



(11) **EP 2 407 744 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.01.2012 Patentblatt 2012/03

(51) Int Cl.:
F28F 19/02^(2006.01) F28F 21/08^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11005335.2**

(22) Anmeldetag: **30.06.2011**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **14.07.2010 DE 202010010188 U**

(71) Anmelder: **Erbslöh Aluminium GmbH
42553 Velbert (DE)**

(72) Erfinder:
• **Sucke, Norbert William
47269 Duisburg (DE)**
• **Breindl, Reiner
45527 Hattingen (DE)**
• **Boyraz, Ismail
44809 Bochum (DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte
Buse, Mentzel, Ludewig
Kleiner Werth 34
42275 Wuppertal (DE)**

(54) **Wärmetauscher mit Korrosionsschutzschicht, Verfahren zur Herstellung eines solchen Wärmetauschers und seine Verwendung**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher mit Einzelkomponenten aus Aluminiumlegierungsmaterial, der eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit besitzt. Dazu besitzen zumindest die Einzelkomponenten, die durch Hartlötten miteinander verbunden sind, eine äußere Korrosionsschutzschicht aus mindestens 50 Gew% Silici-

umdioxid. Des Weiteren umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines korrosionsbeständigen Wärmetauschers und seine Verwendung, insbesondere als Abgaskühler.

EP 2 407 744 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher mit Einzelkomponenten aus Aluminiumlegierungsmaterial, der eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit besitzt. Des Weiteren umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines korrosionsbeständigen Wärmetauschers und seine Verwendung.

[0002] Wärmetauscher im Automobilbereich bestehen heutzutage fast ausschließlich aus Aluminiummaterial. Die Lebensdauer und Haltbarkeit der Wärmetauscher wird wesentlich durch ihre Korrosionsbeständigkeit beeinflusst. Die meisten Aluminiumlegierungen weisen aufgrund ihrer natürlichen Oxidschicht zwar eine Korrosionsbeständigkeit auf, diese ist jedoch für viele Anwendungszwecke nicht ausreichend, insbesondere wenn die Bauteile aus Aluminiummaterial stark sauren bzw. stark basischen Medien ausgesetzt sind. Solche Medien können Umwelteinflüsse sein oder die Bauteile kommen mit solchen Substanzen im Herstellungsprozess in Berührung. Unter anderem werden Einzelkomponenten des Wärmetauschers, wie beispielsweise die von dem Wärmeaustauschmedium durchströmten Flachrohre und die den Wärmeaustausch verbessernden Lamellen, miteinander durch Hartlöten verbunden. Hierzu werden diese Einzelkomponenten des Wärmetauschers mit Lot und Flussmittel beschichtet, wobei nach dem Hartlöten das Flussmittel auf den Wärmetauscherkomponenten verbleibt. Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit wurden daher verbesserte Lot/Flussmittelmischungen entwickelt, insbesondere nichtkorrosive Flussmittel, wie beispielsweise Lithiumkryolith. Eine andere Entwicklungsrichtung zielte in der Vergangenheit auf verbesserte Werkstoffe mit einer höheren Korrosionsbeständigkeit. Dabei handelt es sich insbesondere um Aluminiumlegierungen mit hohen Gewichtsanteilen an Mangan (> 0,4 Gew%) sowie hohen Anteilen an Kupfer (> 0,1 Gew%). Bei diesen verbesserten Aluminiumwerkstoffen wird die höhere Korrosionsbeständigkeit jedoch mit einer schlechteren Extrudierbarkeit erkauft. Durch die schlechtere Extrudierbarkeit erhöht sich der Werkstoffverschleiß beim Strangpressen, was neben den höheren Werkstoffkosten auch zu höheren Werkzeugkosten führt.

[0003] Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass die aus dem Automobilbau bekannten Wärmetauscher nicht ausreichend korrosionsbeständig für eine Anwendung bei der Gebäudeklimatisierung sind. Insbesondere bei großen Gebäuden, wie beispielsweise Hotels, befinden sich solche Klimaanlageanlagen auf dem Dach. Diese Klimaanlageanlagen sind starken Umweltbelastungen ausgesetzt, zum einen durch Industriestäube, die edlere Metalle wie Eisen, Kupfer oder Titan enthalten können und damit bei dem unedleren Werkstoff Aluminium Korrosion bewirken. Zum anderen kann aber auch eine Chlorbelastung, welche durch gechlortes Wasser der Hotelpools hervorgerufen wird, Korrosionsursache sein.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es einen Wärmetauscher mit einer höheren Korrosionsbe-

ständigkeit und damit größeren Anwendungsbreite zur Verfügung zu stellen.

[0005] Diese Aufgabe wird mit einem Wärmetauscher mit den Merkmalen des Anspruchs 1 erfüllt. Dieser neue Wärmetauscher besitzt Einzelkomponenten aus Aluminiumlegierungsmaterial, wobei die Einzelkomponenten oder zumindest ein Teil der Einzelkomponenten in bekannter Weise durch Hartlöten miteinander verbunden sind. Des Weiteren besitzt dieser Wärmetauscher zusätzlich eine äußere Korrosionsschutzschicht, welche die verlöteten Einzelkomponenten abdeckt und an den Einzelkomponenten haftet. Diese Korrosionsschutzschicht enthält im Wesentlichen Siliciumdioxid. Diese äußere Korrosionsschutzschicht enthält mindestens 50 Gew% Siliciumdioxid, vorzugsweise mehr als 50 Gew% Siliciumdioxid. Das Siliciumdioxid liegt vorzugsweise als kolloidales Siliciumdioxid vor und kann noch kieselsäurehaltige Verbindungen enthalten. Die Korrosionsschutzschicht hat einen lackartigen Charakter und ist gegen Säuren und Alkalien stabil.

[0006] Durch diese äußere Korrosionsschutzschicht werden Teile oder alle Einzelkomponenten des Wärmetauschers abgedeckt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht die gesamte äußere Oberfläche des Wärmetauschers aus dieser Korrosionsschutzschicht. Damit werden vor allen Dingen auch die verlöteten Einzelkomponenten geschützt. Das nach dem Verlöten auf den Einzelkomponenten verbliebende Flussmittel und die Lötstellen werden von der Korrosionsschutzschicht abgedeckt und bieten damit keine Angriffspunkte für chemische Reaktionen mit Substanzen, mit welchen der Wärmetauscher durch Umweltbelastungen in Berührung kommt.

[0007] Zum Hartlöten werden in der Regel die Grundprofile, wie beispielsweise Rohre oder flache Hohlprofile, mit einem Lotmittel bestehend aus Lot, Flussmittel und gegebenenfalls einem Binder beschichtet. Die Binder-substanz trägt dazu bei, dass Lot und Flussmittel besser an dem Grundprofil aus Aluminiumlegierungsmaterial haften. Als Lot wird in der Regel ein Lot aus einer Aluminium-Silicium-Legierung (AlSi-Lot) oder ein Lot aus Silicium (Si-Lot) verwendet. Das Lot stellt beim Hartlöten die stoffschlüssige Verbindung zwischen dem Aluminiumlegierungsmaterial der Einzelkomponenten her und das Flussmittel bewirkt, dass an den zu lötenden Stellen, die bestehende Oxidschicht auf den aus Aluminiummaterial bestehenden Einzelkomponenten entfernt wird und eine Neubildung der Oxidschicht während des Lötvorgangs verhindert wird. Als nichtkorrosive Flussmittel werden insbesondere Kaliumfluorid (KF), Lithiumfluorid (LiF), Calciumfluorid (CaF₂), Zinkfluorid (ZnF₂), Aluminiumfluorid (AlF₃), Siliciumfluorid (SiF₄), Kaliumzinkfluoride (KZnF₃, KZnF₄) oder Mischungen aus diesen Komponenten verwendet. Weitere Lotmittel sind einsetzbar.

[0008] Bei einer Ausführungsform eines Wärmetauschers werden gleichzeitig mehrere parallel zueinander angeordnete Flachrohre mit zwischen den Flachrohren vorgesehenen Lamellen durch Hartlöten verbunden. Die

Flachrohre, durch die das Wärmeaustauschmedium strömt, münden endseitig in Sammelbehältern. Auch diese Verbindung zwischen den Flachrohren und den Sammelbehältern kann durch Hartlötten erzielt werden. Darüber hinaus sind verschiedene Verbindungsmöglichkeiten von Wärmetauscherprofilen mit weiteren Teilen des Wärmetauschers, wie beispielsweise Anschlussstücken und anderen Einzelkomponenten, über andere Verbindungsverfahren möglich. Zur Vorbereitung der Hartverlötung werden in der Regel die Flachrohre mit dem Lotmittel beschichtet, insbesondere bevorzugt unmittelbar nach dem Strangpressen eines Hohlprofilstrangs. Der aus den Einzelkomponenten zusammengebaute Wärmetauscher wird in bekannter Weise einem Lötprozess zugeführt, wobei vorzugsweise gleichzeitig alle Lötverbindungen durch Hartlötten gebildet werden. Das nicht verbrauchte Flussmittel verbleibt auf den Einzelkomponenten des Wärmetauschers. Der Binder wird beim Hartlötten zersetzt.

[0009] Bei den Grundprofilen kann es sich um Rohre oder Hohlprofile mit einem rechteckigen, ovalen oder anderen beliebigen Querschnitt handeln, vorzugsweise werden die Grundprofile stranggepresst. Neben Rohren und Hohlprofilen, die ausschließlich einen medienführenden Kanal besitzen, sind auch Mehrkammerhohlprofile, Verbundprofile oder Koaxialrohre als Einzelkomponenten des Wärmetauschers einsetzbar. Die Grundprofile werden nach dem Einsatzzweck des Wärmetauschers ausgewählt. In den Kanälen der Rohre oder Hohlprofile können rippenartige kurze abragende Stege vorgesehen sein, die durch Strangpressen erzeugt werden und den Wärmeaustausch verbessern. Abhängig von dem Medium, das die Grundprofile des Wärmetauschers durchströmt und mit der Innenwandung in Berührung kommt, ist es auch möglich, die Innenwandung dieser Grundprofile mit einer Korrosionsschutzschicht, die im Wesentlichen aus Siliciumdioxid besteht, zu versehen. Auf diese Weise wird auch die Korrosionsbeständigkeit des Wärmetauschers gegenüber diesen Medien erhöht.

[0010] Der besondere Vorteil der zusätzlichen Korrosionsschutzschicht auf dem Wärmetauscher besteht zum einen in der erhöhten Korrosionsbeständigkeit und der damit einhergehenden längeren Haltbarkeit des Wärmetauschers. Als zusätzlicher Vorteil kann des Weiteren herausgestellt werden, dass die Grundprofile aus gut verformbaren Aluminiumlegierungen hergestellt werden können, insbesondere aus preiswerteren Standard-Aluminiumlegierungen, wie EN1050 oder EN5102, also Aluminiumlegierungen mit geringeren Anteilen an Mangan (höchstens 0,4 Gew%) und geringen Anteilen an Kupfer (höchstens 0,1 Gew%). Diese Aluminiumlegierungen sind gut extrudierbar, so dass sich der Werkstoffverschleiß gegenüber den korrosionsbeständigeren Aluminiumlegierungen mit höheren Mangan- und Kupfergehalten wesentlich verringert.

[0011] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass Wärmetauscher mit diesen Korrosi-

onsschutzschichten aus Siliciumdioxid einen breiteren Anwendungsbereich haben, nämlich zum einen für die Gebäudeklimatisierung, da sie den bekannten Umweltbelastungen, wie beispielsweise den Industriestäuben oder den Chlorbelastungen in der Nähe von Hotelpools, standhalten können.

[0012] Darüber hinaus eröffnet sich die Möglichkeit, solche Wärmetauscher aus Aluminiummaterial auch für Abgaskühler von Kraftfahrzeugen zu verwenden. Diese Abgaskühler haben die Aufgabe, das aus dem Kraftfahrzeug abgeführte Abgas zu kühlen und zurückzuführen. Bisher werden hierfür im Wesentlichen Wärmetauscher aus teurem Edelstahl verwendet, da Edelstahl gegenüber den aggressiven Kondensaten eine ausreichende Korrosionsbeständigkeit besitzt. In seltenen Fällen wurden bereits Aluminiumguss-Wärmetauscher als Abgaskühler eingesetzt, die eine ausreichende Lebensdauer nur aufgrund sehr hoher Wanddicken haben. Damit wird jedoch nicht der wesentliche Vorteil des Einsatzes von Aluminiummaterialien, nämlich deren geringes Gewicht, ausgenutzt. Ein erfindungsgemäßer Wärmetauscher mit Schutzschichten aus Siliciumdioxid kann auch für Abgaskühler eingesetzt werden, ohne dass für die Grundprofile des Wärmetauschers erhöhte Wanddicken vorgesehen werden müssen. Damit steht für die Abgaskühlung ein gegenüber dem Edelstahl-Wärmetauscher leichter Aluminium-Wärmetauscher zur Verfügung, der darüber hinaus günstiger in der Herstellung ist.

[0013] Der vorgeschriebene korrosionsbeständige Wärmetauscher wird in folgender Weise erhalten. Die aus Aluminiumlegierungsmaterial bestehenden Einzelkomponenten, wie beispielsweise Grundprofile, Lamellen, Sammelbehälter, werden zu einem Wärmetauscher vormontiert. Insbesondere die Grundprofile weisen für die Hartlötverbindung eine Lotmittelbeschichtung auf. Selbstverständlich ist es auch möglich, andere oder sämtliche Einzelkomponenten mit einer entsprechenden Lotmittelbeschichtung zu versehen. Nach dem Zusammenbau der metallischen Einzelkomponenten zu einem Wärmetauscher erfolgt der Hartlötprozess, in der Regel in einem entsprechenden Ofen. Bei diesem Hartlötprozess werden die zu verlötenden Einzelkomponenten fest zu einem stabilen Wärmetauscher verbunden, wobei das Lotmittel eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den aus Aluminiummaterial bestehenden Einzelkomponenten herbeiführt. Nach dem Hartlötprozess befindet sich das für den Hartlötprozess notwendige Flussmittel noch auf der Oberfläche des Wärmetauschers. Es ist nicht notwendig, dieses Flussmittel vom Wärmetauscher zu entfernen. Es wird unmittelbar auf die Oberfläche des Wärmetauschers eine festhaftende Schicht aufgebracht. Diese Schicht deckt die äußere Oberfläche des Wärmetauschers teilflächig oder vollständig ab.

[0014] Bei der Beschichtungssubstanz handelt es sich um Substanzen, die Siliciumdioxid enthalten oder um Substanzen, die zu Siliciumdioxid umgewandelt werden können. Letztere sind beispielsweise Substanzen aus der Gruppe der Kieselsäuren, Polysiloxane, Silikonharze

oder Silicate. Aus Monokieselsäure $\text{Si}(\text{OH})_4$, Dikieselsäure $(\text{HO})_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{OH})_3$, Trikieselsäure $(\text{HO})_3\text{Si}-\text{O}-\text{Si}(\text{OH})_2-\text{O}-\text{Si}(\text{OH})_3$ oder Polykieselsäure $\text{H}_2\text{n}+2\text{SiO}_3\text{n}+1$) kann durch Kondensation, d.h. Wasserabspaltung, Siliciumdioxid gebildet werden. Polysiloxane lassen sich im wässrigen Medium unter Alkoholabspaltung in Siliciumdioxid umwandeln. Siliconharze werden bei erhöhter Temperatur katalytisch in Kieselsäure umgewandelt und Silicate lassen sich in sauren Medien in Silicone bzw. Kieselsäure umwandeln, so dass sämtliche vorgenannte Beschichtungssubstanzen in nachfolgenden Verfahrensschritten, insbesondere bei erhöhter Temperatur, dem sogenannten "Einbrennen" eine Siliciumdioxid-Schutzschicht auf der Oberfläche des beschichteten Wärmetauschers ergeben.

[0015] Die vorgenannten Beschichtungssubstanzen können durch Aufsprühen oder durch Aufspritzen, durch einen Tauchvorgang oder durch Bestreichen auf die Oberflächen der Einzelkomponenten des Wärmetauschers aufgebracht werden. Es ist auch möglich, den Wärmetauscher in einem kontinuierlichen Beschichtungsprozess durch einen Beschichtungsvorhang zu fahren. Die Beschichtungssubstanz kann allein oder mit weiteren Substanzen als Mischung aufgetragen werden. Die Beschichtungssubstanz allein wird als Dispersion, als Lösung oder als Gel aufgetragen.

[0016] Bei der aufgetragenen oder entstehenden Siliciumdioxid-Schutzschicht handelt es sich um eine Korrosionsschutzschicht, die klar bis opak ist. Bei geringen Schichtdicken beeinflusst die Korrosionsschutzschicht den Wärmeübergang, beispielsweise zwischen einem durch ein Grundprofil eines Wärmetauschers strömendes Wärmeaustauschmedium mit der Umgebungsluft, nicht nachweisbar.

[0017] Es hat sich herausgestellt, dass eine gleichmäßig auf der gesamten Außenoberfläche des Wärmetauschers verteilte Korrosionsschutzschicht mit einer geringen Schichtdicke von bereits wenigen Mikrometern eine wesentliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit zeigt.

[0018] Zur Erhöhung der Haftfestigkeit der Schutzschicht kann der Wärmetauscher nach dem Hartlöten mit Wasserdampf behandelt werden, so dass sich an der Oberfläche des aus Aluminiumlegierungsmaterial bestehenden Wärmetauschers eine Böhmitschicht bildet. Es hat sich gezeigt, dass diese Böhmitschicht eine bessere Anhaftung der nachfolgenden Beschichtung ermöglicht.

[0019] Auch das nach dem Löten auf den Aluminiumkomponenten des Wärmetauschers verbleibende Flussmittel trägt zur Haftfestigkeit der Schutzschicht bei. Es ist daher günstig, wenn die Flussmittelbeschichtung auf den Einzelkomponenten gleichmäßig war, vorzugsweise im Bereich von 2 bis 7 g/m² liegt.

[0020] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird nach dem Hartlöten des Wärmetauschers dieser, bevor die Beschichtung zur Bildung der Schutzschicht vorgenommen wird, einer Behandlung mit alkalischen oder sauren Medien unterzogen. Bei dieser Be-

handlung, die zu fettfreien Oberflächen der aus Aluminiummaterial bestehenden Einzelkomponenten des Wärmetauschers führt, hat sich wiederum herausgestellt, dass sich die Benetzbarkeit bei der nachfolgenden Beschichtung verbessert.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher mit Einzelkomponenten jeweils aus Aluminiumlegierungsmaterial, wobei zumindest ein Teil der Einzelkomponenten durch Hartlöten miteinander verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die miteinander verlöteten Einzelkomponenten eine äußere Korrosionsschutzschicht aus mindestens 50 Gew% Siliciumdioxid besitzen.
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrosionsschutzschicht gleichmäßig verteilt über die gesamte Außenoberfläche des Wärmetauschers vorliegt.
3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Grundprofile mit mindestens einem Strömungskanal für ein Wärmeaustauschmedium, Lamellen und gegebenenfalls Sammelbehälter als Einzelkomponenten des Wärmetauschers eingesetzt sind, wobei die Grundprofile mit den Lamellen und/oder den Sammelbehältern durch 1-Hartlöten verbunden sind.
4. Wärmetauscher nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Innenwandung der Sammelbehälter und/oder die Innenwandung der Kanäle der Grundprofile zusätzlich mit einer Korrosionsschutzschicht aus mindestens 50 Gew% Siliciumdioxid versehen ist.
5. Wärmetauscher nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rohre oder Hohlprofile als Grundprofile eingesetzt sind, vorzugsweise stranggepresste Hohlprofile, stranggepresste Mehrkammerprofile, stranggepresste Verbundprofile oder stranggepresste Koaxialrohre.
6. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundprofile aus einer gut verformbaren Aluminiumlegierung bestehen, wobei der Anteil an Mangan in der Legierung höchstens 0.4 Gew% und der Anteil an Kupfer in der Legierung höchstens 0.1 Gew% beträgt.
7. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Reste des Lotmittels, welches der Hartverlotung von Einzelkomponenten des Wärmetauschers diente, von der Korrosionsschutzschicht abgedeckt sind, wobei das Lot-

mittel ein Lot und ein nichtkorrosiven Flussmittel ist, vorzugsweise ein AlSi-Lot oder ein Si-Lot sowie ein Flussmittel ausgewählt aus Kaliumfluorid (KF), Lithiumfluorid (LiF), Calciumfluorid (CaF₂), Zinkfluorid (ZnF₂), Aluminiumfluorid (AlF₃), Siliciumfluorid (SiF₄), Kaliumzinkfluoride (KZnF₃, KZnF₄) und Mischungen daraus.

8. Verwendung eines Wärmetauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Kühlung und Klimatisierung von Kraftfahrzeugen und Gebäuden, beispielsweise als Kühler, als Verdampfer, als inneren Wärmetauscher einer Klimaanlage oder als Abgaskühler.

9. Verfahren zur Herstellung eines korrosionsbeständigen Wärmetauschers aus Einzelkomponenten aus Aluminiumlegierungsmaterial, **gekennzeichnet durch** nachfolgende Verfahrensschritte:

- Bereitstellung der aus Aluminiumlegierungsmaterial bestehenden Einzelkomponenten eines Wärmetauschers, wobei zumindest ein Teil der Einzelkomponenten mit einem Lotmittel zum Hartverlöten beschichtet ist,

- Zusammenbau der Einzelkomponenten des Wärmetauschers,

- Durchführung eines Hartlötprozesses, um die Einzelkomponenten zu einem stabilen gelöteten Wärmetauscher zu verbinden,

- teilflächiges oder ganzflächiges Aufbringen einer Schutzschicht einer Beschichtungssubstanz auf die Oberfläche des gelöteten Wärmetauschers, wobei die Beschichtungssubstanz ausgewählt ist aus der Gruppe der Kieselsäuren, Polysiloxane, Silikonharze, Silikonate oder eine Siliciumdioxid enthaltene Beschichtungsmischung ist,

- Wärmebehandlung zur Bildung einer festhaftenden Siliciumdioxid-Schutzschicht auf der Oberfläche des Wärmetauschers.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtungssubstanz durch Aufsprühen, durch Aufspritzen, durch Tauchen, durch Bestreichen oder mittels eines Beschichtungsvorhangs erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Hartlöten der Wärmetauscher mit Wasserdampf behandelt wird, so dass sich an der Oberfläche der aus Aluminiumlegierungsmaterial bestehenden Einzelkomponenten des Wärmetauschers eine Böhmitschicht bildet, welche die Anhaftung der nachfolgenden Beschichtung der Schutzschicht unterstützt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **da-**

durch gekennzeichnet, dass nach dem Hartlöten der Wärmetauscher einer Behandlung mit alkalischen oder sauren Medien unterzogen wird, wodurch sich die Benetzbarkeit für die nachfolgende Beschichtung mit der Schutzschicht verbessert.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lotmittelbeschichtung ein Lot und ein nichtkorrosives Flussmittel enthält, vorzugsweise ein AlSi-Lot oder ein Si-Lot sowie ein Flussmittel ausgewählt aus KF, LiF, CaF₂, ZnF₂, AlF₃, SiF₄, KZnF₃, KZnF₄ oder Mischungen daraus.