



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Patentschrift**
10 **DE 101 51 085 C 1**

51 Int. Cl.⁷:
B 63 B 3/00

21 Aktenzeichen: 101 51 085.3-22
22 Anmeldetag: 16. 10. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 21. 11. 2002

DE 101 51 085 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

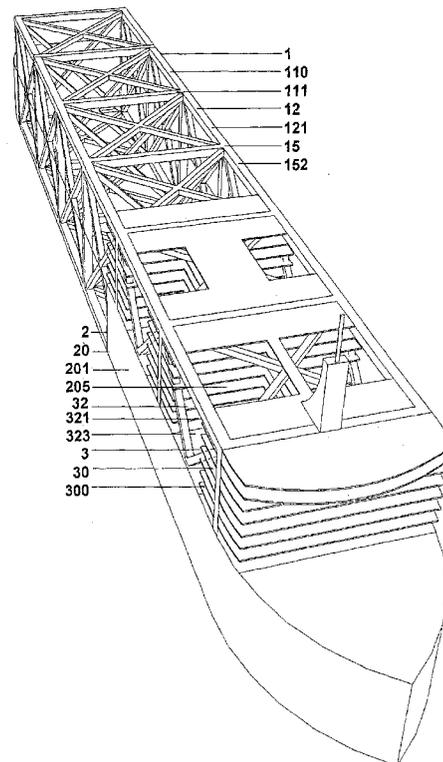
73 **Patentinhaber:**
Grimm, Friedrich, Dipl.-Ing., 70376 Stuttgart, DE

72 **Erfinder:**
gleich Patentinhaber

56 **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:**
DE 298 12 853 U1
EP 06 19 221 A2

54 **Schiff, Boot und Unterseeboot**

57 Die Erfindung betrifft ein Schiff, Boot oder Unterseeboot mit einer Rumpfkonstruktion, die aus einem tragenden Gerüst und einer die Wasserdichtigkeit darstellenden Hüllkonstruktion aufgebaut ist und bei der das tragende Gerüst des Schiffsrumpfes zu einem in sich vollständigen Tragwerk in Skelettbauweise ausgebildet ist, das aus einer Rahmenkonstruktion mit Rahmenträgern in Längsrichtung und Rahmenträgern in Querrichtung und/oder aus einer Fachwerkkonstruktion mit Fachwerkträgern in Längsrichtung und Fachwerkträgern in Querrichtung besteht, wobei die Hüllkonstruktion das Tragwerk ganz oder teilweise umschließt und von der globalen Tragfunktion befreit ist.



DE 101 51 085 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schiff, Boot oder Unterseeboot nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein derartiges Schiff ist z. B. aus der Druckschrift EP 0 619 221 A2 bekannt.

5 **[0002]** In dieser Druckschrift wird ein Tankschiff mit doppelter Hülle beschrieben. Der Schiffsrumpf besteht aus einer Außenhülle und einer Innenhülle und ist in mehrere einzelne, gegeneinander abgeschottete Tanks untergliedert. Das Tragwerk des Tankschiffes kann als eine doppelwandige Schalenkonstruktion bezeichnet werden. Dabei bildet der Schiffsrumpf ein nach oben offenes C- bzw. U-förmiges Profil mit tragenden Seitenwänden und einem tragenden Schiffsboden. Seitenwände und Schiffsboden sind miteinander biegesteif verbunden und bilden den primär tragenden C- bzw. U-förmigen Querschnitt. Kennzeichnend für diese Bauweise ist die Vereinigung unterschiedlicher Funktionen des Schiffsrumpfes in einer bzw. in zwei tragenden Schalen. So bildet die äußere Schale nicht nur eine wasserdichte Hülle, sondern auch eine tragende Außenwand, während die innere Hülle den Tankraum begrenzt und über aussteifende Querverbindungen mit der äußeren Hülle verbunden ist.

10 **[0003]** In der DE 298 12 853 U1 wird ein Schiffsrumpf vorgeschlagen, bei dem ein vom Bug bis zum Heck sich erstreckendes Gerüst vorgesehen ist, in das eine elementierte Hüllkonstruktion eingesetzt wird. Das Gerüst dient hier als Lastrahmen zur Aufnahme punktförmiger Lasten aus der Takelage eines Segelbootes. Die Tragwirkung des Rumpfes wird erst über eine Verbundwirkung der Schalelemente mit dem Lastrahmen erreicht. Das Gerüst ist hier nicht zu einem in sich vollständigen Tragwerk ausgebildet. Die Elemente der Hüllkonstruktion sind nicht von der globalen Tragfunktion befreit.

