

(19)



(11)

EP 1 690 058 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
04.04.2012 Patentblatt 2012/14

(51) Int Cl.:
F28F 13/04 ^(2006.01) **F28F 19/02** ^(2006.01)
F28F 13/18 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04803126.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/012783

(22) Anmeldetag: **11.11.2004**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/052489 (09.06.2005 Gazette 2005/23)

(54) **WÄRMETAUSCHER**

HEAT EXCHANGER

ECHANGEUR DE CHALEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **26.11.2003 DE 10355833**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.08.2006 Patentblatt 2006/33

(73) Patentinhaber: **Behr GmbH & Co. KG
70469 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **MAMBER, Oliver
71706 Markgröningen (DE)**

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas et al
Grauel IP
Patentanwaltskanzlei
Presselstrasse 10
70191 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 128 514 EP-A- 1 143 206
EP-A- 1 201 788 DE-A1- 10 327 365
JP-A- 1 208 478 US-B1- 6 571 864**

EP 1 690 058 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Wärmetauscher mit oberflächenbehandelten Wärmeübertragungsoberflächen. Des Weiteren betrifft sie ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Wärmetauschern.

[0002] Um den Anforderungen der Industrie an Bauteile, beispielsweise denen der Automobilbranche an Wärmetauscher oder -überträger, gerecht zu werden, ist eine Behandlung der Werkstoffoberflächen vielfach unumgänglich. Mit einer Oberflächenbehandlung sollen den betreffenden Bauteilen spezifische Eigenschaften verliehen werden, die sie zugunsten einer verbesserten Leistungsfähigkeit und verlängerten Lebensdauer insbesondere vor Umwelteinflüssen schützen. Dabei sind insbesondere das spezifische Einsatzgebiet und bauliche Gegebenheiten zu berücksichtigen.

[0003] Wärmetauscher, insbesondere Verdampfer, die in Klimaanlage - insbesondere in Kraftfahrzeugen - zum Einsatz kommen, bestehen üblicherweise aus mehreren aufeinander gereihten und fluiddichten miteinander verbundenen Scheiben oder Rohren, zwischen denen dicht gepackt Wellrippen angeordnet sind. Diese ermöglichen zwar einerseits eine optimale Wärmeübertragung zwischen dem durch die Scheiben oder Rohre strömenden Kältemittel und der durch das Wellrippennetz strömenden Luft, sind aber andererseits prädestiniert für den Niederschlag von Kondensat sowie Staub oder Schmutz. Diese feuchte verschmutzte Wärmeübertragungsoberfläche bietet einen idealen Nährboden für Mikroorganismen, deren Ansiedlung eine unerwünschte Geruchsbildung zur Folge haben kann. Außerdem sind durch die feuchten Verschmutzungen insbesondere Schäden durch Korrosion begünstigt.

[0004] Um die Ansammlung von Wasser und Schmutz auf einer Oberfläche zu vermeiden, wird die Oberfläche eines Gegenstands in der Regel hydrophob ausgerüstet. Dadurch, dass sich durch die hydrophobe Ausgestaltung auf der Oberfläche kugelförmige Wassertropfen bilden, die abperlen, sind diese Oberflächen grundsätzlich schmutz- und wasserabweisend. Bei einer hydrophob ausgestatteten Oberfläche des beschriebenen Wärmeübertragers können die Wassertropfen wegen der sehr dicht gepackten Wellrippenstruktur jedoch nicht abperlen. Statt dessen bleiben sie zwischen den benachbarten, engstehenden Rippen und Kiemen hängen. Damit ist der gewünschte selbstreinigende Effekt durch die hydrophobe Ausgestaltung gerade verhindert. Dies führt zudem üblicherweise zur Abnahme der Gesamtleistung des Wärmetauschers.

[0005] Um dieses Problem unter Beibehaltung der Bauart des Wärmetauschers zu lösen, ist eine hydrophile Ausstattung der Wärmeübertragungsoberflächen erwünscht.

