



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2008 011 646 U1** 2010.03.04

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2008 011 646.5**

(51) Int Cl.⁸: **C25F 3/16** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **02.09.2008**

(47) Eintragungstag: **28.01.2010**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **04.03.2010**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**BECKMANN-INSTITUT für
 Technologieentwicklung e.V., 09376 Oelsnitz, DE**

(56) Recherchenergebnisse nach § 7 Abs. 2 GebrMG:

| | | |
|-----------|-----------------------|-----------|
| DE | 20 2005 005664 | U1 |
| EP | 01 31 367 | B1 |
| DE | 102 59 934 | B3 |
| EP | 03 93 192 | A1 |

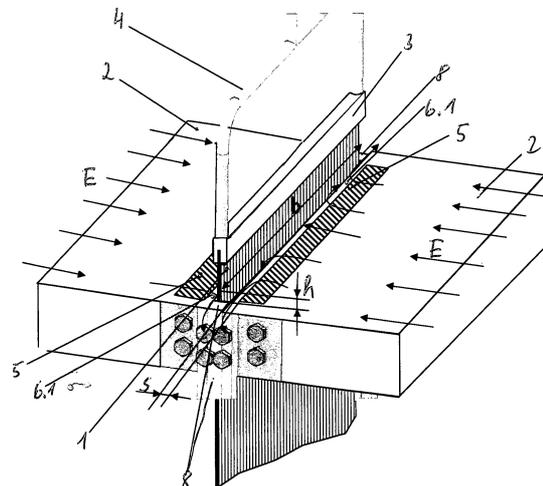
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Rumrich, G., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 09116
 Chemnitz**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyten**

(57) Hauptanspruch: Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyten mit einem anodisch gepoltem Werkstück und einem zumindest im Polierbereich kathodisch gepolten Elektrolyt sowie einer Elektrolytzuführung, wobei die Elektrolytzuführung den Elektrolyt an eine begrenzte Anströmfläche der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks heranführt und die Anströmfläche den Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyts.

[0002] Nach DE 102 07 632 A1 ist ein Verfahren zum Plasmapolieren von Werkstücken aus Metall und Metalllegierungen bekannt, dabei stellt die Anode das zu behandelnde Werkstück dar, das zur Bearbeitung in eine erwärmte wässrige Elektrolytlösung getaucht wurde, wobei als Elektrolytlösung ein Gemisch von Ammoniumsalzen eingesetzt wird, die in Wasser gelöst werden. Bevorzugt werden Werkstücke aus Titan, Titanlegierungen und -verbindungen bearbeitet. Das Verfahren wird vorzugsweise bei einer Temperatur von 70 bis 95°C, insbesondere bei einer Temperatur von 80 bis 95°C, durchgeführt. Die Elektrolytlösung hat einen pH-Wert von 5,0 bis 7,0, insbesondere von 5,1 bis 6,5. Während der elektrochemischen Bearbeitung wird eine Spannung von 270 bis 330 V, insbesondere von 280 bis 320 V, angelegt.

[0003] Beim Plasmapolieren wird dabei durch Erhöhen der Spannung zwischen den Elektroden ein Gasfilm um das Werkstück (Anode) herum erzeugt, welcher die gesamte Werkstückoberfläche umschließt. Der so formierte Gasfilm verdrängt die Elektrolytlösung von der Oberfläche des Werkstücks. Dadurch sinkt die Stromstärke sehr stark ab und die Spannung fällt über dem Gasfilm ab.

[0004] Es kommt zu einer partiellen Ionisation des Gasstroms und somit zur Formierung eines Plasmas um das Werkstück, durch welches elektrische Entladungen stattfinden. Diese so geschaffene aktive Umgebung nimmt Einfluss auf die Anodenoberfläche bzw. das Werkstück und dient zum Erzeugen von Glanz, zum Entgraten, Passivieren, zur Verringerung von Materialspannungen, Verbesserung des Oberflächenprofils, zum Reinigen und zum Entfernen aller Arten von Rückständen wie Zunder, Rost, Oxide, Farben und Lacke. Nach dem Plasmapolieren erfolgt eine Nachbehandlung, nämlich Spülung des Werkstücks mit heißem oder kaltem Wasser. Diese Nachbehandlung ist zur Entfernung chemischer Rückstände oder Nebenprodukte des Polierungsprozesses und zur Unterstützung der Trocknung erforderlich. Das während des Prozesses entstandene Gas wird durch eine Absaugeinrichtung entfernt. Nachteilig dabei ist, dass die Abmessungen der zu bearbeitenden Werkstücke begrenzt sind und dass es nicht einfach möglich ist, nur spezifische Oberflächenbereiche zu polieren.

[0005] In DE 600 11 125 T2 werden ein Verfahren und ein Apparat zum Reinigen und/oder Beschichten elektrisch leitfähiger Oberflächen beschrieben, wobei ein Elektroplasma (Lichtbogenentladung) zur Reini-

gung und/oder zum Aufbringen einer Metallbeschichtung auf eine elektrisch leitfähige Oberfläche, zum Beispiel Stahl, eingesetzt wird. Die elektrisch leitfähige Bahn wird durch einen schäumenden Elektrolyt erzeugt. Der Anodenaufbau besteht aus einer oder mehreren Kammern, in denen ein Elektrolyt in einen Schaum umgewandelt wird. Es ist weiterhin der Einschluss des Schaums im Arbeitsspalt mittels eines Gehäuses vorgesehen, durch das sich das Werkstück kontinuierlich ohne signifikanten Austritt von Schaum bewegen kann. Jede Gestalt oder Form eines Werkstücks, wie zum Beispiel Blech, Platte, Draht, Stab, Schlauch, Rohr oder komplexe Formen, sollen unter Verwendung geformter Anodenoberflächen zur Bereitstellung eines geeigneten gleichförmigen Arbeitsabstandes behandelbar sein. Es ist wenigstens ein Einlass und mindestens ein Auslass zur Entfernung des Schaums aus der Behandlungszone vorgesehen. Nachteilig ist, dass es zum Aufstauen des Schaums vor dem Auslass kommen kann und dieser somit nicht prozesssicher abführbar ist. Weiterhin ermöglicht diese Anlage nicht die Schaltung des Werkstücks als Anode und weist einen relativ komplizierten technischen Aufbau auf. Mit dieser Lösung ist kein Polieren des Werkstücks möglich.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyts zu entwickeln, die einen einfachen konstruktiven Aufbau aufweist und es gestattet, ausgewählte Flächenbereiche auch großer Werkstücke prozesssicher zu polieren, wobei das Werkstück die Anode bildet.

[0007] Die erfindungsgemäße Einrichtung zum Plasmapolieren verwendet einen zumindest im Polierbereich kathodisch gepolten flüssigen Elektrolyt und ein anodisch gepoltes Werkstück sowie eine Elektrolytzuführung, wobei die Elektrolytzuführung den Elektrolyt an eine begrenzte Anströmfläche der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks heranzuführt und die Anströmfläche den Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.

[0008] Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyts mit einem anodisch gepoltem Werkstück und einem zumindest im Polierbereich kathodisch gepolten Elektrolyt sowie einer Elektrolytzuführung, wobei die Elektrolytzuführung den Elektrolyt an eine begrenzte Anströmfläche der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks heranzuführt und die Anströmfläche den Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.

[0009] Je nach Ausführung kann die Elektrolytzuführung an die zu polierende Oberfläche des Werkstücks angrenzen oder in einem Abstand zu der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks angeordnet sein, wobei dann der Elektrolyt den Abstand überbrückend die Oberfläche des Werkstücks an der An-

strömfläche anströmt.

