



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.08.2015 Patentblatt 2015/35**

(51) Int Cl.:  
**C25D 17/02 (2006.01)** **C25D 21/10 (2006.01)**  
**C25D 21/18 (2006.01)** **C25D 11/04 (2006.01)**  
**C25D 11/00 (2006.01)** **C25D 7/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **14159103.2**

(22) Anmeldetag: **12.03.2014**

(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**

• **Belov, Sergei Nicolaewich**  
**123182 Moskau (RU)**

(72) Erfinder:

• **Schaaf, Harry Igor**  
**77836 Rheinmünster (DE)**  
• **Belov, Sergei Nicolaewich**  
**123182 Moskau (RU)**

(30) Priorität: **30.01.2014 DE 102014101175**

(71) Anmelder:

• **Schaaf, Harry Igor**  
**77836 Rheinmünster (DE)**

(74) Vertreter: **Ege & Lee Patentanwälte**  
**Panoramastrasse 27**  
**77815 Bühl (DE)**

(54) **Galvanische Beschichtungsanlage und Verfahren zu deren Betrieb**

(57) Die Erfindung betrifft eine galvanische Beschichtungsanlage und ein Verfahren zu deren Betrieb zur Beschichtung einer Oberfläche eines als Arbeitselektrode geschalteten Werkstücks mittels einer auf die jeweilige zu erstellende Schicht abgestimmten, in einem Vorratsbehälter vorgehaltenen Arbeitslösung mit einer Beschichtungssubstanz vorgegebener Konzentration und Beschaltung des Werkstücks gegen eine Gegene-

lektrode über eine vorgegebene Beschichtungsdauer. Um die Beschichtung schnell und effektiv vornehmen zu können, ist mittels einer durch Umwälzen der Arbeitslösung über zumindest eine Zuleitung und zumindest eine Ableitung an der Oberfläche eine vorgegebene Strömung der Arbeitslösung zur Einstellung derselben Konzentration der Beschichtungssubstanz wie im Volumen der Arbeitslösung eingestellt.

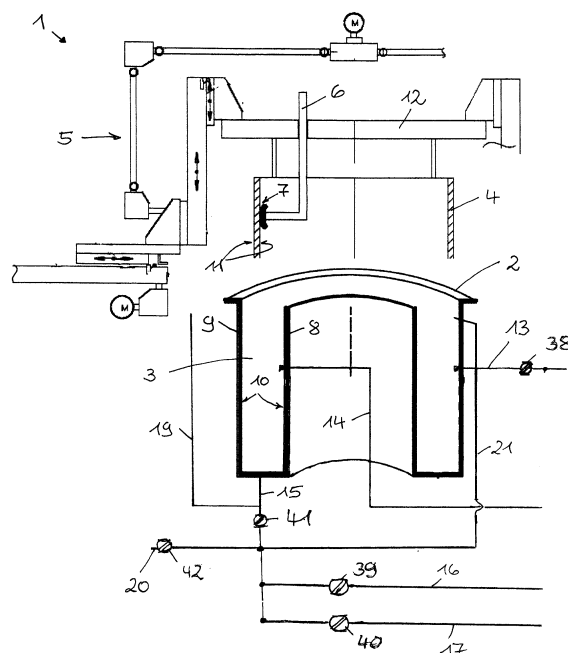


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine galvanische Beschichtungsanlage und ein Verfahren zu deren Betrieb zur Beschichtung einer Oberfläche eines als Arbeitselektrode geschalteten Werkstücks mittels einer auf die jeweilige zu erstellende Schicht abgestimmten, in einem Vorratsbehälter vorgehaltenen Arbeitslösung mit einer Beschichtungssubstanz vorgegebener Konzentration und Beschaltung des Werkstücks gegen eine Gegenelektrode über eine vorgegebene Beschichtungsdauer.

**[0002]** Zur galvanischen Beschichtung von Werkstücken wird in einer Wanne ein Elektrolyt vorgelegt und zwischen einer Gegenelektrode und einem Werkstück eine Spannung angelegt, so dass sich je nach Zusammensetzung des Elektrolyts, der angelegten Spannung und den elektrochemischen Eigenschaften des Werkstücks infolge des zwischen Gegenelektrode und dem Werkstück fließenden Stroms an dem Werkstück eine Schicht abscheidet. Hierbei kann ein an sich für die Beschichtung eines entsprechenden Werkstücks ungeeigneter Stoff beschichtet werden, indem zuerst eine oder mehrere Vermittlerschichten aufgebracht und/oder konditionierende Verfahrensschritte vorgesehen werden. Zwischen zwei Beschichtungsschritten werden dabei entsprechende Spülvorgänge des Werkstücks vorgenommen. Beispielsweise kann auf einem Werkstück aus Aluminium eine stabile Kupferschicht aufgebracht werden, indem zuvor eine Nickelschicht aufgebracht wird. Dazwischen sind entsprechende Reinigungs- und Konditionierschritte vorgesehen. Um einen Beschichtungsvorgang mit mehreren Beschichtungsschritten seriell durchführen zu können, wird in Reihe oder wie beispielsweise aus der DE 29 44 401 A1 bekannt - kreisförmig eine entsprechende Anzahl von Arbeitsbehältern aufgestellt, zwischen denen mittels einer das Werkstück oder eine Folge von Werkstücken von einem Arbeitsbehälter in den nächsten Arbeitsbehälter transportierenden Transporteinrichtung die Folge der notwendigen Beschichtungs- und Behandlungsschritte seriell abgearbeitet wird. Hierbei ist jeder Arbeitsbehälter mit der diesem Behandlungsschritt entsprechenden Flüssigkeit - Elektrolyt, Spüllösung, Konditionierlösung und dergleichen - befüllt und muss über eine entsprechende Versorgung, beispielsweise mit einem Rührwerk, welches nur eine unzureichende Durchmischung des Elektrolyts in dem Arbeitsbehälter ermöglicht, gegebenenfalls einer Heizeinrichtung, Zu- und Abläufen zur Befüllung und Entleerung versehen werden. Insbesondere bei großen Werkstücken, beispielsweise Teilen von Flugzeugtriebwerken, Turbinenteilen und dergleichen, sind Aufwand und Raumbedarf, insbesondere lateraler Raumbedarf für die bereitzuhaltende Anzahl von Arbeitsbehältern sowie die Transporteinrichtung groß, so dass der Aufwand unter anderem auch für die diese umgebenden Gebäude und Gebäudeflächen sehr groß ist. Desweiteren verändern sich die Inhalte der Arbeitsbehälter über dessen Betrieb laufend, so dass beispielsweise durch Schlammabfalle

die Arbeitsbehälter in vorgesehenen Abständen gereinigt und die Anlage während dieser Zeit stillgelegt werden muss. Weiterhin treten durch die Schlammabfälle hohe Belastungen zur Entsorgung auf.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist daher, eine galvanische Beschichtungsanlage und ein Verfahren zu deren Betrieb vorzuschlagen, die eine effizientere und schnellere Beschichtung der Werkstücke ermöglichen und weniger Industrieabfall verursachen.

**[0004]** Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 1 und die Merkmale des Verfahrens gemäß Anspruch 13 gelöst. Die von diesen abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen des Gegenstands und des Verfahrens wieder.

**[0005]** Die vorgeschlagene galvanische Beschichtungsanlage dient der Beschichtung einer Oberfläche eines als Arbeitselektrode geschalteten Werkstücks beliebiger Gestalt. Die Beschichtung erfolgt mittels eines oder mehrerer Beschichtungsvorgänge und gegebenenfalls vor-, zwischen oder nachgeschalteter Konditionierungs-, Reinigungsvorgänge und/oder dergleichen mittels einer auf die jeweilige zu erstellende Schicht und den Beschichtungsprozess abgestimmten Arbeitslösung. Die Arbeitslösung wird bevorzugt in einem von den chemischen Eigenschaften und dessen physikalischen Eigenschaften wie Temperatur, Dichte und Volumen abgestimmten Vorratsbehälter, beispielsweise aus Polypropylen (PP), Polyvinylidenfluorid (PVDF) oder dergleichen vorgehalten. Weitere Vorratsbehälter können der Bereithaltung der Konditionierungs- und Reinigungslösung dienen.

**[0006]** Die Arbeitslösung enthält die Beschichtungssubstanz in vorgegebener Konzentration. Unter Beschichtungssubstanz sind beispielsweise Metallsalze, Substrate, die eine Beschichtung durch Oxidation der Oberfläche bewirken, beispielsweise eine Eloxierung oder dergleichen zu verstehen. Das Werkstück wird als Arbeitselektrode gegen eine Gegenelektrode, bevorzugt eine chemisch inerte Gegenelektrode aus Edelstahl, Titan oder dergleichen geschaltet, so dass der gesamte Stoffumsatz der Beschichtung aus der Arbeitslösung gewonnen wird. Je nach Art der Ausbildung der Beschichtung - kathodisch oder anodisch - wird die Arbeitselektrode als Kathode oder Anode und die Gegenelektrode entsprechend als Anode oder Kathode beschaltet. In besonders vorteilhafter Weise ist der Arbeitsbehälter selbst, eine stromleitend ausgebildete Innenwanne, ein anderer mit der Arbeitslösung in elektrolytischem Kontakt stehender Teil des Arbeitsbehälters oder dergleichen als Gegenelektrode ausgebildet. Desweiteren können Gegenelektroden beispielsweise in einen Arbeitsbehälter, eine Zu- oder Ableitung integriert sein.

