



(11) **EP 1 925 808 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.05.2008 Patentblatt 2008/22**

(51) Int Cl.:  
**F02M 25/07 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07022450.6**

(22) Anmeldetag: **20.11.2007**

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

(71) Anmelder: **Behr GmbH & Co. KG**  
**70469 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Englert, Peter, Dipl.-Ing.**  
**74177 Bad Friedrichshall (DE)**  
• **Boger, Snjezana, Dr.**  
**73734 Esslingen (DE)**  
• **Pfitzer, Matthias, Dipl.-Ing.**  
**73779 Deizisau (DE)**

(30) Priorität: **21.11.2006 DE 102006054723**

(54) **Wärmetauscher, insbesondere Abgaswärmetauscher**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere Abgaswärmetauscher, mit mindestens einer von einem Medium, insbesondere von Abgas, beaufschlagten Fläche aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder Edelstahl, die mit einer Beschichtung versehen ist.

Die Beschichtung ist durch eine hohe Temperatur, insbesondere eine erstmalige hohe Betriebstemperatur, in eine korrosionsbeständige, teileramische und/oder schwer benetzbare, insbesondere oleophobe, Schutzschicht umsetzbar und/oder umgesetzt.

**EP 1 925 808 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere Abgaswärmetauscher, mit mindestens einer von einem Medium, insbesondere von Abgas, beaufschlagten Fläche aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder Edelstahl, die mit einer Beschichtung versehen ist. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines vorab beschriebenen Wärmetauschers.

**[0002]** Abgas, vorwiegend aus Dieselmotoren, führt in Abgaswärmetauschern zusammen mit Feuchtigkeit und Temperatur zu Korrosionsangriffen auf die verwendeten metallischen Werkstoffe. Zum Schutz vor Korrosion können temperaturbeständige Beschichtungen verwendet werden.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen Wärmetauscher mit einer gegenüber dem Stand der Technik verbesserten Schutzschicht bereit zu stellen.

**[0004]** Die Aufgabe ist bei einem Wärmetauscher, insbesondere Abgaswärmetauscher, mit mindestens einer von einem Medium, insbesondere von Abgas, beaufschlagten Fläche aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder Edelstahl, die mit einer Beschichtung versehen ist, dadurch gelöst, dass die Beschichtung durch eine hohe Temperatur, insbesondere eine erstmalige hohe Betriebstemperatur, in eine korrosionsbeständige, teilerkeramische und/oder schwer benetzbare, insbesondere oleophobe, Schutzschicht umsetzbar und/oder umgesetzt ist. Die Beschichtung kann also vorteilhaft vor der ersten Inbetriebnahme des Wärmetauschers als Innenbeschichtung auf der Abgasseite aufgebracht werden. Vorteilhaft kann diese Beschichtung durch eine hohe Temperatur in die notwendige Schutzschicht umgesetzt werden. Dies kann beispielsweise vor der ersten Inbetriebnahme in einem Ofen geschehen. Es ist jedoch auch möglich, den Wärmetauscher zunächst mit der noch nicht umgesetzten Beschichtung auszuliefern und zu montieren. Vorteilhaft wandelt sich diese Beschichtung bei der ersten Inbetriebnahme durch die dabei auftretende hohe Betriebstemperatur automatisch in die wünschenswerten und notwendige abgasseitige Schutzschicht um.

**[0005]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Wärmetauschers ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung und/oder die Schutzschicht katalytisch wirkende Additive aufweist. Vorteilhaft kann hierdurch der Anteil an nicht verbrannten Kohlenwasserstoffen und/oder an Ruß reduziert werden. Dadurch kann die Leistung eines an den Abgaswärmetauscher gekoppelten Motors optimiert werden, also ein optimaler Wärmeübergang des Abgaswärmetauschers gewährleistet werden. Die Additive können dazu direkt in die Schutzschicht eingebaut sein.

