

(19)



(11)

EP 2 050 507 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.04.2009 Patentblatt 2009/17

(51) Int Cl.:
B05B 5/08 (2006.01) B05D 1/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07405310.9**

(22) Anmeldetag: **17.10.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS
(71) Anmelder: **J. Wagner AG**
9450 Altstätten (CH)

(72) Erfinder: **Seitz, Kurt**
9443 Widnau (CH)
(74) Vertreter: **Nückel, Thomas**
Patentanwaltskanzlei Nückel,
Oberhostattstrasse 18
6375 Beckenried, NW (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver**

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver umfasst folgende Schritte. Das Werkstück (1) wird geerdet. Dann wird eine Elektrode (2) auf ein gegenüber dem Werkstück (1) negatives Potenzial (U_2) und eine Gegenelektrode (3) auf

ein gegenüber dem Werkstück (1) positives Potenzial (U_3) gelegt. Mittels eines Steuergeräts (4) wird dafür gesorgt, dass das Potenzial in dem Bereich (B) des Werkstücks (1), in dem das Werkstück (1) zu beschichten ist, Null ist. Anschließend wird das Werkstück (1) mittels einer Pulversprühpistole (10) mit Beschichtungspulver besprüht.

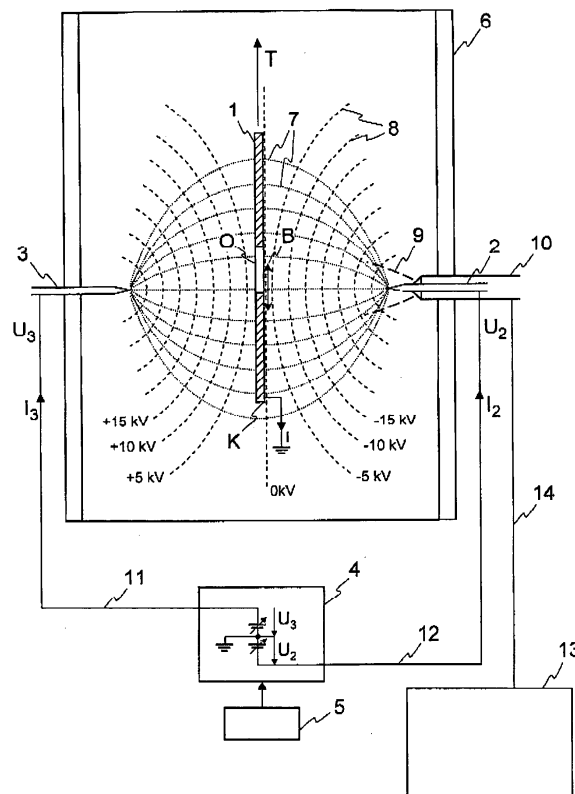


Fig. 2a

EP 2 050 507 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver.

[0002] Bei der elektrostatischen Oberflächenbeschichtung wird mit einer Sprühpistole Beschichtungspulver auf die Oberfläche eines Werkstücks gesprüht. Dabei werden elektrische Feldkräfte genutzt, um die Pulverpartikel elektrisch aufzuladen und die Bewegung der Pulverpartikel zum Werkstück hin zu verstärken.

[0003] Die Korona-Beschichtung ist eine spezielle Form der elektrostatischen Oberflächenbeschichtung. An eine in der Sprühpistole befindliche Elektrode wird eine hohe Gleichspannung angelegt und das Werkstück wird geerdet. Dadurch entsteht zwischen der Elektrodenspitze und dem Werkstück ein elektrisches Feld. Wenn das elektrische Potentialgefälle zwischen der Elektrodenspitze und dem Werkstück einen bestimmten Wert überschreitet, aber noch nicht hoch genug ist um eine Funkenentladung hervorzurufen, tritt eine Korona-Entladung oder kurz Korona auf. Dabei wird das Fluid (Luftmoleküle, Pulverpartikel), das die Elektrodenspitze umgibt, ionisiert und damit elektrisch aufgeladen. Die Korona-Entladung ist ein Prozess bei dem ein (dauerhafter) Stromfluss von der Elektrode durch die Luft und das Pulver zum Werkstück erzeugt wird. Als Ladungsträger wirken dabei Ionen, die durch ein Plasma um die Elektrodenspitze erzeugt werden.

[0004] Das elektrische Feld, das zwischen der Elektrodenspitze und dem Werkstück herrscht, bewirkt, dass auf die geladenen Partikel eine elektrische Kraft, welche auch als Coulombsche Kraft bezeichnet wird, wirkt. Diese auf die geladenen Partikel wirkende Kraft ist proportional zur Feldstärke und ist umso stärker, je größer die Ladung ist.

[0005] Die Polarität der spitzen Elektrode bestimmt die Polarität der Korona. Wird an die Elektrode ein negatives Potenzial gelegt, werden aus der Elektrode Elektronen emittiert, die, wenn sie auf Luftmoleküle oder Pulverpartikel treffen, diese ionisieren.

Stand der Technik

[0006] Die meisten Pulversorten lassen sich besser negativ als positiv aufladen. Deshalb wird bei den meisten Beschichtungsanlagen an die Elektrode der Sprühpistole eine negative Hochspannung angelegt. Wo und wie sich das Pulver nun im einzelnen ablagert, hängt unter anderem von der Höhe der Spannung, der Höhe des Sprühstroms, der Polarität, der kinetischen Energie der Pulverpartikel, der Luftmenge für die Flugförderung, dem Abstand zum Werkstück und der Geometrie des Werkstückes ab.

[0007] Wird bei der Korona-Beschichtung mit Rund-

strahldüsen mit runden Prallkegeln oder Prallplatten gearbeitet, so lenken diese den Pulverstrom rundherum zur Seite ab und verteilen das Pulver auf eine große Fläche. Dadurch wird die Geschwindigkeit der Pulverteilchen stark reduziert und die kinetische Energie der Pulverpartikel herabgesetzt. Die Anziehung der elektrisch geladenen Pulverpartikel zum geerdeten Werkstück überwiegt nun gegenüber der kinetischen Energie durch die Sprühförderung. Die Pulverpartikel bewegen sich nun entlang den elektrischen Feldlinien zwischen der Elektrode und dem Werkstück und lagern sich schließlich auf dem Werkstück ab. Dadurch ergibt zwar eine gleichmäßige Ablagerung des Pulvers auf dem Werkstück, führt aber an den Kanten des Werkstücks zu einer erhöhten Ablagerung von Pulver, weil die elektrischen Feldlinien sich an den Kanten des Werkstücks konzentrieren. Dieser unerwünschte Effekt wird in der Branche als Bilderrahmen-Effekt bezeichnet.

[0008] Vertiefungen in Werkstücken bilden Faradaysche Käfige, die dazu führen, dass die elektrischen Feldlinien in sie nicht eindringen können. Damit dringt aber auch kein oder nur wenig Pulver in die Vertiefungen im Werkstück ein.

[0009] Wird statt der Rundstrahldüse eine Flachstrahldüse verwendet, können die besagten Probleme etwas reduziert, aber nicht gänzlich beseitigt werden. Durch die Flachstrahldüse werden die Pulverpartikel auf eine hohe Geschwindigkeit gebracht und mit hoher kinetischer Energie direkt auf das Werkstück geblasen. Dadurch können Pulverpartikel zum Teil auch in Faradaysche Käfige eindringen. Auch der Kantenaufbau, das heißt vermehrter Pulverauftrag und erhöhte Schichtstärke im Bereich der Kante, wird durch die hohe kinetische Energie reduziert. Bei Flachstrahldüsen leidet jedoch die homogene Verteilung der Pulverpartikel auf dem Werkstück.

[0010] Reduziert man die Luftmenge für die Flugförderung der Pulverpartikel, erreicht man eine bessere und homogenere Pulverschicht. Dies führt aber auch zu einer Reduzierung der kinetischen Energie der Pulverpartikel und zu einer größeren Beeinflussung der Pulverpartikel durch die elektrischen Feldkräfte. Dies führt zu den eingangs erwähnten Problemen wie Kantenaufbauten und schlechtes Eindringen in Faradaysche Käfige.

[0011] In Figur 1 ist die Feldlinienverteilung bei einer Korona-Beschichtung gezeigt, wobei die Sprühpistole 10 nahe der Werkstückkante steht. Die Feldlinien verlaufen von der Elektrodenspitze 2 der Pulversprühpistole 10 zum geerdeten Werkstück 1. Da es sich um ein dreidimensionales Werkstück 1 handelt, gibt es dreidimensionale Äquipotenzialflächen auf denen jeweils das Potenzial konstant ist. In Figur 1 sind des besseren Verständnisses wegen jedoch nur Äquipotenziallinien, also jene Linien auf denen das elektrische Potenzial konstant ist, gezeigt. Sie verlaufen senkrecht zu den Feldlinien. Im mittleren Bereich des Werkstückes 1 stehen die Feldlinien senkrecht zur Werkstückfläche und sind über die Werkstückfläche gleichmäßig verteilt. An der Kante des Werkstücks 1 verlaufen die Feldlinien jedoch gedrängt.

In diesem Bereich wird dadurch mehr Pulver abgeschieden. Es kommt zum Kantenaufbau. Ein Teil der Feldlinien gelangt auch auf die Rückseite des Werkstückes 1. Deshalb wird auch dort ein Teil des Pulvers abgeschieden.

[0012] Aus dem Stand der Technik M. Cudazzo, U. Strohbeck "Pulverlackieren von Kunststoff - kommt der Durchbruch?", Carl Hanser Verlag, München, MO Jahrg. 54 (2000) 6, S. 50 - 51 ist ein Verfahren zur elektrostatischen Beschichtung eines elektrisch nichtleitenden Werkstücks mit Beschichtungspulver bekannt. Um das Werkstück, das beispielsweise aus Kunststoff besteht, zu beschichten, wird das Werkstück von der einen Seite mit einer Sprühpistole mit positiv geladenen Pulverpartikeln und von der anderen Seite mit einer weiteren Sprühpistole mit negativ geladenen Pulverpartikeln besprüht. Dabei ziehen sich die unterschiedlich geladenen Partikel gegenseitig an. Das dazwischen befindliche Werkstück wird auf beiden Seiten gleichzeitig von den positiv und negativ geladenen Partikeln getroffen. Der Ladungsausgleich gegenüber dem Erdpotenzial wird durch die elektrische Nichtleitfähigkeit des Werkstücks verhindert. Statt dessen erfolgt der Ladungsausgleich durch das Werkstück hindurch mit zwei entgegengesetzt geladenen Partikeln.

[0013] Da das Werkstück nichtleitend ist, kann sich das zur elektrostatischen Pulverlackierung erforderliche elektrische Feld zwischen Sprühorgan und Werkstück nicht ausbilden. Damit Coulombkräfte zwischen Pulverpartikeln und der Werkstückoberfläche entstehen können, müssen die Partikelladungen Spiegelladungen an der Werkstückoberfläche erzeugen können. Dies wiederum setzt eine leitfähige, geerdete Werkstückoberfläche voraus. Die nichtleitende Werkstückoberfläche kann aber nicht geerdet werden und die Ladung kann nicht definiert zum Erdpotenzial abgeleitet werden. Damit können keine Coulombkräfte zwischen den Pulverpartikeln und Werkstückoberfläche wirken. Dieses Verfahren ist daher speziell für nichtleitende Werkstücke ausgelegt.

Darstellung der Erfindung

[0014] Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren und eine Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver anzugeben, bei dem eine gleichmäßige, homogene Schichtstärke sowohl im flächigen Bereich des Werkstücks als auch im Bereich der Werkstückkanten erzielt wird.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver umfasst folgende Schritte. Das Werkstück wird geerdet. Dann wird eine Elektrode auf ein gegenüber dem Werkstück negatives Potenzial und eine Gegenelektrode auf ein gegenüber dem

Werkstück positives Potenzial gelegt. Mittels eines Steuergeräts wird das Potenzial in dem Bereich des Werkstücks, in dem das Werkstück zu beschichten ist, abhängig von der in diesem Bereich gewünschten Pulverschichtstärke eingestellt und das Werkstück in diesem Bereich mittels einer Pulversprühpistole mit Beschichtungspulver besprüht.

[0017] Die Aufgabe der Erfindung wird zudem durch eine Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 12 gelöst.

[0018] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver umfasst eine Pulversprühpistole mit einer Elektrode. Zudem sind eine Gegenelektrode und ein Steuergerät zum Einstellen des Potenzials für die Elektrode und des Potenzials für die Gegenelektrode vorgesehen. Das Steuergerät ist derart ausgebildet und betreibbar, dass damit der Ort des Null-Potenzials einstellbar ist.

[0019] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den abhängigen Patentansprüchen angegebenen Merkmalen.

[0020] Der zu beschichtende Bereich kann ein Rand des Werkstücks und insbesondere eine Kante des Werkstücks oder eine Öffnung im Werkstück sein.

[0021] Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Einstellen des Potenzials im zu beschichtenden Bereich des Werkstücks das Potenzial an der Elektrode entsprechend eingestellt.

[0022] Bei einer anderen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zum Einstellen des Potenzials im zu beschichtenden Bereich des Werkstücks das Potenzial an der Gegenelektrode entsprechend eingestellt.

[0023] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass das Potenzial im zu beschichtenden Bereich des Werkstücks eingestellt wird, indem die Position der Gegenelektrode entsprechend eingestellt wird.

[0024] So wird vorteilhafterweise das Potenzial im zu beschichtenden Bereich des Werkstücks so eingestellt, dass es dort annähernd Null ist.

[0025] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Gegenelektrode synchron zur Elektrode bewegt.

[0026] Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der durch die Elektrode fließende Sprühstrom auf einem konstanten Wert gehalten.

[0027] Vorteilhafterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der durch die Gegenelektrode fließende sprühstrom abhängig von der Höhe des durch die Elektrode fließenden Sprühstroms eingestellt. Dadurch kann der über das Werkstück abfließende Strom eingestellt werden. Dies ist unter anderem für die Betriebssicherheit von Bedeutung.

[0028] Zur Lösung der Aufgabe wird ferner vorgeschlagen, dass der durch die Gegenelektrode fließende Sprühstrom oder das an die Gegenelektrode angelegte Potenzial vergrößert und/oder der Abstand der Gegenelektrode zum Werkstück verkleinert wird, wenn die Pulverschichtstärke auf dem Werkstück reduziert werden soll.

[0029] Wenn die Pulverschichtstärke auf dem Werkstück hingegen vergrößert werden soll, besteht die Möglichkeit den durch die Gegenelektrode fließenden Sprühstrom oder das an die Gegenelektrode angelegte Potenzial zu verkleinern und/oder der Abstand der Gegenelektrode zum Werkstück zu vergrößern.

[0030] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass eine weitere Gegenelektrode auf ein gegenüber dem Werkstück weiteres positives Potenzial gelegt wird. Damit kann das elektrische Feld noch mehr an die Geometrie des Werkstücks angepasst werden.

[0031] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann das Steuergerät ein Bedienelement aufweisen, um die gewünschte Pulverschichtstärke vorgeben zu können. Damit kann der Benutzer vorgeben, wie dick einzelne Bereiche des Werkstücks mit Pulver beschichtet werden sollen.

[0032] Darüber hinaus kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen sein, dass die Position der Gegenelektrode einstellbar ist. Auf diese Weise kann das elektrische Feld noch mehr an die Geometrie des Werkstücks angepasst werden.

[0033] Schließlich kann bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Gegenelektrode auf der selben Seite wie die Pulversprühpistole angeordnet sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung mit mehreren Ausführungsbeispielen anhand von fünf Figuren weiter erläutert.

- Figur 1 zeigt eine konventionelle Anordnung zur Pulverbeschichtung.
- Figur 2a zeigt eine erste mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung einer Öffnung im Werkstück.
- Figur 2b zeigt die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung einer Kante des Werkstücks.
- Figur 3 zeigt die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung eines rahmenförmigen Werkstücks.

Figur 4 zeigt eine zweite mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung der Werkstückkante.

Figur 5 zeigt eine dritte mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung der Werkstückkante.

Figur 6a bis 6f zeigt verschiedene Kanten, Ränder und Öffnungen im Werkstück in der Draufsicht.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0035] In Figur 2a ist eine erste mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung in der Draufsicht dargestellt. Ein flaches Werkstück 1 mit einer Öffnung O, die sich an einer beliebigen Stelle im Werkstück 1 befinden kann, wird zur Beschichtung in Transportrichtung T durch eine Pulverbeschichtungskabine 6 hindurch bewegt. Durch eine Seitenwand der Kabine 6 ragt eine Pulversprühpistole 10, die eine Elektrode 2 aufweist. Die Elektrode 2 wird auch als Sprühelektrode bezeichnet. Die Seite des Werkstücks 1, die mit der Pulversprühpistole 10 beschichtet wird, wird als Vorderseite bezeichnet. Auf der gegenüberliegenden Seitenwand der Kabine 6 ist eine Gegenelektrode 3 angeordnet. Die Gegenelektrode 3 kann Teil einer weiteren Pulversprühpistole sein, die aber in Figur 1 nicht dargestellt ist.

[0036] Während des Beschichtungsvorgangs wird an die Elektrode 2 eine hohe Gleichspannung U_2 , beispielsweise -30 kV angelegt. An die Gegenelektrode 3, die sich hinter dem Werkstück 1 befindet, wird ebenfalls eine hohe Gleichspannung U_3 angelegt, die allerdings eine entgegengesetzter Polarität zur Spannung U_2 hat. Die Spannung U_2 kann beispielsweise +37 kV betragen. Dadurch entsteht ein elektrostatisches Feld zwischen der Sprühpistole 10 und der Gegenelektrode 3. Die Feldlinien 7 sind punktiert und die Äquipotenziallinien 8 gestrichelt dargestellt. In der geometrischen Mitte zwischen der Elektrode 2 und der Gegenelektrode 3 ist die Äquipotenziallinie nicht gekrümmt, wenn die beiden Spannungen U_2 und U_3 entsprechend eingestellt sind. Im Idealfall gilt dies in allen drei Dimensionen, auch wenn auf dem Papier zur Einfachheit nur zwei Dimensionen gezeichnet sind. Die Elektrode 2 und die Gegenelektrode 3 erzeugen gleiche und in ihrer Polarität entgegen gesetzte elektrische Felder gegenüber der Bezugserde. Der mittlere Bereich befindet sich somit auf dem Potential Null. Das heißt es herrscht dort das gleiche Potential wie Erde.

[0037] Das in Figur 2a gezeigte elektrische Feld wird durch ein flaches, geerdetes Werkstück 1 nicht beeinflusst. Die von der Sprühpistole 10 erzeugte Pulverwolke 9 trifft im Bereich B, der als Beschichtungszone bezeichnet wird, auf das Werkstück 1. Während der Beschich-

tung des Werkstücks bewegen sich die Pulverpartikel in der Beschichtungszone B entlang der Feldlinien und treffen somit in dieser Zone R senkrecht auf die Werkstückoberfläche. Dadurch wird eine konstante Pulverschichtstärke auf dem Werkstück erreicht.

[0038] Im Verlauf des Beschichtungsvorgangs wird das Werkstück 1 weiter bewegt, so dass sich nach einer gewissen Zeit die Kante K des Werkstücks 1 in der Beschichtungszone B befindet. Das Werkstück 1 befindet sich nun nurmehr zum Teil im elektrischen Feld. Dies ist in Figur 2b dargestellt. Das elektrische Feld wird durch die Position des Werkstücks 1 nicht nennenswert beeinflusst. Die von der Pulversprühpistole 10 versprühten Pulverpartikel folgen daher nach wie vor in der Beschichtungszone B dem Verlauf der Feldlinien. Weil die Feldlinien im Bereich der Kante K nicht verzerrt werden, es keinen Umgriff der Feldlinien auf die Rückseite des Werkstücks 1 gibt (im Gegensatz zum Verlauf der Feldlinien in Figur 1) und auch keine erhöhte Feldstärke an der Kante K auftritt, wird der Pulverauftrag im Bereich der Kante K weder zu noch abnehmen. Somit wird auch im Bereich der Kante K eine konstante Pulverschichtstärke gewährleistet und ein Kantenaufbau vermieden. Das Gleiche gilt im Wesentlichen auch für eine abgerundete Werkstückbegrenzung R, wie sie in Figur 6d gezeigt ist.

[0039] Steuerung der Pulverablagerung an der Kante K oder allgemein am Rand des Werkstücks

[0040] Durch eine Veränderung der Spannung U_3 an der Gegenelektrode 3 kann der Verlauf der elektrischen Feldlinien verändert und damit auch die Lage der Äquipotenziallinie auf der das Potenzial Null ist, gegenüber dem Werkstück 1 verschoben werden. Wird die Hochspannung U_3 an der Gegenelektrode 3 erhöht, so wandert die Äquipotenziallinie mit Potenzial Null in Richtung Pulversprühpistole 10. Dadurch gelangen die Feldlinien der Gegenelektrode 3 bis zur Vorderseite des Werkstückes 1. Das wiederum führt dazu, dass sich weniger Pulver im Bereich der Kante K anlagert. Wird die Hochspannung U_3 , die auch als Gegenspannung bezeichnet wird, reduziert, gelangen Feldlinien der Sprühpistole 10 über den Kantenbereich hinaus auf die Rückseite des Werkstücks 1. Damit lagert sich mehr Pulver im Bereich der Kante K ab. Durch eine gezielte Veränderung der elektrischen Parameter kann man also steuern wo am Werkstück sich wie viel Pulver anlagert.

[0041] Bei der konventionellen elektrostatischen Beschichtung mit nur einer, beispielsweise negativ geladenen Elektrode 2 bewegen sich die negativen Ladungsträger beziehungsweise Elektronen von der negativen Sprühelektrode 2 über die Luft zum geerdeten Werkstück 1 und von dort aus über die Werkstück-Aufhängung oder Werkstück-Befestigung über die Erde zurück zum Hochspannungsgenerator. Damit ist der Stromkreis geschlossen. Bei einer Unterbrechung dieses Stromkreises entsteht an der Unterbrechungsstelle eine hohe Spannungsdifferenz. Wenn z.B. das Werkstück 1 an einem elektrischen nicht oder nur schlecht leitenden Haken aufgehängt ist, kann sich das Werkstück 1 auf eine Span-

nung von 10 kV und mehr aufladen. Ursache für die schlechte Leitfähigkeit können Farbrückstände am Haken sein. Die Folge ist eine schlechte Beschichtung des Werkstücks. Aufgrund der schlechten Leitfähigkeit des Hakens und damit der schlechten Erdung kann der Koronastrom nicht zur Erde hin abfließen, das Werkstück lädt sich auf, es kann zu Überschlägen kommen und es können zundfähige Funken entstehen. Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung wirken zwei unabhängige entgegengesetzt gepolte Stromkreise auf das selbe Werkstück 1. Diese Stromkreise sind im Idealfall in ihrem Betrag gleich gross. Wenn der Strom I_2 , der durch die Elektrode 2 der Beschichtungspistole 10 zum Werkstück 1 fließt, z.B. $-50 \mu\text{A}$ beträgt, beträgt der Strom I_3 , der durch die Gegenelektrode 3 zum Werkstück 1 fließt, $+50 \mu\text{A}$. Aufgrund des ersten Kirchhoffschen Gesetzes ist die Summe der Ströme I_2 und I_3 im Werkstück 1 Null. Von der Elektrode 2 der Sprühpistole 10 fließen $50 \mu\text{A}$ über die Luft zum Werkstück 1 und von dort über die Luft zur Gegenelektrode 3. Damit fließt kein Strom über die Werkstück-Aufhängung zur Erde. Der Strom I in der Werkstück-Aufhängung ist somit Null. Damit können auch elektrisch schlecht leitende Bauteile elektrostatisch beschichtet werden. Aus Sicherheitsgründen wird das Werkstück 1 aber nach wie vor geerdet sein.

[0042] Die Potenziale U_2 und U_3 werden mittels eines Steuergeräts 4 eingestellt und gegebenenfalls geregelt. Das Steuergerät 4 ist dazu über eine elektrische Leitung 11 mit der Gegenelektrode 3 und über eine elektrische Leitung 12 mit der Elektrode 2 verbunden. Um die gewünschte Schichtstärke einstellen zu können, weist das Steuergerät 4 ein Bedienelement 5 auf. Das Bedienelement 5 kann beispielsweise ein Drehknopf, ein Taster oder eine Tastatur sein. Neben den Potenzialen U_2 und U_3 kann das Steuergerät 4 auch die Ströme I_2 und I_3 überwachen und regeln.

[0043] Um die Sprühpistole 10 mit Pulver zu versorgen, ist die Sprühpistole 10 über einen Pulverschlauch 14 mit einem Pulvervorratsbehälter 13 verbunden.

[0044] Figur 3 zeigt die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung des rahmenförmigen Werkstücks 1. Da das elektrische Feld auch durch das rahmenförmige Werkstück 1 nicht nennenswert beeinflusst wird, folgen die von der Pulversprühpistole 10 versprühten Pulverpartikel nach wie vor in der Beschichtungszone B dem Verlauf der Feldlinien und treffen dort senkrecht auf den Rahmen, so dass der Pulverauftrag dort weder zu noch abnimmt. Somit ist auch bei einem rahmenförmigen Werkstück eine konstante Pulverschichtstärke gewährleistet und der Kantenaufbau wird vermieden.

[0045] Figur 4 zeigt eine zweite mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeschichtung während der Beschichtung der Werkstückkante K. Das Werkstück ist nun kein dünnes Teil mehr, sondern weist, wie in Figur 4 gezeigt, eine erhebliche Tiefe auf. Auf der einen Seite der Kabine 6 befindet sich, wie bei der in den Figuren 2a und 2b beschriebenen

Ausführungsform, die Pulversprühpistole 10 mit der Sprühelektrode 2. Auf der gegenüberliegenden Seite der Kabine 6 befinden sich nun zwei Gegenelektroden 3 und 15. Beide können jeweils Teil einer weiteren Sprühpistole sein. Die Gegenelektrode 15 steht nicht mehr unter Spannung. Es bildet sich das in Figur 4 gezeigte elektrische Feld zwischen der Elektrode 2 und der Gegenelektrode 3 aus. Die Äquipotenziallinie mit dem Potenzial Null verläuft durch die zu beschichtende Kante K. Um dies zu erreichen, wird das Potenzial U_3 an der Gegenelektrode 3 höher gewählt als das Potenzial U_2 an der Elektrode 2 der Beschichtungspistole 10.

[0046] Das Werkstück 1 wird in Richtung T aus dem Beschichtungsbereich herausbewegt. Es wird also die hintere Fläche des Werkstücks beschichtet. Damit die hintere Kante K nicht zu stark beschichtet wird, ist die linke Gegenelektrode 3 aktiv. Würde statt dessen das Werkstück 1 in den Beschichtungsbereich hinein transportiert, wäre die rechte Gegenelektrode 15 aktiv.

[0047] Figur 5 zeigt eine dritte mögliche Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zur Pulverbeseichung während der Beschichtung der Werkstückkante. Bei dieser Ausführungsform befinden sich sowohl die Sprühpistole 10 als auch die beiden Gegenelektroden 3 und 15 auf einer Seite der Kabine 6. Die Gegenelektroden 3 und 15 können jeweils Teil einer weiteren Sprühpistole sein. Die Gegenelektrode 15 steht nicht mehr unter Spannung. Es bildet sich das in Figur 5 gezeigte elektrische Feld zwischen der Elektrode 2 und der Gegenelektrode 3 aus. Die Äquipotenziallinie mit dem Potenzial Null verläuft durch die zu beschichtende Kante K.

[0048] Das Werkstück 1 wird in Richtung T aus dem Beschichtungsbereich herausbewegt und die hintere Fläche des Werkstücks 1 beschichtet. Würde statt dessen das Werkstück 1 in den Beschichtungsbereich hinein transportiert, wäre die Gegenelektrode 15 aktiv.

[0049] Um nicht zwei Gegenelektroden 3 und 15 vorsehen zu müssen, kann auch nur eine Gegenelektrode 3 vorgesehen sein, die beweglich angeordnet ist. So kann die Gegenelektrode 3 beispielsweise von der Position links von der Sprühpistole 10 zur Position rechts von der Sprühpistole 10 geschwenkt werden.

[0050] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung können auch flache Bleche, flache Profileile und Teile mit kleiner Dicke beschichtet werden, ohne dass es zu den sonst üblichen Pulveranhäufungen an den Kanten, an Bohrungen oder an anderen Aussparungen kommt. Der Bilderrahmen-Effekt wird wirksam vermieden. Zudem kann der Pulverauftrag an den Kanten gesteuert werden.

[0051] Mit den oben erwähnten Maßnahmen kann das Werkstück einschließlich seiner Kanten mit einer gleichbleibend dicken Pulverschicht beschichtet werden. Falls gewünscht kann aber auch mehr oder weniger Pulver an den Kanten aufgebracht werden. So ist es auch möglich den Pulverauftrag an den Kanten gänzlich zu vermeiden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird zudem eine homogenere Verteilung des Pulverauftrages auf den

flachen Bereichen des Werkstücks erreicht.

[0052] Ein weiterer Effekt dieses Verfahrens ist, dass der Ableitstrom I im Werkstück stark reduziert wird oder Null ist. Dieser Ableitstrom I kann durch eine automatische oder manuelle Regelung auf Null gehalten werden. Damit können auch Werkstücke mit schlechter oder geringer Leitfähigkeit beschichtet werden. Dies kann bei der Beschichtung von MDF-Platten von Vorteil sein.

[0053] Der Begriff Gegenelektrode soll zum Ausdruck bringen, dass das Potenzial an dieser Gegenelektrode gegenüber der Elektrode entgegengesetzt ist.

[0054] Figur 6a bis 6f zeigt verschiedene Kanten K, Ränder R und Öffnungen O im Werkstück 1 in der Draufsicht. Unter dem Begriff Rand R wird eine Begrenzung des Werkstücks 1 verstanden, welche beliebig geformt sein kann. Somit fallen auch die in Fig. 6a, 6b und 6c gezeigten Werkstückkanten K unter den Oberbegriff Werkstückrand. Auch die in Fig. 6e und 6f gezeigten Öffnungen O im Werkstück sind Werkstückränder. In Figur 6f ist der rechte Rand der Öffnung O weniger stark gekrümmt als der rechte Rand der Öffnung O in Figur 6e.

[0055] Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

30 Bezugszeichenliste

[0056]

1	Werkstück
2	Elektrode
3	Gegenelektrode
4	Steuergerät
5	Bedienelement
6	Kabine
7	Feldlinien
8	Äquipotenziallinien
9	Pulverwolke
10	Sprühpistole
11	elektrische Leitung
12	elektrische Leitung
13	Pulvorratsbehälter
14	Pulverschlauch
15	weitere Gegenelektrode
U_2	Potenzial an der Elektrode 2
U_3	Potenzial an der Gegenelektrode 3
U_{15}	Potenzial an der Gegenelektrode 15
I_2	Strom in der Elektrode 2
I_3	Strom in der Gegenelektrode 3
I	Ableitstrom
T	Transportrichtung
B	Beschichtungsbereich
K	Werkstückkante
R	Werkstückrand

O Öffnung im Werkstück

Patentansprüche

1. Verfahren zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver,
 - bei dem das Werkstück (1) geerdet wird,
 - bei dem eine Elektrode (2) auf ein gegenüber dem Werkstück (1) negatives Potenzial (U_2) gelegt wird,
 - bei dem eine Gegenelektrode (3) auf ein gegenüber dem Werkstück (1) positives Potenzial (U_3) gelegt wird,
 - bei dem mit einem Steuergerät (4) das Potenzial in dem Bereich (B) des Werkstücks (1), in dem das Werkstück (1) zu beschichten ist, abhängig von der in diesem Bereich (B) gewünschten Pulverschichtstärke eingestellt wird, und
 - bei dem das Werkstück (1) im zu beschichtenden Bereich (B) mittels einer Pulversprühpistole (10) mit Beschichtungspulver besprüht wird.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, bei dem der Bereich (B) eine Kante (K) des Werkstücks (1), ein Rand des Werkstücks (1) oder eine Öffnung (O) im Werkstück (1) ist.
3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, bei dem zum Einstellen des Potenzials im Bereich (B) des Werkstücks (1) das Potenzial (U_2) an der Elektrode (2) entsprechend eingestellt wird.
4. Verfahren nach Patentanspruch 1, 2 oder 3, bei dem zum Einstellen des Potenzials im Bereich (B) des Werkstücks (1) das Potenzial (U_3) an der Gegenelektrode (3) entsprechend eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, bei dem zum Einstellen des Potenzials im Bereich (B) des Werkstücks (1) die Position der Gegenelektrode (3) entsprechend eingestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, bei dem das Potenzial im zu beschichtenden Bereich (B) des Werkstücks (1) so eingestellt wird, dass es dort annähernd Null ist.
7. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, bei dem die Gegenelektrode (3) synchron zur Elektrode (2) bewegt wird.
8. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, bei dem der durch die Elektrode (2) fließende Sprühstrom (I_2) auf einem konstanten Wert gehalten wird.
9. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, bei dem der durch die Gegenelektrode (3) fließende Sprühstrom (I_3) abhängig von der Höhe des durch die Elektrode (2) fließenden Sprühstroms (I_2) eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, bei dem der durch die Gegenelektrode (3) fließende Sprühstrom (I_3) vergrößert wird, um die Pulverschichtstärke auf dem Werkstück (1) zu reduzieren.
11. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 10, bei dem eine weitere Gegenelektrode (15) auf ein gegenüber dem Werkstück (1) weiteres positives Potenzial (U_{15}) gelegt wird.
12. Vorrichtung zum elektrostatischen Beschichten eines elektrisch leitfähigen Werkstücks mit Beschichtungspulver,
 - mit einer Pulversprühpistole (10), die eine Elektrode (2) aufweist,
 - mit einer Gegenelektrode (3), und
 - mit einem Steuergerät (4) zum Einstellen des Potenzials (U_2) für die Elektrode (2) und des Potenzials (U_3) für die Gegenelektrode (3), wobei das Steuergerät (4) derart ausgebildet und betreibbar ist, dass damit der Ort des Null-Potenzials (0V) einstellbar ist.
13. Vorrichtung nach Patentanspruch 12, bei der das Steuergerät (4) ein Bedienelement (5) aufweist, um die gewünschte Pulverschichtstärke vorgeben zu können.
14. Vorrichtung nach Patentanspruch 12 oder 13, bei der die Position der Gegenelektrode (3) einstellbar ist.
15. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 12 bis 14, bei der die Gegenelektrode (3) sich auf der selben Seite wie die Pulversprühpistole (10) befindet.

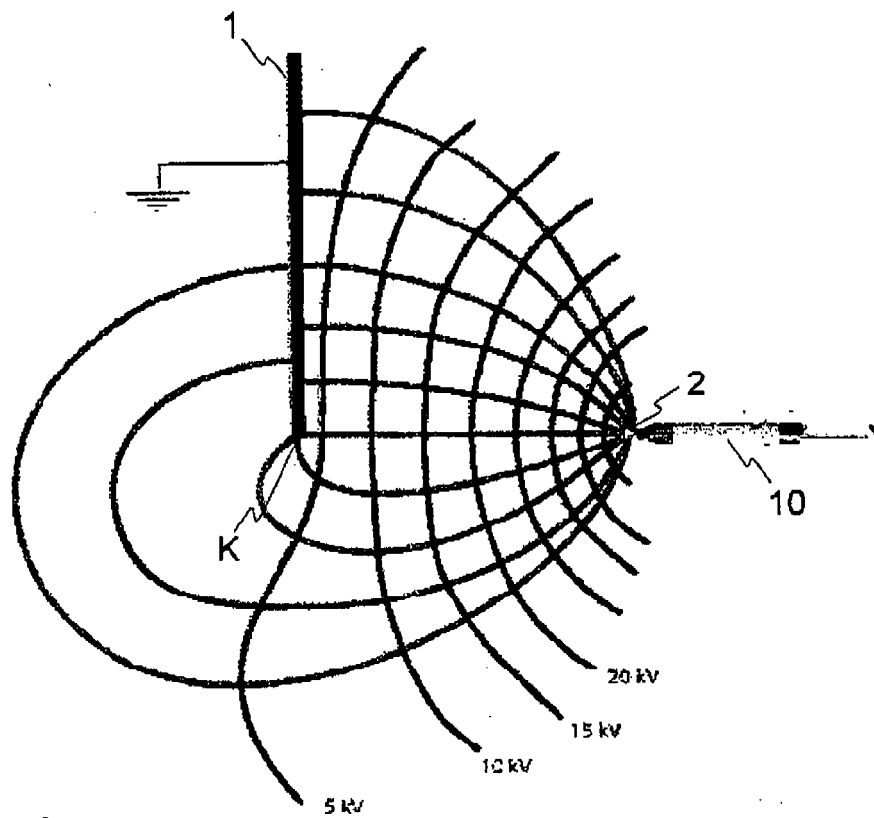


Fig. 1

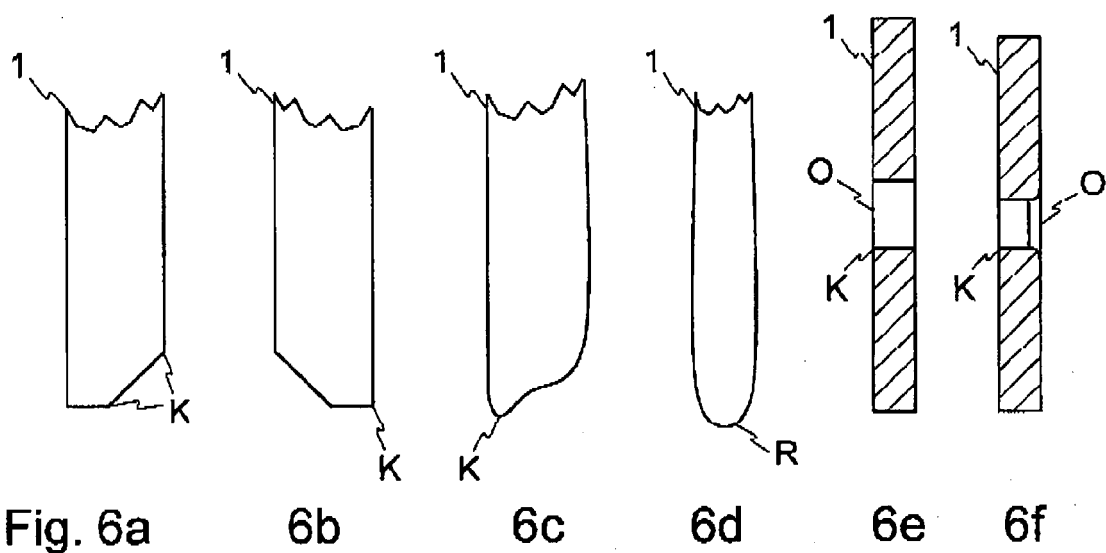


Fig. 6a

6b

6c

6d

6e

6f

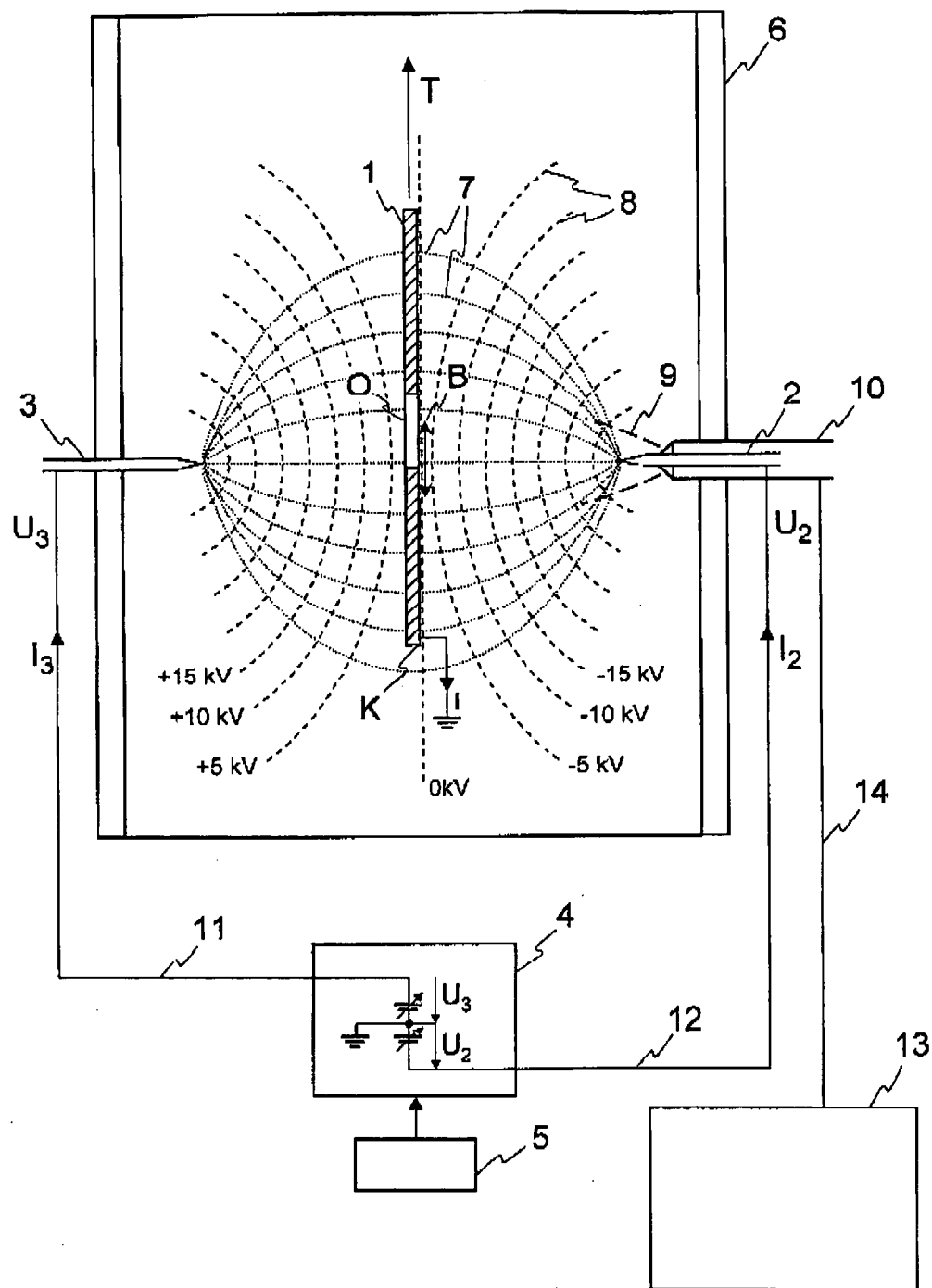


Fig. 2a

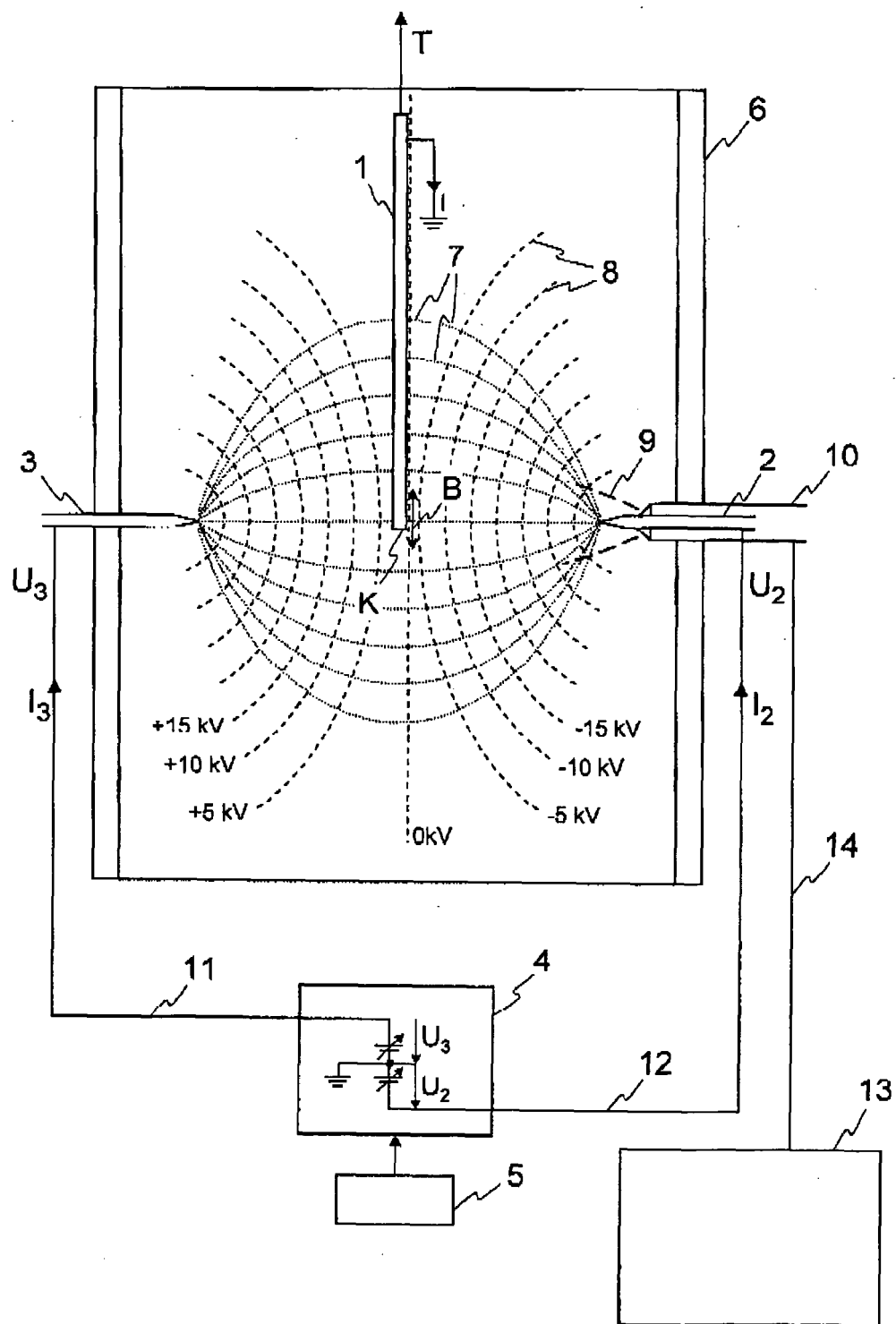


Fig. 2b

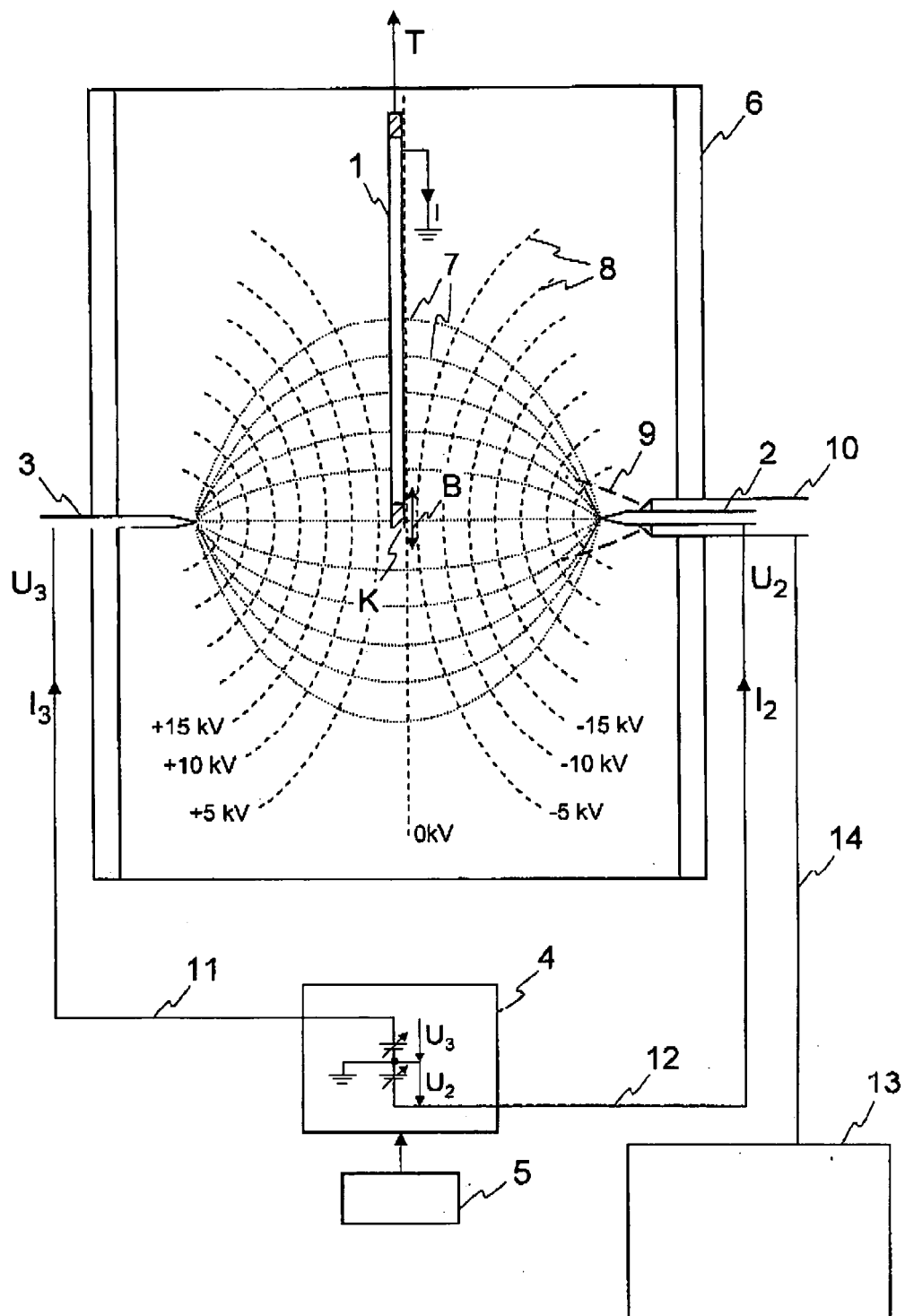


Fig. 3

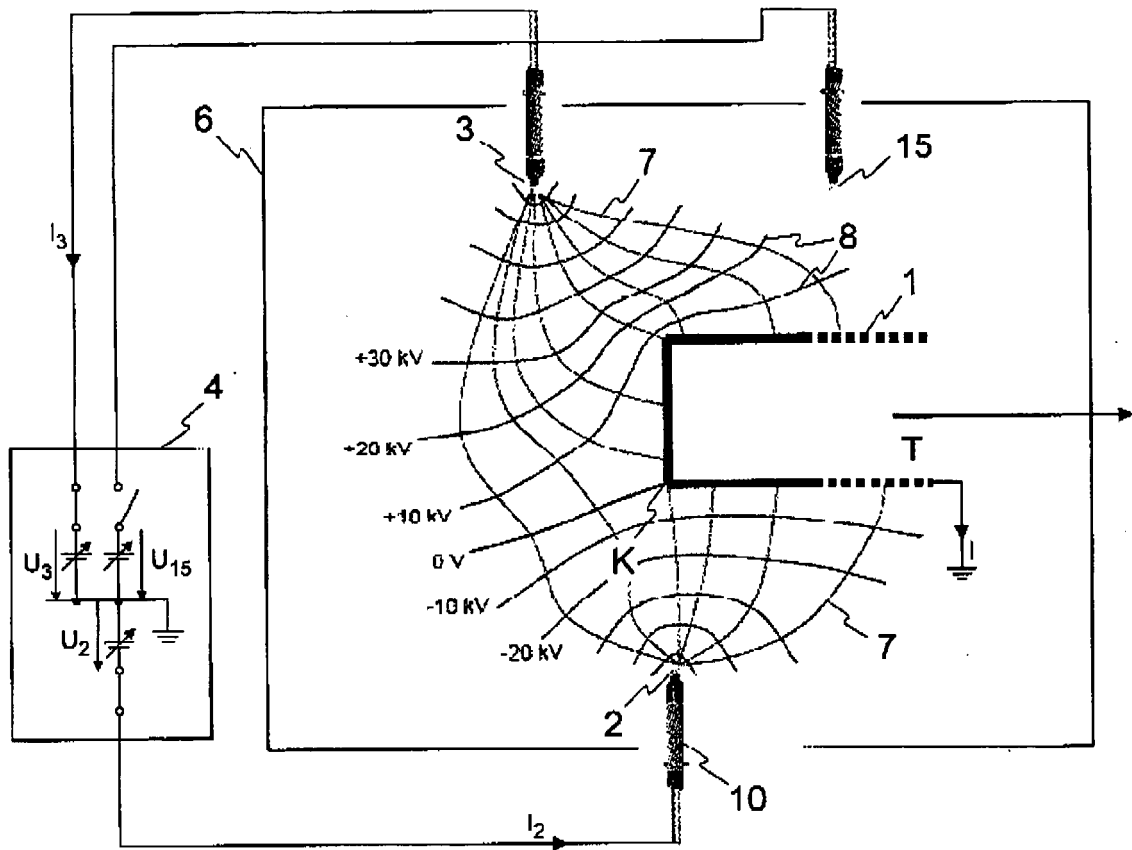


Fig. 4

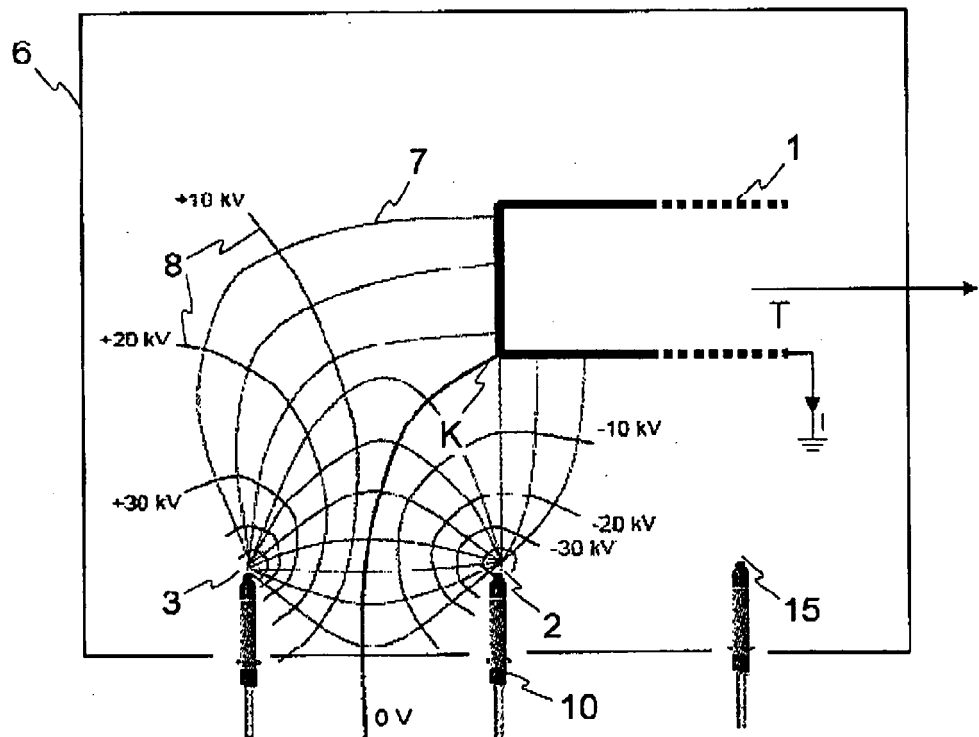


Fig. 5



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 40 5310

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 42 19 621 A1 (LICENTIA GMBH [DE]) 23. Dezember 1993 (1993-12-23) * Spalte 2, Zeile 20 - Spalte 3, Zeile 39 *	1-11	INV. B05B5/08 B05D1/06
Y	----- EP 0 260 853 A (ICI PLC [GB]) 23. März 1988 (1988-03-23) * Spalte 11, Zeile 27 - Spalte 13, Zeile 45 * * Beispiel 1 *	1-11	
X	* Abbildungen 1,2,6 * -----	12-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B05B B05D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. Februar 2008	Prüfer Le Hervet, Morgan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5
EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 40 5310

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-02-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4219621	A1	23-12-1993	KEINE	

EP 0260853	A	23-03-1988	AU 7830687 A	17-03-1988
			IE 872402 L	15-03-1988
			JP 63119864 A	24-05-1988
			ZA 8706791 A	29-06-1988

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M. CUDAZZO ; U. STROHBECK.** Pulverlackieren vnn Kunststoff - kommt der Durchbruch?. Carl Hanser Verlag, 2000, vol. 6, 50-51 **[0012]**