

(19)



(11)

**EP 2 518 428 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**31.10.2012 Patentblatt 2012/44**

(51) Int Cl.:  
**F28D 9/00** <sup>(2006.01)</sup> **F28F 21/08** <sup>(2006.01)</sup>  
**F28F 9/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **12165983.3**

(22) Anmeldetag: **27.04.2012**

(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**

(72) Erfinder: **Angermann, Hans-Heinrich**  
**70599 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter: **Grauel, Andreas**  
**Grauel IP**  
**Patentanwaltskanzlei**  
**Presselstraße 10**  
**DE-70191 Stuttgart (DE)**

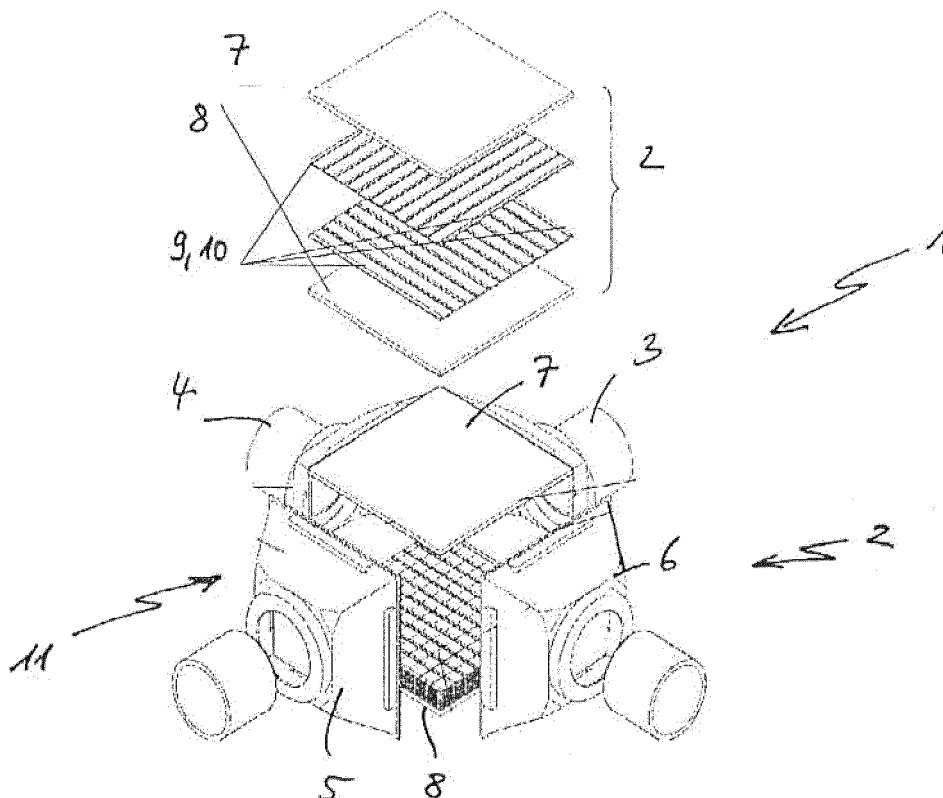
(30) Priorität: **28.04.2011 DE 202011005693 U**

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

### (54) **Schichtwärmeübertrager**

(57) Die Erfindung betrifft einen Schichtwärmeübertrager (1), insbesondere ferritisch geschweißter Wärmeübertrager für Hochtemperaturanwendung, dessen Schichtplatten (9, 10) zwischen Deckplatten (7, 8) und/

oder äußerem Gehäuse (11) gehalten sind, dadurch gekennzeichnet, dass den Deckplatten (7, 8) und/oder dem Gehäuse (11) fertigungsmäßig Aluminium beigegeben ist.



**EP 2 518 428 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Schichtwärmeübertrager, insbesondere geschweißten ferritischen Wärmeübertrager für Hochtemperaturanwendungen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1.

