

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. Juni 2011 (03.06.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/064199 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2010/068010
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
23. November 2010 (23.11.2010)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2009 055 608.7
25. November 2009 (25.11.2009) DE
- (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **BEHR GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Mauserstr. 3, 70469 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **TRAUB, Matthias** [DE/DE]; Friederica-Kocher-Str. 32, 70825 Kornthal-Münchingen (DE). **GRÜNENWALD, Bernd** [DE/DE]; Börlenbergweg 2, 72622 Nürtingen (DE). **EILEMANN, Andreas** [DE/DE]; In den Steiggärten 13, 71729 Erdmannhausen (DE). **GÖRDELER, Matthias** [DE/DE]; Burgstallstr. 62, 70199 Stuttgart (DE). **TÜRPE, Matthias** [DE/DE]; Ziegelstr. 13, 71672 Marbach a. N. (DE).
- (74) **Anwalt:** **GRAUEL, Andreas**; Intellectual Property, G-IP, Mauserstr. 3, 70469 Stuttgart (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** SOLDERED ALUMINUM HEAT EXCHANGER

(54) **Bezeichnung :** GELÖTETER ALUMINIUM-WÄRMEÜBERTRAGER

(57) **Abstract:** The invention relates to a soldered aluminum heat exchanger, having tubes made of a core material through which tubes a coolant flows, and said tubes being connected to at least one header by means of an inner soldered joint; having a protective plating on the inner face of the core material comprising aluminum and using four-layer technology; having an inner solder plating on the protective plating; and having an outer solder plating on the outer face of the tube facing away from the coolant face.

(57) **Zusammenfassung:** Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager, mit durch eine Innen-Lötung mit zumindest mit einem Kopfteil verbundenen, Kühlmittel durchflossenen Rohren aus einem Kern-Werkstoff; mit in Vierschicht-Technik einer Aluminium enthaltenden Schutzplattierung an der Innenseite des Kern-Werkstoffes; und mit einer Innen-Lotplattierung auf der Schutzplattierung; sowie mit einer Außen-Lotplattierung auf der der Kühlmittelseite abgewandten Außenseite des Rohres.



WO 2011/064199 A2

5

10

Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager

15 Die Erfindung betrifft gelötete Aluminium-Wärmeübertrager.

Für die Herstellung von gelöteten Aluminium-Wärmeübertragern werden unter anderem Rohre als Bauteile eingesetzt. Die Rohre können sowohl geschweißt, gefaltet und anschließend verlötet oder auch extrudiert sein.

20

Die DE 102005059717 A1 offenbart eine Vorrichtung zum Austausch von Wärme zwischen einem säurehaltigen Gas und einem Wärmetauschermedium, mit zumindest einem Strömungskanal für das säurehaltige Gas, der im Wesentlichen aus Aluminium und/oder einer Aluminiumlegierung besteht.

25

Die DE 1677069 B betrifft ein Verfahren zum Herstellen aus zwei Aluminiumplatten und einer Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

30

Die DE 60200818 T2 betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Wärmetauschers, umfassend Rohre aus einer Legierung, die jeweils eine thermisch mit Zn besprühte Schicht, die an der jeweiligen Oberfläche ausgebildet ist, und eine Lotschicht aufweist, die an der thermisch aufgesprühten Zn-Schicht un-

- 2 -

ter Verwendung eines pulverförmigen Lots aus einer Aluminium-Legierung ausgebildet ist, die aus 5 bis 60 Gew.-% Si und im Übrigen aus Al und unvermeidbaren Verunreinigungen zusammengesetzt ist, und die mit einem Kopfteil aus Al oder einer Al-Legierung verlötet sind, die eine Lotschicht aufweist, die unter Verwendung eines pulverförmigen Lots aus einer Al-Legierung gebildet ist, die aus 5 bis 60 Gew.-% Si und im Übrigen aus Al und unvermeidbaren Verunreinigungen besteht.

Die DE 909789 (C) betrifft ein Lötmedium, insbesondere zum Hartlöten von Aluminium oder Aluminiumlegierungen, und seine Anwendung.

Die DE 4120748 A1 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Wärmetauschern, deren Rohrsystem aus Flachrohrschlangen, vorzugsweise aus Leichtmetall besteht, welche an den ebenen Rohrseiten mit einem Lot beschichtet werden, wobei die ebenen Seiten des Rohres in den gestreckten Rohrbereichen der Flachrohrschlange an den Stellen, welche mit wellen- oder zickzackförmig gebogenen Lamellen verbunden werden sollen, mit einer Lötpaste beschichtet werden.