**[0007]** Zur Erzielung einer bevorzugt kompletten Beschichtung ist eine vorgegebene Beschichtungsdauer vorgesehen, die abhängig von der vorgesehenen Schichtdicke, der Vollständigkeit der Beschichtung, der Fläche des zu beschichtenden Werkstücks und dergleichen von Hand oder abhängig von elektrischen Größen

automatisiert eingestellt wird.

**[0008]** Zur Erzielung schneller Beschichtungszeiten, einer vollständigen und qualitativ hochwertigen Beschichtung und einem zu vernachlässigenden elektrolytischen Abfall wie beispielsweise Elektrodenschlamm ist ein Umwälzen der Arbeitslösung derart vorgesehen, dass über zumindest eine Zuleitung und zumindest eine Ableitung an der zu beschichteten Oberfläche eine vorgegebene Strömung der Arbeitslösung eingestellt ist, die zur Einstellung derselben Konzentration der Beschichtungssubstanz an der zu beschichtenden Oberfläche wie im Volumen wie Hauptmasse der Arbeitslösung (bulk) führt. Dies bedeutet, dass der an der Oberfläche durch Beschichtung entstehende Gradient der Konzentration von der Oberfläche in ein mittleres Volumen der Arbeitslösung im Wesentlichen durch die eingestellte Strömung abgebaut wird. Durch den Abbau des Gradienten steht der Oberfläche eine effektive Konzentration der Beschichtungssubstanz zur Verfügung und die Reaktionsprodukte der Beschichtung werden durch die vorgeschlagene Anströmung der Oberfläche effektiv abgeführt, so dass die Beschichtungsgeschwindigkeit steigt, und die Beschichtung qualitativ hochwertig ausgebildet wird. Die Umwälzung der Arbeitslösung kann in einem verkürzten Kreislauf unter Ausschluss des Vorratsbehälters oder unter Integration des Vorratsbehälters erfolgen. Insbesondere bei großen Oberflächen und/oder kleinen Arbeitslösungsvolumina kann es vorteilhaft sein, zur Vermeidung eines größeren Konzentrationsabfalls der Beschichtungssubstanz während der Umwälzung den Vorratsbehälter in den Kreislauf einzubeziehen.

**[0009]** Hierbei kann durch die Umwälzung je nach zu beschichtendem Werkstück beziehungsweise dessen zu beschichtender Oberfläche eine laminare oder eine turbulente Strömung an der Oberfläche erzeugt werden. Dabei kann eine Heranführung der Arbeitslösung an die Oberfläche in einem zu der Oberfläche spitzen Winkel, bevorzugt kleiner  $30^\circ$ , besonders bevorzugt  $15^\circ$  zur Oberfläche vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich können die Zuleitungen der Arbeitslösung in einem entsprechend spitzen Winkel in einer gegenüber der Oberfläche beabstandeten Wandung eines Arbeitsbehälters vorgesehen sein. Dies kann insbesondere in einem runden Arbeitsbehälter zu einer im Wesentlichen tangentialen Beschleunigung des Arbeitsvolumens führen, so dass die beabstandete Oberfläche mit hoher Relativgeschwindigkeit und damit der Strömung zur Einstellung derselben Konzentration an Beschichtungssubstanz wie im Volumen der Arbeitslösung angeströmt ist.

**[0010]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann mittels zumindest zweier, gegeneinander gerichteter Zuleitungen eine turbulente, bevorzugt dreidimensionale Verwirbelung der Arbeitslösung vorgesehen sein. Hierbei können die Zuleitungen so gegeneinander gerichtet sein, dass eine turbulente Strömung in einem beispielsweise in dem Arbeitsbehälter aufgenommenen Arbeitslösungsvolumen in dem Maße erzeugt wird, dass an der Oberfläche eine ausreichende Anströmung vor-

handen ist, um die sich die durch elektrochemische Umsetzung verringernde Konzentration des Beschichtungssubstrats an der zu beschichtenden Oberfläche konstant und der Konzentration des Mittels der Arbeitslösungsvolumens entsprechend auszugleichen. Beispielsweise kann bei einem ringförmigen Werkstück mit beidseitig zu beschichtender Oberfläche vorgesehen sein, an beiden Seiten des Werkstücks eine Zuleitung zur spitzwinkligen Einströmung der Arbeitslösung auszubilden, wobei die beiden Teilströme der beiden Seiten des Werkstücks gegenläufig ausgebildet sind, so dass insgesamt eine turbulente Strömung bei einem Aufeinandertreffen der Teilströme, beispielsweise oberhalb und unterhalb des Hohlzylinders des Werkstücks in dem Arbeitsbehälter ausgebildet wird. Hierbei kann zusätzlich von Vorteil sein, wenn in einem das Werkstück aufnehmenden Arbeitsbehälter zwischen unterschiedlichen Positionen, bevorzugt unterschiedlichen hydrostatischen Höhen eine Verbindungsleitung vorgesehen ist. Hierdurch erfolgt neben einer Ausbildung von Turbulenzen in einer Ebene eine Übertragung der Turbulenzen auf die hydrostatische Höhe des Arbeitsbehälters, so dass eine besondere effiziente dreidimensionale turbulente Anströmung der Außen- und Innenoberfläche des hohlzylindrischen Werkstücks ausgebildet ist.

**[0011]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform bildet zur Beschichtung einer innerhalb des Werkstücks vorgesehenen Oberfläche das Werkstück den Arbeitsbehälter selbst. Zur Erzeugung einer Anströmung der Oberfläche zur Verringerung oder Eliminierung des Konzentrationsgradienten zwischen Oberfläche und Volumen der Arbeitslösung ist eine die notwendige Anströmung der Oberfläche eingestellte Umwälzung der Arbeitslösung vorgesehen. Hierbei ist das Werkstück ebenfalls als Arbeitselektrode ausgebildet. Die Gegenelektrode kann in den Innenraum des Werkstücks eingebracht oder außen, beispielsweise an der Zu- und/oder Ableitung an gegenüber dem Werkstück isolierten Anschlussstücken oder dergleichen angeordnet sein.

**[0012]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann eine galvanische Beschichtungsanlage in der Weise vorgesehen sein, dass zur Beschichtung einer vorgegebenen Oberfläche des Werkstücks ein die Oberfläche bedeckender und nach außen abdichtender Arbeitsbehälter mit zumindest einer Zuleitung und zumindest einer Ableitung vorgesehen ist. Der Arbeitsbehälter kann beispielsweise haubenförmig ausgebildet sein und die komplette Oberfläche oder einen Teil dieser bedecken, so dass Teilbeschichtungen der Oberfläche eines Werkstücks vorgenommen werden können. In dem Arbeitsbehälter kann die Gegenelektrode integriert sein oder bei entsprechender Isolierung gegenüber dem Werkstück kann der komplette Arbeitsbehälter als Gegenelektrode dienen.

**[0013]** Die galvanische Beschichtungsanlage kann zur Automatisierung des Beschichtungsprozesses mehrerer nacheinander zu beschichtender Werkstücke mit einer Werkstückwechseleinrichtung und zumindest einer, zu-

mindest einen vorgegebenen Teil der Oberfläche beschichtenden Beschichtungseinrichtung mit einem den vorgegebenen Teil beinhaltenden Arbeitsbehälter und zumindest einer Zuleitung und zumindest einer Ableitung versehen sein. Hierbei kann vorgesehen sein, dass die Werkstücke von der Werkstückwechseleinrichtung zu- und abgeführt werden. Je nach Ausbildung und Anzahl der einfach oder mehrfach zu beschichtenden Oberflächen eines Werkstücks können mehrere Beschichtungseinrichtungen für eine oder mehrere außerhalb und/oder innerhalb des Werkstücks vorgesehene Oberflächen eingerichtet werden. Hierbei können beispielsweise mehrere Werkstücke zugleich beschichtet werden und/oder mehrere Beschichtungen an einer oder mehreren Oberflächen ausgebildet werden. Vorteilhaft kann hierbei ein Karussellsystem sein, bei dem kreisförmig Werkstücke zugeführt und abgeführt werden, so dass ein kontinuierlicher Beschichtungstakt eingerichtet werden kann. Die vorgeschlagenen Arbeitsbehälter beispielsweise in Form von an die Oberfläche eines Werkstücks angelegten Hauben können dabei automatisiert an die Oberflächen oder Werkstücke angelegt werden. Bei stehenden Arbeitsbehältern können die Werkstücke nacheinander in den Arbeitsbehälter getaucht werden. Dabei kann ein einziger Arbeitsbehälter vorgesehen sein, bei dem während mehrerer Beschichtungsschritte und/oder Reinigungs- und/oder Konditionierungsschritte die jeweilige Arbeitslösung gewechselt wird.