**[0002]** Ein derartiger Schichtwärmeübertrager wird beispielsweise von der Anmelderin in der DE 10328274 A1 offenbart. Hier sind - von Deckplatten eingerahmt - geeignet konturierte Bleche, ggf. alternierend mit Lotfolien, in einer Kassettivorrichtung gestapelt, geeignet vorgepresst und unter Beibehaltung der Spannung Kästen aufgeschweißt. Diese Kästen haben den Doppelnutzen als verlorene Lötvorrichtung die Vorspannung zu halten und die Stoffzufuhr zum Wärmeübertrager zu gewährleisten. Wenn keine Lotfolien verwendet werden sollen, kann Lot auf verschiedene Art und Weise auch von extern und zwar vor dem Aufschweißen der Kästen zugeführt werden. Der so vorbehandelte Schichtwärmeübertrager wird anschließend durch Löten abgedichtet.

**[0003]** Ferner wird in der DE 10 2007 056 182 A1 der Anmelderin ein Schichtwärmeübertrager offenbart, bei dem der innere Wärmeübertragerblock vom nach außen abdichtenden Gehäuse durch eine Entkopplungsvorrichtung mechanisch getrennt ist. Die Entkopplungsvorrichtung kann beispielsweise eine Mineralfasermatte oder ein formgepresstes Drahtgestrick, ggf. mit Füllung oder Folienumhüllung sein. Nachteilig ist hier, dass zwar die thermomechanische Entkopplung gewährleistet ist, jedoch über die Entkopplungsvorrichtung ein Leckstrom von einer Flut zur anderen Flut erfolgt, der die Wärmeübertragungsleistung beeinträchtigt.

**[0004]** Die DE 10 2009 022 984 A1 offenbart einen Wärmeübertrager, der relativ zu einem weichen Kern aus beispielsweise Al-haltigen ferritischen Edelstählen ein hochwarmfesten Gehäuse, bestehend beispielsweise aus einer Ni-Legierung, aufweist. Der Kern ist hochduktil, um Spannungen während des Hochheizens aufzunehmen. Der Grundwerkstoff enthält genügend Aluminium, um Korrosionserscheinungen wie Oxidation oder Cr-Abdampfung zu minimieren. Die hohe Festigkeit und Warmfestigkeit des Kastenmaterials gewährleistet, dass die Komponente nach außen dicht bleibt, so dass unter keinen Umständen Wasserstoff austreten kann.

**[0005]** Nachteilig an den aus dem Stand der Technik bekannten Schichtwärmeübertragern, insbesondere der DE 10 2009 022 984 A1, ist jedoch, dass bei einer Anwendung in Verbindung mit einem APU (Auxiliary Power Unit) und den dortigen langen Laufzeiten von 15 bis 20 Th so viel Aluminium vom Al-haltigen ferritischen Grundwerkstoff in das Deckplatten- und Kartenmaterial aus Ni-Legierungen abdiffundiert, dass im Al-haltigen Ferriten der kritische Gehalt an Al unterschritten wird, um die schützende  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht ausbilden zu können. Es kommt dadurch zu einer so genannter breakaway (katastrophalen) Oxidation mit Entwicklung von Undichtigkeiten im Schichtwärmeübertrager.

**[0006]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrun-

de, einen verbesserten Schichtwärmeübertrager der eingangs genannten Art zu schaffen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Schichtwärmeübertrager mit den Merkmalen des Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0008]** Gelöst wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, dass den Deckplatten und/oder dem Gehäuse des Schichtwärmeübertragers fertigungsmäßig ebenfalls Aluminium beigegeben ist. Fertigungsmäßig bedeutet hierbei, dass die Deckplatten und/oder das Gehäuse des Schichtwärmeübertragers bereits vor der ersten betriebsmäßigen Nutzung einen bestimmten Aluminiumanteil aufweist.

**[0009]** Eine erste Ausführungsform sieht vor, dass für die Deckplatten und/oder das Gehäuse fertigungsmäßig eine Legierung vorgesehen ist, die Aluminium enthält. Mit anderen Worten, wird für die Herstellung der Deckplatten und und/oder des Gehäuses eine Legierung gewählt, die bereits Al enthält. Daraus ergibt sich insbesondere eine langfristige im Rahmen der Anwendung NKW (Nutz-Kraft-Wagen)-APU (Auxiliary Power Unit) korrosionsbeständige Schweißverbindung der Ni-Legierung (Gehäusematerial) und dem Al-haltigem ferritischen Edelstahl.

**[0010]** Eine weitere Ausführungsform sieht vor, dass für die Deckplatten und/oder das Gehäuse fertigungsmäßig eine Nickellegierung mit mindestens 1,8 Gew.-% Aluminium vorgesehen ist. Eine beispielsweise zu verwendende Legierung könnte die Legierung Nicrofer 6025 HHT der Firma ThyssenKrupp darstellen.

**[0011]** Um die Abdiffusion von Aluminium weiter zu beschränken, kann die Legierung der Deckplatten und/oder des Gehäuses auch höhere Al-Werte aufweisen. Beispielshaft sei hier die Ni-Legierung Haynes214 aufgeführt, welche ca. 4,5 % Al enthält.

**[0012]** Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass für die Deckplatten und/oder das Gehäuse ein aluminisierter Werkstoff mit auf ein Halbzeugmaterial, insbesondere durch Wärmebehandlung, auf- bzw. eingebrachtem Aluminium vorgesehen ist. Hier ist das Al somit nicht von vorne herein als Legierungsbestandteil im Material enthalten, sondern wird in einem nachträglichen Prozess auf das Halbzeugmaterial auf- und ggf. auch durch eine Wärmebehandlung eingebracht. Anzuwendende Verfahren zum Aufbringen von Aluminium können beispielsweise das Feueraluminisieren oder das Beschichten mittels chemischer oder elektrochemischer Prozesse sein. Beispielsweise kann das Aluminium durch Pulverpack- oder Gasphasenalitisieren auf- und/oder in den Grundwerkstoff eingebracht werden.

**[0013]** Der Al- Gehalt auf und/oder in der Oberfläche ist dabei erfindungsgemäß so gewählt, dass auch nach längerer Zeit (mehrere Tausend Stunden) auf hoher Temperatur, z.B. 900 °C, währenddessen sich der Al-Gehalt von beschichtetem Halbzeug in Abhängigkeit von der Halbzeugdicke durch Diffusion vergieichmäßig, der Al-Gehalt an der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht (Grenzfläche) nicht unter

1,8 Gew.-% fällt,

**[0014]** Möglich und sogar bevorzugt ist die Verwendung einer Al-haltigen ferritischen Legierung als Kasten- und/oder Deckplattenmaterial, wobei dessen Festigkeit, insbesondere die Warmfestigkeit größer als die des ferritischen Al-haltigen Fe-Basis Falzblechmaterials sein muss. Vorteile bringt ein solches Material, weil die Bildung von festigkeitsreduzierenden NiAl-Phasen (durch Eindiffusion von Al in einen Ni-haltigen Kasten- und/oder Deckplattenwerkstoff) an der Grenzfläche Falzblech/Kasten oder Falzblech/Deckplatte unterbunden ist, da die ferritischen Werkstoffe üblicherweise kein Ni enthalten. Sollte der ferritische Al-haltige Werkstoff trotzdem Ni enthalten, dann muss der Anteil auf <10 Gew.-%, insbesondere < 5 Gew.-% beschränkt sein. Als Werkstoff in Frage kommt beispielsweise eine Eisen-Chrom-Aluminium-Legierung mit (in Gew.-%) 2,0 bis 4,5% Al, 12 bis 25% Cr, 1,0 bis 4% W, 0,25 bis 2,0% Nb, 0,05 bis 1,2% Si, 0,001 bis 0,70% Mn, 0,001 bis 0,030% C, 0,0001 bis 0,05% Mg, 0,0001 bis 0,03% Ca, 0,001 bis 0,030% P, max. 0,03% N, max. 0,01% S, Rest Eisen und den üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen. Die erhöhten Warmfestigkeitskennwerte werden durch Laves-Phasen. Mischkristallverfestigung und fein verteilte Karbide erzielt.

**[0015]** Möglich ist auch eine Al-haltige ferritische ODS (oxide dispersion strengthened) Fe-Basis Legierung, wie z.B. die Legierung PM 2000 der Fa. Plansee.

**[0016]** Eine weitere Variante ist es, für die Kästen eine der vorbezeichneten FeCrAl-Legierungen zu verwenden und als Deckplattenmaterial eine hochfeste Al-haltige Ni-Legierung. Der Vorteil ist hier, dass in dem thermomechanisch besonders belasteten Bereich zwischen Falzblechblock und aufgeschweißten Kästen keine NiAl-Auscheidungen sich bilden können, jedoch für die hohen Spannungen ausgesetzte Deckplatte eine hochfeste Legierung verwendet wird.

**[0017]** Vorzugsweise kann der Schichtwärmeübertrager für den Betrieb mit und/oder für eine "Auxiliary Power"-Anwendung für Hochtemperatur-Brennstoffzellen, insbesondere in mobilen Fahrzeugen, ausgelegt sein.

**[0018]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben ist. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

**[0019]** Die einzige Figur zeigt einen Schichtwärmeübertrager 1 mit seinen einzelnen Komponenten in Explosivdarstellung. Der Schichtwärmeübertrager 1 besteht einerseits aus einem etwa würfel- oder quaderförmig ausgebildeten Schichtblock 2, welcher durch vier Stirnflächen und zwei Deckflächen begrenzt wird. An die vier Stirnflächen werden Sammelkästen 3, 4, 5, 6 ange-  
setzt, welche der Zu- und Abfuhr eines ersten und eines zweiten Wärmetauschermediums dienen. Die Deckflächen werden durch Deckplatten 7, 8 abgeschlossen. Der

Schichtblock 2, ist oberhalb des Schichtwärmeübertragers 1 in Explosivdarstellung als Stapel dargestellt, welcher aus konturierten Schichtplatten 9, 10 sowie aus den beiden Deckplatten 7, 8 besteht. In der Zeichnung sind lediglich zwei Schichtplatten 9, 10 mit unterschiedlich ausgerichteter Konturierung (Stege und Kanäle) dargestellt - tatsächlich weist der Stapel bzw. Schichtblock 2 natürlich eine Vielzahl von Schichtplatten auf. Beispielsweise kann der Schichtblock 2 in einer nicht dargestellten Kassetteneinrichtung komplettiert und verspannt werden. Danach erfolgt die Fixierung des Stapels.

**[0020]** Die Deckplatten 7, 8 bzw. das durch die Einzelteile gebildete Gehäuse 11 des Schichtwärmeübertragers 1 weisen dabei einen bestimmten, bereits vor der ersten betriebsmäßigen Nutzung vorhandenen, Aluminiumanteil auf.

### Patentansprüche

1. Schichtwärmeübertrager (1), insbesondere ferritisch geschweißten Wärmeüberträger für Hochtemperaturanwendung, dessen Schichtplatten (9, 10) zwischen Deckplatten (7, 8) und/oder äußerem Gehäuse (11) gehalten sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** den Deckplatten (7, 8) und/oder dem Gehäuse (11) fertigungsmäßig Aluminium beigegeben ist.
2. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Deckplatten (7, 8) und/oder das Gehäuse (11) fertigungsmäßig eine Legierung vorgesehen ist, die Aluminium enthält.
3. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Deckplatten (7, 8) und/oder das Gehäuse (11) fertigungsmäßig eine ferritische Al-haltige Fe-Basis-Legierung vorgesehen ist, deren Festigkeit größer ist als die des Materials der Schichtplatten (9, 10).
4. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung besteht aus (in Gew.-%) 2,0 bis 4,5% Al, 12 bis 25% Cr, 1,0 bis 4% W, 0,25 bis 2,0% Nb, 0,05 bis 1,2% Si, 0,001 bis 0,70% Mn, 0,001 bis 0,030% C, 0,0001 bis 0,05% Mg, 0,0001 bis 0,03% Ca, 0,001 bis 0,030% P, max. 0,03% N, max. 0,01% S, Rest Eisen und den üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.
5. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung eine ODS Legierung ist
6. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Deck-

platten (7, 8) und/oder das Gehäuse (11) fertigungsmäßig eine Nickellegierung mit mindestens 1,8 Gew.-% Aluminium vorgesehen ist.

7. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Deckplatten (7, 8) und/oder das Gehäuse (11) fertigungsmäßig eine Nickellegierung mit 4,5 Gew.-% Aluminium vorgesehen ist, 5
- 10
8. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass für** die Deckplatten (7, 8) und/oder das Gehäuse (11) ein aluminisierter Werkstoff mit auf ein Halbzeugmaterial, insbesondere durch Wärmebehandlung, auf- bzw. eingebrachtem Aluminium vorgesehen ist. 15
9. Schichtwärmeübertrager nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Kästen eine hochfeste FeCrAl-Legierung gemäß Anspruch 3 und/oder 4 und für die Deckplatten eine hochfeste Al-haltige Ni-Legierung gemäß Anspruch 6 bis 8 verwendet wird. 20
10. Schichtwärmeübertrager nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine "auxiliary power"-Anwendung für Hochtemperatur-Brennstoffzellen, insbesondere in mobilen Fahrzeugen, vorgesehen ist. 25

30

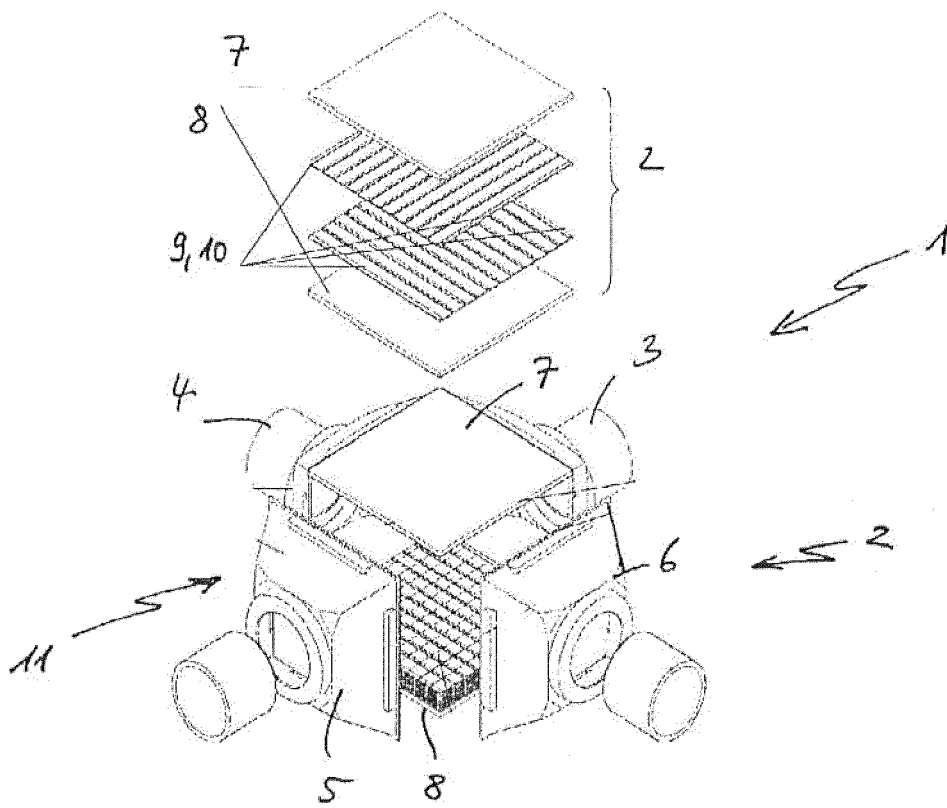
35

40

45

50

55



**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**

- DE 10328274 A1 [0002]
- DE 102007056182 A1 [0003]
- DE 102009022984 A1 [0004] [0005]