(11) Veröffentlichungsnummer:

0 079 090

A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 82201224.1

(51) Int. Cl.³: **F 28 D 1/04** F **28** F **1/32**

(22) Anmeldetag: 30.09.82

(30) Priorität: 10.11.81 CH 7220/81

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: 18.05.83 Patentblatt 83/20

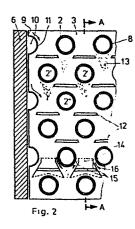
(84) Benannte Vertragsstaaten: CH DE FR GB LI

(71) Anmelder: BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.

Haselstrasse CH-5401 Baden(CH)

(72) Erfinder: Chappuis, Pierre, Dipl.-Ing. Büntenstrasse 25 CH-8116 Würenlos(CH)

- (54) Wärmeaustauscher mit reihenweise angeordnetem Rohrbündel.
- (57) Bei einem Wärmeaustauscher, insbesondere einem Ladeluftkühler für Verbrennungsmotoren, bei dem in den Rohren (2) ein Kühlmittel strömt und um die Kühlrohre und daran befestigten Rippen (3) das zu kühlende Mittel strömt, werden Massnahmen vorgeschlagen, um den nachteiligen Folgen der unvermeidbaren Verschmutzung abzuhelfen und die Wärmeübertragung zu verbessern. Bei den Rohren im innern des Bündels werden oberhalb der zu umströmenden Rohre (2) Schlitze (12) in den Rippen (3) angeordnet, deren Ränder so abgebogen sind, dass die Strömung umgelenkt und auf 2 benachbarte Kanäle aufgeteilt wird. Am Rippenrand werden Strömungsbegrenzer (11) vorgesehen, die eine ähnliche Beaufschlagung der Randrohre gewährleisten wie dies bei den Rohren im Bündelinnern der Fall ist.



Ke/eh 84/81

- 1 -

Wärmeaustauscher mit reihenweise angeordnetem Rohrbündel

Die Erfindung betrifft einen Wärmeaustauscher mit reihenweise angeordnetem Rohrbündel, dessen Rohre in aufeinanderfolgenden Reihen jeweils versetzt sind und eine Mehrzahl
von Plattenrippen durchdringen und dabei mit den Platten
in metallischer Verbindung sind, und die von einem Kühlmittel durchströmt sind und von einem zu kühlenden Mittel
im Kreuzstrom umströmt sind, wobei das zu kühlende Mittel
zwischen den Plattenrippen strömt, welche mit Mitteln zur
Strömungsführung und/oder Grenzschichtbeeinflussung versehen sind.

5

10

15

20

Derartige Wärmeaustauscher - sofern sie als Kühler für die Ladeluft von aufgeladenen Verbrennungsmotoren verwendet werden - arbeiten üblicherweise mit Wasser als Kühlmittel. Bekannte Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs durch gezielte Strömungsführung zwischen den Rippen und Rohren und durch Grenzschichtbeeinflussung sind u.a. Turbulenzgitter, Leitbleche oder Vorsprünge an den Rippen. Alle diese Massnahmen bewirken in der Regel unerwünschte Druckverluste. Weitere Mittel, um die sich an den Rippen aufbauende Strömungsgrenzschicht zu vermindern und damit

10

15

20

30

den Wärmeübergang zu verbessern, sind als Aussparungen aller Formen in den Rippen vor, hinter und seitlich der zu umströmenden Kühlrohre bekanntgeworden. Es hat sich indes gezeigt, dass die mehr oder weniger wahllose Anordnung von Aussparungen hinsichtlich Wärmeübergang und Strömungsverluste nicht besser sind als flache, ununterbrochene Rippen. Das zu kühlende Mittel - bei den genannten Verbrennungsmotoren handelt es sich um Luft - ist überdies oel- und schmutzhaltig. Liegen die Aussparungen in den Rippen in Form von engen Schlitzen vor, so setzen sich die Schmutzpartikel in den Schlitzrändern fest. Mit zunehmender Betriebsdauer wächst der Schlitz zu, was ihn wirkungslos macht. Auch dem Problem der Randströmungen, bei denen das zu kühlende Mittel nur die Kühlerseitenwände und die Randzonen der Rippen, nicht jedoch die Rohre beaufschlagt, ist mit den bekannten Mitteln nicht abzuhelfen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmeaustauscher zu schaffen, bei dem auf einfache und kostengünstige Art Mittel zur Verbesserung des Wärmeübergangs vorgesehen sind, deren Druckverluste minimal sind, die weitgehend schmutzunempfindlich sind und die eine gleichmässige Durchströmung der Rippen gestatten.

Bei einem Wärmeaustauscher der vorgenannten Art wird diese 25 Aufgabe erfindungsgemäss mit den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1 und 2 gelöst.

Im Innern der Plattenrippen wird dabei durch die spezielle Anordnung und Formgebung der Schlitze eine bessere Wärme- übertragung sowohl an den Rippen als auch an den Rohren erzielt. Auch bei Reinigungsarbeiten bewirken die Schlitze aufgrund ihrer Durchlässigkeit für Lösungsmittel eine wesentliche Vereinfachung.

Am Rippenrand werden die bisher üblichen Bypassströme verhindert, wodurch sich für die am Rippenrand angeordneten Kühlrohre die gleichen Anströmungsbedingungen ergeben wie für die Rohre im Bündelinnern.

5 Anhand der Zeichnung wird im folgenden ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Draufsicht eines Wärmeaustauschers in montiertem Zustand
- 10 Fig. 2 eine teilweise Vorderansicht einer Plattenrippe in einem Querschnitt durch den Wärmeaustauscher nach Linie D-D in Fig. 1
 - Fig. 3 einen Querschnitt durch mehrere Plattenrippen nach Linie A-A in Fig. 2 in vergrössertem Massstab.
- In Fig. 1 ist ein Wärmeaustauscher in seiner einfachsten Form schematisch dargestellt, wie er beispielsweise als Ladeluftkühler für aufgeladene Verbrennungsmotoren Anwendung findet. Das Kühlmittel, im vorliegenden Fall Wasser, wird der Wasserkammer 1 zugeführt, durchströmt dann unter
- 20 Wärmeaufnahme die in einem Bündel gefassten Rohre 2 und verlässt den Kühler über die Wasserkammer 1'. Das zu kühlende Mittel, im vorliegenden Fall heisse, verdichtete Luft umströmt das Rohrbündel im Kreuzstrom (senkrecht zur Zeichenebene) und wird beim Durchgang durch den Kühler durch Strömungskapäle geleitet, die durch eng beieinander
- durch Strömungskanäle geleitet, die durch eng beieinander angeordnete Plattenrippen 3 gebildet werden. Letztere sind der besseren Uebersichtlichkeit wegen nur teilweise dargestellt und werden im folgenden nur noch mit Rippe bezeichnet.

10

15

20

Die aus weitgehend korrosionsbeständigem Werkstoff gefertigten Rohre 2 sind in den Rohrböden 4, 4' vorzugsweise eingewalzt. Die die Wasserkammern 1, 1' begrenzenden Wasserdeckel 5, 5' sind der leichten Zugänglichkeit und Zerlegbarkeit des Kühlers wegen auf die Rohrböden 4, 4' aufgeschraubt.

Bei der Montage wird die fertig montierte Einheit in einen Rahmen eingeschoben, von dem nur die beiden Seitenwände 6, 6' dargestellt sind. Um die dünnen Rippen 3 vor Beschädigungen bei Montage und Demontage zu schützen, sind in den Rippenpaketen Gleitbleche 7 angeordnet, die sich über die ganze Höhe der Rippen erstrecken und die die Führung der Einheit an den Seitenwänden 6, 6' übernehmen.

Aus Fig. 2 ist die reihenweise Rohranordnung im Rohrbündel erkennbar. Die Rohre der aufeinanderfolgenden Reihen sind jeweils um einen halben Rohrabstand versetzt. Bei einer derartigen Anordnung sind die Strömungstoträume stromab-wärts der Rohre kleiner und somit die Wärmeübergänge grösser als bei Bündelreihen mit fluchtender Rohranordnung.

Dargestellt ist ein Teil einer Rippe 3 mit dem zugehörigen strömungsbegrenzenden Seitenteil 6 des Kühlers. Die Rippe, die vorzugsweise aus Kupfer besteht, ist jeweils von allen Rohren des Bündels durchdrungen, wobei Rippe und Rohr zum erforderlichen Wärmeübergang in metallischem Kontakt sind.

Fig. 3 zeigt, wie die einzelnen Rippen 3 auf Abstand untereinander gehalten sind. Dies geschieht mittels Bördeln 8,

25 die an den für die Rohre vorgesehenen Löchern in der Rippe
durch Verformung hergestellt sind. Die Bördel 8 sind gleichzeitig für den engen Kontakt zwischen Rippe 3 und Rohr 2

besorgt. Letzteres wird dadurch erreicht, dass die in die genannten Löcher eingeführten Rohre mechanisch aufgeweitet werden, wobei es zu einer leichten Stauchung der Rippe kommt, oder dass die Rippen an die Rohre angelötet werden.

5 Gemäss der Erfindung werden nun strömungsführende Elemente am seitlichen Rippenrand 9 sowie innerhalb der Rippen vorgesehen.

10

15

20

25

30

Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass ohne die getroffene Massnahme ein beträchtlicher Teil der Luft entlang der Seitenwand 6 strömen würde, ohne jemals in die Nähe der wasserführenden Rohre 2" (Beispiel: 3. Rohrreihe) zu gelangen. Dieser Luftanteil würde durch den alleinigen Wärmeübergang an den äusseren Rippenpartien ungenügend gekühlt werden. Abhilfe sorgen hier halbzylindrische Strömungsbegrenzer, die an den seitlichen Rändern 9 der Rippen 3 so angeordnet sind, dass ihr nichtzylindrischer Teil an die Seitenwand 6 des Kühlers angrenzt. Die benötigten Wandungen sind im Zuge der Rippenfertigung einfach herstellbar. An den Reihen, an denen wegen der Rohrversetzung der Abstand des nächsten Rohres 2" (Beispiel: 3. Reihe) zur Seitenwand 6 am grössten ist, wird am Rippenrand 9 eine halbkreisförmige Ausnehmung 10 angebracht, die der Einfachheit halber den gleichen Durchmesser hat wie die für die Rohre bestimmten Rippenlöcher. Vorzugsweise auf der gleichen Rippenseite, an der die bereits erwähnten Bördel 8 angeordnet sind, wird am halbkreisförmigen Umfang dieser Ausnehmung 10 ein Kragen 11 angebracht, der auch die gleiche Tiefe und die gleiche Form wie die Bördel 8 aufweist. Damit ist er mit der benachbarten Rippe auf Anschlag und bildet einen in Strömungsrichtung der Luft zunächst rippeneinwärts und dann rippenauswärts leitenden Strömungsbegrenzer. Mit dieser Massnahme werden die seitlich aussenliegenden Rohre 2'

(Beispiel: 2. Reihe) strömungsmässig ähnlich beaufschlagt wie das übrige Rohrbündel.

