisation findet bekanntlich oberhalb einer vom Drahtmaterial abhängigen Temperatur statt, welche vom Fachmann in Kenntnis dieses Zwecks geeignet ausgewählt und der Glühofen entsprechend eingestellt werden kann. Der Draht wird vorzugsweise nach dem letzten Austritt aus dem Glühofen und vor dem ersten Eintritt in den Einbrennofen beschichtet. Durch den separaten Glühofen können die Prozessbedingungen und die erzielte Wärmeübertragung in den beiden Öfen, d.h. Einbrennofen und Glühofen, unabhängig und auf die jeweilige Aufgabe optimiert eingestellt werden. Ein weiterer Vorteil der getrennten Öfen ist, dass dadurch eine hohe Drahteintrittstemperatur in den Glühofen ermöglicht wird, weil kein Lösungsmitteldämpfe zu befürchten sind, und der Draht nach dem Ziehen nicht noch gekühlt werden muss. Durch die geschlossene Strömung bzw. die Umluft weist der Glühofen einen besonders geringer Prozessluftaustrag sowie eine - im Vergleich zu einem Ofen, welcher zur Trocknung einer Drahtbeschichtung eingerichtet ist - geringere erforderliche Frischluftzufuhr auf. Die ansonsten notwendige Erhitzung der zugeführten Frischluft kann daher zumindest größtenteils entfallen, was den mit dem Verfahren bzw. der Vorrichtung verbundenen Energieverbrauch senkt. Außerdem ermöglicht der Glühofen einen separaten Glühprozess des Drahts mit höheren Trans-

portraten als im nachfolgenden Einbrennofen. Die höheren Transportraten im Glühofen werden durch ein höheres Temperaturniveau und - insbesondere bei entgegen der Drahtförderichtung gerichteter Strömung - durch besseren konvektiven Wärmeübergang mittels geeigneter Strömungsführung erreicht.

**[0010]** Weiters ist es günstig, wenn der Glühofen unabhängig vom Einbrennofen zur Einstellung unterschiedlicher Temperaturprofile und entsprechender Drahttemperaturen steuerbar ist. Der mit der Erzeugung des jeweiligen Temperaturprofils verbundene Energieverbrauch kann in diesem Fall auf die jeweilige Aufgabe des Ofens optimiert werden.

**[0011]** Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn der Draht im Einbrennofen auf eine vergleichsweise niedrigere Drahttemperatur erhitzt wird als im Glühofen. Dementsprechend ist im Betrieb die mittlere Temperatur im Glühofen günstiger Weise höher als die mittlere Temperatur im Einbrennofen. Aufgrund des Temperaturunterschieds zwischen Einbrennofen und Glühofen können in den beiden Öfen auch bei gleicher Drahtgeschwindigkeit, d.h. bei gleicher durchgeführter Drahtmenge, unterschiedliche Drahttemperaturen erzielt werden. Wegen der geringeren Temperatur im Einbrennofen können Temperaturverluste während der Beschichtung des Drahtes reduziert und somit der Energieverbrauch insgesamt weiter gesenkt werden. Außerdem können bei den geringeren Temperaturen beim Einbrennen verbesserte Isolationseigenschaften des Fertigdrahtes, insbesondere ein geforderter idealer Tangens-Delta-Wert zur Erzielung minimaler dielektrischer Verluste erreicht werden im Vergleich zu Drähten, deren Beschichtungen bei zu hohen Temperaturen getrocknet und ausgehärtet wurden. Schließlich sind die niedrigeren Temperaturen im Einbrennofen auch hinsichtlich der Prozesssicherheit vorteilhaft, da somit eine übermäßige Erhitzung der bei der Trocknung entstehenden Lösungsmitteldämpfe vermieden wird. Aufgrund der höheren Drahttemperatur im Glühofen, welche oberhalb einer für das Trocknen einer Beschichtung geeigneten oder zulässigen Temperatur liegen kann, kann eine wesentlich bessere Rekristallisation und damit besserer Weichheit bzw. Dehnbarkeit (höhere Bruchdehnung) des Drahtes erzielt werden. Die Drahttemperatur kann beispielsweise im Glühofen oberhalb von 360°C, insbesondere zwischen 380 und 480°C, und/oder im Einbrennofen unterhalb von 360°C, insbesondere zwischen 280 und 320°C, liegen.

**[0012]** Wenn der Draht zumindest zweimal, vorzugsweise zwischen vier und 15 Mal, insbesondere etwa zehnmal, durch den Glühofen gefördert wird kann zusätzlich zur Rekristallisation eine deutlich verbesserte Reinigung des Drahtes erzielt werden. Aufgrund der mehrfachen Durchführung durch den entsprechend heißen Glühofen werden beispielsweise Ziehmittlerückstände schichtweise vom Draht abgebrannt. Auf diese Weise kann eine geeignete Reinigung des Drahtes auch bei Drahttemperaturen unterhalb von 450°C erzielt werden, so dass eine höhere Energieeffizienz im Vergleich

zu einer Reinigung in einem Schritt bei Temperaturen oberhalb von 450°C erreicht wird. Aufgrund der im Glühofen im Vergleich zu bekannten Verfahren höheren Temperatur kann zugleich eine bessere Reinigung und somit bessere Haftung des Lacks auf der Drahtoberfläche sowie - wegen der Reaktion mit einer praktisch belagsfreien Oberfläche - eine bessere Selbstpassivierung durch Oxidation im Falle eines Aluminiumdrahtes erzielt werden.

**[0013]** Vorteilhafter Weise kann das Beschichtungsmaterial direkt auf den Draht aufgebracht werden, d.h. das zur Isolation des Drahtes vorgesehene Beschichtungsmaterial wird direkt auf die metallische Oberfläche des Drahts aufgebracht. Die Verwendung eines Primers oder vergleichbarer Haftvermittlungsschichten kann entfallen, so dass der Fertigdraht vorteilhafter Weise eine vergleichsweise höhere Temperaturbeständigkeit der Beschichtung und höherer Wärmeklasse aufweist.

**[0014]** Es hat sich zudem als günstig herausgestellt, wenn der Draht zwischen den beiden Öfen, d.h. zwischen dem Glühofen und dem Einbrennofen, über eine Nachspannvorrichtung, insbesondere über einen pneumatischen Tänzer, zum Nachspannen des Drahtes gefördert wird. Bei der vorliegenden Vorrichtung kann dementsprechend in Drahtförderichtung nach dem Einbrennofen und vor dem Glühofen eine Nachspannvorrichtung zum Nachspannen des Drahtes angeordnet sein. Die Nachspannvorrichtung kann Spannungsunterschieden aufgrund der Drahttemperaturunterschiede kompensieren und verbessert die gleichmäßige und störungsfreie Förderung des Drahtes aus dem Glühofen und in den Einbrennofen.

**[0015]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch weiter erläutert. In den Zeichnungen zeigen dabei im Einzelnen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm des Zusammenhangs zwischen einer Drahttemperatur und der damit erzielten Dehnbarkeit des Drahtes;

Fig. 2 eine schaubildliche Darstellung einer Drahtbeschichtungsanlage mit einem Einbrennofen und einem Glühofen;

Fig. 3 einen pneumatischen Tänzer gemäß Fig. 2;

Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung durch den Glühofen gemäß Fig. 2;

Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung eines Drahtes im Längsschnitt während der Erhitzung im Glühofen; und

Fig. 6 schematisch mehrere Querschnitte des Drahtes nach einer unterschiedlichen Anzahl von Durchführungen durch den Glühofen.

**[0016]** Beim Drahtziehen wird das Metallgefüge des Drahtes aufgrund der plastischen Verformung verzerrt. Dabei nehmen seine Festigkeit und Härte zu, während sich die Dehnbarkeit massiv verschlechtert. Zur Erfüllung der für die Nachbearbeitung des Drahtes relevanten me-

chanisch-technologischen Anforderungen muss der Draht wieder "weich" werden, was eine Neuumformung des Gefüges bedingt. Dazu muss der Draht entsprechend aufgeheizt werden. In dem in Fig. 1 dargestellten Diagramm ist auf der Abszisse die Drahttemperatur T und auf der Ordinate die erreichte "Weichheit" bzw. Dehnbarkeit R des Drahtes aufgetragen. Die eingezeichnete Kurve R(T) stellt schematisch den Zusammenhang zwischen der Drahttemperatur T und der Dehnbarkeit R dar. Die eingezeichneten Temperaturen T1, T2, T3 zeigen dabei ungefähr die optimale Temperatur T1 für die Aushärtung einer Drahtbeschichtung, die optimale Temperatur T2 zur Rekristallisation des Drahtes (entsprechend der Bildung einer homogenen Mikrostruktur und damit der maximalen erzielbaren Dehnbarkeit R) und die optimale Temperatur T3 zur Abreinigung von Ziehmittelrückständen von dem frisch gezogenen Draht. Im Fall einer Aluminiumdrahtbeschichtung wäre die Temperatur T1 beispielsweise ungefähr zwischen 280° und 320°C, die Temperatur T2 zwischen 380 und 400°C und die Temperatur T3 zwischen 450 und 480°C.

**[0017]** In Fig. 2 ist eine Produktionsstrecke zur Herstellung eines beschichteten Drahtes gezeigt, wobei der Draht in Ziehmaschinen 1 gezogen, anschließend mehrmals durch den Glühofen 2 gefördert wird. Bei Kupferdrähten gelangt der dünn gezogene Draht üblicherweise nach der Ziehmaschine 1 über Umlenkrollen in eine elektrisch beheizte Rohrglühe, welche die Aufheizung des Kupferdrahtes über Wärmestrahlung, aber vor allem durch direkten Wandkontakt über Wärmeleitung ermöglicht. Ein Glühverfahren mit direktem Wandkontakt kann allerdings z.B. bei Aluminiumdrähten nicht angewendet werden, da im Vergleich zu Kupfer weitaus geringere Erweichungstemperaturen vorliegen und der Draht dabei daher massiv beschädigt werden würde. Solche Drähte, d.h. Drähte mit relativ geringen Erweichungstemperaturen, können zum Glühen z.B. mit heißer bewegter Luft aufgeheizt werden; dieses Verfahren ist berührungslos und die z.B. im Fall von Aludrähten auftretende Oxidation stellt im Gegensatz zu Kupferdrähten kein Problem dar, da diese selbstpassivierend ist. Bei der in Fig. 2 gezeigten Produktionsstrecke wird der Draht dementsprechend im Glühofen 2 mit heißer bewegter Luft aufgeheizt (vgl. Fig. 4). Nach Austritt aus dem Glühofen 2 wird der wärmebehandelte Draht über Umlenkrollen der Beschichtungsvorrichtung 3, z.B. in Form eines Lackgeschirrs, am Einbrennofeneintritt zugeführt, wo der flüssige Lack bei Umgebungstemperatur auf den Draht aufgebracht wird. Die gelösten Polymere in den Lacken vernetzen nachfolgend chemisch nach der Applikation und charakterisieren den eigentlichen Härtungsvorgang des Lackes. Die Lackaufbringung erfolgt über konisch geformte Abstreifdüsen, die mittels Förderpumpe kontinuierlich mit frischem Lack beschickt werden. Dort wird ein Lackfilm mit voreingestellter Dicke gleichmäßig auf die Drahtoberfläche aufgetragen. Aufgrund begrenzter Haftfähigkeit des Flüssiglackes am Draht muss die Aufbringung der für die gewünschte Isolierschichtdicke erforderlichen

Lackmenge in mehreren Teilschritten erfolgen. Dazu wird der Lackdraht in bis zu 24 Spuren über zwei gerillte Umlenkrollen zwischen Lackgeschirr am Ofeneintritt und dem Kühlerende durch den Einbrennofen 4 geführt. Zur Trocknung des polymeren Flüssigfilms wird bei dem derzeit praktisch weltweit eingesetzten Lackierprozess innerhalb des Ofens heiße Prozessluft im Umluftbetrieb geführt, während der Draht entgegen der Luftströmung die Maschine geradlinig durchläuft. Während dieser konvektiven Trocknung werden die im Lackfilm enthaltenen Lösungsmittel verdunstet, in die direkte Umgebung ausgetragen und abtransportiert, bis das verbleibende Polymer aufgrund der hohen Temperaturen (450-700°C) schließlich an der Drahtoberfläche "vernetzt" bzw. aushärtet. Im Einbrennofen 4 wird dabei ein Temperaturprofil erzeugt, mit dem eine Trocknung und anschließende Aushärtung der aufgebrachten Schicht erzielt wird. Zwischen den einzelnen Beschichtungsdurchgängen wird der Draht in Kühlvorrichtungen 5 gekühlt. Zwischen dem Glühofen 2 und dem Einbrennofen 3 wird der Draht über pneumatische Tänzer 6 (vgl. Fig. 3) geführt, welche den Draht nachspannen und temperaturbedingte Spannungsschwankungen kompensieren. Der vollständig beschichtete Fertigdraht wird abschließend den Wickler-  
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100  
105  
110  
115  
120  
125  
130  
135  
140  
145  
150  
155  
160  
165  
170  
175  
180  
185  
190  
195  
200  
205  
210  
215  
220  
225  
230  
235  
240  
245  
250  
255  
260  
265  
270  
275  
280  
285  
290  
295  
300  
305  
310  
315  
320  
325  
330  
335  
340  
345  
350  
355  
360  
365  
370  
375  
380  
385  
390  
395  
400  
405  
410  
415  
420  
425  
430  
435  
440  
445  
450  
455  
460  
465  
470  
475  
480  
485  
490  
495  
500  
505  
510  
515  
520  
525  
530  
535  
540  
545  
550  
555  
560  
565  
570  
575  
580  
585  
590  
595  
600  
605  
610  
615  
620  
625  
630  
635  
640  
645  
650  
655  
660  
665  
670  
675  
680  
685  
690  
695  
700  
705  
710  
715  
720  
725  
730  
735  
740  
745  
750  
755  
760  
765  
770  
775  
780  
785  
790  
795  
800  
805  
810  
815  
820  
825  
830  
835  
840  
845  
850  
855  
860  
865  
870  
875  
880  
885  
890  
895  
900  
905  
910  
915  
920  
925  
930  
935  
940  
945  
950  
955  
960  
965  
970  
975  
980  
985  
990  
995

**[0018]** Fig. 4 zeigt schematisch einen Längsschnitt parallel zur Drahtförderrichtung 9 durch den Glühofen 2. Auf einer Eintrittseite 10 wird der ungekühlte Blankdraht in den Glühofen 2 eingeführt.

**[0019]** Eine hohe Drahteintrittstemperatur ermöglicht einen geringen Temperaturverlust bzw. eine geringe notwendige Wärmezufuhr und eine optimale Rekristallisation des Drahtes 14. Die Strömung der heißen Umluft im Glühofen 2 entlang eines geschlossenen Kreislaufs wird durch die Pfeile 11, 12 angezeigt. Dabei strömt die Heißluft im Drahttransportbereich 13 entgegen der Drahtförderrichtung 9 (vgl. Fig. 5) um eine optimale Wärmekonvektion und damit eine maximale Wärmeübertragung von der Heißluft auf den Draht zu ermöglichen. Durch die hohe Temperatur der Heißluft können Rückstände 15 auf dem Blankdraht, z.B. Ziehmittelrückstände, schichtweise abgetragen bzw. abgebrannt werden. Da der Draht 14 im Glühofen 2 noch unbeschichtet ist, treten keine Emissionen wie etwa beim Trocknen einer Lackierung auf, so dass die Heißluft von der Eintrittseite 10 gemäß dem Pfeil 11 parallel zum Drahttransportbereich 13 zirkuliert und wiederverwendet werden kann. Ein Luftaustausch kann weitgehend unterbleiben. Die abgetragenen Rückstände können von der umgewälzten Heißluft abgetrennt werden.

**[0020]** Die sukzessive Abtragung der Rückstände 15 vom Draht 14 ist in Fig. 6 schematisch dargestellt, wobei die drei gezeigten Drahtquerschnitte 16 jeweils einen unterschiedlichen Fortschritt der Abtragung zeigen. Der oberste Drahtquerschnitt 17 zeigt den Draht 14 vor dem ersten Durchlauf durch den Glühofen 2, wobei noch sämtliche nach dem Ziehen am Draht 14 verbliebenen

Rückstände 15 vorhanden sind; der mittlere Drahtquerschnitt 18 zeigt den Draht nach fünf Durchläufen, wobei bereits der größte Teil der Rückstände 15 abgetragen werden konnte; und der unterste Drahtquerschnitt 19 zeigt den vollständig gereinigten Draht 14 nach dem zehnten Durchlauf durch den Glühofen 2.

**[0021]** Im Glühofen herrscht beispielsweise eine Lufttemperatur der Umluft von 650°C. Die folgende Tabelle zeigt die Zugfestigkeit des Drahtes anhand der Dehnung (in Prozent) bis zum Bruch nach jedem Durchlauf durch den Glühofen 2:

Durchlauf 1	34,1 %
Durchlauf 2	37,7 %
Durchlauf 3	37,8 %
Durchlauf 4	36,7 %
Durchlauf 5	38,2 %
Durchlauf 6	37,2 %
Durchlauf 7	38,3 %
Durchlauf 8	37,8 %
Durchlauf 9	36,4 %
Durchlauf 10	37,6 %

**[0022]** Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft eine Folge von Durchläufen durch den Einbrennofen 4 zum Einbrennen der Lackfilme mit dem jeweils zuvor aufgetragenen Beschichtungsmaterial und der Zugfestigkeit des Drahtes nach dem Durchlauf:

Durchlauf 1	Polyesterimid	37,9 %
Durchlauf 2	Polyesterimid	37,7 %
Durchlauf 3	Polyesterimid	38,1 %
Durchlauf 4	Polyesterimid	38,5 %
Durchlauf 5	Polyesterimid	37,8 %
Durchlauf 6	Polyesterimid	37,3 %
Durchlauf 7	Polyesterimid	38,4 %
Durchlauf 8	Polyesterimid	37,9 %
Durchlauf 9	Polyesterimid	38,2 %
Durchlauf 10	Polyesterimid	38,8 %
Durchlauf 11	Polyesterimid	37,8 %
Durchlauf 12	Polyesterimid	37,1 %
Durchlauf 13	Polyesterimid	38,5 %
Durchlauf 14	Polyesterimid	38,0 %
Durchlauf 15	Polyamidimid	38,9 %
Durchlauf 16	Polyamidimid	38,1 %

(fortgesetzt)

Durchlauf 17	Polyamidimid	38,7 %
Durchlauf 18	Polyamidimid	40,3 %

### Patentansprüche

- Verfahren zur Verarbeitung eines Drahtes (14), insbesondere eines Aluminiumdrahtes, wobei zumindest eine Schicht eines Beschichtungsmaterials auf den Draht (14) aufgebracht wird und die aufgetragene Schicht anschließend in einem Einbrennofen (4) getrocknet und/oder ausgehärtet wird, wobei der Draht (14) vor dem Aufbringen der Schicht und zur Rekristallisation des Drahtes (14) durch einen von dem Einbrennofen (4) separaten Glühofen (2) gefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Glühofen (2) eine im Wesentlichen in sich geschlossene Strömung eines heißen Gases, insbesondere eine Umluftströmung, erzeugt wird, welche Strömung vorzugsweise der Drahtförderrichtung (9) entgegen gerichtet ist.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Draht (14) im Einbrennofen (4) auf eine vergleichsweise niedrigere Drahttemperatur (T) erhitzt wird als im Glühofen (2).
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Draht (14) zumindest zweimal, vorzugsweise zwischen zwei und 15 Mal, insbesondere etwa zehnmal, durch den Glühofen (2) gefördert wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmaterial direkt auf den Draht (14) aufgebracht wird.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Draht (14) zwischen den beiden Öfen (2, 4) über eine Nachspannvorrichtung (6), insbesondere über einen pneumatischen Tänzer, zum Nachspannen des Drahtes (14) gefördert wird.
- Vorrichtung zur Verarbeitung eines gezogenen Drahtes (14), insbesondere eines Aluminiumdrahtes, mit einer Beschichtungsvorrichtung (3) zum Aufbringen zumindest einer Schicht einer Beschichtung auf den Draht (14) und mit einem Einbrennofen (4) zum Trocknen und/oder Aushärten der aufgetragenen Schicht, wobei ein von dem Einbrennofen (4) separater Glühofen (2) vorgesehen ist, welcher in Drahtförderrichtung (9) vor dem Einbrennofen (4) angeordnet ist und zur Rekristallisation des Drahtes (14) eingerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Glühofen (2) zur Erwärmung des Drahtes (14) mittels eines in einem im Wesentlichen geschlossenen Kreislauf bewegten erhitzten Gases, insbesondere mittels Heißluft, eingerichtet ist.

5

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Glühofen (2) unabhängig vom Einbrennofen (4) zur Einstellung unterschiedlicher Temperaturprofile und entsprechender Drahttemperaturen (T) steuerbar ist.

10

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Betrieb die mittlere Temperatur im Glühofen (2) höher ist als die mittlere Temperatur im Einbrennofen (4).

15

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Drahtförderrichtung (9) vor dem Einbrennofen (4) und nach dem Glühofen (2) eine Nachspannvorrichtung (6) zum Nachspannen des Drahtes (14) angeordnet ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

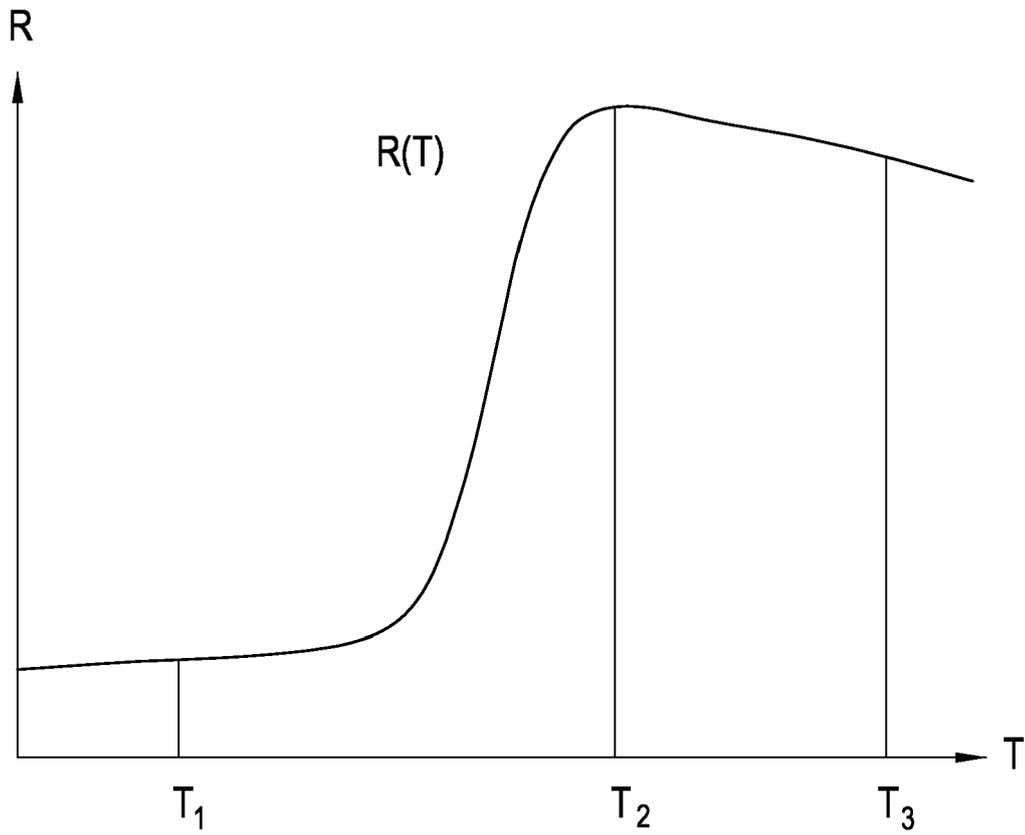


Fig. 1

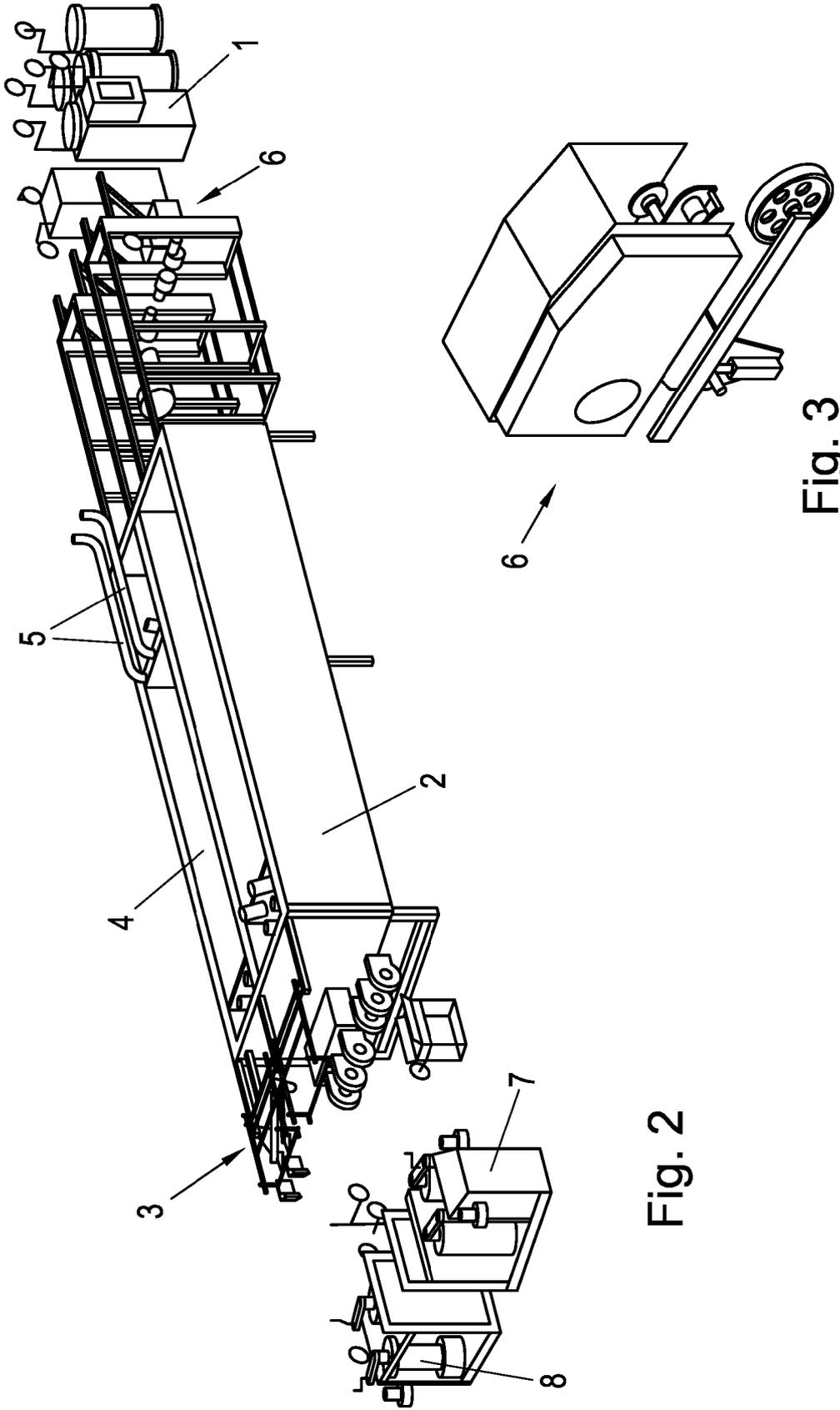


Fig. 2

Fig. 3

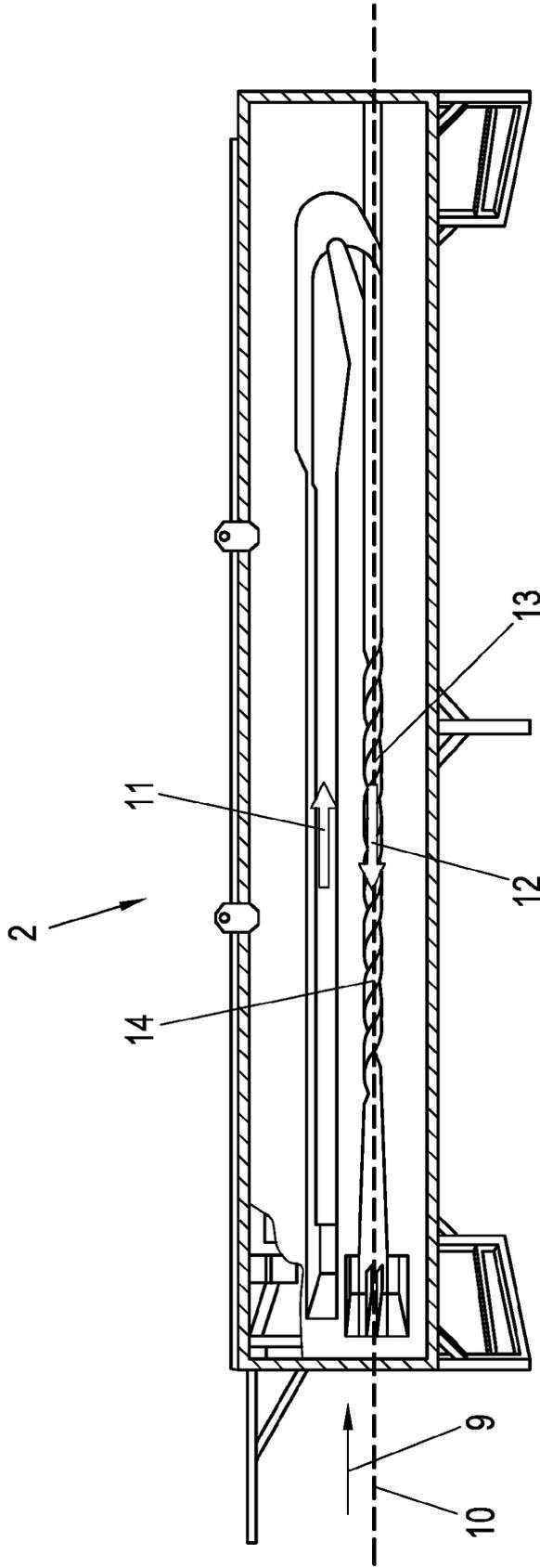


Fig. 4

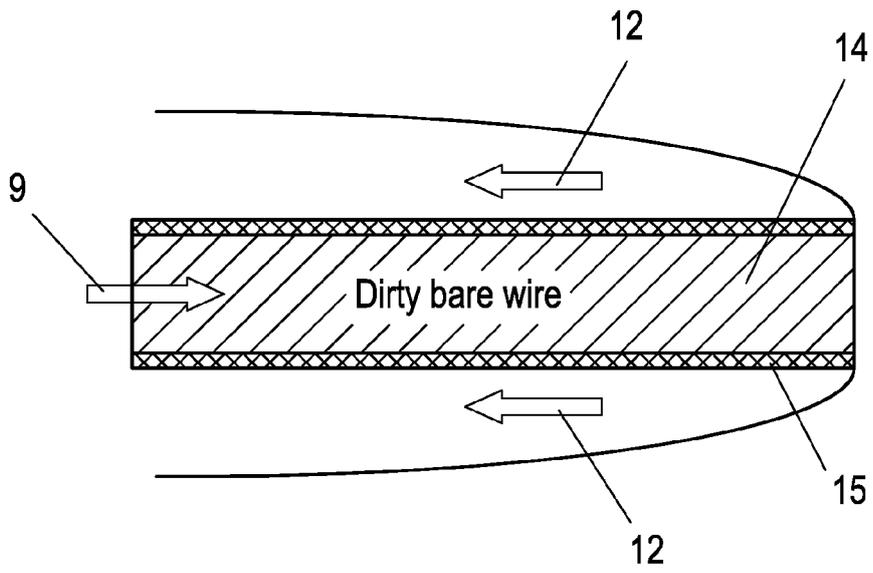


Fig. 5

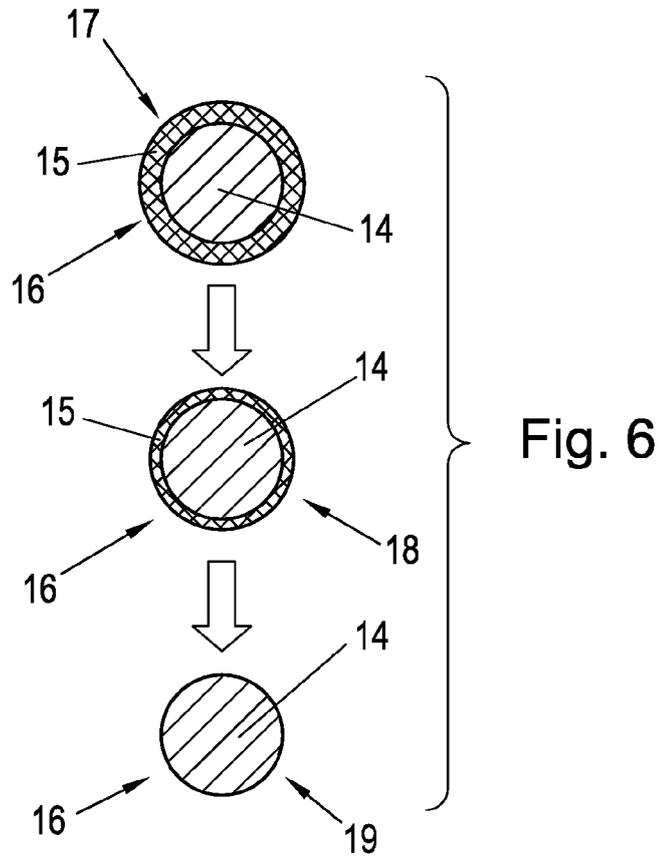


Fig. 6

**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**

- CN 102074308 A [0003]
- JP H05325684 A [0004]
- CN 103000313 A [0005]
- CN 103258600 A [0006]
- JP S5928530 A [0007]