[0006] Die Hydrophilie eines Stoffes ist unter anderem gekennzeichnet durch seine Polarität, eine niedrige Grenzflächenspannung gegenüber Wasser und eine gute Benetzbarkeit mit Wasser, die daraus resultiert, dass

die Adhäsionskräfte, die zwischen den Molekülen desselben Stoffs wirken, an einer Grenzfläche groß gegenüber den Kohäsionskräften sind, die zwischen den Molekülen desselben Stoffs wirken. Ist eine Oberfläche gut benetzbar, bildet ein Flüssigkeitstropfen darauf einen Kontaktwinkel aus, der kleiner als 90° ist, d.h. die Flüssigkeit kann sich auf der Oberfläche mehr oder weniger ausbreiten. Eine hydrophile Ausstattung einer Oberfläche führt also zur Bildung eines dünnen, geschlossenen Flüssigkeitsfilms. Durch den geschlossenen Flüssigkeitsfilm wird ein Abfließen der Staub- und Schmutzpartikel ermöglicht und somit eine dauerhafte Ansammlung von Staub und Schmutz reduziert. Da zudem die Wellrippenoberfläche durch die vergleichsweise dünne Wasserfilmbildung schneller abtrocknet, wird auch die Ansiedlung von Mikroorganismen auf der Wärmeübertrageroberfläche vermindert.

[0007] So ist beispielsweise in der CN 13242732 ein Aluminium-Wärmetauscher offenbart, der mit einer Schicht versehen ist, die unter anderem Nanopartikel auf der Basis von makromolekularen Tensiden und vernetzbaren, ungesättigten Monomeren enthält und korrosionsschützende und hydrophile Eigenschaften aufweist.

[0008] Des Weiteren ist aus der EP 1 154 042 A1 ein Wärmetauscher bekannt, bei dem die Wärmetauscheroberfläche nach einer saueren Reinigung mit einer chrom- oder zirkonhaltigen Konversionsschicht und einer hydrophilen Schicht auf Polymerbasis, die Silictpartikel mit einem Durchmesser zwischen 5 und 1000 nm enthält, versehen ist.

[0009] Aus der EP 0 128 514 A2 ist ein Verfahren zur Behandlung von Wärmeaustauscherflächen bekannt, die mit einem korrosionsschützenden Überzug versehen sind. Zur Aufbringung eines fest haftenden hydrophilen Überzuges wird der korrosionsschützende Überzug mit einer Dispersion nachbehandelt, wobei die Dispersion Tonerde-Feinpartikel mit einer Teilchengröße von 1 bis 100 Nanometer enthält.

[0010] Durch diese Art der Beschichtung sind in der Regel Kompromisse notwendig, so dass sich beispielsweise eine optimale Korrosionsbeständigkeit und eine gleichzeitig dauerhaft hydrophile Oberfläche zur Selbstreinigung nicht in gleicher Qualität erreichen lassen.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher der oben genannten Art zur Verfügung zu stellen, dessen Wärmeübertragungsoberflächen aus Aluminium oder Aluminiumverbindungen, mit einer Oberflächenbeschichtung versehen sind, die gegenüber dem Stand der Technik verbessert ist. Weiterhin soll ein besonders geeignetes Verfahren für eine derartige Oberflächenbeschichtung des genannten Wärmetauschers angegeben werden.

[0012] Bezüglich des Wärmetauschers wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem auf seinen Wärmeübertragungsoberflächen mehrere Schichten aufgebracht sind, wobei zur Beschichtung jeweils Nanopartikel eingesetzt sind.