Eine Verbesserung des Wärmeübergangs im Bündelinnern wird erzielt durch die erfindungsgemässe Anordnung von Schlit-5 zen 12. Diese werden jedoch nicht, wie bekannt zwischen zwei Rohren der gleichen Reihe ausgestanzt, sondern gemäss Fig. 2 in Strömungsrichtung der Luft unterhalb von zwei bereits umströmten Rohren 2' (Beispiel: 2. Reihe) und oberhalb des als nächstes zu umströmenden Rohres 2" (Beispiel: 3. Reihe). Dabei wird die genaue Positionierung und die 10 Schlitzbreite so gewählt, dass nur der Luftanteil erfasst wird, in dem gesunde Strömungsverhältnisse vorherrschen, nicht jedoch die punktiert angedeuteten Zonen 13 im abströmseitigen Totraum der seitlich über dem Schlitz 12 liegen-15 den Rohre 2' (Beispiel: 2. Reihe). Im vorliegenden Fall ist der Schlitz breiter ausgebildet als der Rohrdurchmesser; es versteht sich indes, dass diese Breite eine Funktion des Rohrdurchmessers, des Rohrabstandes in der gleichen Reihe, des Reihenabstandes sowie generell der vorliegen-20 den Strömungsverhältnisse wie beispielsweise Luftgeschwindigkeit, Turbulenzgrad und dgl. ist.

Die Funktion des Schlitzes 12 ist folgende: Wie bekannt, bildet sich bei grosser Rippenhöhe und geringem Rippenabstand eine starke Grenzschicht aus, die sich ungünstig auf den Wärmeübergang auswirkt. Insbesondere davon betroffen ist der Rippenfuss, d.h., die Verbindung der Rippenflanken mit dem das Rohr umgebende Bördel. Ein wirksames Mittel, um diese Grenzschicht zu stören und das für die Grenzschicht massgebende Verhältnis Rippenhöhe zu Rippenabstand zu reduzieren, ist bereits das Anbringen der Schlitze in den die Kanalwandungen bildenden Rippen zwischen zwei in Strömungsrichtung jeweils übereinander liegenden Rohren mit gemeinsamer Vertikalachse.

25

Beim Kühlerbetrieb setzen sich indes die unvermeidbaren Schmutzpartikel an den Schlitzrändern ab, was zu einem kontinuierlichen Zuwachsen der Schlitze und folglich zu einer ebenso kontinuierlichen Reduzierung ihrer Wirksamkeit führt. Hier schafft das Abbiegen der Schlitzränder, 5 wie es aus Figur 3 ersichtlich ist, Abhilfe. Dabei werden der untere und der obere Schlitzrand im Gegensinn so abgebogen, dass die Kanten in jeweils benachbarte Strömungskanäle hineinragen. Diese Verformungen werden strömungskonform vorgenommen, damit keine überflüssigen Strömungs-10 abrisse auftreten. Die Wirkung dieser Massnahme ist nun darin zu sehen, dass die von oben nach unten strömende Luft umgelenkt und aus ihrem Kanal teilweise in den Nachbarkanal abgelenkt wird. Jeder Kanal wird nun jeweils von zwei aufeinandertreffenden Teilströmen beaufschlagt. Im 15 durch den Schlitz 12 nunmehr neu geformten unteren Kanalteil oberhalb des Rohres 2 muss sich eine neue Grenzschicht aufbauen. Da hierfür wenig Rippenhöhe zur Verfügung steht, bildet sich bis zum Rippenfuss nur eine schwache Grenzschicht aus, wodurch sich dort der Wärmeübergang erheb-20 lich verbessert. Zusätzlich hat die Massnahme den Vorteil, dass der Schlitz selbst bei starken Ablagerungen am oberen und am unteren Rand nicht zuwächst; lediglich die oberen und unteren Ränder wachsen aufeinander zu, ohne dabei den wirksamen Kanalquerschnitt wesentlich zu verringern. 25

Eine besonders günstige Nebenwirkung dieser Verformungen ist aus Fig. 2 erkennbar. Die Darstellung erfolgt der besseren Uebersichtlichkeit wegen nur bei den unteren zwei Rohrreihen. Da das Abbiegen nicht unmittelbar am Schlitzrand erfolgt, sondern material- und strömungsbedingt allmählich verläuft, beginnt das Auslenken der betroffenen Rippenabschnitte zuströmseitig bereits in einer Zone 14, die sich zwischen den über dem Schlitz 12 liegenden Rohren (Beispiel: zweitunterste Reihe) befindet. Der dermassen

über die Rippenebene erhabene Abschnitt hat an seinen seitlichen Rändern 15 eine kanalisierende Funktion für den
Luftanteil, der unmittelbar an der Rippenwand strömt. Wie
durch die Pfeile 16 angedeutet, wird dieser Luftanteil in
die Strömungszone des eben umströmten Rohres (Beispiel:
zweitunterste Rohrreihe) abgedrängt und bewirkt ein weitgehenderes Anliegen der Strömung an der Abströmseite dieses Rohres.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das Dargestellte und Beschriebene beschränkt. Ebenso könnte der
Wärmestrom in umgekehrter Richtung fliessen, d.h., der
Wärmeaustauscher kann als Vorwärmer für das zwischen den
Rippen strömende Mittel dienen.

Patentansprüche

5

10

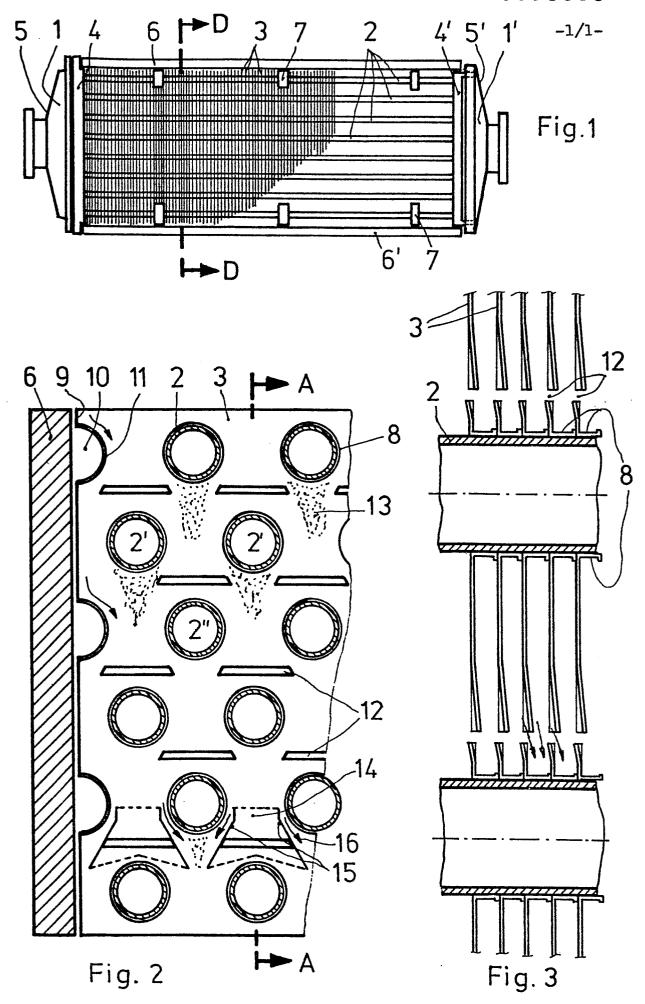
15

- 1. Wärmeaustauscher mit reihenweise angeordnetem Rohrbündel, dessen Rohre in aufeinanderfolgenden Reihen jeweils versetzt sind und eine Mehrzahl von Plattenrippen durchdringen und dabei mit den Platten in metallischer Verbindung sind, und die von einem Kühlmittel durchströmt sind und von einem zu kühlenden Mittel im Kreuzstrom umströmt sind, wobei das zu kühlende Mittel zwischen den Plattenrippen strömt, welche mit Mitteln zur Strömungsführung und/oder Grenzschichtbeeinflussung versehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass diese Mittel quer zur Strömungsrichtung des zu kühlenden Mittels gerichtete Schlitze (12) sind, welche in den Plattenrippen (3) jeweils stromabwärts zwischen zwei bereits umströmten Rohren (2') und stromaufwärts des versetzt angeordneten und zu umströmenden Rohres (2") angeordnet sind und wobei die Ränder der Schlitze (12) über deren ganze Breite so abgebogen sind, dass der von zwei benachbarten Plattenrippen (3) gebildete Strömungskanal oberhalb des zu umströmenden Rohres unterbrochen ist und dass das zu kühlende Mittel umgelenkt und teilweise in den benachbarten Strömungskanal abgelenkt wird.
- 2. Wärmeaustauscher mit reihenweise angeordnetem Rohrbündel, dessen Rohre in aufeinanderfolgenden Reihen jeweils versetzt sind und eine Mehrzahl von Plattenrippen durchdringen und dabei mit den Platten in metallischer Verbindung sind, und die von einem Kühlmittel durchströmt sind und von einem zu kühlenden Mittel im Kreuzstrom umströmt sind, wobei das zu kühlende Mittel zwischen den Plattenrippen strömt, welche mit Mitteln zur Strömungsführung und/oder Grenzschichtbeeinflussung ver-