**[0014]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform einer galvanischen Beschichtungsanlage sind zwischen einem Vorratsbehälter und dem Arbeitsbehälter zumindest zwei an unterschiedlichen geometrischen Positionen des Arbeitsbehälters angeordnete Zuleitungen und zumindest eine Ableitung vorgesehen, wobei zur Befüllung des Arbeitsvolumens an den Zuleitungen ein Volumenstrom vom Vorratsbehälter in Richtung Arbeitsbehälter, zur Entleerung des Arbeitsvolumens ein Volumenstrom vom Arbeitsbehälter zum Vorratsbehälter und während der Beschichtungsdauer zwei Zuleitungen mit oder ohne Einschaltung des Vorratsbehälters in einen Kreislauf mit unterschiedlichen Richtungen in den Arbeitsbehälter einströmender Volumenströme geschaltet sind. Mittels der beiden in Richtung des Arbeitsbehälters geschalteten Volumenströme wird eine besonders schnelle Befüllung des Arbeitsbehälters erzielt, während durch Umschaltung der Volumenströme ein besonders schnelles Entleeren des Arbeitsbehälters möglich ist. Während der Beschichtungsdauer kann durch Verschließen der Ableitungen und Umwälzen der Arbeitslösung mittels der gegeneinander geschalteten Volumenströme eine besonders gute Umwälzung der Arbeitslösung in dem Arbeitsbehälter erzielt werden. Soll die Konzentration der Beschichtungssubstanz, eine erhöhte Temperatur der Arbeitslösung und dergleichen in effizienter Weise aufrecht erhalten werden, kann der Vorratsbehälter in den Kreislauf der Zuleitungen eingeschaltet werden. Hierbei können jeder Zuleitung eine bezogen auf einen Volumenstrom bidirektional beschaltbare Pumpe und zwischen Zulei-

tungen und Ableitungen Schaltventile vorgesehen sein, die die entsprechenden Volumenströmungen und deren Wechsel ermöglichen.

**[0015]** In bevorzugter Weise kann ein einziger Arbeitsbehälter vorgesehen werden, bei dem die Badflüssigkeiten wie Arbeitslösungen - soweit notwendig - von Bearbeitungsschritt zu Bearbeitungsschritt gewechselt werden. Infolge dieses Wechsels des kinematischen Ablaufs kann mittels nur eines einzigen Arbeitsbehälters und im Wesentlichen frei zu diesem anordenbaren Vorratsbehältern wesentlicher Raumbedarf eingespart werden, zumindest aber aufgrund der von der vereinfachten Transporteinrichtung nicht mehr kinematisch vorgegebenen Anordnung abgewichen werden, so dass insgesamt eine günstigere Staffelung der erforderlichen Volumina ermöglicht wird. Weiterhin können durch die Einsparung von gegenüber Vorratsbehältern teuren Arbeitsbehältern Kosten gespart werden. Der Arbeitsbehälter kann Röhren- oder Becherform aufweisen. In besonders vorteilhafter Weise können bei einem Umbau einer konventionellen galvanischen Beschichtungsanlage mit mehreren Arbeitsbehältern diese als Vorratsbehälter weiterverwendet werden und beispielsweise geodätisch über diesen raumsparend angeordnet werden. Weiterhin können vorhandene Elektrolyte in der Regel weiterverwendet werden.

**[0016]** Die mit dem Arbeitsbehälter in Verbindung stehenden Vorratsbehälter enthalten die für einen Bearbeitungsschritt notwendigen, jeweils das betreffende Medium im Badbehälter bildenden Arbeitslösungen, beispielsweise eine Elektrolytlösung, eine Spüllösung oder ein Spülmedium, eine Konditionierlösung oder dergleichen. Unter Elektrolytlösung ist hierbei eine elektrisch leitfähige Lösung mit einer vorgegebenen Konzentration einer elektroaktiven Komponente und einer Gegenkomponente zu verstehen, so dass unter Einhaltung des Elektroneutralitätsgesetzes an dem Werkstück unter Bildung einer Schicht ein Entladungsvorgang und an der Gegenelektrode in gleichem Umfang ein Ladungsumtausch entgegengesetzter Ladung auftritt. Die elektroaktive Komponente kann ein Metallion, beispielsweise ein Kupferkation, ein Nickelkation, beispielsweise hydratisiert und/oder mittels Liganden komplexgebunden, ein mittels funktioneller Gruppen geladenes organisches Ion, beispielsweise eine Harzkomponente oder dergleichen sein. Je nach Ladung kann ein Kation kathodisch reduziert werden, wobei als Gegenreaktion an der Gegenelektrode beispielsweise Wasser zu Sauerstoff oxidiert wird. In selteneren Fällen kann in anodischer Schaltung des Werkstücks ein negativ geladenes Substrat an dem Werkstück durch Oxidation schichtbildend niedergeschlagen werden, wobei beispielsweise an der Gegenelektrode Wasser zu Wasserstoff reduziert wird. Die Beschichtungsvorgänge können durch Gleichstrom, Strompulse und dergleichen erfolgen. Nachfolgende Konditionierschritte wie Elektropolieren, Glätten und dergleichen können unter Zuschaltung eines Wechsellan- teils bei gleichem oder geändertem Elektrolyt erfolgen.

Die Gegenelektrode ist bevorzugt aus chemisch inaktivem Material, beispielsweise in bevorzugter Weise aus Edelstahl, aus Titan oder mit Titan beschichtet, aus Edelmetall oder edelmetallbeschichtet ausgebildet. Um eine gleichmäßige Beschichtung zu erzielen, kann weiterhin die Form der Gegenelektrode der äußeren Form des Werkstücks unter Einhaltung eines vorgegebenen Abstands nachgebildet sein.

**[0017]** Eine Spüllösung oder ein Spülmedium kann im einfachsten Fall Wasser oder beispielsweise ein Gemisch von Wasser mit organischen Lösungsmitteln, eine neutralisierende Lösung, eine ein Metall komplexierende Lösung oder dergleichen sein. Dabei muss Wasser für sich nicht in einem Vorratsbehälter vorgehalten werden sondern kann mittels eines separaten steuerbaren Anschlusses dem Arbeitsbehälter zugeleitet werden.

**[0018]** Der Arbeitsbehälter ist aus inertem Material, beispielsweise Edelstahl oder entsprechend beschichtetem Stahl, beispielsweise kunststoffbeschichtetem Stahl, aus Kunststoff mit einer entsprechenden Tragkonstruktion oder dergleichen gebildet. Zur Verbesserung der Beschichtungsqualität kann der Arbeitsbehälter beispielsweise aufgeheizt bevorzugt thermostatisiert ausgebildet sein. Weiter kann der Arbeitsbehälter verschließbar ausgebildet sein. Die Vorratsbehälter sind alle aus demselben für die Inhalte inertem Material beispielsweise Edelstahl oder Kunststoff mit entsprechender Tragstruktur ausgebildet. Alternativ kann ein Vorratsbehälter für den entsprechenden Inhalt abgestimmt, beispielsweise aus entsprechendem inertem Material gebildet oder mit diesem beschichtet sein

**[0019]** Zum Beschicken des Arbeitsbehälters mit dem jeweils für einen Behandlungsschritt notwendigen Inhalt eines der Vorratsbehälter ist der entsprechende Vorratsbehälter jeweils mittels zumindest einer Zuleitung mit dem Arbeitsbehälter verbunden und weist zumindest eine Ableitung auf. Die Zufuhr und Rückführung der Arbeitslösungen erfolgt mittels Leitungen und entsprechender Pumpen und Ventile. Bei einer geodätischen Anordnung der Vorratsbehälter über dem Arbeitsbehälter können die Arbeitslösungen durch den dabei entstehenden hydrostatischen Druck dem Arbeitsbehälter zugeführt werden. Um eine Rückführung der Arbeitslösungen zu gewährleisten, ist in bevorzugter Weise der Abfluss mittels einer Rückführleitung mit dem Vorratsbehälter verbunden und gegebenenfalls eine Pumpe zum Ausgleich hydrostatischer Füllstände vorgesehen. Desgleichen sind entsprechend schaltbare Ventile vorgesehen, die ein gezieltes Befüllen und Entleeren des Arbeitsbehälters mit den unterschiedlichen Inhalten der Vorratsbehälter sowie gegebenenfalls ein Spülen mit Wasser erlauben.

**[0020]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform können durch die Behandlung wie Beschichtung veränderte Gehalte von Substanzen insbesondere verbrauchte Substanzen der Elektrolyten mittels entsprechender Detektionseinrichtungen erfasst und mittels entsprechender Zuführeinrichtung wieder komplettiert werden.

Beispielsweise können pH-Werte erfasst und veränderte pH-Werten mittels entsprechender Säuren oder Basen wieder eingestellt werden. Weiterhin können beschichtungsaktive Substanzen, beispielsweise der Kupfer- oder Nickelgehalt eines Elektrolyts mittels einer Detektionseinrichtung erfasst und verbrauchte Mengen beispielsweise mittels hochkonzentrierter gelöster Salze dieser mittels der Zuführeinrichtung nachgeführt werden. Desweiteren können in den Zuleitungen und Ableitungen, in den Vorratsbehältern oder am Ausgang des Arbeitsbehälters Filtereinrichtungen vorgesehen sein, so dass in unerwarteter Weise gebildete Rückstände laufend gefiltert werden können und einer Schlammabildung vorgebeugt werden kann.

**[0021]** Das vorgeschlagene Verfahren dient dem Betrieb der vorgeschlagenen galvanischen Beschichtungsanlage und enthält eine Prozesssteuerung zumindest zur Steuerung der Zu- und Abflüsse von Arbeitslösungen in einen Arbeitsbehälter, der Steuerung der Beschichtungsdauer und der Steuerung der Umwälzung der Arbeitslösung an der Oberfläche. Zusätzlich können mittels der Prozesssteuerung die Steuerung einer Werkstückwechselvorrichtung zur Zu- und Abführung der Werkstücke und gegebenenfalls deren Umlagerung bei einem mehrstufigen Beschichtungsprozess erfolgen. Hierbei hat sich zur Steuerung der Beschichtungsdauer als besonders vorteilhaft erwiesen, bei Erzeugung einer Beschichtung mit gegenüber einer elektrischen Leitfähigkeit der Oberfläche vor der Beschichtung geringeren Leitfähigkeit eine erfolgreiche Beschichtung zu beenden, wenn eine vorgegebene elektrische Größe zwischen Arbeitselektrode und Gegenelektrode einen vorgegebenen Grenzwert erreicht. Dies bedeutet, dass beispielsweise bei einer Beschichtung eines Werkstücks aus Aluminium oder dessen Legierungen und Aufbringen einer Eloxal-Beschichtung die Beschichtung abgebrochen wird, wenn beispielsweise der Beschichtungsstrom auf einen vorgegebenen Wert abgefallen, eine Beschichtungsspannung auf einen vorgegebenen Wert angestiegen, eine vorgegebene Strommenge verbraucht oder ein anderer Grenzwert einer elektrischen Größe erreicht ist. Aufgrund der vorgeschlagenen effizienten Umwälzung wird dabei eine vollständige Beschichtung durch Konzentration des Beschichtungsstroms auf gegenüber der isolierenden Eloxal-Beschichtung höher leitenden, noch nicht beschichteten Oberflächenteile erzielt, so dass eine vollständige Beschichtung eintritt, bevor der vorgesehene Grenzwert der ausgewählten elektrischen Größe erreicht wird.

**[0022]** Mittels des vorgeschlagenen Verfahrens wird die beschriebene galvanische Beschichtungsanlage derart betrieben, dass in dem einzigen Arbeitsbehälter nacheinander die für einen Beschichtungsprozess notwendigen, in einem Vorratsbehälter vorgehaltenen Elektrolyten vorgelegt, jeweils ein Beschichtungsprozess in dem entsprechenden Elektrolyten durchgeführt, dieser anschließend wieder entfernt wird und gegebenenfalls zwischen zwei Elektrolytvorlagen ein Spülvorgang vor-

gesehen wird. Hierzu werden von einer Steuereinheit bevorzugt vollständig automatisiert die entsprechenden Inhalte der Vorratsbehälter in vorgegebener Menge durch Schaltung von beispielsweise an Ein- und Ausgängen der Vorratsbehälter und/oder dem Arbeitsbehälter vorgesehenen Ventilen, Steuerung einer oder mehrerer Pumpen vorgelegt, gegebenenfalls eine vorgegebene Badtemperatur eingestellt, die vorgeschlagene Umwälzung des Inhalts des Arbeitsbehälters an den Elektroden wie Gegenelektrode und Werkstück eingestellt, eine vorgegebene Spannung, beispielsweise abhängig von einem Beschichtungs- oder Konditionierungsvorgang eine Gleichspannung, Spannungsrampen, -zyklen und dergleichen für eine vorbestimmte Zeit angelegt und der Inhalt des Arbeitsbehälters in den entsprechenden Vorratsbehälter rückgepumpt oder verworfen wird.

**[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens kann der Elektrolyt während eines Beschichtungsvorgangs laufend zwischen dem Arbeitsbehälter und dem Vorratsbehälter ausgetauscht werden. Hierdurch werden beispielsweise eine Verarmung des Elektrolyts, eine Veränderung des pH-Werts durch Sauerstoffentwicklung und andere Einflüsse während der Beschichtung zumindest verringert. Außerdem tritt durch den sich einstellenden Fluss eine Konvektion ein, so dass gegebenenfalls auf ein Rührwerk verzichtet werden kann. Dieser Verfahrensschritt kann auch für aus Vorratsbehältern nachgeführten Spül- und Konditionierlösungen vorteilhaft sein.

**[0024]** Im Weiteren kann in einem vorteilhaften Verfahren durch die Steuereinheit oder manuell zumindest ein Gehalt von an der Beschichtung beteiligten Stoffen des Elektrolyten laufend kontrolliert und bei Unterschreiten eines Grenzwerts ergänzt werden, indem über entsprechende Zuführeinrichtungen verbrauchte Stoffe nachdosiert werden.

**[0025]** Das Verfahren kann weiterhin vereinfacht werden, indem nicht in einem Vorratsbehälter vorgehaltenes Wasser als Spüllösung verwendet wird, wobei in ein vorgesehenes Leitungssystem von außen Wasser zu- und abgeführt wird. Hierzu können entsprechend von einer Steuereinheit gesteuerte Ventile vorgesehen sein. Das unter Vorspannung stehende Wasser kann einem Leitungsdruck entsprechen oder von einer Pumpe vorgespannt sein.

**[0026]** Die Erfindung wird anhand der in den Figuren 1 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung eines ersten Teils einer galvanischen Beschichtungsanlage,
- Figur 2 einen zweiten Teils der galvanischen Beschichtungsanlage,
- Figur 3 einen Querschnitt durch den Arbeitsbehälter der Figur 1,
- Figur 4 einen Längsschnitt durch den Arbeitsbehälter der Figur 3,

Figur 5 eine gegenüber der galvanischen Beschichtungsanlage der Figuren 1 und 2 abgeänderte galvanische Beschichtungsanlage und

Figur 6 eine weitere gegenüber den galvanischen Beschichtungsanlagen der Figuren 1, 2 und 5 abgeänderte galvanische Beschichtungsanlage.

**[0027]** Die Figuren 1 und 2 geben schematisch den Aufbau der galvanischen Beschichtungsanlage 1 wieder. Hierbei zeigt die Figur 1 den Arbeitsbehälter 2. Der Arbeitsbehälter 2 ist hohlzylindrisch ausgebildet und umschließt das Arbeitslösungsvolumen 3, in das das hohlzylindrische Werkstück 4 mittels der Werkstückwechselrichtung 5 ein- und ausgefahren wird. Hierzu ist das Werkstück 4 an den über Umfang verteilten, nach außen klemmenden Befestigungselementen 6, von denen nur eines dargestellt ist, verspannt. Die Befestigungselemente 6 dienen zugleich der Stromzuleitung, so dass das metallische Werkstück 4 als Arbeitselektrode 7 dient.

**[0028]** Im eingetauchten Zustand des Werkstücks 4 bilden die Wände 8, 9 des mit Arbeitslösung, je nach Prozessschritt beispielsweise mit Elektrolyt, Spüllösung, Konditionierflüssigkeit, Reinigungsflüssigkeit und dergleichen gefüllten Arbeitsbehälters 2 an dessen Innen- und Außenumfang die Gegenelektrode 10. Der Arbeitsbehälter 2 ist zur Ausbildung geringer und den Flächen der Oberfläche 11 des Werkstücks 4 entsprechenden Flächen der Gegenelektrode 10 und zur Minimierung des Arbeitslösungsvolumens 3 an die Kontur des Werkstücks 4 angepasst. Während des Beschichtungsprozesses mit seinen Prozessschritten Reinigen, Konditionieren, Beschichten ist der Arbeitsbehälter 2 mit dem Deckel 12 verschlossen. Eine Absaugung von während der Beschichtung entstehender Gase kann vorgesehen sein.

**[0029]** Der Arbeitsbehälter 2 besitzt eine Mehrzahl von Zuleitungen für jede zuzuführende Arbeitslösung, von denen der Übersicht halber in dem dargestellten Ausführungsbeispiel nur die Zuleitungen 13, 14 zur Zufuhr der als Elektrolyt ausgebildeten Arbeitslösung dargestellt sind. Die übrigen Zuleitungen sind entsprechend den Zuleitungen 13, 14 über den Umfang angeordnet. Die Zuleitung 13 tritt in einem spitzen Winkel von bevorzugt 15° am Außenumfang in den Arbeitsbehälter 2, während die Zuleitung 14 am Innenumfang des Arbeitsbehälters 2 in einem spitzen Winkel von 15° in den Arbeitsbehälter 2 eintritt, allerdings in entgegengesetzter Richtung, also unter Berücksichtigung der Position gegenüber der Zuleitung 13 mit einem Winkel von -15°.

**[0030]** An dem Arbeitsbehälter 2 ist eine zentrale Ableitung 15 vorgesehen, welche in die einzelnen Ableitungen 16, 17 zu dem jeweiligen Vorratsbehälter 18 verzweigt. An der Ableitung 15 ist die Steigleitung 19 zur Niveaumessung der Arbeitslösung im Arbeitsbehälter 2 angebracht. Desweiteren ist die Abflussleitung 20 an der Ableitung 15 vorgesehen. Zwischen der unten am Arbeitsbehälter 2 ausgeführten Ableitung 15 und dem Arbeitsbehälter 2 ist die oben in den Arbeitsbehälter 2 ein-

geführte Verbindungsleitung 21 vorgesehen.

**[0031]** Die Zuleitung 13 und die Ableitung 16 sind der Pumpe 23, die Zuleitung 14 und die Ableitung 17 der Pumpe 24 zugeordnet. Aus dem innen mit einem für die entsprechende Arbeitslösung beständigen Kunststoff ausgekleideten Vorratsbehälter 18 ist die Leitung 25 vorgesehen, die die Arbeitslösung aus dem Vorratsbehälter 18 aus- und wieder einbringt. Hierzu sind mit der Leitung 25 direkte Zuleitungen 26, 27 zu den Pumpen 23, 24 und jeweils vor den Pumpen mündende Leitungen 28, 29 vorgesehen. Die Ableitungen 16, 17 münden jeweils zwischen Pumpen 23, 24 und Vorratsbehälter 18 in den Zuleitungen 26, 27.

**[0032]** Zur Steuerung der Volumenströme der Arbeitsflüssigkeit sind die bevorzugt pneumatisch mittels einer Prozesssteuerung gesteuerten Ventile 30 - 42 wie Absperrventile vorgesehen. Daraus ergibt sich für einen relevanten Beschichtungsprozess folgender Ablauf: Zum Befüllen des Arbeitsbehälters 2 werden beide Pumpen 23, 24 im Druckbetrieb betrieben und pumpen Arbeitslösung vom Vorratsbehälter 18 in den Arbeitsbehälter 2, bis dieser einen vorgegebenen Füllstand erreicht hat. Hierzu sind die Ventile 30, 34, 35, 36, 38 geöffnet und die Ventile 31, 32, 33, 37, 40, 41 geschlossen. Sobald der vorgegebene Füllstand des Arbeitsbehälters erreicht ist, wird die Arbeitslösung in dem Arbeitsbehälter 2 zur Erzielung einer turbulenten Anströmung der Oberfläche 11 des Werkstücks 4 mittels beider Pumpen 23, 24 im Kreislauf über die Ableitungen 16, 17 umgewälzt. Dabei wird die Pumpe 24 auf Saugbetrieb geschaltet, die Pumpe 23 bleibt auf Druckbetrieb. Die Ventile werden wie folgt umgeschaltet: Die Ventile 30, 33, 34, 37, 38, 40 sind geöffnet und die Ventile 31, 32, 35, 36, 41 sind geschlossen. Hierdurch wird Arbeitslösung von der Pumpe 23 über die Zuleitung 13 in den Arbeitsbehälter 2 gepumpt. Hierdurch entwickelt sich eine turbulente Strömung an der Oberfläche 11. Über die Verbindungsleitung 21 saugt die Pumpe 24 übertretende Arbeitslösung in die Ableitung 17. Über das Ventil 37, die Pumpe 24 und die Ventile 33 und 30 gelangt die Arbeitslösung wieder zur Pumpe 23. Nach abgeschlossener Beschichtung wird die Arbeitslösung wieder abgesaugt, indem beide Pumpen 23, 24 auf Saugbetrieb geschaltet werden und am Arbeitsbehälter 2 die Ventile 39, 40 geöffnet und das Ventil 38 geschlossen werden. Im Pumpenbereich werden die Ventile 31, 32, 33, 37 geöffnet und die Ventile 31, 33, 35, 36 geschlossen, so dass die Arbeitslösung über die Ableitungen 16, 17 und über die Leitungen 28, 29 in den Vorratsbehälter 18 gesaugt wird. In ähnlicher Weise können weitere ähnliche Kreisläufe über die Zuleitung 14 alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein.

**[0033]** Die Figuren 3 und 4 zeigten einen Querschnitt und einen Längsschnitt durch den Arbeitsbehälter 2 mit den Zuleitungen 13, 14 und weiteren Zuleitungen 13a, 14a zur Befüllung mit weiteren Arbeitslösungen anderer Vorratsbehälter, um mehrere Bearbeitungsschritte hintereinander in demselben Arbeitsbehälter 2 durchführen zu können. Wie aus den Figuren 3 und 4 ersichtlich, sind

die Zuleitungen 13, 13a, 14, 14a jeweils in spitzem Winkel von beispielsweise  $15^\circ$  beziehungsweise  $-15^\circ$  an den Wänden 8, 9 des Arbeitsbehälters 2 angesetzt, so dass zwei in ihrer Drehrichtung entgegengesetzte, durch Pfeile dargestellte Volumenströme 50, 51 tangential zu den Wänden 8 und 9 und tangential zu der Oberfläche 11 des Werkstücks 4 erzeugt werden. Aufgrund der Verbindungsleitung 21, die einen durch Pfeile dargestellten Volumenstrom 52 in vertikale Richtung des Arbeitsbehälters 2 einträgt, verwirbeln die Volumenströme 50, 51, 52 insbesondere an den Stirnseiten des Werkstücks 4 derart miteinander, dass eine dreidimensionale turbulente Strömung an der Oberfläche 11 eintritt. Die turbulente Strömung führt zu einem intensiven Stoffaustausch an der Oberfläche 11, so dass die Reaktionsprodukte der elektrochemischen Beschichtungsreaktion ohne Bildung von Feststoffen und Sedimenten sofort abgeführt wird und die Konzentration der Beschichtungssubstanz an der Oberfläche im Wesentlichen in der Konzentration der Beschichtungssubstanz in der Arbeitslösung erhalten bleibt. Dies führt zu qualitativ hochwertigen Beschichtungen mit hohen Reaktionsgeschwindigkeiten und damit zu einer Verkürzung der Beschichtungsdauer. In demselben Sinne wird sie als Gegenelektrode wirksame Innenfläche des Arbeitsbehälters 2 turbulent angeströmt, so dass auch an dieser eine Verschlämzung und Sedimentierung von Reaktionsprodukten im Wesentlichen unterbleibt.

**[0034]** Die Figur 5 zeigt die gegenüber der galvanischen Beschichtungsanlage 1 der Figuren 1 und 2 alternative galvanische Beschichtungsanlage 101 in vereinfachter systematischer Darstellung. In der galvanischen Beschichtungsanlage 101 ist die Beschichtung des Werkstücks 104 an einer innenliegenden Oberfläche 111 vorgesehen, so dass das Werkstück selbst als Arbeitsbehälter 102 dient. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Arbeitslösungsvolumen 103 mit der Oberfläche 111 durch mehrere Bohrungen gebildet, deren Öffnungen mittels Abdeckkappen 153 zur Bildung eines geschlossenen Arbeitslösungsvolumens 103 verschlossen sind. An zwei verbleibenden, bevorzugt gegenüber liegenden Öffnungen sind mittels Dichtungen 154 abgedichtet die Zuleitung 113 und die Ableitung 116 angebracht. Die Zuleitung 113 und die Ableitung 116 bilden den Kreislauf 155 mit dem Vorratsbehälter 118 und der Pumpe 123. Durch Einstellung eines vorgegebenen Volumenstroms der in dem Kreislauf 155 umgewälzten Arbeitslösung wird an der Oberfläche 111 durch die sich einstellende, bevorzugt turbulente Strömung ein im Wesentlichen vollständiger Abbau eines Konzentrationsgradienten der Beschichtungssubstanz von der Oberfläche 111 in Richtung mittlerem Volumen der Arbeitslösung erzielt. Das Werkstück 104 ist als Arbeitselektrode ausgebildet. Die Gegenelektrode ist bevorzugt an der Zuleitung 113 oder an der Ableitung 116 vorgesehen, wobei zwischen diesen und dem Werkstück 104 eine entsprechende elektrische Isolierung vorgesehen ist.

**[0035]** Die Figur 6 zeigt eine galvanische Beschich-

tungsanlage 201 in stark vereinfachter schematischer Darstellung zur Serienherstellung von Beschichtungen an mittels der Werkstückwechseleinrichtung 205 zu- und abgeführten Werkstücken 204, beispielsweise durch Verwendung mehrerer galvanischer Beschichtungsanlagen der Figur 5. Auf dem Drehteller 256 werden die Werkstücke 204 mittels Zuleitungen 213, 214 und Ableitungen 216, 217 mit Beschichtungseinrichtungen 257, 258 verbunden, die aus den Kreisläufen 255, 259 mit jeweils Zuleitungen 213, 214, Ableitungen 216, 217, Pumpen 223, 224 und Vorratsbehältern 218, 260 gebildet sind. Die Werkstücke 204 sind in entsprechender Ausbildung der Werkstücke 104 der Figur 5 mit einem Innenraum mit zu beschichtender Oberfläche ausgebildet. Die Werkstücke 204 bilden dabei die Arbeitselektrode. Die Gegenelektrode ist in die Kreisläufe 255, 259 integriert. Die Zuleitungen 213, 214 und Ableitungen 216, 217 werden automatisiert mit einer Handhabungsautomatik an die zuvor mittels des Drehtellers 256 positionierten Werkstücke 204 angeschlossen. Mittels der Beschichtungseinrichtungen 257, 258 können mehrere Prozessschritte an einem Werkstück 204 seriell und oder eine gleichzeitige Beschichtung mehrerer Werkstücke 204 parallel durchgeführt werden. Es versteht sich, dass die Werkstückwechseleinrichtung 205 und der Drehteller 256 durch andere Automatisierungseinrichtungen ersetzt werden können.

#### **Bezugszeichenliste**

##### **[0036]**

|     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| 1   | galvanische Beschichtungsanlage |
| 2   | Arbeitsbehälter                 |
| 3   | Arbeitslösungsvolumen           |
| 4   | Werkstück                       |
| 5   | Werkstückwechseleinrichtung     |
| 6   | Befestigungselement             |
| 7   | Arbeitselektrode                |
| 8   | Wand                            |
| 9   | Wand                            |
| 10  | Gegenelektrode                  |
| 11  | Oberfläche                      |
| 12  | Deckel                          |
| 13  | Zuleitung                       |
| 13a | Zuleitung                       |
| 14  | Zuleitung                       |
| 14a | Zuleitung                       |
| 15  | Ableitung                       |
| 16  | Ableitung                       |
| 17  | Ableitung                       |
| 18  | Vorratsbehälter                 |
| 19  | Steigleitung                    |
| 20  | Abflussleitung                  |
| 21  | Verbindungsleitung              |
| 23  | Pumpe                           |
| 24  | Pumpe                           |
| 25  | Leitung                         |

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 26     | Zuleitung                       |
| 27     | Zuleitung                       |
| 28     | Leitung                         |
| 29     | Leitung                         |
| 5 30   | Ventil                          |
| 31     | Ventil                          |
| 32     | Ventil                          |
| 33     | Ventil                          |
| 34     | Ventil                          |
| 10 35  | Ventil                          |
| 36     | Ventil                          |
| 37     | Ventil                          |
| 38     | Ventil                          |
| 39     | Ventil                          |
| 15 40  | Ventil                          |
| 41     | Ventil                          |
| 42     | Ventil                          |
| 50     | Volumenstrom                    |
| 51     | Volumenstrom                    |
| 20 52  | Volumenstrom                    |
| 101    | galvanische Beschichtungsanlage |
| 102    | Arbeitsbehälter                 |
| 103    | Arbeitslösungsvolumen           |
| 104    | Werkstück                       |
| 25 111 | Oberfläche                      |
| 113    | Zuleitung                       |
| 116    | Ableitung                       |
| 118    | Vorratsbehälter                 |
| 123    | Pumpe                           |
| 30 153 | Abdeckkappe                     |
| 154    | Dichtung                        |
| 155    | Kreislauf                       |
| 201    | galvanische Beschichtungsanlage |
| 204    | Werkstück                       |
| 35 205 | Werkstückwechseleinrichtung     |
| 213    | Zuleitung                       |
| 214    | Zuleitung                       |
| 216    | Ableitung                       |
| 217    | Ableitung                       |
| 40 218 | Vorratsbehälter                 |
| 223    | Pumpe                           |
| 224    | Pumpe                           |
| 255    | Kreislauf                       |
| 256    | Drehteller                      |
| 45 257 | Beschichtungseinrichtung        |
| 258    | Beschichtungseinrichtung        |
| 259    | Kreislauf                       |
| 260    | Vorratsbehälter                 |

#### **Patentansprüche**

1. Galvanische Beschichtungsanlage (1, 101, 201) zur Beschichtung einer Oberfläche (11, 111) eines als Arbeitselektrode (7) geschalteten Werkstücks (4, 104, 204) mittels einer auf die jeweilige zu erstellende Schicht abgestimmte, in einem Vorratsbehälter (18, 118, 218, 260) vorgehaltene Arbeitslösung mit

- einer Beschichtungssubstanz vorgegebener Konzentration und Beschaltung des Werkstücks (4, 104, 204) gegen eine Gegenelektrode (10) über eine vorgegebene Beschichtungsdauer, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer durch Umwälzen der Arbeitslösung über zumindest eine Zuleitung (13, 13a, 14, 14a, 113, 213, 214) und zumindest eine Ableitung (16, 17, 116, 216, 217) an der Oberfläche (11, 111) eine vorgegebene Strömung der Arbeitslösung zur Einstellung derselben Konzentration der Beschichtungssubstanz wie im Volumen der Arbeitslösung eingestellt ist.
2. Galvanische Beschichtungsanlage (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Heranführung der Arbeitslösung an die Oberfläche (11) in einem zu der Oberfläche (11) spitzen Winkel, bevorzugt kleiner 30° zur Oberfläche (11) oder einem gegenüber dieser beabstandeten Arbeitsbehälter (2) vorgesehen ist.
  3. Galvanische Beschichtungsanlage (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels zumindest zweier, gegeneinander gerichteter Zuleitungen (13, 14) eine turbulente, bevorzugt dreidimensionale Verwirbelung der Arbeitslösung vorgesehen ist.
  4. Galvanische Beschichtungsanlage (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem das Werkstück (4) aufnehmenden Arbeitsbehälter (2) zwischen unterschiedlichen Positionen, bevorzugt unterschiedlichen hydrostatischen Höhen eine Verbindungsleitung (21) vorgesehen ist.
  5. Galvanische Beschichtungsanlage (101, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Beschichtung einer innerhalb des Werkstücks (104, 204) vorgesehenen Oberfläche (111) das Werkstück (104, 204) einen Arbeitsbehälter (102) bildet und an dem Werkstück (104, 204) zumindest eine Zuleitung (113, 213, 214) und zumindest eine Ableitung (116, 216, 217) zur Ausbildung der Umwälzung vorgesehen sind.
  6. Galvanische Beschichtungsanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Beschichtung einer vorgegebenen Oberfläche des Werkstücks ein die Oberfläche bedeckender und nach außen abdichtender Arbeitsbehälter mit zumindest einer Zuleitung und zumindest einer Ableitung vorgesehen ist.
  7. Galvanische Beschichtungsanlage (1, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit einer Werkstückwechselvorrichtung (5, 205) und zumindest einer zumindest einen vorgegebenen Teil der Oberfläche (11) beschichtenden Beschichtungseinrichtung (257, 258) mit einem den vorgegebenen Teil beinhaltenden Arbeitsbehälter (2) und zumindest einer Zuleitung (13, 14, 213, 214) und zumindest einer Ableitung (16, 17, 216, 217).
  8. Galvanische Beschichtungsanlage (201) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Beschichtungseinrichtungen (257, 258) zur Mehrfachbeschichtung derselben Teiloberfläche und/oder zur bevorzugt gleichzeitigen Beschichtung unterschiedlicher Teiloberflächen vorgesehen sind.
  9. Galvanische Beschichtungsanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Vorratsbehälter (18) und Arbeitsbehälter (2) zumindest zwei an unterschiedlichen geometrischen Positionen des Arbeitsbehälters (2) angeordnete Zuleitungen (13, 14) und zumindest eine Ableitung (16, 17) vorgesehen sind, wobei zur Befüllung eines Arbeitslösungsvolumens (3) an den Zuleitungen (13, 14) ein Volumenstrom vom Vorratsbehälter (18) in Richtung Arbeitsbehälter (2), zur Entleerung des Arbeitslösungsvolumens (3) ein Volumenstrom vom Arbeitsbehälter (2) zum Vorratsbehälter (18) und während der Beschichtungsdauer zwei Zuleitungen (13, 14) mit oder ohne Einschaltung des Vorratsbehälters (18) in einen Kreislauf mit in unterschiedliche Richtungen in den Arbeitsbehälter (2) einströmenden Volumenströmen geschaltet sind.
  10. Galvanische Beschichtungsanlage (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zuleitung (13, 14) eine bezogen auf einen Volumenstrom bidirektional beschaltbare Pumpe (23, 24) und zwischen Zuleitungen (13, 14) und Ableitungen (16, 17) automatisiert schaltbare Ventile (30 - 42) vorgesehen sind.
  11. Galvanische Beschichtungsanlage (101, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Behandlung des Werkstücks (4, 104, 204) vor und/oder nach einer Beschichtung mittels zusätzlicher Zu- und Ableitungen (13a, 14a, 213, 214, 216, 217) weitere Vorratsbehälter (260) mit unterschiedlichen Arbeitslösungen mit zumindest einem das Arbeitslösungsvolumen bildenden Arbeitsbehälter (2) verbindbar sind.
  12. Verfahren zum Betrieb einer galvanischen Beschichtungsanlage (1, 101, 201) gemäß den Ansprüchen 1 bis 11 mit einer Prozesssteuerung zumindest zur Steuerung der Zu- und Abflüsse von Arbeitslösungen in einen Arbeitsbehälter (2, 102), der Steuerung der Beschichtungsdauer und der Steuerung der Umwälzung der Arbeitslösung an der Oberfläche (11, 111).

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der Prozesssteuerung die Steuerung einer Werkstückwechseleinrichtung zur Zu- und Abführung der Werkstücke (4, 104, 204) und gegebenenfalls deren Umlagerung bei einem mehrstufigen Beschichtungsprozess erfolgt. 5
14. Verfahren nach Anspruch 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Erzeugung einer Beschichtung mit gegenüber einer elektrischen Leitfähigkeit der Oberfläche vor der Beschichtung geringeren Leitfähigkeit eine erfolgende Beschichtung beendet wird, wenn eine vorgegebene elektrische Größe zwischen Arbeitselektrode (7) und Gegenelektrode (10) einen vorgegebenen Grenzwert erreicht. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

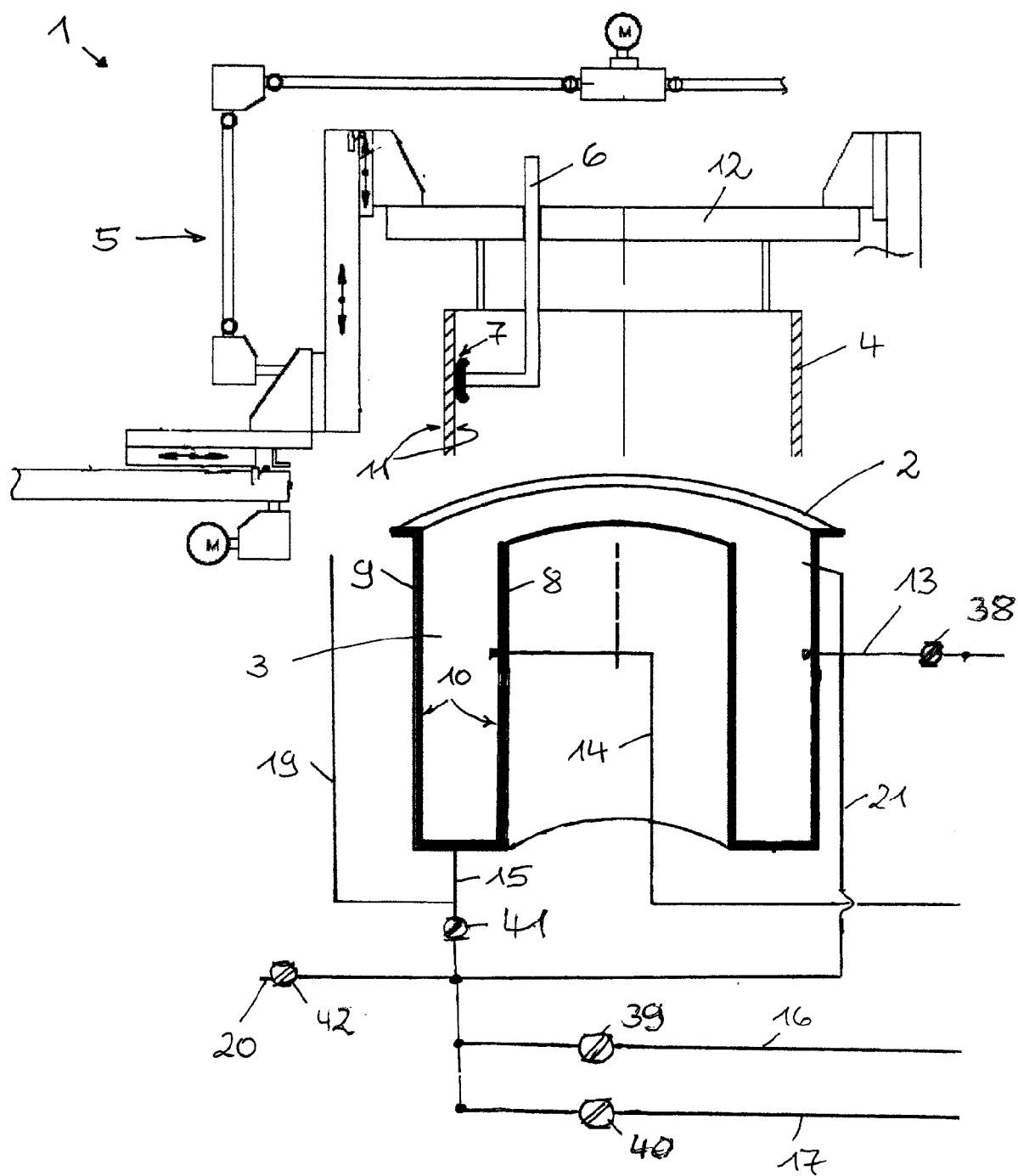


Fig. 1

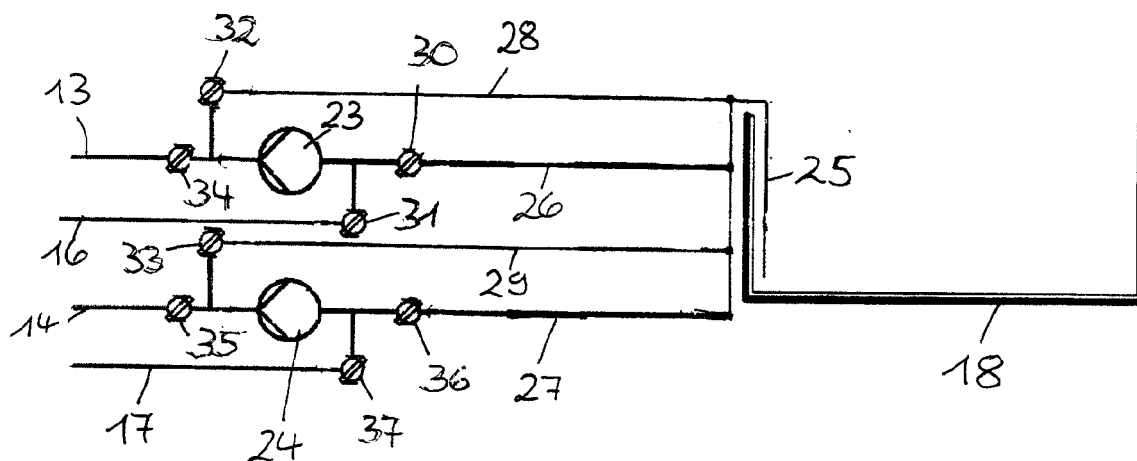


Fig. 2

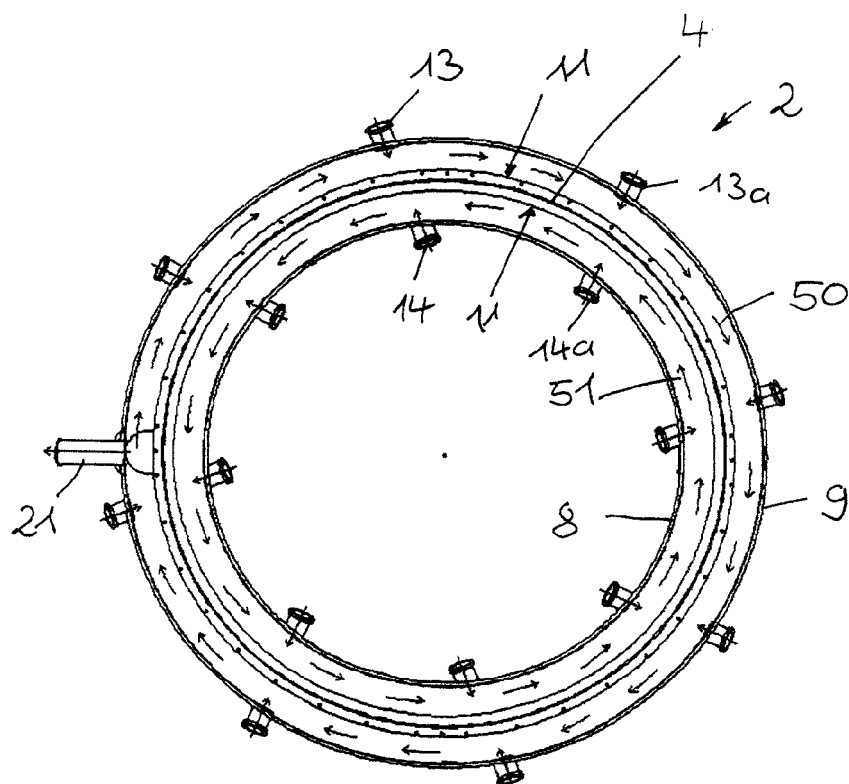


Fig. 3

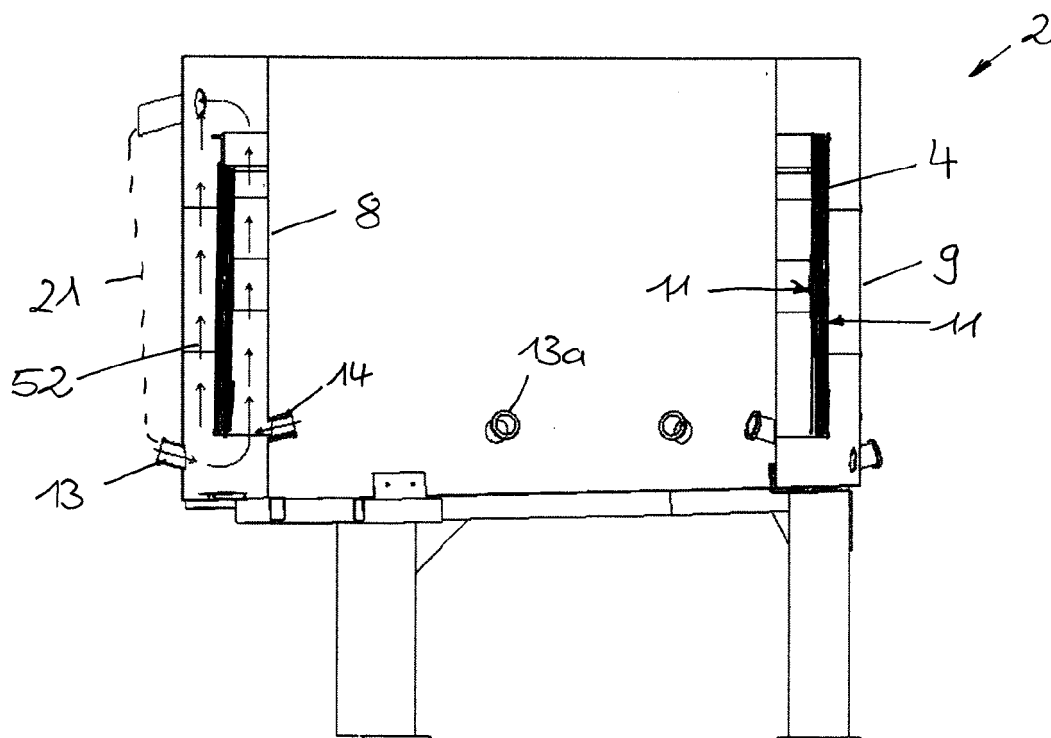


Fig. 4

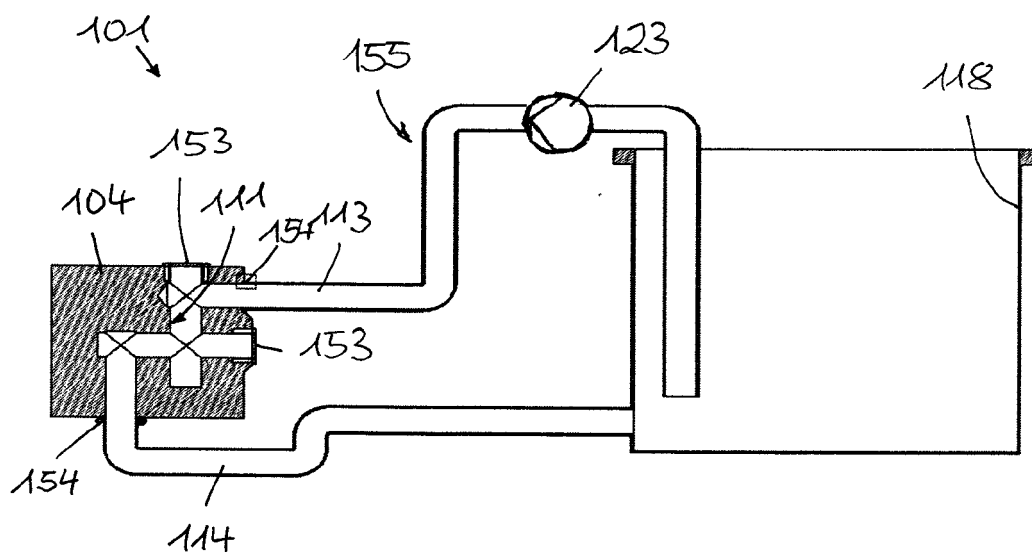


Fig. 5

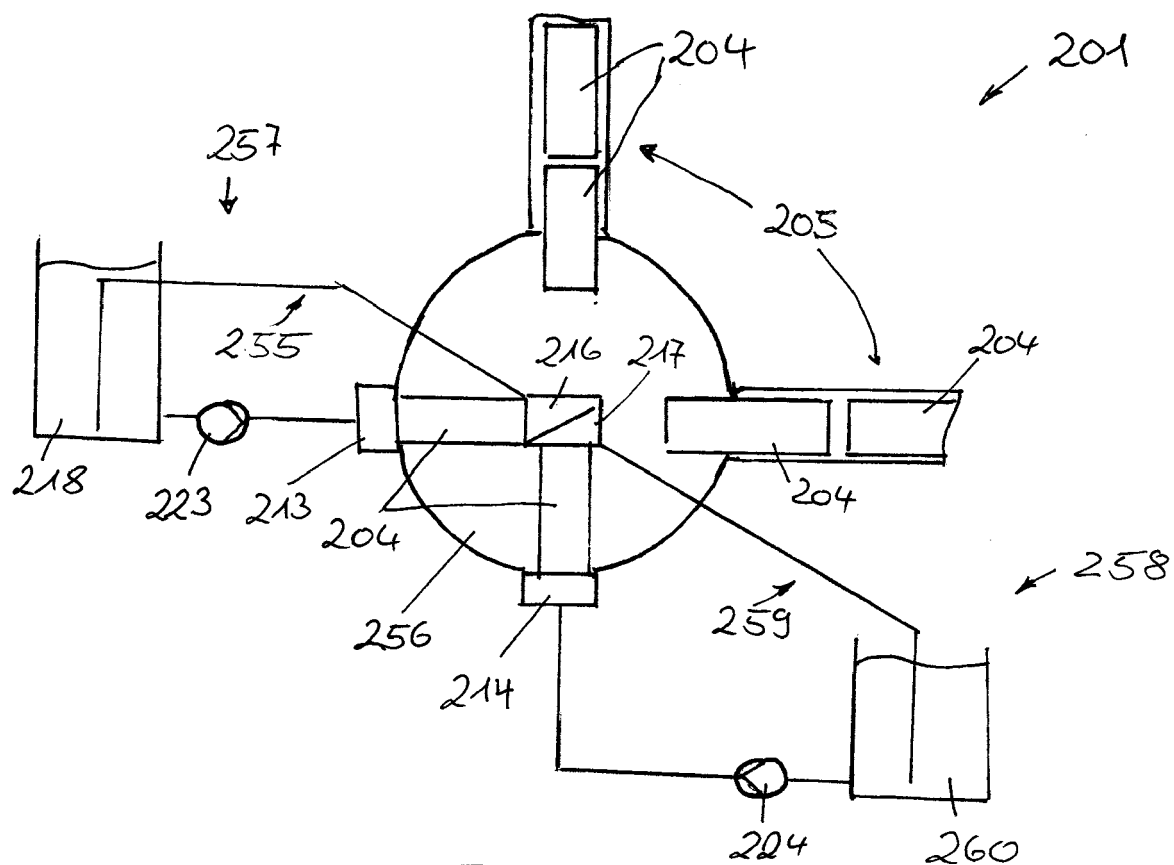


Fig. 6

**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**

- DE 2944401 A1 [0002]