15 **[0004]** Bauweisen, bei denen das Tragwerk und die Hülle als voneinander unabhängige Systemkonstruktionen ausgebildet sind, sind aus dem Bereich des Hochbaus bekannt. Die Einführung der Skelettbauweise im Geschossbau hat zu einer deutlichen Erhöhung der Anzahl der möglichen Geschosse geführt, die beim Bauen mit tragenden Wänden bei ca. 15 Geschossen eine konstruktionsbedingte Obergrenze hat. Je nach struktureller Ordnung erreichen Skelettbauweisen für Hochhäuser 40, 60, 80 und auch mehr als 100 Geschosse. 40 Geschosse werden im Stahlskelettbau mit biegesteifen Rahmen erreicht. Eine Kombination von Rahmen und Fachwerk hat sich als wirtschaftliche Bauweise bis zu 60 Geschossen erwiesen. Ab etwa 40 Geschossen sind nicht mehr die vertikalen Lasten, sondern die horizontalen Lasten die maßgebliche Einflussgröße für die Dimensionierung des Tragwerks. In den sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden in Chicago Bauweisen entwickelt, mit denen im Hochhausbau extreme Höhen erreicht werden können. In vergleichenden Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass Rahmenröhren aus Stahl oder Beton und Fachwerkrohren aus Stahl oder Beton die leistungsfähigsten Strukturformen für Hochhaustragwerke sind. Bei beiden Bauweisen wird eine möglichst große Steifigkeit in den Bereich der Außenwände gelegt, sodass für die Ableitung der Windlasten ein maximaler innerer Hebelarm zur Verfügung steht und jeweils die gesamte Tiefe des Gebäudes an der Ableitung der Windlasten beteiligt ist. Dabei sind z. B. die vier Außenwände eines Hochhauses zu einem röhrenförmigen Tragwerk zusammengefasst. Noch leistungsfähiger sind Tragstrukturen, bei denen eine innere Rohrkonstruktion mit einer äußeren Rohrkonstruktion Schubsteif verbunden wird (tube-in-tube-structure) oder bei denen mehrere Röhrentragwerke zu einem Verbundquerschnitt gekoppelt werden (bundeled-tube-structure). Aktuelle Entwicklungen für extrem hohe Turmbauwerke oder Hochhäuser sehen vor, möglichst viel konstruktive Masse nicht in die Seitenwände, sondern in den Eckbereichen eines polygonen Querschnittes zu konzentrieren oder bei einem runden oder ovalen Querschnitt die konstruktive Masse möglichst gleichmäßig im Bereich der Außenwand zu verteilen. Die genannten Strukturformen für Hochhaustragwerke zeichnen sich durch eine maximale Steifigkeit bei gleichzeitig möglichst geringem Materialeinsatz aus und schufen die Voraussetzung dafür, dass Hochhäuser heute eine Höhe von 500 m erreichen und dass über 1000 m hohe Gebäude denkbar sind.

20 **[0005]** Bei Frachtschiffen und Tankschiffen kommen immer wieder Havarien vor, bei denen der Schiffsrumpf meistens in der Mitte auseinanderbricht. Diese Schiffe haben nur eine begrenzte Lebensdauer von ca. 25 Jahren und zeigen bereits während ihrer Laufzeit Ermüdungsrisse in der tragenden Außenwandkonstruktion. Neben dem Verlust an Menschenleben und materiellem Schaden sind vor allem bei Tankerunglücken die katastrophalen Auswirkungen auf die Umwelt ein unerträglicher Zustand.