10

sehen sind, dadurch gekennzeichnet, dass diese Mittel halbzylindrische Strömungsbegrenzer sind, die an den seitlichen Rändern (9) der Plattenrippen (3) so angeordnet sind, dass ihr nichtzylindrischer Teil an die Seitenwände (6, 6') des Wärmetauschers angrenzt, und die mit jeweils einer benachbarten Plattenrippe (3) am Anschlag sind.

- 3. Wärmeaustauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Schlitzes (12) mindestens gleich gross ist als der Durchmesser der Rohre (2).
 - 4. Wärmeaustauscher nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die halbzylindrischen Strömungsbegrenzer den gleichen Durchmesser aufweisen wie die Löcher der Rippenplatten, die von den Rohren (2) durchdrungen sind.
- 5. Wärmeaustauscher nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungsbegrenzer halbringförmige Kragen sind, die an jeder Plattenrippe nur auf einer Plattenseite angebracht sind.







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

EP 82 20 1224

	EINSCHLÄG	IGE DOKUMENTE		
Categorie		ls mit Angabe, soweit erforderlich, eblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
х	AU-B- 487 906 * Seite 4, Ze Zeile 19; Figure	ile 13 - Seite 5,	1	F 28 D 1/04 F 28 F 1/32
х	GB-A-1 583 764 LTD.) * Seite 1, Ze Zeile 5; Figuren	ile 82 - Seite 2,	1,3	
х	GB-A-2 042 708 * Seite 3, Ze Zeile 87; Figure	ile 58 - Seite 5,	1,3	
х	BE-A- 649 753 * Seite 8, letzt 9, Absatz 3; Fig	er Absatz - Seite	1-3	
A	DE-A-2 154 487 * Seite 13, Zeil	- (PEERLESS) en 1-8; Figur 2 *	4,5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)
A	FR-A-2 417 742 (HAPPEL)			F 28 F
			·	
De	er vorliegende Recherchenbericht wur	de für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort Abschlußdatum der Recherche DEN HAAG 28-01-1983		FILTE	Prüfer RI G.	
X : v	KATEGORIE DER GENANNTEN D on besonderer Bedeutung allein I on besonderer Bedeutung in Verl nderen Veröffentlichung derselbe	petrachtet nac pindung mit einer D: in d	h dem Anmelded: er Anmeldung an	ent, das jedoch erst am oder atum veröffentlicht worden is geführtes Dokument angeführtes Dokument

EPA Form 1503 03 82

anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A: technologischer Hintergrund
O: nichtschriftliche Offenbarung
P: Zwischenliteratur
T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze

&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument