

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50892/2019

(22)

Anmeldetag:

16.10.2019

(43)

Veröffentlicht am:

15.05.2021

(51)

Int. Cl.:

B05D 3/02

(2006.01)

B05D 3/00

(2006.01)

C09D 5/03

(2006.01)

C09D 5/02

(2006.01)

C09D 7/40

(2018.01)

B05D 7/14

(2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

EP 1541641 A1
KOYRO, Martin et al. Abschlussbericht zum
BMBF-Verbundprojekt "Entwicklung von
Verfahrenstechniken zum Fügen und Entfügen
lackierter Bauteilkomponenten auf der Basis
nanopartikelmodifizierter Klebstoffe". Paderborn:
Laboratorium für Werkstoff und Fügetechnik
Universität Paderborn, 2006. Abgerufen von
<https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A576780073/>. Abgerufen am 18.05.2020

(71)

Patentanmelder:

ESS Holding GmbH
4400 Steyr (AT)

(72)

Erfinder:

Eslamian Alireza
4020 Linz (AT)
Schifko Martin
4400 Steyr (AT)

(74)

Vertreter:

Hübscher & Partner Patentanwälte GmbH
4020 Linz (AT)

(54)

Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken

(57)

Es wird ein Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken (1), wobei ein Beschichtungsmittel auf das Werkstück (1) aufgetragen und danach ausgehärtet wird beschrieben. Um besonders ressourcenschonende und einfach zu regelnde Prozessbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass das Beschichtungsmittel oder ein vor dem Aushärten aufgetragenes Härtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweist, die zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden.

FIG.1

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken (1), wobei ein Beschichtungsmittel auf das Werkstück (1) aufgetragen und danach ausgehärtet wird beschrieben. Um besonders ressourcenschonende und einfach zu regelnde Prozessbedingungen zu schaffen, wird vorgeschlagen, dass das Beschichtungsmittel oder ein vor dem Aushärten aufgetragenes Härtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweist, die zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden.

(Fig. 1)

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken, wobei ein Beschichtungsmittel auf das Werkstück aufgetragen und danach ausgehärtet wird.

Zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken, wie beispielsweise Autokarosserien, sind aus dem Stand der Technik elektrophoretische Tauchverfahren bekannt. Hierzu werden die Autokarosserien in einen elektrisch leitfähigen Tauchlack eingetaucht. Durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen der als Kathode wirkenden Autokarosserie und einer Anode fällt der Tauchlack an der Autokarosserie aus und bleibt dort temporär haften.

Zum Aushärten des applizierten Lackes ist es aus der DE19941184A1 bekannt, einen Lacktrockner mit einem Kabineninnenraum einzusetzen, durch den die Autokarosserie geführt wird. Durch Wärmetauscher erhitzte Frischluft wird in den Kabineninnenraum gesaugt, was zu einer Aushärtung bzw. Vernetzung des Lacks führt. Die so entstehende Abluft nimmt dabei toxische Lösungsmittel des Lacks auf, weshalb die Abluft einer thermischen Reinigung unterzogen wird, bevor sie in die Atmosphäre entlassen wird. Ein solches auf Konvektion basierendes Verfahren ist allerdings äußerst energieintensiv, da im Wesentlichen die gesamte im Kabineninnenraum befindliche Luft auf die benötigte Aushärtungstemperatur gebracht werden muss. Zudem kommt das Problem, dass es vor allem bei komplexeren Werkstücken zu einer inhomogenen, zeitlich differenzierten Aushärtung der Werkstücke kommt, da die heißen Luftströmungen nicht ungehindert in Hohlräume des Werkstücks eindringen können.