**[0006]** Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Wärmetauschers ist dadurch gekennzeichnet, dass die Additive mikroverkapselt sind. Durch die Mikroverkapselung kann eine Depotwirkung erzielt werden, so dass der Katalysator über längere Zeit kontinuierlich ab-

gegeben wird.

**[0007]** Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Wärmetauschers ist dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung und/oder die Schutzschicht Nanopartikel aufweist. Durch die Nanopartikel kann die Haftung der Schutzschicht sowie deren Beständigkeit gegen Abrieb erhöht werden.

**[0008]** Bei einem Verfahren zur Herstellung eines vorab beschriebenen Wärmetauschers, insbesondere eines Abgaswärmetauschers, ist die oben angegebene Aufgabe durch folgenden Schritt gelöst: Umsetzen der Beschichtung durch die hohe Temperatur, insbesondere während des Betriebs durch die hohe Betriebstemperatur des Abgaswärmetauschers, in die Schutzschicht. Vorteilhaft kann also ein mit der Beschichtung versehener Wärmetauscher durch eine einfache Temperaturbehandlung mit der Schutzschicht versehen werden, besonders vorteilhaft lediglich durch die erste Inbetriebnahme des Wärmetauschers.

**[0009]** Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist durch folgenden Schritt gekennzeichnet: Umsetzen der Beschichtung in einem Ofen. Durch die Umsetzung in einem Ofen kann eine gleichmäßig hohe Temperatur, also eine gleichmäßige Umsetzung der Beschichtung, erreicht werden.

**[0010]** Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist durch folgenden Schritt gekennzeichnet: Umsetzen beim erstmaligen Erreichen der hohen Betriebstemperatur. Durch diesen Schritt kann also der Abgaswärmetauscher bereits nach der ersten Inbetriebnahme mit der notwendigen Schutzschicht versehen werden.

**[0011]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel des Verfahrens ist durch folgenden Schritt gekennzeichnet: Umsetzen der Beschichtung in eine korrosionsbeständige, teilerkeramische und/oder schwer benetzbare, insbesondere oleophobe, Schutzschicht. Hierdurch kann der Wärmetauscher also nicht nur besonders dauerhaft gegen Korrosion geschützt werden, sondern auch während des Betriebes vor den Wirkungsgrad reduzierenden Verschmutzungen bewahrt werden.

**[0012]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind.

**[0013]** Die Erfindung betrifft einen Abgaswärmetauscher aus Aluminium oder Edelstahl. Der Abgaswärmetauscher weist einen Hohlraum und/oder einen Kanal auf, der im Betrieb des Abgaswärmetauschers von Abgas durchströmt wird. Der Hohlraum weist eine Beschichtung mit einem Beschichtungsstoff auf. Der Beschichtungsstoff kann katalytisch wirkende Additive enthalten, welche den Anteil an Kohlenwasserstoffen und Ruß im Abgas reduzieren. Dadurch wird die Leistung eines an den Abgaswärmetauscher gekoppelten Motors positiv beeinflusst und die Leistungsminderung des Abgaswärmetauschers während des Betriebs des Motors verringert. Diese Additive können direkt in der Beschich-

tung eingebaut sein oder auch mikroverkapselt in Form von Mikrokapseln in die Schicht eingebaut sein. Dabei können die Mikrokapseln eine Depotwirkung aufweisen und die Additive beziehungsweise den Katalysator über einen längeren Zeitraum abgeben. Außerdem ist es möglich, dass der Beschichtungsstoff auf Nanotechnologie basiert, also Nanopartikel enthält. Hierdurch kann beispielsweise die Haftung der Beschichtung sowie deren Beständigkeit gegen Abrieb erhöht werden.

**[0014]** Die Beschichtungsstoffe können beispielsweise polymerisierbare (oder polykondensierbare) metallorganische Verbindungen aufweisen wie zum Beispiel metallorganische Verbindungen auf Ti-, Zr-, Si-Basis (Silane, Siloxane, Silazane, Silikate) wie Tetra-n-Propoxysilan, Zirkonium-n-Propoxid, Titanium-n-Propoxid; Trialkoxysilane, die Vinyl-, Methacryl- oder Epoxy-Einheiten und/oder deren mit Fluor, Chlor, Brom und/oder Jod hallogenierte Derivate.