25 **[0006]** Bei Passagierschiffen wird die Stahlhülle des Unterwasserschiffes oberhalb der Wasserlinie weitergeführt. Lediglich Bullaugen und in den oberen Decks auch mehr oder weniger große Fensteröffnungen ermöglichen den Zutritt von Licht und Luft zu den Passagieräumen. In einer Struktur, die aus tragenden Flächen-Decks, Längs- und Querwände, Unterwasserschiff- und Außenbordwände – zusammengesetzt ist, wirkt sich jede Öffnung, jeder Durchbruch, als Störung des Systems aus. In einer Struktur, bei der alle Flächen untereinander kraftschlüssig verbunden sind, sind alle Flächen an der globalen Tragwirkung der Rumpfkonstruktion beteiligt. Bei einem großen Passagierschiff sind regelmäßig decksübergreifende Öffnungen vorhanden – Längs- und Querwände liegen selten ausschließlich in einer Ebene. Der Kraftfluss innerhalb der Tragstruktur ist nicht eindeutig. Regelmäßige Kraftumlenkungen bewirken sekundäre Biegemomente und Nebenspannungen, die von dem Rumpftragwerk aufgenommen werden müssen und erfordern einen erhöhten Materialaufwand. Ein optimal wirksames, biege-, schub- und torsionssteifes Tragwerk kann deshalb nicht ausgebildet werden. Die kraftschlüssige Verbindung aller flächenförmigen Konstruktionsteile untereinander ist sehr aufwendig und zeitintensiv. Die Außenhaut einer herkömmlichen Schiffskonstruktion ist mehrfach beansprucht und erfüllt mehrere, teilweise widersprüchliche Funktionen. Sie nimmt die hydrodynamischen, lokalen Belastungen auf und ist gleichzeitig an der globalen Tragfunktion der Rumpfkonstruktion beteiligt. Als robuste Hülle im Bereich des Unterwasserschiffes erfüllt sie neben der Tragfunktion auch Sicherheitsfunktionen und dient dem Anprallschutz. Oberhalb der Wasserlinie stellen die an die Außenhülle angrenzenden Passagieräume vollkommen andere Anforderungen an die stählerne Außenhaut. Stahlbleche sind bisher der einzige Werkstoff zur Herstellung dieser vielfach beanspruchten Außenhülle. Eine einstückige, aus Stahlblechen zusammengeschweißte Rumpfkonstruktion ist wenig flexibel bei Umbau und Modernisierung eines Passagierschiffes. Der Mangel an Flexibilität zeigt sich bereits während der Bauphase, wenn der Auftraggeber die Aufteilung im Schiffsinnen oder die Ausstattung der Räume ändern will. Bereits kleine Änderungen – wie das örtliche Verschieben von Wänden oder Decks – beeinflussen die Tragstruktur und erfordern einen hohen Konstruktions- und Arbeitsauf-

wand.

[0007] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zu Grunde, eine Schiffskonstruktion anzugeben, die eine Aufnahme von größeren Kräften bei kleinerem Materialaufwand und eine größere Freiheit in der Gestaltung ermöglicht.

[0008] Für Tank-, Fracht- und Passagierschiffe wird eine leistungsfähige Tragstruktur vorgeschlagen, die aus stabförmigen Traggliedern aufgebaut ist und bei der in den Eckbereichen des Schiffsrumpfes massive oder hohlprofilförmige Gurtstäbe angeordnet werden, die untereinander durch massive oder hohlprofilförmige Füllstäbe zu einem zusammenhängenden Röhrentragwerk verbunden werden. Dieses Tragwerk definiert eine Tragstruktur, bei der die Last tragenden Glieder aus stabförmigen Elementen bestehen und zug- und druckbeansprucht – beim Fachwerk – oder biegezug- und biegedruckbeansprucht – beim Rahmen – sind. Die einzelnen Tragelemente definieren freie Räume und freie Felder, sodass für eine sekundäre Ausbaustruktur und für die Ausbildung und Ausgestaltung der Hüllkonstruktion größtmögliche Freiheit besteht. Dieser Megaframe verbessert vor Allem die Längssteifigkeit einer Rumpfkonstruktion. Als biegesteifes Rückgrat aktiviert dieses primäre Skelett die gesamte Höhe der Rumpfkonstruktion zur Aufnahme der Lasten. Als vom Tragwerk unabhängige Systemkonstruktion kann die Hüllkonstruktion ein- und mehrschalig ausgebildet werden und ihre jeweilige Funktion optimal erfüllen. An dynamisch besonders beanspruchten Stellen im Bereich des Bugs, an Teilen des Unterwasserschiffs und am Heck im Bereich der Schrauben besteht die Hülle aus einem starren Schalentragwerk. Dort, wo die dynamische Beanspruchung es zulässt, wird die Hülle aus einzelnen, unterschiedlichen Funktionsschichten aufgebaut.

[0009] Im Bereich des Unterwasserschiffes wird z. B. eine zweischalige Hülle vorgeschlagen, bei der eine Innenhülle als echtes Membrantragwerk aus ein- bzw. zweiachsig gekrümmten Flächen in ein Zwischentragwerk, das die Lasten an das Primärtragwerk leitet, eingehängt wird. Nach strömungstechnischen Gesichtspunkten ist dagegen die Außenhülle geformt. Druckluftbefüllte Kammern im Bereich des Unterwasserschiffes und im Bereich der Seitenbordwände geben den Wasserdruck an das Membrantragwerk der Innenhülle weiter. Bei einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, die Außenhülle im Bereich des Unterwasserschiffes zu perforieren, sodass der Wasserdruck unmittelbar an den Membranflächen der Innenhülle anliegt. In diesem Fall kann die Außenhaut ausschließlich nach hydrodynamischen Gesichtspunkten ausgebildet werden. Durch abschnittsweise in Fahrtrichtung vorhandene Wassereinströmöffnungen und Wasserausströmöffnungen kann an der unmittelbaren Grenzschicht zwischen dem Wasser und der Außenkante des Rumpfes die Entstehung von Wirbeln und Turbulenzen verhindert werden, sodass auch die strömungstechnischen Eigenschaften der Rumpfkonstruktion wesentlich verbessert werden können. Dabei kann sich eine perforierte Außenhülle auch auf einem Seilnetz, das zwischen die Tragglieder des Primärtragwerks gespannt wird, abstützen. Zur Aufnahme von Anpralllasten bei Grundberührung und bei Havarien zeigt eine bei Lastangriff nachgebende, elastische Außenhülle ein günstiges Verhalten. Zusammen mit dem umgebenden Primärtragwerk in Skelettbauweise schützt sie die empfindlichen, innen liegenden Membranflächen der Innenhülle. Eine Außenhülle, deren Funktion auf die Herstellung einer Strömungsgrenzfläche beschränkt ist, kann z. B. auch aus Kunststoffpaneelen aufgebaut werden. Die gewölbten Membranflächen der Innenhülle können in einzelne Kissen, z. B. mit 3×3 m Kantenlänge, oder aber auch als größere Einzelflächen ausgebildet werden. Als Raumbegrenzung eines Tanks für flüssige oder gasförmige Medien sind sie sehr gut geeignet. Im Bereich von Längs- und Querwänden des Schiffsrumpfes werden die Membranflächen entweder durch Überdruck oder im Falle gegensinnig gekrümmter Flächen durch Unterdruck stabilisiert. Als Frachtraumbegrenzung sind sie weniger gut geeignet. Ein erfindungsgemäßes Stückgutfrachtschiff benötigt deshalb eine zusätzliche Frachtraumauskleidung. Ein besonderes Problem bei Erzfrachtern sind extreme, dynamische Belastungen beim Beladen der Frachträume. Im Rahmen der Erfindung wird für diesen Fall vorgeschlagen, einzelne gegenüber dem Tragwerk beweglich und energieabsorbierend gelagerte Behälter auszubilden, die als nicht an der Tragfunktion des Schiffsrumpfes beteiligte Elemente federnd mit dem Primärtragwerk in Skelettbauweise verbunden sind. Der gesamte Frachtraum kann so der stoßartig einwirkenden Last beim Beladen ausweichen. Dabei kann der Federweg 2–3 m betragen.

[0010] Die Verwendung vorgefertigter Profilabschnitte aus Walzstahl, Rund- und Rechteckhohlprofilen, geschweißten Kastenprofilen, aber auch Stahlbetonfertigteilen, die untereinander verschweißt, verschraubt oder vergossen werden, erlaubt es, das Tragwerk in Skelettbauweise in kurzer Zeit zusammenzufügen.

[0011] Die Ausbildung einer zwei- und mehrschaligen Hüllkonstruktion ermöglicht es, die an die Schiffshülle gestellten Anforderungen besser zu erfüllen. Hier gilt ebenso, dass mit vergleichsweise geringem Materialaufwand ein höherer Nutzen erzielt werden kann. Eine Hüllkonstruktion, die unabhängig vom Tragwerk ist, kann grundsätzlich vor, zwischen oder hinter der Ebene des Tragwerks angeordnet werden. Bezüglich der Materialwahl besteht größtmögliche Freiheit. Da die Hülle von der globalen Tragwirkung befreit ist, können z. B. bei einem großen Passagierschiff im Bereich der Außenhülle großflächige Kohlefaserverbundpaneelen eingesetzt werden.

[0012] Bei einem Passagierschiff z. B. können die Aufbauten quer zur Fahrtrichtung in tagesbelichtete Abschnitte unterteilt werden. Ein erfindungsgemäßes Passagierschiff verfügt deshalb über eine Vielzahl großer, tagesbelichteter Wohnungen. Diese Wohnungen können zu einem großen, gemeinsamen, verglasten Wintergarten hin orientiert sein und über Balkone und Loggien verfügen, wobei nur die Glasebene des Wintergartens im Bereich der sonst üblichen Bordwand liegt. Jeder Teil der Hüllkonstruktion wird entsprechend der an ihn gestellten Anforderungen entwickelt. Im Bereich des Schiffsbodens und im Bereich der Bordwände ist die Hüllkonstruktion zwei- und mehrschalig aufgebaut und besteht z. B. aus einer robusten Außenhülle aus Stahl, die über eine Vielzahl von längs und quer angeordneten Stegblechen mit einer Innenhülle aus Stahl verschweißt wird. Außen- und Innenhülle können aber auch durch eine leichte Fachwerkstruktur mit Längs- und Querträgern oder in der Form einer Halboktaeder-Tetraederstruktur untereinander verbunden werden. Für eine schubsteife Verbindung zwischen Außen- und Innenhülle eignet sich auch ein Schaumkern aus Kunststoff. Bei dieser Ausführungsvariante kann die Außenhülle dünnwandig ausgebildet werden. Ein Loch in der Außenhülle führt in diesem Fall nicht zum Eindringen von Wasser. Neben einem ausgeschäumten Zwischenraum werden aber auch aufblasbare Pneus, die zwischen Außen- und Innenwand angeordnet sind, sowie eine Füllung mit leichten Kunststoffformkörpern als Sicherheitskonzept vorgeschlagen. In einer weiteren Ausführungsvariante wird vorgeschlagen, eine robuste Außenhülle aus dickwandigen, wasserfest verleimten Sperrholztafeln herzustellen. Bei Beschädigungen können Teile der Hüllkonstruktion oder auch die gesamte Hüllkonstruktion erneuert werden, ohne dass dadurch das Tragwerk beeinträchtigt wird.

tigt wäre. Besonders vorteilhaft erscheint die Ausbildung einer zugbeanspruchten Hüllkonstruktion. Dabei besteht sowohl die Außenhülle als auch die Innenhülle aus Spannbändern aus Stahl, die in Längs- und Querrichtung gegen das Primärtragwerk in Skelettbauweise gespannt werden.

5 **[0013]** Durch die im Rahmen der Erfindung vorgeschlagenen Maßnahmen wird also nicht nur die größtmögliche Stabilität eines Schiffsrumpfes erzielt, sondern es wird auch die Sicherheit erhöht, und schließlich kann eine im Schiffbau bisher nicht gekannte Behaglichkeit im Bereich der Wohn- und Aufenthaltsräume erreicht werden. Die zwei- und mehrschalige Hüllkonstruktion ist deshalb nicht nur aus Gründen der Sicherheit ein Fortschritt gegenüber herkömmlichen Lösungen. Sie bietet in Aufenthaltsräumen einen bauphysikalischen Komfort, der sich unter anderem durch einen erhöhten Wärme- und Schallschutz auszeichnet. Die Übertragung von Vibrationen und Schwingungen wird durch eine konsequente Systemtrennung zwischen Tragwerk, Hülle und Ausbau unterbunden.

10 **[0014]** Die für die Rumpfkonstruktion eines Schiffes, Bootes oder Unterseebootes vorgeschlagenen Maßnahmen führen zu wirtschaftlichen Konstruktionen, die vorteilhafte Auswirkungen auf die Planung, den Bau und den Betrieb eines Schiffes haben.

15 **[0015]** Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angegeben.

[0016] Die Erfindung wird anhand von verschiedenen in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt:

[0017] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Frachtschiff mit einem Tragwerk in Skelettbauweise und einer davon unabhängigen Hüllkonstruktion als perspektivische Abwicklung.

20 **[0018]** Fig. 2a einen erfindungsgemäßen Schiffsrumpf mit einer zweischaligen Außenhülle der als nach oben offenes Hohlprofil mit dreieckigem Querschnitt ausgebildet ist im schematischen Querschnitt.

[0019] Fig. 2b einen erfindungsgemäßen Schiffsrumpf mit einer zweischaligen Außenhülle, der als nach oben offenes Hohlprofil mit U-förmigem Querschnitt ausgebildet ist im schematischen Querschnitt.

25 **[0020]** Fig. 2c einen erfindungsgemäßen Schiffsrumpf mit einer zweischaligen Außenhülle, der als nach oben offenes Hohlprofil mit kreissegmentförmigem Querschnitt ausgebildet ist im schematischen Querschnitt.

[0021] Fig. 3a ein erfindungsgemäßes Röhrentragwerk mit dreieckigem Querschnitt im schematischen Querschnitt.

[0022] Fig. 3b ein erfindungsgemäßes Röhrentragwerk mit kreisrundem Querschnitt im schematischen Querschnitt.

[0023] Fig. 3c ein erfindungsgemäßes Röhrentragwerk mit rechteckigem Querschnitt und einer gegenüber der Tragwerksebene versetzten Außenhülle im schematischen Querschnitt.

30 **[0024]** Fig. 4a ein erfindungsgemäßes, gebündeltes Röhrentragwerk, bei dem zwei quadratische Röhrentragwerke zu einem Rechteck zusammengesetzt sind im schematischen Querschnitt.

[0025] Fig. 4b ein erfindungsgemäßes, gebündeltes Röhrentragwerk bei dem fünf rechteckige Röhrentragwerke zu einem T-förmigen Querschnitt zusammengesetzt sind im schematischen Querschnitt.

[0026] Fig. 4c ein erfindungsgemäßes, gebündeltes Röhrentragwerk bei dem sechs quadratische Röhrentragwerke zu einem U-förmigen Querschnitt zusammengesetzt sind im schematischen Querschnitt.

35 **[0027]** Fig. 4d ein erfindungsgemäßes zweilagiges Röhrentragwerk bei dem ein inneres und ein äußeres Fachwerkrohr ein Verbundtragwerk bilden im schematischen Querschnitt.

[0028] Fig. 5a die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Passagierschiffes mit runden Decksaufbauten im schematischen Aufriss von der Seite.

40 **[0029]** Fig. 5b die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Passagierschiffes mit runden Decksaufbauten im schematischen Grundriss.

[0030] Fig. 5c die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Passagierschiffes mit eckigen Decksaufbauten im schematischen Grundriss.

45 **[0031]** Fig. 5d die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Passagierschiffes mit eckigen Decksaufbauten im schematischen Aufriss von der Seite.

[0032] Fig. 5e die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Passagierschiffes mit eckigen Decksaufbauten im schematischen Aufriss von vorne.

[0033] Fig. 5f die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes im schematischen Aufriss von der Seite.

50 **[0034]** Fig. 5g die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes im schematischen Aufriss von vorne.

[0035] Fig. 6a das Tragskelett eines erfindungsgemäßen Frachtschiffes in isometrischer Darstellung.

[0036] Fig. 6b die Integration von Tragwerk und Hüllkonstruktion eines erfindungsgemäßen Frachtschiffes mit einem Tragskelett nach Fig. 6a in isometrischer Abwicklung.

55 **[0037]** Fig. 7a ein erfindungsgemäßes Röhrentragwerk mit rechteckigem Querschnitt eines Passagierschiffes in isometrischer Darstellung.

[0038] Fig. 7b die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit rechteckigem Querschnitt mit der Hüllkonstruktion und eckigen Decksaufbauten eines Passagierschiffes in isometrischer Darstellung.

[0039] Fig. 8 die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes mit rechteckigem Querschnitt mit der Hüllkonstruktion und eckigen Decksaufbauten eines Passagierschiffes in perspektivischer Darstellung.

60 **[0040]** Fig. 9 die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes mit T-förmigem Querschnitt mit der Hüllkonstruktion und runden Decksaufbauten eines Passagierschiffes in perspektivischer Darstellung.

[0041] Fig. 10a die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Stahlprofilen in Rahmenbauweise mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes in isometrischer Darstellung.

65 **[0042]** Fig. 10b die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Stahlhohlprofilen in Fachwerkbauweise der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes in isometrischer Darstellung.

[0043] Fig. 10c die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Spannbeton in Rahmenbauweise mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes in isometrischer Darstellung.

- [0044] Fig. 11a die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Spannbeton mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes im schematischen Querschnitt.
- [0045] Fig. 11b die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Spannbeton mit der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes in perspektivischer Darstellung.
- [0046] Fig. 12 die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes aus Stahl mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion eines Unterseebootes im schematischen Querschnitt. 5
- [0047] Fig. 13 die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes aus Stahl mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion eines Tankschiffes im schematischen Querschnitt.
- [0048] Fig. 14 die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion eines Tankschiffes im schematischen Querschnitt. 10
- [0049] Fig. 15a den Aufbau der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes als vertikalen Detailschnitt durch die Außenbordwand mit einem stabilisierenden Fachwerk zwischen Außen- und Innenhülle.
- [0050] Fig. 15b den Aufbau der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes als vertikalen Detailschnitt durch die Außenbordwand mit einer Ausschäumung zwischen Innen- und Außenhülle.
- [0051] Fig. 15c den Aufbau der Hüllkonstruktion eines Tankschiffes als vertikalen Detailschnitt durch die Außenbordwand mit mit Wasser oder Druckluft gefüllten Schläuchen zwischen Außen- und Innenhülle. 15
- [0052] Fig. 16 die Integration eines erfindungsgemäßen, gebündelten Röhrentragwerkes, das aus geschweißten Kastenprofilen aufgebaut ist mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion.
- [0053] Fig. 17a eine zweischalige Hüllkonstruktion mit einer Innenhülle als einachsige gekrümmte Membrantragwerk und einer durch regelmäßig angeordnete Schlitz perforierten Außenhülle in der isometrischen Übersicht. 20
- [0054] Fig. 17b eine zweischalige Hüllkonstruktion mit einer Innenhülle als zweiachsige gekrümmte Membrantragwerk und einer durch punktförmig angeordnete Öffnungen perforierten Außenhülle in der isometrischen Übersicht.
- [0055] Fig. 17c eine zweischalige Hüllkonstruktion mit einer Innenhülle als dreiecksförmiges Membrantragwerk und einer durch punktförmig angeordnete Öffnungen perforierten Außenhülle in der isometrischen Übersicht.
- [0056] Fig. 18 punkt- und linienförmige Öffnungen in der Außenhülle zur Beeinflussung des Strömungswiderstands. 25
- [0057] Fig. 18a eine sogbewirkende, punktförmige Öffnung in der Außenhülle im schematischen Querschnitt.
- [0058] Fig. 18b eine sogbewirkende, punktförmige Öffnung in der Außenhülle in isometrischer Darstellung.
- [0059] Fig. 18c eine staudruckbewirkende, punktförmige Öffnung in der Außenhülle im schematischen Querschnitt.
- [0060] Fig. 18d eine staudruckbewirkende, punktförmige Öffnung in der Außenhülle in isometrischer Darstellung.
- [0061] Fig. 18e eine sogbewirkende, linienförmige Öffnung in der Außenhülle im schematischen Querschnitt. 30
- [0062] Fig. 18f eine sogbewirkende, linienförmige Öffnung in der Außenhülle in isometrischer Darstellung.
- [0063] Fig. 18g eine staudruckbewirkende, linienförmige Öffnung in der Außenhülle im schematischen Querschnitt.
- [0064] Fig. 18h eine staudruckbewirkende, linienförmige Öffnung in der Außenhülle in isometrischer Darstellung.
- [0065] In den Figuren sind unterschiedliche Ausgestaltungen von Schiffen, Booten und Unterseebooten mit einer Rumpfkonstruktion, deren tragendes Gerüst als ein in sich vollständiges Tragwerk in Skelettbauweise, das in Längs- und Querrichtung aus Rahmenträgern und/oder Fachwerkträgern besteht, ausgebildet ist, wobei die Hüllkonstruktion das Tragwerk ganz oder teilweise umschließt und von der globalen Tragfunktion befreit ist. 35