Um die Betriebskosten zu senken, ist es aus der DE112010000464T5 bekannt, neben der Aushärtung durch Konvektion, UV- und Nahinfrarotstrahlung einzusetzen. Nachteilig daran ist allerdings, dass die Eindringtiefe von UV- und Nahinfrarotstrahlung nur sehr gering ist, weswegen die UV- bzw. Nahinfrarotquellen nah am Werkstück geführt werden müssen, was wiederum bei Werkstücken unterschiedlicher Dimensionen und Ausgestaltung zu einem prozesstechnischen Aufwand führt.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Oberflächenbeschichtung der eingangs geschilderten Art vorzuschlagen, das einerseits nach geringfügiger Anpassung bereits bestehender Vorrichtungen und Verfahren zur Oberflächenbeschichtung eingesetzt werden kann und dadurch eine ressourcenschonenderen und einfacher zu regelnde Oberflächenbeschichtung ermöglicht.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, dass das Beschichtungsmittel oder ein vor dem Aushärten aufgetragenes Härtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweist, die zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden. Zusage dieser Maßnahmen wird die zur Aushärtung des Beschichtungsmittels benötigte Energie vorwiegend zur Anregung der induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel eingesetzt.

Grundsätzlich kann durch den erfindungsgemäßen Einsatz des magnetischen Wechselfeldes auch das Werkstück selbst erwärmt werden, erfährt jedoch dabei einen wesentlich langsameren Temperaturanstieg als die auf der Oberfläche des Werkstückes applizierten induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel.

Unabhängig davon bleiben die das Werkstück umgebenden Luftmassen weitgehend vom Energieeintrag unberührt, wodurch die aufzuwendende Energie um bis zu 90 % reduziert werden kann. Da die induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel entweder direkt mit einem Beschichtungsmittel, beispielsweise Flüssig- oder Pulverlack, oder aber als Härtungsmittel auf der Oberfläche des Werkstücks appliziert werden, wird ein unmittelbarer und verlustfreier Wärmeübergang der angeregten Partikel auf das auf der Oberfläche des Werkstücks applizierten

Beschichtungsmittel und damit eine energieschonende Vernetzung bzw. Aushärtung des Beschichtungsmittels ermöglicht. Die Frequenz und die Eindringtiefe des insbesondere elektromagnetischen Wechselfeldes wird demnach so gewählt, dass vorzugsweise die induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel gemeinsam mit dem auszuhärtenden Beschichtungsmittel, nicht aber das Werkstück selbst erwärmt werden.

Um auch geometrisch aufwändig ausgestaltete Werkstücke prozesssicher aushärten zu können, ohne dabei die Materialeigenschaften des Werkstücks in negativer Weise zu verändern, wird vorgeschlagen, dass das Wechselfeld ein elektromagnetisches Wechselfeld mit Frequenzen zwischen 30 kHz und 300 MHz ist. Es hat sich herausgestellt, dass Radiowellen, die durch eben jenen Frequenzbereich definiert sind, durch deren ausreichende Eindringtiefe besonders gut dazu geeignet sind, zwar in Hohlräume der Werkstücke einzudringen und dort für eine homogene Aushärtung zu sorgen, jedoch dabei nicht das Werkstück selbst übermäßig zu erhitzen. Dadurch kann also ein Temperaturgradient zwischen verschiedenen Oberflächenarealen des Werkstücks verhindert werden, wodurch in weiterer Folge Risse und Unregelmäßigkeiten im aushärtenden Beschichtungsmittel vermieden werden können. Mit dem vorgeschlagenen Frequenzspektrum lässt sich auf energieschonende Weise ein Temperaturbereich zwischen 150°C und 190°C einstellen.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren zum Aushärten verschiedener Oberflächenbeschichtungen, wie beispielsweise Flüssig- und Pulverlacke, Grund- und Deckbeschichtungen und dergleichen verwendet werden. Um daher das Verfahren optimal auf die Aushärtebedingungen unterschiedlicher Oberflächenbeschichtungen anpassen zu können, kann das Werkstück wenigstens zwei magnetischen Wechselfeldern mit unterschiedlichen Frequenzen ausgesetzt werden. Dadurch kann beispielsweise eine erste eingesetzte Frequenz so ausgelegt sein, dass vorwiegend die induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel angeregt werden. Ist nun bei bestimmten Oberflächenbeschichtungsverfahren auch eine Erhöhung der Werkstücktemperatur erwünscht, so kann dies durch den Einsatz

einer von der ersten Frequenz abweichenden zweiten Frequenz des bevorzugter Weise elektromagnetischen Wechselfeldes geschehen.

