

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 134 033 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
29.03.2006 Patentblatt 2006/13

(51) Int Cl.:
B05D 1/04 *(2006.01)* **B05B 5/053** *(2006.01)*
B05B 12/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **01101707.6**

(22) Anmeldetag: **25.01.2001**

(54) **Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines Werkstücks sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

Process for electrostatically coating an object and apparatus for carrying out the process

Procédé électrostatique de revêtement et appareil pour sa mise en oeuvre

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR LI SE

(30) Priorität: **27.01.2000 DE 10003295**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.2001 Patentblatt 2001/38

(73) Patentinhaber: **EISENMANN Maschinenbau
GmbH & Co. KG
71032 Böblingen (DE)**

(72) Erfinder: **Reichler, Jan
78465 Konstanz (DE)**

(74) Vertreter: **Ostertag, Ulrich
Patentanwälte
Ostertag & Partner
Epplestr. 14
70597 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 709 510 **GB-A- 1 511 304**
US-A- 2 966 880 **US-A- 5 908 162**

EP 1 134 033 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines Werkstücks mit einer Beschichtungsvorrichtung, welche umfaßt:

- a) eine Applikationseinrichtung für elektrisch geladenes Beschichtungsmaterial;
- b) eine Spannungsquelle, die eine Spannung zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück erzeugt;
- c) eine mit der Spannungsquelle zusammenarbeitende, eine Spannungssteuerung umfassende Regeleinrichtung für den Betriebsstrom, welcher durch den Fluß des elektrisch geladenen Beschichtungsmaterials von der Applikationseinrichtung auf das Werkstück vorgegeben ist;
- d) eine Nachführeinrichtung zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück und der Applikationseinrichtung während des Beschichtens; welches folgende Schritte umfaßt:
 - e) Erfassen eines Betriebsstrom-Ist-Werts I_I ;
 - f) Vergleichen des Betriebsstrom-Ist-Werts I_I mit einem vorgegebenen Betriebsstrom-Soll-Wert I_S ;
 - g) Regeln des Betriebsstroms auf den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S .

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, welche umfaßt:

- a) eine Applikationseinrichtung für elektrisch geladenes Beschichtungsmaterial;
- b) eine Spannungsquelle, die eine Spannung zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück erzeugt;
- c) eine mit der Spannungsquelle zusammenarbeitende, eine Spannungssteuerung umfassende Regeleinrichtung für den Betriebsstrom, welcher durch den Fluß des elektrisch geladenen Beschichtungsmaterials von der Applikationseinrichtung auf das Werkstück vorgegeben ist;
- d) eine Nachführeinrichtung zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück und der Applikationseinrichtung während des Beschichtens;

[0003] Zum Erzielen eines guten Beschichtungsergebnisses bei der elektrostatischen Beschichtung trägt eine Reihe von Betriebsparametern der Beschichtungs-

vorrichtung bei. So wurde beim elektrostatischen Beschichten von Werkstücken mit Farblackpulvern festgestellt, daß das Erzielen einer gewünschten Farb-, Brillanz-, Effekt- und Glanzwirkung sowohl vom Betriebsstrom als auch von der Spannung zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück abhängt. Nur bei Einhalten relativ enger Grenzen sowohl für den Betriebsstrom als auch die Spannung ist eine effiziente und gleichzeitig homogene Beschichtung möglich, die die gewünschten Eigenschaften aufweist.

[0004] Bekannte elektrostatische Beschichtungsverfahren bzw. -vorrichtungen weisen zwar Regeleinrichtungen für den Betriebsstrom auf; der Betriebsstrom wird hierbei jedoch nur zur Vermeidung von Überschlagen zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück geregelt. Bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen wird die Stromregelung zugunsten einer Spannungsregelung aufgegeben, so daß Strom und Spannung nicht gleichzeitig innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten werden.

[0005] Die DE 37 09 510 A1 erweitert diese Strategie um die Berücksichtigung externer Faktoren, z.B. der Luftfeuchtigkeit in der Sprühkabine oder der räumlichen Beziehung zwischen Werkstück und Applikationseinrichtung, indem jeweils angepaßte Sollwerte für den Betriebsstrom eingegeben werden.

[0006] Bei einer aus der US 2 966 880 bekannten elektrostatischen Beschichtungseinrichtung wird der Abstand zwischen Elektrode und Werkstück konstant gehalten, indem Änderungen des Feldstroms zwischen Elektrode und Werkstück erfasst und zum Nachführen der Elektrode verwendet werden. Eine gleichzeitige Regelung der Hochspannung erfolgt hier nicht.

[0007] Eine andere Regelungsstrategie für eine Beschichtungseinrichtung geht aus der US 5 908 162 hervor. Hier wird der gewünschte Beschichtungsstrom bei konstantem Abstand zwischen Elektrode und Werkstück dadurch konstant gehalten, dass die wirksame Spannung nachgeregelt wird.

[0008] Bei den genannten Druckschriften wird jedoch nicht das grundsätzliche Problem behoben, sowohl Strom als auch Spannung innerhalb bestimmter Grenzen halten zu müssen, um optimale Beschichtungsergebnisse zu erzielen.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß der Betriebsstrom und die Spannung zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück gleichzeitig innerhalb vorgegebener Grenzen gehalten werden.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß folgende weitere Schritte durchgeführt werden:

- a) Zunächst wird durch eine Veränderung der Spannung innerhalb vorgegebener Grenzen versucht, den Betriebsstrom-Ist-Wert I_I in einen zulässigen Regelbereich um den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S zu

bringen;

b) Wenn dies nicht ausreicht, wird der Abstand A_I zwischen Applikationseinrichtung und Werkstück so verändert, daß der Betriebsstrom-Ist-Wert I_I in den zulässigen Regelbereich um den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S gebracht wird.

[0011] Durch dieses Verfahren wird der Abstand A_I zwischen Applikationseinrichtung und Werkstück als zusätzlicher Regelparameter ins Spiel gebracht. Der Betriebsstrom ist nämlich nicht nur von der Spannung sondern auch von diesem Abstand abhängig. Die Abstandsregelung schafft daher die Möglichkeit, sowohl den Betriebsstrom als auch die Spannung innerhalb vorgegebener Grenzen zu halten und dadurch das gewünschte Beschichtungsergebnis zu erzielen, wenn eine bloße Spannungsänderung hierfür nicht ausreicht.

[0012] Das Verfahren kann dabei die periodische Wiederholung der folgenden Schritte umfassen:

a) Erfassen eines Spannungs-Ist-Werts U_I , der der Spannung zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück entspricht;

b) Berechnen eines neuen, zur Einstellung des Betriebsstroms in die vorgegebenen Grenzen theoretisch erforderlichen Spannungswerts U_N unter Berücksichtigung des Spannungs-Ist-Wert U_I und der Differenz zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_I und Betriebsstrom-Soll-Wert I_S ;

c) Regeln des Betriebsstroms über eine Vorgabe des neuen Spannungswerts U_N für die Spannungssteuerung, falls der theoretische neue Spannungswert U_N innerhalb der vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt;

d) zumindest teilweises Regeln des Betriebsstroms über eine Änderung eines Abstands-Ist-Werts A_I zwischen der Applikationseinrichtung und dem Werkstück mittels der Nachführeinrichtung, falls der theoretische neue Spannungswert U_N nicht innerhalb vorgegebener Grenzen für die Spannung liegt.

[0013] Ein derartiges Verfahren läßt sich einfach in ein digitales Regelungsprogramm, z.B. für eine Meßwertfassungskarte mit entsprechenden Steuerein- und -ausgängen, umsetzen.

[0014] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden dann, wenn der zuvor eingestellte Spannungswert nicht im mittleren Bereich zwischen den vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt und der nächste theoretische neue Spannungswert U_N nicht innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegt, folgende Schritte durchgeführt:

a) Vorgeben eines neuen Spannungswerts U_N für

die Spannungssteuerung, der im wesentlichen zentral innerhalb der vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt;

b) Überkompensieren der Abweichung des Betriebsstrom-Ist-Werts I_I vom Betriebs-Soll-Wert I_S durch eine entsprechende Änderung des Abstands A_I .

[0015] Ist bei der Regelung der Betriebsparameter eine Abstandsänderung erforderlich, so wird in dieser Weise die Abstandsänderung auch dazu genutzt, den normalerweise für die Betriebsstromregelung herangezogenen Spannungswert wieder zentral in ein vorgegebenes "Fenster" zu setzen. Dadurch wird sichergestellt, daß für nachfolgend erforderliche Betriebsstrom-Regelschritte ein ausreichender möglicher Spannungshub zur Verfügung steht, so daß für diese Regelschritte auf eine zeitintensivere Abstandsregelung verzichtet werden kann.

[0016] Das Verfahren kann folgende weitere Schritte umfassen:

a) Erfassen des Abstands-Ist-Werts A_I zwischen der Applikations-Einrichtung und dem Werkstück;

b) Durchführen der Betriebsstrom-Regelung nur, falls der Abstands-Ist-Wert A_I innerhalb vorgegebener Grenzen für den Abstand liegt.

[0017] Durch die Erfassung des Abstands wird gewährleistet, daß beim Durchführen der Beschichtung die Applikationseinrichtung keinen unzulässigen Abstand zum Werkstück einnimmt. Wird der Abstand zu groß, besteht die Gefahr, daß die Auftragsgenauigkeit zu gering wird. Größere Gefahr droht jedoch, wenn der Abstand zwischen Applikationseinrichtung und Werkstück zu gering wird. Im schlimmsten Fall ist hierbei ein Kurzschluß möglich, der unbedingt vermieden werden muß. Unterbleibt die Regelung auf Grund eines unzulässigen erfassten Abstands-Ist-Werts A_I , setzt sich der Beschichtungsvorgang nicht fort und es können Maßnahmen zur Abwendung potentieller Gefahren getroffen werden.

[0018] Dabei können bevorzugt die Spannungsquelle und die Applikationseinrichtung, vorzugsweise die gesamte Beschichtungsvorrichtung, deaktiviert werden, falls der Abstands-Ist-Wert A_I nicht innerhalb vorgegebener Grenzen für den Abstand liegt. Eine derartige Deaktivierung ist ein sicheres Mittel, um Problemen, die beim Erreichen eines unzulässigen Abstandes hervorgerufen werden können, zu begegnen.

[0019] Ein bevorzugt eingesetztes Verfahren erfaßt bei einem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang die Betriebsparameter der Beschichtungsvorrichtung und legt diese in einem mit der Nachführeinrichtung zusammenarbeitenden Speicher ab, wobei bei Beschichtungsdurchgängen, die dem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang nachfolgen, die Applikationseinrichtung gemäß den im Speicher abgelegten Betriebsparameter nachgeführt und betrieben wird.

[0020] Auf diese Weise muß die Regelung bei den

nachfolgenden Beschichtungsdurchgängen nur dann eingesetzt werden, wenn eine Änderung äußerer Parameter vorliegt. Werkstücke gleicher Geometrie und Orientierung zur Applikationseinrichtung können praktisch ohne Eingriffe der Regelung beschichtet werden, was die Effizienz deutlich erhöht.

[0021] Eine Betriebsparameteränderung im Rahmen der Betriebsstrom-Regelung, die während eines Beschichtungs-Durchgangs erfolgt, der dem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang nachfolgt, kann also erfaßt, im Speicher abgespeichert und für den diesem Beschichtungsdurchgang nachfolgenden Beschichtungsdurchgang berücksichtigt werden. Derartige Änderungen der Betriebsparameter bei den nachfolgenden Beschichtungsvorgängen können durch statistische Toleranzen des Werkstücks bzw. der Relativposition zwischen Applikationseinrichtung und Werkstück, aber auch durch Driteffekte der Beschichtungsvorrichtung hervorgerufen werden. Die Kenntnis der Betriebsparameter in den dem aktuellen Beschichtungsdurchgang vorausgehenden Beschichtungsdurchgängen kann hierbei zur Reduzierung von aus den vorstehend genannten Gründen erforderlichen Regelungseingriffen genutzt werden.

[0022] Dabei kann die Berücksichtigung derart erfolgen, daß beim Abspeichern der durch die im laufenden Beschichtungsdurchgang geänderten Betriebsparameter die diesen entsprechenden alten Betriebsparameter überschrieben werden. Ein derartiges Vorgehen empfiehlt sich bei längerfristigen Driftvorgängen der Beschichtungsvorrichtung, bei der die Kenntnis der Betriebsparameter beim jeweils letzten Beschichtungsdurchgang ausreicht, um für eine 5 längere Zeitdauer künftige Regelungseingriffe zu vermeiden.

[0023] Alternativ kann die Berücksichtigung dadurch erfolgen, daß aus den im laufenden Beschichtungsdurchgang geänderten Betriebsparametern und den diesen entsprechenden alten Betriebsparametern ein Betriebsparameter für den folgenden Beschichtungsdurchgang berechnet und abgespeichert wird. Ein derartiges Vorgehen empfiehlt sich bei den oben genannten statistischen Fehlerquellen. Durch die Mittelung wird hierbei die Anzahl der künftig notwendigen Regelungseingriffe minimiert.

[0024] Die Berechnung kann durch gewichtete Mittelwertbildung erfolgen. Eine derartige Berechnung ist einfach, benötigt nur eine geringe Rechnerkapazität und ist für die meisten Anwendungen völlig ausreichend.

[0025] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es weiter, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, daß sie die gleichzeitige Einhaltung von Betriebsstrom und Spannung innerhalb gegebener Grenzen ermöglicht.

[0026] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

- e) die Nachführeinrichtung mit der Regeleinrichtung zusammenarbeitet und zur Veränderung des Abstands zwischen Applikationseinrichtung und Werk-

stück in Funktion gesetzt werden kann, wenn durch die Funktion der Spannungssteuerung alleine der Betriebsstrom-Ist-Wert I_I nicht innerhalb der vorgegebenen Grenzen gehalten werden kann, ohne einen vorgegebenen Spannungsbereich zu verlassen.

[0027] Die Vorteile dieser Vorrichtung ergeben sich sinngemäß aus den oben genannten Vorteilen des Verfahrens.

[0028] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

15 Figur 1 eine schematische Übersichtsdarstellung einer elektrostatischen Beschichtungsvorrichtung beim Beschichten eines Werkstücks;

20 Figur 2 ein Blockschaltbild einer Regeleinrichtung für den Betriebsstrom der Beschichtungsvorrichtung von Figur 1.

[0029] Die in Figur 1 schematisch dargestellte Beschichtungsvorrichtung weist eine Applikationseinrichtung 1 auf, mittels der elektrisch geladenes Beschichtungspulver 2 (dargestellt durch die strichpunktierten Linien in Figur 1), z.B. ein Lackpulver, auf ein Werkstück 3, z.B. ein Karosserieelement eines Fahrzeugs, aufgetragen wird. Der Fluß des von der Applikationseinrichtung 1 an das Werkstück 3 abgegebenen geladenen Beschichtungspulvers 2 gibt einen momentanen Betriebsstrom I_I vor.

[0030] Bei der Applikationseinrichtung 1 handelt es sich um einen bekannten Rotationszerstäuber, der mit einem nicht dargestellten Vorratsbehälter für das Beschichtungspulver in Verbindung steht.

[0031] Die Applikationseinrichtung 1 ist über eine Hochspannungsleitung 5 mit einer Hochspannungsquelle 6 verbunden, die über eine Masseleitung 7 mit dem Werkstück 3 in Verbindung steht. Die Hochspannungsquelle 6 arbeitet mit einer Hochspannungssteuerung 8 zusammen. Der momentane Ist-Wert der eingestellten Spannung an der Hochspannungsquelle 6 ist mit U_I bezeichnet.

[0032] Wie in Figur 1 schematisch dargestellt, ist die Applikationseinrichtung 1 zum Beschichten der Oberfläche des Werkstücks 3 relativ zu diesem über ein Führungselement 9 bewegbar. In der in Figur 1 dargestellten Lage der Applikationseinrichtung 1, in der ihre Achse mit der Z-Achse des dort ebenfalls dargestellten und bezüglich des Werkstücks festen kartesischen X,Y,Z-Koordinatensystems zusammenfällt, gewährt das Führungselement 9 der Applikationseinrichtung 1 fünf Bewegungsfreiheitsgrade. Diese sind die Translationsfreiheitsgrade in den Richtungen der Achsen X, Y und Z sowie die Rotationsfreiheitsgrade um die Achsen X und Y. Die Bewegung der Applikationseinrichtung 1 über das Führungselement 9 wird von einer mit dieser verbunde-

nen Nachführeinrichtung 10 gesteuert. Der momentane Abstand des Abgabeelements 4 der Applikationseinrichtung 1 zum Werkstück 3 ist mit A_i bezeichnet.

[0033] Die Nachführeinrichtung 10 sowie die Hochspannungssteuerung 8 werden von einer insgesamt mit dem Bezugszeichen 11 bezeichneten Regeleinrichtung geregelt, die nun anhand von Figur 2 beschrieben wird:

[0034] Die Nachführeinrichtung 10 ist über eine Steuerleitung 12 mit dem Ausgang eines Differenzspannungssteuerrechners 13 verbunden. Der Differenzspannungssteuerrechner 13 empfängt über eine Meßdatenleitung 14 das Meßsignal eines Strommeßgeräts 15 zur Messung des Betriebsstrom-Ist-Werts I_i .

[0035] Weiterhin kann der Differenzspannungssteuerrechner 13 über eine Datenleitung 16 Vorgabewerte aus einem Speicher 17 abrufen.

[0036] Der Differenzspannungssteuerrechner 13 ist über eine bidirektionale Datenleitung 18 an einen zentralen Steuerrechner 19 gekoppelt, der seinerseits über eine Meßdatenleitung 20 mit einem Hochspannungsmeßgerät 21 zur Messung des Spannungs-Ist-Werts U_i und über eine Datenleitung 22 mit einem Speicher 23 mit Vorgabewerten in Verbindung steht.

[0037] Der Steuerrechner 19 weist zwei Ausgangs-Datenleitungen 24, 25 auf: Die Ausgangs-Datenleitung 24 ist mit der Hochspannungssteuerung 8, und die Ausgangs-Datenleitung 25 mit einem Abstandsrechner 26 verbunden. Letzterer ist an ein Abstandsmeßgerät 27 über eine Meßdatenleitung 28 und an einen Speicher 29 mit Vorgabewerten über eine Datenleitung 30 gekoppelt. Über eine Ausgangs-Datenleitung 31 ist der Abstandsrechner 26 mit einem Not-Aus-Kreis 32 verbunden, der einen mechanisch bedienbaren Not-Aus-Schalter 33 aufweist.

[0038] Eine Steuerleitung 39 verbindet den Abstandsrechner 26 mit der Steuerleitung 12 zwischen dem Differenzspannungssteuerrechner 13 und der Nachführeinrichtung 10.

[0039] Über eine zweite Ausgangs-Datenleitung 34 ist der Abstandsrechner 26 mit einem Abstandskoordinatenrechner 35 verbunden. Letzterer steht über eine bidirektionale Datenleitung 36 mit einem Koordinatensteuerrechner 37 in Verbindung. Dieser kann über eine bidirektionale Datenleitung 38 Koordinaten in einen Speicher 40 schreiben bzw. aus diesem auslesen.

[0040] Über eine weitere bidirektionale Datenleitung 41 ist der Koordinatensteuerrechner 37 mit der Nachführeinrichtung 10 gekoppelt.

[0041] Die Beschichtungsvorrichtung arbeitet beim Beschichten von Werkstücken folgendermaßen:

[0042] Gesteuert durch die Nachführeinrichtung 10, die die fünf Freiheitsgrade des Führungselements 9 separat ansteuern kann, folgt die Applikationseinrichtung 1 gemäß einem Nachführprogramm, das in der Nachführeinrichtung 10 implementiert ist, der Oberfläche des Werkstücks 3. Durch eine hier nicht interessierende Lageregelung wird dabei sichergestellt, daß die Längsachse der Applikationseinrichtung 1 senkrecht zur Oberflä-

che des Werkstücks 3, die beschichtet werden soll, ausgerichtet ist.

[0043] Das Nachführprogramm sorgt für die Beibehaltung eines bestimmten Abstandes zwischen der Applikationseinrichtung 1 und dem Werkstück 3, sofern nicht in unten beschriebener Weise zur Regelung des Betriebsstromes in anderer Weise in das Nachführprogramm eingegriffen wird.

[0044] Die Hochspannungsquelle 6 sorgt dafür, daß die Elektroden der Applikationseinrichtung 4 bezüglich des Werkstücks 3 auf Hochspannungspotential liegen. Das elektrisch geladene Beschichtungspulver 2 wird daher vom Werkstück 3 angezogen, wodurch letzteres beschichtet wird, ohne daß es zu einer nennenswerten Menge von nicht am Werkstück 3 haftenden Beschichtungspulver-Overspray kommt, das einem Recycling oder einer Entsorgung zugeführt werden müßte.

[0045] Zum Erzielen eines optimalen Beschichtungsergebnisses, z.B. optimaler Farb-, Brillanz-, Effekt- oder Glanzwirkung beim Beschichten mit einem Farblackpulver, werden der Betriebsstrom-Ist-Wert I_i und der Spannungs-Ist-Wert U_i mittels der Regeleinrichtung 11 auf einen vorgegebenen Wert innerhalb bestimmter Grenzen geregelt. Die Abfrage des Ist-Wertes dieser Parameter erfolgt in periodischen Zeitabständen. Der Teil des Beschichtungsvorganges, der zwischen zwei Abfragen abläuft, wird nachfolgend als "Beschichtungsschritt" bezeichnet.

[0046] Zu Beginn eines Beschichtungsschritts erfaßt der Differenzspannungssteuerrechner 13 der Regeleinrichtung 11 über das angekoppelte Strommeßgerät 15 den Betriebsstrom-Ist-Wert I_i und vergleicht diesen mit einem im Speicher 17 abgelegten Betriebsstrom-Soll-Wert I_s . Liegt der Betriebsstrom-Ist-Wert I_i innerhalb der Grenzwerte des Betriebsstrom-Toleranzbereichs, die durch ebenfalls im Speicher 17 abgelegte Minimal- bzw. Maximalwerte für den Betriebsstrom vorgegeben sind, unterbleibt ein Nachregeln und der Differenzspannungssteuerrechner 13 steuert über die Steuerleitung 12 die Nachführeinrichtung 10 an, die daraufhin gemäß dem Nachführprogramm den nächsten vorprogrammierten Bewegungsschritt des Führungselements 9 veranlaßt, wobei der Abstand zwischen Applikationseinrichtung 1 und Werkstück 3 unverändert bleibt.

[0047] Liegt der Betriebsstrom-Ist-Wert I_i beim oben beschriebenen Vergleich des Differenzspannungssteuerrechners 13 außerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs, berechnet der Differenzspannungssteuerrechner 13 eine Differenzspannung dU , indem er die Differenz zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_i und Betriebsstrom-Soll-Wert I_s bildet und diese mit einem ebenfalls im Speicher 17 abgelegten negativen Proportionalitätsfaktor c_1 multipliziert. Diese Spannungsdifferenz dU gibt der Differenzspannungssteuerrechner 13 über die Datenleitung 18 an den Steuerrechner 19 weiter.

[0048] Ist der Betriebsstrom-Ist-Wert I_i beispielsweise zu groß, dann ist die berechnete Betriebsstromdifferenz positiv und es wird aufgrund des negativen Proportiona-

litätsfaktors c_1 eine negative Differenzspannung dU durch den Differenzspannungssteuerrechner 13 berechnet und an den Steuerrechner 19 weitergegeben.

[0049] Der Steuerrechner 19 addiert die erhaltene Differenzspannung dU zum Spannungs-Ist-Wert U_I , den er vom Hochspannungsmeßgerät 21 abrufen, und berechnet so einen neuen Spannungswert U_N , der theoretisch in den zulässigen Bereich des Betriebsstrom-Ist-Wertes I_I zurückführt. Bei zu großem Entladungsstrom-Ist-Wert I_I (vgl. das obige Beispiel) ist der neue Spannungswert U_N geringer als der Spannungs-Ist-Wert U_I .

[0050] Liegt der neue errechnete Spannungswert U_N innerhalb der Grenzwerte des Spannungs-Toleranzbereichs, die durch ebenfalls im Speicher 23 abgelegte Minimal- bzw. Maximalwerte für die Hochspannung vorgegeben sind, gibt der Steuerrechner 19 den neuen Spannungswert U_N über die Datenleitung 24 an den Hochspannungssteuerung 8 weiter. Dieser stellt dann den Spannungs-Ist-Wert U_I auf den neuen Spannungswert U_N . Über die Datenleitungen 24, den Steuerrechner 19 sowie die Datenleitung 18 erhält der Differenzspannungssteuerrechner 13 vom Hochspannungssteuerung 8 ein O.K.-Signal über die durchgeführte Spannungsanpassung.

[0051] Der Differenzspannungssteuerrechner 13 nimmt dann bei der nächsten Abfrage wieder den schon oben beschriebenen Vergleich zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_I und Betriebsstrom-Soll-Wert I_S vor.

[0052] Beim oben beschriebenen Beispiel hat die Verringerung der Hochspannung auf den neuen, geringeren Spannungswert U_N zu einer ausreichenden Abnahme des Betriebsstrom-Ist-Wertes I_I in den zulässigen Spannungsbereich geführt. Ergibt der Vergleich im Steuerrechner 19 hingegen, daß der berechnete neue Spannungswert U_N , der zu einer ausreichenden Veränderung des Betriebsstrom-Ist-Wertes I_I führen würde, außerhalb des zulässigen Spannungsbereichs liegt, erfolgt die Regelung des Betriebsstrom-Ist-Wertes I_I durch die Regelungseinrichtung 11 nicht über ein Nachführen der Spannung U_I , sondern über ein Nachführen des Abstandes A_I zwischen Applikationseinrichtung 1 und Werkstück 3. Dadurch wird gewährleistet, daß der Spannungs-Ist-Wert U_I innerhalb des zulässigen Spannungsbereichs gehalten werden kann.

[0053] Alternativ kann zunächst auch eine Änderung der Spannung U_I durchgeführt werden, die bis an den Rand des zulässigen Spannungsbereiches führt. Die dann noch erforderliche weitere Veränderung des Betriebsstromes erfolgt über eine Veränderung des Abstandes A_I zwischen Applikationseinrichtung 1 und Werkstück 3.

[0054] Der Steuerrechner 19 gibt in diesem Fall über die Datenleitung 25 den Betriebsstrom-Ist-Wert I_I sowie den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S an den Abstandsrechner 26 weiter. In letzterem erfolgt dann aus der Differenz zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_I und Betriebsstrom-Soll-Wert I_S , die mit einem im Speicher 29 abgelegten positiven Proportionalitätsfaktor c_2 multipliziert

wird, die Berechnung einer Abstandsdifferenz dA . Durch Addition des Abstandsdifferenzwerts dA mit dem vom Abstandsmeßgerät 27 abgerufenen Abstands-Ist-Wert A_I berechnet der Abstandsrechner dann einen neuen Abstand A_N .

[0055] War bei Abwandlung des obigen Beispiels (Betriebsstrom-Ist-Wert I_I zu groß) der berechnete neue Spannungswert U_N außerhalb des Toleranzbereichs, ist der dann berechnete neue Abstand A_N größer als der Abstands-Ist-Wert A_I . Die Vorgabe einer größeren Abstands zwischen Applikationseinrichtung 1 und Werkstück 3 führt zu einem geringeren Betriebsstrom.

[0056] Ist der neue Abstandswert A_N geringer als ein im Speicher 29 abgelegter Minimalwert, betätigt der Abstandsrechner 26 über die Steuerleitung 31 den Not-Aus-Kreis 32, der die Beschichtungsvorrichtung deaktiviert.

[0057] Liegt der im Abstandsrechner 26 berechnete neue Abstandswert A_N innerhalb der Grenzwerte eines zulässigen Abstandsbereichs, die durch im Speicher 29 abgelegte Minimal- bzw. Maximalwerte für den Abstand vorgegeben sind, so übermittelt der Abstandsrechner 26 über die Datenleitung 34 den neuen Abstandswert A_N an den Abstandskordinatenrechner 35, der aus dem neuen Abstand A_N die einzustellende Koordinatenkorrektur für die Applikationseinrichtung 1 berechnet. Diese Koordinatenkorrektur wird an den Koordinatensteuerrechner 37 über die Datenleitung 36 übertragen.

[0058] Aus den Koordinaten der Applikationseinrichtung 1, die aus dem Speicher 40 abgerufen werden und der Koordinatenkorrektur berechnet der Koordinatensteuerrechner 37 die neue Lage, die die Applikationseinrichtung 1 beim momentanen Beschichtungsschritt einnehmen soll, damit der Betriebsstrom I_I während dieses Beschichtungsschritts den vorgegebenen Betriebsstrom-Sollwert I_S erreicht.

[0059] Die durch den Koordinatensteuerrechner 37 neu berechneten Koordinaten werden über die Datenleitung 41 an die Nachführeinrichtung 10 zum Steuern eines entsprechenden Nachführschritts übertragen. Über die Steuerleitung 12 erhält der Differenzspannungssteuerrechner 13 ein O.K.-Signal über die erfolgte Abstands-Nachführung.

[0060] Der Differenzspannungssteuerrechner 13 nimmt dann bei der nächsten Abfrage den schon oben beschriebenen Vergleich zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_I und Betriebsstrom-Soll-Wert I_S erneut vor.

[0061] Die aktuellen Betriebsparameter (Koordinaten, Betriebsstrom, Spannung) werden bei jedem Beschichtungsschritt im Speicher 40 abgelegt. Ist bei einem Beschichtungsschritt nicht, wie oben beschrieben, ein Nachführschritt erforderlich, so werden die aktuellen Koordinaten von der Nachführeinrichtung 10 über den Koordinatensteuerrechner sowie die aktuellen Betriebsstrom- und Spannungswerte im Speicher 40 gespeichert.

[0062] Nach einem ersten Beschichtungsdurchgang (Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang) für ein Werk-

stück neuer Geometrie bzw. Orientierung zur Applikationseinrichtung 1 liegt somit ein kompletter Koordinatensatz für nachfolgende Beschichtungsdurchgänge mit Werkstücken gleicher Geometrie bzw. Orientierung zur Applikationseinrichtung 1 vor. Mit diesem Koordinatensatz wird nun das Nachführprogramm für die Nachführeinrichtung 10 modifiziert, so daß die zum Regeln des Betriebsstroms notwendigen Abstandsänderungen durch die Nachführschritte im Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang beim Führen der Applikationseinrichtung 1 in den nachfolgenden Beschichtungsdurchgängen gleich mitberücksichtigt werden. Ähnliches gilt für die richtigen Spannungswerte.

[0063] Im Idealfall kann bei nun folgenden Beschichtungsdurchgängen mit dem gleichen Werkstück-Typ ein Nachregeln durch die Regeleinrichtung 11 komplett entfallen.

[0064] Sollte sich durch Bemessungstoleranzen am Werkstück 3, durch Toleranzen der Lage aufeinanderfolgender Werkstücke 3 relativ zur Beschichtungsvorrichtung oder durch Drieffekte der Beschichtungsvorrichtung dennoch die Notwendigkeit zum Nachregeln des Betriebsstroms I_1 ergeben, werden die neuen Betriebsparameter, die aus den Regelvorgängen resultieren, zusätzlich in den Speicher 40 aufgenommen und in eine Änderung des Nachführprogramms für den Abstand A_1 und in eine entsprechende Anpassung der Spannung U_1 umgesetzt.

[0065] Diese neuen Betriebsparameter können im einfachsten Fall die entsprechenden alten Betriebsparameter überschreiben, so daß jeder neue Beschichtungsdurchgang für ein Werkstück den jeweils vorhergehenden als "Ausgangspunkt" für die "Feinregelung" aufweist. Ein derartiges Vorgehen ist insbesondere dann sinnvoll, wenn lediglich langsame Drieffekte der Beschichtungsvorrichtung zu erwarten sind, die ein geringes Nachregeln des Abstandes in längeren Zeitabständen erfordern.

[0066] Erfolgen Drieffekte jedoch auf einer kürzeren Zeitskala, können die neuen Betriebsparameter in separaten Speicherplätzen des Speichers 40 abgelegt werden. Durch Vergleich der Betriebsparameter bei einem bestimmten Beschichtungsschritt innerhalb des Beschichtungsdurchgangs können Rückschlüsse auf das zukünftige Driftverhalten gezogen werden. Der Speicher 40 kann dann mit dem Koordinatensteuerrechner 37 zur Berechnung von im nächsten Beschichtungsdurchgang zu erwartenden Koordinaten kommunizieren. Diese werden dann in entsprechende Änderungen im Nachführprogramm für den nächsten Beschichtungsdurchgang umgesetzt. Dadurch erfolgt quasi ein "Vorhalten" des Abstandes zwischen der Applikationseinrichtung 1 und dem Werkstück 3 sowie der Betriebsspannung und somit ein Driftausgleich, der die Häufigkeit und die Größe der Regeleingriffe reduziert.

[0067] Werden die Nachregelungen hauptsächlich durch Bemessungstoleranzen des Werkstücks verursacht, können Koordinatensteuerrechner 37 und Speicher 40 im Rahmen einer gegebenenfalls gewichteten

Mittelwertbildung zusammenwirken, so daß Betriebsparameter gewonnen werden, die einem durchschnittlich bemessenen Werkstück entsprechen, wodurch wiederum die Anzahl der erforderlichen Regelschritte minimiert wird.

[0068] Der Absolutwert des Proportionalitätsfaktors c_2 zur Berechnung der Abstandsänderung im Abstandsrechner 26 kann bei einer alternativen Ausführungsform der Beschichtungsvorrichtung so gewählt sein, daß durch die Abstandsänderung eine Überkompensation der Abweichung des Entladestrom-Ist-Werts I_1 erfolgt. Im obigen Beispiel würde der Abstand A_1 so vergrößert, daß daraus ein Betriebsstrom-Ist-Wert I_1 resultieren würde, der kleiner wäre als der Betriebsstrom-Soll-Wert I_S . Damit dennoch der korrekte Betriebsstrom-Ist-Wert I_1 erzielt wird, gibt der Abstandsrechner einen Spannungskorrekturwert U_K , der mittels eines dritten Proportionalitätsfaktors c_3 und der Differenz zwischen dem Betriebsstrom-Ist-Wert I_1 und dem Betriebsstrom-Soll-Wert I_S im Abstandsrechner 26 berechnet wurde, über eine Datenleitung 41 (in Fig. 2 strichpunktiert dargestellt) an die Hochspannungssteuerung 8 weiter. U_K ist dabei so gewählt, daß einerseits der Betriebsstrom den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S erreicht und andererseits der durch die Hochspannungssteuerung eingestellte neue Spannungs-Ist-Wert U_1 möglichst zentral innerhalb des zulässigen Spannungsbereichs liegt.

[0069] Eine derartige Korrektur der Hochspannung gewährleistet eine höhere Wahrscheinlichkeit, daß beim nachfolgenden Beschichtungsschritt die Regelung des Betriebsstroms über die zeitsparendere Spannungsnachführung erfolgen kann.

[0070] Enthält das zu beschichtende Werkstück 3 Fenster oder Vertiefungen, die bei der Beschichtung auszusparen sind, kann dies die Beschichtungsvorrichtung ebenfalls in einem "Initialisierungsdurchgang" an einem "Master"-Stück lernen. Innerhalb dieser Bereiche wird bei den darauffolgenden Beschichtungsvorgängen die Nachführung des Betriebsstromes I_1 in einen zulässigen Bereich unterbrochen; ggfs. wird die gesamte Applikationseinrichtung 1 außer Betrieb genommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines Werkstücks (3) mit einer Beschichtungsvorrichtung, welche umfaßt:

- a) eine Applikationseinrichtung (1) für elektrisch geladenes Beschichtungsmaterial;
- b) eine Spannungsquelle (6), die eine Spannung zwischen der Applikationseinrichtung (1) und dem Werkstück (3) erzeugt;
- c) eine mit der Spannungsquelle (6) zusammenarbeitende, eine Spannungssteuerung (8) umfassende Regeleinrichtung (11) für den Betriebsstrom, welcher durch den Fluß des elek-

- trisch geladenen Beschichtungsmaterials von der Applikationseinrichtung (1) auf das Werkstück (3) vorgegeben ist;
- d) eine Nachführeinrichtung (10) zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück (3) und der Applikationseinrichtung (1) während des Beschichtens;
- welches folgende Schritte umfaßt:
- e) Erfassen eines Betriebsstrom-Ist-Werts I_I ;
- f) Vergleichen des Betriebsstrom-Ist-Werts I_I mit einem vorgegebenen Betriebsstrom-Soll-Wert I_S ;
- g) Regeln des Betriebsstroms auf den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S ;
- gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
- h) Zunächst wird **durch** eine Veränderung der Spannung innerhalb vorgegebener Grenzen versucht, den Betriebsstrom-Ist-Wert I_I in einen zulässigen Regelbereich um den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S zu bringen;
- i) Wenn dies nicht ausreicht, wird der Abstand A_I zwischen Applikationseinrichtung (1) und Werkstück (3) so verändert, daß der Betriebsstrom-Ist-Wert I_I in den zulässigen Regelbereich um den Betriebsstrom-Soll-Wert I_S gebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** die periodische Wiederholung der folgenden Schritte:
- a) Erfassen eines Spannungs-Ist-Werts U_I , der der Spannung zwischen der Applikationseinrichtung (1) und dem Werkstück (3) entspricht;
- b) Berechnen eines neuen, zur Einstellung des Betriebsstroms in die vorgegebenen Grenzen theoretisch erforderlichen Spannungswerts U_N unter Berücksichtigung des Spannungs-Ist-Werts U_I und der Differenz zwischen Betriebsstrom-Ist-Wert I_I und Betriebsstrom-Soll-Wert I_S ;
- c) Regeln des Betriebsstroms über eine Vorgabe des neuen Spannungswerts U_N für die Spannungssteuerung (8), falls der theoretische neue Spannungswert U_N innerhalb der vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt;
- d) zumindest teilweises Regeln des Betriebsstroms über eine Änderung eines Abstands-Ist-Werts A_I zwischen der Applikationseinrichtung (1) und dem Werkstück (3) mittels der Nachführeinrichtung (10), falls der theoretische neue Spannungswert U_N nicht innerhalb vorgegebener Grenzen für die Spannung liegt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** dann, wenn der zuvor eingestellte Spannungswert nicht im mittleren Bereich zwischen den vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt und der nächste theoretische neue Spannungswert U_N nicht innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegt, folgende Schritte durchgeführt werden:
- a) Vorgeben eines neuen Spannungswerts U_N für die Spannungssteuerung (8), der im wesentlichen zentral innerhalb der vorgegebenen Grenzen für die Spannung liegt;
- b) Überkompensieren der Abweichung des Entladesstrom-Ist-Werts I_I vom Betriebsstrom-Soll-Wert I_S durch eine entsprechend große Änderung des Abstands A_I .
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
- a) Erfassen des Abstands-Ist-Werts A_I zwischen der Applikations-Einrichtung (1) und dem Werkstück (3);
- b) Durchführen der Betriebsstrom-Regelung nur, falls der Abstands-Ist-Wert A_I innerhalb vorgegebener Grenzen für den Abstand liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Spannungsquelle (6) und die Applikationseinrichtung (1), vorzugsweise die gesamte Beschichtungsvorrichtung, deaktiviert werden, falls der Abstands-Ist-Wert A_I nicht innerhalb vorgegebener Grenzen für den Abstand liegt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang die Betriebsparameter der Beschichtungsvorrichtung erfaßt und in einem mit der Nachführeinrichtung (9, 10) zusammenarbeitenden Speicher (40) abgelegt werden, und daß bei Beschichtungsdurchgängen, die dem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang nachfolgen, die Applikationseinrichtung (1) gemäß den im Speicher (37) abgelegten Betriebsparametern nachgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Betriebsparameteränderung im Rahmen der Betriebsstrom-Regelung, die während eines Beschichtungsdurchgangs erfolgt, der dem Initialisierungs-Beschichtungsdurchgang nachfolgt, erfaßt, im Speicher (40) abgespeichert und für den diesem Beschichtungsdurchgang nachfolgenden Beschichtungsdurchgang berücksichtigt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Berücksichtigung erfolgt, indem beim Abspeichern der durch die im laufenden Beschichtungsdurchgang geänderten Betriebsparameter die diesen entsprechenden alten Betriebsparameter überschrieben werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

daß die Berücksichtigung erfolgt, indem aus den im laufenden Beschichtungsdurchgang geänderten Betriebsparamter und den diesen entsprechenden alten Betriebsparameter ein Betriebsparameter für den folgenden Beschichtungsdurchgang berechnet und abgespeichert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

daß die Berechnung durch gewichtete Mittelwertbildung erfolgt.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10, welche umfaßt:

a) eine Applikationseinrichtung (1) für elektrisch geladenes Beschichtungsmaterial;

b) eine Spannungsquelle (6), die eine Spannung zwischen der Applikationseinrichtung (1) und dem Werkstück (3) erzeugt;

c) eine mit der Spannungsquelle (6) zusammenarbeitende, eine Spannungssteuerung (8) umfassende Regeleinrichtung (11) für den Betriebsstrom, welcher durch den Fluß des elektrisch geladenen Beschichtungsmaterials von der Applikationseinrichtung (1) auf das Werkstück (3) vorgegeben ist;

d) eine Nachführeinrichtung (10) zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen dem Werkstück (3) und der Applikationseinrichtung (1) während des Beschichtens;

dadurch gekennzeichnet, daß

e) die Nachführeinrichtung (10) mit der Regeleinrichtung (11) zusammenarbeitet und zur Veränderung des Abstands zwischen Applikationseinrichtung (1) und Werkstück (3) in Funktion gesetzt werden kann, wenn durch die Funktion der Spannungssteuerung (8) alleine der Betriebsstrom-Ist-Wert I_I nicht innerhalb der vorgegebenen Grenzen gehalten werden kann, ohne einen vorgegebenen Spannungsbereich zu verlassen.

Claims

1. Method for the electrostatic coating of a workpiece (3) with a coating apparatus, which comprises:

a) an application device (1) for electrically

charged coating material;

b) a voltage source (6), which generates a voltage between the application device (1) and the workpiece (3);

c) a regulating device (11), which works with the voltage source (6) and comprises a voltage control (8), for the operating current, which is predetermined by the flow of the electrically charged coating material from the application device (1) to the workpiece (3);

d) a correction device (10) for generating a relative movement between the workpiece (3) and the application device (1) during coating;

which method comprises the following steps:

e) detection of an operating current actual value I_I ;

f) comparison of the operating current actual value I_I with a predetermined operating current target value I_S ;

g) adjustment of the operating current to the operating current target value I_S ;

characterized by the following steps:

h) First it is attempted by changing the voltage within predetermined limits to bring the operating current actual value I_I into a permissible regulating range around the operating current target value I_S ;

i) If this is not sufficient, the distance A_I between application device (1) and workpiece (3) is changed such that the operating current actual value I_I is brought into the permissible regulating range around the operating current target value I_S .

2. Method according to claim 1, characterized by the periodic repetition of the following steps:

a) Registering of a voltage actual value U_I , which corresponds to the voltage between the application device (1) and the workpiece (3);

b) Calculation of a new voltage value U_N theoretically required for setting the operating current in the predetermined limits taking account of the voltage actual value U_I and the difference between operating current actual value I_I and operating current target value I_S ;

c) Adjustment of the operating current via a specification of the new voltage value U_N for the voltage control (8) if the theoretical new voltage value U_N lies within the predetermined limits for the voltage;

d) At least partial adjustment of the operating current via a change in the distance actual value A_I between the application device (1) and the workpiece (3) by means of the correction device (10) if the theoretical new voltage value U_N does not lie within predetermined limits for the voltage.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, if the voltage value previously set does not lie in the middle range between the predetermined limits for the voltage and the next theoretical new voltage value U_N does not lie within the predetermined limits, the following steps are carried out:
- 5
- a) Specification of a new voltage actual value U_N for the voltage control (8), which value basically lies centrally within the predetermined limits for the voltage;
- 10
- b) Over-compensation of the deviation of the discharge current actual value I_I from the operating current target value I_S by a correspondingly large change in the distance A_I .
- 15
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized by** the following steps:
- 20
- a) Registering of the distance actual value A_I between the application device (1) and the workpiece (3);
- b) Execution of the operating current adjustment only if the distance actual value A_I lies within predetermined limits for the distance.
- 25
5. Method according to claim 4, **characterized in that** the voltage source (6) and the application device (1), preferably the entire coating apparatus, are deactivated if the distance actual value A_I does not lie within predetermined limits for the distance.
- 30
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in an initialization coating pass the operating parameters of the coating apparatus are registered and filed in a memory (40) working with the correction device (9, 10), and that in coating passes that follow the initialization coating pass, the application device (1) is corrected according to the operating parameters filed in the memory (37).
- 35
- 40
7. Method according to claim 6, **characterized in that** an operating parameter change in the context of the operating current adjustment, which is effected during a coating pass, which follows the initialization coating pass, is registered, stored in the memory (40) and taken into account for the coating pass following this coating pass.
- 45
- 50
8. Method according to claim 7, **characterized in that** the taking account takes place **in that** when the operating parameters changed in the current coating pass are stored, the old operating parameters corresponding to these are overwritten.
- 55
9. Method according to claim 7, **characterized in that** the taking account takes place **in that** from the op-

erating parameters changed in the current coating pass and the old operating parameters corresponding to these an operating parameter for the following coating pass is calculated and stored.

10. Method according to claim 9, **characterized in that** the calculation is achieved by weighted averaging.

11. Apparatus for executing the method according to one of claims 1 to 10, which comprises:

- a) an application device (1) for electrically charged coating material;
- b) a voltage source (6), which generates a voltage between the application device (1) and the workpiece (3);
- c) a regulating device (11), which works with the voltage source (6) and comprises a voltage control (8), for the operating current, which is predetermined by the flow of the electrically charged coating material from the application device (1) to the workpiece (3);
- d) a correction device (10) for generating a relative movement between the workpiece (3) and the application device (1) during coating;

characterized in that

- e) the correction device (10) works with the regulating device (11) and can be set functioning to change the distance between application device (1) and workpiece (3) if due to the function of the voltage control (8) alone the operating current actual value I_I cannot be kept within the predetermined limits without leaving a predetermined voltage range.

Revendications

1. Procédé de revêtement électrostatique d'une pièce (3) au moyen d'un dispositif de revêtement qui comprend :
- a) un dispositif d'application (1) d'un matériau de revêtement chargé électriquement ;
- b) une source de tension (6) qui génère une tension entre le dispositif d'application (1) et la pièce (3) ;
- c) un dispositif de régulation (11) comprenant une commande de tension (8), collaborant avec la source de tension (6), pour le courant de travail, lequel est défini par le flux du matériau de revêtement chargé électriquement du dispositif d'application (1) sur la pièce (3) ;
- d) un dispositif d'asservissement (10) pour générer un mouvement relatif entre la pièce (3) et le dispositif d'application (1) pendant le revêtement ;
- lequel comprend les étapes suivantes :

- e) saisie d'une valeur réelle de courant de travail I_l ;
 f) comparaison de la valeur réelle de courant de travail I_l avec une valeur de consigne définie de courant de travail I_S ;
 g) régulation où asservissement du courant de travail à la valeur de consigne de courant de travail I_S .
caractérisé par les étapes suivantes :
 h) on tente d'abord, par une modification de la tension à l'intérieur de limites définies, de ramener la valeur réelle de courant de travail I_l dans une plage de réglage admissible autour de la valeur de consigne de courant de travail I_S ;
 b) si cela ne suffit pas, on modifie la distance A_l entre dispositif d'application (1) et pièce (3) de telle manière que la valeur réelle de courant de travail I_l soit ramenée dans la plage de réglage admissible autour de la valeur de consigne de courant de travail I_S .
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** la répétition périodique des étapes suivantes :
- a) saisie d'une valeur réelle de tension U_l qui correspond à la tension entre le dispositif d'application (1) et la pièce (3) ;
 b) calcul d'une nouvelle valeur de tension U_N théoriquement nécessaire pour régler le courant de travail dans les limites définies en tenant compte de la valeur réelle de tension U_l et de la différence entre valeur réelle de courant de travail I_l et valeur de consigne de courant de travail I_S ;
 c) régulation ou asservissement du courant de travail par définition de la nouvelle valeur de tension U_N pour la commande de tension (8) si la nouvelle valeur de tension U_N théorique se situe à l'intérieur des limites définies pour la tension ;
 d) régulation où asservissement au moins partiel(le) du courant de service par une modification de la valeur réelle de distance A_l entre le dispositif d'application (1) et la pièce (3) au moyen du dispositif d'asservissement (10) si la nouvelle valeur de tension U_N théorique ne se situe pas à l'intérieur de limites définies pour la tension.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** si la valeur de tension réglée précédemment ne se situe pas dans la plage centrale entre les limites définies pour la tension et la nouvelle valeur de tension U_N théorique suivante ne se situe pas à l'intérieur des limites définies, on exécute les étapes suivantes :
- a) définition d'une nouvelle valeur de tension U_N pour la commande de tension (8) qui se situe essentiellement au milieu des limites définies pour la tension ;
 b) surcompensation de l'écart entre valeur réelle de courant de décharge I_l et valeur de consigne de courant de travail I_S par une modification correspondante de la distance A_l .
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** les étapes suivantes :
- a) saisie de la valeur réelle de distance A_l entre le dispositif d'application (1) et la pièce (3) ;
 b) exécution de la régulation ou de l'asservissement de courant de travail seulement si la valeur réelle de distance A_l se situe à l'intérieur de limites définies pour la distance.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé par le fait que** l'on désactive la source de tension (6) et le dispositif d'application (1), de préférence le dispositif de revêtement complet, si la valeur réelle de distance A_l ne se situe pas à l'intérieur de limites définies pour la distance.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par le fait que** les paramètres de travail du dispositif de revêtement sont saisis lors d'un cycle de revêtement d'initialisation et enregistrés dans une mémoire (40) qui collabore avec le dispositif d'asservissement (9, 10) et que le dispositif d'application (1) est asservi selon les paramètres de travail enregistrés dans la mémoire (40) lors des cycles de revêtement qui suivent le cycle de revêtement d'initialisation.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé par le fait qu'**une modification des paramètres de travail dans le cadre de la régulation du courant de travail, qui se produit pendant un cycle de revêtement qui succède au cycle de revêtement d'initialisation, est saisie, enregistrée dans la mémoire (40) et prise en compte dans le cycle de revêtement qui succède à ce cycle de revêtement.
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé par le fait que** la prise en compte se fait par écrasement, lors la mémorisation des paramètres de travail modifiés dans le cycle de revêtement courant, des anciens paramètres de travail qui leur correspondent.
9. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé par le fait que** la prise en compte se fait en calculant à partir des paramètres de travail modifiés dans le cycle de revêtement courant et des anciens paramètres de travail qui leur correspondent un paramètre de travail pour le cycle de revêtement suivant et en le mémorisant.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé par le fait que** le calcul est réalisé par formation d'une moyenne pondérée.

11. Dispositif pour réaliser le procédé selon l'une des revendications 1 à 10, lequel comprend :

- a) un dispositif d'application (1) d'un matériau de revêtement chargé électriquement ;
- b) une source de tension (6) qui génère une tension entre le dispositif d'application (1) et la pièce (3) ;
- c) un dispositif de régulation (11) comprenant une commande de tension (8), collaborant avec la source de tension (6), pour le courant de travail, lequel est défini par le flux du matériau de revêtement chargé électriquement du dispositif d'application (1) sur la pièce (3) ;
- d) un dispositif d'asservissement (10) pour générer un mouvement relatif entre la pièce (3) et le dispositif d'application (1) pendant le revêtement ;

caractérisé par le fait que

- a) le dispositif d'asservissement (10) collabore avec le dispositif de régulation (11) et peut être mis en fonction dans le but de modifier la distance entre dispositif d'application (1) et pièce (3) lorsque la valeur réelle de courant de travail I_l ne peut pas être maintenue à l'intérieur des limites définies par la seule fonction de la commande de tension (8) sans quitter une plage de tension définie.

35

40

45

50

55

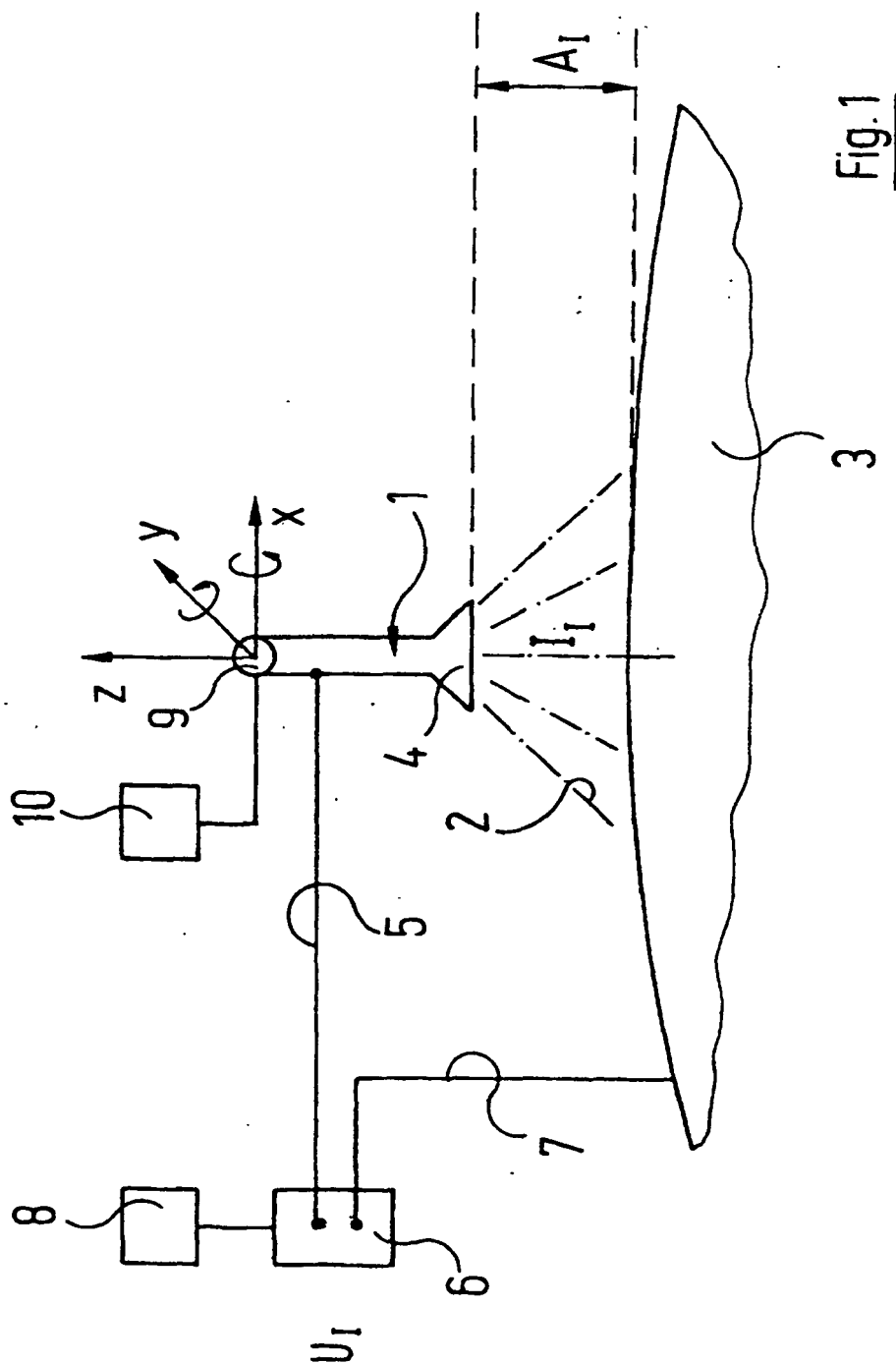


Fig.1

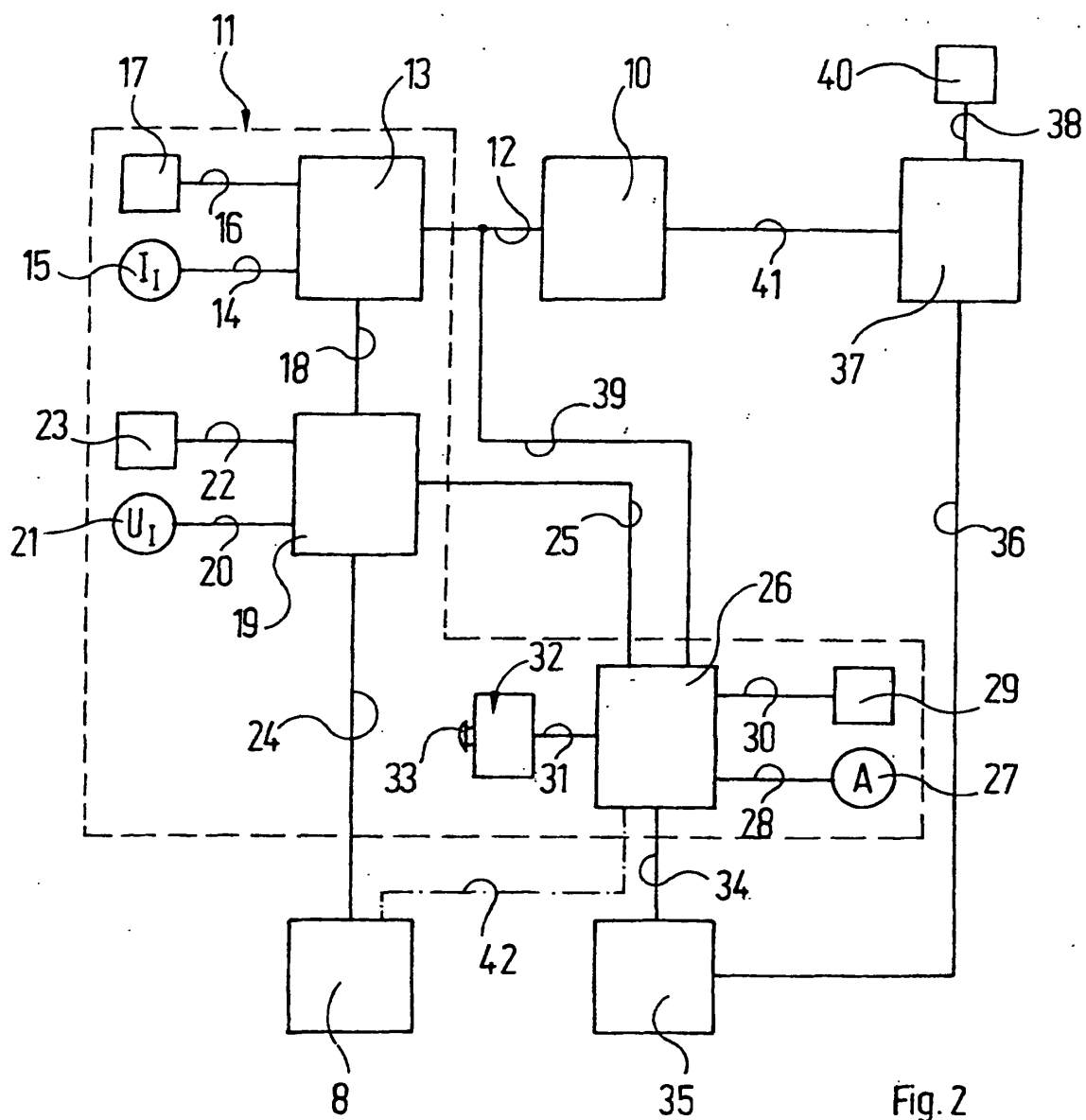


Fig. 2