[0010] Um einen fortschreitenden Plasmapolierprozess zu gewährleisten, sind die Elektrolytzuführung und das Werkstück relativ zueinander bewegbar, wobei die Anströmfläche in Verbindung mit der Relativbewegung einen fortschreitenden Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.

[0011] Die zu polierende Oberfläche des Werkstücks ist insbesondere in einem von der Horizontalen abweichenden Winkel (bevorzugt senkrecht) ausgerichtet.

[0012] Der Elektrolyt strömt die zu polierende Oberfläche des Werkstücks seitlich (bevorzugt horizontal) an.

[0013] Die Höhe und die Breite der Anströmfläche definieren die Arbeitsfläche des Plasmapolierbereiches, wobei wiederum die Arbeitsfläche in Verbindung mit dem Betrag der Relativbewegung die Gesamtfläche des Plasmapolierbereiches bestimmt. Die Höhe und/oder die Breite der Anströmfläche kann dabei eingestellt werden.

[0014] Mit der Elektrolytzuführung und dem Werkstück steht dazu ein Begrenzungselement in Wirkverbindung, welches den Elektrolyt auf die Höhe der Anströmfläche anstaut. Das Begrenzungselement wird unterhalb und/oder seitlich zur Elektrolytzuführung angeordnet, reicht bis an die Oberfläche des Werkstücks und dichtet zu dieser weitestgehend ab.

[0015] Weiterhin weist das Begrenzungselement Überströmöffnungen für den Elektrolyten auf.

[0016] Die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement sind der Form der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks anpassbar.

[0017] Weiterhin ist es möglich, die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement während der Relativbewegung der Form der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks nachzuführen.

[0018] Die Elektrolytzuführung ist bevorzugt potentialfrei und kann die Kathode aufweisen, die den Elektrolyt kathodisch polt. Dazu wird die Kathode in die Elektrolytzuführung integriert, so dass der Elektrolyt über diese fließen kann.

[0019] Bevorzugt beträgt der Abstand der Kathode zur Oberfläche des Werkstücks 8 bis 17 mm, um einen Kurzschluss zu verhindern bzw. um im die Plasmazündbedingungen nicht zu verletzen.

[0020] Weiterhin sollte die Anströmfläche des anodisch gepolten Werkstücks \leq der überströmten Kathodenfläche sein.

[0021] Ist das Werkstück beispielsweise in Form eines Bleches ausgebildet, erstreckt sich die Elektrolytzuführung über die gesamte zu polierende Blechbreite. Das Begrenzungselement erstreckt sich von der Elektrolytzuführung oder von einem Bereich unterhalb der Elektrolytzuführung bis an das Blech, so dass der Elektrolyt vor dem Blech aufgestaut und das Blech gleichmäßig über eine konstante Höhe angeströmt wird.

[0022] Das Begrenzungselement kann dazu leisten- oder plattenförmig oder auch in Form einer Anpressrolle ausgebildet sein.

[0023] Um ein Abfließen des Elektrolyten zu gewährleisten, ist im Begrenzungselement und/oder der Elektrolytzuführung und/oder zwischen Elektrolytzuführung und Begrenzungselement wenigstens eine Überströmöffnung ausgebildet.

[0024] Der Bereich, in dem sich die Überströmöffnung befindet, ragt dabei seitlich über das Blech hinaus.

[0025] Es ist möglich, beidseitig zum Blech eine Elektrolytzuführung und ein Begrenzungselement vorzusehen, so dass gleichzeitig beide Blechseiten polierbar sind.

[0026] Weiterhin kann auch ein Werkstück in Form eines Rohres an seinem Innendurchmesser und/oder seinem Außendurchmesser poliert werden. Zum Plasmapolieren der Innenfläche des Rohres greift die Elektrolytzuführung in das Rohr ein und das Begrenzungselement grenzt am Innendurchmesser des Rohres an bzw. dichtet an diesem ab.

[0027] Die Elektrolytzuführung ist bevorzugt zentrisch im Rohr angeordnet und weist an ihrem Auströmende die Kathode auf. Da der Abstand der Kathode zur polierenden Oberfläche mindestens 8 mm betragen sollte und dann der Innendurchmesser 16 mm + Durchmesser der Elektrolytzuführung betragen muss, ist diese Lösung für kleinere Innendurchmesser nicht geeignet.

[0028] In den Fällen kleinerer zu polierender Innendurchmesser greift die Elektrolytzuführung außermittig in das Rohr ein und es wird nur der der Elektrolytzuführung gegenüberliegende Innenbereich des Rohres poliert. Dazu weist das Begrenzungselement eine schräge Oberseite auf, die gewährleistet, dass das Rohr nur an dem entsprechenden Bereich des Innendurchmessers mit Elektrolyt angeströmt wird.

[0029] Soll der Außendurchmesser eines Rohres durch Plasmapolieren bearbeitet werden, ist die Elektrolytzuführung außerhalb des Rohres angeordnet und das Begrenzungselement grenzt außen am Rohr an. Bevorzugt umringt dabei das Begrenzungs-

element den Außendurchmesser des Rohres.

[0030] Weiterhin ist es möglich, dass auch die Elektrolytzuführung den Außendurchmesser des Rohres umringt.

[0031] Bevorzugt wird die Einrichtung zum Polieren des Außendurchmessers des Rohres von einer zylinderförmigen Außenwandung ummantelt.

[0032] Zum Polieren des Außen- oder Innendurchmessers eines Rohres weist die Elektrolytzuführung insbesondere ein oder mehrere radiale Ausströmöffnungen auf, die in Richtung zur entsprechenden Rohrwandung gerichtet sind. Weiterhin sollte das Begrenzungselement unterhalb der Elektrolytzuführung angeordnet sein und ein oder mehrere Überströmöffnungen aufweisen, die durch dieses in axialer Richtung hindurchreichen.

[0033] Weiterhin mündet jede Überströmöffnung in Richtung zur Elektrolytzuführung in einer Erhebung, wobei der Höhenunterschied zwischen der Oberseite der Erhebung und der an der Rohrwandung anliegenden/abdichtenden Kante des Begrenzungselementes den Pegel des Elektrolyten über dem Begrenzungselement und somit die Höhe der Anströmfläche/des Plasmapolierbereiches bestimmt. Bevorzugt wird dies durch Röhrrchen gewährleistet, die durch das Begrenzungselement führen und dessen Oberseite überragen. Durch in Längsrichtung verschiebbare Röhrrchen kann die Pegelhöhe sehr einfach verändert werden.

[0034] Bevorzugt ist die Oberseite des Begrenzungselementes horizontal ausgerichtet, so dass ein ringförmiger Plasmapolierbereich am Innendurchmesser und/oder am Außendurchmesser des Rohres ausgebildet wird.

[0035] Alternativ kann die Oberseite des Begrenzungselementes so geformt sein, dass umfangsseitig nur ein Teil des Innendurchmessers oder Außendurchmessers des Rohres angeströmt wird.

[0036] In diesem Fall können das Rohr und das Begrenzungselement relativ zueinander drehbar und/oder in Richtung zur Längsachse des Werkstücks bewegbar sein, um den gesamten Rohrumfang (außen oder innen) und einen größeren Längsbereich des Rohres durch Plasmapolieren zu bearbeiten.

[0037] Das Begrenzungselement muss immer potenzialfrei sein und sollte daher aus einem nichtleitenden Werkstoff bestehen. Beispielsweise kann das Begrenzungselement aus PTFE (Polytetrafluorethen) bestehen oder mit diesem ummantelt sein.

[0038] Alternativ kann das Begrenzungselement

aus nicht leitendem Faserverbundwerkstoff oder Keramik gefertigt werden oder eine entsprechende Ummantelung aufweisen. Um eine Abdichtung in Richtung zur Werkstückoberfläche zu gewährleisten, kann das Begrenzungselement in Richtung zur Werkstückoberfläche eine Dichtlippe aufweisen oder mit einer anderweitigen Dichtung versehen sein, die zur Werkstückoberfläche abdichtet.

[0039] Die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement sollten in Richtung zur Werkstückoberfläche eine Mulde aufweisen, in welcher sich der Elektrolyt vor dem Anströmen der Werkstückoberfläche sammelt bzw. aufstauen kann, um ein gleichmäßiges Anströmen der Werkstückoberfläche durch den Elektrolyt zu gewährleisten. Dies kann für das Polieren von Blechen aber auch für das Polieren von Rohren Anwendung finden.

[0040] Weiterhin können die Elektrolytzuführung oder das Begrenzungselement in Richtung zur Werkstückoberfläche eine Abschrägung aufweisen, die die Höhe der Plasmapolierfläche bestimmt.

[0041] Eine Mulde oder Abschrägung sollte bevorzugt bei kleinen Innengeometrien und außermittig stehender Katode Verwendung finden, um den Elektrolyten zwangszuführen.

[0042] Werden zum Polieren von Rohren (außen oder innen) Überlaufröhrrchen eingesetzt, bestimmen diese die Höhe des Polierbereiches.

[0043] Die Elektrolytzuführung und das Begrenzungselement sind vorzugsweise miteinander gekoppelt und führen gemeinsam die Relativbewegung zum Werkstück aus.

[0044] Der Elektrolyt wird aus einem Vorratsbecken zugeführt und weist beim Auftreffen auf die Oberfläche des Werkstücks eine Temperatur von 20°C bis 95°C, vorzugsweise 70°C bis 95°C auf. Dazu ist zwischen Vorratsbecken und der Elektrolytzuführung ein Durchlauferhitzer zur Erwärmung des Elektrolyten angeordnet.

[0045] Weiterhin weist die Einrichtung einen Auffangbehälter für den Elektrolyten auf, der über die Durchströmöffnungen abgeleitet wird.

[0046] Zur Absaugung der bei dem Plasmapolierprozess entstehenden Gase weist die Einrichtung eine Abluftvorrichtung auf.

[0047] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0048] **Fig. 1:** dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren

eines Bleches mit waagerechter Elektrolytzuführung,

[0049] [Fig. 2](#): dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren mit einer im Winkel geneigten Elektrolytzuführung,

[0050] [Fig. 3](#): dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren mit einer im Winkel geneigten Elektrolytzuführung, die vor dem Blech eine Rinne aufweist, und einer Anpressrolle als Begrenzungselement,

[0051] [Fig. 4](#): Vorderansicht gem. [Fig. 1](#),

[0052] [Fig. 5](#): Seitenansicht gem. [Fig. 5](#),

[0053] [Fig. 6](#): Einzelheit gem. [Fig. 6](#),

[0054] [Fig. 7](#): Längsschnitt einer Einrichtung zum Innenpolieren eines Rohres mit zentrischer Elektrolytzuführung,

[0055] [Fig. 8](#): Längsschnitt einer Einrichtung zum Innenpolieren eines Rohres mit außermittiger Elektrolytzuführung,

[0056] [Fig. 8a](#): Schnitt A-A gem. [Fig. 8](#),

[0057] [Fig. 9](#): Längsschnitt einer Einrichtung zum Außenpolieren eines Rohres.

[0058] In [Fig. 1](#) ist die dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren eines Werkstücks in Form eines Bleches **1** mit waagerechter Elektrolytzuführung **2** dargestellt. Das Blech **1** ist senkrecht angeordnet und weist an seinem oberen Ende eine Einspannung **3** mit einem Bügel **4** auf. Über die Einspannung **3** wird das Blech **1** anodisch gepolt. In die jeweils beidseitig zum Blech **1** angeordnete Elektrolytzuführung **2** ist jeweils eine Kathode **5** integriert, deren Breite der Breite b des Bleches **1** entspricht. Die Oberseite der Kathode **5** schließt dabei bündig mit der Oberseite der Elektrolytzuführung **2** ab und ist in einem Abstand s zum Blech **1** angeordnet. An jede Seite des Bleches **1** schließt ein plattenförmiges Begrenzungselement **6.1** an, welches zum Blech **1** weitestgehend abdichtet. Die Elektrolytzuführung **2** mit der Kathode **5** kann mit einem über diese hinausragenden Randbereich versehen sein, der eine geforderte Pegelhöhe des Elektrolyten gewährleistet (nicht dargestellt). In [Fig. 1](#) sind vor beiden Kathoden **5** in Richtung zum Blech **1** die zwei Begrenzungselemente **6** angeordnet und zwei beidseitige „Ablaufsperrern“ **8** angebracht, die jeweils mit **2** Schrauben übereinander liegend am plattenförmigen Begrenzungselement **6.1** angeschraubt sind. Diese „Ablaufsperrern“ **8** überragen das Blech **1** dabei beidseitig, damit der ablaufende Elektrolyt E keine Sekundäreffekte auslösen kann. Der Elektrolyt E , der hier durch die Pfeile stilisiert dar-

gestellt wird, fließt über die beiden Elektrolytzuführungen **2**, die beiden Kathoden **5** und über die plattenförmigen Begrenzungselemente **6.1** und strömt somit das Blech **1** beidseitig auf dessen gesamter Breite b über eine Höhe h an und fließt seitlich über die Ablaufsperrern **8** ab. Die Breite b und die Höhe h definieren dabei die Arbeitsfläche des Plasmapolierbereiches. Durch eine Relativbewegung der Einrichtung und des Bleches **1** schreitet die Arbeitsfläche entlang der Längserstreckung des Bleches **1** fort. Bevorzugt wird dabei das Blech **1** am Bügel **4** nach oben gezogen.

[0059] [Fig. 2](#) zeigt die dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren eines Bleches **1** mit einer Elektrolytzuführung **2**, die einen im Winkel α geneigten Bereich **2.1** und einen an das Blech **1** heranreichenden horizontalen Bereich **2.2** aufweist. Die Elektrode **5** ist im horizontalen Bereich **2.2** angeordnet. Hier grenzt der horizontale Bereich **2.2** dichtend an das Blech **1** an und wirkt somit als plattenförmiges Begrenzungselement **6.1**. Zur besseren Einhaltung einer gewünschten Pegelhöhe des Elektrolyten (hier nicht dargestellt) weist der horizontale Bereich **2.2** in Richtung zum Blech **1** eine Abschrägung **9'** auf. Die Abschrägung **9'** bildet in Verbindung mit dem Blech **1** eine Art Mulde, in die der Elektrolyt fließt, wodurch eine gleichmäßige Höhe h des Elektrolyten im Anströmberreich des Bleches **1** gewährleistet wird.

[0060] Es sollte ein Randbereich **7** vorgesehen werden, durch den gewährleistet wird, dass der Elektrolyt nicht unerwünscht abfließt. Weiterhin ist eine seitliche Begrenzung **8** mit zwei Langlöchern und zwei Schrauben verschiebbar am Begrenzungselement **6** und am horizontalen Bereich **2.2** der Elektrolytzuführung **2** angebracht und verhindert praktisch das Auslaufen der „Rinne“ vor dem Blech **1**, die den Elektrolyten anstaut. Der Elektrolyt strömt einfach seitlich über die „Ablaufsperrern“ **8** ab. Alternativ können eine oder mehrere seitliche Öffnungen vorgesehen sein, durch welche der Elektrolyt abfließen kann. Das Blech **1** wird an seinem oberen Ende ebenfalls von einer Einspannung **3** aufgenommen, die mit einem Bügel **4** versehen ist und durch diesen mit einer definierten Vorschubbewegung während des Plasmapolierprozesses nach oben gezogen wird, wodurch ein fortschreitendes Plasmapolieren erzeugt wird.

[0061] Die dreidimensionale Ansicht einer Einrichtung zum beidseitigen selektiven Plasmapolieren eines Bleches **1** mit einer im Winkel α geneigten Elektrolytzuführung **2**, die vor dem Blech **1** eine Rinne **9** aufweist und mit einer Anpressrolle **6.2** als Begrenzungselement ist in [Fig. 3](#) dargestellt. Die Vorderansicht zeigt [Fig. 4](#) und die Seitenansicht [Fig. 5](#). Die Elektrolytzuführung **2** weist einen im Winkel α geneigten Bereich **2.1** und in Richtung zum Blech **1** einen horizontalen Bereich **2.2** auf, wobei zwischen

beiden Bereichen **2.1**, **2.2** eine Rinne **9** ausgebildet ist, die sich mit Elektrolyt füllt, der dann gleichmäßig aus der Rinne **9**, über den horizontalen Bereich **2.2** und die Anpressrollen **6.2** an das Blech **1** strömt. Das Blech **1** wird über die Einspannung **3** und den Bügel **4** hier zum Polieren nach oben geführt, wobei die Anpressrollen **6.2** rotieren und gleichzeitig abdichtend an das Blech **1** gedrückt werden. Die Anpressrollen **6.2** bilden dabei eine Führung des Bleches **1**. Soll nur eine Seite des Bleches **1** poliert werden, wird nur auf dieser Seite ein Elektrolyt zugeführt.

[0062] Die Einzelheit A gem. [Fig. 5](#) auf einer Seite des Bleches ist in [Fig. 6](#) dargestellt. Im vorderen Teil der Elektrolytzuführung **2** ist hier die Kathode **5** in einem Abstand s zum Blech **1** angeordnet. Der Elektrolyt E strömt z. B. über nicht dargestellte Düsen auf den im Winkel α geneigten ersten Bereich **2.1** der Elektrolytzuführung **2**, füllt die Rinne **9** aus und strömt über den horizontalen Bereich **2.2**, die Kathode **5** und die Anpressrolle **6.2** an das Blech **1**. Die Höhe h der Arbeitsfläche reicht dabei von der Berührungsstelle der Anpressrollen **6.2** am Blech **1** bis zu dessen oberen Pegelstand.

[0063] Der Längsschnitt einer Einrichtung zum Innenpolieren eines Werkstücks in Form eines Rohres **10** ist in [Fig. 7](#) dargestellt.

[0064] In das Rohr **10** greift mittig die Elektrolytzuführung **2** ein, in welche eine ringförmige Kathode **5** integriert ist, unter welcher ein scheibenförmiges Begrenzungselement **6.3** angeordnet ist, welches mit dem Ende der Elektrolytzuführung **2** verschraubt ist. Die Kathode **5** weist mehrere radiale Ausströmöffnungen **11** auf. In die Elektrolytzuführung **2** ist eine Längsbohrung **12** eingebracht, die mindestens bis zu den radialen Ausströmöffnungen **11** reicht, so dass der Elektrolyt E über die Längsbohrung **12** und die Ausströmöffnungen **11** auf die Oberseite eines scheibenförmigen Begrenzungselementes **6.3** und somit gegen die Innenfläche des Rohres **10** strömt, welches anodisch gepolt ist. Das scheibenförmige Begrenzungselement **6.3** dichtet zum Innendurchmesser des Rohres **1** ab.

[0065] Zur Gewährleistung einer gewünschten Höhe h der ringförmigen Arbeitsfläche AF an der Innenwand des Rohres **10** weist das scheibenförmige Begrenzungselement **6.3** axial durch dieses hindurchführende Überströmöffnungen **13** auf. Dazu reichen durch das scheibenförmige Begrenzungselement **6.3** Röhrchen **14**, deren Innendurchmesser die Überströmöffnungen **13** bilden. Die Röhrchen **14** reichen über die Oberseite des scheibenförmigen Begrenzungselementes **6.3** hinaus und bilden dadurch in dem Begrenzungselement **6.3** über dessen Oberseite **6.3'** hinausreichende Erhebungen **15**. Die Höhendifferenz zwischen der Oberseite **15.1** der Erhebungen **15** und der Oberseite **6.3'** des Begrenzungselementes **10** definiert dabei den Pegelstand des Elektrolyten E und somit die Höhe h der Arbeitsfläche. Durch Veränderung der Höhendifferenz durch die Verwendung höhenverstellbarer Röhrchen **14** kann die Höhe h verändert werden. Zum Polieren wird z. B. die Einrichtung im Rohr **10** in Pfeilrichtung von oben nach unten bewegt. Der minimale zu polierende Rohrinne Durchmesser d_i wird von dem Durchmesser D_2 der Elektrolytzuführung **2** in Verbindung mit dem Außendurchmesser D_5 der Kathode **5** und vom Abstand s der Kathode **5** zum Rohrinne Durchmesser d_i bestimmt.

[0066] Um einen geringeren Rohrinne Durchmesser polieren zu können, kann die Elektrolytzuführung gem. [Fig. 8](#) und [Fig. 8a](#) auch außermittig in das Rohr **10** eingreifen. Das scheibenförmige Begrenzungselement **6.3** ist dann in Richtung zum Rohrinne Durchmesser über einen begrenzten Umfangsbereich **6.3a** abgesenkt, so dass nur ein Teil des Innenumfanges des Rohres **10** angeströmt wird. Auch hier ist eine Überströmöffnung **13** vorgesehen, die als Durchgangsbohrung eingebracht ist. Die Kathode **5** ist segmentartig ausgebildet und befindet sich in dem abgesenktem Bereich **6.3a**. Zusätzlich weist der abgesenkte Bereich **6.3a** in Richtung zur Rohrinne wand eine abfallende Schräge **9'** auf, in der sich der Elektrolyt E sammelt und die die Höhe h des Polierbereiches bestimmt. Um den Innendurchmesser des Rohres über den gesamten Umfang zu polieren, ist eine Relativedrehung zwischen Rohr **10** einerseits und zwischen Elektrolytzuführung **2** und Begrenzungselement **10** andererseits erforderlich. Zum Polieren eines Höhenbereiches kann diese Bewegung von einer axialen Vorschubbewegung zwischen Rohr **10** und Einrichtung überlagert werden.

[0067] [Fig. 9](#) zeigt eine Einrichtung zum Polieren der Außenfläche eines Rohres **10**. Das Rohr **10** wird von einem ringförmigen Begrenzungselement **6.4** umringt, welches wie das Begrenzungselement in [Fig. 8](#) durch dieses axial hindurchreichende Röhrchen **14** mit Durchströmöffnungen **13** aufweist. Am Außendurchmesser des Begrenzungselementes **2** schließt mit diesem einteilig eine ringförmige Umhausung **14** an, durch deren Wandung wenigstens eine Elektrolytzuführung **2** reicht. Die Kathode **5** sitzt in einer Nut des Begrenzungselementes **6.4** und umringt den Außendurchmesser des Rohres **2** im Abstand s . In Richtung zum Rohr **10** weist das ringförmige Begrenzungselement **6.4** eine abfallende Schräge **9'** auf. Zwischen dem Rohr **10** und dem Begrenzungselement **2** ist eine Dichtung **16** in Form eines O-Rings vorgesehen. An die Oberseite der ringförmigen Umhausung **15** schließt sich in Richtung zum Rohr **10** ein obere Abschluss **17** an, der am Rohr **10** ebenfalls über eine zweite Dichtung **16'** in Form eines O-Rings abdichtet und zu einer verbesserten Führung beiträgt. In dem oberen Abschluss **16** befinden sich Öffnungen **18**, um das Entweichen des entstehenden

Prozessgases zu gewährleisten.