[0013] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung

aus, dass die zugunsten einer langen Lebensdauer und einer verbesserten Leistungsfähigkeit für den Wärmetauscher gleichwertig verfolgten Auslegungsziele durch eine einzige Schicht nicht oder zumindest nicht befriedigend erreichbar sind. Dies gilt insbesondere für untereinander eigentlich divergierende Auslegungsziele, nämlich z. B. einerseits für einen optimierten Korrosionsschutz und andererseits für eine hydrophile Oberflächenausstattung. So begünstigt grundsätzlich gerade eine hydrophile oder wasseranziehende und somit feuchte Oberfläche die Schädigung oder Zerstörung von Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen. Zur Vermeidung von Korrosion ist damit grundsätzlich eine Unterbindung eines Kontakts von Werkstoff und Wasser durch eine hydrophobe Ausstattung erwünscht. Während für eine wirksame Selbstreinigung der Wärmeübertragungsoberflächen, wie oben beschrieben, eine hydrophile Ausstattung einer Oberfläche erwünscht ist, um die Bildung eines dünnen, geschlossenen Flüssigkeitsfilms zu fördern, der ein Abfließen der Staub- und Schmutzpartikel ermöglicht.

[0014] Um mehreren, oftmals sogar konträren, Auslegungszielen gerecht zu werden, ist daher eine Mehrfachbeschichtung vorgesehen, wobei jede Schicht für eine eigene spezifische Eigenschaft ertüchtigt ist. Bei einer Schicht können nämlich Fehler in der Schicht das Metall freilegen, so dass diese Stelle des Metalls, besonders bei einer hydrophilen Schicht, also einer flüssigkeitsanziehenden Schicht, eine geeignete Angriffsfläche für Korrosionsschäden bietet. Bei mehreren Schichten ist die Wahrscheinlichkeit, dass Fehler in den Schichten direkt übereinander liegen und das Metall freilegen geringer. Dies wirkt sich entsprechend positiv auf eine Reduzierung von Korrosionsschäden aus.

[0015] Beim Materialeinsatz für die Schichten spielen maßgeschneiderte Strukturen für die gewünschten Funktionen der Beschichtungssysteme, wie beispielsweise die Adhäsionskräfte, die zwischen den Molekülen verschiedener Stoffe wirken, eine bedeutende Rolle. Für die Ausbildung funktioneller Beschichtungen sind die Dimensionierungen oder Größenordnungen einzelner Komponenten und Gemische maßgeblich mitverantwortlich. Besonders kleine Partikel, insbesondere solche mit einer Größe von wenigen millionstel Millimetern, werden Nanopartikel genannt. Die kleinsten Nanopartikel sind Cluster von einigen hundert Molekülen und unterliegen den Gesetzen der Quantenmechanik, während für die größeren ihrer Art die Regeln der traditionellen Festkörperphysik gelten. Nanopartikel weisen im Vergleich zu größeren Teilchen derselben chemischen Zusammensetzung eine viel geringere Zahl von Baufehlern auf. Sie bieten daher aufgrund ihrer geometrischen und materialspezifischen Eigenheiten ein besonders großes und vielseitiges Wirkungsspektrum. Aus diesem Grund sind zur Beschichtung Nanopartikel eingesetzt.

[0016] Nanopartikel lassen sich beispielsweise durch Plasmaverfahren, Laserablation, Gasphasensynthese, Sol-Gel-Verfahren, Funkenerosion oder Kristallisation u.

a. herstellen.

[0017] Nanoskalige Partikel zeichnen sich durch ein besonders großes Oberflächen-Nutzen-Verhältnis aus. Weil die Haftkraft und die Bindung der Partikel mit zunehmender Oberfläche steigt, sind damit hergestellte Schichten in der Regel besonders kratz- und abriebfest. Dadurch bietet die derart ausgestattete Oberfläche keine Angriffsfläche für Beschädigungen der Schutzbeschichtung, wodurch beispielsweise Korrosionsschäden minimiert werden können. Durch stofflich entsprechend ausgewählte nanoskalige Zusätze wird der Korrosionsschutz zudem verbessert. Aufgrund ihrer Hydrophilie und der vergleichsweise großen Oberfläche sind diese Partikel hygroskopisch. Damit ist ihre Oberfläche feucht und sorgt für einen dünnen Flüssigkeitsfilm, der sowohl ein Abfließen der Staub- und Schmutzpartikel ermöglicht als auch durch das schnelle Abtrocknen des dünnen Flüssigkeitsfilms die Ansiedlung von Mikroorganismen vermindert. Jede Schicht des Wärmetauschers enthält daher stofflich unterschiedliche Nanopartikel.

[0018] Um eine verbesserte Leistungsfähigkeit und eine verlängerte Lebensdauer des Wärmetauschers sicherzustellen, weist zumindest eine Schicht korrosionsschützende Eigenschaften und zumindest eine weitere Schicht hydrophile und somit selbstreinigende Eigenschaften auf.

[0019] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung ist insbesondere aus Korrosionsschutzgründen vorzugsweise zuerst eine korrosionsschützende Schicht und vorteilhafterweise darauf eine hydrophile Schicht angeordnet. Damit ein besonders wirksamer Selbstreinigungseffekt erzielt wird, bildet die hydrophile Schicht vorzugsweise die Deckschicht der Mehrfachbeschichtung. Vorteilhafterweise weist die Schicht mit hydrophilen Eigenschaften einen Benetzungskontaktwinkel mit Wasser von kleiner oder gleich 60° auf, vorzugsweise von kleiner oder gleich 40° . Der Benetzungskontaktwinkel wird dabei durch die so genannte Sessile Drop-Methode bestimmt, die eine optische Kontaktwinkelmessung zur Bestimmung des Benetzungsverhaltens von Festkörpern darstellt.

[0020] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Wärmeübergangsoberflächen sind zweckmäßigerweise chromfreie, nicht toxische Zusätze zur Oberflächenbeschichtung verwendet. Dazu sind die Nanopartikel vorzugsweise aus organischen und/oder anorganischen Verbindungen von Aluminium, Silicium, Bor und/oder Übergangsmetallen, vorzugsweise der IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems, und/oder Cer in anorganischen und/oder organischen Lösungsmitteln gelöst und/oder dispergierter Form zur Beschichtung eingesetzt.

[0021] Für einen Einsatz des Wärmetauschers in Klimaanlagen, insbesondere in Kraftfahrzeugen, ist aus Effizienzgründen zweckmäßigerweise eine besonders dünne Beschichtung vorgesehen, die zu keiner wesentlichen Volumen- und Gewichtszunahme führt. Daher beträgt jede Schichtdicke vorteilhafterweise weniger als $1,5 \mu\text{m}$ oder gleich $1,5 \mu\text{m}$, vorzugsweise weniger als $1 \mu\text{m}$.

oder gleich 1 μm , und die Gesamtschichtdicke weniger als 5 μm oder gleich 5 μm .

[0022] Bezüglich des Verfahrens zur Oberflächenbehandlung von Wärmetauschern wird die genannte Aufgabe gelöst, indem auf einer Anzahl von Wärmeübertragungsoberflächen aus Aluminium oder Aluminiumverbindungen, mehrere Schichten aufgebracht werden, wobei zur Beschichtung Nanopartikel eingesetzt werden.

[0023] Dabei werden vorteilhafterweise Nanopartikel aus organischen und/oder anorganischen Verbindungen von Aluminium, Silicium, Bor und/oder Übergangsmetallen, vorzugsweise der IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems, und/oder Cer in anorganischen und/oder organischen Lösungsmitteln gelöster und/oder dispergierter Form zur Beschichtung eingesetzt.

[0024] Das Aufbringen der Schichten erfolgt vorteilhafterweise durch Tauchen, Fluten oder Sprühen, wobei die einzelnen Schichten, insbesondere für einen besonders schnellen Schichtaufbau, direkt nacheinander, in so genannter Nass-in-Nass-Technik, mit einmaliger Trocknung aufgebracht werden.

[0025] In alternativer Ausgestaltung des Verfahrens werden die einzelnen Schichten vorzugsweise in getrennten Behandlungsschritten mit jeweiliger Zwischentrocknung aufgebracht.

[0026] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch eine Mehrfachbeschichtung von Wärmeübertragungsoberflächen, wobei zur Beschichtung Nanopartikel eingesetzt sind, ein Wärmetauscher zur Verfügung gestellt wird, der verschiedene, zum Teil auch divergierende Anforderungen gewährleistet. Durch den ausgewählten Einsatz von nanoskalierten Partikeln aus unterschiedlichen Materialien wird die gewünschte Funktionalität der Wärmeübertragungsoberflächen erreicht. Auf diese Art und Weise der Oberflächenbeschichtung kann beispielsweise der Korrosionsschutz oder die Härte und Kratzfestigkeit verbessert werden, ferner können selbstreinigende und antimikrobielle Oberflächen hergestellt werden. Für sowohl einen verbesserten Korrosionsschutz als auch gleichzeitig einen verbesserten Selbstreinigungseffekt durch Hydrophilisierung der Wärmeübertragungsoberflächen ist zumindest eine korrosionsbeständige Schicht und zumindest eine weitere, insbesondere darauf angeordnete, hydrophile Schicht vorgesehen. Infolge der vorgenannten verbesserten Eigenschaften wird eine erhöhte Gebrauchs- und/oder Leistungsfähigkeit des Wärmetauschers erreicht.

[0027] Als ein Ausführungsbeispiel ist ein Wärmetauscher, insbesondere ein Verdampfer für Klimaanlage in Kraftfahrzeugen, mit einer Zweifachbeschichtung seiner Wärmeübertragungsoberflächen aus Aluminiumsubstrat vorgesehen. Die Nanopartikel für die jeweilige Schicht werden dabei nach einem Sol-Gel-Verfahren hergestellt.

[0028] Selbstverständlich lässt sich je nach erwünschtem Anforderungsprofil auf die Wärmeübertragungsoberflächen auch eine Mehrfachbeschichtung applizieren,

und selbstverständlich können sich die für jede Schicht stofflich unterschiedlichen Nanopartikel auch durch andere Prozesse als das Sol-Gel-Verfahren, wie beispielsweise durch das Plasmaverfahren, die Laserablation, Gasphasensynthese, Funkenerosion oder die Kristallisation u. a., herstellen lassen.

[0029] Im Ausführungsbeispiel erfolgt das Aufbringen einer ersten korrosionsbeständigen und nicht hydrophilen Schicht oder der entsprechend ausgestalteten Grundsicht durch Tauchbehandlung in einer organisch modifizierten anorganischen Sol-Gel-Schicht mit wasserbasiertem Lösungsmittel. Durch anschließendes Trocknen bei einer Temperatur im Bereich 100 - 150°C für 10 Minuten wird sie ausgehärtet. Die erzeugte Schichtdicke beträgt weniger als 1 μm . Als zweite Schicht oder die Deckschicht wird eine weitere organisch modifizierte anorganische Sol-Gel-Schicht mit wasserbasiertem Lösungsmittel durch Tauchbehandlung aufgebracht. Sie unterscheidet sich in der chemischen Zusammensetzung von der darunter liegenden Schicht. Die zweite Schicht oder die Deckschicht wird erneut bei 100 - 150°C für 10 Minuten ausgehärtet. Ihre Oberfläche hat einen hydrophilen Charakter und weist einen Benetzungskontaktwinkel mit Wasser von kleiner als 40° auf. Diese Hydrophilie ist auch bei dauerhafter Einwirkung von Kondenswasser beständig, so dass der Kontaktwinkel auch nach einer Kondensatwasserbelastung von über 1000 Stunden nach dem Kondenswasserkonstantklimatest gemäß DIN 50017-KK noch immer unter 40° beträgt. Die Gesamtschichtdicke des Schichtaufbaus aus Grund- und Deckschicht beträgt maximal 2 μm .

[0030] Damit ist durch die erste Schicht oder die Grundsicht ein optimaler Korrosionsschutz gewährleistet, und durch die Erzeugung der funktionellen hydrophilen Deckschicht wird der Wasserablauf auf der Wärmeübertragungsoberfläche verbessert. Dadurch wird das Abfließen von Staub und Schmutz von der Oberfläche begünstigt, und durch die vergleichsweise dünne Wasserfilmbildung ist eine schnellere Abtrocknung der Oberfläche gewährleistet. Diese Selbstreinigungs- und schnellen Abtrocknungseigenschaften minimieren den Bewuchs von Mikroorganismen. Durch alle diese Faktoren wird die Gebrauchs- und/oder Leistungsfähigkeit von Wärmetauschern mit derart beschichteten Wärmeübertragungsoberflächen verbessert.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher, Insbesondere Verdampfer für Klimaanlage in Kraftfahrzeugen, mit einer Anzahl von Wärmeübertragungsoberflächen aus Aluminium oder Aluminiumverbindungen, auf die mehrere Schichten aufgebracht sind, wobei zur Beschichtung Nanopartikel eingesetzt sind, wobei zumindest eine Schicht korrosionsschützende Eigenschaften und zumindest eine weitere, vorzugsweise darauf angeordnete, Schicht hydrophile Eigenschaften aufweist.

set, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Schicht stofflich unterschiedliche Nanopartikel enthält.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, bei dem die Schicht mit hydrophilen Eigenschaften einen Benetzungskontaktwinkel mit Wasser von kleiner oder gleich 60°, vorzugsweise von kleiner oder gleich 40°, aufweist. 5
3. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei dem die Nanopartikel aus organischen und/oder anorganischen Verbindungen von Aluminium, Silicium, Bor und/oder Übergangsmetallen, vorzugsweise der IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems, und/oder Cer in anorganischen und/oder organischen Lösungsmitteln gelöster und/oder dispergierter Form zur Beschichtung eingesetzt sind. 10
4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem jede Schichtdicke weniger als 1,5 µm oder gleich 1,5 µm beträgt, vorzugsweise weniger als 1 µm oder gleich 1 µm, und bei dem die Gesamtschichtdicke weniger als 5 µm oder gleich 5 µm beträgt. 15
5. Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Wärmetauschern, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem auf einer Anzahl von Wärmeübertragungsoberflächen aus Aluminium oder Aluminiumverbindungen, mehrere Schichten aufgebracht werden, wobei zur Beschichtung Nanopartikel eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Schicht stofflich unterschiedliche Nanopartikel enthält. 20
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Nanopartikel aus organischen und/oder anorganischen Verbindungen von Aluminium, Silicium, Bor und/oder Übergangsmetallen, vorzugsweise der IV. und V. Nebengruppe des Periodensystems, und/oder Cer in anorganischen und/oder organischen Lösungsmitteln gelöster und/oder dispergierter Form zur Beschichtung eingesetzt werden. 25
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, bei dem das Aufbringen der Schichten durch Tauchen, Fluten oder Sprühen erfolgt, wobei die einzelnen Schichten direkt nacheinander ohne jeweilige Zwischentrocknung aufgebracht werden. 30
8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, bei dem das Aufbringen der Schichten durch Tauchen, Fluten oder Sprühen erfolgt, wobei die einzelnen Schichten in getrennten Behandlungsschritten mit jeweiliger Zwischentrocknung aufgebracht werden. 35

Claims

1. As heat exchanger, in particular an evaporator for air conditioning systems in motor vehicles, comprising a number of heat transfer surfaces made of aluminium or aluminium compounds onto which a plurality of layers is applied, wherein nanoparticles are used for coating, wherein at least one layer has anticorrosive properties and at least one further layer, which is preferably disposed thereupon, has hydrophilic properties, **characterized in that** each layer contains nanoparticles which differ with respect to material. 5
2. The heat exchanger according to claim 1, in which the layer having hydrophilic properties has a wet contact angle of less than or equal to 60°, preferably less than or equal to 40°. 10
3. The heat exchanger according to one of the claims 1 to 2, in which the nanoparticles comprising organic and/or anorganic compounds of aluminium, silicon, boron and/or transition metals, preferably of the IV and V subgroup of the periodic table, and/or cerium in anorganic and/or organic solvents in dissolved and/or dispersed form are used for coating. 15
4. The heat exchanger according to one of the claims 1 to 3, in which the thickness of each layer is less than 1.5 µm or equal to 1.5 µm, preferably less than 1 µm or equal to 1 µm, and wherein the total layer thickness is less than 5 µm or equal to 5 µm. 20
5. A method for the surface treatment of heat exchangers, in particular according to one of the claims 1 to 4, in which a plurality of layers is applied onto a number of heat transfer surfaces made of aluminium or aluminium compounds, wherein nanoparticles are used for coating, **characterized in that** each layer contains nanoparticles which differ with respect to material. 25
6. The method according to claim 5, in which the nanoparticles comprising organic and/or anorganic compounds of aluminium, silicon, boron and/or transition metals, preferably of the IV and V subgroup of the periodic table, and/or cerium in anorganic and/or organic solvents in dissolved and/or dispersed form are used for coating. 30
7. The method according to claim 5 or 6, in which the layers are applied by way of immersion, flooding or spraying, wherein the individual layers are applied directly one after the other without intermediate drying. 35
8. The method according to claim 5 or 6, in which the layers are applied by way of immersion, flooding or 40

spraying, wherein the individual layers are applied in separate handling steps with intermediate drying.

Revendications

1. Echangeur de chaleur, en particulier évaporateur pour des systèmes de climatisation dans des véhicules automobiles, comprenant un certain nombre de surfaces de transmission de chaleur, en aluminium ou dans des composés d'aluminium, surfaces sur lesquelles sont appliquées plusieurs couches, où des nanoparticules sont utilisées pour le revêtement, où au moins une couche présente des propriétés protégeant contre la corrosion, et au moins une autre couche, de préférence disposée par-dessus, présente des propriétés hydrophiles, **caractérisé en ce que** chaque couche contient des nanoparticules différentes du point de vue du matériau. 5 10 15 20
2. Echangeur de chaleur selon la revendication 1, dans lequel la couche ayant des propriétés hydrophiles présente un angle de mise en contact par imprégnation avec de l'eau, inférieur ou égal à 60°, de préférence inférieur ou égal à 40°. 25
3. Echangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel l'on utilise, pour le revêtement, les nanoparticules de composés organiques et / ou anorganiques d'aluminium, de silicium, de bore et / ou de métaux transitoires, de préférence du IV^e et du V^e sous-groupe de la classification périodique des éléments, et / ou de cérium dans des solvants anorganiques et / ou organiques se présentant sous une forme dissoute et / ou dispersée. 30 35
4. Echangeur de chaleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel chaque épaisseur de couche est inférieure à 1,5 µm ou égale à 1,5 µm, de préférence inférieure à 1 µm ou égale à 1 µm, et dans lequel l'épaisseur de couche totale est inférieure à 5 µm ou égale à 5 µm. 40
5. Procédé de traitement de surface d'échangeurs de chaleur, en particulier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel plusieurs couches sont appliquées sur un certain nombre de surfaces de transmission de chaleur, en aluminium ou dans des composés d'aluminium, où des nanoparticules sont utilisées pour le revêtement, **caractérisé en ce que** chaque couche contient des nanoparticules différentes du point de vue du matériau. 45 50
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'on utilise, pour le revêtement, les nanoparticules de composés organiques et / ou anorganiques d'aluminium, de silicium, de bore et / ou de métaux transi-

toires, de préférence du IV^e et du V^e sous-groupe de la classification périodique des éléments, et / ou de cérium dans des solvants anorganiques et / ou organiques se présentant sous une forme dissoute et / ou dispersée.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel l'application des couches est effectuée par immersion, injection ou pulvérisation, où les différentes couches sont appliquées directement les unes après les autres, sans séchage intermédiaire respectif.
8. Procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel l'application des couches est effectuée par immersion, injection ou pulvérisation, où les différentes couches sont appliquées suivant des étapes de traitement séparées, comportant un séchage intermédiaire respectif.

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

- CN 13242732 [0007]
- EP 1154042 A1 [0008]
- EP 0128514 A2 [0009]