**[0015]** Ferner ist es möglich, als Beschichtungsstoff Polymersysteme, die bei hohen Temperaturen vernetzen und durch Abspaltung von niedermolekularen Verbindungen in hochtemperaturbeständige Formen übergehen (zum Beispiel organische Silikonverbindungen (zum Beispiel Silikonharze), Polyamid-Imid-Lacke oder ähnliche) einzusetzen. Solche Systeme können strahlungs-, temperatur- oder chemisch aushärtend sein.

**[0016]** Als katalytisch wirkende Additive können Elemente und deren Verbindungen aus der VIII. Nebengruppe (Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium, Platin) verwendet werden. Außerdem können die Additive Mischmetalloxide aus Metallen der V. - VIII. Nebengruppe aufweisen, zum Beispiel Vanadium und/oder Mangan.

**[0017]** Der Beschichtungsstoff kann auch Partikel aufweisen und/oder aus Partikeln bestehen.

**[0018]** Die Partikel können beispielsweise Oxide, Oxidhydrate, Nitride und/oder Carbide von Hauptgruppenelementen, wie zum Beispiel Aluminium, Silizium, Indium, Bor, und/oder Übergangsmetalle vorzugsweise der IV. und V. Nebengruppe und/oder Cer und/oder Zink und/oder metallische Partikel aus zum Beispiel Silizium, Aluminium, Zirkon, Titan aufweisen. Ferner ist es möglich, mit den vorgenannten Stoffen oder Verbindungen beschichtete und/oder aufgepfropfte Partikel vorzusehen.

**[0019]** Außerdem kann es sich bei den Partikeln um metallische Partikel der Elemente und deren Verbindungen aus der VIII. Nebengruppe (Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium, Platin) handeln.

**[0020]** Die Partikel können eine Größe zwischen 1 und 50.000 Nanometer aufweisen. Vorzugsweise weisen die Partikel eine Größe zwischen 1 und 1.000 Nanometer, vorzugsweise zwischen 1.000 und 10.000 Nanometer, bevorzugt zwischen 10.000 und 50.000 Nanometer auf.

**[0021]** Die Mikrokapseln können die zu den Additiven und Partikeln aufgeführten Stoffe und/oder Verbindungen enthalten.

**[0022]** Die aufgeführten Beschichtungsstoffe der Be-

schichtung beziehungsweise der Schutzschicht können abhängig von der Löslichkeit und dem Aggregatzustand als Lösung in einem organischen und/oder anorganischen Lösungsmittel oder als Dispersion, in der eine chemische Verbindung, insbesondere Salz als Feststoff, eingearbeitet wurde und/oder als Aerosol appliziert werden.

**[0023]** Die Applikation des Beschichtungsstoffes kann über nach dem Stand der Technik verfügbare Verfahren erfolgen. Insbesondere kann der Beschichtungsstoff durch Tauchen, Zwangsfluten, Befüllen, Bedampfen und/oder Beaufschlagen mit Aerosolen erfolgen. Es ist möglich, überschüssigen Beschichtungsstoff durch Ausfließen aus dem Wärmetauscher zu entfernen. Darüber hinaus ist es möglich, den Entleerungsvorgang beispielsweise durch Schleudern und/oder Ausblasen zu beschleunigen.

**[0024]** Die so aufgebrauchte Schutzschicht wird nach der Applikation getrocknet. Die Trocknung erfolgt bei Temperaturen zwischen 60° C und 150° C, bevorzugt zwischen 80° C und 110° C.

**[0025]** Die lediglich getrocknete Schicht weist noch nicht die vorteilhaften Eigenschaften aus.

**[0026]** Die Ausbildung der vorteilhaften Schichteigenschaften erfolgt bei hohen Temperaturen, kann also unabhängig von dem Trocknungsvorgang, beispielsweise zu einem späteren Zeitpunkt, erfolgen. Vorteilhaft kann die Behandlung durch die hohen Temperaturen während des Betriebs des Wärmetauschers, zum Beispiel während des Betriebs eines dazugehörigen Fahrzeuges, erfolgen. Es ist jedoch auch möglich, eine separate Wärmebehandlung bei hohen Temperaturen vorzunehmen, beispielsweise in einem Ofen und/oder durch Beaufschlagen des Wärmetauschers mit einem heißen Medium, beispielsweise mit Heißluft. Vorteilhaft kann durch die Temperaturbehandlung eine Verdichtung der Beschichtung, beziehungsweise eine Umsetzung der Beschichtung in die Schutzschicht, also eine Umsetzung des vorher aufgebrauchten und getrockneten Beschichtungsstoffes, erzielt werden. Die sich bei den hohen Temperaturen ausbildende Schicht besitzt die korrosionsschützenden Eigenschaften. Darüber hinaus kann die ausgebildete Schutzschicht teilerkeramisch und/oder schwer benetzbar sein, insbesondere oleophob. Die erforderlichen Temperaturen zur Ausbildung der Schichteigenschaften liegen in einem Bereich höher als 250° C. Vorteilhaft können die Schutzschichten in einem Temperaturbereich zwischen 250° C und 350° C, vorzugsweise 300° C bis 1000° C, bevorzugt 250° C bis 500° C, bevorzugt 300° C bis 700° C, bevorzugt 350° C bis 450° C, bevorzugt 400° C bis 550° C, bevorzugt 500° C bis 700° C, liegen.

**[0027]** Der Wärmetauscher kann Metalle, wie beispielsweise Aluminium und Aluminiumlegierungen aufweisen. Geeignet sind auch Stähle, insbesondere Chromnickelstähle, Nickelbasislegierungen, Kupfer, Bronze, Messing sowie Titan und Titanlegierungen.

**[0028]** Vorteilhaft kann die Beschichtung beziehungsweise die Schichtzusammensetzung auf die jeweilige

Betriebstemperatur des Wärmetauschers, insbesondere des Abgaswärmetauschers beziehungsweise Ladeluftkühlers, angepasst werden. Außerdem kann die Schichtzusammensetzung auf das Material des Wärmetauschers abgestimmt werden.

5

- Umsetzen der Beschichtung in eine korrosionsbeständige, teilkeramische und/oder schwer benetzbare, insbesondere oleophobe, Schutzschicht.

## Patentansprüche

1. Wärmetauscher, insbesondere Abgaswärmetauscher, mit mindestens einer von einem Medium, insbesondere von Abgas, beaufschlagten Fläche aus Metall, insbesondere aus Aluminium oder Edelstahl, die mit einer Beschichtung versehen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung durch eine hohe Temperatur, insbesondere eine erstmalige hohe Betriebstemperatur, in eine korrosionsbeständige, teilkeramische und/oder schwer benetzbare, insbesondere oleophobe, Schutzschicht umsetzbar und/oder umgesetzt ist. 10  
15  
20
2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung und/oder die Schutzschicht katalytisch wirkende Additive aufweist. 25
3. Wärmetauscher nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Additive mikroverkapselt sind. 30
4. Wärmetauscher nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung und/oder die Schutzschicht Nanopartikel aufweist. 35
5. Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauschers, insbesondere eines Abgaswärmetauschers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** folgenden Schritt: 40
  - Umsetzen der Beschichtung **durch** die hohe Temperatur, insbesondere während des Betriebs **durch** die hohe Betriebstemperatur des Abgaswärmetauschers, in die Schutzschicht. 45
6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **gekennzeichnet durch** folgenden Schritt: 50
  - Umsetzen der Beschichtung in einem Ofen. 50
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6, **gekennzeichnet durch** folgenden Schritt: 55
  - Umsetzen der Beschichtung beim erstmaligen Erreichen der hohen Betriebstemperatur. 55
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **gekennzeichnet durch** folgenden Schritt: