



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: F 28 D
F 28 F

7/00
9/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENTSCHRIFT A5

11

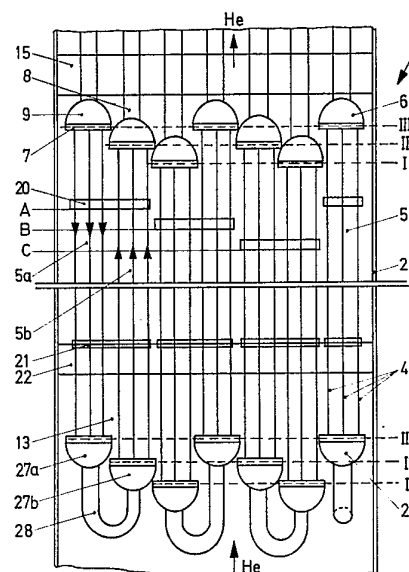
638 606

②① Gesuchsnummer: 6476/78 ②② Anmeldungsdatum: 14.06.1978 ③③ Priorität(en): 30.06.1977 DE 2729526 ②④ Patent erteilt: 30.09.1983 ④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 30.09.1983	⑦③ Inhaber: Hochtemperatur-Reaktorbau Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Köln 1 (DE) ⑦② Erfinder: Hans Ecker, Ludwigshafen a.Rh. (DE) Karl Gasch, Ketsch (DE) Dipl.-Ing. Harry Spilker, Graben-Neudorf (DE) ⑦④ Vertreter: Walter F. Sax, Oberengstringen
---	---

⑤④ Senkrecht stehender Wärmetauscher kreisförmigen Querschnitts.

⑤⑦ Von dem innerhalb eines Leitmantels (2) angeordneten Geradrohrbündel sind jeweils mehrere Rohre (4) zu einem Teilbündel (5) zusammengebaut. Jedes Teilbündel (5) weist an seinem oberen Ende einen Sammler (6) auf. Eine gerade Anzahl der Teilbündel (5) sind je zu einer Wärmetauscher-Einheit (13) zusammengeschaltet. Die Rohre (4) der einen Hälfte der Teilbündel (5a) jeder Wärmetauscher-Einheit (13) werden im Gegenstrom und die Rohre (4) der anderen Hälfte des Teilbündels (5b) werden im Gleichstrom zu dem äusseren Medium von dem inneren Medium durchströmt. Am unteren Ende der Wärmetauscher-Einheiten (13) sind Einrichtungen (28) zur Umkehrung der Strömungsrichtung des inneren Mediums um 180° vorgesehen.

Der Wärmetauscher kann als Hilfswärmetauscher des Nachwärmeabfuhrsystems von Hochtemperaturreaktoren sowie als Zwischenüberhitzer eingesetzt werden. Er hat bei guten Wärmeübertragungseigenschaften ein geringes Bauvolumen und bietet guten Zugang für die Durchführung von Wiederholungsprüfungen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Senkrecht stehender Wärmetauscher kreisförmigen Querschnitts mit einem innerhalb eines Leitmantels angeordneten Geradrohrbündel in Dreiecks- oder Quadratteilung, das parallel zu den Rohrachsen von einem inneren und einem äusseren Medium durchströmt wird und bei dem jeweils mehrere Rohre zu einem Teilbündel zusammengefasst sind, wobei jedes Teilbündel an seinem oberen Ende einen Sammler aufweist und wobei die Sammler in mindestens drei verschiedenen horizontalen Ebenen derart angeordnet sind, dass benachbarte Sammler gegeneinander versetzt sind, dadurch gekennzeichnet, dass eine gerade Anzahl der Teilbündel (5, 34, 40) zu einer Wärmetauscher-Einheit (13) zusammengeschaltet sind, wobei die Rohre (4) der einen Hälfte der Teilbündel (5a) jeder Wärmetauscher-Einheit (13) im Gegenstrom und die Rohre (4) der anderen Hälfte der Teilbündel (5b) im Gleichstrom zu dem äusseren Medium von dem inneren Medium durchströmt werden und am unteren Ende der Wärmetauscher-Einheiten (13) Einrichtungen (14, 28) zur Umkehrung der Strömungsrichtung des inneren Mediums um 180° vorgesehen sind.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils zwei benachbarte Teilbündel (5a, 5b) zu einer Wärmetauscher-Einheit (13) zusammengeschaltet sind.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilbündel (5) auch an ihrem unteren Ende je einen Sammler (27) aufweisen, wobei die im Gegenstrom durchflossenen Sammler (27a) jeder Wärmetauscher-Einheit (13) mit den im Gleichstrom durchflossenen Sammlern (27a) durch U-förmig gebogene Rohrleitungen (28) verbunden sind.

4. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre (4) der im Gegenstrom durchflossenen Teilbündel (5a) jeder Wärmetauscher-Einheit (13) mit den Rohren (4) der im Gleichstrom durchflossenen Teilbündel (5b) dieser Einheit durch U-förmig gebogene Rohrleitungen (14) verbunden sind.

5. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Rohre (4) jedes Teilbündels (40) vor dem Eintritt in den bzw. die Sammler (39) mittels eines Bogens (42) symmetrisch auf ein kleineres Rohrteilungsmaass eingezo-gen sind.

6. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammler (6) im Grundriss Sechseckform, vorzugsweise mit abgerundeten Ecken, aufweisen und aus einer sechseckigen Lochplatte (7) sowie einer gewölbten Haube (9) bestehen, die von der Sechseckform an der Anschlussstelle (10) zu der Lochplatte (7) in eine halbkugelige Form übergeht.

7. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 3, mit einem Geradrohrbündel in Quadratteilung, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammler (33) im Grundriss eine quadratische Form aufweisen und aus einer quadratischen Lochplatte (35) sowie einer gewölbten Haube (36) bestehen, die von der quadratischen Form an der Anschlussstelle (28) zu der Lochplatte (35) in eine halbkugelige Form übergeht.

8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1, 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Sammler (29) eine kreisrunde Querschnittsform aufweisen und aus einer kreisrunden Lochplatte (31) sowie einer halbkugeligen Haube (30) bestehen.

9. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 6, 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Sammler (6, 29, 33) im Grundriss überdecken.

10. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (1) in seinem Zentrum und in nicht mit Rohren (4) besetzten, an seinen Leitmantel (2) angrenzenden Räumen Füllkörper (11, 12) aufweist, die sich durch den gesamten aktiven Bereich des Wärmetauschers (1) erstrecken.

11. Wärmetauscher nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Halterung der einzelnen Rohre (4) aller Wärmetauscher-Einheiten (13) in mehreren Bereichen des Wärmetauschers (1) Stützgitter (20) vorgesehen sind, wobei jeweils die Rohre (4) wenigstens einer Wärmetauscher-Einheit (13) in einem Stützgitter (20, 20') zusammengefasst sind.

12. Wärmetauscher nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils die Stützgitter (20 bzw. 20') eines Bereiches in verschiedenen horizontalen Ebenen (A, B, C, D, A', B', C', D') angeordnet sind.

13. Wärmetauscher nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einem Bereich alle Stützgitter (21) in der gleichen horizontalen Ebene angeordnet und in einem gemeinsamen Führungsrost (22) längsverschiebbar geführt sind, wobei sie gleichzeitig horizontal abgestützt werden.

Die vorliegende Erfindung betrifft einen senkrecht stehenden Wärmetauscher kreisförmigen Querschnitts mit einem innerhalb eines Leitmantels angeordneten kompakten Geradrohrbündel in Dreiecks- oder Quadratteilung, das parallel zu den Rohrachsen von einem inneren und einem äusseren Medium durchströmt wird und bei dem jeweils mehrere Rohre zu einem Teilbündel zusammengefasst sind. Jedes Teilbündel weist an seinem oberen Ende einen Sammler auf, wobei die Sammler in mindestens drei verschiedenen horizontalen Ebenen derart angeordnet sind, dass benachbarte Sammler gegeneinander versetzt sind.

Bekannt sind Wärmetauscher mit einer Vielzahl von innerhalb eines äusseren Leitmantels angeordneten Geradrohrbündeln, die je von einem beidseitig offenen inneren Leitmantel umgeben und an ihren beiden Enden mit einem Rohrboden verbunden sind, an die sich eine Sammlerhaube anschliesst. Jedes Rohrbündel bildet mit den zugehörigen Rohrböden und dem inneren Leitmantel eine Box, wobei alle Boxen im Grundriss im Sechseckgitter angeordnet sind. Die Rohrböden sind auf beiden Seiten der Boxen in verschiedenen Ebenen senkrecht zur Achse des Wärmetauschers installiert. Benachbarte Rohrböden können sich im Grundriss überdecken, oder es ist nur ein sehr geringer Zwischenraum zwischen den Rohrböden der einen Box und dem inneren Leitmantel der dieser Box benachbarten Boxen vorhanden.

Derartige Wärmetauscher sind in den Offenlegungsschriften 24 24 355, 24 30 161, 25 17 693 und 25 17 694 beschrieben. Sie werden bevorzugt in geschlossenen Gasturbinenanlagen und in der Kernkraftwerkstechnik eingesetzt, wo sie beispielsweise beim sogenannten integrierten Kernreaktor im selben Druckbehälter wie der Reaktorkern installiert sind.

Ein ähnlich aufgebauter Wärmetauscher ist aus der Offenlegungsschrift 21 20 544 bekannt, bei dem das äussere Medium, z.B. das von einer Turbine kommende Abgas, entlang der Austauscherröhre innerhalb der beidseitig offenen Leitmäntel geführt wird, wobei seine Strömungsrichtung derjenigen des in den Rohren befindlichen Mediums entgegengesetzt ist. Die Leitmäntel sind strömungsdicht in eine senkrecht zu ihnen verlaufende Platte eingesetzt, die ebenfalls strömungsdicht mit dem äusseren Leitmantel des Wärmetauschers verbunden ist. Mit dieser Platte soll eine leicht und funktionssicher herzustellende Führung für das äussere Medium erreicht werden.

Zum Stand der Technik gehört ferner ein Wärmetauscher, in dessen Leitmantel eine Anzahl von Rohrkörpern angeordnet ist, die sich aus einer Vielzahl von an ihren Enden mit Kopfstücken oder Rohrböden verbundenen Rohren zusammensetzen. Die im wesentlichen geraden Rohre sind in unmittelbarer Nähe der Kopfstücke derart auseinandergespreizt, dass sie über den grössten Teil ihrer Länge eine gleichförmige Verteilung über

den Querschnitt des Mantels einnehmen. Auf diese Weise lässt sich bei einer gegebenen Wärmeübertragungsleistung das Gesamtvolumen des Wärmetauschers gering halten. Ein derartiger Wärmetauscher ist in der Offenlegungsschrift 14 01 666 beschrieben.

Von diesem Stand der Technik wird bei der vorliegenden Erfindung ausgegangen, wobei ihr die Aufgabe zugrunde liegt, die bekannten Wärmetauscher dahingehend zu verbessern, dass sich eine günstige Ausgangslage zur Durchführung von Wiederholungsprüfungen und eine noch kompaktere Bauweise für den Wärmetauscher ergibt.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass eine gerade Anzahl, vorzugsweise zwei, der Teilbündel zu einer Wärmetauscher-Einheit zusammengeschaltet sind, wobei die Rohre der einen Hälfte der Teilbündel jeder Wärmetauscher-Einheit im Gegenstrom und die Rohre der anderen Hälfte der Teilbündel im Gleichstrom zu dem äusseren Medium von dem inneren Medium durchströmt werden und am unteren Ende der Wärmetauscher-Einheiten Einrichtungen zur Umkehrung der Strömungsrichtung des inneren Mediums um 180° vorgesehen sind.

Der Wärmetauscher gemäss der Erfindung kann mit besonderem Vorteil als Hilfswärmetauscher des Nachwärmeabfuhrsystems von Hochtemperaturreaktoren sowie als Zwischenüberhitzer eingesetzt werden, da er bei guten Wärmeübertragungseigenschaften ein geringes Bauvolumen aufweist und guten Zugang für die Durchführung von Wiederholungsprüfungen bietet. Ferner treten innerhalb seines aktiven Bereichs keine Abdichtungsprobleme auf, wie es bei den bekannten Wärmetauschern in Boxenbauweise der Fall sein kann. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemässen Wärmetauschers liegt darin, dass er aus wenigen voneinander verschiedenen Einzelbauteilen zusammengefügt werden kann, die jeweils in grossen Serien anfallen; es ergibt sich somit eine kostengünstige Herstellung.

Vorteilhafterweise sind jeweils zwei benachbarte Teilbündel zu einer Wärmetauscher-Einheit zusammengeschaltet, wobei die Rohre des einen Teilbündels im Gegenstrom und die Rohre des anderen Teilbündels im Gleichstrom von dem inneren Medium durchströmt werden.

Die Teilbündel können auch an ihrem unteren Ende je einen Sammler aufweisen. Zur Umkehrung der Strömungsrichtung des inneren Mediums um 180° sind die unteren Sammler jeder Wärmetauscher-Einheit, die von dem inneren Medium im Gegenstrom durchflossen werden, mit den im Gleichstrom durchflossenen unteren Sammlern der gleichen Wärmetauscher-Einheit durch U-förmig gebogene Rohrleitungen verbunden. Diese besitzen einen grösseren Durchmesser als die Rohre der Teilbündel.

Wird auf das Vorhandensein von unteren Sammlern verzichtet, so ist zweckmässigerweise jedes Rohr eines im Gegenstrom durchflossenen Teilbündels mit einem Einzelrohr eines im Gleichstrom durchflossenen Teilbündels der gleichen Wärmetauscher-Einheit verbunden, und zwar durch eine U-förmig gebogene Rohrleitung von vorzugsweise dem gleichen Durchmesser wie die Einzelrohre der Teilbündel.

Vorteilhaft ist es, die Rohre jedes Teilbündels vor dem Eintritt in den Sammler bzw. in den oberen und unteren Sammler, falls letzterer vorhanden, mittels eines kleinen Etagenbogens symmetrisch auf ein kleineres Rohrteilungsmass einzuziehen. Durch diese Massnahme lassen sich kleinere Rohrteilungen im Bündel erreichen, und/oder der Grundriss der Sammler kann kleiner gewählt werden, was eine noch kompaktere Bauweise des erfindungsgemässen Wärmetauschers ermöglicht.

Vorzugsweise haben die Sammler im Grundriss Sechseckform, wobei die Ecken abgerundet sein können. Sie bestehen aus einer sechseckigen Lochplatte sowie einer gewölbten Haube, die von der Sechseckform an der Anschlussstelle zu der Lochplatte in eine halbkugelige Form übergeht. In die gewölbte

Haube tritt ein Stutzen ein, durch den das innere Medium zu- bzw. abgeleitet wird. Die Einzelrohre aller Teilbündel sind im Dreiecksgitter angeordnet. Mit Rücksicht auf die Ausführbarkeit der im Grundriss sechseckigen Sammler ist der Teilungsabstand der Rohre im Dreiecksgitter nicht beliebig wählbar. Er unterliegt einer bestimmten Gesetzmässigkeit, wie später noch erläutert wird. Insbesondere muss dabei beachtet werden, dass die Rohre in die Lochplatte eingeschweisst werden müssen.

Bei einem Wärmetauscher mit einem Geradrohrbündel in Quadratteilung kann für die Sammler im Grundriss auch eine quadratische Form gewählt werden. Die Lochplatte dieser Sammler ist dann ebenfalls quadratisch geformt, und die gewölbte Haube zeigt an der Übergangsstelle zur Lochplatte eine quadratische Form, die in eine halbkugelige Form übergeht.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Lochplatten der Sammler kreisrund auszubilden und den Hauben eine halbkugelige Form zu geben. Diese Variante kann mit besonderem Vorteil bei solchen Teilbündeln eingesetzt werden, bei denen die Rohre vor dem Eintritt in die Sammler auf ein kleineres Rohrteilungsmass eingezogen sind.

Wie bereits beschrieben, sind alle Sammler in mindestens drei verschiedenen horizontalen Ebenen in einer solchen Weise angeordnet, dass benachbarte Sammler jeweils gegeneinander versetzt sind. Dies ermöglicht es, die Teilbündel so dicht nebeneinander zu installieren, dass sich die Sammler im Grundriss überdecken. Unter Umständen kann bei in halbkugelige Form ausgebildeten Sammlern mit auf ein kleineres Rohrteilungsmass eingezogenen Rohren darauf verzichtet werden, die Sammler so eng anzuordnen, dass es – im Grundriss gesehen – zu einer Überdeckung kommt.

In der Höhe können die Sammler in bliebig Form, z.B. in Form eines Kegels, gestaffelt werden, wobei jedoch auf thermodynamische Gegebenheiten und konstruktive Vorteile Rücksicht genommen werden muss.

Wird das Zentrum des Wärmetauschers nicht mit Rohren besetzt, so ist hier vorteilhafterweise ein Füllkörper vorgesehen, der sich durch den gesamten aktiven Bereich des Wärmetauschers erstreckt. Ähnlich gestaltete Füllkörper können auch in den an den Wärmetauscher-Leitmantel angrenzenden Räumen installiert sein, die frei von Rohren sind. Durch die Füllkörper werden die Strömungsverhältnisse des äusseren Mediums und damit die Wärmeübertragungseigenschaften des erfindungsgemässen Wärmetauschers verbessert.

Für die Halterung der einzelnen Rohre aller Wärmetauscher-Einheiten sind Stützgitter, z.B. in Waben-, Rhombus- oder Ringform, vorgesehen, wobei zweckmässigerweise jeweils die Rohre einer Wärmetauscher-Einheit oder weniger Einheiten in einem Stützgitter zusammengefasst sind. Die Anzahl der Bereiche, in denen Stützgitter erforderlich sind, lässt sich durch Berechnungen ermitteln. Die Stützgitter haben die Aufgabe, die Ausschläge der aus der Anregung des aussen strömenden Mediums resultierenden Rohrschwingungen in zulässigen Grenzen zu halten. Sie können in jedem Bereich in verschiedenen horizontalen Ebenen angeordnet sein.

Gemäss einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung sind in mindestens einem Bereich alle Stützgitter in der gleichen horizontalen Ebene angeordnet und in einem gemeinsamen Führungsrost längsverschiebbar geführt, wobei sie gleichzeitig durch den Führungsrost horizontal abgestützt werden (um z.B. Erdbebenkräfte aufnehmen zu können).

Bei der Zuordnung der Teilbündel bzw. der Wärmetauscher-Einheiten, die jeweils durch ein Stützgitter gehalten sind, muss darauf Rücksicht genommen werden, wie sich eine Führung dieser Teilbündel bzw. Einheiten in dem Führungsrost realisieren lässt. Bei entsprechender Zusammenfassung der Teilbündel bzw. Wärmetauscher-Einheiten kann der komplette Führungsrost auf das komplett vorgefertigte Geradrohrbündel des Wärmetauschers montiert werden.

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele des Wärmetauschers gemäss der Erfindung schematisch dargestellt, der für den Einsatz als Hilfswärmetauscher in dem Nachwärmeabfuhrsystem eines mit Helium gekühlten Hochtemperaturreaktors bestimmt ist. Die Figuren zeigen im einzelnen:

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des Hilfswärmetauschers im Längsschnitt nach der Linie A-A der Fig. 2 mit in Dreiecksteilung angeordneten Rohren und im Grundriss sechseckigen Sammlern,

Fig. 2 einen Querschnitt nach der Linie B-B der Fig. 1,

Fig. 3 einen Ausschnitt aus dem Sammler-Bereich des Hilfswärmetauschers, ebenfalls im Querschnitt,

Fig. 4 einen einzelnen Sammler des Hilfswärmetauschers der Fig. 1 im Längsschnitt,

Fig. 5 den Grundaufbau des Tragrostes dieses Hilfswärmetauschers,

Fig. 6 das Stützgitter für eine Wärmetauscher-Einheit,

Fig. 7 den Grundaufbau des Führungsrostes des Hilfswärmetauschers der Fig. 1,

Fig. 8 ein zweites Ausführungsbeispiel im Längsschnitt,

Fig. 9 einen Ausschnitt aus einem dritten Ausführungsbeispiel mit im Grundriss runden Sammlern,

Fig. 10 einen Ausschnitt aus einem weiteren Ausführungsbeispiel mit im Grundriss quadratischen Sammlern,

Fig. 11 eine Variante des in der Fig. 9 dargestellten Ausführungsbeispiels.

Die Figuren 1 bis 7 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel des in stehender Anordnung installierten Hilfswärmetauschers 1, der zu dem Primärkreislauf des Hochtemperaturreaktors gehört und wie alle anderen Komponenten dieses Kreislaufs in einem vertikalen Schacht innerhalb eines Spannbetondruckbehälters untergebracht ist (nicht dargestellt). Der Hilfswärmetauscher 1 ist von einem Leitmantel 2 umgeben, in den unten eine Gaseintrittsleitung 3 mündet. Das abgekühlte Helium wird oben aus dem Leitmantel 2 abgezogen.

Innerhalb des Leitmantels 2 ist ein kompaktes Geradrohrbündel installiert, dessen einzelne Rohre 4 in Dreiecksstellung angeordnet sind. Jeweils sieben der Rohre 4 sind zu einem Teilbündel 5 zusammengefasst, wie aus der Fig. 3 ersichtlich. Jedes Teilbündel 5 ist an seinem oberen Ende mit einem Sammler 6 versehen, der im Grundriss eine sechseckige Form aufweist. Er besteht aus einer sechseckigen Lochplatte 7 mit abgerundeten Ecken, einem Stutzen 8 und einer gewölbten Haube 9, die von der Sechseckform an der Anschlussstelle 10 zur Lochplatte 7 in eine halbkugelige Form übergeht. Die Rohre 4 sind in die Lochplatte 7 eingeschweisst. Ein solcher Sammler wird in der Fig. 4 gezeigt.

Der Teilungsabstand t der Rohre 4 im Dreiecksgitter ist mit Rücksicht auf die Ausführbarkeit der im Grundriss sechseckigen Sammler 6 der folgenden Gesetzmässigkeit unterworfen:

$$2\sqrt{3} \cdot t - d_a \geq 3\sqrt{t} + d_a + 2(r+s).$$

Darin bedeutet d_a den Durchmesser der Einzelrohre 4; die Bedeutung von r und s ist der Fig. 4 zu entnehmen. Nach einigen Umformungen ergibt sich aus dieser Gesetzmässigkeit für den Teilungsabstand t im Dreiecksgitter:

$$t \geq \frac{2}{\sqrt{3}} (d_a + r + s) \approx 1,15 (d_a + r + s)$$

Die Teilbündel des Wärmetauschers sind in an sich bekannter Weise im Grundriss im Sechseckgitter angeordnet. Die mög-

liche Anzahl der Teilbündel lässt sich nach der mathematischen Formel

$$n = 6(1+2+3+4+\dots) + 1 = 6\left(\sum_{i=1}^i i\right) + 1$$

berechnen, wenn mit i die Anzahl der im Gitter ineinanderliegenden Sechsecke bezeichnet wird und auch das Zentrum des Gitters mit einem Teilbündel besetzt ist.

Die Teilbündel 5 sind im Grundriss im Sechseckgitter angeordnet, wie aus der Fig. 2 zu erkennen ist. Im Zentrum des Hilfswärmetauschers 1 befindet sich ein sechseckiger Füllkörper 11; weitere Füllkörper 12 (nur teilweise gezeigt) sind am ganzen Umfang des Hilfswärmetauschers zwischen den Teilbündeln 5 und dem Leitmantel 2 vorgesehen. Die Sammler 6 sind in zehn verschiedenen horizontalen Ebenen I bis X angeordnet, wobei benachbarte Sammler stets gegeneinander versetzt sind, wie aus Fig. 1 ersichtlich. Auf diese Weise ist es möglich, durch das gesamte Geradrohrbündel hindurch eine ununterbrochene Dreiecksteilung der Einzelrohre beizubehalten. Wie die Fig. 3 zeigt, überdecken sich die versetzt angerodneten Sammler 6 im Grundriss, wodurch sich ein besonders kompakter Aufbau des Hilfswärmetauschers 1 ergibt. In der Fig. 2 ist durch die in einigen der Teilbündel 5 eingezeichneten Ziffern I bis X angedeutet, in welcher Ebene der zu jedem Teilbündel gehörige Sammler 6 angeordnet ist. Es ist klar ersichtlich, dass einander benachbarte Sammler stets in verschiedenen Horizontalebene

liegen. Je zwei der Teilbündel 5 sind zu einer Wärmetauscher-Einheit 13 vereinigt, und zwar sind bei diesem Ausführungsbeispiel jeweils benachbarte Teilbündel 5 zusammengefasst. Alle Wärmetauscher-Einheiten 13 sind derart geschaltet, dass die Einzelrohre 4 des einen Teilbündels 5a im Gegenstrom und die Einzelrohre 4 des anderen Teilbündels 5b im Gleichstrom zu dem aussen an den Rohren entlangströmenden Helium durchflossen werden. Am unteren Ende der Wärmetauscher-Einheiten 13 sind zur Umkehrung der Strömungsrichtung des inneren Mediums U-förmig gebogene Rohrleitungen 14 vorgesehen, wie in der Fig. 1 angedeutet. Diese besitzen den gleichen Durchmesser wie die Einzelrohre 4 und verbinden jeweils ein Einzelrohr eines der Teilbündel 5a mit einem Einzelrohr des zur gleichen Wärmetauscher-Einheit gehörenden Teilbündels 5b.

Bei dem in den Figuren 1 bis 7 gezeigten Ausführungsbeispiel sind insgesamt 111 Wärmetauscher-Einheiten 13 vorhanden, wobei jede Wärmetauscher-Einheit 13 zwei Sammler 6 und 14 Einzelrohre 4 aufweist. Dieses Konzept ergibt für den erfindungsgemässen Hilfswärmetauscher die geringste Bauhöhe und die günstigste Durchmischung des äusseren Mediums Helium.

Das gesamte aus den Teilbündeln 5 bestehende Geradrohrbündel ist an einem Tragrost 15 aufgehängt, der sich oberhalb der Sammler 6 in dem Hilfswärmetauscher 1 befindet. Er weist Durchbrüche für die Stutzen 8 auf, mit denen er jeweils durch eine Wärmedehnungen ausgleichende Hülse verbunden ist, um das Entstehen von Wärmespannungen zu verhindern (nicht dargestellt). Der Tragrost 15 besteht aus einem Aussenring 16, einem Innenring 17 und sechs radial angerodneten Tragarmen 18, wie in der Fig. 5 gezeigt. Die Tragarme 18 sind untereinander durch Zwischenriegel 19 verbunden, an denen sowie an den Tragarmen 18 die Teilbündel 5 aufgehängt sind. In der Fig. 5 ist die Anordnung der Zwischenriegel 19 nur in einem Kreischnitt dargestellt. Der zentrale Füllkörper 11 ist ebenfalls an dem Tragrost 15 befestigt.

Um die Schwingungen der Einzelrohre 4 in zulässigen Grenzen zu halten, ist eine erste Reihe von Stützgittern 20 vorgesehen, in denen jeweils die Rohre 4 einer Wärmetauscher-Einheit

13 gehalten sind, wie aus der Fig. 6 ersichtlich. Die Stützgitter 20 sind bei diesem Ausführungsbeispiel als Wabengitter ausgebildet. Ihre Anordnung erfolgt in verschiedenen horizontalen Ebenen, beispielsweise in den Ebenen A bis D, wie die Fig. 1 zeigt. Im unteren Teil des Hilswärmetauschers 1 ist eine weitere Gruppe von Stützgittern 20' vorgesehen, die in horizontalen Ebenen A' bis D' angeordnet sind. Jede Wärmetauscher-Einheit 13 ist somit in einem Stützgitter 20 und einem Stützgitter 20' gehalten.

Um auch eine horizontale Abstützung der Einzelrohre 4 zu erreichen, sind je eine Wärmetauscher-Einheit 13 umfassende Stützgitter 21 im unteren Teil des Hilswärmetauschers 1 vorgesehen, die in einer horizontalen Ebene liegen. Die Stützgitter 21 sind längsverschiebbar in einem Führungsrost 22 geführt, wie aus Fig. 1 zu erkennen. Der Grundaufbau des Führungsrosts 22 ist in der Fig. 7 dargestellt. Er besteht aus einem Aussenring 23, einem Innenring 24 mit vieleckigem Grundriss und sechs radialen Armen 25. Zwischen den radialen Armen 25 befindet sich ein Gitterwerk 26, das zusammen mit den Stützgittern 21 die Einzelrohre 4 der Teilbündel 5 abgestützt. Die Stützgitter 21 sind in gleicher Weise ausgebildet wie die Stützgitter 20 und 20'. Falls erforderlich, kann ein solcher Führungsrost 22 noch in einer weiteren horizontalen Ebene vorgesehen sein, z.B. in der halben Höhe des Geradrohrbündels.

In der Fig. 8 ist ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemässen Hilswärmetauschers 1 dargestellt. Er weist einen Leitmantel 2 auf, in den von unten das heisse Helium eingeleitet wird. Parallel zu dem inneren Medium Wasser strömt es in dem Leitmantel 2 nach oben.

Wie im ersten Ausführungsbeispiel ist das innerhalb des Leitmantels 2 angeordnete kompakte Geradrohrbündel in eine Vielzahl von Teilbündeln 5 unterteilt, von denen der Übersichtlichkeit wegen nur einige gezeigt sind. Jedes Teilbündel 5 umfasst sieben Einzelrohre 4, die im Dreiecksgitter angeordnet sind. An seinem oberen Ende ist jedes Teilbündel 5 mit einem Sammler 6 versehen, der im Grundriss eine sechseckige Form mit abgerundeten Ecken besitzt. Er besteht aus einer Lochplatte 7, in die die Einzelrohre 4 eingeschweisst sind, einem Stutzen 8 und einer gewölbten Haube 9, wie in der Fig. 4 gezeigt.

Am unteren Ende weist jedes Teilbündel 5 einen in der gleichen Weise ausgebildeten Sammler 27 auf, der also ebenfalls aus Lochplatte, Stutzen und gewölbter Haube besteht. Auch bei diesem Hilswärmetauscher sind die Teilbündel 5 im Grundriss im Sechseckgitter angeordnet. Sowohl die oberen Sammler 6 als auch die unteren Sammler 27 befinden sich auf verschiedenen horizontalen Ebenen I, II, III bzw. I', II', III', wobei benachbarte Sammler stets gegeneinander versetzt sind.

Aus je zwei benachbarten Teilbündeln 5 ist eine Wärmetauscher-Einheit 13 gebildet, wobei die Rohre 4 des einen Teilbün-

dels 5a im Gegenstrom und die Rohre 4 des anderen Teilbündels 5b im Gleichstrom zu dem Helium vom Kühlwasser durchströmt werden. Die Umkehrung der Strömungsrichtung des Kühlwassers erfolgt bei diesem Ausführungsbeispiel mit Hilfe von U-förmigen Leitungsabschnitten 28, die jeweils die beiden Sammler 27a und 27b einer Wärmetauscher-Einheit 13 verbinden. Sie besitzen einen wesentlich grösseren Durchmesser als die Einzelrohre 4.

Oberhalb der Sammler 6 ist in dem Leitmantel 2 ein Tragrost 15 vorgesehen, an dem die Teilbündel 5 über die Stutzen 8 aufgehängt sind. Der Tragrost kann in der in der Fig. 5 gezeigten Weise ausgebildet sein.

Die Abstützung der Einzelrohre 4 erfolgt ebenfalls in der bei dem ersten Ausführungsbeispiel dargestellten Weise, und zwar einmal über Stützgitter 20, die auf verschiedenen horizontalen Ebenen A, B, C angeordnet sind, und zum anderen über längsverschiebbar in einem Führungsrost 22 geführte Stützgitter 21.

Die Fig. 9 gibt einen Ausschnitt aus einem dritten Ausführungsbeispiel wieder, der oben den Sammler 29 eines der im Grundriss im Sechseckgitter angeordneten Teilbündels 5 und unten einen Querschnitt durch die Einzelrohre 4 darstellt, die hier ebenfalls in Dreiecksteilung angeordnet sind. Es sind wieder sieben Einzelrohre 4 in einem Sammler 29 zusammengefasst. Der Sammler weist hier jedoch – im Grundriss gesehen – einen runden Querschnitt auf. Er besteht aus einer halbkugeligen Haube 30, in die oben ein Stutzen 32 eintritt, und einer kreisrunden Lochplatte 31. In letztere sind die sieben Einzelrohre 4 eingeschweisst.

Der in der Fig. 10 gezeigte Sammler 33 ist für einen Hilswärmetauscher gedacht, der eine quadratische Rohrteilung besitzt, wie aus dem unterhalb des Sammlers 33 dargestellten Querschnitt durch ein Teilbündel 34 ersichtlich ist. Dieser Rohrteilung ist der Sammler 33 angepasst, d.h. er hat im Grundriss eine quadratische Form. Seine Lochplatte 35 weist ebenfalls quadratische Form auf, während die Haube 36 von einer quadratischen Form an der Anschlussstelle 38 zu der Lochplatte 35 in eine halbkugelige Form übergeht. Es sind vier Einzelrohre 4 in einem Sammler 39 zusammengefasst. An die Haube 36 schliesst sich oben ein Stutzen 37 an.

In der Fig. 11 ist eine Variante des in der Fig. 9 gezeigten Teilbündels dargestellt. Auch hier handelt es sich um ein Teilbündel 40, dessen Einzelrohre 41 in Dreiecksteilung angeordnet sind. Die Rohre 41 sind jedoch vor ihrem Eintritt in den Sammler 39 mit Hilfe eines kleinen Etagenbogens 42 auf ein kleineres Rohrteilungsmaß eingezogen. Der Sammler 39 besteht aus einer kreisförmigen Lochplatte 44, einer halbkugeligen Haube 45 und einem Stutzen 46.

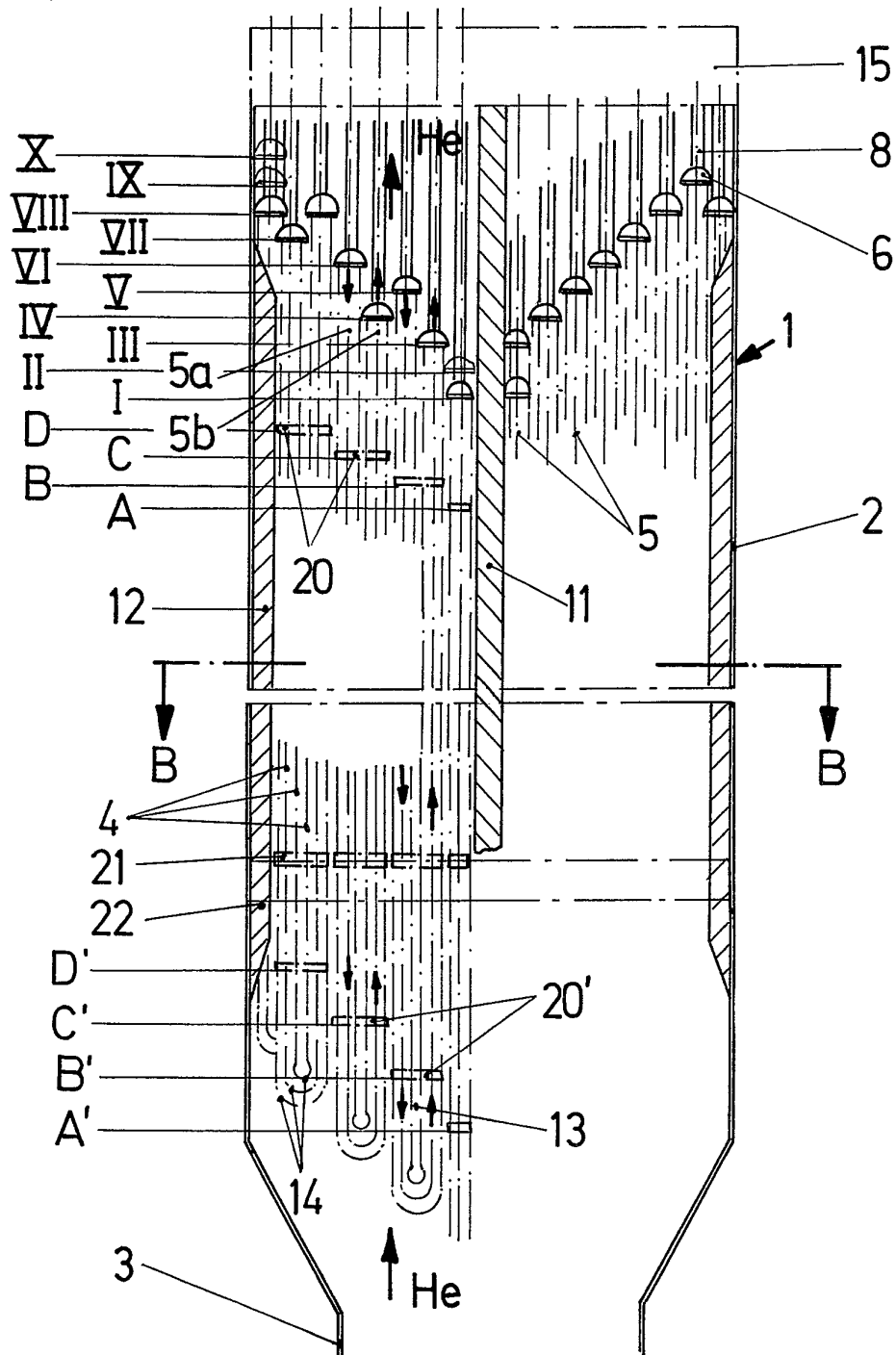
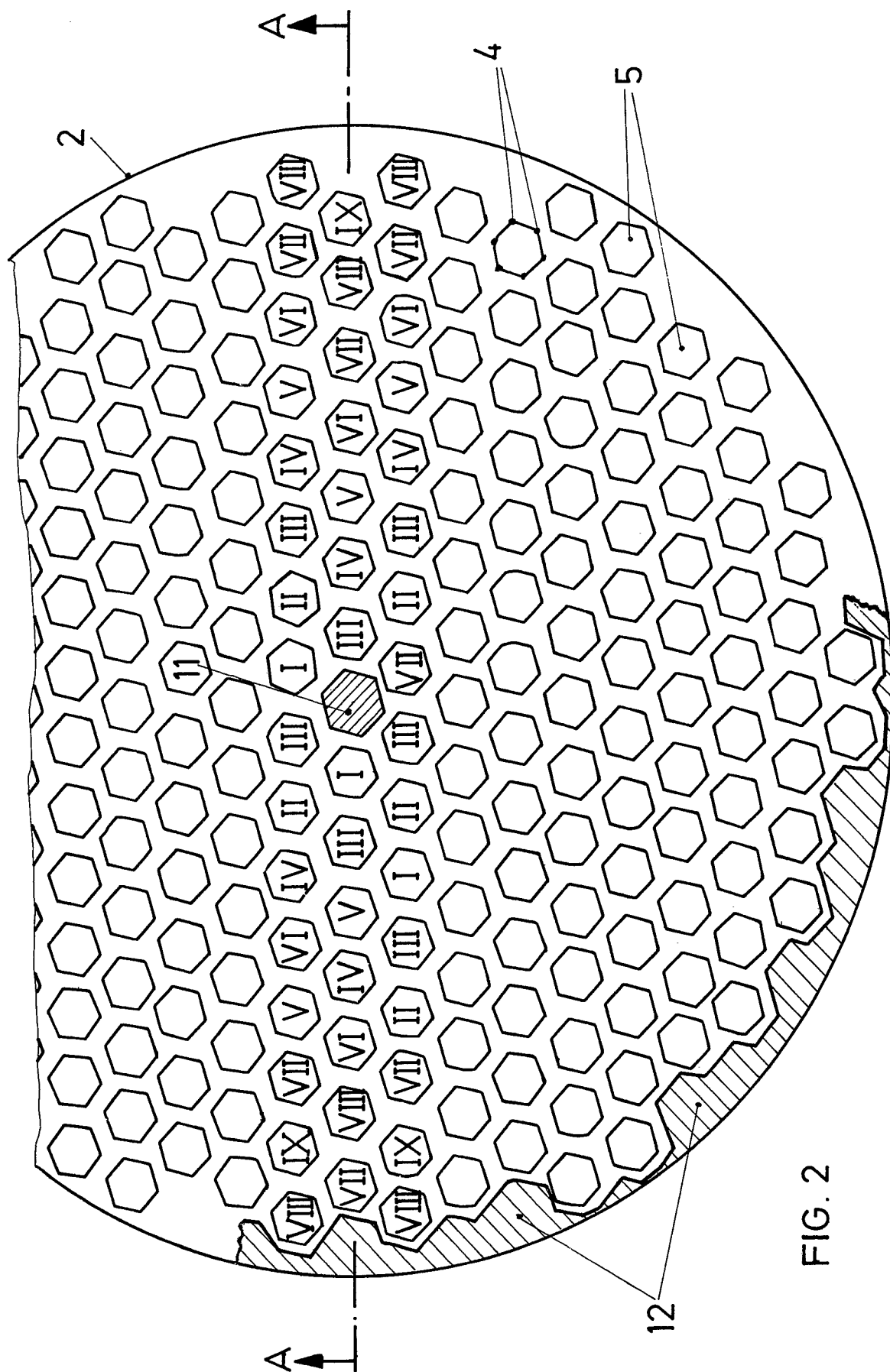


FIG. 1



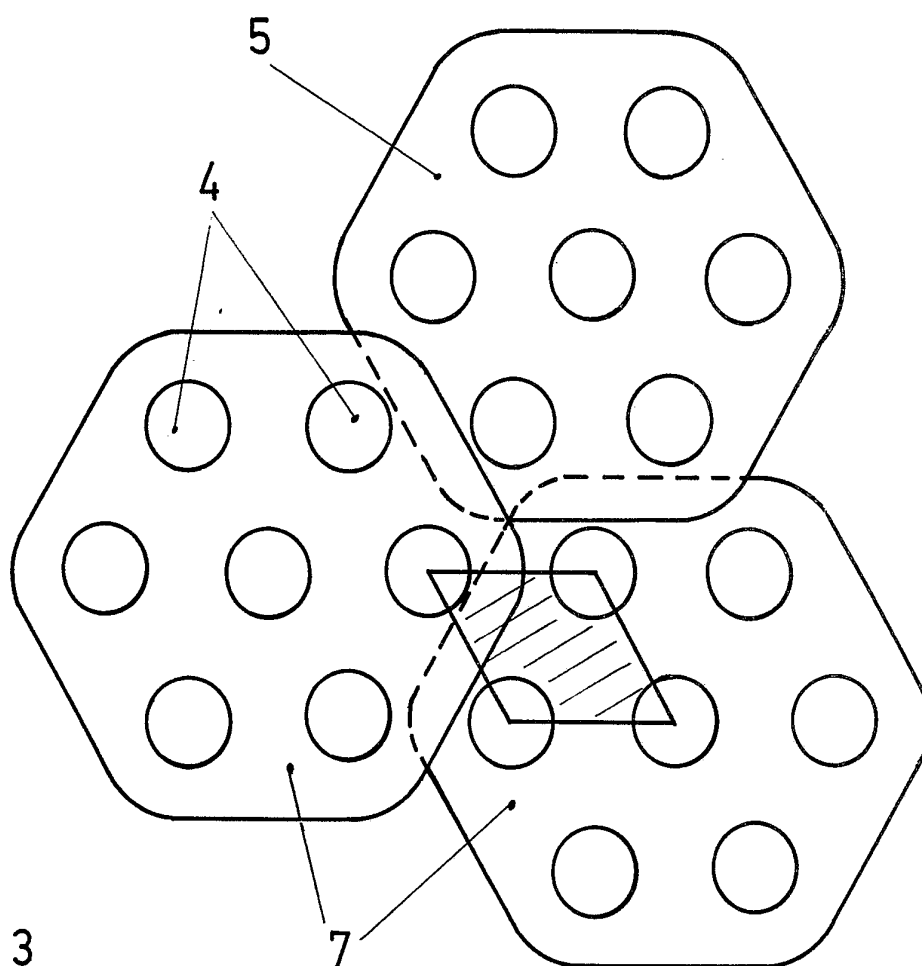


FIG. 3

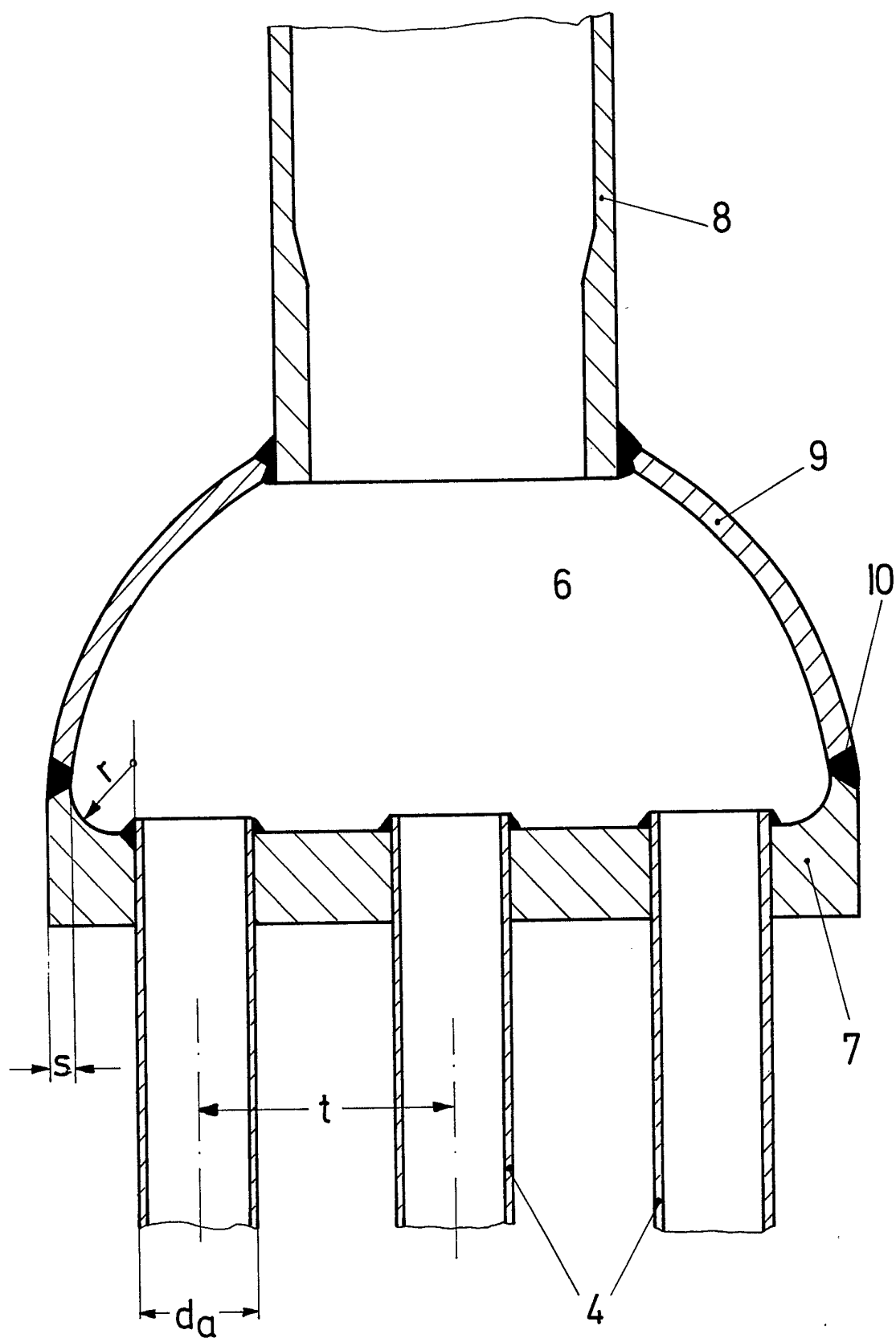


FIG. 4

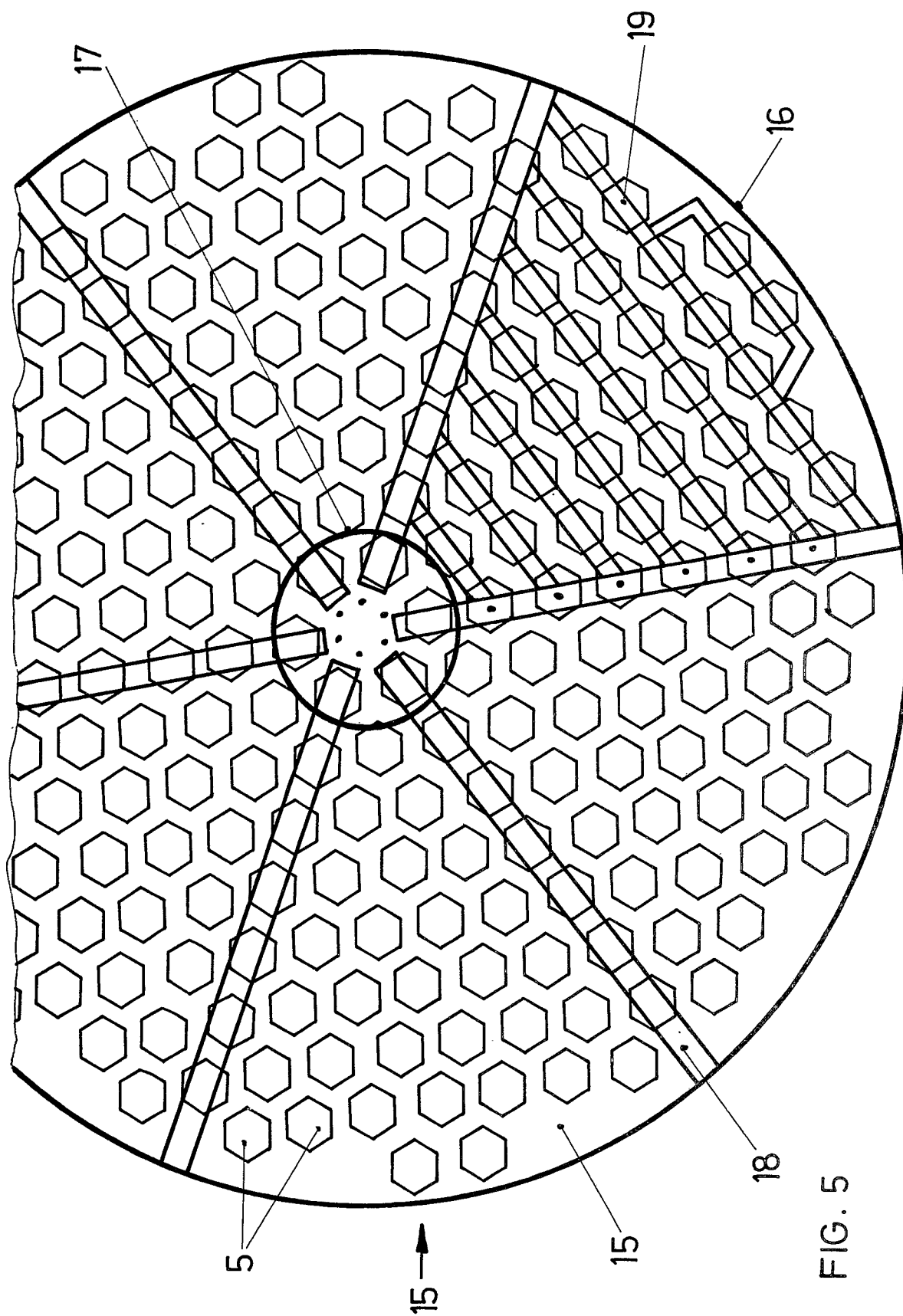


FIG. 5

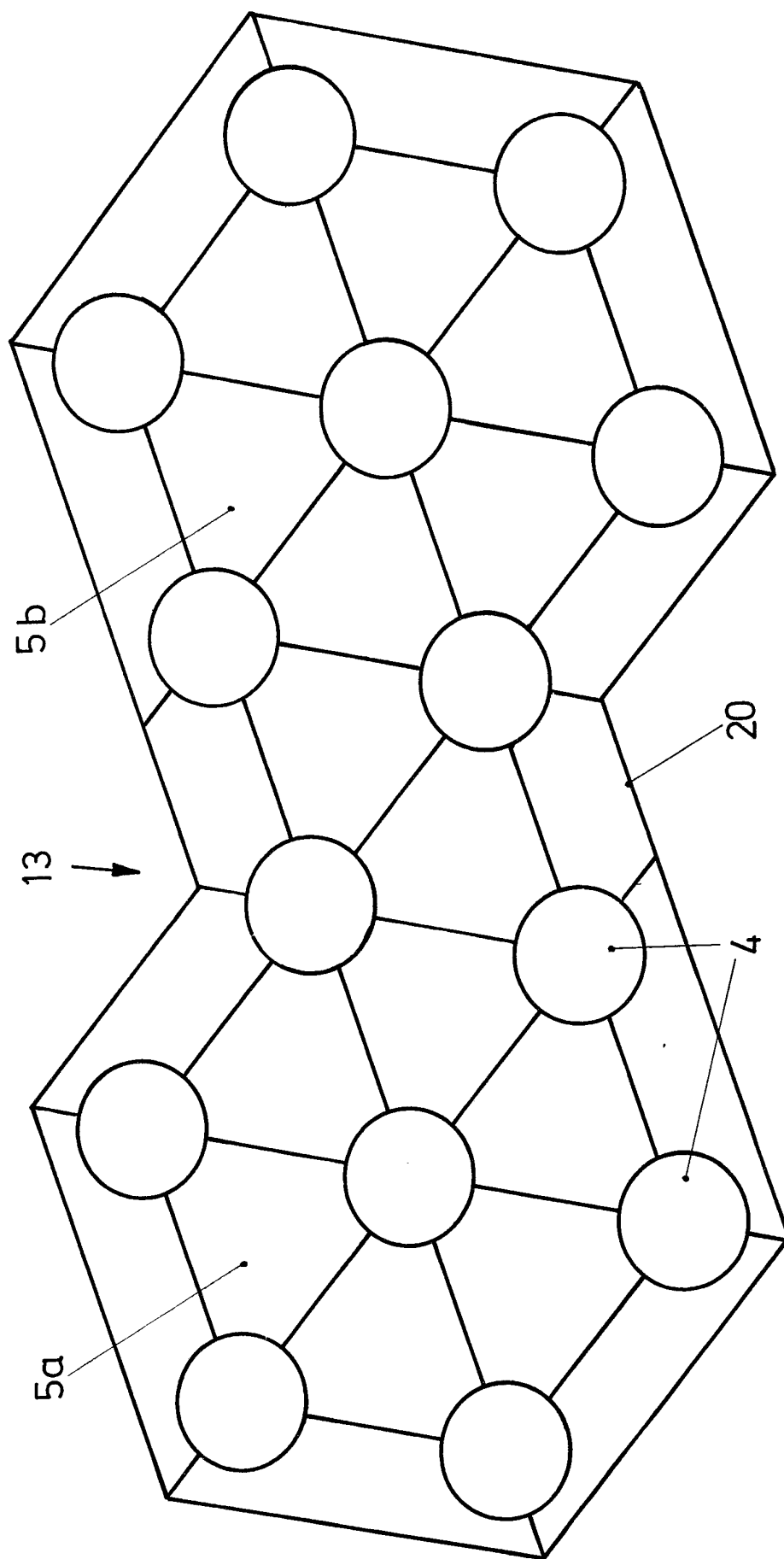


FIG. 6

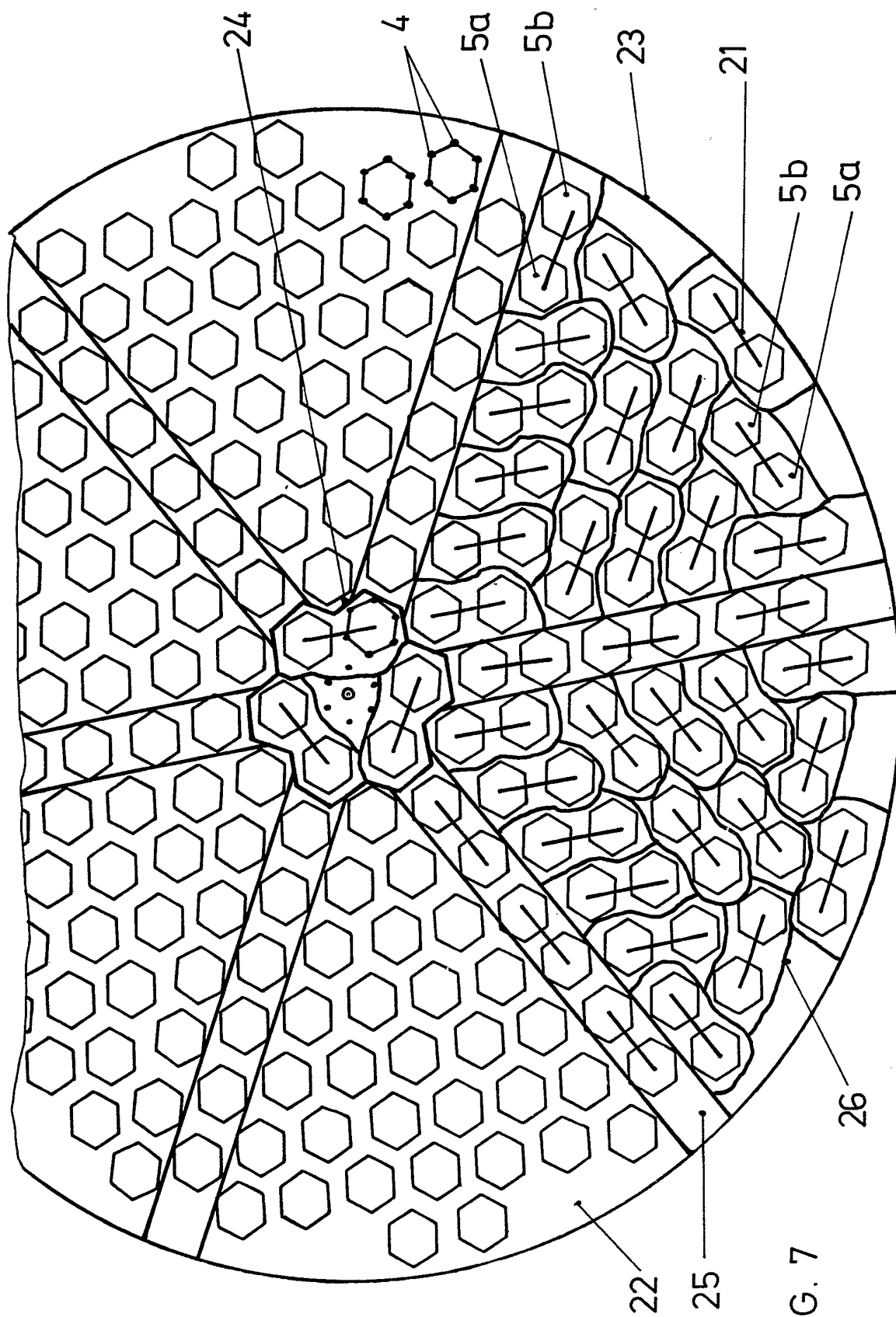


FIG. 7

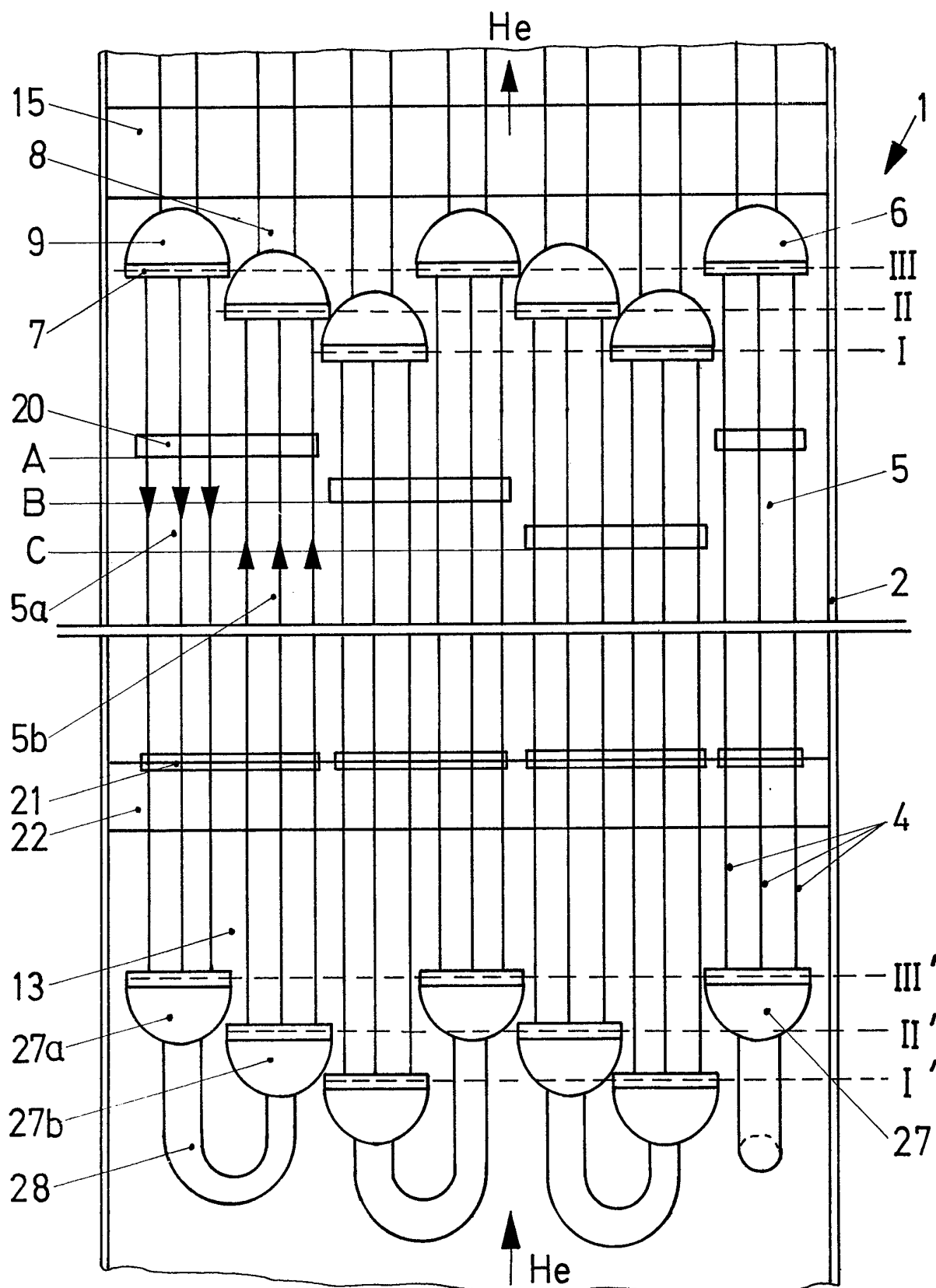


FIG.8

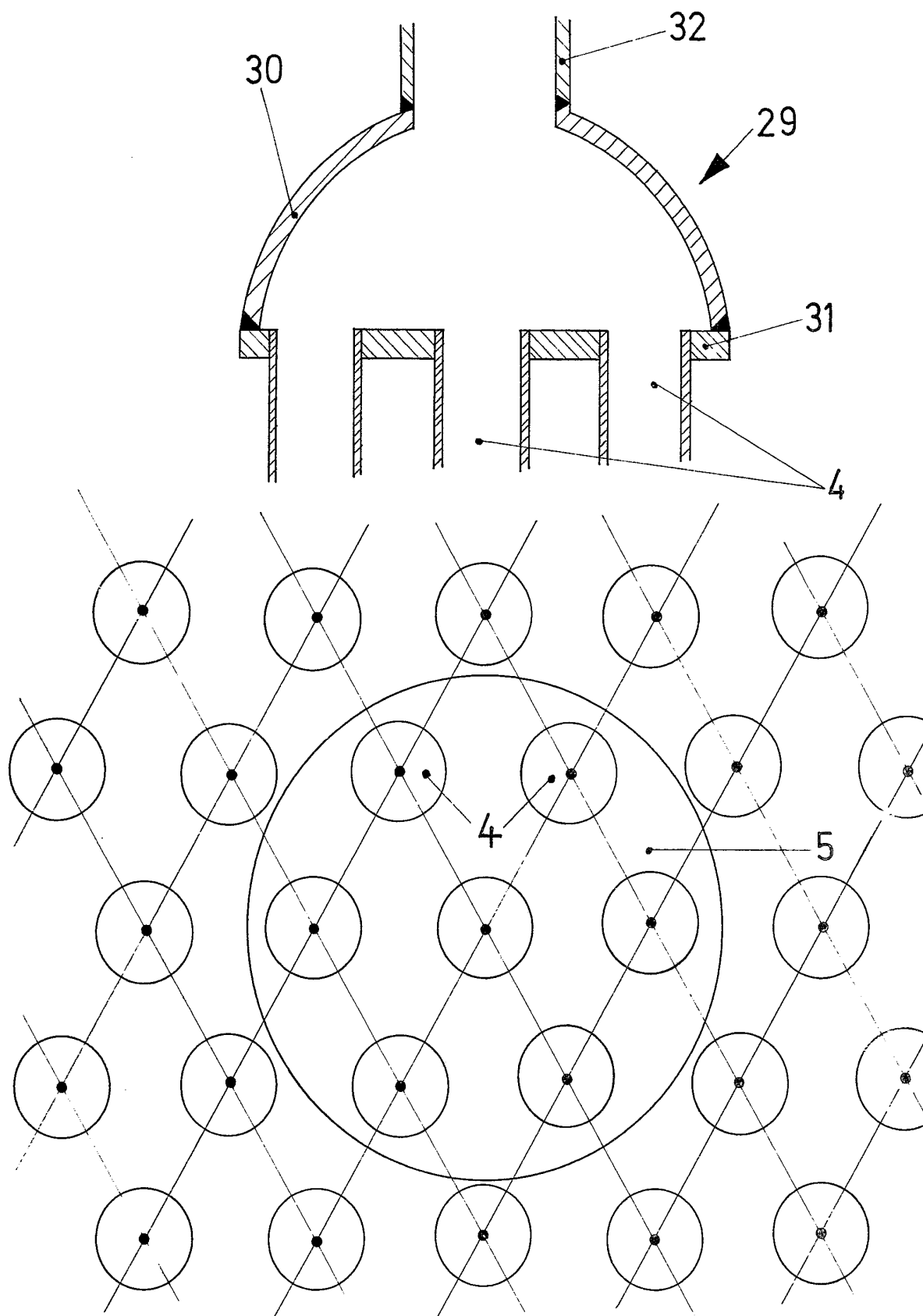


FIG.9

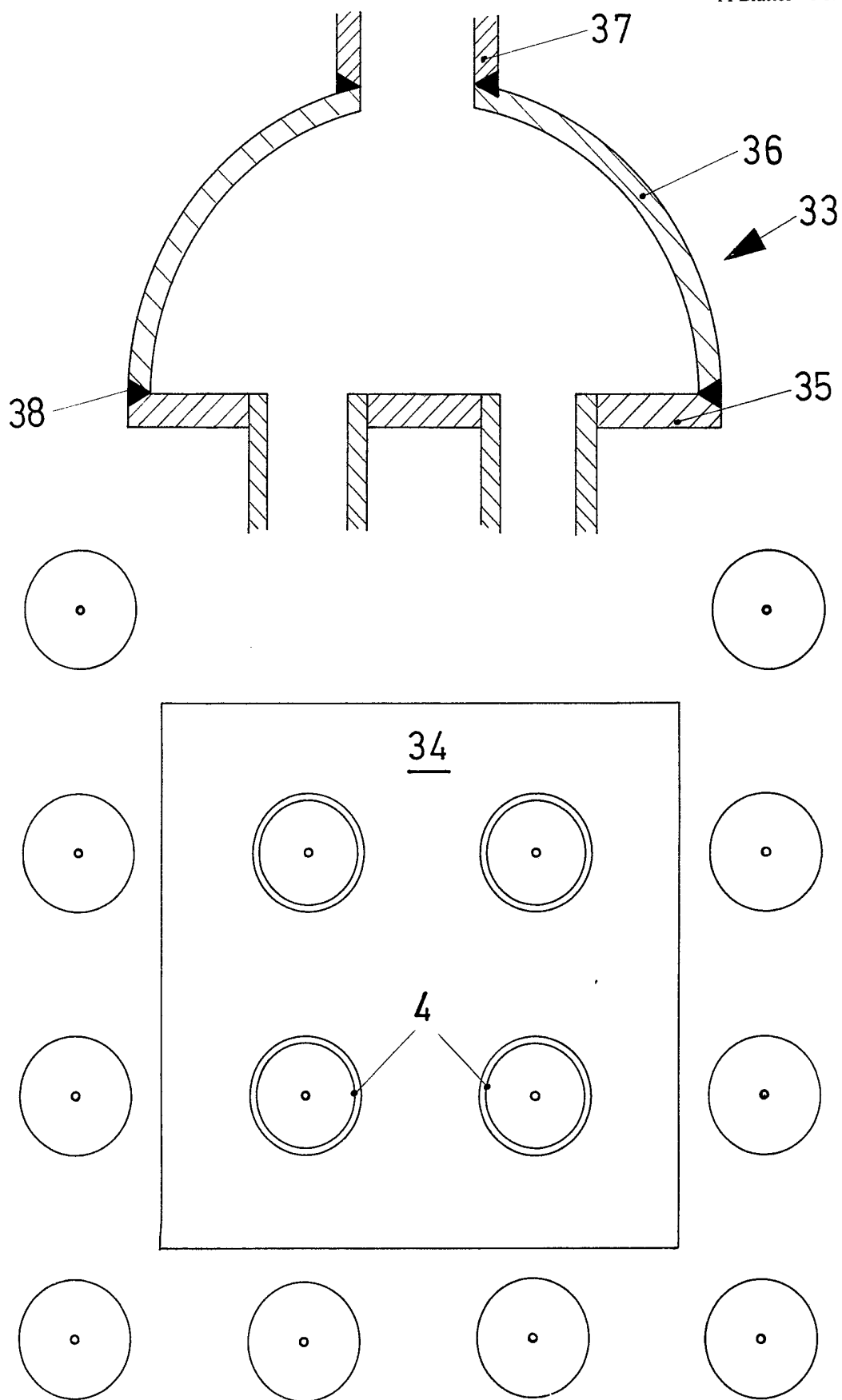


FIG.10



FIG.11