



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 694 701 A5

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

51 Int. Cl.⁷: C 25 D 005/08
C 25 D 017/18
C 25 D 021/10

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 00009/05

62 Teilgesuch: 01330004

22 Anmeldungsdatum: 05.07.2000

24 Patent erteilt: 15.06.2005

45 Patentschrift veröffentlicht: 15.06.2005

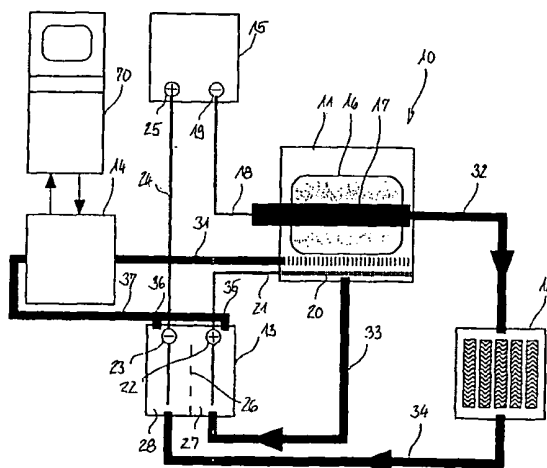
73 Inhaber:
WMV Apparatebau GmbH & Co. KG
Industriegebiet Mauel
51570 Windeck (DE)
SurTec Produkte und Systeme für die
Oberflächenbehandlung GmbH
SurTec-Strasse 2
64673 Zwingenberg (DE)

72 Erfinder:
Alois Müller, Talsperrenweg 49
53773 Hennef-Happerschoss (DE)
Markku Väärni, von-Stephan-Strasse 1
53721 Siegburg (DE)
Dirk Bube, Rundhausenerberg
51570 Windeck-Imhausen (DE)
Dr. Rolf Jansen, In der Kette 25
55276 Oppenheim (DE)

74 Vertreter:
PA Aldo Römpler, Schützengasse 34, Postfach 229
9410 Heiden (CH)

54 Verfahren und Vorrichtung zur elektrochemischen Behandlung.

57 Verfahren zur elektrochemischen Behandlung, insbesondere zum elektrochemischen Beschichten von leitenden oder leitend gemachten Teilen, in einem mit Elektrolyt gefüllten Behälter, in dem zwei Elektroden angeordnet sind, die an einer Gleichspannungsquelle anliegen, wobei die Teile während der Behandlung in der Elektrolyt in einem rotierenden Korb dauernd umgeschichtet werden, wobei die Teile über eine Nabe des Korbes kathodisch geschaltet werden und dass der Elektrolyt durch den Behälter im Kreislauf umgepumpt wird, wobei der Behälter gasdicht abgeschlossen bleibt.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur elektrochemischen Behandlung, insbesondere zum elektrochemischen Beschichten, von leitenden oder leitend gemachten Teilen in einem mit einem Elektrolyten gefüllten Behälter, in dem zwei Elektroden (Anode, Kathode) angeordnet sind, die an einer Gleichspannungsquelle anliegen. Hierbei stellt die elektrochemische d.h. also galvanische Beschichtung den Schwerpunkt der Anwendungsfälle dar. Es ist jedoch bei sinngemäßem Austausch von Anode und Kathode im Behälter auch möglich, das Verfahren zur elektrochemischen Reinigung oder zur elektrochemischen Abtragung zu verwenden. Weiterhin ist das anodische/kathodische Tauchlackieren eingeschlossen. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Anlage zur elektrochemischen Behandlung, insbesondere zur elektrochemischen Beschichtung von leitenden oder leitend gemachten Teilen, umfassend einen mit einem Elektrolyten gefüllten Behälter, in dem zwei Elektroden (Anode, Kathode) angeordnet sind, die an einer Gleichspannungsquelle anliegen.

Metallische Teile oder Kunststoffteile, deren Oberfläche vorbehandelt ist, um sie leitend zu machen, werden zu Zwecken des Korrosionsschutzes und teilweise auch aus dekorativen Gründen galvanisch beschichtet. Dabei kommen je nach Grösse, Form und Anzahl der zu beschichtenden Teile bzw. des zu beschichtenden Gutes unterschiedliche Verfahrenstechniken zum Einsatz.

Im Durchlaufverfahren werden Endlosbänder, -rohre oder -drähte mit 10 bis 300 m/min durch ein galvanisches Bad gezogen, bei dem ein Kontakt mit der Kathode über Rollen hergestellt wird. Je höher die Durchlaufgeschwindigkeit ist, um so höher ist die anwendbare Stromdichte. Bei einer Verzinkung lassen sich bis 20 000 A/m² Stromdichte erzielen. Das Erzeugnis einer Beschichtung von 15 µm Dicke dauert hierbei 17 Sekunden.

Im Gestellverfahren werden Teile auf mit der Kathode elektrisch verbundene Gestelle gesteckt und in das galvanische Bad eingehängt. Die Stromdichte liegt hierbei für die Verzinkung bei 200 bis 400 A/m². Zum Aufbau einer Beschichtung von 15 µm Dicke sind 20 bis 40 Minuten erforderlich. Das Gestellverfahren eignet sich für sehr grosse Teile, z.B. einige Meter lange Rohre ebenso wie für kleine Teile, z.B. wertvolle Drehteile. Da die Teile im Allgemeinen manuell aufgesteckt werden müssen, kommt das Gestellverfahren für Massenartikeln nicht in Frage.

Massenartikel, insbesondere sogenanntes Schüttgut wie Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben und dergleichen, werden im Trommelverfahren beschichtet. Die Teile werden in einer perforierten Kunststofftrommel in das galvanische Bad getaucht. Innerhalb der langsam rotierenden Kunststofftrommel befinden sich flexible isolierte Kabel, deren abisolierten Enden über die Teile streichend den elektrischen Kontakt mit der Kathode herstellen. Die Stromdichte liegt bei der Verzinkung bei 50 bis 150 A/m². Die Herstellung einer Beschichtung von 15 µm Dicke dauert zwischen 60 und 160 Minuten.

Aus der DE 3 121 397 C1 und der DE 3 230 108 C2 sind Verfahren und Vorrichtungen zum Oberflä-

chenbeschichten, insbesondere auch zum elektrochemischen Oberflächenbeschichten von Kleinteilen bekannt, bei denen die Teile in einer in einem Behälter drehend antreibbaren Trommel aufgenommen, die in einer ersten Achslage während der Beschichtungsphase die Teile bei geringer Drehgeschwindigkeit umschichtet und in einer zweiten vertikalen Achslage nach Abpumpen der Behandlungsflüssigkeit die Teile bei erhöhter Drehgeschwindigkeit zentrifugiert. Die Mittel zur elektrochemischen Verfahrensführung sind in diesen Druckschriften nicht näher ausgeführt.

In Durchlauf-, Gestell- und Trommelanlagen erfolgt die elektrochemische Oberflächenbehandlung in offenen Bädern, die in der Regel zu mehreren aneinandergereiht erhebliche Badspiegeloberflächen bilden. Hierbei entstehen Sprühnebel und Dämpfe, die eine Arbeitsplatzbelastung hervorrufen, daneben stellt das an der Kathode bei der Wasserzersetzung abgeschiedene H₂ ein Reizgas dar. Unter ungünstigen Umständen kann dieses mit dem an der Anode abgeschiedenen O₂ Knallgas bilden, das leicht entzündbar ist. Aus Arbeitsschutzgründen und aus Sicherheitsgründen sind daher bei diesen Anlagen erhebliche Aufwendungen zu machen, um eine intensive Absaugung der genannten Sprühnebel, Dämpfe und Gase sicherzustellen, die in den verschiedenen Verfahrensschritten entstehen. Selbst bei kleineren Anlagen sind bereits Abluftmengen in der Grössenordnung von 5000 bis 10 000 m³/h zu bewältigen, bei grösseren Anlagen können Abluftmengen in der Grössenordnung von 100 000 bis 200 000 m³/h abzusaugen und zu behandeln sein. Die Abluft geht in einen Luftwäscher und wird danach ins Freie abgeführt. Entsprechende Mengen Frischluft müssen von aussen zugeführt werden, so dass erhebliche Gebläseleistungen abgedeckt werden müssen. Angeaugte kalte Frischluft ist im Winter mit hohem Energieaufwand aufzuheizen; dies selbst für den Fall, dass Wärmetauscher eingesetzt werden, durch die warme Abluft im Gegenstrom zur kalten Frischluft geleitet wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anlage der genannten Art bereitzustellen, mit dem die Energiebilanz bei der elektrochemischen Behandlung von Teilen verbessert wird. In bevorzugter Weise soll hierbei auch die Umweltbilanz günstiger als bei bekannten Verfahren und Anlagen ausfallen.

Die Lösung hierfür besteht in einem Verfahren, das sich dadurch auszeichnet, dass der Elektrolyt den Behälter durchströmt und dass die Zersetzungsprodukte des Wassers an den Elektroden, nämlich H₂ und O₂ aus dem Elektrolyten getrennt abgezogen und einer H₂/O₂-Brennstoffzelle zur Entgasung des Elektrolyten und zur Energierückgewinnung zugeleitet werden. Auf diese Weise kann der Energieanteil, der zur Zersetzung des Wassers aus dem Elektrolyten aufgewendet wird, die an den Elektroden erfolgt, zu einem erheblichen Teil, bei besonderer Anpassung des Verfahrens fast vollständig zurückgewonnen werden.

Der Begriff Elektrolyt schliesst bei nicht-wässrigen Elektrolysesystemen auch Salzschmelzen mit ein.

Nach einer bevorzugten Verfahrensführung ist

vorgesehen, dass in einem Metallösereaktor dem Katholyt Metallionen unter Bildung von zusätzlichem H_2 zugeführt werden und zwar in einer Masse, das den bei der elektrochemischen Beschichtung entstandenen O_2 -Überschuss vollkommen ausgleicht. Hiermit kann die Brennstoffzelle optimal betrieben werden. Bei dieser vollständigen Verbrennung kann ein Anteil von bis zu 30% der für die elektrochemische Behandlung eingesetzten Energie zurückgewonnen werden. Bei steigenden Energiepreisen stellt dies einen nennenswerten Vorteil dar, bei dem sich der notwendige Anlagenmehraufwand in vertretbarer Zeit amortisiert. Aufgrund der Tatsache, dass das in der Brennstoffzelle mit dem ebenfalls entstandenen O_2 kaltverbrannte H_2 als Reizgas vollkommen ausgeschaltet wird, stellt sich zugleich eine verbesserte Arbeitsplatzsituation dar. In dieser Ausführungsform ist es weiter möglich, die Elektrolyt in vollständig geschlossenem Kreislauf zu führen, d.h. die aus Brennstoffzelle austretenden Lösungsströme zusammenzuführen und dem Behälter erneut zuzuführen. Der Elektrolyt ist hierbei jeweils chemisch neu einzustellen, d.h. insbesondere ist ein Metallöseprozess in den Kreislauf zu integrieren.

Sofern in einer besonders günstigen Ausgestaltung der geschlossene Kreislauf unter Luftabschluss geführt wird, werden sowohl die Arbeitsplatzwerte nochmals verbessert als auch der erhebliche Anlagenaufwand zur Luftabsaugung und Luftwäsche grösstenteils entbehrlich.

Im Behälter ist bevorzugt eine Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten von zumindest 10 m/min aufrechtzuerhalten.

Hiermit werden hohe Stromdichten möglich, die zu kurzen Beschichtungszeiten führen. Die Stromdichte wird zumindest auf 400 A/m² bei Zink-Elektrolyten und auf zumindest 1000 A/m² bei Sauer-Kupfer-Elektrolyten eingestellt. Im Behälter wird eine für den Prozess günstige Temperatur in dem Elektrolyten aufrechterhalten. Gegebenenfalls ist der Elektrolyt im geschlossenen Kreislauf an geeigneter Stelle zu heizen oder rückzukühlen.

Die der Brennstoffzelle gesondert zuzuführenden Gase H_2 und O_2 werden in günstiger Weise in dem Behälter unmittelbar am Ort ihres Entstehens abgezogen, d.h. H_2 mit dem Katholytstrom nahe der Kathode und O_2 mit dem Anolytstrom nahe der Anode, so dass der Katholytstrom der Anodenkammer der Brennstoffzelle und der Anolytstrom der Kathodenkammer der Brennstoffzelle ohne weitere Trennverfahren zugeleitet werden kann.

Um Mengengleichheit zwischen H_2 und O_2 herzustellen, so dass in der Brennstoffzelle eine vollständige kalte Verbrennung der beiden Komponenten erfolgen kann, werden in einem Metallösereaktor dem Katholytstrom Metallionen oder Metallionenkomplexe unter Bildung von zusätzlichem H_2 zugeführt.

Die aus den Kammern der Brennstoffzelle getrennt austretenden Lösungsströme werden hinter dieser zusammengeführt und insbesondere nach Analyse und chemischer Neueinstellung in einem Ausgleichsbehälter dem Behälter als Elektrolyt erneut zugeführt.

In bevorzugter Weise wird der Behandlungsbehälter nach Abschluss der elektrochemischen Behand-

lung der Teile entleert und an den Teilen anhaftender Elektrolyt unter Fliehkrafteinwirkung von diesen abgeschleudert. Hieran kann sich ein Waschvorgang im Behälter selber anschliessen, wobei im Anschluss daran an den Teilen anhaftendes Wasser ebenfalls unter Fliehkraftwirkung von diesen abgeschleudert wird. Ausserordentlich günstig für eine gleichmässige Beschichtung ist es, wenn die Teile während der elektrochemischen Behandlung ständig im Elektrolytstrom umgeschichtet werden.

Die Lösung für die genannte Aufgabe besteht weiterhin in einer Anlage zur elektrochemischen Behandlung, die gekennzeichnet ist durch eine Zuleitung für den Elektrolyten zum Behälter und zwei jeweils nahe den Elektroden angeordnete separate Abzugsleitungen für Anolyt und Katholyt aus dem Behälter sowie durch eine H_2/O_2 -Brennstoffzelle mit Zuleitungen zu einer Anodenkammer und einer Kathodenkammer, die mit den Abzugsleitungen für Katholyt bzw. Anolyt in Verbindung stehen. Mit den hiermit umrissenen Anlagenteilen, deren weitere bevorzugte Ausführung nachstehend noch erläutert wird, ist eine elektrochemische Behandlung möglich, die die bereits erläuterte Verbesserung der Energiebilanz und der Arbeitsplatzwerte möglich macht. Zur Darstellung eines geschlossenen Elektrolytkreislaufes wird vorgeschlagen, dass zwei separate Austrittsleitungen aus der Anodenkammer und Kathodenkammer der Brennstoffzelle zusammengeführt sind und mit der Zuleitung für Elektrolyt zum Behälter verbunden sind. Im Leitungskreislauf für Elektrolyt wird ein Metallösereaktor, insbesondere in der Leitung für Katholyt, hinter dem Behälter angeordnet. Zugleich wird vorzugsweise die Anode im Behälter aus inertem Metall ausgeführt.

Eine H_2/O_2 -Brennstoffzelle ist als Platten- und Rahmenzelle zu realisieren. Auf diese Weise lässt sich die Brennstoffzelle der Kapazität entsprechend in der Grösse leicht anpassen. Die Anoden und Kathoden bestehen aus katalytisch beschichtetem Material. Der Zelleninnenraum wird von einer Ionenaustauschermembran geteilt; diese bildet hierdurch die (kathodisch geschaltete) Kathodenkammer und die (anodisch geschaltete) Anodenkammer.

Der Behälter mit dem darin drehbar gelagerten Korb und den darin festangeordneten Einbauten ist bevorzugt als ganzer um eine horizontale Achse um 90° schwenkbar, wobei ein Antriebsmotor mit dem Korb gekoppelt ist, der bei horizontaler Korbachse zum Umschichten der Teile auf niedrige Drehzahl schaltbar und bei vertikaler Korbachse zum Zentrifugieren der Teile auf erhöhte Drehzahl schaltbar ist.

Hiermit ist der rotierbare Korb innerhalb des Behälters oder zusammen mit diesem aus einer horizontalen Achslage in eine senkrechte Achslage schwenkbar. Durch diese Massnahme ist es möglich, die Teile im Korb ohne jegliches Umladen zunächst während der Behandlung umzuschichten und anschliessend bei vorherigem Abpumpen der Elektrolyt aus dem Behälter zu zentrifugieren. Hiermit wird ein Austrag von Elektrolyt mit den Teilen, die später aus dem Behälter entnommen werden müssen, reduziert.

Zur weiteren Minderung eines derartigen Austrags können im rotierenden Korb innerhalb des Behälters anschliessend noch Waschvorgänge stattfinden, wo-

bei Waschflüssigkeit in den Behälter eingelassen, abgepumpt und anschliessend die Teile mit dem Korb zentrifugiert werden.

Weitere bevorzugte konstruktive Ausführungsformen sind in den weiteren Unteransprüchen benannt, auf die hiermit Bezug genommen wird.

Die höchste wirtschaftliche Bedeutung des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Vorrichtung liegt voraussichtlich auf dem Gebiet des Verzinkens, auf das im weiteren Bezug genommen wird. Eine Anlage zum Verzinken mit einer Vorrichtung gemäss der Erfindung soll die Durchlaufzeiten verkürzen, Energie und Platz sparen, Umfüllvorgänge für die Teile verringern und Abwasser- und Abfallanfall minimieren.

Eine Behandlungszelle ist hierbei ein schwenkbarer galvanischer Behälter, in dem die Teile in einem horizontal rotierenden Korb bei hohen Stromdichten elektrolytisch beschichtet werden. Um die hohen Stromdichten realisieren zu können, müssen die Teile und die Anode von dem Elektrolyten mit hoher Geschwindigkeit durchströmt bzw. angeströmt werden. Der sich an den kathodisch geschalteten Teilen entwickelnde Wasserstoff und der sich an der Anode entwickelnde Sauerstoff wird mit dem jeweiligen Elektrolytstrom abgeführt.

Der Katholytstrom enthält fein verteiltes Wasserstoffgas und ist hinsichtlich Zink abgereichert. Zur Aufstockung des Zinkgehaltes wird der Katholytstrom durch einen Zinklösereaktor geleitet, in dem metallisches Zink unter zusätzlicher Wasserstoffentwicklung zugeführt wird. Von dort wird der Katholytstrom in den Anodenraum der H_2/O_2 -Brennstoffzelle geleitet, wo der gasförmige Wasserstoff unter Oxidation aufgelöst wird. Der Anolytstrom wird direkt in die Kathodenkammer der H_2/O_2 -Brennstoffzelle geleitet, wo der gasförmige Sauerstoff unter Reduktion aufgelöst wird. Die beiden aus der Brennstoffzelle abströmenden gasfreien bzw. gasarmen Elektrolytströme werden zusammengeführt und in die Beschichtungszelle zurückgeleitet, so dass das Flüssigkeitssystem geschlossen ist. Nach dem Ende eines Beschichtungsvorganges bzw. nach der Beschichtungsphase wird die Beschichtungszelle um 90° in eine Position mit vertikaler Korbachse geschwenkt. Der Elektrolyt wird abgepumpt und verbleibende Reste werden von den Teilen durch Antreiben des Korbes mit erhöhter Drehgeschwindigkeit in der Grössenordnung von 300 min^{-1} abgeschleudert. In Nachbehandlungsschritten kann Wasser zum Spülen oder andere Behandlungsmedien in die Beschichtungszelle eingeleitet und wieder abgepumpt werden, wobei gegebenenfalls die Teile mit horizontaler Achse umgewälzt werden können. Danach erfolgt bei in jedem Fall wiederum vertikaler Achse des Korbes ein Abschleudern mit erhöhter Geschwindigkeit. Danach werden die Teile aus der Beschichtungszelle ausgeschleust, indem bei vertikaler Korbachse dieser aus dem Behälter der Beschichtungszelle ausgehoben wird.

In praktischer Ausführung kann der Korb einen Innendurchmesser von 250 mm haben, wobei seine Hohlkammer, aus der Katholyt abgezogen wird, einen Durchmesser von 100 mm haben kann. Die Höhe des Korbes kann 300 mm betragen. Hieraus ergibt sich ein Volumen von ca. 12 l, das bis zu einem

Drittel mit Teilen gefüllt werden kann.

Handelt es sich beispielsweise bei den Teilen um metrische Schrauben $M8 \times 25$, so ergibt sich daraus ein Schüttgewicht von 4 kg/l und eine spezifische Oberfläche von $0,12 \text{ m}^2/\text{kg}$. Eine Füllmenge von 4 l dieser Schraubensorte hat demnach eine Oberfläche von ca. 2 m^2 . Um eine Stromdichte von 1000 A/m^2 zu realisieren, ist hierfür eine Gleichrichterkapazität von mindestens 2000 A erforderlich. Bei einer Steigerung der Chargengrösse auf 100 bis 200 kg wären Kapazitäten von 12 000 bis 24 000 A analog erforderlich.

Bei einer Stromdichte von 1000 A/m^2 ergibt sich eine Beschichtungsdauer von nur 4 bis 6 Minuten. Aufgrund der hohen Literbelastung, d.h. dem Verhältnis von Strommenge zu Elektrolytvolumen, stellt sich eine erhöhte Elektrolyttemperatur ein. Dies kommt der Abscheidungsrate und der Stromausbeute entgegen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Additive, die bei der Einstellung des Elektrolyten zum Einsatz kommen, bei diesen Temperaturen in gewünschter Weise funktionieren. Gegebenenfalls muss der Elektrolyt aufgeheizt oder gekühlt werden.

Nach einem speziellen Beispiel wird die Beschichtungsanlage mit einem wässrigen Zinkelektrolyten mit der Zusammensetzung:

20 g/l Zink
250 g/l KOH
50 g/l K_2CO_3
10 ml/l SurTec 704 I (handelsübliches Additiv)
1 ml/l SurTec 704 II (handelsübliches Additiv)
10 ml/l SurTec 704 R (handelsübliches Additiv)
5 ml/l SurTec 701 (handelsübliches Additiv)

befüllt. Der Korb wird mit 12 kg metrischer Stahlschrauben $M8 \times 25$ gefüllt. Die Schrauben werden in der Anlage wie beschrieben 6 min bei 10 A/dm^2 kathodisch verzinkt. Die Schrauben weisen danach eine Zinkschichtdicke von im Schnitt $13 \mu\text{m}$ auf.

Für die hohe Abscheidungsrate ist eine extrem gute Elektrolytkonvektion in der Nähe der Teileoberfläche ein wesentlicher Faktor. Diese wird durch die Umschichtung der Teile durch die Umwälzung im Korb sowie weitgehend gleichmässige Einstellung der Zufluss- und Abflussverhältnisse in der Beschichtungszelle sichergestellt.

Als inerte Anode kommt eine katalytisch beschichtete Anode zum Einsatz, um möglichst hohe anodische Stromdichten zu gewährleisten. Die halbschalenförmige Anode ist perforiert und wird mit hoher Strömungsgeschwindigkeit von dem Elektrolyten innerhalb der Beschichtungszelle von innen nach aussen durchflossen.

In einem Zinklösereaktor wird metallisches Zink in dem alkalischen Elektrolyten in Kontakt mit einem katalytisch beschichteten Material unter Wasserstoffentwicklung aufgelöst.

Dieser Verfahrensschritt wird zur Ergänzung des in der Beschichtungszelle verbrauchten Zinks genutzt. Der hierfür vorgesehene Zinklösereaktor ist nach aussen luftdicht abgeschlossen. Der Reaktor wird vom Katholyten durchströmt, der als Teilstrom aus dem Inneren des Korbes nach dem Vorbeiströmen an den kathodisch geschalteten Teilen abgezogen wird. Der Katholyt ist dadurch von Zink abgereichert und mit Wasserstoffgas angereichert. Im Zinklösereaktor wird das Zink nachgeliefert und der

Wasserstoffgehalt zusätzlich erhöht. Der Katholyt wird von dort in die Brennstoffzelle geleitet. Im kontinuierlichen Betrieb entsteht an der Kathode der Beschichtungszelle und im Zinklösereaktor zusammengekommen zu jedem Zeitpunkt die doppelte Menge Wasserstoff, wie jeweils Sauerstoff an der Anode der Beschichtungszelle. Das H_2/O_2 -Verhältnis entspricht damit den Erfordernissen zur vollständigen rückstandsfreien kalten Reaktion in der H_2/O_2 -Brennstoffzelle zu Wasser (H_2O).

Aufgrund der hohen Literbelastung, d.h. dem Verhältnis von Strommenge zu Elektrolytvolumen, erfolgen rapide Veränderungen in dem Elektrolyten, die vorzugsweise mittels einer vollautomatischen Prozesssteuerung, die die Überwachung und Regelung aller wichtigen Elektrolytparameter kontrolliert und einregelt, ausgeglichen werden. Abgesehen von den konventionell zu erfassenden und zu regelnden bzw. zu steuernden Größen Temperatur, Druck, Spannung, Strom sind dies im einzelnen

Messgrösse	Messmethode	Stellgrösse
Zinkgehalt	zyklische Voltammetrie	Austauschrate mit Zinklöseabteil
KOH-Gehalt	Leitfähigkeitsmessung	Zudosieren von konz. KOH-Lösung
org. Additive	zyklische Voltammetrie bzw. Chronoamperometrie	Zudosieren von Additivkonzentrat

Nach einem anderen speziellen Beispiel wird eine Beschichtungsanlage, die dahingehend abgewandelt ist, dass sich weder ein Metalllösereaktor noch eine Brennstoffzelle im Elektrolytkreislauf befinden mit einem wasserfreien aprotischen Aluminiumelektrolyten mit einer Zusammensetzung (bei Raumtemperatur):

250 g/l $AlEt_3$ (Triethylaluminium)
150 g/l $Al(iBu)_3$ (Trisobuthylaluminium)
80 g/l KF (Kaliumfluorid)

in Toluol als Lösungsmittel befüllt. Der Korb wird mit 12 kg metrischer Stahlschrauben $M8 \times 25$ gefüllt. Der Korb wird in die Beschichtungszelle eingesetzt und dieser wird hermetisch geschlossen. Die Beschichtungszelle wird zunächst mit getrocknetem Stickstoff bzw. Argon geflutet und durchgespült. Dann wird der Aluminiumelektrolyt in die Beschichtungszelle gepumpt, der der Stickstoff bzw. das Argon wieder aus der Zelle verdrängt. Die Schrauben werden wie beschrieben 5 min bei $1000 A/m^2$ kathodisch aluminisiert. Der Elektrolyt wird abgeschleudert und abgepumpt. Die Schrauben weisen danach eine Aluminiumschichtdicke von im Schnitt $15 \mu m$ auf.

Die Behandlungszelle (Beschichtungszelle) wird vorzugsweise in eine Gesamtanlage von Behandlungsmaschinen integriert, deren Einzelmaschinen beispielsweise folgende Behandlungsschritte ausüben können:

Entölen
Entfetten
Beizen

elektrolytisches Reinigen

elektrolytisches Beschichten

Chromitieren; Blau-, Gelb- oder Schwarzchromatieren

Versiegeln,

5 wobei die als viertes und fünftes genannten Schritte mit einer erfindungsgemässen Behandlungszelle erfolgen. Hierbei soll der aushebbare Korb der erfindungsgemässen Behandlungszelle passend zum Einsetzen in alle anderen Einzelmaschinen der Gesamtanlage sein.

10 Wenn nach jedem Behandlungsvorgang die Teile in der jeweiligen Maschinen gespült und durch Zentrifugieren getrocknet werden, wird die Verschleppung zwischen den Behandlungsvorgängen sehr niedrig sein. Der Abwasser- und Schlammabfall verringert sich erheblich.

15 Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachstehend beschrieben.

20 Fig. 1 zeigt ein vereinfachtes Schema einer Anlage mit einer erfindungsgemässen Vorrichtung.

Fig. 2 zeigt ein konkret ausgeführtes Schema einer Anlage mit einer erfindungsgemässen Vorrichtung.

25 Fig. 3 zeigt eine erfindungsgemässe Vorrichtung in konkreter konstruktiver Ausgestaltung.

Fig. 4 zeigt eine Gesamtanlage zur Behandlung, in die eine erfindungsgemässe Vorrichtung integriert ist.

30 In Fig. 1 ist eine Schemadarstellung einer Anlage zum elektrochemischen Beschichten gezeigt, in der eine zentrale Beschichtungszelle 10, die einen geschlossenen Behälter 11 umfasst, mit einem Metalllösereaktor 12, einer H_2/O_2 -Brennstoffzelle 13 und einem Ausgleichsbehälter 14 mit einer angeschlossenen automatischen Badkontrolle und -regelung 70 in einem geschlossenen Elektrolytkreislauf verbunden ist und weiterhin mit der H_2/O_2 -Brennstoffzelle 13 und einem Gleichrichter 15 als Gleichspannungsquelle elektrisch verbunden ist. Die Einzelheiten werden nachfolgend erläutert. In dem Behälter 11 der Beschichtungszelle 10 ist ein mit horizontaler Achse ausgebildeter Korb 16 angeordnet. Die zentrale Nabe des Korbes 16 bildet die Kathode 17; diese ist über eine elektrische Leitung 18 mit dem Minus-Pol 19 des Gleichrichters 15 verbunden. Innerhalb des Behälters 11 unterhalb der Kathode 17 ist eine Anode 20 angeordnet, die gegenüber dem Behälter 11 isoliert ist und die über eine elektrische Leitung 21 mit dem Plus-Pol 22 der Brennstoffzelle 13 verbunden ist. Weiterhin ist der Minus-Pol 23 der Brennstoffzelle 13 über eine elektrische Leitung 24 unmittelbar mit dem Plus-Pol 25 des Gleichrichters 15 verbunden. Hiermit sind der Gleichrichter 15 und die Brennstoffzelle 13 im Verhältnis zur Beschichtungszelle 10 elektrisch in Reihe geschaltet. In der Brennstoffzelle 13 sind von einer Membran 26 getrennt, eine Kathodenkammer 27 und eine Anodenkammer 28 ausgebildet. Der Elektrolytkreislauf geht vom Ausgleichsbehälter 14 aus, von dem aus eine Zuführleitung 31 richtig eingestellter Elektrolyten dem Behälter 11 zuführt. Die im Zentrifugenkorb 16 enthaltene Ware (Teile) wird elektrochemisch beschichtet, wobei sich das Wasser der Elektrolyten an den Elektroden

zersetzt; hierbei entsteht an der Kathode 17 H₂-haltiger Katholyt, das in der Nähe der Kathode, insbesondere aus dem Innenraum der Nabe über eine Abzugsleitung 32 abgezogen und dem Metallösereaktor 12 zugeführt wird. In dem Metallösereaktor 12 wird Beschichtungsmetall in dem Elektrolyten gelöst, wobei zusätzliches H₂ frei wird, das vom Katholyten mitgenommen wird. Nahe der Anode 20 im Behälter 11 wird über eine Abzugsleitung 33 für Anolyt O₂-haltiges Anolyt abgezogen. Der Anolyt wird der Kathodenkammer 27 der Brennstoffzelle 13 unmittelbar zugeführt. Der Katholyt wird über eine Leitung 34 vom Metallösereaktor 12 der Anodenkammer 28 der Brennstoffzelle 13 zugeführt. In der Brennstoffzelle findet die kalte Verbrennung von H₂ und O₂ zu Wasser statt. Die zwei Austrittsleitungen 35 aus der Kathodenkammer und 36 aus der Anodenkammer werden zu einer gemeinsamen Leitung 37 zusammengeführt, die zum Ausgleichsbehälter 14 führt, wo die Elektrolytflüssigkeit chemisch exakt eingestellt wird. Hiermit entsteht ein geschlossener Elektrolytkreislauf vom Ausgleichsbehälter 14 über den geschlossenen Behälter 11 sowie die Brennstoffzelle 13, wobei ein Teilstrom (Katholyt) zwischen geschlossenem Behälter 11 und Brennstoffzelle 13 über den Metallösereaktor 12 geführt wird.

In Fig. 2 ist eine ausgeführte Anlage zum elektrochemischen Beschichten nach Fig. 1 ebenfalls schematisch, jedoch mit grösserer Anzahl von Details dargestellt. Als Grundkomponenten sind ebenfalls die Behandlungszelle 10 mit dem geschlossenen Behälter 11, dem Korb 16 mit als Hohl-nabe ausgeführter Kathode 17, sowie der Anode 20, weiterhin der Metallösereaktor 12, die Brennstoffzelle 13 und der Ausgleichsbehälter 14 sowie der Gleichrichter 15 erkennbar. Einzelheiten zur Behandlungszelle 10 werden anhand einer weiteren Darstellung noch näher erläutert. Durch einen Motor ist ein drehender Antrieb des Korbes 16 darstellbar. In der Abzugsleitung 32 für Katholyt ist eine Pumpe 42 dargestellt. Hinter dieser Pumpe zweigt von der Leitung 32, die zum Metallösereaktor 12 führt, eine Kurzschlussleitung 38 ab, die unmittelbar unter Umgebung des Zinklösereaktors in die Zuführleitung 34 zur Brennstoffzelle 13 führt. Absperrventile 43, 45, 47 sowie Rückschlagventile 44, 46 dienen der Umsteuerung. Dies bedeutet, dass der Metallösereaktor 12 mit den darin dargestellten Metallelementen 48 nur zeitweise aktiviert, d.h. von dem Elektrolyten durchströmt wird. In der Abzugsleitung 33 von der Anode 20 ist ebenfalls eine Pumpe 57 vorgesehen, weiterhin ein Absperrventil 58 und ein Rückschlagventil 59, die dem Absperrn des geschlossenen Behälters 11 dienen. In der Brennstoffzelle 13 sind die Kathode 22 und die Anode 23 sowie die Membran 26 eingezeichnet. Der Minus-Pol 19 des Gleichrichters 15 ist unmittelbar mit der Kathode 17 der Behandlungszelle 10 verbunden, d.h. die elektrische Leitung 18 ist nicht unterbrochen, während die elektrische Leitung 24 unmittelbar mit der Anode 23 der Brennstoffzelle 13 verbunden ist und die Leitung 21 zur Anode 20 der Behandlungszelle 10 mit der Kathode 22 der Brennstoffzelle 13 verbunden ist. Über eine Kurzschlussleitung 41 kann die Brennstoffzelle 13 überbrückt werden. In der Leitung 24 liegt ein Unterbrecherschalter

52, in der Leitung 21 liegt ein Unterbrecherschalter 53 und in der Kurzschlussleitung 41 ein Unterbrecherschalter 51, die eine In-Reihe-Schaltung der Brennstoffzelle 13 mit der Gleichspannungsquelle 15 ermöglichen. Die aus der Brennstoffzelle 13 austretenden Leitungen 35, 36 für Elektrolyt werden auch hier zur gemeinsamen Zuführleitung 37 zusammengeführt, die zum Ausgleichsbehälter 14 des Behandlungsbades führt. In der vom Ausgleichsbehälter 14 ausgehenden Zuführleitung 31 für Elektrolyt ist eine Pumpe 55 und ein Absperrventil 56 vorgesehen. In dieser Weise ist der Elektrolytkreislauf in gleicher Weise geschlossen wie vorher beschrieben. An den Leitungen 31, 32, und 33, sind jeweils mit «PI» bezeichnete Druckfühler dargestellt. Eine Frischwasserquelle 61 kann über eine mit einem Absperrventil 62 versehene Leitung 63 zur Auffüllung des Ausgleichsbehälters 14 dienen. Eine Kühlmittelquelle 64 führt über eine mit einem Absperrventil 6 versehene Kühlschlange 66 Kühlmittel durch den Ausgleichsbehälter 14. Aus dem Ausgleichsbehälter 14 führt eine Ablaufleitung 67 mit einem Absperrventil 68, die in einen Kanal 69 einmündet. Der oben geschlossene Ausgleichsbehälter 14 hat einen Absaugstutzen 71. Am Ausgleichsbehälter 14 ist weiterhin eine Heizquelle 72 dargestellt, die eine Heizspirale 73 beheizt. Am Ausgleichsbehälter 14 ist weiterhin ein mit «TC» bezeichneter Temperaturregler 74 und ein mit «LC» bezeichneter Niveauregler 75 gezeigt. Weiterhin ist eine Umlaufschleife 76 vorgesehen, in der eine Pumpe 77, ein Filter 78 sowie ein Absperrventil 79 angeordnet sind. Die automatische Badkontrolle und Regelung 70 ist über Leitungen 39, 40 an den Ausgleichsbehälter angeschlossen. Die Strömungsrichtung in den Leitungen ist jeweils durch Pfeile angedeutet.

In Fig. 3 ist die Behandlungszelle 10 mit dem Behälter 11 im Detail und vergrößert gezeigt. Der Korb 16 und die als Hohl-nabe 80 ausgeführte Kathode sind hier mit weiteren Einzelheiten erkennbar. Der Korb hat einen Boden 81, einen Deckel 82 und einen Ringmantel 83. Die Hohl-nabe 80 hat einen Innenraum 84 und ist mit radialen Durchbrechungen 85 versehen, durch die Elektrolytflüssigkeit von aussen nach innen eintreten kann, die über einen Hohlzapfen 86 abgepumpt wird. Unterhalb des Korbes 16 ist ein Zuführrohr 88 dargestellt, das Durchbrechungen 108 hat und mit der Zuführleitung für Elektrolytflüssigkeit verbunden ist. Aus diesem Zuführrohr 88 kann Elektrolyt über die axiale Länge des Behälters 11 verteilt gleichmässig unter dem Korb 16 austreten. Mehrere parallele Zuführrohre 88 können über eine Halbzylinderschale verteilt an die Formgebung des Korbes 16 mit gleichmässigem Abstand angepasst sein. Die Elektrolytflüssigkeit strömt nach oben über den mit Durchbrechungen 87 versehenen Ringmantel 83 zur Kathode 17 und nach unten zur Anode 20. Die Anode 20 ist vorzugsweise halbzylinderschalenförmig unterhalb des Korbes 16 bis etwa zur Mittelachse reichend ausgeführt und weist Durchbrechungen 90 auf. Radial ausserhalb des Behälters 11 ist ein Sammelrohr 89 gezeigt, über das durch die Anode hindurchgeströmte Elektrolytflüssigkeit über Einzelstutzen 111 aus dem Behälter 11 abgeführt wird. Mehrere Sammelrohre 89

können über die untere Hälfte des Behälters verteilt parallel zueinander angeordnet sein.

In einem massiven Bodenteil 91 des Behälters 11 sind Lagermittel 92 und Dichtungen 93 vorgesehen, in denen ein Lagerzapfen 94 gelagert ist. In dem Lagerzapfen 94 ist ein Leiterzapfen 95 eingesetzt, an dem ein Schleifring 96 grösseren Durchmessers angesetzt ist. Auf dem Lagerzapfen 94 aufgesetzt und mit diesem und dem Leiterzapfen 95 verschraubt sitzt ein Tellerrad 97 für einen Antrieb des Zapfens 94. Der Wellenzapfen 94 hat einen Flansch 98 im Inneren des Gehäuses 11, an dem ein Korbhalteboden 99 mit Einführklauen 100 angeschraubt ist. Die entgegengesetzte Stirnseite des Behälters 11 ist durch ein ringförmiges Deckelblech 101 abgeschlossen, das einen Ringflansch 102 trägt, in dessen nach innen offenem U-förmigen Querschnitt ein Druckschlauch 103 einliegt. In Anlage mit dem Ringflansch 102 ist ein Deckel 104 einzusetzen, gegen den sich der Druckschlauch 103 bei Druckaufgabe abdichtend anlegen kann. Der Deckel 104 trägt eine Lagerhülse 105 mit Lagermitteln 106 und Dichtungsmitteln 107. In diesen ist der Hohlzapfen 86 gelagert und abgedichtet. Der Hohlzapfen 86 hat einen Flansch 109, an dem sich innen aufgeschobene Tellerfedern 110 abstützen. Im inneren Ende des Hohlzapfens 108 ist der Deckel 82 zentriert aufgesetzt, der mittels eines Ringflansches 112 verliersicher am Flansch 109 gehalten ist und sich über die Tellerfedern 110 an diesem abstützt. Aussen am Deckel 82 sind Einführklauen 113 angeordnet. Der Korb 16 ist aufgebaut aus der Hohlhabe 80 mit einem Innenraum 84, der zum Deckel 82 hin offen ist. An der Hohlhabe 80 ist über einen Ringflansch 114 der Boden 81 angeschraubt. Der Boden 81 trägt den Ringmantel 83, der vom Deckel 82 verschlossen ist. Der Innenraum 84 ist zum Deckel 82 hin offen. Im Boden der Hohlhabe 80 ist eine konische Ausnehmung 116, in die die konische Spitze des Lagerzapfens 95 reibschlüssig eingreift. Die Hohlhabe 80 ist über eine O-Ringdichtung 115 gegenüber der Welle 94 abgedichtet. In der Hohlhabe 80 sind die radialen Durchbrechungen 85 erkennbar, im Ringmantel 83 die radialen Durchbrechungen 87. Der Innenraum 84 ist über den Hohlzapfen 86 mit der Umgebung verbunden, über den Hohlzapfen 86 kann der Katholyt aus dem Innenraum abgesaugt werden. Unterhalb des Korbes 16 ist ein parallel zur Achse verlaufendes Zuführrohr 88 vorgesehen, das durch den Boden 91 aus dem Gehäuse 11 herausgeführt ist. Es ist mit einer Vielzahl von Bohrungen 108 in seiner Mantelfläche versehen und dient der Zuführung von Elektrolyt von aussen ins Gehäuse 11. Nochmals unterhalb dieses Rohres 88 ist die Anode 20 eingezeichnet, die sich zwischen Boden 91 und Deckel 101 erstreckt und die halbschalenförmigzylindrisch um den Korb 16 herumgeführt ist. Nahe der Anode 20 sind eine Mehrzahl von radialen Rohrstutzen 111 durch den Mantel des Gehäuses 11 geführt, die alle in einem horizontal liegenden Sammlerrohr 89 münden, über das Elektrolytflüssigkeit (Anolyt) aus dem Gehäuse 11 abgezogen werden kann.

In Fig. 4 ist eine Gesamtanlage zum Oberflächenbeschichten in Draufsicht (Aufstellplan) gezeigt, die aus mehreren Einzelmaschinen besteht, in die ein

mit zu beschichtenden Teilen beschickter Korb 16 eingesetzt werden kann. Von links nach rechts sind eine Beladestation 151 zum Beschicken eines einzelnen Korbes, eine Entfettungsmaschine 152, eine 5 Ultraschallvorbehandlungsmaschine 153, eine elektrochemische Behandlungsmaschine 10, eine Passivierungsmaschine 155 und eine Trockenzentrifuge 156 sowie schliesslich eine Entleerstation 157 gezeigt. In Unterschriften ist jeweils der Typ der Maschine, in weiteren Schrittfeldern die einzelne 10 Behandlungsschritte erläutert. In der Beladestation 151 ist ein Korb 16 gezeigt, der mit Ware befüllt werden kann und dann in die gestrichelt dargestellte Position gebracht werden kann, von wo ihn aus über sämtliche Maschinen verfahrbare Hub- und Transportmittel 15 erfassen und in die einzelnen Maschinen einstellen können. Zur Entfettungsstation 152 werden an den 15 Teilen nacheinander ein Reinigungsvorgang mit Reinigerflüssigkeit und zwei Spülvorgänge mit Spülwasser durchgeführt. In der Ultraschallvorbehandlungsstation werden unter gleichzeitigem Betreiben einer 20 Ultraschallvorrichtung ein Reinigungsvorgang mit Reinigerflüssigkeit sowie zwei Spülvorgänge mit Spülwasser durchgeführt. In der Behandlungszelle werden an den Teilen ein Beschichtungsschritt mit Elektrolytflüssigkeit und zwei Spülvorgänge mit Spülwasser durchgeführt. In Nachbarschaft zu der Station sind eine Brennstoffzelle und ein Metallösebehälter symbolisch gezeigt.

In der Passivierungsmaschine werden nacheinander die Behandlungsschritte des Aktivierens, des 30 Passivierens und daran anschliessend zwei Spülvorgänge durchgeführt.

In der Trockenzentrifuge wird anhaftende Flüssigkeit abgeschleudert; dies kann auch in den vier 35 vorher angesprochenen Maschinen nach dem letzten Spülvorgang stattfinden.

Die Entleerungsstation ist ein offener Trichter, in den die Teile aus dem aus der Trockenzentrifuge 40 ausgehobenen Korb abgekippt werden können, wobei diese in darunter stehende Transportkisten fallen können.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 45 | 10 Beschichtungszelle/Behandlungszelle! |
| | 11 Behälter |
| | 12 Metallösereaktor |
| | 13 H ₂ /O ₂ -Brennstoffzelle |
| 50 | 14 Behandlungsbad |
| | 15 Gleichstromquelle |
| | 16 Korb |
| | 17 Kathode Beschichtungszelle |
| | 18 elektrische Leitung |
| 55 | 19 Minus-Pol Gleichstrom |
| | 20 Anode Beschichtungszelle |
| | 21 elektrische Leitung |
| | 22 Kathode Brennstoffzelle |
| | 23 Anode Brennstoffzelle |
| 60 | 24 elektrische Leitung |
| | 25 Plus-Pol Gleichstrom |
| | 26 Membran |
| | 27 Kathodenkammer |
| | 28 Anodenkammer |
| 65 | 31 Zuführleitung |

32 Abzugsleitung
 33 Abzugsleitung
 34 Leitung
 35 Leitung
 36 Leitung
 37 Leitung
 38 Kurzschlussleitung
 39 Leitung
 40 Leitung
 41 Kurzschlussleitung
 42 Pumpe
 43 Absperrventil
 44 Rückschlagventil
 45 Absperrventil
 46 Rückschlagventil
 47 Sperrventil
 48 Zinkelemente
 51 Schalter
 52 Schalter
 53 Schalter
 55 Pumpe
 56 Absperrventil
 57 Pumpe
 58 Absperrventil
 59 Rückschlagventil
 61 Frischwasserquelle
 62 Absperrventil
 63 Leitung
 64 Kühlmittelquelle
 65 Absperrventil
 66 Kühlschlange
 67 Ablauf
 68 Absperrventil
 69 Kanal
 70 Badkontrolle
 71 Absaugstutzen
 72 Heizquelle
 73 Heizspirale
 74 Temperaturregler
 75 Niveauregler
 76 Umlaufschleife
 77 Pumpe
 78 Filter
 79 Absperrventil
 80 Hohlnahe
 81 Boden
 82 Deckel
 83 Ringmantel
 84 Innenraum
 85 Durchbrechungen
 86 Hohlzapfen
 87 Durchbrechungen
 88 Zuführrohr
 89 Sammelrohr
 90 Durchbrechungen (20)
 91 Bodenteil
 92 Lagermittel
 93 Dichtungen
 94 Lagerzapfen/Wellenzapfen!
 95 Leiterzapfen
 96 Schleifring
 97 Tellerrad
 98 Flansch
 99 Korbhalteboden
 100 Einführklauen

101 Deckelblech
 102 Ringflansch
 103 Druckschlauch
 104 Deckel
 5 105 Lagerhülse
 106 Lagermittel
 107 Dichtungsmittel
 108 Durchbrechungen (88)
 109 Flansch
 10 110 Tellerfedern
 111 Stutzen (89)
 112 Ringflansch
 113 Einführklauen
 114 Ringflansch
 15 115 O-Ring-Dichtung
 116 Ausnehmung
 151 Beladestation
 152 Entfettungsmaschine
 153 Ultraschall-Behandlungsmaschine
 20 154 elektrochemische Behandlungsmaschine
 155 Passivierungsmaschine
 156 Trockenzentrifuge
 157 Entleerstation

25 Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrochemischen Behandlung, insbesondere zum elektrochemischen Beschichten, von leitenden oder leitend gemachten Teilen in einem mit einem wässrigen Elektrolyten befüllten Behälter, in dem zwei Elektroden (Anode; Kathode) angeordnet sind, die an einer Gleichspannungsquelle anliegen, dadurch gekennzeichnet, dass die Zersetzungsprodukte des Wassers an den Elektroden, nämlich H_2 und O_2 , aus dem Elektrolyten getrennt abgezogen und einer H_2/O_2 -Brennstoffzelle zur Entgasung des Elektrolyten und zur Energierückgewinnung zugeleitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt im Kreislauf durch den Behälter und die H_2/O_2 -Brennstoffzelle geführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb des Kreislaufs ein Metalllöseprozess in dem Elektrolyten vorgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislauf unter Luftabschluss geführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Behälter eine Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten von zumindest 1 m/min, insbesondere von grösser gleich 10 m/min aufrechterhalten wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verwendung eines Zink-Elektrolyten eine Stromdichte von mindestens 400 A/m², insbesondere von mehr als 1000 A/m² eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei Verwendung eines Sauer-Kupfer-Elektrolyten eine Stromdichte von zumindest 1000 A/m², insbesondere von mehr als 2500 A/m² eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass H_2 mit dem Katholytstrom nahe der Kathode aus dem Behälter abgezo-

gen wird und dass O₂ mit dem Analytstrom nahe der Anode aus dem Behälter abgezogen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Katholytstrom der Anodenkammer der H₂/O₂-Brennstoffzelle und der Analytstrom der Kathodenkammer der H₂/O₂-Brennstoffzelle zugeleitet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Metalllösereaktor dem Katholytstrom Metallionen oder Metallionenkomplexe unter Bildung von zusätzlichem H₂ zugeführt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aus den Kammern der H₂/O₂-Brennstoffzelle austretenden Lösungsströme hinter dieser zusammengeführt werden und als Elektrolyt dem Behälter erneut zugeführt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass nach Abschluss der elektrochemischen Behandlung der Teile der Behälter entleert wird und an den Teilen anhaftender Elektrolyt unter Fliehkrafteinwirkung von diesen abgeschleudert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschluss an das Abschleudern dem Behälter Wasser zu Spülzwecken zugeführt wird und der Behälter nach dem Spülen entleert wird und an den Teilen anhaftendes Wasser unter Fliehkrafteinwirkung von diesen abgeschleudert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Teile während der elektrochemischen Behandlung innerhalb des Behälters umgeschichtet werden.

15. Vorrichtung zur elektrochemischen Behandlung, insbesondere zur elektrochemischen Beschichtung von leitenden oder leitend gemachten Teilen, umfassend einen mit einem wässrigen Elektrolyten gefüllten Behälter (11), in dem zwei Elektroden (Anode 20, Kathode 17) angeordnet sind, die an einer Gleichspannungsquelle anliegen, gekennzeichnet durch eine Zuleitung (31) für den Elektrolyten zum Behälter (11) und zwei jeweils nahe den Elektroden (20, 17) angeordnete separate Abzugsleitungen (33, 32) für Anolyt und Katholyt aus dem Behälter (11) sowie durch eine H₂/O₂-Brennstoffzelle (13) mit Zuleitungen zu einer Anodenkammer (28) und einer Kathodenkammer (27), die mit den Abzugsleitungen für Katholyt bzw. Anolyt in Verbindung stehen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwei separate Austrittsleitungen (35, 36) aus der Anodenkammer und der Kathodenkammer der Brennstoffzelle (13) zusammengeführt sind und mit der Zuleitung (31) für Elektrolyt zum Behälter (11) verbunden sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Leitungskreislauf für Elektrolyt, insbesondere in der Leitung (32) für Katholyt hinter dem Behälter (11) ein Metalllösereaktor (12) angeordnet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (20) im Behälter (11) inert ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis

18, dadurch gekennzeichnet, dass im Behälter (11) ein rotierbarer Korb (16) vorgesehen ist, der die Teile aufnimmt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter (11) mit dem rotierbaren Korb (16) eine Achse hat, die um 90° aus einer horizontalen Achslage in eine senkrechte Achslage schwenkbar ist, wobei die Achslage insbesondere frei einstellbar ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im Leitungskreislauf für Elektrolyt, insbesondere hinter der Brennstoffzelle (13), ein Ausgleichsbehälter (14) mit Analyse- und Stoffzugabeeinheiten (70) zur chemischen Einstellung der Elektrolyt vorgesehen ist.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzelle (13) mit der Gleichspannungsquelle (15) elektrisch in Reihe geschaltet ist.

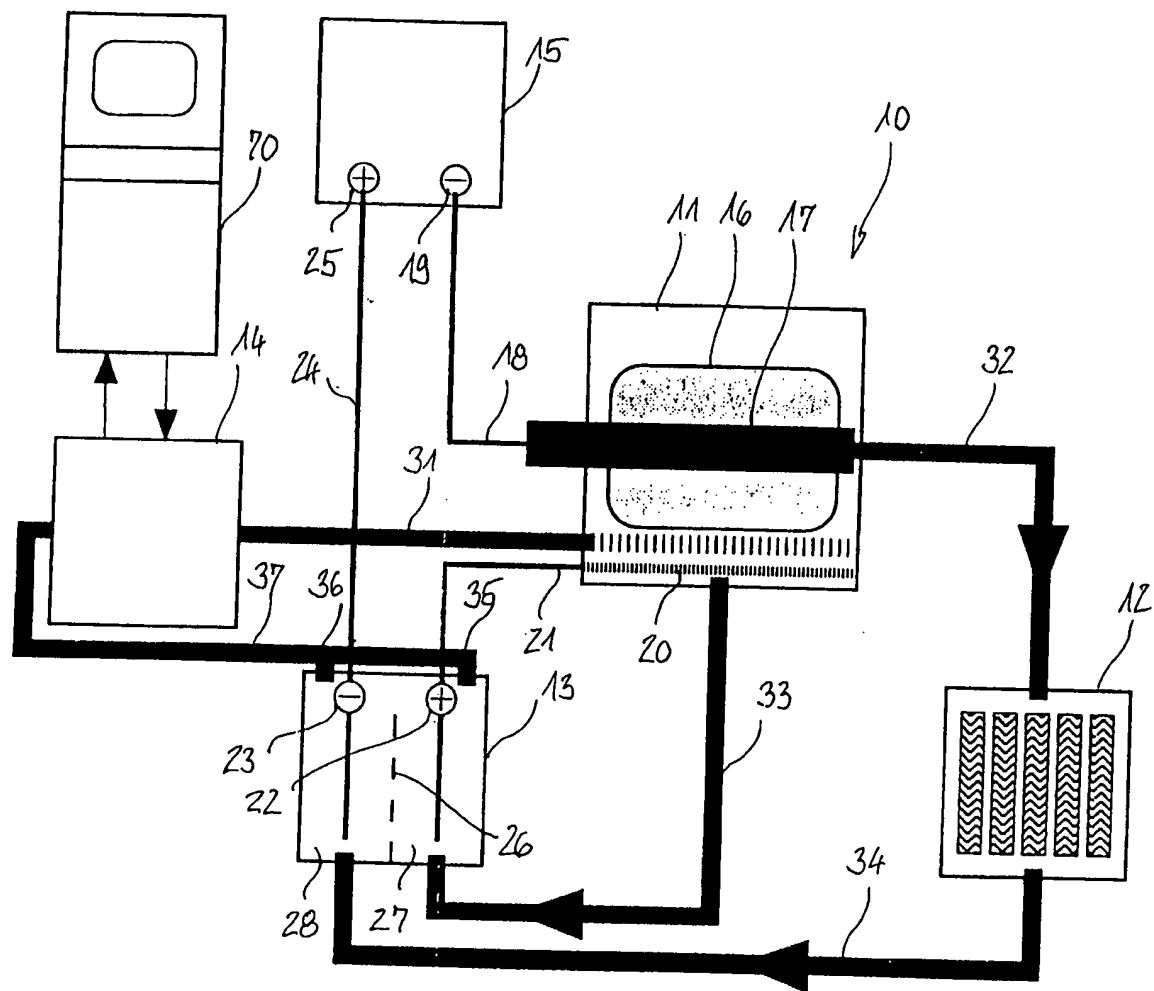


Fig. 1

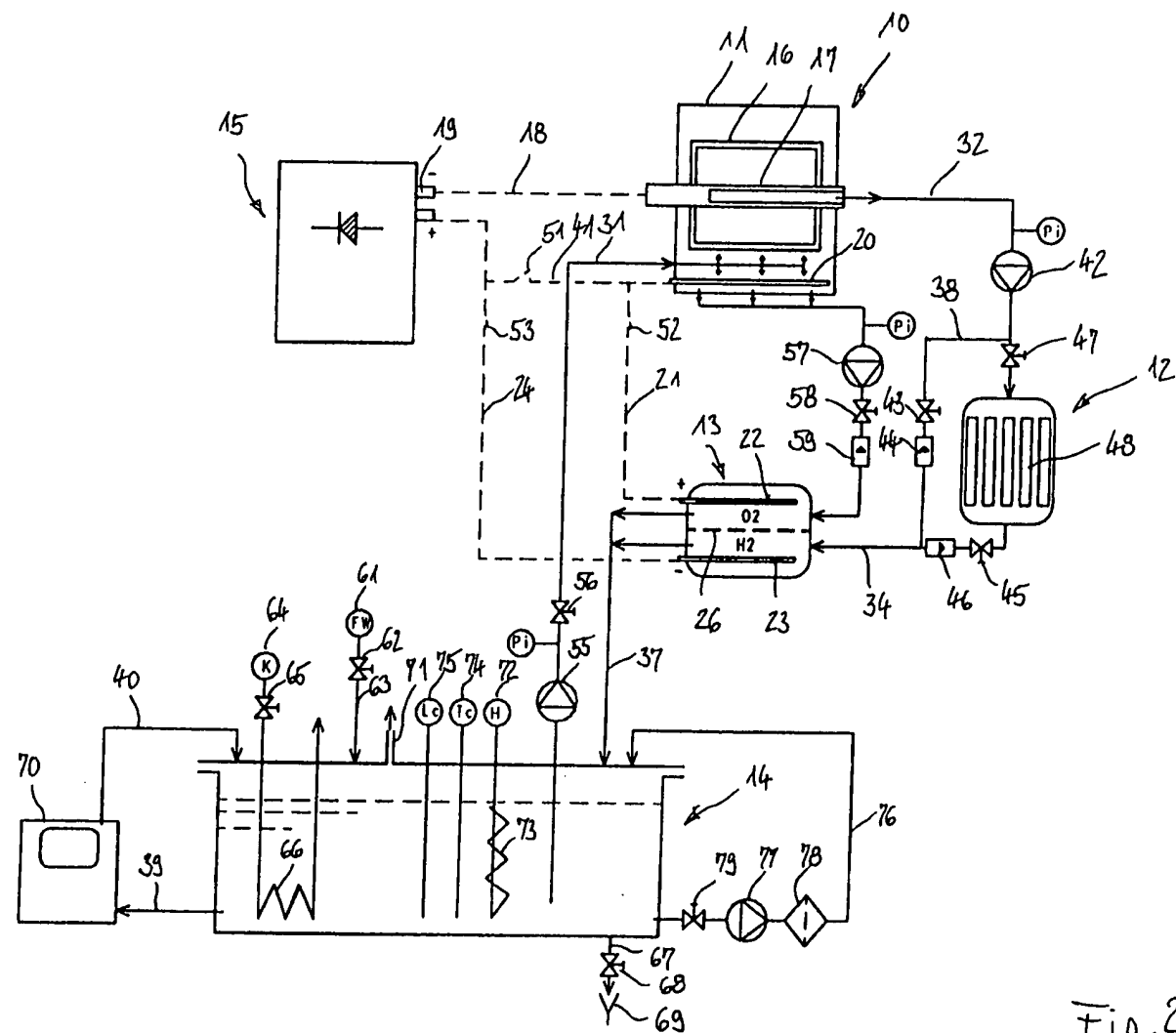
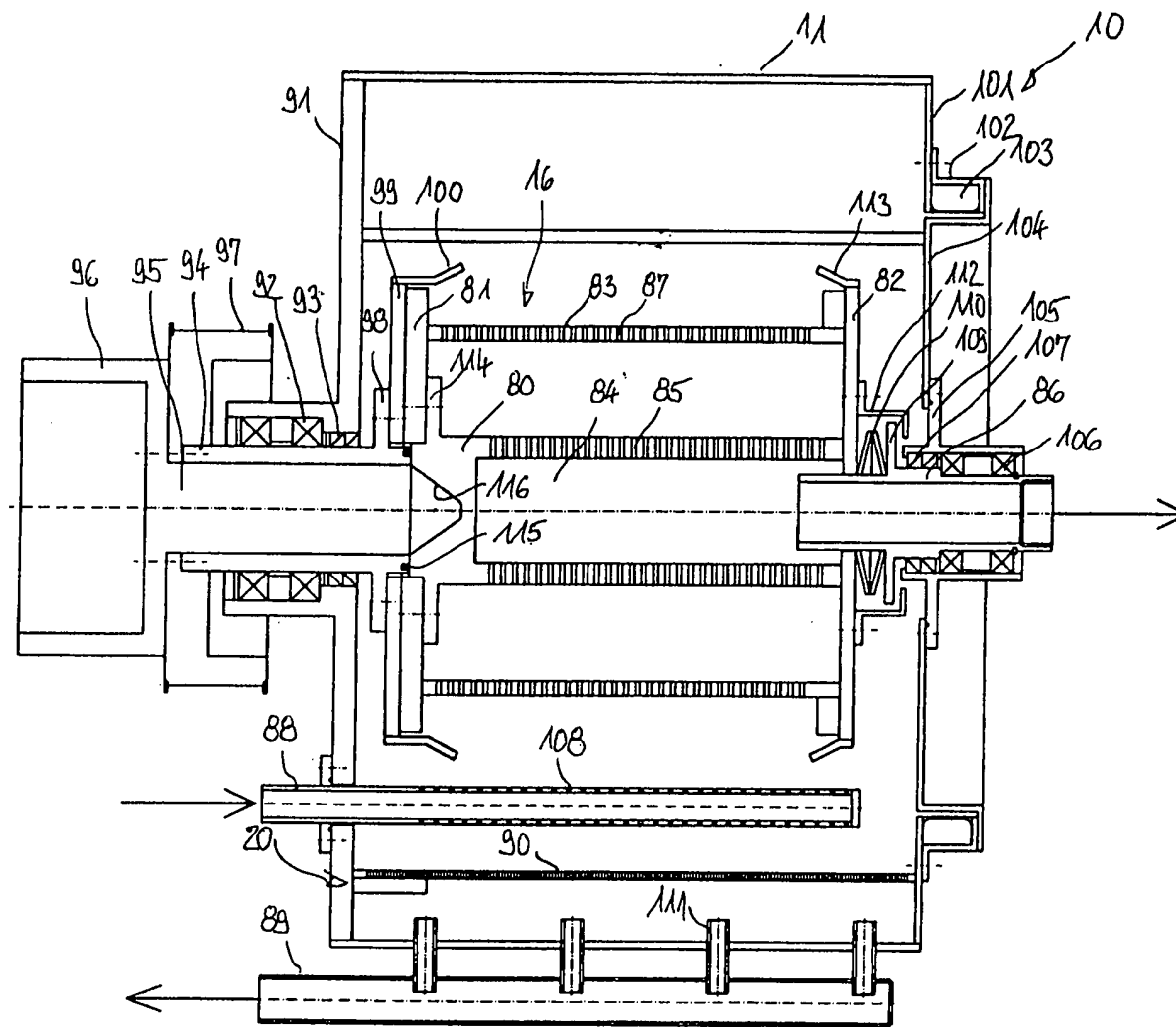


Fig. 2



CH 694 701 A5

Fig.3

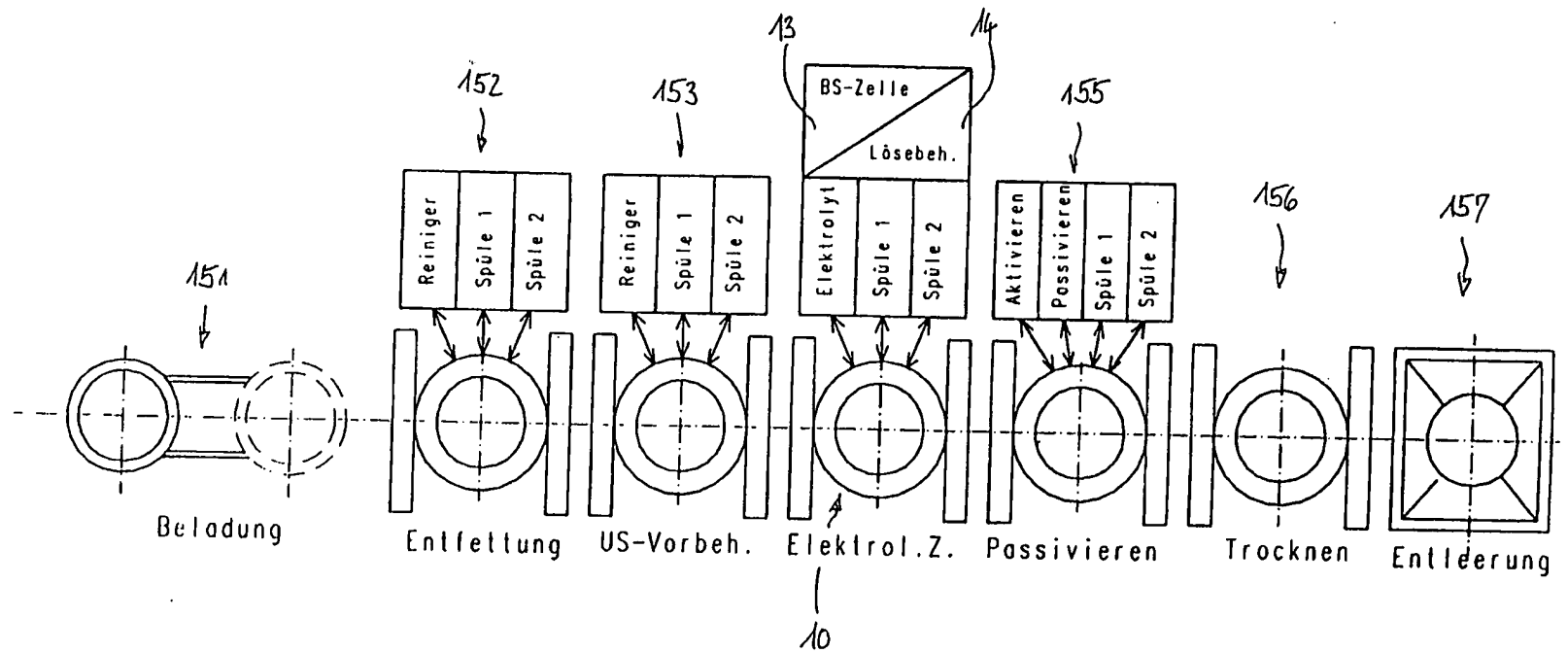


Fig.4