Die Korrosionsbeständigkeit von aus Blechen geformten und dann geschweißten oder gelöteten Aluminium-Rohren kann durch eine Schutzplattierung auf der Innenseite erhöht werden. Üblicherweise wird hierfür eine Zinkhaltige Aluminiumlegierung verwendet.

Nachteilig bei der Herstellung bekannter Aluminium-Wärmeübertrager aus Aluminiumrohren mit einer zinkhaltigen Schutzplattierung auf der Innenseite ist jedoch, dass dann keine Innenverlötung mehr möglich ist. Eine solche Innenverlötung ist zur Erhöhung der mechanischen Stabilität jedoch wünschenswert.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, gelötete Aluminium-Wärmeübertrager mit einer Erhöhung der Beständigkeit gegenüber kühlmittel-

- 3 -

telseitiger Korrosion und unter Vermeidung der aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu schaffen, die eine hohe Lebensdauer aufweisen und einfach herzustellen sind.

- 5 Diese Aufgabe wird gelöst durch einen gelöteten Aluminium-Wärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch einen gelöteten Aluminium-Wärmeübertrager mit den Merkmalen nach Anspruch 5.

10 Der erfindungsgemäße gelötete Aluminium-Wärmeübertrager ist durch eine Innen-Lötung mit zumindest mit einem Kopfteil verbundenen, Kühlmittel durchflossenen Rohren aus einem Kern-Werkstoff, mit in Vierschicht-Technik einer Aluminium enthaltenden Schutzplattierung an der Innenseite des Kern-Werkstoffes; und mit einer Innen-Lotplattierung auf der Schutzplattierung sowie mit einer Außen-Lotplattierung auf der der Kühlmittelseite abgewandten Außenseite des Rohres, gekennzeichnet. Grundidee ist es, einen
15 gelöteten Aluminium-Wärmeübertrager zu schaffen, der auf der Kühlmittelseite eine Schutzplattierung mit einer darauf angeordneten weiteren Lotplattierung besitzt. Die Schutzplattierung auf der Leichtmetallkomponente hat unterschiedliche Funktionen und Vorteile.

20 Beispielsweise können Plattierungen weitaus dicker als galvanische Überzüge eingestellt werden und weisen zudem in sich homogene, geschlossene Oberflächen auf. Auch kann eine signifikante Erhöhung der Heißgaskorrosionsbeständigkeit erzielt werden.

25 Das Aluminium in der Schutzplattierung kann in Reinform oder in Form einer Legierung vorliegen.

30 Bevorzugt kann die Schutzplattierung eine zinkhaltige Aluminiumlegierung enthalten. Die Schutzplattierung kann dabei aus jeder beliebigen Aluminiumlegierung unter Zusatz von Zink bestehen. Im Rahmen der vorliegenden Er-

- 4 -

findung haben sich Schutzplattierungen mit unedleren Elementen wie Zink als besonders vorteilhaft erwiesen.

5 Beispielsweise kann die Schutzplattierung eine Aluminium-Mangan Basislegierung mit Zugabe von 0,2 bis 10 Gewichts % Zink, insbesondere zwischen 1 und 8 Gewichts % bzw. zwischen 2 und 6 Gewichts % Zink enthalten, um eine ähnliche mechanische Festigkeit wie in der Kernlegierung zu erreichen. Diese Werte haben sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen.

10

Ein Ausführungsform sieht vor, dass eine Zinklegierung für die Schutzlegierung im Sinne einer Zink-Diffusionstiefe von 20-200 μm , insbesondere 40-150 μm bzw. insbesondere 50-120 μm und einem maximalen Zink-Gehalt von 0,1 bis 8 Gewichts %, insbesondere 0,5 bis 6 Gewichts %, vorteilhafter 1 bis 4 Gewichts %, geschaffen werden kann, jeweils ermittelt an der Oberfläche der Kühlmittelseite, insbesondere der Innenoberfläche eines durchflossenen Rohres des Aluminium-Wärmeübertragers. Diese Werte haben sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen.

20 Ein weiterer erfindungsgemäßer gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager kann mit durch eine Innenlötung mit zumindest mit einem Kopfteil, insbesondere mit einem Boden bzw. Deckel verbundenen, mit einem Kühlmittel beflussten Rohren aus einem Kern-Werkstoff; mit in Vierschicht-Technik einer Lotplattierung auf der Kühlmittelseitigen Innenseite, insbesondere 4045 bzw. 25 4343 mit 10 % Dicke, und mit einer Lotplattierung auf der der Kühlmittelseite abgewandten Außenseite des Kern-Werkstoffes sowie mit einer Zn-haltigen Schutzplattierung unterhalb dieser Lotplattierung, insbesondere aus 3XXX mit X% Zn (X=0,2 – 20%) oder 7XXX mit Y% Zn (Y=0,2 – 20%), sowie aus zielorientierten Modifikationen aus zulegierten Elementen wie Mn, Cu, Si sowie 30 wie Fe, geschaffen werden. Diese Werte haben sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung als besonders vorteilhaft erwiesen.

- 5 -

Denkbar wäre auch der Einsatz einer 1XXX Aluminiumlegierung (Reinaluminium) mit mindestens 99 % Aluminium.

5 Bereits geringe Zusätze der Legierungselemente Magnesium, Silicium, Kupfer, Zink oder Mangan ändern sehr stark die Eigenschaften des reinen Aluminiums. Insbesondere werden Festigkeit und Härte gesteigert, die elektrische Leitfähigkeit gesenkt, während die Umformbarkeit nur gering nachlässt.

10 Beispielsweise kann vorgesehen sein, eine zusätzliche Schutzplattierung auf der Innenseite vorzusehen.

15 Eine weitere Ausführungsform sieht einen gelöteten Aluminium-Wärmeübertrager mit durch eine Innenlötung mit zumindest mit einem Kopfteil, insbesondere mit einem Boden oder Deckel verbundenen, von einem Kühlmittel beflossenen Rohren aus einem Kern-Werkstoff; mit einer Lotplattierung, insbesondere 4045 bzw. 4343 mit 10% Dicke, auf der Innenseite; und mit einer Zn-haltigen Schutzplattierung auf der Außenseite der zusammenzubauenden Teile des Wärmeübertragers, vor.

20 Vorzugsweise kann eine Anwendung des gelöteten Aluminium-Wärmeübertragers in einem Kondensator oder einem Verdampfer vorgesehen sein.

25 Als Kernlegierung kann jede für Wärmetauscherrohre übliche Kernlegierung verwendet werden. Je nach zum Einsatz kommenden Innenverlötungsverfahren, kann die Kernlegierung beispielsweise Magnesium enthalten.

Wird eine Mg-haltige Kernlegierung verwendet, kann die Innenverlötung flussmittelfrei erfolgen. Wird eine Mg-freie Kernlegierung verwendet, kann die Innenverlötung flussmittelbehaftet erfolgen.

30

Die Aufbringung des Flussmittels kann dabei wahlweise vor der Rohrfertigung auf das Bandmaterial (Coil-Flux), in-line während der Rohrfertigung

- 6 -

oder nach der Rohrfertigung durch beispielsweise Tauchen der Rohre oder des kompletten Wärmeübertragers in Flussmittelsuspension erfolgen.

5 Beispielsweise kann in Bezug auf das Bandmaterial (Coil-Flux) die Flussmittelbeschichtung vollständig oder lediglich partiell aufgebracht werden.

Durch die leichteren Wärmeübertrager kann der Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen reduziert werden. Im Vergleich zum Laserschweißen sind die im Lötverfahren hergestellten Wärmeübertrager günstiger und erlauben
10 höhere Durchsatzzahlen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben sind. Dabei können
15 die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

Es zeigen:

20 Fig. 1 schematischer Vierschichtaufbau eines Rohres zur Bildung eines gelöteten Aluminium-Wärmeübertragers;

Fig. 2 schematisch dargestellte erste Rohrgeometrie;

25 Fig. 3 schematisch dargestellte zweite Rohrgeometrie;

Fig. 4 schematisch dargestellte dritte Rohrgeometrie.

Fig. 1 zeigt den schematisch dargestellten Vierschichtaufbau eines Rohrs 1
30 zur Schaffung eines gelöteten Aluminium-Wärmeübertragers.

- 7 -

Das Rohr 1 besteht aus einem Kern-Werkstoff 2 sowie einer Aluminium enthaltenden Schutzplattierung 3 an der Innenseite des Kern-Werkstoffes 2. Ferner ist eine Innen-Lotplattierung 4 auf der Schutzplattierung 3 sowie eine Außen-Lotplattierung 5 auf der der Kühlmittelseite abgewandten Außenseite 6 des Rohres 1 vorgesehen.

Fig. 2 zeigt eine schematisch dargestellte erste Rohrgeometrie im Querschnitt. Das Rohr 7 ist hierbei als geschweißtes Sickenrohr ausgebildet. Die Sicke 8 kann manuell oder maschinell hergestellt sein und bildet eine rinnenförmige Vertiefung 9 im Rohr 7, die im Wesentlichen zur Erhöhung der Steifigkeit dient.

