

(19)



(11)

EP 1 790 932 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

30.05.2007 Patentblatt 2007/22

(51) Int Cl.:

F28D 7/04 ^(2006.01)

F28F 9/013 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05025682.5**

(22) Anmeldetag: **24.11.2005**

(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 NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**

65189 Wiesbaden (DE)

(72) Erfinder:

- **Schönberger, Manfred Stefan, Dipl.-Ing.**
83342 Tacherting (DE)

- **Bauer, Stefan**

83352 Altenmarkt (DE)

- **Hölzl, Reinhold**

82538 Geretsried (DE)

- **Müller, Eva**

83308 Trostberg (DE)

- **Steinbauer, Manfred**

82399 Raisting (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar et al**

Linde AG

Patente und Marken

Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14

D-82049 Höllriegelskreuth (DE)

(54) **Gewickelter Wärmetauscher**

(57) Ein gewickelter Wärmetauscher weist eine Mehrzahl von Rohren auf, die in einer oder mehreren konzentrischen Rohrlagen (4, 7) schraubenförmig um ein Kernrohr gewickelt sind, sowie einen Mantel, der einen Außenraum um die Rohre begrenzt. Er ist so ausgebildet,

dass im Betrieb Wärme zwischen mindestens zwei Fluidströmen übertragen wird, von denen der eine durch das Innere der Rohre und der andere durch den Außenraum strömt. Im Inneren des Wärmetauschers ist mindestens ein nicht wärmeübertragendes elastisches Bauelement (1 a, 1 b) angeordnet.

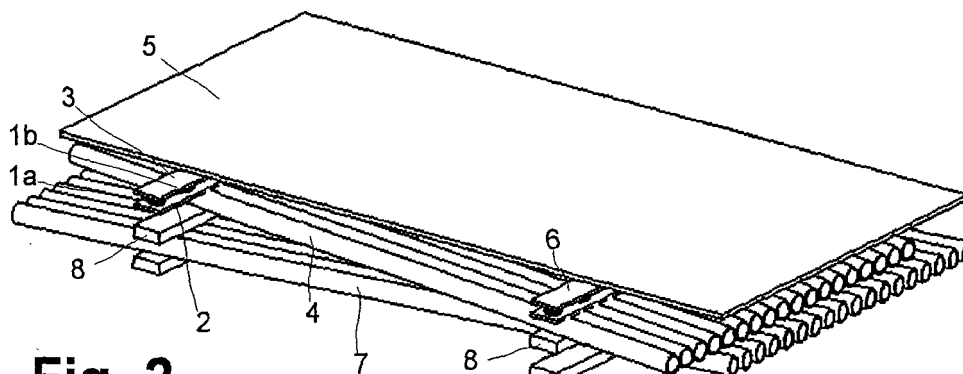


Fig. 2

EP 1 790 932 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen gewickelten Wärmetauscher mit einer Mehrzahl von Rohren, die um ein Kernrohr gewickelt sind, mit einem Mantel, der einen Außenraum um die Rohre begrenzt.

[0002] In LNG-Baseload-Anlagen wird Erdgas in großen Mengen kontinuierlich verflüssigt. Die Verflüssigung des Erdgases erfolgt meist durch Wärmeaustausch mit einem Kälteträger in gewickelten Wärmetauschern. Es sind aber auch andere Anwendungen von gewickelten Wärmetauschern bekannt, sowohl bei Temperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur bis hin zu tiefsten Temperaturen als auch bei hohen Temperaturen bis hin zu weit oberhalb der Umgebungstemperatur. Grundsätzlich können gewickelte Wärmetauscher bei jeder Temperatur eingesetzt werden, für die ihr Material geeignet ist.

[0003] Bei einem gewickelten Wärmetauscher sind mehrere Lagen von Rohren auf ein Kernrohr aufgewickelt. Durch die einzelnen Rohre wird ein Medium geleitet, welches in Wärmeaustausch mit einem in dem Raum zwischen den Rohren und einem umgebenden Mantel strömenden Medium tritt. Die Rohre werden am oberen und unteren Wärmetauscherende in einer oder mehreren Gruppen zusammengeführt.

[0004] Derartige gewickelte Wärmetauscher und ihre Anwendung, zum Beispiel zur Erdgasverflüssigung, sind in jeder der folgenden Veröffentlichungen beschrieben:

- Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Aufl. 1985, S.471-475
- W. Scholz, "Gewickelte Rohrwärmetauscher", Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft, Nr. 33 (1973), S. 34-39
- W. Bach, "Offshore-Erdgasverflüssigung mit Stickstoffkälte - Prozessauslegung und Vergleich von Gewickelten Rohr- und Plattenwärmetauschern", Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft, Nr. 64 (1990), S. 31-37
- W. Förg et al., "Ein neuer LNG Baseload Prozess und die Herstellung der Hauptwärmetauscher, Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft", Nr. 78 (1999), S. 3-11 (englische Fassung: W. Förg et al., "A New LNG Baseload Process and Manufacturing of the Main Heat Exchanger", Linde Reports on Science and Technology, Nr. 61 (1999), S. 3-11)
- DE 1501519 A
- DE 1912341 A
- DE 19517114 A
- DE 19707475 A
- DE 19848280 A

[0005] Gewickelte Wärmetauscher sind bekannt für ihre große innere Elastizität. Durch die als Spiralfeder geformten Rohre sind sie in sich sehr elastisch, als insbesondere geeignet, durch thermische Ausdehnungen oder Zusammenziehungen induzierte Spannungen aus-

zugleichen und damit eine besonders hohe Betriebssicherheit zu ermöglichen.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Zuverlässigkeit eines gewickelten Wärmetauschers weiter zu erhöhen.

[0007] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass mindestens ein nicht wärmeübertragendes elastisches Bauelement im Inneren des Wärmetauschers eingesetzt wird.

[0008] Bisher war man davon ausgegangen, dass die Eigenelastizität der gewickelten Rohre, gegebenenfalls in Verbindung einer elastischen Lagerung der Rohre an ihren Enden, einem gewickelten Wärmetauscher eine so überragende Fähigkeit zum Ausgleich thermischer Spannungen verleiht, dass weitere Maßnahmen in dieser Richtung unnötig sind. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass auch bei gewickelten Wärmetauschern thermische Spannungen die Zuverlässigkeit im Betrieb vermindern können. Die Erfindung setzt nun nicht bei den üblichen Parametern an, beispielsweise an einer Erhöhung der Eigenelastizität der Rohre oder an einer Veränderung der Lagerung der Rohrenden, sondern löst die oben genannte Aufgabe durch die Verwendung nicht wärmeübertragender Bauteile im Inneren des Wärmetauschers.

[0009] Unter "nicht wärmeübertragend" wird hier ein Bauteil verstanden, dessen Oberflächen im Betrieb nicht in direktem Kontakt mit den beiden Fluiden stehen, zwischen denen der beabsichtigte Wärmeübergang stattfindet. Selbstverständlich weist jedes Bauteil eine Wärmeübertragungswirkung durch Wärmeleitung auf. Diese ist bei dem Begriff "nicht wärmeübertragend" nicht ausgeschlossen.

[0010] "Im Inneren" des Wärmetauschers ist ein Bauteil dann angeordnet, wenn es sich innerhalb des äußeren Mantels und nicht an den Rohrenden befindet. Bauteile, die zur Lagerung der Rohrenden dienen, sind also ausgeschlossen. Ein solches Bauteil kann sich beispielsweise im Außenraum des gewickelten Wärmetauschers, aber grundsätzlich auch im Inneren eines Rohres befinden.

[0011] Ein Bauteil wird hier als "elastisch" bezeichnet, wenn seine Federsteifigkeit (Federkonstante) geringer als diejenige der wärmeübertragenden Bauteile, insbesondere der Rohre und des Rohrbündels, ist. Die Federkonstante des oder der "nicht wärmeübertragenden elastischen Bauelemente" beträgt insbesondere weniger als 80 %, vorzugsweise weniger als 50 %, weniger als 10 % oder weniger als 1 % des Rohrbündels.

[0012] Vorzugsweise wird bei der Erfindung eine Mehrzahl nicht wärmeübertragender elastischer Bauelemente im Inneren des Wärmetauschers verwendet.

[0013] Das oder die nicht wärmeübertragenden elastischen Bauelemente sind vorzugsweise mit einem wärmeübertragenden Bauelement, insbesondere mindestens einem der Rohre, formschlüssig, kraftschlüssig oder gleitend verbunden. Die Verbindung kann direkt hergestellt sein, beispielsweise durch Schweißen oder

Löten, oder aber über ein oder mehrere Zwischenstücke, die eine geringere Elastizität aufweisen. Alternativ kann das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement auch ein Teil oder Anformteil einer wärmeübertragenden Bauteils sein.

[0014] Alternativ, vorzugsweise zusätzlich können das oder die nicht wärmeübertragenden elastischen Bauelemente mit einem nicht wärmeübertragenden Bauelement formschlüssig, kraftschlüssig oder gleitend verbunden sein. Beispielsweise können die federnden Elemente an einer Seite mit einem oder mehreren Rohren und an der anderen Seite mit dem Mantel kraftschlüssig verbunden sein. Damit wird beispielsweise eine Entkopplung der thermischen Längenänderungen von Rohrbündel einerseits und Mantel andererseits erreicht.

[0015] Möglich ist aber auch eine form- oder kraftschlüssige Verbindung auf der einen Seite kombiniert mit einer gleitenden Verbindung auf der anderen Seite.

[0016] Zwischen dem äußeren Behältermantel und der äußersten Rohrlage befindet sich üblicherweise ein größerer ringförmiger Spalt. Würde ein Teil des durch den Außenraum fließenden Fluids durch diesen Spalt anstatt durch die Zwischenräume zwischen den Rohren strömen, nähme dieser Teil nicht oder nur in geringem Umfang an dem Wärmeaustausch mit dem anderen Fluid teil, das durch das Innere der Rohre strömt. Daher ist es üblich, zwischen äußerster Rohrlage und Mantel ein Hemd anzuordnen. In diesem Fall ist es günstig, wenn das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement mit dem Hemd kraftschlüssig oder gleitend verbunden ist.

[0017] Insbesondere wenn das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement auf der anderen Seite mit einem oder mehreren Rohren verbunden ist, wird damit eine Entkopplung der thermischen Durchmesseränderungen von Rohren einerseits und Hemd andererseits und damit eine Verminderung der thermisch induzierten Spannungen erreicht.

[0018] Die Erfindung ist insbesondere dann mit Vorteil anzuwenden, wenn die wärmeübertragenden Bauelemente, insbesondere die Rohre, einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der größer als $8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, insbesondere größer als $16,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, insbesondere größer als $20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ist. Das Rohrmaterial kann beispielsweise aus Edelstahl, insbesondere V2A, oder aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehen.

[0019] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert, die jeweils schematisch einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen gewickelten Wärmetauscher darstellen. Hierbei zeigen:

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für ein nicht wärmeübertragende elastische Bauelemente im Sinne der Erfindung und

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Anwendung der Erfindung in einem gewickelten

Wärmetauscher.

In dem Ausführungsbeispiel Figur 1 sind zwei nicht wärmeübertragende elastische Bauelemente 1a, 1b im Sinne der Erfindung abgebildet. Sie können, wie dargestellt, als Spiralfedern ausgebildet sein, aber auch jede andere Form annehmen, die bewirkt, dass ihre Federkonstante geringer als diejenige der in Figur 1 nicht dargestellten wärmeübertragenden Bauelemente ist, insbesondere weniger als 80 %, vorzugsweise weniger als 50 %, weniger als 10 % oder weniger als 1 % des Rohrbündels des gewickelten Wärmetauschers beträgt.

[0020] Die nicht wärmeübertragenden elastischen Bauelemente 1a, 1b sind auf einer Seite (unten in Figur 1) über ein erstes Zwischenstück 2 kraftschlüssig mit wärmeübertragenden Bauelementen wie beispielsweise Rohren (nicht dargestellt) verbunden, zum Beispiel durch eine Fügeverbindung.

[0021] Auf der anderen Seite (oben in Figur 1) sind die nicht wärmeübertragenden elastischen Bauelemente 1a, 1b über ein zweites Zwischenstück 3 kraftschlüssig mit einem nicht wärmeübertragenden Bauelement wie beispielsweise einem Hemd verbunden, das zwischen der äußersten Rohrlage und dem Mantel des gewickelten Wärmetauschers angeordnet ist.

[0022] Figur 2 zeigt ein ähnliches Ausführungsbeispiel, das analog zu Figur 1 zwei nicht wärmeübertragende elastische Bauelemente 1a, 1b und ein erstes und ein zweites Zwischenstück 2, 3 aufweist. Das erste Zwischenstück 2 ist kraftschlüssig mit den Rohren der äußersten Rohrlage 4 verbunden, zum Beispiel durch eine Schweißverbindung. Das zweite Zwischenstück 3 ist kraftschlüssig mit einem Hemd 5 verbunden, zum Beispiel durch eine Schweißverbindung.

[0023] Die Konstruktion der Bauelemente 1a, 1b, 2, 3 wird an weiteren Stellen (zum Beispiel 6) wiederholt, vorzugsweise in regelmäßigen Abständen.

[0024] In Figur 2 sind außerdem eine weitere Rohrlage 7 sowie inelastische Stege 8 dargestellt, welche zwischen den beiden Rohrlagen 4 und 7 angeordnet sind.

[0025] Grundsätzlich kann der Grundgedanke der Erfindung, der Einsatz eines elastischen, nicht wärmeübertragenden Bauteils zum Abbau thermisch induzierter Spannung auch in allen anderen Typen von Wärmetauschern eingesetzt werden, beispielsweise in U-Rohr-Tauscher, Geradrohrtauschern oder Plattenwärmetauschern.

Patentansprüche

1. Gewickelter Wärmetauscher mit einer Mehrzahl von Rohren, die in einer oder mehreren konzentrischen Rohrlagen (4, 7) schraubenförmig um ein Kernrohr gewickelt sind, mit einem Mantel, der einen Außenraum um die Rohre begrenzt, der so ausgebildet ist, dass im Betrieb Wärme zwischen mindestens zwei Fluidströmen übertragen wird, von denen der eine

durch das Innere mindestens eines der Rohre und der andere durch den Außenraum strömt, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Inneren des Wärmetauschers mindestens ein nicht wärmeübertragendes elastisches Bauelement (1a, 1 b) angeordnet ist. 5

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement mit mindestens einem wärmeübertragenden Bauelement, insbesondere mindestens einem der Rohre, formschlüssig, kraftschlüssig oder gleitend verbunden ist. 10
3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement mit einem nicht wärmeübertragenden Bauelement formschlüssig, kraftschlüssig oder gleitend verbunden ist. 15
4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Mantel und der äußersten Rohrlage (4) ein Hemd (5) angeordnet ist und das nicht wärmeübertragende elastische Bauelement mit dem Hemd formschlüssig, kraftschlüssig oder gleitend verbunden ist. 20
25
5. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wärmeübertragenden Bauelemente einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, der größer als $8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, insbesondere größer als $16,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, insbesondere größer als $20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ ist. 30
6. Anwendung eines Wärmetauschers nach einem der Ansprüche 1 bis 5 bei einer Betriebstemperatur, die kleiner als die Umgebungstemperatur, insbesondere kleiner als -40°C ist. 35
7. Anwendung des Wärmetauschers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Durchführung eines indirekten Wärmeaustauschs zwischen einem kohlenwasserstoffhaltigen Strom und mindestens einem Wärme- oder Kältefluid. 40
8. Anwendung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kohlenwasserstoffhaltige Strom durch Erdgas gebildet wird. 45
9. Anwendung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kohlenwasserstoffhaltige Strom bei dem indirekten Wärmeaustausch verflüssigt, abgekühlt, angewärmt und/oder verdampft wird. 50

55

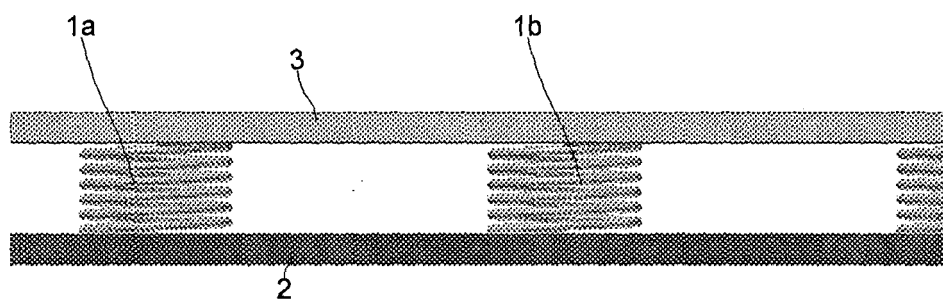


Fig. 1

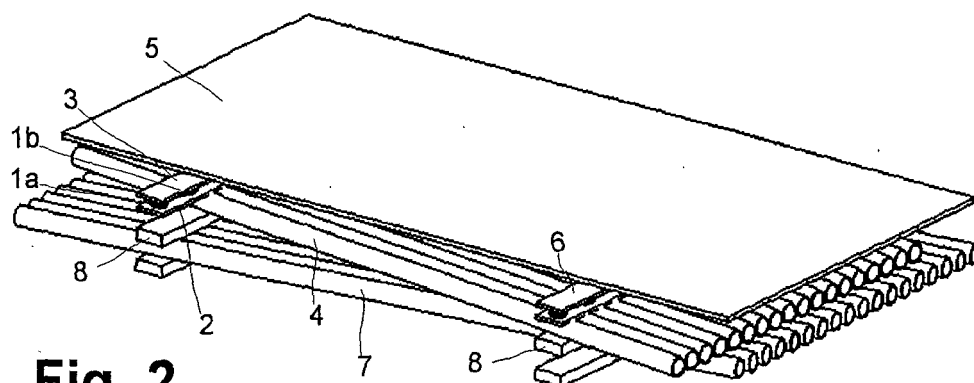


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 02 5682

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	GB 1 267 191 A (INTERNATIONAL COMBUSTION LIMITED) 15. März 1972 (1972-03-15) * Seite 3, Zeile 114 - Seite 4, Zeile 52; Abbildungen *	1-3,5	F28D7/04 F28F9/013
Y	----- US 4 116 270 A (MARUSHKIN ET AL) 26. September 1978 (1978-09-26) * Spalte 6, Zeile 56 - Spalte 7, Zeile 17 * * Spalte 8, Zeile 34 - Zeile 42; Abbildungen 1,3 *	4,6-9 4	
D,Y	----- DE 197 07 475 A1 (LINDE AG, 65189 WIESBADEN, DE) 27. August 1998 (1998-08-27) * Zusammenfassung; Abbildungen *	6-9	
X	----- DE 203 14 766 U1 (WITZENMANN GMBH) 11. Dezember 2003 (2003-12-11) * Ansprüche 11,13; Abbildungen *	1-3,5	
X	----- CH 477 666 A (GEBRUEDER SULZER AKTIENGESELLSCHAFT) 31. August 1969 (1969-08-31) * Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 13; Abbildungen *	1-3,5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F28D F28F F25J
X	----- DE 15 51 459 A1 (THE HYMATC ENGINEERING COMPANY LTD) 19. März 1970 (1970-03-19) * Seite 3, Absatz 2; Anspruch 1; Abbildungen * -& DE 15 01 535 A1 (THE HYMATIC ENGINEERING COMPANY LTD) 23. Oktober 1969 (1969-10-23) * Seite 4, Absatz 2 *	1-5,9	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
4	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 5. April 2006	Prüfer Mootz, F
KATEGORIE DER GENANTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche 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 05 02 5682

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.

05-04-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 1267191 A	15-03-1972	KEINE	
US 4116270 A	26-09-1978	DE 2603586 A1	10-02-1977
		FR 2319867 A1	25-02-1977
		SU 533420 A1	30-10-1976
DE 19707475 A1	27-08-1998	KEINE	
DE 20314766 U1	11-12-2003	KEINE	
CH 477666 A	31-08-1969	SE 335868 B	14-06-1971
DE 1551459 A1	19-03-1970	GB 1166941 A	15-10-1969
		NL 6700193 A	10-07-1967
		US 3400757 A	10-09-1968
DE 1501535 A1	23-10-1969	NL 6611018 A	07-02-1967

EPO FORM P0461

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

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 1501519 A [0004]
- DE 1912341 A [0004]
- DE 19517114 A [0004]
- DE 19707475 A [0004]
- DE 19848280 A [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN ; LINDE.** *Tieftemperaturtechnik*, 1985, 471-475 [0004]
- **W. SCHOLZ.** Gewickelte Rohrwärmeaustauscher. *Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft*, 1973, 34-39 [0004]
- **W. BACH.** Offshore-Erdgasverflüssigung mit Stickstoffkälte - Prozessauslegung und Vergleich von Gewickelten Rohr- und Plattenwärmetauschern. *Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft*, 1990, 31-37 [0004]
- **W. FÖRG et al.** Ein neuer LNG Baseload Prozess und die Herstellung der Hauptwärmeaustauscher. *Linde-Berichte aus Technik und Wissenschaft*, 1999, vol. 78, 3-11 [0004]
- **W. FÖRG et al.** A New LNG Baseload Process and Manufacturing of the Main Heat Exchanger. *Linde Reports on Science and Technology*, 1999, 3-11 [0004]