Damit eine qualitativ hochwertige und reproduzierbare Aushärtung sichergestellt werden kann, ohne dabei einen unnötigen Energieaufwand zu bedingen, empfiehlt es sich, dass das Werkstück zwischen 5 und 50 Minuten durch das elektromagnetische Feld geführt wird. Das Werkstück kann entweder einmal mit einer niedrigen Durchlaufgeschwindigkeit oder aber mehrmals mit höheren Durchlaufgeschwindigkeiten durch das elektromagnetische Feld geführt werden, um auf die geforderte Aushärtezeit zu kommen.

Eine besonders homogene Aushärtung des Beschichtungsmittels auf der Werkstückoberfläche ergibt sich, wenn die dielektrisch oder induktiv anregbaren Partikel Nanopartikel sind. Zuzufolge der kleinen Dimensionen der Partikel kann das Beschichtungsmittel auch bei feinen Oberflächenstrukturen, wie Ecken oder Kanten, homogen erwärmt werden, sodass die Oberflächenbeschichtung auch in diesen Bereichen gleichmäßig aushärtet und keine schädlichen Spannungen innerhalb der ausgehärteten Schicht entstehen. Die Nanopartikel sind demnach also als auf der gesamten Oberfläche des Werkstücks angeordnete Wärmequellen anzusehen, die auch schwer zugängliche Stellen des Werkstücks erreichen und die vom elektromagnetischen Wechselfeld eingetragene Energie dem Beschichtungsmittel als Wärmeenergie übergeben.

Um auch den der Aushärtung vorangehenden Beschichtungsprozess energetisch und qualitativ zu optimieren und das Bearbeitungsvolumen möglichst kleinzuhalten, wird vorgeschlagen, dass das Werkstück in einer fluidundurchlässigen, elektromagnetisch permeablen Kapsel angeordnet wird, die mit dem Beschichtungsmittel beaufschlagt und das überschüssige Beschichtungsmittel aus der Kapsel abgezogen wird, wonach die Kapsel zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt wird. Zuzufolge dieser Maßnahmen können alle für die Oberflächenbeschichtung erforderlichen Verfahrensschritte, sei es der Transport des Werkstückes durch eine

Fertigungsstraße, die Vorbehandlung des Werkstückes, die Applikation diverser Beschichtungsmittel und Härtungsmittel, die induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisen, auf das Werkstück, in einer von der Umgebung abgeschlossenen Kapsel durchgeführt werden. Da die Kapsel elektromagnetisch permeabel ausgestaltet ist, interferiert diese nicht in negativer Weise mit dem elektromagnetischen Wechselfeld, wodurch auch die Vernetzung bzw. Aushärtung der Beschichtungsmittel in der Kapsel vollzogen werden kann. Die Eindringtiefe der eingesetzten elektromagnetischen Wellen reicht dabei aus, um die auf dem Werkstück applizierten induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel anzuregen. Die Kapsel ist je nach Werkstück so dimensioniert, dass sie genügend Raum zur Aufnahme des Werkstückes bietet, jedoch trotzdem eine möglichst energieschonende Manipulation der von der Kapsel eingeschlossenen Atmosphäre (Druck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) und damit eine exakte Kontrolle der Prozessbedingungen erlaubt. Die Manipulation der abgeschlossenen Atmosphäre und die Beaufschlagung der Beschichtungs- bzw. Härtungsmittel kann durch Anschlussleitungen, die einen Austausch zwischen der Kapsel und entlang der Fertigungsstraße angeordneten Versorgungseinheiten ermöglichen, geschehen. Die Kapsel ist als Reaktionsraum zur Oberflächenbeschichtung des Werkstückes und zur Manipulation der Atmosphäre in der Kapsel ausgestaltet. Grundsätzlich kann die Kapsel mit Stoffen zur Vorbehandlung des Werkstückes, wie Reinigungsmittel, mit Stoffen zur Oberflächenbeschichtung, wie Flüssig- oder Pulverlacke, mit Härtungsmitteln, aber auch mit Stoffen zur Beeinflussung der Atmosphäre, wie Heißluft, Wasserdampf und dergleichen beaufschlagt werden.

Sollen auch Beschichtungsmittel ausgehärtet werden können, die keine induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisen, kann die Kapsel vor dem Aushärten mit einem induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel aufweisenden Härtungsmittel beaufschlagt werden. Das Härtungsmittel kann zeitgleich mit, vor oder nach dem Beschichtungsmittel zugeführt werden. Das Härtungsmittel kann für eine möglichst gleichmäßige Verteilung auch vor Befüllung der Kapsel mit dem Beschichtungsmittel vorgemischt werden.

Damit eine möglichst homogene Applikation der Beschichtungsmittel auch an schwer zugänglichen Stellen des Werkstückes ermöglicht wird, wird vorgeschlagen, dass die Kapsel nach dem Beaufschlagen mit dem Beschichtungsmittel und/oder dem Härtungsmittel um eine horizontale Rotationsachse rotiert wird. Die Rotation kann während und/oder nach der Beaufschlagung erfolgen.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Fertigungsstraße zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechend einer ersten Ausführungsform und

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht einer mit elektromagnetisch permeablen Kapseln ausgestatteten Fertigungsstraße zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechend einer zweiten Ausführungsform.

Wie in Fig. 1 zu sehen ist, kann das erfindungsgemäße Verfahren in einem aus dem Stand der Technik bekannten elektrophoretischen Abscheidungsverfahren, beispielsweise eine kathodische Tauchlackierung, angewandt werden. Hierzu ist das Werkstück 1 auf einem Positionierahmen 2 angeordnet und wird durch einen nicht dargestellten Positionierantrieb durch ein Lackbad 3 getaucht. Es versteht sich dabei von selbst, dass das Lackbad 3 mit einem elektrisch leitenden Lack als Beschichtungsmittel und diversen aus dem Stand der Technik bekannten Additiven befüllt ist. Wird nun eine Gleichspannung zwischen dem als Kathode wirkenden Werkstück 1 und der im Lackbad 3 angeordneten Anode 4 angelegt, so fällt der Lack am Werkstück 1 aus und bleibt dort haften. Zum Aushärten bzw. Vernetzen wird das Werkstück 1 durch einen ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugenden Emitter 5 geführt. Üblicherweise weisen in elektrophoretischen Abscheidungsverfahren eingesetzte Beschichtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel auf, die durch ein elektromagnetisches Wechselfeld, vorzugsweise mit einem Frequenzspektrum zwischen 30 kHz und 300 MHz, erwärmbar sind. Ist dies nicht der Fall, so kann das Lackbad mit einem induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisenden Härtungsmittel versetzt sein.

Alternativ dazu kann das Härtungsmittel vor oder nach dem Eintauchen in das Lackbad durch ein nicht dargestelltes Tauchbad auf das Werkstück 1 appliziert werden. Das erfindungsgemäße Aushärten mit dem elektromagnetischen Wechselfeld kann auch in anderen Beschichtungsverfahren, beispielsweise in einem Pulverbeschichtungsverfahren, eingesetzt werden. Werden vor bzw. nach dem Lackauftrag Grund- und Deckbeschichtungen auf das Werkstück 1 aufgetragen, so können diese auch durch das erfindungsgemäße Verfahren ausgehärtet werden, wenn diese induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisen, oder mit solchen versetzt werden.

Fig. 2 stellt eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Oberflächenbeschichtung dar. Hierzu ist das aus Übersichtlichkeitsgünden nicht dargestellte Werkstück 1 in einer elektromagnetisch permeablen Kapsel 6 angeordnet. Die Kapsel 6 bildet demnach einen abgeschlossenen Reaktionsraum aus, der über Versorgungseinheiten 7a, 7b, 7c befüllt bzw. entleert werden kann. Handelt es sich bei der Oberflächenbeschichtung beispielsweise um ein elektrophoretisches Abscheidungsverfahren, so kann eine erste Versorgungseinheit 7a den Kapselinnenraum mit einem Reinigungsmittel 8 zur Entfernung von auf dem Werkstück 1 anhaftenden Fett- oder Lackrückständen beaufschlagen. Nach der Entfernung des Reinigungsmittels 8 durch die Versorgungseinheit 7a wird die Kapsel 6 abgekoppelt und mithilfe eines Positionierantriebs 9 eines Positionierrahmens 2 zu einer weiteren Versorgungseinheit 7b befördert, die den Kapselinnenraum beispielsweise mit einem Elektrolyten 10 zur Erzeugung einer Konversionsschicht auf dem Werkstück 1 befüllt und anschließend wieder entleert. Eine dritte Versorgungseinheit 7c kann dem Kapselinnenraum elektrisch leitfähigen Flüssiglack 11 zum Beschichten des Werkstückes zuführen. Zwischen dem als beispielsweise Kathode geschalteten Werkstück 1 und einer in der Kapsel 6 angebrachten Anode wird nun ein Gleichspannungsfeld angelegt, wodurch die Lackpartikel am Werkstück 1 ausfallen. Es muss wohl nicht weiter erwähnt werden, dass das Werkstück 1 auch als Anode geschaltet werden kann. In diesem Fall muss

in der Kapsel 6 eine Kathode angeordnet sein. In einem letzten Verfahrensschritt wird der applizierte Lack vernetzt, in dem die Kapsel 6 mit dem darin angeordneten Werkstück 1 durch das elektromagnetische Wechselfeld eines Emitters 5 geführt wird. Dazu muss der applizierte Lack induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisen. Ist dies nicht der Fall, kann ein Härtungsmittel vor, während oder nach dem Beaufschlagen der Kapsel 6 mit dem Flüssiglack 11 in die Kapsel 6 eingetragen werden, bevor es dem elektromagnetischen Wechselfeld des Emitters 5 ausgesetzt wird.

Wie aus Fig. 2 weiter hervorgeht, kann die Kapsel 6 an der Versorgungseinheiten 7b für eine ausreichende Verteilung der beaufschlagten Beschichtungsmittel um eine horizontale Rotationsachse rotiert wird. Natürlich kann die Fertigungsstraße so ausgestaltet sein, dass die Kapsel 6 auch an anderen Positionen rotiert werden kann.

Die unterschiedlichen durch gestrichelte Linien eingezeichneten Füllstände des Reinigungsmittels 8, des Elektrolyten 10 und des Flüssiglacks 11 zeigen die verschiedene zeitliche Verfahrensschritte beim Befüllen und Entleeren des Kapselinhalts auf.

Die Kapseln 6 sind hermetisch abschließbar und zweiteilig ausgebildet, wodurch eine einfache Beschickung der Kapseln 6 mit einem Werkstück 1 begünstigt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken (1), wobei ein Beschichtungsmittel auf das Werkstück (1) aufgetragen und danach ausgehärtet wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmittel oder ein vor dem Aushärten aufgetragenes Härtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweist, die zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wechselfeld ein elektromagnetisches Wechselfeld mit Frequenzen zwischen 30 kHz und 300 MHz ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück wenigstens zwei magnetischen Wechselfeldern mit unterschiedlichen Frequenzen ausgesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (1) zwischen 5 und 50 Minuten durch das elektromagnetische Feld geführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrisch oder induktiv anregbaren Partikel Nanopartikel sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (1) in einer fluidundurchlässigen, elektromagnetisch permeablen Kapsel (6) angeordnet wird, die mit dem Beschichtungsmittel beaufschlagt und das überschüssige Beschichtungsmittel aus der Kapsel (6) abgezogen wird, wonach die

Kapsel (6) zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapsel (6) vor dem Aushärten mit einem induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisenden Härtungsmittel beaufschlagt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapsel (6) nach dem Beaufschlagen mit dem Beschichtungsmittel und/oder dem Härtungsmittel um eine horizontale Rotationsachse rotiert wird.

FIG.1

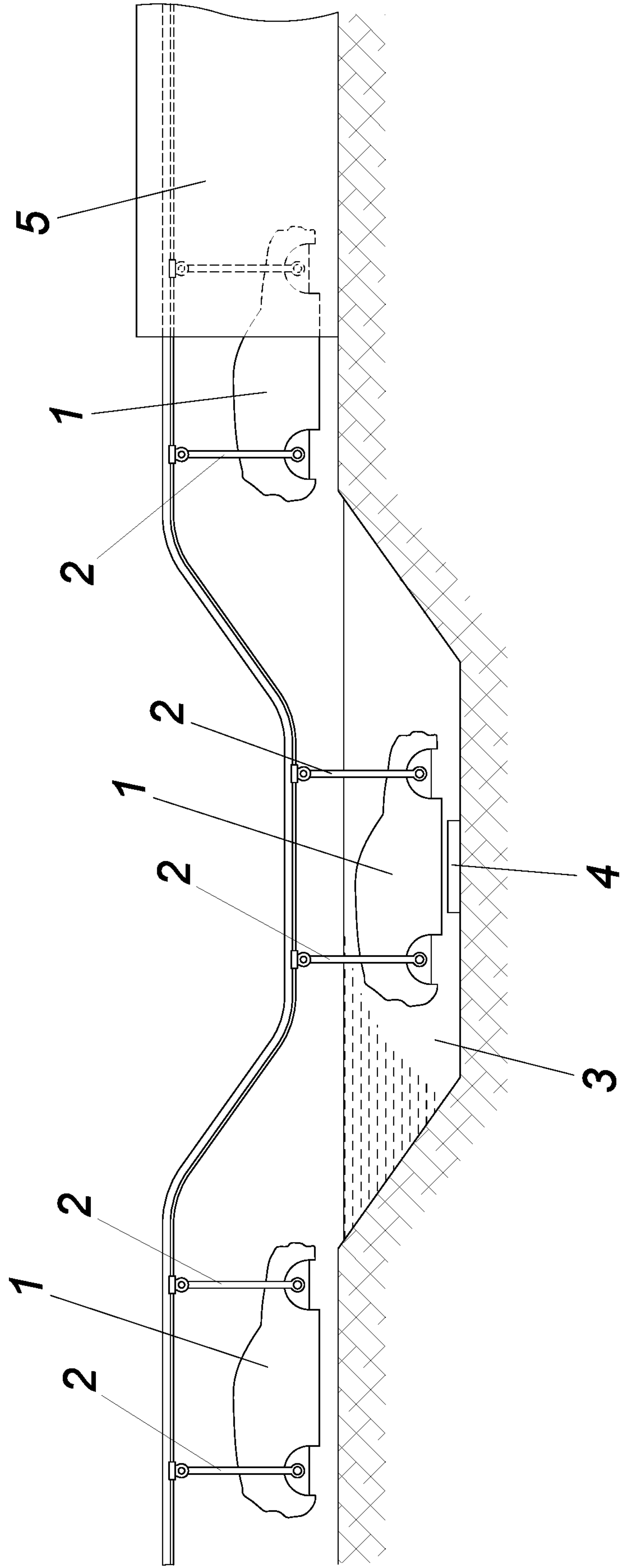
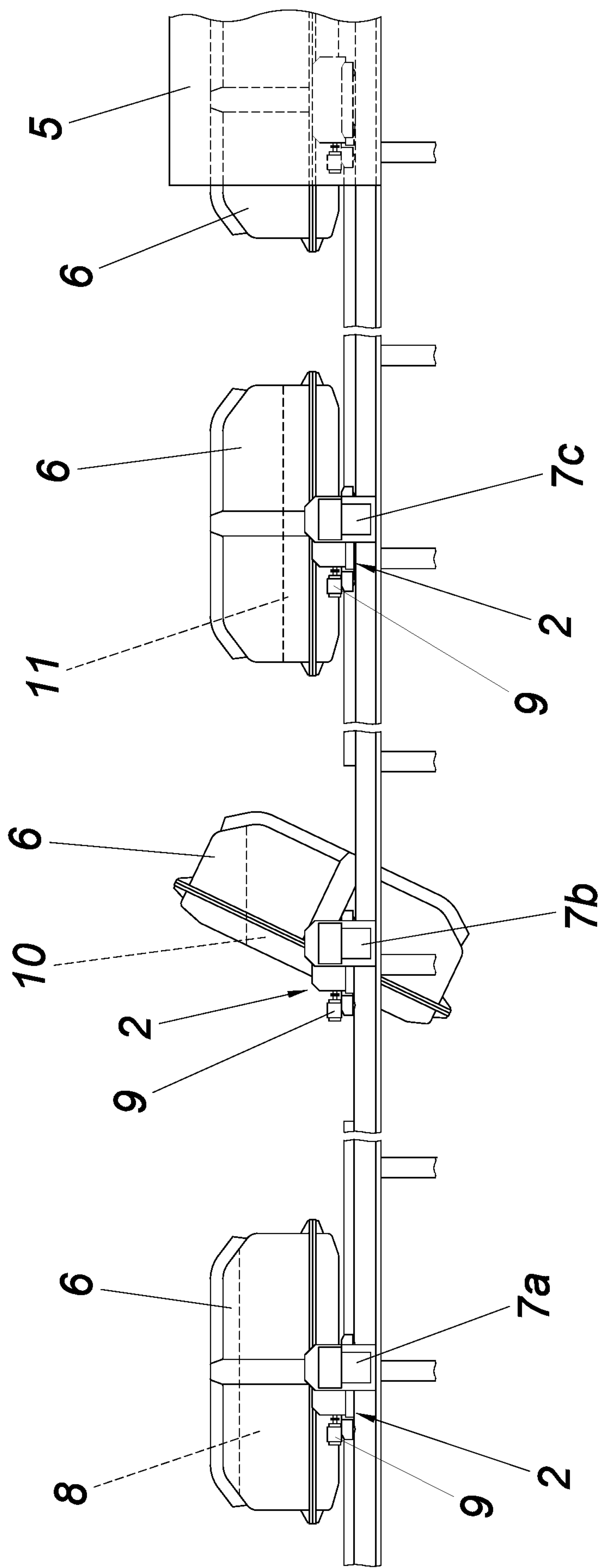


FIG.2



A50892/2019
Neue Patentansprüche

(42950) FH

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbeschichtung von Werkstücken (1), wobei ein Beschichtungsmittel auf das Werkstück (1) aufgetragen und danach ausgehärtet wird, wobei das Beschichtungsmittel oder ein vor dem Aushärten aufgetragenes Härtungsmittel induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweist, die zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück wenigstens zwei magnetischen Wechselfeldern mit unterschiedlichen Frequenzen ausgesetzt wird, wobei eine erste Frequenz so ausgelegt ist, dass vorwiegend die induktiv oder dielektrisch erwärmbaren Partikel angeregt werden und eine von der ersten Frequenz abweichenden zweiten Frequenz so ausgelegt ist, dass die Werkstücktemperatur erhöht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wechselfeld ein elektromagnetisches Wechselfeld mit Frequenzen zwischen 30 kHz und 300 MHz ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (1) zwischen 5 und 50 Minuten durch das elektromagnetische Feld geführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrisch oder induktiv anregbaren Partikel Nanopartikel sind.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (1) in einer fluidundurchlässigen, elektromagnetisch permeablen

Kapsel (6) angeordnet wird, die mit dem Beschichtungsmittel beaufschlagt und das überschüssige Beschichtungsmittel aus der Kapsel (6) abgezogen wird, wonach die Kapsel (6) zum Aushärten des Beschichtungsmittels mit einem elektromagnetischen Wechselfeld beaufschlagt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapsel (6) vor dem Aushärten mit einem induktiv oder dielektrisch erwärmbare Partikel aufweisenden Härtungsmittel beaufschlagt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kapsel (6) nach dem Beaufschlagen mit dem Beschichtungsmittel und/oder dem Härtungsmittel um eine horizontale Rotationsachse rotiert wird.