Fig. 3 zeigt eine schematisch dargestellte zweite Rohrgeometrie im Querschnitt. Das Rohr 10 ist hierbei als gelötetes Sickenrohr ausgebildet. Die Sicke 11 kann manuell oder maschinell hergestellt sein und bildet eine rinnenförmige Vertiefung 12 im Rohr 10, die im Wesentlichen zur Erhöhung der Steifigkeit dient.

Fig. 4 zeigt eine schematisch dargestellte dritte Rohrgeometrie im Querschnitt. Das Rohr 13 kann hierbei als geschweißtes, gelötetes oder extrudiertes Stegrohr ausgebildet sein.

Patentansprüche

- 5
1. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager, a.) mit durch eine Innen-
Lötung mit zumindest mit einem Kopfteil verbundenen, Kühlmittel
durchflossenen Rohren (1, 7, 10, 13) aus einem Kern-Werkstoff (2);
b.) mit in Vierschicht-Technik einer Aluminium enthaltenden Schutz-
10 plattierung (3) an der Innenseite des Kern-Werkstoffes (2); und c.) mit
einer Innen-Lotplattierung (4) auf der Schutzplattierung (3); sowie d.)
mit einer Außen-Lotplattierung (5) auf der der Kühlmittelseite abge-
wandten Außenseite des Rohres.
- 15
2. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager nach Anspruch 1, e.) mit einer
Schutzplattierung (3) enthaltend eine zinkhaltige Aluminiumlegierung.
3. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager nach Anspruch 1, f.) mit einer
Schutzplattierung (3) enthaltend eine Aluminium-Mangan Basislegie-
20 rung mit Zugabe von 0,2 bis 10 Gewichts % Zink, insbesondere zwi-
schen 1 und 8 Gewichts % bzw. zwischen 2 und 6 Gewichts %.
- 25
4. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager nach zumindest einem der
Ansprüche 1 bis 3, g.) mit einer Zinklegierung für die Schutzlegierung
im Sinne einer Zink-Diffusionstiefe von 20-200 μm , insbesondere 40-
150 μm bzw. insbesondere 50-120 μm und einem maximalen Zink-
Gehalt von 0,1 bis 8 Gewichts %, insbesondere 0,5 bis 6 Gewichts %,
vorteilhafter 1 bis 4 Gewichts %, jeweils ermittelt an der Oberfläche
der Kühlmittelseite, insbesondere der Innenoberfläche eines durch-
30 flossenen Rohres des Aluminium-Wärmeübertragers.
5. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager, - mit durch eine Innenlötung
mit zumindest mit einem Kopfteil, insbesondere mit einem Boden bzw.

- 9 -

- Deckel verbundenen, mit einem Kühlmittel beflussten Rohren aus einem Kern-Werkstoff; - mit in Vierschicht-Technik einer Lotplattierung auf der Kühlmittelseitigen Innenseite, insbesondere 4045 bzw. 4343 mit 10 % Dicke, und - mit einer Lotplattierung auf der der Kühlmittel-
- 5 seite abgewandten Außenseite des Kern-Werkstoffes; und - mit einer Zn-haltigen Schutzplattierung unterhalb dieser Lotplattierung, insbesondere aus 3XXX mit X% Zn ($X=0,2 - 20\%$) oder 7XXX mit Y% Zn ($Y=0,2 - 20\%$), sowie aus zielorientierten Modifikationen aus zulegierten Elementen wie Mn, Cu, Si sowie Fe.
- 10 6. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager nach Anspruch 5, - mit einer zusätzlichen Schutzplattierung auf der Innenseite.
- 15 7. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager nach Anspruch 5, - mit durch eine Innenlötung mit zumindest mit einem Kopfteil, insbesondere mit einem Boden oder Deckel verbundenen, von einem Kühlmittel beflussten Rohren aus einem Kern-Werkstoff; - mit einer Lotplattierung, insbesondere 4045 bzw. 4343 mit 10% Dicke, auf der Innenseite; und
- 20 - mit einer Zn-haltigen Schutzplattierung auf der Außenseite der zusammenzubauenden Teile des Wärmeübertragers.
- 25 8. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager gemäß zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, mit Anwendung in einem Kondensator oder einem Verdampfer.
9. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager gemäß zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Mg-haltigen Legierung für den Kern-Werkstoff (2) und einer flussmittelfreien Innenverlötung.
- 30 10. Gelöteter Aluminium-Wärmeübertrager gemäß zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Mg-freien Legierung für den Kern-Werkstoff (2) und einer flussmittelbehafteten Innenverlötung.

