(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 227 030 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(21) Anmeldenummer: **15790035.8**

(22) Anmeldetag: **04.11.2015**

(51) Int Cl.:
B05B 12/08 *(2006.01)* ***B05B 13/04*** *(2006.01)*
B05D 1/02 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/002215

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/087016 (09.06.2016 Gazette 2016/23)

(54) **BESCHICHTUNGSVERFAHREN UND ENTSPRECHENDE BESCHICHTUNGSANLAGE**

COATING METHOD AND CORRESPONDING COATING INSTALLATION

PROCÉDÉ DE REVÊTEMENT ET INSTALLATION DE REVÊTEMENT CORRESPONDANTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **01.12.2014 DE 102014017707**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.10.2017 Patentblatt 2017/41

(73) Patentinhaber: **Dürr Systems AG**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)

(72) Erfinder:
- **FRITZ, Hans-Georg**
  73760 Ostfildern (DE)
- **WÖHR, Benjamin**
  74363 Eibensbach (DE)
- **KLEINER, Marcus**
  74354 Besigheim (DE)
- **BEYL, Timo**
  74354 Besigheim (DE)
- **BUBEK, Moritz**
  71640 Ludwigsburg (DE)

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB**
Akademiestraße 7
80799 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102010 004 496
DE-A1-102011 114 382
DE-A1-102013 002 412
JP-B2- 3 313 949

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 227 030 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Beschichtungsverfahren zur Beschichtung von Bauteilen, insbesondere zur Beschichtung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen in einer Lackieranlage. Weiterhin betrifft die Erfindung eine entsprechende Beschichtungsanlage.

[0002] Bei der Lackierung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen werden als Applikationsgerät meist Rotationszerstäuber eingesetzt, die einen rotationssymmetrischen Beschichtungsmittelstrahl abgeben und dementsprechend auf der Bauteiloberfläche ein rotationssymmetrisches Spritzbild erzeugen. Die Winkelausrichtung eines solchen Rotationszerstäubers in Bezug auf die Längsachse des Beschichtungsmittelstrahls spielt hierbei in der Regel keine Rolle, da der Beschichtungsmittelstrahl rotationssymmetrisch ist. Ausnahmsweise kann die Winkelstellung des Rotationszerstäubers jedoch eine Rolle spielen, wenn der Beschichtungsmittelstrahl unsymmetrisch durch Lenkluft angeblasen wird, was dann auf der Bauteiloberfläche zu einem entsprechend unsymmetrischen Spritzbild führt. Bisher wurde jedoch noch nicht der Versuch unternommen, die Winkelstellung des Rotationszerstäubers im Betrieb gezielt zu beeinflussen.

[0003] Aus dem Stand der Technik (z.B. DE 10 2013 002 412 A1) sind jedoch auch andere Applikationsgeräte bekannt, die einen Beschichtungsmittelstrahl applizieren, der nicht rotationssymmetrisch ist und deshalb auf der Bauteiloberfläche auch ein Spritzbild erzeugt, das nicht rotationssymmetrisch ist.

[0004] Dies kann problematisch sein, wenn derartige Applikationsgeräte eingesetzt werden, um eine Bauteiloberfläche zu beschichten, indem mehrere nebeneinander liegende Beschichtungsbahnen 1 auf die Bauteiloberfläche aufgebracht werden, wie in Figur 7 dargestellt ist. Die Beschichtungsbahnen 1 müssen hierbei möglichst ohne Lücken und ohne Überlappungen unmittelbar aneinander angrenzen, da das Applikationsgerät ein rechteckiges, randscharfes Spritzbild 2 abgibt. Die Beschichtungsbahnen 1 weisen deshalb einen Bahnverlauf 3 auf, der zwischen den nebeneinander liegenden Beschichtungsbahnen 1 parallel verläuft, damit die benachbarten Beschichtungsbahnen 1 überlappungsfrei und ohne Lücken aneinander angrenzen. Dies führt jedoch zu Problemen, wenn das zu beschichtende Bauteil durch zwei Bauteilkanten 4, 5 begrenzt ist, die nicht parallel zueinander verlaufen. So zeigt Figur 7 eine gerade Bauteilkante 4 und eine gekrümmte Bauteilkante 5, wobei sich die Beschichtungsbahnen 1 an die gekrümmte Bauteilkante 5 anschmiegen, was im Bereich der anderen Bauteilkante 4 zu unbeschichteten Bereichen 6 führt. Hierbei ist zu erwähnen, dass das Applikationsgerät bei der Bewegung entlang dem Bahnverlauf 3 nicht gedreht wird, so dass das Spritzbild 2 mit seiner Längsrichtung 7 stets rechtwinklig zu dem Bahnverlauf 3 und damit parallel zur Bahnquerrichtung ausgerichtet ist. Diese Ausrichtung des Spritzbildes 2 führt zu einer maximalen Bahnbreite der Beschichtungsbahn 7.

[0005] Das Problem der unbeschichteten Bereiche 6 gemäß Figur 7 lässt sich dadurch lösen, dass die einzelnen Beschichtungsbahnen 1 nicht exakt parallel zueinander verlaufen, wie in Figur 8 dargestellt ist, wobei in Figur 8 entsprechende Einzelheiten mit denselben Bezugszeichen versehen sind wie in Figur 7. So sind die unteren Beschichtungsbahnen 1 hierbei gekrümmt und schmiegen sich der unteren Bauteilkante 5 an.

[0006] Nach oben hin werden die Beschichtungsbahnen 1 dann immer geradliniger und schmiegen sich dann zunehmend an die obere Bauteilkante 4 an. Auf diese Weise werden die unbeschichteten Bereiche 6 vermieden. Allerdings führt dies zu Überlappungen zwischen benachbarten Beschichtungsbahnen 1 und dadurch zu überbeschichteten Bereichen 8 mit einer entsprechend überhöhten Schichtdicke, was ebenfalls unerwünscht ist. Auch hierbei wird das Applikationsgerät bei der Bewegung entlang dem Bahnverlauf 3 nicht gedreht, so dass das Spritzbild 2 mit seiner Längsrichtung 7 stets rechtwinklig zu dem Bahnverlauf 3 und damit parallel zur Bahnquerrichtung ausgerichtet ist.

Zum allgemeinen technischen Hintergrund ist ferner auf DE 10 2011 114 382 A1 hinzuweisen. Diese Druckschrift offenbart ein Beschichtungsverfahren, bei dem der Sprühstrahl während der Lackierung relativ zur Bauteiloberfläche gekippt wird, um Unsymmetrien auszugleichen. Dies ist jedoch nicht von Nutzen bei der Lackierung von Bahnen, die nicht exakt rechteckig sind.

Zum allgemeinen technischen Hintergrund der Erfindung ist auch hinzuweisen auf JP 3 313 949 B2.

Schließlich offenbart DE 10 2010 004 496 A1 ein Beschichtungsverfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 beziehungsweise eine Beschichtungsanlage gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 10. Allerdings ermöglicht dieser Stand der Technik keine Beschichtung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen mit überlappenden Beschichtungsmittelbahnen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, die unbeschichteten Bereiche 6 und die überbeschichteten Bereich 8 auf der Bauteiloberfläche zu verhindern, wenn ein Applikationsgerät eingesetzt wird, das einen Beschichtungsmittelstrahl appliziert, der nicht rotationssymmetrisch ist und somit auf der Bauteiloberfläche ein langgestrecktes Spritzbild mit einer bestimmten Längsrichtung erzeugt.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Beschichtungsverfahren und durch eine entsprechende Beschichtungsanlage gemäß den abhängigen Ansprüchen gelöst.

[0008] Die Erfindung sieht zunächst in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik vor, dass ein Applikationsgerät über eine zu beschichtende Bauteiloberfläche entlang einer vorgegebenen Beschichtungsbahn geführt wird. Während dieser Bewegung gibt das Applikationsgerät einen Beschichtungsmittelstrahl auf die Bauteiloberfläche ab, wobei der Beschichtungsmittelstrahl bezüglich seiner Strahlachse nicht rotationssymmetrisch ist und deshalb auf der Bauteilober-

fläche ein langgestrecktes Spritzbild mit einer bestimmten Längsrichtung erzeugt. Beispielsweise kann das Spritzbild annähernd rechteckig sein. Bei einem solchen langgestreckten Spritzbild ist die Winkelstellung des Applikationsgerätes relativ zu dem Bahnverlauf nicht unerheblich, wie dies bei Rotationszerstäubern der Fall ist.

[0009] Die Erfindung sieht deshalb vor, dass das Applikationsgerät während der Bewegung über die Bauteilfläche um die Strahlachse gedreht wird, so dass sich die Winkelstellung der Längsrichtung des Spritzbildes relativ zur Bahnquerrichtung bzw. relativ zum Bahnverlauf entlang der Beschichtungsbahn ändert. Auf diese Weise lässt sich die Breite der aufgebrachten Beschichtungsbahn entlang der Beschichtungsbahn ändern.

[0010] Zur Erreichung einer maximalen Bahnbreite wird das Applikationsgerät so gedreht, dass die Längsrichtung des Spritzbildes rechtwinklig zum Bahnverlauf ausgerichtet ist, da das Spritzbild dann die Bauteiloberfläche mit seiner maximalen Breite überstreicht.

[0011] Zur Erreichung einer minimalen Bahnbreite der aufgebrachten Beschichtungsbahn wird das Applikationsgerät dagegen so gedreht, dass die Längsrichtung des langestreckten Spritzbildes parallel zum Bahnverlauf verläuft, da das langgestreckte Spritzbild die Bauteiloberfläche dann mit seiner kleineren Breite überstreicht.

[0012] Das Drehen des Applikationsgerätes während der Bewegung des Applikationsgerätes entlang der Beschichtungsbahn ermöglicht also eine kontinuierliche Anpassung der Breite der Beschichtungsbahn zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert. Der Maximalwert der Bahnbreite der Beschichtungsbahn wird hierbei durch die Längserstreckung des Spritzbildes entlang der Längsrichtung des Spritzbildes bestimmt. Der Minimalwert der Bahnbreite der Beschichtungsbahn wird dagegen durch die Quererstreckung des langgestreckten Spritzbildes quer zu seiner Längsrichtung bestimmt. Innerhalb dieser Grenzen, die durch den Maximalwert und den Minimalwert bestimmt werden, kann die Bahnbreite durch eine geeignete Drehung des Applikationsgeräts stufenlos eingestellt werden.

