

(19)



(11)

EP 3 147 619 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.03.2017 Patentblatt 2017/13

(51) Int Cl.:
F28F 1/08 (2006.01) F25B 39/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15187042.5**

(22) Anmeldetag: **28.09.2015**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA

- **Graßmann, Arne**
45219 Essen (DE)
- **Haje, Detlef**
02828 Görlitz (DE)
- **Kern, Holger**
47495 Rheinberg (DE)
- **König, Thomas**
02827 Görlitz (DE)
- **Mensing, Dominik**
48712 Gescher (DE)
- **Tischer, Heiko**
02827 Görlitz (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

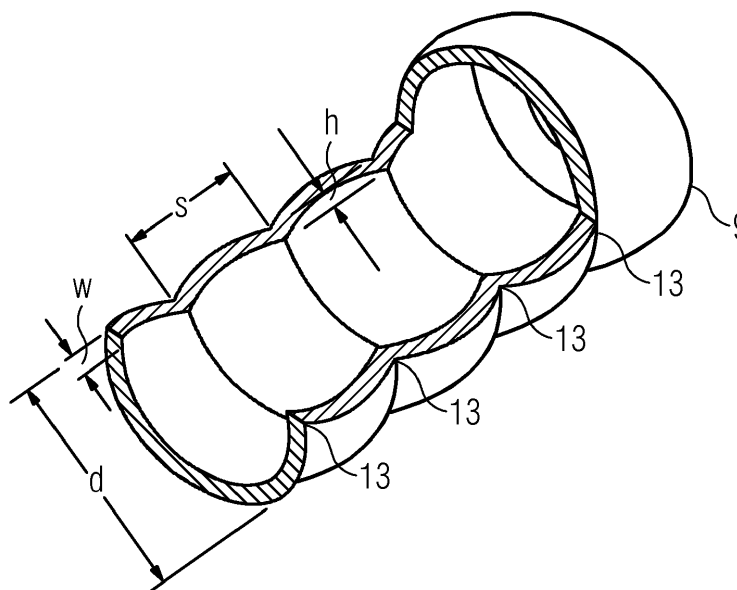
(72) Erfinder:
• **Auge, Andreas**
45149 Essen (DE)

(54) ROHRE FÜR KRAFTWERKSKONDENSATOREN

(57) Die Erfindung betrifft eine Kraftwerksanlage (1) umfassend einen Kondensator (4), der mehrere Rohre (9) umfasst, die eine gewindeförmig ausgebildete Sicke

(13) aufweisen, wodurch eine Verbesserung des Wärmeübergangs und damit eine Reduzierung der Kosten möglich ist.

FIG 3



EP 3 147 619 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Rohr für einen Kondensator.

[0002] Desweiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Rohres für einen Kondensator.

[0003] Kraftwerksanlagen wie beispielsweise Dampfturbinenanlagen umfassen einen geschlossenen Wasserdampfkreislauf. Darin enthalten sind eine Dampfturbine, ein Dampferzeuger sowie ein Kondensator. Der im Dampferzeuger erzeugte Dampf wird über Leitungen zu einer Dampfturbine geleitet, in der die thermische Energie des Dampfes in Bewegungsenergie des Rotors umgewandelt wird. Dabei sinken die Temperatur und der Druck des Dampfes. Nach der Dampfturbine wird der Dampf zu einem Kondensator geführt. Dieser Kondensator dient der physikalischen Kondensation des Dampfes in Wasser. Ein Kondensator ist daher ein Apparat in welchem ein Stoff vom gas-/dampfförmigen Aggregatzustand in den flüssigen Aggregatzustand überführt wird.

[0004] In Dampfturbinenanlagen ist ein Kondensator ein entscheidendes Element. Im Kondensator wird der Dampf verflüssigt und hinterlässt ein fast vollständiges Vakuum. Dieses Vakuum ermöglicht eine verbesserte Ausnutzung der im Dampf enthaltenen Wärmeenergie zur Erzeugung von Bewegungsenergie.

[0005] In der heutigen Kraftwerksanlagenbautechnik werden wassergekühlte Oberflächenkondensatoren in der Form eines Rohrbündelwärmeübertragers oder Plattenwärmetauschers verwendet. Dabei wird kaltes Kühlwasser durch Rohre in einen Abdampfraum geführt und der Abdampf kondensiert außen auf der Gegenseite auf den Kühlrohren. Die Anzahl der Rohre in einem Kondensator kann sehr groß sein. Solche Kondensatoren übertragen eine thermische Leistung vom Abdampf der Turbine auf das Kühlwasser. Das im Kondensator zu erreichende Vakuum hängt hauptsächlich von der Eintrittstemperatur des Kühlwassers sowie von der Qualität des Wärmeübergangs in den einzelnen Rohren ab und kann in sehr günstigen Fällen auf unter 40mbar fallen.

[0006] Die Rohrbündel, die in wassergekühlten Oberflächenkondensatoren für Kraftwerksanwendungen eingesetzt werden, sind aus Glattrohren hergestellt. Das bedeutet, dass die Oberfläche und die Innenfläche des Rohres glatt ausgebildet ist. Der Wärmeübergang solcher Rohre ist dabei begrenzt und bestimmt sich aus den Wärmewiderständen an der Rohr-Außenseite, in der Rohrwand, die sich durch Dicke- und Wärmeleitfähigkeit bestimmt sowie an der Rohrinnenfläche. Sobald eine Kondensationsleistung P_{th} und eine logarithmische Temperaturdifferenz zwischen Sättigungstemperatur und Kühlwassertemperatur eines Oberflächenkondensators vorgegeben ist, ist durch den Wärmedurchgang die erforderliche Austauschfläche festgelegt. Der Bauraum für solch einen Kondensator ergibt sich aus dem Platzbedarf der Austauschfläche und der erforderlichen Querschnitte für deren Bestromung. Somit sind ebenfalls die Kosten solch eines Apparates im Wesentlichen definiert.

[0007] Wünschenswert wäre es, eine Verbesserung des Wärmeübergangs zu erhalten, um dadurch die Kosten zu reduzieren. Die Verbesserung des Wärmeübergangs geht im Wesentlichen einher mit einer besseren Durchmischung der Rohr-Innenströmung und damit einem Austausch zwischen Kernströmung und Grenzschicht.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist, ein Rohr für einen Kondensator anzugeben, dessen Wärmeübergang verbessert ist.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Rohr für einen Kondensator, wobei das Rohr eine Sicke aufweist.

[0010] Eine Sicke ist eine maschinell oder manuell hergestellte rinnenförmige Vertiefung in einem Rohr. Durch die Sicke wird somit die Geometrie des Rohres verändert. Insbesondere wird hierbei die Innengeometrie des Rohres verändert. Die Sicken führen dazu, dass an der Innenoberfläche die Strömung des Kühlwassers verändert wird. Der Wärmeübergang wird dadurch erhöht.

[0011] Gelöst wird die Aufgabe ferner durch ein Verfahren zur Herstellung eines Rohres für einen Kondensator, wobei das Rohr einen Rohraußendurchmesser d , eine Sicke mit einer Dralltiefe h , einen Abstand s zwischen zwei benachbarten Sicken und eine Wandstärke w aufweist, wobei das Rohr derart gefertigt wird, dass folgende Zusammenhänge erfüllt sind:

$$\frac{0,1}{19} < \frac{h}{d} < \frac{0,7}{19}, \quad \frac{1}{19} < \frac{s}{d} < \frac{8}{19}.$$

[0012] Sicken können als Kreisnuten, spiralförmig umlaufende Wendel oder auch als Mehrfachwendel ausgeführt sein. Bei einer wendelförmigen Ausführung bedeutet s die Steigung der Sicke.

[0013] Mit einer derart gestalteten Geometrie wird ein verbesserter Rohrwärmeübergang bei gleichzeitig begrenzten Druckverlust erhöhungen erreicht. Damit sind Baugrößen- und Kostenreduzierungen bei Kraftwerkskondensatoren erreichbar. Weiterhin können Kondensatoren mit derart gestalteten Drallrohren zu Leistungs- und Wirkungsgradsteigerungen in Kraftwerken beitragen.

[0014] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] So wird in einer ersten vorteilhaften Weiterbildung die Sicke gewindeförmig am Rohr angeordnet. Das bedeutet, dass von außen die Sicke einem Gewindegang folgt. Solch eine Sicke ist fertigungstechnisch leicht herzustellen. Dadurch werden die Kosten für die Herstellung solch eines Rohres reduziert.

[0016] Es hat sich gezeigt, dass die Wahl der Drallparameter wie Geometrie der Drallrohre, Dralltiefe h , Drallabstand s , Rohrdurchmesser d und Rohrwandstärke w wesentlich sind für die Wirksamkeit der Drallrohre. Dabei sind die wesentlichen Parameter die Dralltiefe h und der Drallabstand s . Es hat sich hierbei herausgestellt, dass eine reduzierte Dralltiefe und ein enger Drallabstand anzustreben ist, was zu einer deutlichen Steigerung des Wärmeübergangs bei gleichzeitig moderater Erhöhung des Druckverlusts führt.

[0017] Vorteilhafterweise ist die Sicke konzentrisch angeordnet.

[0018] Vorteilhafterweise führt folgende Relation zu einer wirksamen Geometrie des Rohres:

$$\frac{0,1}{19} < \frac{h}{d} < \frac{0,7}{19}.$$

Als hervorragend geeignet für Kraftwerkskondensatoren haben sich zur Verbesserung des Wärmedurchgangs Dralltiefen von 0,1mm bis 0,7mm in Verbindung mit Drallabständen von 1mm bis 8mm erwiesen, bei einem Rohrdurchmesser von 19mm und einer Wandstärke von 0,5mm. Es hat sich gezeigt, dass für Rohrdurchmesser zwischen 15mm bis 40mm diese Werte in einem geeigneten Verhältnis zum Rohrdurchmesser skaliert werden können. Zusätzlich kann der Drallabstand mit der Wandstärke skaliert werden und zwar zwischen Wandstärken von 0,3mm bis 1,2mm.

[0019] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung haben sich folgende Werte herausgestellt: Dralltiefe von 0,1mm bis 0,4mm und Drallabstände s von 1mm bis 4mm für Rohre mit Durchmesser von 19mm und Wandstärken von 0,5mm.

[0020] Als Dralltiefe wird der auf der Innenseite des Rohres vorhandene Vorsprung der Wandung an der Stelle der umlaufenden Sicke verstanden, bezogen auf den ungestörten Innendurchmesser. Als Drallabstand wird der Abstand zwischen zwei benachbarten Sicken entlang der Rohrachse definiert.

[0021] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wozu Erläuterungen dienlich, in schematischer und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kraftwerkskreisprozesses,

Figur 2 ein Rohr für einen Kondensator gemäß dem Stand der Technik,

Figur 3 ein erfindungsgemäß gestaltetes Rohr für einen Kondensator.

[0023] Die Figur 1 zeigt eine Kraftwerksanlage 1. Diese umfasst einen Dampferzeuger 2, eine Dampfturbine 3, einen Kondensator 4 sowie eine Pumpe 5. Im Dampferzeuger 2 wird Wasser in Dampf durch Zuführung von

thermischer Energie umgewandelt. Der Dampf strömt über eine Leitung 6 zu einer Dampfturbine 3. Dort wird die thermische Energie des Dampfes in Rotationsenergie des Rotors der Dampfturbine 3 umgewandelt, der schließlich den Rotor eines Generators 7 antreibt und somit elektrische Energie erzeugt. Der Druck und die Temperatur des Dampfes werden dabei verringert und strömen über eine weitere Leitung 8 zu dem Kondensator 4. Der Kondensator 4 umfasst mehrere Rohre 9, die auch als Kühlrohre bezeichnet werden. Durch die Kühlrohre strömt ein Kühlwasser. An der Außenfläche des Rohres 9 kondensiert der Wasserdampf zu Wasser. Die Kondensation im Kondensator 4 ist umso besser je größer der Wärmeübergang des Rohres 9 ist.

[0024] Nachdem der Dampf im Kondensator 4 zu Wasser umgewandelt wurde, wird er über eine weitere Leitung 10 zu der Pumpe 5 geführt und dort wieder zum Dampferzeuger 2 gepumpt. Somit wird ein Wasser-Dampf-Kreislauf geschlossen.

[0025] Die Figur 2 zeigt ein Rohr 9, das gemäß dem Stand der Technik ausgeführt ist. Das Rohr 9 weist einen Außendurchmesser d auf, sowie einen Innendurchmesser i . Desweiteren weist das Rohr eine Außenoberfläche 11 und eine Innenoberfläche 12 auf. Sowohl die Außenoberfläche 11 als auch die Innenoberfläche 12 ist glatt ausgeführt. Das Strömungsprofil innerhalb des Innendurchmessers i ist demnach nahezu zeitlich konstant.

[0026] Die Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Anordnung des Rohres 9. Dieses Rohr 9 kann auch als Drallrohr bezeichnet werden, wobei dieses Rohr 9 eine von außen aufgebrachte Sicke 13 aufweist. Diese Sicke 13 ist gewindeförmig angeordnet und kann von außen kostengünstig angebracht werden.

[0027] Das Rohr 9 weist ebenso einen Außendurchmesser d und einen Sickenabstand s auf. Desweiteren ist die Geometrie des Rohres 9 durch eine Dralltiefe h charakterisiert. Dabei ist die Dralltiefe h der auf der Innenoberfläche 12 des Rohres 9 vorhandene Vorsprung der Wandung an der Stelle der umlaufenden Sicke 13 verstanden wird, bezogen auf den ungestörten Innendurchmesser.

[0028] Desweiteren ist das Rohr 9 durch die Wandstärke w charakterisiert.

[0029] Es hat sich gezeigt, dass die Wahl der Drallparameter h , s , d , und w essentiell für die Wirksamkeit der Drallrohre ist. Als gut geeignet für Kraftwerkskondensatoren haben sich zur Verbesserung des Wärmedurchgangs Dralltiefen h von 0,1mm bis 0,7mm in Verbindung mit Drallabständen von 1mm bis 8mm erwiesen bei einem Rohrdurchmesser von 19mm und einer Wandstärke von 0,5mm. Für Rohrdurchmesser zwischen 15mm bis 40mm können diese Werte in einem geeigneten Verhältnis zum Rohrdurchmesser skaliert werden. Zusätzlich kann der Abstand mit der Wandstärke skaliert werden und zwar zwischen Wandstärken von 0,3mm bis 1,2mm.

[0030] Als besonders vorteilhaft haben sich Dralltiefen von 0,1mm bis 0,4mm und Drallabstände von 1mm bis 4mm gezeigt bei einem Rohrdurchmesser von 19mm

und Wandstärken von 0,5mm. Auch hier sind Dralltiefe und Drallabstand wie oben genannt zu skalieren. Erfindungsgemäß wird das Rohr somit durch folgende Gleichung charakterisiert:

$$\frac{0,1}{19} < \frac{h}{d} < \frac{0,7}{19}.$$

Desweiteren gilt

$$\frac{1}{19} < \frac{s}{d} < \frac{8}{19}.$$

[0031] Es gilt hierbei: $0,1\text{mm} < h < 0,7\text{mm}$, $1\text{mm} < s < 8\text{mm}$ und $15\text{mm} < d < 40\text{mm}$, insbesondere: $0,1\text{mm} < h < 0,4\text{mm}$ und $1\text{mm} < s < 4\text{mm}$.

[0032] Ferner gilt: $0,3\text{mm} < w < 1,2\text{mm}$. Durch die vorgenannten Parameter lässt sich ein geeignetes Verhältnis von Wärmeübergangserhöhung und Druckverlusterrhöhung mit einem wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Drallrohren in Kondensatoren realisieren.

Patentansprüche

1. Rohr für einen Kondensator,
wobei das Rohr (9) eine Sicke (13) aufweist. 20
2. Rohr (9) nach Anspruch 1,
wobei die Sicke (13) gewindeförmig am Rohr (9) angeordnet ist. 25
3. Rohr nach Anspruch 1,
wobei die Sicke (13) konzentrisch angeordnet ist. 30
4. Rohr nach Anspruch 1, 2 oder 3,
wobei das Rohr (9) einen Rohrdurchmesser (d) aufweist,
wobei die Sicke (13) eine Dralltiefe (h), der Abstand zwischen zwei Sicken (s) beträgt und die Wandstärke (w) beträgt, wobei gilt: $\frac{0,1}{19} < \frac{h}{d} < \frac{0,7}{19}$. 35
5. Rohr nach Anspruch 4,
wobei gilt: $\frac{1}{19} < \frac{s}{d} < \frac{8}{19}$. 40
6. Rohr nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
wobei gilt: $0,1\text{mm} < h < 0,7\text{mm}$, $1 < s < 8\text{mm}$ und $15\text{mm} < d < 40\text{mm}$, insbesondere: $0,1\text{mm} < h < 0,4\text{mm}$ und $1\text{mm} < s < 4\text{mm}$. 45
7. Rohr nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei das Rohr (9) eine Wandstärke (w) aufweist, wobei für w gilt: $0,3\text{mm} < w < 1,2\text{mm}$. 50
8. Rohr nach Anspruch 7,
wobei gilt: $0,4\text{mm} < w < 0,6\text{mm}$. 55
9. Rohr nach einem der Ansprüche 4 bis 8,

wobei gilt $\frac{1}{19} < \frac{s}{d} < \frac{4}{19}$.

10. Verfahren zur Herstellung eines Rohres für einen Kondensator,
wobei das Rohr (9) einen Rohraußendurchmesser (d), eine Sicke (13) mit einer Dralltiefe (h), einen Abstand (s) zwischen zwei Sicken (13) und eine Wandstärke (w) aufweist,
wobei das Rohr (9) derart gefertigt wird, dass folgende Zusammenhänge erfüllt sind:
 $\frac{0,1}{19} < \frac{h}{d} < \frac{0,7}{19}$, $\frac{1}{19} < \frac{s}{d} < \frac{8}{19}$.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
wobei die Sicke (13) gewindeförmig am Rohr (9) ausgebildet ist.

FIG 1

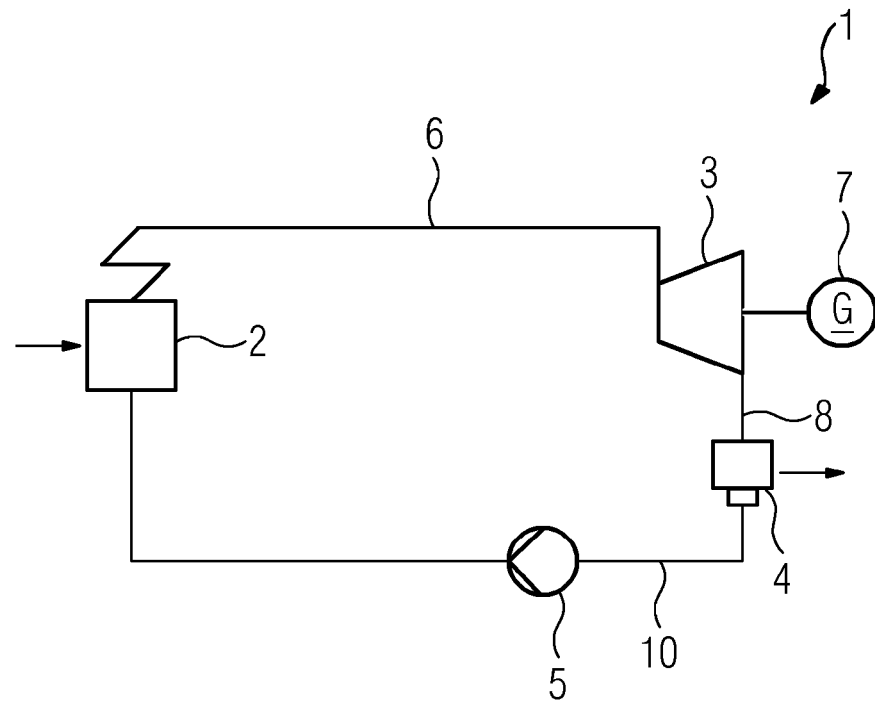


FIG 2

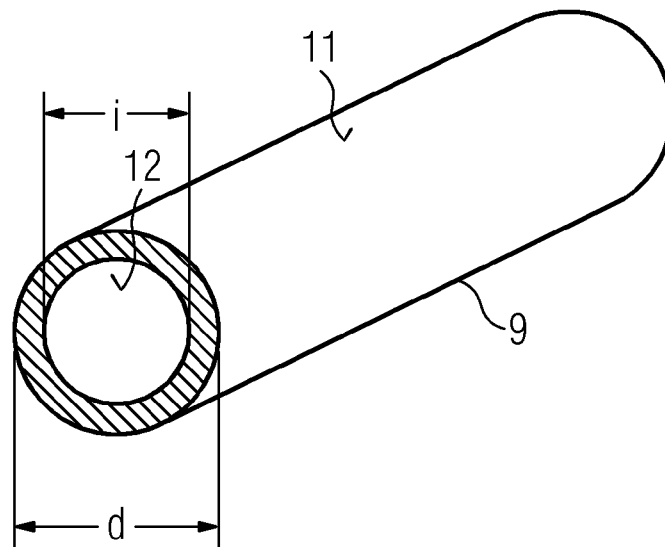
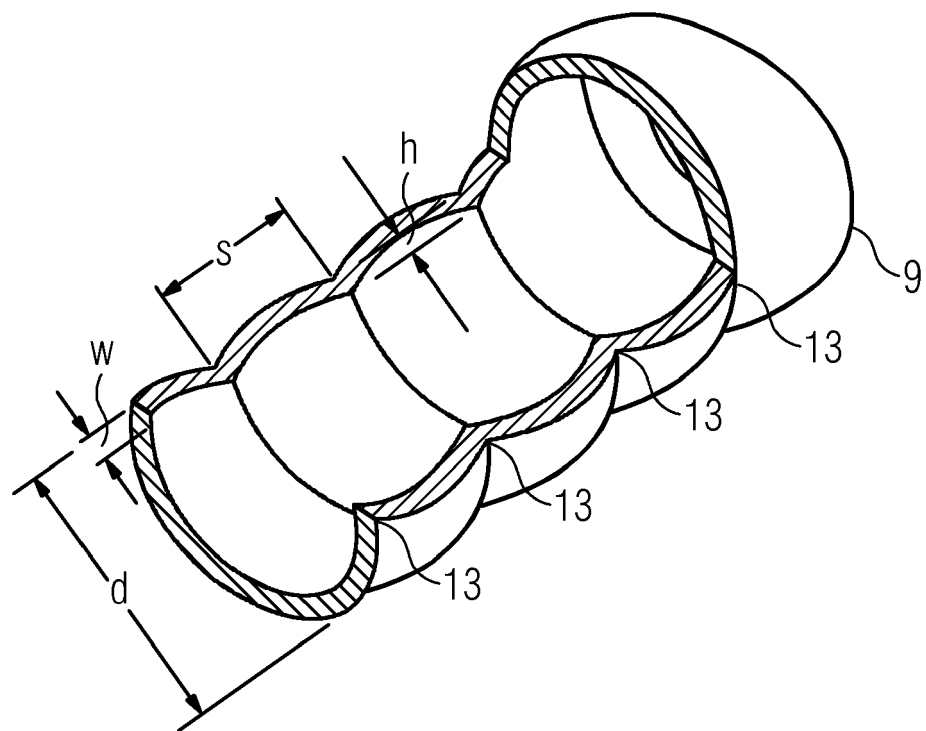


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 18 7042

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 3 016 689 A1 (VALLOUREC HEAT EXCHANGER TUBES [FR]) 24. Juli 2015 (2015-07-24) * Zusammenfassung * * Seite 6, Zeile 27 - Seite 7, Zeile 21 * * Abbildung 4 * -----	1-11	INV. F28F1/08 F25B39/04
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F28F F25B F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. März 2016	Prüfer Bain, David
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 18 7042

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-03-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	FR 3016689	A1	24-07-2015	FR 3016689 A1	24-07-2015
				WO 2015107314 A1	23-07-2015
15	-----				
20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82