

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Mai 2012 (10.05.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/059300 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
C25D 21/12 (2006.01)

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/067723

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Oktober 2011 (11.10.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102010043206.7 2. November 2010 (02.11.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PILASKI, Milan [DE/DE]; Dieterlestr. 83, 70469 Stuttgart (DE). CZERNOTZKY, Thorsten [DE/DE]; Preussenstr. 2, 66386 St. Ingbert (DE).

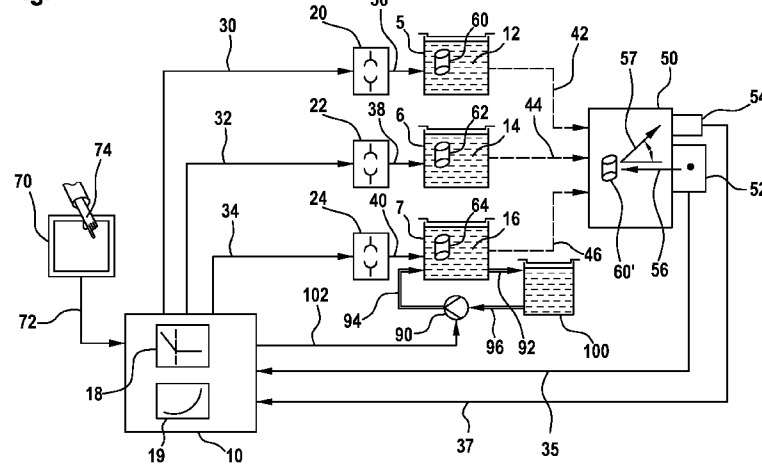
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COATING DEVICE AND METHOD FOR THE GALVANIC COATING OF AN OBJECT IN A CONTROLLED MANNER

(54) Bezeichnung : BESCHICHTUNGSVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM GEREGLTEN GALVANISCHEN BESCHICHTEN EINES OBJEKTS

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a coating device for the galvanic coating of at least one object. The coating device has at least one vessel, in particular an electroplating reactor for receiving an electrolyte and at least one object. The vessel is connected to a current source, said current source being designed to be electrically connected to the object and to transfer a current through the object via the electrolyte and thus to apply a coating, in particular chrome, onto the object. According to the invention, the current source has an input for a control signal, said current source being designed to change a current strength of the current dependent on the control signal. The coating device also has a layer thickness detecting device, said layer thickness detecting device being designed to detect a layer thickness of the coating and to generate a layer thickness signal that represents the layer thickness. The coating device also has a processing unit which is connected to the at least one current source and the layer thickness detecting device and is designed to generate the control signal by means of a controller at least dependent on the layer thickness signal.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/059300 A2



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft eine Beschichtungsvorrichtung zum galvanischen Beschichten wenigstens eines Objekts. Die Beschichtungsvorrichtung weist wenigstens ein Gefäß, insbesondere Galvano-Reaktor zum Aufnehmen eines Elektrolyts und wenigstens eines Objekts auf. Das Gefäß ist mit einer Stromquelle verbunden, wobei die Stromquelle ausgebildet ist, mit dem Objekt elektrisch verbunden zu werden und durch das Objekt einen Strom über den Elektrolyt zu senden und so eine Beschichtung, insbesondere Chrom, auf das Objekt aufzutragen. Erfindungsgemäß weist die Stromquelle einen Eingang für ein Steuersignal auf, wobei die Stromquelle ausgebildet ist, in Abhängigkeit des Steuersignals eine Stromstärke des Stroms zu ändern. Die Beschichtungsvorrichtung weist auch eine Schichtdickenerfassungsvorrichtung auf, wobei die Schichtdickenerfassungsvorrichtung ausgebildet ist, eine Schichtdicke der Beschichtung zu erfassen und ein die Schichtdicke repräsentierendes Schichtdickensignal zu erzeugen. Die Beschichtungsvorrichtung weist auch eine Verarbeitungseinheit auf, welche mit der wenigstens einen Stromquelle und der Schichtdickenerfassungsvorrichtung verbunden und ausgebildet ist, das Steuersignal mittels eines Reglers wenigstens in Abhängigkeit des Schichtdickensignals zu erzeugen.

5 Beschreibung

Titel

10 Beschichtungsvorrichtung und Verfahren zum geregelten galvanischen Beschichten eines Objekts

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft eine Beschichtungsvorrichtung zum galvanischen Beschichten wenigstens eines Objekts. Die Beschichtungsvorrichtung weist wenigstens ein Gefäß, insbesondere Galvano-Reaktor zum Aufnehmen eines Elektrolyts und wenigstens eines Objekts auf. Das Gefäß ist mit einer Stromquelle verbunden, wobei die Stromquelle ausgebildet ist, mit dem Objekt elektrisch verbunden zu werden und durch das Objekt einen Strom über den Elektrolyt zu senden und so eine Beschichtung, insbesondere Chrom, auf das Objekt aufzutragen.

20 Bei aus dem Stand der Technik bekannten Beschichtungsvorrichtungen besteht das Problem, dass eine Beschichtungsstärke von dem die Beschichtung erzeugenden Strom sowie der Beschichtungszeit abhängt. Der Strom zum Herstellen der galvanischen Schicht wird in der Regel manuell eingestellt, sodass Schichtdicken der Beschichtung einer Serie von beschichteten Objekten zueinander verschiedene Werte sowie eine hohe Schichtstärkenstreuung aufweisen.

25 Offenbarung der Erfindung

30 Erfindungsgemäß weist die Stromquelle einen Eingang für ein Steuersignal auf, wobei die Stromquelle ausgebildet ist, in Abhängigkeit des Steuersignals eine Stromstärke des Stroms zu ändern. Die Beschichtungsvorrichtung weist auch eine Schichtdickenerfassungsvorrichtung auf, wobei die Schichtdickenerfassungsvorrichtung ausgebildet ist, eine Schichtdicke der Beschichtung zu erfassen und

ein die Schichtdicke repräsentierendes Schichtdickensignal zu erzeugen. Die Beschichtungsvorrichtung weist auch eine Verarbeitungseinheit auf, welche mit der wenigstens einen Stromquelle und der Schichtdickenerfassungsvorrichtung verbunden und ausgebildet ist, das Steuersignal mittels eines Reglers – bevorzugt gemäß einer vorbestimmten Regelfunktion – wenigstens in Abhängigkeit des Schichtdickensignals zu erzeugen.

So kann vorteilhaft erreicht werden, dass Schichtdicken einer Serie von Objekten zueinander eine geringe Abweichung aufweisen. Das Objekt ist beispielsweise ein Ventilstück, insbesondere ein Ventilsitz des Ventilstücks, die Beschichtung ist beispielsweise Chrom. Nicht zu beschichtende Oberflächen des Objekts können beispielsweise mittels einer Maske, insbesondere Kunststoff, abgedeckt werden. Dadurch wird der zu beschichtende Bereich des Objekts vorteilhaft begrenzt, so dass Streuströme zu anderen Objektorten des Objekts mit geringerer Stromdichte vermieden werden. Durch die Maske lässt sich so vorteilhaft ein exakt reproduzierbares Beschichtungsergebnis erzielen.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Beschichtungsvorrichtung eine Mehrzahl von Gefäßen, insbesondere Galvano-Raktoren auf. Bevorzugt ist die Verarbeitungseinheit ausgebildet, die Schichtdicke, insbesondere den Strom und/oder die Beschichtungszeit für jedes Gefäß individuell, insbesondere unabhängig von den anderen Gefäßen in Abhängigkeit des Schichtdickensignals zu regeln. Bevorzugt kann die Verarbeitungseinheit dazu für jedes Gefäß eine dem Gefäß zugeordnete Regelschleife bilden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Verarbeitungseinheit wenigstens einen Regler auf, welcher ausgebildet ist, das Steuersignal in Abhängigkeit des Schichtdickensignals zu erzeugen. Der Regler ist bevorzugt ein Proportional-Integral-Regler. Mittels des Proportional-Integral-Reglers kann vorteilhaft die Beschichtungszeit und/oder Stromstärke eines Stromes zum Beschichten des Objekts derart geregelt werden, dass unmittelbar oder nahe aufeinanderfolgende Erfassungsergebnisse, insbesondere Schichtdickenwerte, einer Folge von Erfassungsergebnissen, deren Schichtdicken stark voneinander abweichen, mit dem Proportionalregler geregelt werden und in einer Folge von Erfassungsergebnissen weiter voneinander beabstandete Unterschiede, die sich allmählich ergeben, mit dem Integralanteil des Reglers geregelt werden. Bevorzugt bildet das Schichtdickensignal eine Regeleingangsgröße des Reglers. Das Schichtdicken-

5 signal repräsentiert beispielsweise eine Folge von Schichtdickenwerten, wobei jeder Schichtdickenwert ein Erfassungsergebnis der Schichtdickenerfassungsvorrichtung von einem zu einem Zeitpunkt, insbesondere nach Abschluss eines Beschichtungsprozesses, von der Beschichtungsvorrichtung beschichteten Objekt repräsentiert. Denkbar ist auch ein Mittelwert von Schichtdicken mehrerer gleichzeitig von der Beschichtungsvorrichtung beschichteter Objekte, als ein vom Regler zu bewertender Schichtdickenwert. So repräsentiert das Schichtdickensignal vorteilhaft eine zeitliche Folge von Schichtdickenwerten, wobei die Schichtdickenwerte zur Signalverarbeitung des Schichtdickensignals beispielsweise zeitlich gleich voneinander beabstandet gewertet werden können. So kann der Regler vorteilhaft das Schichtdickensignal als zeitabhängiges Signal betrachten und die Regelung frequenzabhängig durchführen. Vorteilhaft repräsentiert das Schichtdickensignal dazu eine Vielzahl von Schichtdicken, wobei die Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, zum Regeln der Schichtdicke eine vorbestimmte Anzahl von zeitlich aufeinanderfolgend erfassten Schichtdickenwerten zum Regeln heranzuziehen. Jeder Schichtdickenwert kann dabei eine Schichtdicke nach Abschluss eines Beschichtungsprozesses repräsentieren.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Ausgangsgröße des Reglers eine Stromstärke und/oder eine Beschichtungszeit. Bevorzugt ist eine gleichzeitige oder während des Beschichtungsprozesses wechselnde Regelung von der Stromstärke und der Beschichtungszeit. Beispielsweise kann beim Beschichten des Objekts zuerst eine Stromregelung stattfinden, daraufhin bis zum Abschluss des Beschichtens eine Zeitregelung. Vorteilhaft repräsentiert jeder Schichtdickenwert des Schichtdickensignals einen Mittelwert, welcher aus einem vorbestimmten Intervall von Schichtdickenwerten von nacheinander in einem Gefäß, insbesondere Galvano-Reaktor beschichteten Objekten gebildet ist. Weiter vorteilhaft kann eine maximale Anzahl der Schichtdickenwerte, welche untereinander gemittelt werden, und eine minimale Anzahl der Schichtdickenwerte, welche untereinander gemittelt werden, vorgegeben werden. Dazu kann die Verarbeitungseinheit mit einer Benutzerschnittstelle verbunden sein, wobei die Verarbeitungseinheit ausgebildet ist, eine Grenze für die maximale Anzahl und eine Grenze für die minimale Anzahl in Abhängigkeit eines von der Benutzerschnittstelle empfangenen Benutzerinteraktionssignals festzulegen.

15 Das folgende Beispiel beschreibt eine Regelung der Schichtdicke mittels einer Proportional-Integral-Regelung von der Beschichtungszeit:

Die mittels einer Benutzerschnittstelle vorgegebenen Regelparameter sind beispielsweise wie folgt:

Vorgegebener Proportionalfaktor k_p : 4

Vorgegebener Integralfaktor k_i : 2

5 Ist-Zeitfaktor: 100%

Anzahl der Schichtdickenwerte zur Mittelung : 5

Schichtdickensollwert: 5 Mikrometer

Die letzten 5 mittels der Schichtdickenerfassungsvorrichtung erfassten Schichtdickenwerte von Beschichtungen eines Gefäßes sind wie folgt:

10 Schichtdickenwert 1: 4.5 Mikrometer

Schichtdickenwert 2: 4.5 Mikrometer

Schichtdickenwert 3: 4.7 Mikrometer

Schichtdickenwert 4: 5.1 Mikrometer

Schichtdickenwert 5: 6.0 Mikrometer

15 Der letzte Schichtdickenwert ist der Schichtdickenwert 5, nämlich 6.0 Mikrometer.

Die Verarbeitungseinheit ist ausgebildet, einen Mittelwert aus einer vorbestimmten Zahl der letzten Schichtdicken zu bilden, in diesem Beispiel beträgt der Mittelwert aus den vorgenannten fünf Schichtdickenwerten: 4,96 Mikrometer.

20 Die Verarbeitungseinheit ist ausgebildet, eine Änderung des Stromes und der Beschichtungszeit wie folgt zu berechnen:

$$\text{change_t} = - (\text{last_value } 6.0 - \text{target_value } 5.0) * k_p 4 - (\text{average } 4.96 - \text{target value } 5.0) * k_i 2$$

$$\text{change_t} = - 4 \% + 0.08 \% = -3.92 \%$$

$$\text{New_t} = \text{Old_t} + \text{change_t} = 100\% - 3.92\% = 96.08\%$$

25

Worin die Variablen bedeuten:

change_t = Änderung der Beschichtungszeit

last_value = letzter Schichtdickenwert

target_value = Schichtdickensollwert

average = Mittelwert

New_t = Neue Beschichtungszeit

Old_t = vorherige Beschichtungszeit

ki = Vorgegebener Integralfaktor

5 kp = Vorgegebener Proportionalfaktor

Die Werte der Variablen des Beispiels sind den Variablen zur Verdeutlichung jeweils nachgestellt.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Regler ausgebildet, die Beschichtungszeit und/oder die Stromstärke in Abhängigkeit einer vorbestimmten Kennlinie, welche beispielsweise durch ein Polynom gebildet ist, zu regeln, wobei die Kennlinie eine Schichtdicke in Abhängigkeit von der Stromstärke zum Beschichteten repräsentiert.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Schichtdickenerfassungsvorrichtung ein Röntgenfluoreszenz-Spektrometer. Mittels des Röntgenfluoreszenz-Spektrometers lässt sich die Schichtdicke vorteilhaft schnell und hinreichend exakt bestimmen.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Schichtdickenerfassungsvorrichtung eine Wirbelstrom-Schichtdickenerfassungsvorrichtung, welche ausgebildet ist, in Abhängigkeit eines Wirbelstroms im Objekt die Schichtdicke zu erfassen. Dazu kann die Schichtdickenerfassungsvorrichtung beispielsweise eine Messspule als Sensor aufweisen, einen Frequenzgenerator zum Erzeugen eines magnetischen Wechselfeldes, eine Hochfrequenz-Messbrücke, welche mit dem Frequenzgenerator verbunden und ausgebildet ist, den vom Frequenzgenerator
25 verbrauchten Strom zu erfassen und weiter bevorzugt einen Multiplexer, welcher mit mehreren als Messspulen ausgebildeten Sensoren verbunden ist, sodass vorteilhaft die Schichtdicken mehrerer Objekte zum Mitteln der jeweils erfassten Schichtdickenwerte durchgeführt werden kann. Vorteilhaft kann die Schichtdicke mittels des Wirbelstroms erfasst werden, wenn sich das Objekt in dem Elektrolyt
30 befindet. Weiter vorteilhaft kann so jeder Schichtdickenwert eine in-situ erfasste Schichtdicke repräsentieren, so dass zum Regeln der Schichtdicke nicht gewartet werden muss, bis ein neuer Schichtdickenwert nach Abschluss der Beschich-

5 tung und Erfassung durch die Schichtdickenerfassungsvorrichtung als Regelein-
ganggröße vorliegt.

 Der Schichtdickenmessung mittels eines Wirbelstroms liegt die Erkenntnis
zugrunde, dass bei einem beschichteten Objekt, welches ein ferromagnetisches
5 Grundmaterial aufweist, mit zunehmender Schichtstärke einer nicht ferromagne-
tischen Beschichtung, beispielsweise einer Chromschicht, die magnetische Per-
meabilität abnimmt, sodass eine Wirbelstromstärke des Wirbelstroms zunimmt.

10 In einer anderen Ausführungsform ist die Schichtdickenerfassungsvorrichtung
ausgebildet, ein Gewicht der Schicht zu erfassen und in Abhängigkeit von dem
Gewicht – unter Kenntnis der Schichtdicke sowie der Annahme einer gleichmä-
ßigen Schichtdicke – die Schichtdicke zu ermitteln und das entsprechende
Schichtdickensignal zu erzeugen. Mittels der so ausgebildeten Schichtdickener-
fassungsvorrichtung kann die Schichtdicke vorteilhaft aufwandsgünstig und
schnell ermittelt werden.

15 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum galvanischen Beschichten eines
Objekts.

 Bei dem Verfahren wird das Objekt in einem Elektrolyt mittels eines Stromes be-
schichtet, wobei der Strom mittels eines Reglers geregelt wird und als Regelein-
ganggröße wenigstens eine Schichtdicke der Beschichtung erfasst wird. Die
20 Schichtdicke wird beispielsweise erfasst, wenn sich das Objekt außerhalb des
Elektrolyts befindet.

 Bevorzugt wird die Schichtdicke mittels Röntgenfluoreszenzspektrometrie er-
fasst.

25 In einer anderen Ausführungsform wird in dem Objekt ein Wirbelstrom erzeugt
und die Schichtdicke in Abhängigkeit des in dem Objekt erzeugten Wirbelstroms
erfasst.

30 In einer anderen Ausführungsform des Verfahrens wird die Schichtdicke - insbe-
sondere außerhalb des Elektrolyts - durch Wiegen des Objekts oder eines ge-
meinsam mit dem Objekt beschichteten Testobjekts erfasst. Das Testobjekt kann
vorteilhaft ein standardisierte Form und Größe aufweisen, so dass eine Waage
zum Erfassen des Gewichts nur zum Aufnehmen des Testobjekts ausgebildet
sein braucht.

Bevorzugt wird der Strom zum Beschichten mittels einer Maske auf eine zu beschichtende Teilfläche des Objekts begrenzt. Dadurch werden vorteilhaft Streuströme zu anderen Objektbereichen vermieden, was eine exakte Regelung der Schichtdicke bewirkt. Die Erfindung wird nun im Folgenden anhand von Figuren und weiteren Ausführungsbeispielen beschrieben. Weitere vorteilhafte Ausführungsvarianten ergeben sich aus den in den Figuren beschriebenen Merkmalen sowie aus den in den abhängigen Ansprüchen beschriebenen Merkmalen.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Beschichtungsvorrichtung zum galvanischen Beschichten mit drei unabhängig voneinander arbeitenden Beschichtungseinheiten welche jeweils ein Gefäß und eine mit einem Regler verbundene steuerbar ausgebildete Stromquelle aufweisen, wobei der Regler ausgebildet ist die Beschichtung für jedes Gefäß individuell zu regeln;

Figur 2 zeigt zwei Verteilungsfunktionen von erfassten Schichtdicken einer Folge von Erfassungsergebnissen, wobei eine Verteilungsfunktion eine Streuung der Schichtdicke bei geregelter Beschichtungszeit und/oder Beschichtungsstrom mittels eines Proportional-Integral-Reglers repräsentiert und eine andere Verteilung eine Streuung der Schichtdicke bei manueller Einstellung von Beschichtungszeit und/oder Beschichtungsstrom repräsentiert.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Beschichtungsvorrichtung zum galvanischen Beschichten, wenigstens eines Objekts. Die Beschichtungsvorrichtung 1 weist wenigstens ein Gefäß, in diesem Ausführungsbeispiel ein Gefäß 5, ein Gefäß 6 und ein Gefäß 7 auf. Die Gefäße 5, 6 und 7 sind jeweils zum Aufnehmen eines Elektrolyten und wenigstens eines zu beschichtenden Objekts ausgebildet.

Die Beschichtungsvorrichtung 1 weist auch eine Verarbeitungseinheit 10 auf, welche in diesem Ausführungsbeispiel als Mikrocontroller oder Mikroprozessor ausgebildet ist. Die Beschichtungsvorrichtung 1 weist auch eine Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 auf. Die Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Röntgenfluoreszenzspektrometer mit einem Röntgensender 52 und einem Röntgenempfänger 54 für von einem Objekt ausgesendete Röntgenfluoreszenzstrahlung 57.

Das Röntgenfluoreszenzspektrometer ist ausgebildet, die Schichtdicke in Abhängigkeit wenigstens eines Winkels der reflektierten Fluoreszenzstrahlen zu erfassen

sen. Der wenigstens eine Winkel ist beispielsweise ein Glanzwinkel einer Bragg-Reflexion.

Der Röntgenempfänger 54 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 37 mit der Verarbeitungseinheit 10 verbunden. Die Verarbeitungseinheit 10 weist einen Proportional-Integral-Regler 18 auf. Die Verarbeitungseinheit 10 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 30 mit einer Stromquelle 20 verbunden. Die Stromquelle 20 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 36 mit dem Gefäß 5, und dort mit einer – nicht dargestellten -Verbindungsleitung zum Verbinden mit dem Objekt und mit wenigstens einer Anode, beispielsweise eine Platin- oder Bleianode verbunden. Das Gefäß 5 hält in diesem Ausführungsbeispiel einen Elektrolyt 12, beispielsweise eine wässrige Chromtrioxidlösung vorrätig. Dargestellt ist auch ein Objekt 60, welches zum wenigstens teilweisen beschichten mittels einer Schicht, beispielsweise einer Chromschicht, vorgesehen ist.

Das Gefäß 5 ist mittels eines Transportweges 42 mit der Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 verbunden. Der Transportweg 42 kann beispielsweise eine Transportvorrichtung umfassen.

Die Verarbeitungseinheit 10 ist auch ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 32 mit einer Stromquelle 22 verbunden. Die Stromquelle 22 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 38 mit dem Gefäß 6 verbunden. Das Gefäß 6 hält in diesem Ausführungsbeispiel einen Elektrolyt 14 vorrätig. Ein Objekt 62 ist in dem Elektrolyt beispielhaft eingetaucht. Das Gefäß 6 ist ausgangsseitig mittels eines Transportweges 44 mit der Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 verbunden. Die Verarbeitungseinheit 10 ist weiter ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 34 mit einer Stromquelle 24 verbunden. Die Stromquelle 24 ist ausgangsseitig über eine Verbindungsleitung 40 mit dem Gefäß 7 verbunden. Die Gefäße 5, 6 und 7 weisen jeweils einen Deckel auf und sind aus einem gegenüber dem Elektrolyt beständigen Material, beispielsweise Polyfluorethylen gebildet. Die Stromquellen 20, 22 und 24 sind jeweils ausgebildet, einen Strom zum galvanischen Beschichten eines Objekts zu erzeugen und diesen ausgangsseitig an das jeweilige Gefäß zu senden. Die Stromquellen 20, 22 und 24 sind jeweils ausgebildet, die Stromstärke des Stroms in Abhängigkeit eines eingangsseitig von der Verarbeitungseinheit 10 empfangenen Steuersignals zu erzeugen.

Mittels der steuerbar ausgebildeten Stromquellen 20, 22 und 24, den mit den Stromquellen jeweils verbundenen Gefäßen 5, 6 und 7, weiter mittels der Trans-

portwege 42, 44 und 46, mit der Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 und mittels des von der Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 erzeugten Schichtdickensignals, welches zur Verarbeitungseinheit 10 rückgekoppelt wird, ist eine Regelschleife gebildet. Die Verarbeitungseinheit 10 ist ausgebildet, mittels des

5 Proportional-Integral-Reglers 18 oder mittels eines Kennlinien-Reglers 19 die Schichtdicke für jedes Gefäß individuell zu regeln und dazu als Regelausgangsgröße den Strom, insbesondere die Stromstärke und/oder eine Beschichtungszeit zum Beschichten des Objekts vorzugeben. Die Verarbeitungseinheit 22 ist auch eingangsseitig über eine Verbindungsleitung 72 mit einer Benutzerschnitt-

10 stelle 70 verbunden und kann von dort ein Benutzerinteraktionssignal empfangen. Das Benutzerinteraktionssignal repräsentiert beispielsweise einen Regelparameter, insbesondere eine Grenze für eine Mittelwertbildung von Schichtdickenwerten. Weiter kann über die Benutzerschnittstelle in Abhängigkeit des Benutzerinteraktionssignals eine vorbestimmte Regelfunktion oder ein Regler zum

15 Regeln der Schichtdicke ausgewählt werden. Dargestellt ist auch eine Benutzerhand 74, welche beispielsweise durch Berühren der Benutzerschnittstelle das Benutzerinteraktionssignal erzeugen kann. Die Benutzerschnittstelle ist in diesem Ausführungsbeispiel als berührungsempfindlicher Bildschirm ausgebildet, welcher in Abhängigkeit eines Berührens, ein den Ort des Berührens repräsentie-

20 rendes Benutzerinteraktionssignal erzeugen kann.

Denkbar ist auch eine Steuerung und/oder Regelung einer Temperatur des Elektrolyts, eines Elektrolytflusses eines Elektrolytkreislaufs oder einer Pulsdauer eines pulswertenmodulierten Beschichtungsstromes, erzeugt durch die mit den Gefäßen verbundenen Stromquellen.

25 Das Gefäß 7 ist beispielhaft mit einem Fluidkreislauf verbunden. Ausgehend vom Gefäß 7 verbindet eine Fluidleitung 92 das Gefäß 7 mit einem insbesondere beheizbaren Vorratsgefäß 100, welches über eine Fluidleitung 96 mit einer Pumpe 90 verbunden ist. Die Pumpe 90 ist ausgangsseitig über eine Fluidleitung 94 mit dem Gefäß 94 verbunden. Mittels des Fluidkreislaufs kann eine gleichmäßige Elektrolytkonzentrationsverteilung und Temperaturverteilung erreicht werden.

30

Die Pumpe 90 ist über eine Steuerleitung 102 mit der Verarbeitungseinheit 10 verbunden und kann von der Verarbeitungseinheit 10 ein eine Fördermenge repräsentierendes Steuersignal empfangen und den Fluidkreislauf in Abhängigkeit des Steuersignals erzeugen.

Die Gefäße 12 und 14 können jeweils wie das Gefäß 7 in einen Fluidkreislauf eingebunden sein.

Die Beschichtungsvorrichtung 1 weist in diesem Ausführungsbeispiel drei Gefäße, insbesondere das Gefäß 5, 6 und 7 auf. Denkbar ist auch eine Beschichtungsvorrichtung mit mehreren Gefäßen, insbesondere mehr als den drei dargestellten Gefäßen, welche jeweils ausgebildet sind, unabhängig voneinander wenigstens ein Objekt zu beschichten. Dargestellt ist das Objekt 60 in dem Gefäß 5, welches nach dem Beschichten über dem Transportweg 42 zur Schichtdickenerfassungsvorrichtung 50 transportiert wird und dort als zu messendes Objekt 60' dargestellt ist.

Dargestellt ist auch ein Objekt 62, welches in dem Gefäß 6 beschichtet wird sowie ein Objekt 64, welches in dem Gefäß 7 beschichtet wird.

Figur 2 zeigt zwei Verteilungsfunktionen, nämlich eine Verteilungsfunktion 80 und eine Verteilungsfunktion 82. Figur 2 zeigt auch einen Sollwert für eine Schichtdicke 84, welche von der Verteilungsfunktion 80 und der Verteilungsfunktion 82 eingeschlossen ist. Die Verteilungsfunktion 80 und 82 repräsentieren jeweils eine Schichtdickenverteilung, welche anhand einer Vielzahl von Beschichtungen von zueinander verschiedenen Objekten ermittelt worden ist. Die Verteilungsfunktion 80 repräsentiert eine normal-verteilte, insbesondere eine Gauss-verteilte Schichtdickenverteilung für Schichtdicken von Objekten, welche mittels der in Figur 1 dargestellten Beschichtungsvorrichtung 1 beschichtet worden sind. Die Schichtdickenverteilung 82 repräsentiert eine Schichtdickenverteilung von Schichtdicken von Objekten, welche mittels einer Beschichtungsvorrichtung erzeugt worden sind, welche eine manuelle Einstellung für den Beschichtungsstrom und die Beschichtungszeit aufweist. Sichtbar ist eine große Streuung der Schichtdicken der Schichtdickenverteilung 82 und eine kleine Streuung der Schichtdicken der Schichtdickenverteilung 80.

5 Ansprüche

1. Beschichtungsvorrichtung (1) zum galvanischen Beschichten wenigstens eines Objekts (60, 62, 64),

wobei die Beschichtungsvorrichtung (1) wenigstens ein Gefäß (5, 6, 7) zum Aufnehmen eines Elektrolyts (12, 14, 16) und wenigstens eines Objekts (60, 62, 64) aufweist, wobei das Gefäß (5, 6, 7) mit einer Stromquelle (20, 22, 24) verbunden ist, wobei die Stromquelle (20, 22, 24) ausgebildet ist, mit dem Objekt (60, 62, 64) elektrisch verbunden zu werden und durch das Objekt (60, 62, 64) einen Strom über den Elektrolyt (12, 14, 16) zu senden und so eine Beschichtung auf das Objekt (60, 63, 64) aufzutragen,

15 dadurch gekennzeichnet, dass

die Stromquelle (20, 22, 24) einen Eingang für ein Steuersignal aufweist, und ausgebildet ist, in Abhängigkeit des Steuersignals eine Stromstärke des Stroms zu ändern, und die Beschichtungsvorrichtung (1) eine Schichtdickenerfassungsvorrichtung (50) aufweist, welche ausgebildet ist, eine Schichtdicke (80, 82) der Beschichtung zu erfassen und ein die Schichtdicke (80, 82) repräsentierendes Schichtdickensignal zu erzeugen, und die Beschichtungsvorrichtung (1) eine Verarbeitungseinheit (10) aufweist, welche mit der wenigstens einer Stromquelle (20, 22, 24) und der Schichtdickenerfassungsvorrichtung (50) verbunden und ausgebildet ist, das Steuersignal mittels eines Reglers (18, 19) wenigstens in Abhängigkeit des Schichtdickensignals zu erzeugen.

25

2. Beschichtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler (18) ein Proportional-Integral-Regler ist.

3. Beschichtungsvorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2,

30 dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler ausgebildet ist, die Beschichtungszeit und/oder die Stromstärke in Abhängigkeit einer vorbestimmten Kennlinie zu regeln, wobei die Kennlinie eine Schichtdicke in Abhängigkeit von der Stromstärke zum Beschichten repräsentiert.

5 4. Beschichtungsvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdickenerfassungsvorrichtung (50) ein Röntgenfluoreszenzspektrometer ist.

10 5. Beschichtungsvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdickenerfassungsvorrichtung (50) ausgebildet ist, ein Gewicht der Beschichtung zu erfassen und die Schichtdicke in Abhängigkeit des Gewichts zu ermitteln.

15 6. Beschichtungsvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdickenerfassungsvorrichtung (50) eine Wirbelstrom-Schichtdickenerfassungsvorrichtung ist, welche ausgebildet ist, in Abhängigkeit eines Wirbelstroms im Objekt (60') die Schichtdicke zu erfassen.

20 7. Verfahren zum galvanischen Beschichten eines Objekts, bei dem das Objekt (60, 62, 64) in einem Elektrolyt mittels eines Stromes beschichtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom mittels eines Reglers (18) geregelt wird und als Regeleingangsgröße eine Schichtdicke der Beschichtung erfasst wird, wenn sich das Objekt außerhalb
25 oder innerhalb des Elektrolyten befindet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke mittels Röntgenfluoreszenzspektrometrie erfasst wird.

30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass

die Schichtdicke - insbesondere außerhalb des Elektrolyts - durch Wiegen des Objekts oder eines gemeinsam mit dem Objekt beschichteten Testobjekts erfasst wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 9,

5 dadurch gekennzeichnet, dass

in dem Objekt ein Wirbelstrom erzeugt wird und die Schichtdicke in Abhängigkeit des in dem Objekt erzeugten Wirbelstroms erfasst wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 7 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, dass

10 der Strom zum Beschichten mittels einer Maske auf eine zu beschichtende Teilfläche des Objekts begrenzt wird.

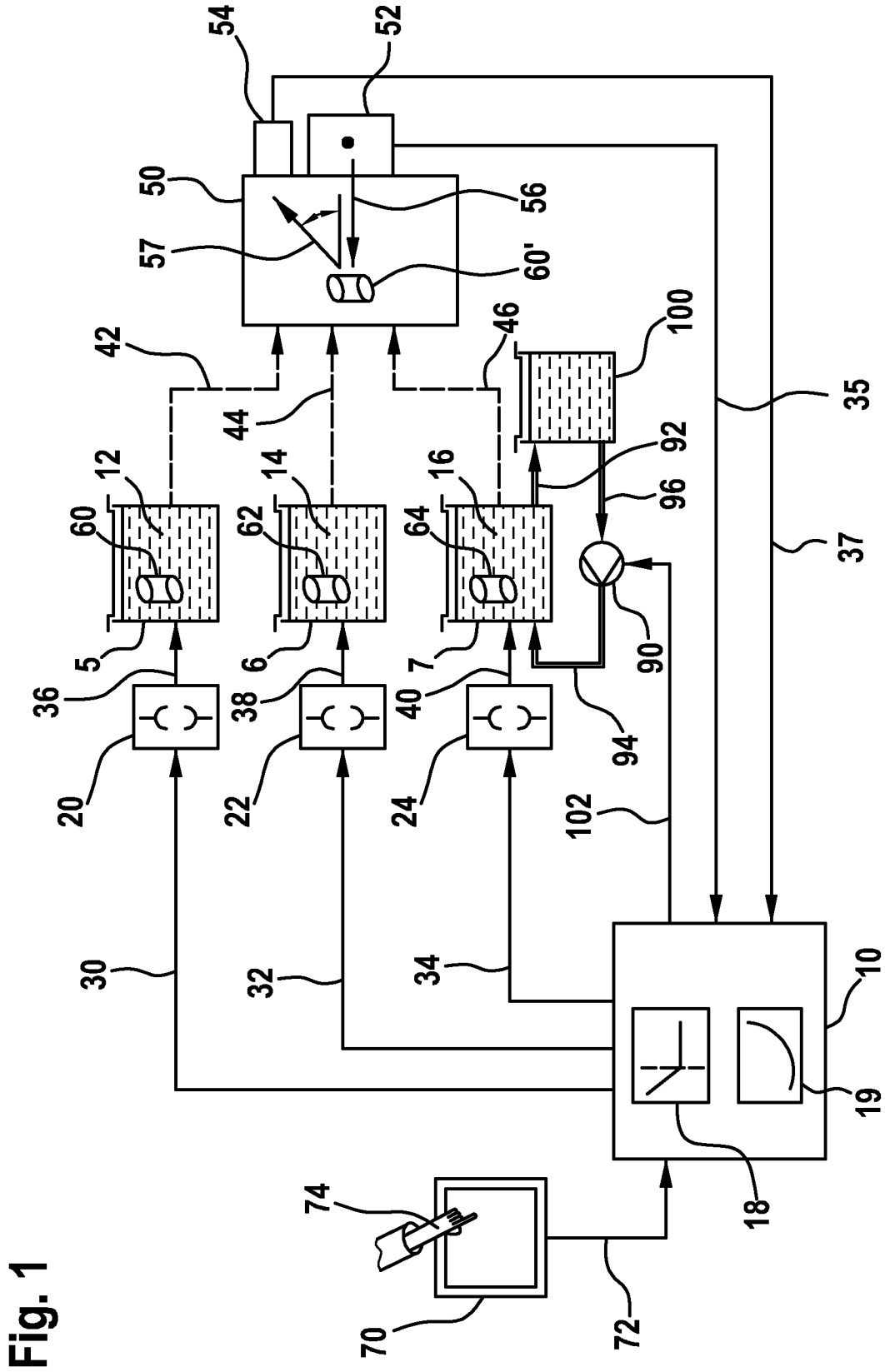


Fig. 1

Fig. 2