[0068] Generell sollte immer der Abstand s zwischen Kathode **5** und Blech **1** zwischen 8 und 15 mm liegen, wobei die Anströmfläche \leq der überströmten Kathodenfläche ist. Bei einer zu polierenden Breite b des Bleches **1** muss nach dieser Bedingung die Höhe h gewählt werden. Die Polierzeit einer Arbeitsfläche sollte bei 5–20 Sekunden liegen, woraus sich die Vorschubgeschwindigkeit ergibt.

[0069] In allen beschriebenen Ausführungsbeispielen sind die Elektrolytzuführung **2** und die Begrenzungselement **6.1**, **6.2**, **6.3**, **6.4** potentialfrei ausgebildet und bestehen z. B. aus PTFE.

[0070] Auf die Darstellung der Anschlüsse des Bleches **1** und der Kathode **5** wurde in den Ausführungsbeispielen verzichtet.

[0071] Neben den Ausführungsbeispielen ist es auch möglich, andere Werkstückformen partiell durch Plasmapolieren zu bearbeiten.

[0072] Es sollte weiterhin über der Einrichtung eine Absaugung installiert werden und unter dieser ein Auffangbehälter für den verbrauchten Elektrolyten vorgesehen werden (nicht dargestellt).

[0073] Über eine Stromversorgung wird zwischen der Kathode und dem Werkstück bevorzugt eine Gleichspannung von 180 V bis 340 V eingestellt. Der sich dabei einstellende Polierstrom wird durch die Flächenstromdichte- welche durch die Prozessbedingungen vorgeben ist und ca. $0,10 \text{ A/cm}^2$ bis $0,7 \text{ A/cm}^2$ beträgt- sowie durch die eingestellte Spannung bestimmt. Der Temperaturbereich sollte sich zwischen 70 bis 95°C bewegen, um den bestmöglichen Polier-effekt zu erzielen. Bevorzugt erfolgt der Anschluss an das Drehstromnetz mit vorzugsweise 400 V. Optional ist der Anschluss an ein Standardstromnetz mit 230 V. Wahlweise sind auch andere Stromversorgungen, z. B. unter Verwendung von Wechselspannung geschalteter oder modulierter Gleichspannung oder impulsförmiger Gleichspannung möglich. Das Plasmapolieren ähnelt dem elektrochemischen Polieren, erreicht aber einen höheren Glanzgrad. Weiterhin sind beim Plasmapolieren weitaus weniger Chemikalien nötig. So enthält das Elektrolytbad nur geringe Mengenteile von in Wasser gelösten Salzen. Das Plasmapolieren ist ein umweltfreundliches Verfahren, da ausschließlich nichttoxische Chemikalien in niedriger Konzentration verwendet werden.

[0074] Die Besonderheiten dieses Verfahren bestehen darin, dass die Metallteile (z. B. Edelstahl, Titan, Titanlegierungen, Buntmetall, Gusswerkstoffe, niedrig und unlegierte Stähle) während des Polierens keiner höheren Temperatur als 110°C ausgesetzt sind, dass plasmapolierte Edelstähle einen um 50% ver-

besserten Korrosionsschutz gegenüber dem Ausgangszustand (in Meerwasser) aufweisen, dass Rauheitswerte $R_a < 0,05 \mu\text{m}$ erreichbar sind und dass die Abtragsraten je nach Material durchschnittlich ca. $1\text{--}5 \mu\text{m/min}$ betragen. Metallische Bauteile können schnell und qualitativ hochwertig in Rauheit und Glanz bearbeitet werden.

[0075] Als Elektrolyt wird bevorzugt Wasser mit darin gelösten Ammoniumsalzen eingesetzt. Die Elektrolytlösung hat einen pH-Wert von 2,0 bis 7,0, insbesondere von 5,1 bis 7,0. Das Plasmapolieren wird je Arbeitsfläche über einen Zeitraums von 0,1 bis 2 min und bei einer Stromdichte von $0,1$ bis $0,7 \text{ A/cm}^2$ durchgeführt, wobei eine Spannung von 180 bis 400 V, insbesondere von 310 bis 370 V, angelegt wird.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10207632 A1 [\[0002\]](#)
- DE 60011125 T2 [\[0005\]](#)

Schutzansprüche

1. Einrichtung zum Plasmapolieren unter Verwendung eines flüssigen Elektrolyts mit einem anodisch gepoltem Werkstück und einem zumindest im Polierbereich kathodisch gepolten Elektrolyt sowie einer Elektrolytzuführung, wobei die Elektrolytzuführung den Elektrolyt an eine begrenzte Anströmfläche der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks heranzuführt und die Anströmfläche den Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung an die zu polierende Oberfläche des Werkstücks angrenzt.

3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung in einem Abstand zu der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks angeordnet ist und dass der Elektrolyt den Abstand überbrückend die Oberfläche des Werkstücks an der Anströmfläche anströmt.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und das Werkstück relativ zueinander bewegbar sind.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anströmfläche in Verbindung mit der Relativbewegung einen fortschreitenden Plasmapolierbereich der Oberfläche des Werkstücks definiert.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zu polierende Oberfläche des Werkstücks in einem von der Horizontalen abweichenden Winkel ausgerichtet ist.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zu polierende Oberfläche des Werkstücks im Wesentlichen senkrecht ausgerichtet ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt die Oberfläche seitlich anströmt.

9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt die Oberfläche horizontal anströmt.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe und die Breite der Anströmfläche die Arbeitsfläche des Plasmapolierbereiches definieren.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsfläche in Verbindung mit dem Betrag der Relativbewegung

die Gesamtfläche des Plasmapolierbereiches definiert.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe und/oder die Breite der Anströmfläche einstellbar ist.

13. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Elektrolytzuführung und dem Werkstück ein Begrenzungselement in Wirkverbindung steht, welches den Elektrolyt auf die Höhe der Anströmfläche anstaut.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement unterhalb und/oder seitlich zur Elektrolytzuführung angeordnet ist und bis an die Oberfläche des Werkstücks reicht und zu dieser weitestgehend abdichtet.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement Überströmöffnungen für den Elektrolyten aufweist.

16. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement der Form der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks angepasst sind.

17. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement während der Relativbewegung der Form der zu polierenden Oberfläche des Werkstücks nachführbar sind.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung potentialfrei ist.

19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Kathode aufweist, die den Elektrolyt kathodisch polt.

20. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt über die Kathode strömt und dadurch kathodisch gepolt wird.

21. Einrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode in die Elektrolytzuführung integriert ist.

22. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand der Kathode zur Oberfläche des Werkstücks 8 bis 17 mm beträgt.

23. Einrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Anströmfläche

des anodisch gepolten Werkstücks 5 der überströmten Kathodenfläche ist.

24. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass sich bei einer Ausbildung des Werkstücks in Form eines Bleches die Elektrolytzuführung über die gesamte zu polierende Blechbreite erstreckt und dass das Begrenzungselement sich von der Elektrolytzuführung oder von einem Bereich unterhalb der Elektrolytzuführung bis an das Blech erstreckt.

25. Einrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement leisten- oder plattenförmig ausgebildet ist.

26. Einrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement in Form einer Anpressrolle ausgebildet ist.

27. Einrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement wenigstens eine Überströmöffnung für das Abfließen des Elektrolyten aufweisen oder dass zwischen Elektrolytzuführung und Begrenzungselement wenigstens eine Überströmöffnung angeordnet ist.

28. Einrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Bereich, in dem sich die Überströmöffnung befindet, seitlich über das Blech hinausragt.

29. Einrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass beidseitig zum Blech eine Elektrolytzuführung und ein Begrenzungselement angeordnet sind, so dass gleichzeitig beide Blechseiten polierbar sind.

30. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausbildung eines Werkstücks in Form eines Rohres mit einer zu polierenden innen liegenden Oberfläche die Elektrolytzuführung in das Rohr eingreift und das Begrenzungselement am Innendurchmesser des Rohres angrenzt.

31. Einrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung zentrisch oder außermittig im Rohr angeordnet ist.

32. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass bei Ausbildung eines Werkstücks in Form eines Rohres mit einer zu polierenden außen liegenden Oberfläche die Elektrolytzuführung außerhalb des Rohres angeordnet ist und das Begrenzungselement am Außendurchmesser des Rohres angrenzt.

33. Einrichtung nach Anspruch 32, dadurch ge-

kennzeichnet, dass das Begrenzungselement den Außendurchmesser des Rohres umringt.

34. Einrichtung nach einem der Ansprüche 32 und 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung den Außendurchmesser des Rohres umringt.

35. Einrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine zylinderförmige Außenwandung aufweist.

36. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung ein oder mehrere radiale Ausströmöffnungen aufweist.

37. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement unterhalb der Elektrolytzuführung angeordnet ist und ein oder mehrere Überströmöffnungen aufweist, die durch dieses in axialer Richtung hindurchreichen.

38. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass jede Überströmöffnung in Richtung zur Elektrolytzuführung in einer Erhebung mündet, wobei der Höhenunterschied zwischen der Oberseite der Erhebung und der an der Rohrwandung anliegenden/abdichtenden Kante des Begrenzungselementes den Pegel des Elektrolyten über dem Begrenzungselement und somit die Höhe (S2) der Anströmfläche/des Plasmapolierbereiches bestimmt.

39. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseite des Begrenzungselementes horizontal ausgerichtet ist und ein ringförmiger Plasmapolierbereich am Innendurchmesser und/oder am Außendurchmesser des Rohres ausgebildet wird.

40. Einrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberseite des Begrenzungselementes so geformt ist, dass nur über einen Teil des Innendurchmessers oder Außendurchmessers des Rohres angeströmt wird.

41. Einrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (Rohr) und das Begrenzungselement relativ zueinander drehbar und/oder in Richtung zur Längsachse des Werkstücks bewegbar sind.

42. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement potenzialfrei ist.

43. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass das Begren-

zungselement aus einem nichtleitenden Werkstoff besteht. gekoppelt sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

44. Einrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement aus PTFE (Polytetrafluorethen) besteht oder mit diesem ummantelt ist.

45. Einrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement aus nicht leitendem Faserverbundwerkstoff oder Keramik besteht oder damit ummantelt ist.

46. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Begrenzungselement in Richtung zur Werkstückoberfläche eine Dichtlippe aufweist.

47. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt aus einem Vorratsbecken zugeführt wird.

48. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Elektrolyten beim Auftreffen auf die Oberfläche des Werkstücks 20°C bis 95°C beträgt.

49. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Vorratsbecken und der Elektrolytzuführung ein Durchlauferhitzer zur Erwärmung des Elektrolyten angeordnet ist.

50. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass ein Auffangbehälter für den Elektrolyten vorgesehen ist.

51. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Abluftvorrichtung aufweist.

52. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 51, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und/oder das Begrenzungselement in Richtung zur Werkstückoberfläche eine Mulde oder Abschrägung aufweist.

53. Einrichtung nach einem Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Mulde ein gleichmäßiges Anströmen der Werkstückoberfläche durch den Elektrolyt gewährleistet.

54. Einrichtung nach einem Anspruch 51 oder 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschrägung die Höhe der Plasmapolierfläche bestimmt.

55. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolytzuführung und das Begrenzungselement miteinander