[0013] Der im Rahmen der Erfindung verwendete Begriff einer Verdrehung des Applikationsgeräts stellt vorzugsweise auf das gesamte Applikationsgerät ab, das verdreht wird. Davon zu unterscheiden ist beispielsweise die Drehung des Glockentellers bei einem herkömmlichen Rotationszerstäuber. Entscheidend ist nämlich, dass die Verdrehung des Applikationsgeräts auch zu einer entsprechenden Verdrehung des Spritzbildes auf der Bauteiloberfläche führt.

[0014] Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Verdrehwinkel des Applikationsgerätes in Bezug auf den Bahnverlauf auch einen Einfluss hat auf die Schichtdicke. Falls das Applikationsgerät so gedreht wird, dass die maximale Bahnbreite erreicht wird, so führt dies zu einer minimalen Schichtdicke, wenn die sonstigen Beschichtungsparameter unverändert bleiben. Falls das Applikationsgerät dagegen so gedreht wird, dass die Bahnbreite minimal ist, so führt dies zu einer maximalen Schichtdicke, wenn die sonstigen Beschichtungsparameter unbeeinflusst bleiben. Der Verdrehwinkel des Applikationsgerätes hat also einen Einfluss auf die resultierende Schichtdicke, was an sich unerwünscht ist, da die Schichtdicke möglichst konstant sein sollte.

[0015] Im Rahmen der Erfindung wird deshalb dieser störende Einfluss des Verdrehwinkels auf die Schichtdicke vorzugsweise kompensiert, um eine konstante Schichtdicke zu erreichen. In Abhängigkeit von der zulässigen Schichtdickentoleranz ist es jedoch nicht immer zwingend erforderlich, die Schichtdickenabweichungen durch die Verdrehung des Applikators zu kompensieren.

[0016] Eine Möglichkeit zur Kompensation dieser störenden Auswirkung des Verdrehwinkels auf die Schichtdicke besteht darin, die Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes entlang der Beschichtungsbahn entsprechend zu verändern. Falls das Applikationsgerät so gedreht wird, dass eine maximale Bahnbreite der Beschichtungsbahn und eine entsprechend minimale Schichtdicke erreicht werden, so wird das unerwünschte Absinken der Beschichtungsdicke durch eine Verlangsamung der Verfahrgeschwindigkeit kompensiert. Falls das Applikationsgerät dagegen so gedreht wird, dass eine minimale Bahnbreite und eine entsprechend maximale Schichtdicke erreicht werden, so wird die unerwünschte Anhebung der Schichtdicke durch eine entsprechende Erhöhung der Verfahrgeschwindigkeit kompensiert.

[0017] Eine andere Möglichkeit der Kompensation des störenden Einflusses der Drehung des Applikationsgerätes auf die Schichtdicke besteht darin, den Beschichtungsmittelstrom entsprechend anzupassen. Falls das Applikationsgerät so gedreht wird, dass die Bahnbreite maximal und die Schichtdicke entsprechend minimal ist, so kann das unerwünschte Absinken der Schichtdicke durch eine entsprechende Anhebung des Beschichtungsmittelstroms (Massenstrom bzw. Volumenstrom) kompensiert werden. Falls das Applikationsgerät dagegen so gedreht wird, dass die Bahnbreite minimal und die Schichtdicke entsprechend maximal ist, so kann das unerwünschte Ansteigen der Schichtdicke dadurch kompensiert werden, dass der Beschichtungsmittelstrom verringert wird.

[0018] Die vorstehend beschriebene Anpassung der Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes in Abhängigkeit von dem Verdrehwinkel des Applikationsgerätes kann im Rahmen der Erfindung nach folgender Formel erfolgen:

$$V(\alpha) = V0 \ / \ \cos(\alpha),$$

mit:

α : Verdrehwinkel zwischen der Längsrichtung des Spritzbildes und der Bahnquerrichtung,
V0 : Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes, wenn der Verdrehwinkel α zwischen der Längsrichtung des Spritzbildes und der Bahnquerrichtung Null ist,
V(α) : Angepasste Verfahrgeschwindigkeit bei dem aktuellen Verdrehwinkel α zur Erreichung einer möglichst konstanten Schichtdicke.

[0019] Zur Lackierung großer Bauteiloberflächen (z.B. Dach einer Kraftfahrzeugkarosserie) sieht die Erfindung vor, dass mehrere nebeneinanderliegende Beschichtungsbahnen auf die Bauteiloberfläche aufgebracht werden, wobei die benachbarten Bauteiloberflächen möglichst lückenlos und ohne Überlappungen aneinander angrenzen sollten, um überbeschichtete Bereiche und unterbeschichtete Bereiche zu vermeiden.

[0020] Dies ist relativ einfach bei der Beschichtung von rechteckigen Bauteiloberflächen, da dann einfach parallele Beschichtungsbahnen aufgebracht werden können.

[0021] Die Erfindung eignet sich jedoch auch für die Beschichtung von Bauteiloberflächen, die als Ganzes nicht exakt rechteckig sind, wie es bei Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen meist der Fall ist. Die Erfindung sieht dann vor, dass die aufgebrachten Beschichtungsbahnen ebenfalls nicht exakt rechteckig sind, um sich an die nicht rechteckige Bauteiloberfläche anzupassen. Dies kann im Rahmen der Erfindung erreicht werden, indem das Applikationsgerät beim Abfahren der einzelnen Beschichtungsbahnen kontinuierlich gedreht wird, um jeweils die gewünschte Bahnbreite zu erreichen. Das Applikationsgerät wird also beim Abfahren der einzelnen Beschichtungsbahnen jeweils so gedreht, dass keine Überlappungen mit benachbarten Beschichtungsbahnen oder Lücken zwischen den benachbarten Beschichtungsbahnen auftreten.

[0022] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird das Applikationsgerät von einem mehrachsigen Applikationsroboter über die Bauteiloberfläche bewegt. Derartige Applikationsroboter sind aus dem Stand der Technik bekannt und müssen deshalb nicht näher beschrieben werden. Es ist an dieser Stelle lediglich zu erwähnen, dass der Applikationsroboter vorzugsweise ein mehrachsiger Roboter mit beispielsweise sechs oder sieben Achsen und einer seriellen Kinematik ist, wobei der Applikationsroboter wahlweise ortsfest oder verschiebbar montiert sein kann.

[0023] Der Applikationsroboter und das Applikationsgerät werden im Betrieb von einer Robotersteuerung entsprechend einem Parametersatz gesteuert, wobei der Parametersatz beispielsweise die Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes, die Beschleunigung des Applikationsgerätes, den Verdrehwinkel des Applikationsgerätes, die Verdrehgeschwindigkeit des Applikationsgerätes, den applizierten Beschichtungsmittelstrom oder den Beschichtungsabstand vorgeben kann.

[0024] Im Rahmen der Erfindung besteht die Möglichkeit, dass dieser Parametersatz während der Bewegung entlang der Beschichtungsbahn verändert wird, d. h. innerhalb einer Beschichtungsbahn.

[0025] Diese Veränderung des Parametersatzes kann beispielsweise kontinuierlich erfolgen. Es besteht jedoch alternativ auch die Möglichkeit, dass die Beschichtungsbahn in mehrere hintereinanderliegende Bahnabschnitte unterteilt wird, die nacheinander abgefahren werden, wobei der Parametersatz zur Ansteuerung des Applikationsgerätes und des Applikationsroboters innerhalb der einzelnen Bahnabschnitte jeweils konstant gehalten wird und sich von einem Bahnabschnitt zum nächsten ändert.

[0026] Es wurde bereits vorstehend erwähnt, dass die Bahnbreite der aufgebrachten Beschichtungsbahn verändert werden kann, indem das Applikationsgerät entsprechend gedreht wird. Der Verdrehwinkel des Applikationsgerätes wird deshalb im Rahmen der Erfindung vorzugsweise in Abhängigkeit von der gewünschten Bahnbreite und der maximalen Breite des Spritzbildes entlang seiner Längsrichtung berechnet. Beispielsweise kann diese Berechnung nach folgender Formel erfolgen:

$$\alpha = \arccos (SB2 / SB1),$$

mit:

SB1: Breite des Spritzbildes entlang der Längsrichtung des Spritzbildes,
SB2: Gewünschte Bahnbreite der Beschichtungsbahn,
α: Verdrehwinkel zwischen der Längsrichtung des Spritzbildes und der Bahnquerrichtung.

[0027] Es wurde bereits vorstehend erwähnt, dass der Parametersatz zur Ansteuerung des Applikationsroboters und des Applikationsgerätes von einem Bahnabschnitt zum anderen Bahnabschnitt geändert werden kann. Vorzugsweise erfolgt diese Änderung in einem Übergangsabschnitt.

[0028] Der Verdrehwinkel des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes berechnet sich vorzugsweise nach folgender Formel:

$$\alpha 3 = \arccos (SB3 / SB1),$$

mit:

$\alpha 3$: Verdrehwinkel am Ende des Übergangsabschnittes,
SB1: Bahnbreite am Anfang des Übergangsabschnittes,
SB3: Bahnbreite am Ende des Übergangsabschnittes.

[0029] Die Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts am Ende des Übergangsabschnittes berechnet sich dagegen vorzugsweise nach folgender Formel:

$$V3 = V1 / \cos(\alpha 3),$$

mit:

V3 : Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes,
V1 : Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Anfang des Übergangsabschnittes,
$\alpha 3$: Verdrehwinkel des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes.

[0030] Entlang dem Übergangsabschnitt erfährt das Applikationsgerät dann eine Beschleunigung, die sich vorzugsweise nach folgender Formel berechnet:

$$a2 = (V3 - V1)^2 / S2,$$

mit:

a2: Beschleunigung des Applikationsgerätes während des Übergangsabschnittes,
V3: Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes,
V1: Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Anfang des Übergangsabschnittes,
S2: Länge des Übergangsabschnittes.

[0031] Die Abschnittslänge S2 des Übergangsabschnittes berechnet sich dann vorzugsweise nach folgender Formel:

$$S2 = [\alpha 3 \cdot (V3-V1)] / \omega 2,$$

mit:

S2: Länge des Übergangsabschnittes,
$\alpha 3$: Verdrehwinkel des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes,
V3: Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Ende des Übergangsabschnittes,
V1: Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Anfang des Übergangsabschnittes,
$\omega 2$: Verdrehgeschwindigkeit des Applikationsgerätes auf dem Übergangsabschnitt.

[0032] Die Verdrehgeschwindigkeit des Applikationsgerätes auf dem Übergangsabschnitt berechnet sich dann vorzugsweise nach folgender Formel:

$$\omega 2 = V1 / SB1 \cdot \Delta SD\% \cdot 360° / \pi,$$

mit:

$\omega 2$: Verdrehgeschwindigkeit des Applikationsgerätes auf dem Übergangsabschnitt,
V1 : Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes am Anfang des Übergangsabschnittes,

SB1 : Bahnbreite am Anfang des Übergangsabschnittes,
ΔSD% : Schichtdickentoleranz.

[0033] Ferner ist zu erwähnen, dass das Spritzbild vorzugsweise scharfkantig ist, wodurch sich das Applikationsgerät beispielsweise von Rotationszerstäubern unterscheidet.

[0034] Darüber hinaus kann das Spritzbild im Wesentlichen rechteckig sein. Im Rahmen der Erfindung sind jedoch auch andere Formen von Spritzbildern möglich, wie beispielsweise elliptische Spritzbilder.

[0035] Zu den Beschichtungsbahnen ist zu erwähnen, dass diese gekrümmt sein können, um sich an eine ungerade Bauteilkante anzuschmiegen. Darüber hinaus können die Beschichtungsbahnen beispielsweise konvex oder konkav sein. Die Seitenränder der Beschichtungsbahnen müssen also bei dem erfindungsgemäßen Beschichtungsverfahren nicht parallel zueinander verlaufen, da die Bahnbreite durch eine entsprechende Drehung des Applikationsgerätes beeinflusst werden kann.

[0036] Darüber hinaus ist zu erwähnen, dass das Applikationsgerät vorzugsweise so über die Bauteiloberfläche geführt wird, dass der Beschichtungsmittelstrahl am Auftreffpunkt des Beschichtungsmittelstrahls im Wesentlichen rechtwinklig zu der Bauteiloberfläche ausgerichtet ist.

[0037] Schließlich ist noch zu erwähnen, dass die Erfindung auch eine entsprechende Beschichtungsanlage umfasst, wie sich bereits aus der vorstehenden Beschreibung ergibt, sodass auf eine separate Beschreibung der Beschichtungsanlage an dieser Stelle verzichtet werden kann.

[0038] Hierbei dreht eine Robotersteuerung das Applikationsgerät während der Bewegung entlang der Beschichtungsbahn um die Strahlachse, so dass sich der Verdrehwinkel zwischen der Längsrichtung des Spritzbildes und der Beschichtungsbahn entlang der Beschichtungsbahn ändert.

[0039] Der im Rahmen der Erfindung verwendete Begriff einer Robotersteuerung ist hierbei allgemein zu verstehen und kann unter anderem alle Hardware- und Softwarekomponenten umfassen, die der Steuerung des Applikationsgerätes und des Applikationsroboters dienen.

[0040] Die Robotersteuerung kann zentral in einer einzigen Baugruppe konzentriert sein. Es ist jedoch alternativ auch möglich, die verschiedenen Funktionen der Robotersteuerung auf mehrere Baugruppen zu verteilen, die untereinander kommunizieren.

[0041] Die gesamten Ansteuerungsvorgänge der Robotersteuerung werden vorzugsweise von einem übergeordneten Softwaretool automatisch bereitgestellt. Unter Eingabe der zu beschichtenden Bauteilgeometrie und gewisser Parameter (z. B. minimal bzw. maximal zulässige Verfahrgeschwindigkeit, einzuhaltende Schichtstärkentoleranz, maximal zulässiger Verdrehwinkel des Applikators, etc.) berechnet das Softwaretool aufbauend auf den beschriebenen mathematischen Berechnungen selbständig den optimalen Bahnverlauf mit entsprechenden Verdrehwinkeln und der geeigneten Orientierung des Applikationsgeräts.

[0042] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Aufsicht auf ein Dach einer Kraftfahrzeugkarosserie, wobei das Dach lackiert werden soll,

Figur 2 eine schematische Darstellung benachbarter Lackierbahnen zur Lackierung des Dachs der Kraftfahrzeugkarosserie gemäß Figur 1 im unteren Bereich von Figur 1,

Figur 3 eine Abwandlung von Figur 2,

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Übergangsabschnittes einer Lackierbahn,

Figur 5 eine Abwandlung von Figur 4,

Figur 6 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Lackieranlage,

Figur 7 eine schematische Darstellung zur Lackierung mit parallelen Lackierbahnen gemäß dem Stand der Technik, was zu unbeschichteten Bereichen führt, sowie

Figur 8 eine schematische Darstellung von nebeneinanderliegenden Lackierbahnen mit Überlappungen zwischen den benachbarten Lackierbahnen gemäß dem Stand der Technik.

[0043] Bei der folgenden Beschreibung der Erfindung wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf die Figuren 7 und 8 Bezug genommen, die herkömmliche Beschichtungsverfahren zeigen. Im Folgenden werden deshalb für entspre-

chende Einzelheiten dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0044] Die Figuren 1 und 2 zeigen eine schematische Darstellung zur Lackierung eines Daches 9 einer Kraftfahrzeugkarosserie mittels eines Applikationsgerätes, welches ein annähernd rechteckiges Spritzbild 2 erzeugt, wie in Figur 2 dargestellt ist.

[0045] Die Lackierung des Daches 9 ist problematisch, weil das Dach 9 nicht rechteckig ist, sondern gekrümmte Seitenkanten 10 aufweist. Es ist also nicht möglich, das Dach 9 einfach mit parallelen Beschichtungsbahnen 1 zu lackieren, da dies zu unbeschichteten Bereichen 6 (vgl. Fig. 7) oder zu überbeschichteten Bereichen 8 (vgl. Fig. 8) führen würde.

[0046] Die Erfindung sieht deshalb vor, dass das Applikationsgerät entlang dem Bahnverlauf 3 gedreht wird und zwar um die Strahlachse des applizierten Beschichtungsmittelstrahls, wodurch sich das Spritzbild 2 entsprechend dreht. So zeigt Figur 2 jeweils einen Verdrehwinkel α zwischen der Längsrichtung 11 des langgestreckten Spritzbildes 2 einerseits und einer Bahnquerrichtung 12 andererseits, wobei die Bahnquerrichtung jeweils rechtwinklig zu dem Bahnverlauf 3 ausgerichtet ist. Aus Figur 2 ist ersichtlich, dass der Verdrehwinkel α des Spritzbildes 2 entlang dem Bahnverlauf 3 geändert wird, um die Bahnbreite so anzupassen, dass die Beschichtungsbahnen 1 ohne Lücken und ohne Überlappungen aneinander angrenzen und sich dabei an die Bauteilkanten 10 anschmiegen.

[0047] Figur 3 zeigt eine Abwandlung von Figur 2 mit einer anderen Anpassung der Verdrehwinkel α entlang dem Bahnverlauf 3. Auch hierbei wird jedoch das gesamte Dach 9 ohne Überlappungen und ohne Lücken zwischen den benachbarten Beschichtungsbahnen 1 lackiert.

[0048] Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung beim Übergang von einem Bahnabschnitt 13 mit einer maximalen Bahnbreite SB1 zu einem Bahnabschnitt 14 mit einer wesentlich geringeren Bahnbreite SB3.

[0049] Zwischen den beiden Bahnabschnitten 13, 14 befindet sich hierbei ein Übergangsabschnitt 15 mit einer Bahnbreite SB2, die von einem Wert SB2 = SB1 am Anfang des Bahnabschnitts 15 auf einen Wert SB2 = SB3 am Ende des Übergangsabschnitts 15 angepasst wird. Für diese Anpassung der Bahnbreite SB2 wird jeweils das Spritzbild 2 gedreht, wie in Figur 4 dargestellt ist, wobei verschiedene Drehwinkelzustände entlang des Bahnverlaufs 3 dargestellt sind.

[0050] In dem Übergangsabschnitt 15 erfolgt nicht nur eine Änderung des Drehwinkels $\alpha 2=\alpha 1=0°$ auf $\alpha 2=\alpha 3$. Darüber hinaus wird in dem Übergangsabschnitt 15 auch die Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgerätes entlang dem Bahnverlauf 3 angepasst. Dadurch wird erreicht, dass die Schichtdicke von der Änderung des Verdrehwinkels α zwischen dem Bahnabschnitt 13 und dem Bahnabschnitt 14 unbeeinflusst bleibt. So berechnet sich die Verfahrgeschwindigkeit V3 in dem Bahnabschnitt 14 in Abhängigkeit von der Verfahrgeschwindigkeit V1 in dem Bahnabschnitt 13 und dem Verdrehwinkel $\alpha 3$ in dem Bahnabschnitt 14 nach folgender Formel:

$$V3 = V1 / \cos(\alpha 3).$$

[0051] In dem Übergangsabschnitt 15 erfährt das Applikationsgerät also eine Beschleunigung a2, die sich wie folgt berechnet:

$$a2 = (V3 - V1)^2 / S2,$$

wobei S2 die Länge des Übergangsabschnitts 15 entlang dem Bahnverlauf 3 ist.

[0052] In dem Übergangsabschnitt 15 wird das Applikationsgerät und damit auch das Spritzbild 2 mit einer Verdrehgeschwindigkeit $\omega 2$ gedreht, die von der Schichtstärkentoleranz $\Delta SD\%$, der Verfahrgeschwindigkeit V1 in dem Bahnabschnitt 15 und der Bahnbreite SB1 in dem Bahnabschnitt 13 abhängt und nach folgender Formel berechnet werden kann:

$$\omega 2=V1 / SB1 \cdot \Delta SD\% \cdot 360° / \pi.$$

[0053] Figur 5 zeigt eine Abwandlung von Figur 4, sodass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird. Eine Besonderheit besteht hierbei darin, dass der Bahnverlauf 3 nicht exakt linear ist, sondern in dem Übergangsabschnitt 15 einen seitlichen Versatz erfährt.

[0054] Schließlich zeigt Figur 6 in stark vereinfachter, schematischer Form eine erfindungsgemäße Lackieranlage zur Durchführung des vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Lackierverfahrens.

[0055] Die Lackieranlage besteht im Wesentlichen aus einem mehrachsigen Lackierroboter 16, der in herkömmlicher Weise ausgeführt sein kann und deshalb nicht näher beschrieben werden muss.

[0056] Der Lackierroboter 16 wird von einer Robotersteuerung 17 angesteuert, wobei die Robotersteuerung 17 auch

ein Applikationsgerät 18 ansteuert, das vor dem Lackierroboter 16 positioniert wird. Die Robotersteuerung 17 steuert den Lackierroboter 16 nun so an, dass das Applikationsgerät 18 in nebeneinanderliegenden Beschichtungsbahnen über eine zu lackierende Bauteiloberfläche 19 geführt wird, wie bereits vorstehend ausführlich beschrieben wurde.

[0057] Bei dieser Bewegung des Applikationsgerätes 18 steuert die Robotersteuerung 17 den Lackierroboter 16 so an, dass das Applikationsgerät 18 um eine Strahlachse 20 des Beschichtungsmittelstrahls gedreht werden kann, um die Bahnbreite der applizierten Beschichtungsbahn anpassen zu können, wie bereits vorstehend ausführlich beschrieben wurde.

[0058] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen und insbesondere ohne das kennzeichnende Merkmal des Hauptanspruchs.

Bezugszeichenliste:

[0059]

1	Beschichtungsbahnen
2	Spritzbild
3	Bahnverlauf
4	Bauteilkante
5	Bauteilkante
6	Unbeschichteter Bereich der Bauteiloberfläche
7	Längsrichtung des Spritzbildes
8	Überbeschichteter Bereich
9	Dach einer Kraftfahrzeugkarosserie
10	Seitenkante des Dachs
11	Längsrichtung des langgestreckten Spritzbildes
12	Bahnquerrichtung
13	Bahnabschnitt mit maximaler Bahnbreite
14	Bahnabschnitt mit geringer Bahnbreite
15	Übergangsabschnitt
16	Lackierroboter
17	Robotersteuerung
18	Applikationsgerät
19	Bauteiloberfläche
20	Strahlachse des Beschichtungsmittelstrahls
α	Verdrehwinkel zwischen der Längsrichtung des Spritzbildes und der Bahnquerrichtung
$\alpha 1$	Verdrehwinkel in dem Bahnabschnitt 13
$\alpha 2$	Verdrehwinkel in dem Bahnabschnitt 15
$\alpha 3$	Verdrehwinkel in dem Bahnabschnitt 14
ω	Verdrehgeschwindigkeit des Applikationsgeräts
v	Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts
SB1	Maximale Bahnbreite in dem Bahnabschnitt 13
SB2	Bahnbreite in dem Bahnabschnitt 15
SB3	geringe Bahnbreite in dem Bahnabschnitt 14

Patentansprüche

1. Beschichtungsverfahren zur Beschichtung von Bauteilen, insbesondere zur Beschichtung von Kraftfahrzeugkarosseriebauteilen in einer Lackieranlage, mit den folgenden Schritten:

   a) Bewegen eines Applikationsgeräts (18) über eine zu beschichtende Bauteiloberfläche (9, 19) entlang einer vorgegebenen Beschichtungsbahn (1),
   b) Applizieren eines Beschichtungsmittelstrahls (20) mittels des Applikationsgeräts (18) auf die Bauteiloberfläche (9, 19),

b1) wobei der Beschichtungsmittelstrahl (20) appliziert wird während das Applikationsgerät (18) über die Bauteiloberfläche (9, 19) bewegt wird und
b2) wobei der Beschichtungsmittelstrahl (20) bezüglich seiner Strahlachse (20) nicht rotationssymmetrisch ist und deshalb auf der Bauteiloberfläche (9, 19) ein langgestrecktes Spritzbild (2) mit einer bestimmten Längsrichtung (7) erzeugt,

c) Drehen des Applikationsgeräts (18) um die Strahlachse (20) relativ zu der Beschichtungsbahn (1) während der Bewegung des Applikationsgeräts (18), so dass sich die Winkelstellung (α) der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) relativ zur Bahnquerrichtung entlang der Beschichtungsbahn (1) ändert,

dadurch gekennzeichnet,

d) dass die zu beschichtende Bauteiloberfläche (9, 19) als Ganzes nicht exakt rechteckig ist,
e) dass das Beschichtungsmittel entlang mehrerer nebeneinander liegender Beschichtungsbahnen (1) auf die Bauteiloberfläche (9, 19) aufgebracht wird,
f) dass die einzelnen Beschichtungsbahnen (1) nicht exakt rechteckig sind, um sich an die nicht rechteckige Bauteiloberfläche (9, 19) anzupassen, und
g) dass das Applikationsgerät (18) während der Bewegung entlang den nicht exakt rechteckigen Beschichtungsbahnen (1) um die Strahlachse (20) gedreht wird, um das langgestreckte Spritzbild (2) so zu drehen, dass die gewünschte Bahnbreite (SB1, SB2, SB3) erreicht wird.

2. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

a) **dass** das Applikationsgerät (18) um die Strahlachse (20) um einen bestimmten Verdrehwinkel (α) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung gedreht wird, um eine gewünschte Bahnbreite (SB1, SB2, SB3) zu erreichen,
b) **dass** das Applikationsgerät (18) mit einer bestimmten Verfahrgeschwindigkeit entlang der Beschichtungsbahn (1) bewegt wird, und
c) **dass** das Applikationsgerät (18) das Beschichtungsmittel mit einem bestimmten Beschichtungsmittelstrom appliziert, und
d) **dass** die Verfahrgeschwindigkeit und/oder der Beschichtungsmittelstrom in Abhängigkeit von dem Verdrehwinkel (α) angepasst wird, um die Auswirkung der Verdrehung auf die Schichtdicke zu kompensieren.

3. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassung der Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts (18) in Abhängigkeit von dem Verdrehwinkel (α) des Applikationsgeräts (18) nach folgender Formel erfolgt:

$$V(\alpha) = V0 \ / \ \cos(\alpha)$$

mit:

V0 : Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts (18), wenn der Verdrehwinkel (α) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung Null ist,
α: Verdrehwinkel (α) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung,
V(α) : Angepasste Verfahrgeschwindigkeit bei dem aktuellen Verdrehwinkel (α).

4. Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) **dass** das Applikationsgerät (18) von einem mehrachsigen Applikationsroboter über die Bauteiloberfläche (9, 19) bewegt wird,
b) **dass** der Betrieb des Applikationsgerätes (18) und des Applikationsroboters (16) von einem Parametersatz gesteuert wird,
c) **dass** der Parametersatz während der Bewegung entlang der Beschichtungsbahn (1) verändert wird.

5. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Parametersatz mindestens einen

der folgenden Parameter zur Ansteuerung des Applikationsgerätes und des Applikationsroboters umfasst:

a) Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts (18) entlang der Beschichtungsbahn (1),
b) Beschleunigung des Applikationsgeräts (18) entlang der Beschichtungsbahn (1),
c) Verdrehwinkel (α) des Applikationsgeräts (18) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung,
d) Verdrehgeschwindigkeit (ω) des Applikationsgeräts (18),
e) Beschichtungsmittelstrom, der appliziert wird,
f) Beschichtungsabstand zwischen dem Applikationsgerät (18) und der Bauteiloberfläche (9, 19).

6. Beschichtungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,

a) **dass** der Parametersatz zur Ansteuerung des Applikationsgeräts (18) und des Applikationsroboters (16) entlang der Beschichtungsbahn (1) kontinuierlich geändert wird, oder
b) **dass** die Beschichtungsbahn (1) in mehrere hintereinander liegende Bahnabschnitte unterteilt wird und der Parametersatz zur Ansteuerung des Applikationsgeräts (18) und des Applikationsroboters (16) innerhalb der einzelnen Bahnabschnitte konstant gehalten wird und zwischen den Bahnabschnitten geändert wird.

7. Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte bei einem Spritzbild (2), das in der Längsrichtung (7) eine bestimmte Spritzbreite (SB1) aufweist:

a) Vorgabe einer gewünschten Bahnbreite (SB2) der Beschichtungsbahn (1),
b) Drehen des Applikationsgeräts (18) um die Strahlachse (20), so dass die Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) um einen Verdrehwinkel (α) zur Bahnquerrichtung angewinkelt ist,
c) Berechnung des Verdrehwinkels (α) in Abhängigkeit von der gewünschten Bahnbreite (SB2) und der Spritzbreite (SB1), insbesondere nach folgender Formel:

$$\alpha = \arccos (SB2 / SB1),$$

mit:

SB1: Breite des Spritzbildes (2) entlang der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2),
SB2: Gewünschte Bahnbreite der Beschichtungsbahn (1),
α: Verdrehwinkel zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung.

8. Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) **dass** die Beschichtungsbahn (1) zur Anpassung der Bahnbreite einen Übergangsabschnitt (15) mit einer Abschnittslänge S2 aufweist,
b) **dass** am Anfang des Übergangsabschnitts (15) die Bahnbreite SB1, die Verfahrgeschwindigkeit V1 und der Verdrehwinkel $\alpha 1$ beträgt,
c) **dass** innerhalb des Übergangsabschnitts (15) die Bahnbreite SB2, die Verfahrgeschwindigkeit V2, die Beschleunigung a2, der Verdrehwinkel $\alpha 2$ und die Verdrehgeschwindigkeit $\omega 2$ beträgt,
d) **dass** am Ende des Übergangsabschnitts (15) die Bahnbreite SB3, die Verfahrgeschwindigkeit V3 und der Verdrehwinkel $\alpha 3$ beträgt,
e) **dass** der Verdrehwinkel $\alpha 3$ am Ende des Übergangsabschnitts (15) in Abhängigkeit von folgenden Größen berechnet wird:

- Bahnbreite SB1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),
- Bahnbreite SB3 am Ende des Übergangsabschnitts (15), insbesondere nach folgender Formel:

$$\alpha 3 = \arccos (SB3 / SB1)$$

f) **dass** die Verfahrgeschwindigkeit V3 am Ende des Übergangsabschnitts (15) in Abhängigkeit von folgenden

Größen berechnet wird:

- Verdrehwinkel $\alpha 3$ am Ende des Übergangsabschnitts (15) berechnet wird,
- Verfahrgeschwindigkeit V1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),

insbesondere nach folgender Formel:

$$V3 = V1 / \cos(\alpha 3)$$

g) **dass** die Beschleunigung a2 innerhalb des Übergangsabschnitts (15) in Abhängigkeit von folgenden Größen berechnet wird:

- Verfahrgeschwindigkeit V1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),
- Verfahrgeschwindigkeit V3 am Ende des Übergangsabschnitts (15),
- Abschnittslänge S2 des Übergangsabschnitts (15), insbesondere nach folgender Formel:

$$a2 = (V3 - V1)^2 / S2$$

h) **dass** die Abschnittslänge S2 des Übergangsabschnitts (15) in Abhängigkeit von folgenden Größen berechnet wird:

- Verdrehwinkel $\alpha 3$ am Ende des Übergangsabschnitts (15),
- Verfahrgeschwindigkeit V1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),
- Verfahrgeschwindigkeit V3 am Ende des Übergangsabschnitts (15),
- Verdrehgeschwindigkeit $\omega 2$ in dem Übergangsabschnitt (15), insbesondere nach folgender Formel:

$$S2 = [\alpha 3 \cdot (V3 - V1)] / \omega 2$$

i) **dass** die Verdrehgeschwindigkeit $\omega 2$ auf dem Übergangsabschnitt (15) in Abhängigkeit von folgenden Größen berechnet wird:

- Verfahrgeschwindigkeit V1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),
- Prozentuale Schichtdickentoleranz $\Delta SD\%$,
- Bahnbreite SB1 am Anfang des Übergangsabschnitts (15),

insbesondere nach folgender Formel:

$$\omega 2 = V1 / SB1 * \Delta SD\% * (360°)/\pi.$$

9. Beschichtungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

a) **dass** das Applikationsgerät (18) während der Bewegung entlang der Beschichtungsbahn (1) kontinuierlich gedreht wird, und
b) **dass** das Spritzbild (2) scharfkantig ist, und
c) **dass** das Spritzbild (2) im Wesentlichen rechteckig ist, und
und
d) **dass** das Applikationsgerät (18) so über die Bauteiloberfläche (9, 19) geführt wird, dass der Beschichtungsmittelstrahl (20) am Auftreffpunkt des Beschichtungsmittelstrahls (20) im Wesentlichen rechtwinklig zu der Bauteiloberfläche (9, 19) ausgerichtet ist.

10. Beschichtungsanlage, insbesondere zur Durchführung des Beschichtungsverfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit

a) einem Applikationsgerät (18) zur Applikation eines Beschichtungsmittelstrahls (20) auf eine Bauteiloberfläche (9, 19), wobei der Beschichtungsmittelstrahl (20) bezüglich seiner Strahlachse (20) nicht rotationssymmetrisch

ist und deshalb auf der Bauteiloberfläche (9, 19) ein langgestrecktes Spritzbild (2) mit einer bestimmten Längsrichtung (7) erzeugt,
b) einem Applikationsroboter (16) zur Führung des Applikationsgeräts (18) entlang einer vorgegebenen Beschichtungsmittelbahn über die Bauteiloberfläche (9, 19), und
c) einer Robotersteuerung (17) zur Ansteuerung des Applikationsroboters (16),
d) wobei die Robotersteuerung (17) das Applikationsgerät (18) während der Bewegung entlang der Beschichtungsbahn (1) um die Strahlachse (20) dreht, so dass sich der Verdrehwinkel (α) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Beschichtungsbahn (1) entlang der Beschichtungsbahn (1) ändert,

dadurch gekennzeichnet,

e) dass die zu beschichtende Bauteiloberfläche (9, 19) als Ganzes nicht exakt rechteckig ist,
f) dass die Robotersteuerung (17) den Applikationsroboter (16) so ansteuert,

f1) dass das Beschichtungsmittel entlang mehrerer nebeneinander liegender Beschichtungsbahnen (1) auf die Bauteiloberfläche (9, 19) aufgebracht wird,
f2) dass die einzelnen Beschichtungsbahnen (1) nicht exakt rechteckig sind, um sich an die nicht rechteckige Bauteiloberfläche (9, 19) anzupassen, und
f3) dass das Applikationsgerät (18) während der Bewegung entlang den nicht exakt rechteckigen Beschichtungsbahnen (1) um die Strahlachse (20) gedreht wird, um das langgestreckte Spritzbild (2) so zu drehen, dass die gewünschte Bahnbreite (SB1, SB2, SB3) erreicht wird.

11. Beschichtungsanlage nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,

a) **dass** die Robotersteuerung (17) den Applikationsroboter so ansteuert, dass das Applikationsgerät (18) mit einer bestimmten Verfahrgeschwindigkeit entlang der Beschichtungsbahn (1) über die Bauteiloberfläche (9, 19) bewegt wird, und
b) **dass** die Robotersteuerung (17) die Verfahrgeschwindigkeit des Applikationsgeräts (18) in Abhängigkeit von dem Verdrehwinkel (α) zwischen der Längsrichtung (7) des Spritzbildes (2) und der Bahnquerrichtung anpasst.

Claims

1. Coating method for coating components, in particular for coating motor vehicle bodywork components in a painting installation, comprising the following steps:

a) moving an application device (18) along a predetermined coating path (1) over a component surface (9, 19) to be coated,
b) applying a coating medium stream (20) by means of the application device (18) onto the component surface (9, 19),

b1) wherein the coating medium stream (20) is applied while the application device (18) is moved over the component surface (9, 19) and
b2) wherein the coating medium stream (20) is not rotationally symmetrical relative to its stream axis (20) and therefore generates on the component surface (9, 19) an elongate spray pattern (2) with a particular longitudinal direction (7),

c) rotation of the application device (18) about the stream axis (20) relative to the coating path (1) during the movement of the application device (18) so that the angular position (α) of the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) changes along the coating path (1) relative to the path transverse direction,

characterized in that

d) the component surface (9, 19) to be coated as a whole is not exactly rectangular,
e) **in that** the coating medium is applied along a plurality of mutually adjacently arranged coating paths (1) on the component surface (9, 19),
f) **in that** the individual coating paths (1) are not exactly rectangular, in order to adapt to the non-rectangular

component surface (9, 19), and
g) **in that** during the movement along the not exactly rectangular coating paths (1), the application device (18) is rotated about the stream axis (20) in order to rotate the elongate spray pattern (2) such that the desired path width (SB1, SB2, SB3) is achieved.

2. Coating method according to claim 1,
characterised in that

a) the application device (18) is rotated about the stream axis (20) through a particular rotation angle (α) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction in order to achieve a desired path width (SB1, SB2, SB3),
b) **in that** the application device (18) is moved at a particular movement speed along the coating path (1), and
c) **in that** the application device (18) applies the coating medium with a particular coating medium flow, and
d) **in that** the movement speed and/or the coating medium flow is adjusted dependent upon the rotation angle (α) in order to compensate for the effect of the rotation on the layer thickness.

3. Coating method according to claim 2, **characterised in that** the adjustment of the movement speed of the application device (18) dependent upon the rotation angle (α) of the application device (18) is carried out in accordance with the following formula:

$$V(\alpha) = V0 \ / \ \cos(\alpha)$$

where

V0 is the movement speed of the application device (18) when the rotation angle (α) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction is zero,
α is the rotation angle (α) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction,
$V(\alpha)$ is the adjusted movement speed at the current rotation angle (α).

4. Coating method according to one of the preceding claims, **characterised in that**

a) the application device (18) is moved by a multi-axis application robot over the component surface (9, 19),
b) **in that** the operation of the application device (18) and of the application robot (16) is controlled by a parameter set,
c) **in that** the parameter set is adjusted during the movement along the coating path (1).

5. Coating method according to claim 4, **characterised in that** the parameter set comprises at least one of the following parameters for controlling the application device and the application robot:

a) the movement speed of the application device (18) along the coating path (1),
b) the acceleration of the application device (18) along the coating path (1),
c) the rotation angle (α) of the application device (18) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction,
d) the rotation speed (ω) of the application device (18),
e) the coating medium flow that is applied,
f) the coating spacing between the application device (18) and the component surface (9, 19).

6. Coating method according to claim 4 or 5,
characterised in that

a) the parameter set for controlling the application device (18) and the application robot (16) along the coating path (1) is continuously adjusted, or
b) **in that** the coating path (1) is subdivided into a plurality of successive path portions situated one after another and the parameter set for controlling the application device (18) and the application robot (16) within the individual path portions is kept constant and is changed between the path portions.

7. Coating method according to one of the preceding claims, **characterised by** the following steps for a spray pattern (2) which has a particular spray width (SB1) in the longitudinal direction (7):

a) stipulation of a desired path width (SB2) of the coating path (1),
b) rotation of the application device (18) about the stream axis (20) so that the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) is angled by a rotation angle (α) relative to the path transverse direction,
c) calculation of the rotation angle (α) dependent upon the desired path width (SB2) and the spray width (SB1), in particular according to the following formula:

$$\alpha = \arccos (SB2 / SB1),$$

where

SB1 is the width of the spray pattern (2) along the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2),
SB2 is the desired path width of the coating path (1),
α is the rotation angle between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction.

8. Coating method according to one of the preceding claims, **characterised in that**

a) the coating path (1) for adjustment of the path width comprises a transition portion (15) with a portion length S2,
b) **in that** at the start of the transition portion (15) the path width is SB1, the movement speed is V1 and the rotation angle is $\alpha 1$,
c) **in that** within the transition portion (15) the path width is SB2, the movement speed is V2, the acceleration is a2, the rotation angle is $\alpha 2$ and the rotation speed is $\omega 2$,
d) **in that** at the end of the transition portion (15) the path width is SB3, the movement speed is V3 and the rotation angle is $\alpha 3$,
e) **in that** the rotation angle $\alpha 3$ at the end of the transition portion (15) is calculated dependent upon the following variables:

- path width SB1 at the start of the transition portion (15),
- path width SB3 at the end of the transition portion (15),

in particular according to the formula:

$$\alpha 3 = \arccos (SB3 / SB1)$$

f) **in that** the movement speed V3 at the end of the transition portion (15) is calculated dependent upon the following variables:

- rotation angle $\alpha 3$ at the end of the transition portion (15),
- movement speed V1 at the start of the transition portion (15),

in particular according to the formula:

$$V3 = V1 / \cos (\alpha 3)$$

g) **in that** the acceleration a2 within the transition portion (15) is calculated dependent upon the following variables:

- movement speed V1 at the start of the transition portion (15),
- movement speed V3 at the end of the transition portion (15),
- portion length S2 of the transition portion (15), in particular according to the formula:

$$a2 = (V3 - V1)^2 / S2$$

h) **in that** the portion length S2 of the transition portion (15) is calculated dependent upon the following variables:

- rotation angle $\alpha 3$ at the end of the transition portion (15),
- movement speed V1 at the start of the transition portion (15),
- movement speed V3 at the end of the transition portion (15),
- rotation speed $\omega 2$ in the transition portion (15), in particular according to the formula:

$$S2 = [\alpha 3 \cdot (V3 - V1)] / \omega 2$$

i) **in that** the rotation speed $\omega 2$ in the transition portion (15) is calculated dependent upon the following variables:

- movement speed V1 at the start of the transition portion (15),
- percentage layer thickness tolerance $\Delta SD\%$,
- path width SB1 at the start of the transition portion (15),

in particular according to the formula:

$$\omega 2 = V1 / SB1 * \Delta SD\% * (360°)/\pi.$$

9. Coating method according to one of the preceding claims, **characterised in that**

a) the application device (18) is continuously rotated during the movement along the coating path (1), and
b) **in that** the spray pattern (2) is sharp-edged, and
c) **in that** the spray pattern (2) is substantially rectangular, and
d) **in that** the application device (18) is guided over the component surface (9, 19) such that at the impact point of the coating medium stream (20), the coating medium stream (20) is oriented substantially perpendicularly to the component surface (9, 19).

10. Coating installation, in particular for carrying out the coating method according to one of the preceding claims, comprising

a) an application device (18) for applying a coating medium stream (20) onto a component surface (9, 19), wherein the coating medium stream (20) is not rotationally symmetrical relative to its stream axis (20) and therefore generates on the component surface (9, 19) an elongate spray pattern (2) with a particular longitudinal direction (7),
b) an application robot (16) for guiding the application device (18) along a pre-defined coating medium path over the component surface (9, 19), and
c) a robot control system (17) for controlling the application robot (16),
d) wherein the robot control system (17) rotates the application device (18) about the stream axis (20) during the movement along the coating path (1), so that the rotation angle (α) changes along the coating path (1) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the coating path (1),

characterised in that

e) the component surface (9, 19) to be coated as a whole is not exactly rectangular,
f) the robot control system (17) controls the application robot (16) such that

f1) the coating medium is applied along a plurality of mutually adjacently arranged coating paths (1) on the component surface (9, 19),
f2) the individual coating paths (1) are not exactly rectangular, in order to adapt to the non-rectangular component surface (9, 19), and
f3) during the movement along the not exactly rectangular coating paths (1), the application device (18) is rotated about the stream axis (20) in order to rotate the elongate spray pattern (2) such that the desired path width (SB1, SB2, SB3) is achieved.

11. Coating installation according to claim 10,

characterised in that

a) the robot control system (17) controls the application robot such that the application device (18) is moved at a particular movement speed along the coating path (1) over the component surface (9, 19), and
b) **in that** the robot control system (17) adjusts the movement speed of the application device (18) dependent upon the rotation angle (α) between the longitudinal direction (7) of the spray pattern (2) and the path transverse direction.

Revendications

1. Procédé de revêtement pour le revêtement de composants, plus particulièrement pour le revêtement de composants de carrosseries dans une installation de peinture, avec les étapes suivantes :

a) déplacement d'un appareil d'application (18) au-dessus d'une surface de composant (9, 19) à revêtir le long d'une trajectoire de revêtement (1) prédéterminée,
b) application d'un jet de produit de revêtement (20) au moyen de l'appareil d'application (18) sur la surface du composant (9, 19),

b1) le jet de produit de revêtement (20) étant appliqué tandis que l'appareil d'application (18) est déplacé au-dessus de la surface du composant (9, 19) et
b2) le jet de produit de revêtement (20) n'étant pas symétrique en rotation par rapport à son axe de jet (20) et génère donc sur la surface du composant (9, 19), un motif de pulvérisation allongé (2) avec une direction longitudinale (7) déterminée,

c) rotation de l'appareil d'application (18) autour de l'axe de jet (20) par rapport à la trajectoire de revêtement (1) pendant le déplacement de l'appareil d'application (18), de façon à ce que la position angulaire (α) de la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) par rapport à la direction transversale de la trajectoire varie le long de la trajectoire de revêtement (1),

caractérisé en ce que

d) la surface du composant (9, 19) à revêtir n'est globalement pas exactement rectangulaire,
e) le produit de revêtement est appliqué le long de plusieurs trajectoires de revêtement (1) juxtaposées sur la surface du composant (9, 19),
f) les différentes trajectoires de revêtement (1) ne sont pas exactement rectangulaires afin de s'adapter à la surface de composant (9, 19) non rectangulaire et
g) l'appareil d'application (18) est tourné pendant le déplacement le long des trajectoires de revêtement (1) non exactement rectangulaires autour de l'axe de jet (20) afin de faire tourner le motif de pulvérisation allongé (2) de façon à ce que la largeur de trajectoire (SB1, SB2, SB3) soit obtenue.

2. Procédé de revêtement selon la revendication 1,
caractérisé en ce que

a) l'appareil d'application (18) est tourné autour de l'axe de jet (20) d'un angle de rotation (α) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire, afin d'obtenir une largeur de trajectoire (SB1, SB2, SB3) souhaitée,
b) l'appareil d'application (18) est déplacée avec une vitesse de déplacement déterminée le long de la trajectoire de revêtement (1) et
c) l'appareil d'application (18) applique le produit de revêtement avec un débit de produit de revêtement déterminé et
d) la vitesse de déplacement et/ou le débit de produit de revêtement est en fonction de l'angle de rotation (α), afin de compenser l'effet de la rotation sur l'épaisseur de la couche.

3. Procédé de revêtement selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'adaptation de la vitesse de déplacement de l'appareil d'application (18) en fonction de l'angle de rotation (α) de l'appareil d'application (18) a lieu selon la formule suivante :

$$V(\alpha) = V0 / \cos(\alpha)$$

avec :

V0 : vitesse de déplacement de l'appareil d'application (18) lorsque l'angle de rotation (α) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire est égal à zéro,
α : angle de rotation (α) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire,
V (α) : vitesse de déplacement adaptée à l'angle de rotation (α) actuel.

4. Procédé de revêtement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

a) l'appareil d'application (18) est déplacé par un robot d'application multi-axes au-dessus de la surface du composant (9, 19),
b) le fonctionnement de l'appareil d'application (18) et du robot d'application (16) est contrôlé par un jeu de paramètres,
c) le jeu de paramètres est modifié pendant le déplacement le long de la trajectoire de revêtement (1).

5. Procédé de revêtement selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le jeu de paramètres comprend au moins un des paramètres suivants pour le contrôle de l'appareil d'application et du robot d'application :

a) vitesse de déplacement de l'appareil d'application (18) le long de la trajectoire de revêtement (1),
b) accélération de l'appareil d'application (18) le long de la trajectoire de revêtement (1),
c) angle de rotation (α) de l'appareil d'application (18) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire,
d) vitesse de rotation (ω) de l'appareil d'application (18),
e) débit de produit de revêtement appliqué,
f) distance de revêtement entre l'appareil d'application (18) et la surface du composant (9, 19).

6. Procédé de revêtement selon la revendication 4 ou 5,
caractérisé en ce que

a) le jeu de paramètres pour le contrôle de l'appareil d'application (18) et du robot d'application (16) le long de la trajectoire de revêtement (1) est modifié de manière continue ou
b) la trajectoire de revêtement (1) est divisée en plusieurs portions de trajectoire successives et le jeu de paramètres pour le contrôle de l'appareil d'application (18) et du robot d'application (16) est maintenu constant à l'intérieur des différentes portions de trajectoire et est modifiée d'une portion de trajectoire à l'autre.

7. Procédé de revêtement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** les étapes suivantes dans le cas d'un motif de pulvérisation (2) qui présente, dans la direction longitudinale (7), une largeur de pulvérisation (SB1) déterminée :

a) indication d'une largeur de trajectoire (SB2) souhaitée de la trajectoire de revêtement (1),
b) rotation de l'appareil d'application (18) autour de l'axe de jet (20), de façon à ce que la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) présente, par rapport à la direction transversale de la trajectoire, un angle de rotation (α),
c) calcul de l'angle de rotation (α) en fonction de la largeur de trajectoire (SB2) souhaitée et de la largeur de pulvérisation (SB1), plus particulièrement selon la formule suivante :

$$\alpha = \arccos(SB2 / SB1),$$

avec :

SB1 : largeur du motif de pulvérisation (2) le long de la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2),
SB2 : largeur de trajectoire souhaitée de la trajectoire de revêtement (1),

α : angle de rotation entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire.

8. Procédé de revêtement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

a) la trajectoire de revêtement (1) comprend, pour l'adaptation de la largeur de trajectoire, une portion de transition (15) avec une longueur de portion S2,
b) au début de la portion de transition (15), la largeur de trajectoire est égale à SB1, la vitesse de déplacement est égale à V1 et l'angle de rotation est égal à $\alpha 1$,
c) à l'intérieur de la portion de transition (15), la largeur de trajectoire est égale à SB2, la vitesse de déplacement est égale à V2, l'accélération est égale à a2, l'angle de rotation est égal à $\alpha 2$ et la vitesse de rotation est égale à $\omega 2$,
d) à la fin de la portion de transition (15), la largeur de trajectoire est égale à SB3, la vitesse de déplacement est égale à V3 et l'angle de rotation est égal à $\alpha 3$,
e) l'angle de rotation $\alpha 3$ à la fin de la portion de transition (15) est calculée en fonction des grandeurs suivantes :

- largeur de trajectoire SB1 au début de la portion de transition (15) ;
- largeur de trajectoire SB3 à la fin de la portion de transition (15), plus particulièrement selon la formule suivante :

$$\alpha 3 = \arccos (SB3 / SB1)$$

f) la vitesse de rotation V3 à la fin de la portion de transition (15) est calculée en fonction des grandeurs suivantes :

- angle de rotation $\alpha 3$ à la fin de la portion de transition (15),
- vitesse de déplacement V1 au début de la portion de transition (15), plus particulièrement selon la formule suivante :

$$V3 = V1 / \cos (\alpha 3)$$

g) l'accélération a2 à l'intérieur de la portion de transition (15) est calculée en fonction des grandeurs suivantes :

- vitesse de déplacement V1 au début de la portion de transition (15),
- vitesse de déplacement V3 à la fin de la portion de transition (15),
- longueur de portion S2 de la portion de transition (15), plus particulièrement selon la formule suivante :

$$a2 = (V3 - V1)^2 / S2$$

h) la longueur de portion S2 de la portion de transition (15) est calculée en fonction des grandeurs suivantes :

- angle de rotation $\alpha 3$ à la fin de la portion de transition (15),
- vitesse de déplacement V1 au début de la portion de transition (15),
- vitesse de déplacement V3 à la fin de la portion de transition (15),
- vitesse de rotation $\omega 2$ dans la portion de transition (15), plus particulièrement selon la formule suivante :

$$S2 = [\alpha 3 * (V3 - V1)] / \omega 2$$

i) la vitesse de déplacement $\omega 2$ sur la portion de transition (15) est calculée en fonction des grandeurs suivantes :

- vitesse de déplacement V1 au début de la portion de transition (15),
- tolérance d'épaisseur de couche en pourcentage $\Delta SD\%$,
- largeur de trajectoire SB1 au début de la portion de transition (15),

plus particulièrement selon la formule suivante :

$$\omega 2 = V1 / SB1 * \Delta SD\% * (360°) / \pi.$$

9. Procédé de revêtement selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

a) l'appareil d'application (18) est tourné de manière continue pendant le déplacement le long de la trajectoire de revêtement (1) et
b) le motif de pulvérisation (2) présente des arêtes vives et
c) le motif de pulvérisation (2) est globalement rectangulaire et
d) l'appareil d'application (18) est guidé au-dessus de la surface du composant (9, 19) de façon à ce que le jet de produit de revêtement (20) soit orienté, au niveau du point d'incidence de jet de produit de revêtement (20), globalement perpendiculairement à la surface du composant (9, 19).

10. Installation de revêtement, plus particulièrement pour l'exécution du procédé de revêtement selon l'une des revendications précédentes, avec

a) un appareil d'application (18) pour l'application d'un jet de produit de revêtement (20) sur la surface d'un composant (9, 19), le jet de produit de revêtement (20) n'étant pas symétrique en rotation par rapport à son axe de jet (20) et générant donc sur la surface du composant (9, 19), un motif de pulvérisation allongé (2) avec une direction longitudinale (7) déterminée,
b) un robot d'application (16) pour le guidage de l'appareil d'application (18) le long d'une trajectoire de produit de revêtement prédéterminée au-dessus de la surface du composant (9, 19) et
c) une commande de robot (17) pour le contrôle du robot d'application (16),
d) la commande du robot (17) tournant l'appareil d'application (18) pendant le déplacement le long de la trajectoire de revêtement (1) autour de l'axe de jet (20) de façon à ce que l'angle de rotation (α) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la trajectoire de revêtement (1) varie le long de la trajectoire de revêtement (1),

caractérisé en ce que

e) la surface du composant (9, 19) à revêtir n'est dans l'ensemble pas complètement rectangulaire,
f) la commande du robot (17) contrôle le robot d'application (16) de façon à ce que

f1) le produit de revêtement soit appliqué le long de plusieurs trajectoires de revêtement (1) juxtaposées sur la surface du composant (9, 19),
f2) les différentes trajectoires de revêtement (1) ne soient pas exactement rectangulaires afin de s'adapter à la surface du composant (9, 19) non exactement rectangulaire et
f3) l'appareil d'application (18) soit tourné pendant le déplacement le long des trajectoires de revêtement (1) non exactement rectangulaires autour de l'axe de jet (20) afin de faire tourne le motif de pulvérisation allongé (2) de façon à ce que la largeur de bande (SB1, SB2, SB3) souhaitée soit obtenue.

11. Installation de revêtement selon la revendication 10,
caractérisée en ce que

a) la commande du robot (17) contrôle le robot d'application de façon à ce que l'appareil d'application (18) soit déplacé avec une vitesse de déplacement déterminée le long de la trajectoire de revêtement (1) au-dessus de la surface du composant (9, 19) et
b) la commande du robot (17) adapte la vitesse de déplacement de l'appareil d'application (18) en fonction de l'angle de rotation (α) entre la direction longitudinale (7) du motif de pulvérisation (2) et la direction transversale de la trajectoire.

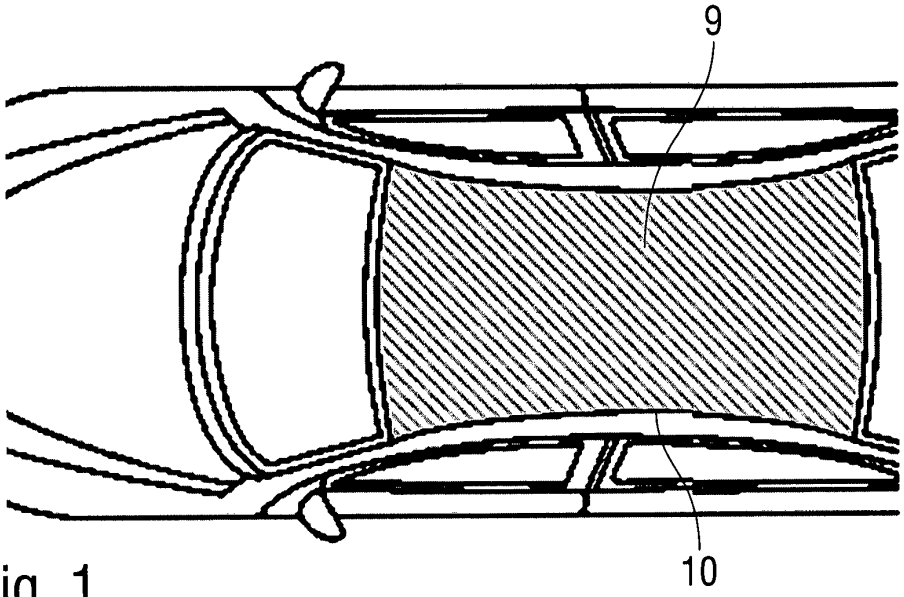


Fig. 1

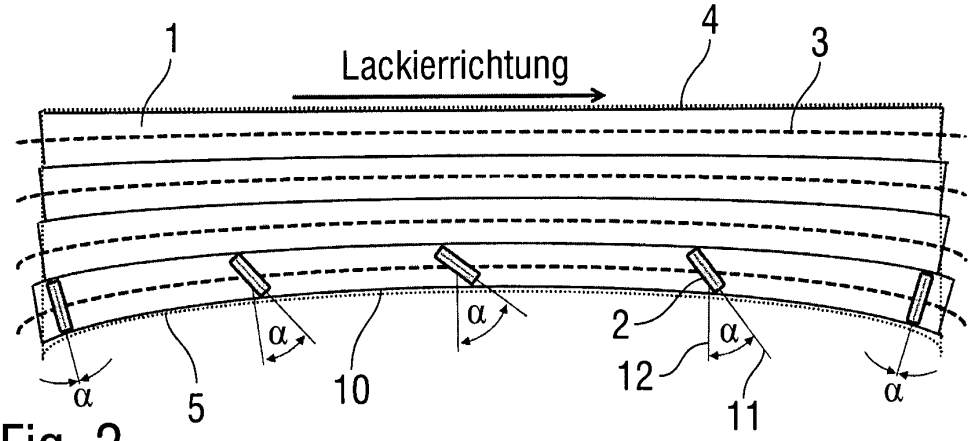


Fig. 2

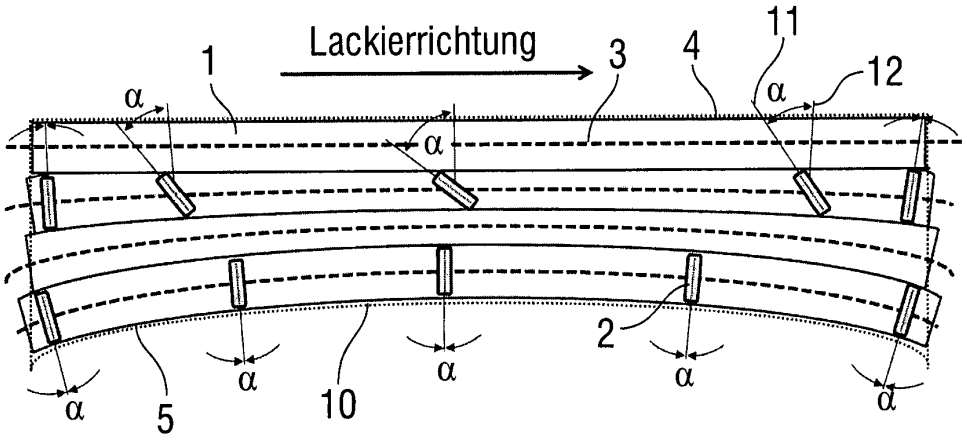


Fig. 3

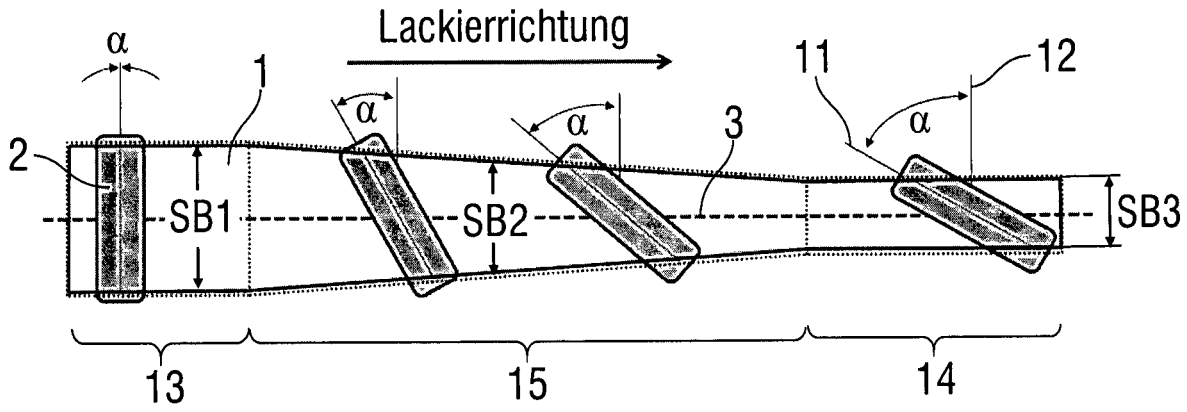

Lackierrichtung
α
1
2
SB1
SB2
3
11
12
SB3
13
15
14

Fig. 4

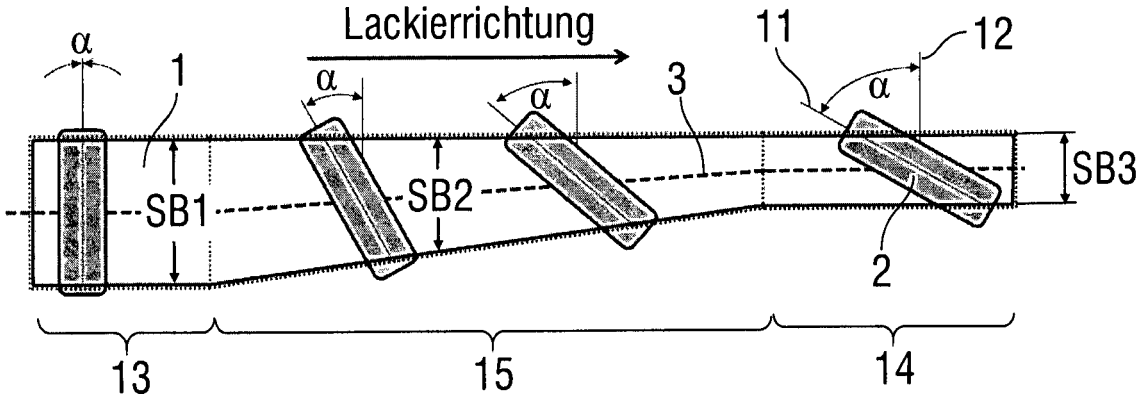

Lackierrichtung
α
1
SB1
SB2
3
11
12
2
SB3
13
15
14

Fig. 5

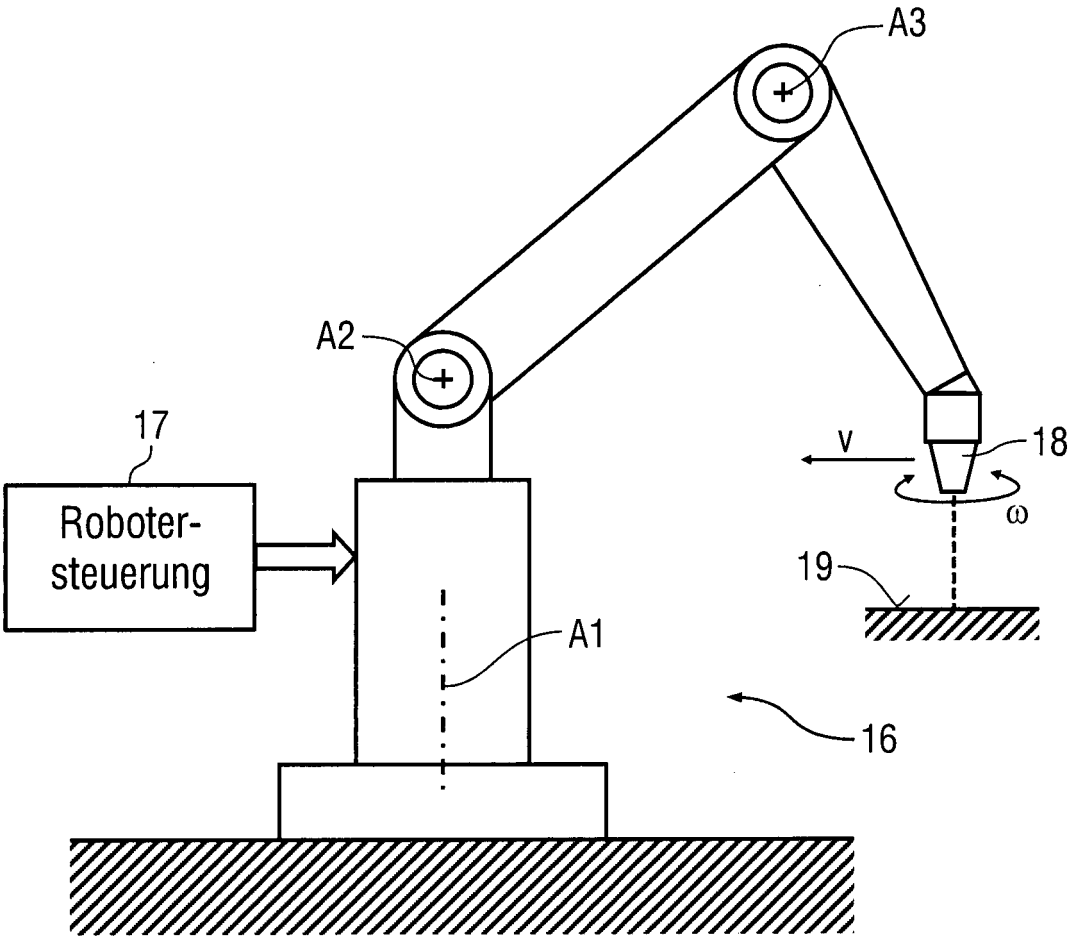


Fig. 6

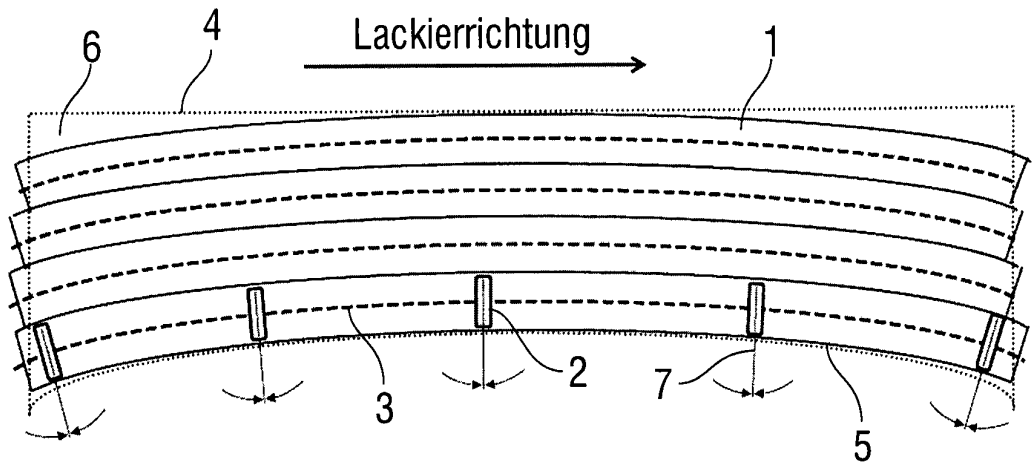


Fig. 7
Stand der Technik

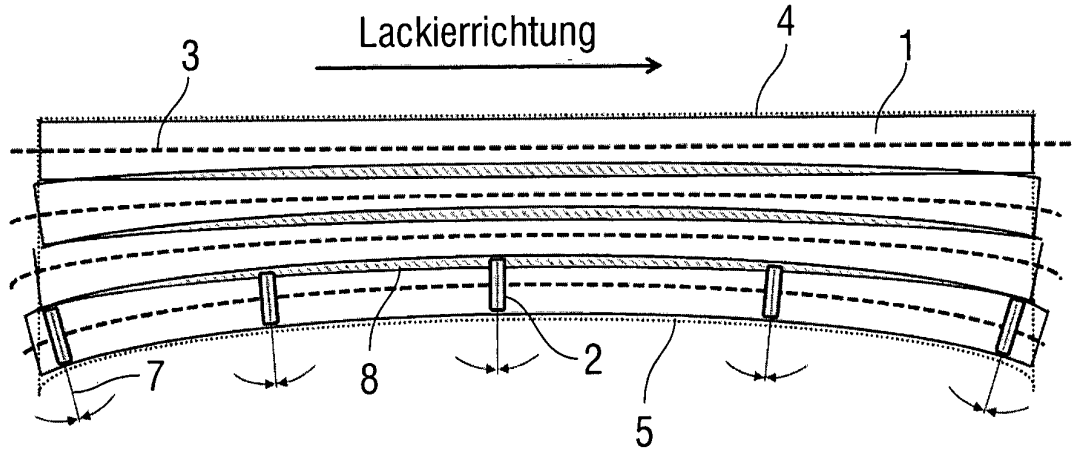


Fig. 8
Stand der Technik

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102013002412 A1 **[0003]**
- DE 102011114382 A1 **[0006]**
- JP 3313949 B **[0006]**
- DE 102010004496 A1 **[0006]**