Anhängende Zeichnungen

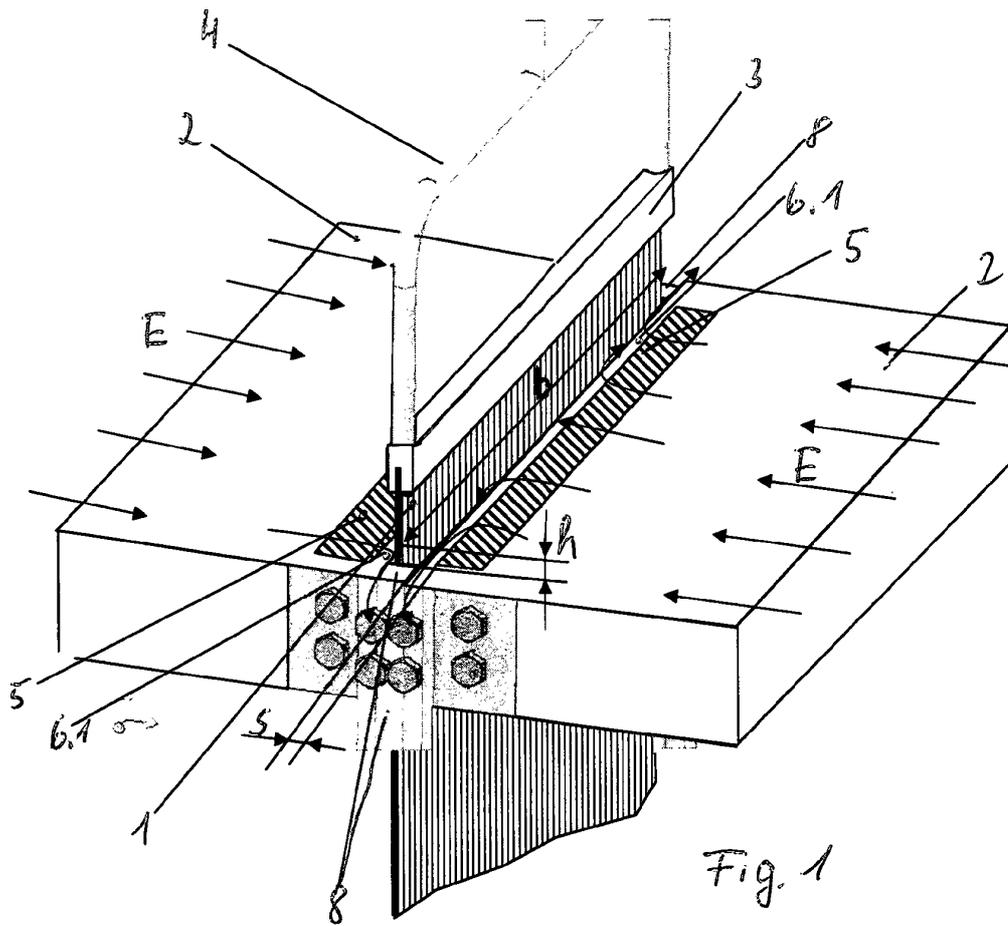


Fig. 1

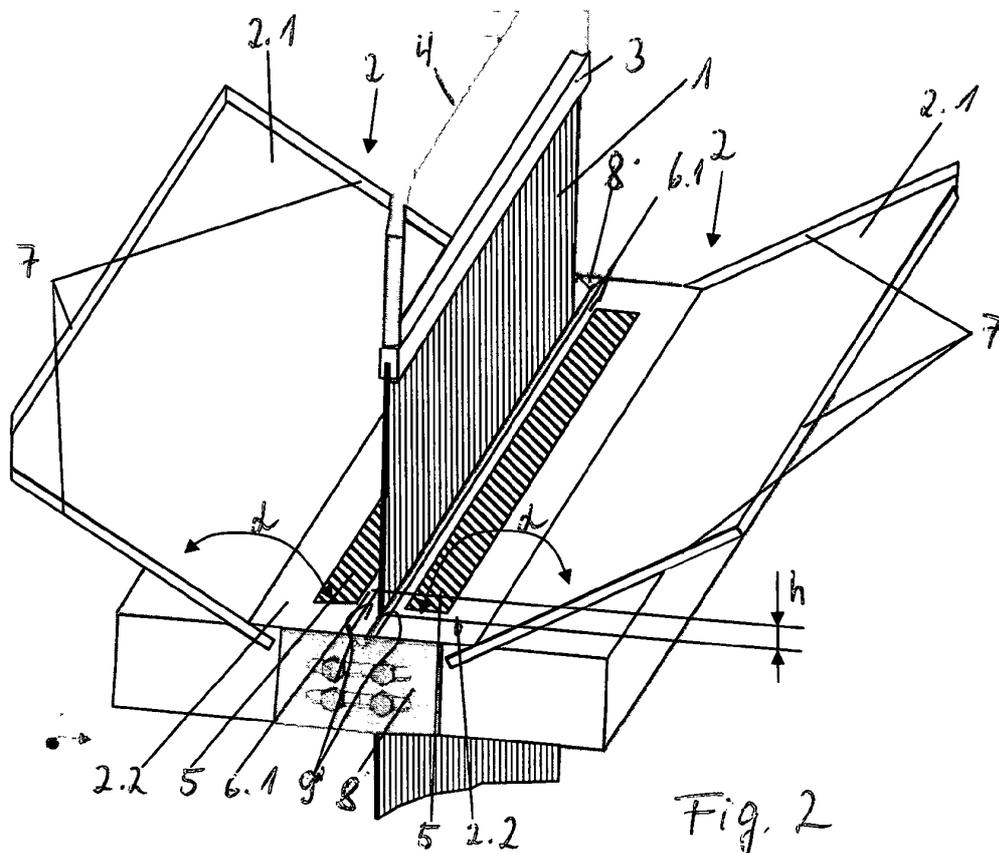


Fig. 2

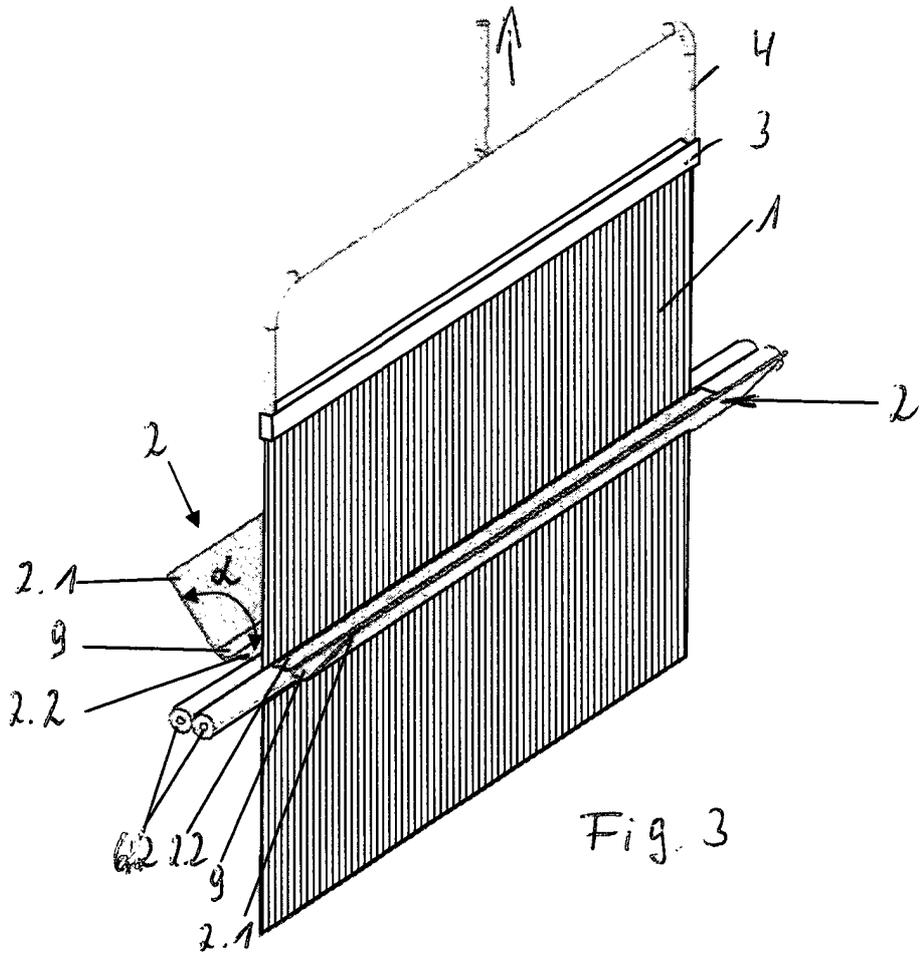


Fig. 3

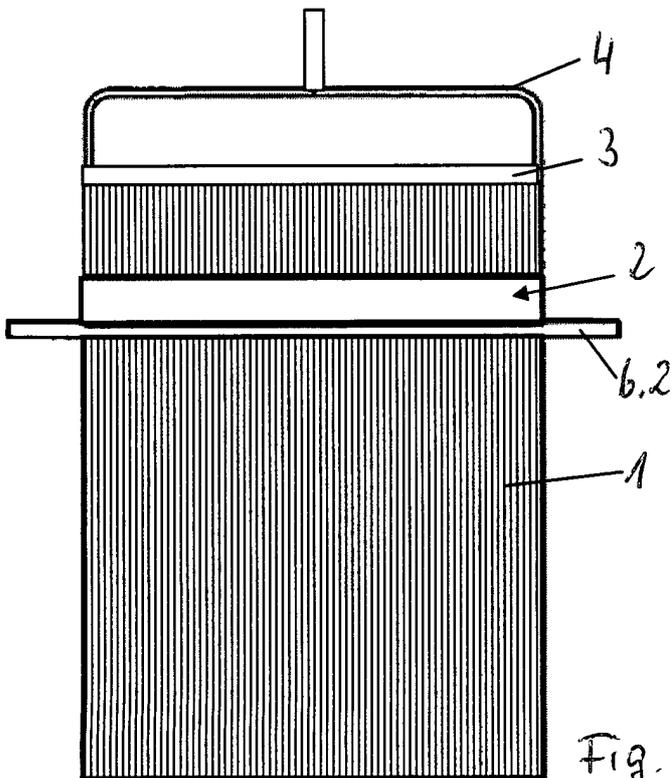


Fig. 4

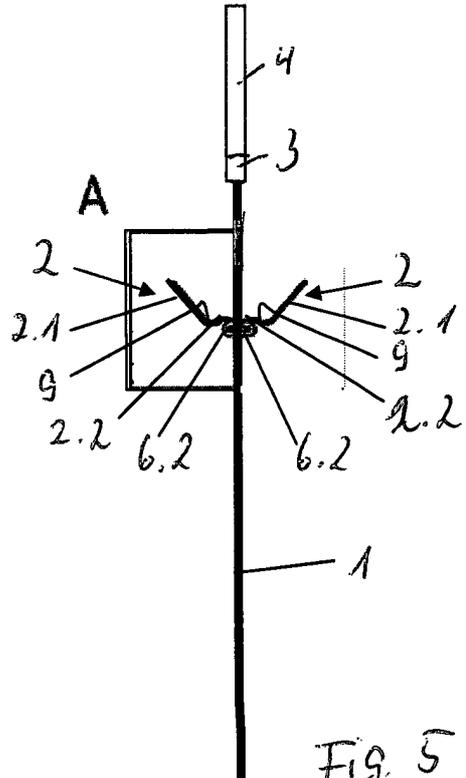


Fig. 5

Einzelheit A

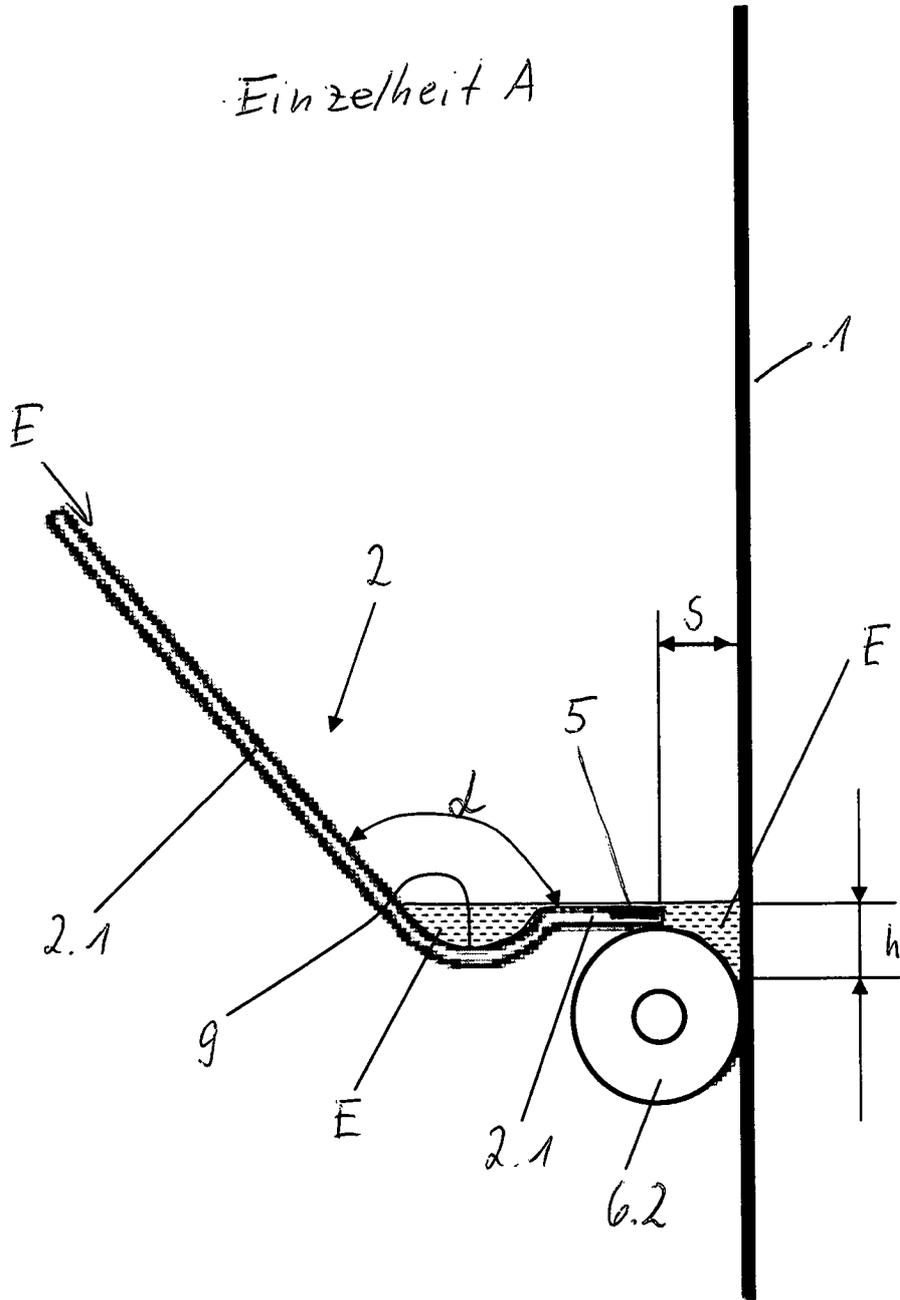


Fig. 6

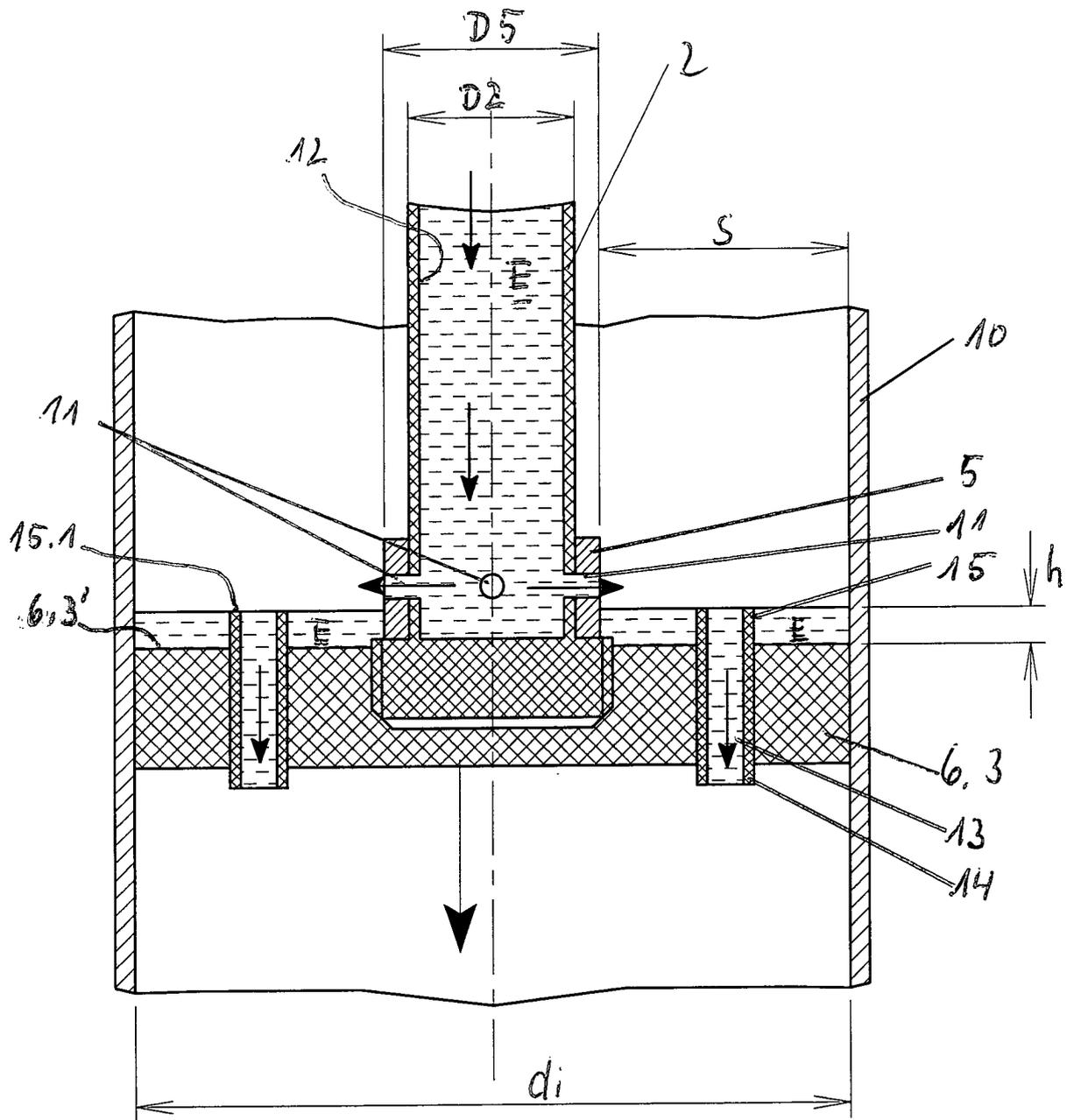


Fig. 7