- [0066] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Übersicht eines erfindungsgemäßen, leichten Frachtschiffes. Das Tragwerk ist als Skelettkonstruktion (1) ausgebildet. Es besteht aus Fachwerkträgern, die in Längsrichtung (110) angeordnet sind und die Bordwände und den Schiffsboden definieren. Fachwerkträger in Querrichtung (111) steifen den nach oben offenen Schiffsrumpf (3) aus. Die Fachwerkstruktur (11) des Rumpfragwerkes (1) ist aus Rechteckhohlprofilen aus Stahl (152) aufgebaut. An den Knotenpunkten der Fachwerkträger (110, 111) werden die Hohlprofile untereinander verschraubt oder verschweißt. Weitgehend alle Stäbe der Fachwerkstruktur (11) sind gleich lang und schneiden sich unter gleichen Winkeln, sodass die einzelnen Tragglieder der Skelettkonstruktion (1) seriell vorgefertigt werden können. Die Hüllkonstruktion (2) ist mehrschalig ausgebildet und besteht aus einer Außenhülle (20), die als Edelstahlhaut (200) vorgesehen ist und einer Innenhülle (22), die als geschweißte Stahlkonstruktion den Frachtraum (302) umgibt. Das Zwischentragwerk (21) zwischen der Außenhülle (20) und der Innenhülle (22) besteht aus Formkörpern aus geschäumtem Kunststoff (214). Die Edelstahlhaut (200) ist mit den Formkörpern (214) verklebt. Der Schiffsrumpf (3) besitzt mehrere hintereinander liegende, nach oben offene Frachträume (302) und ein Ruderhaus (330). Die erfindungsgemäße Bauweise für ein Frachtschiff nach Fig. 1 hat mehrere Vorteile. Die Verwendung industriell vorgefertigter Hohlprofile, die mit einer standardisierten Verbindungstechnik gefügt werden, ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung der tragenden Skelettkonstruktion. Die mehrschalige Hüllkonstruktion (2) kann jeweils optimal an unterschiedliche Anforderungen angepasst werden. Sie besteht aus einer Innenhülle (22), die als robuste Stahlhülle (220) den Frachtraum (302) auskleidet und aus einer wartungsfreien Außenhülle (20), die als dünne Edelstahlhaut (200) ausgebildet ist und durch Füllelemente aus Kunststoffschaum (214) stabilisiert wird. Der mehrschalige Aufbau der Hüllkonstruktion (2) verhindert ein Leckschlagen des Schiffsrumpfes (3), wenn z. B. die Edelstahlhaut (200) beschädigt wird. Ein Leck in der Außenhaut kann leicht repariert werden und beeinträchtigt nicht die Sicherheit des Schiffes. Zusätzliche Maßnahmen, wie örtliche Verstärkungen an Bug und Heck, sowie eine umlaufende Scheuerleiste, die zeichnerisch nicht dargestellt sind, verhindern die Beschädigungen der vorgeschlagenen, dünnwandigen Edelstahlhaut (200). 45
- [0067] Fig. 2 zeigt unterschiedliche Formen nach oben offener Schiffsrümpfe (3) mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion (2) im schematischen Querschnitt. Die Strukturform eines offenen Hohlprofils eignet sich für eine Vielzahl von Boots- und Schiffskonstruktionen, bei denen kein durchgehendes Deck vorhanden ist. Die Verbindung der beiden Bordwände erfolgt durch einzelne Koppelstäbe – bei einem Ruderboot z. B. durch ein Sitzbrett. 50
- [0068] Fig. 3 zeigt unterschiedliche Formen geschlossener Röhrentragwerke (12) für Schiffsrümpfe, jeweils im schematischen Querschnitt. Fig. 3a zeigt ein Röhrentragwerk mit dreieckigem Querschnitt (120), Fig. 3b zeigt ein Röhrentragwerk mit rundem Querschnitt (122) und Fig. 3c ein Röhrentragwerk mit viereckigem Querschnitt (121). Das geschlossene Röhrentragwerk (12) ist wesentlich steifer als die in Fig. 2 gezeigten, nach oben offenen Hohlprofilquerschnitte. Bei einem polygonen Röhrentragwerk (121) sind alle Seiten durch in Längsrichtung angeordnete Fachwerkträ-

ger (110) oder Fachwerkträger in Querrichtung (111) miteinander verbunden. Um eine maximale Steifigkeit der Rumpfkonstruktion zu erhalten, ist die konstruktive Masse auf die in Längsrichtung verlaufenden Gurtprofile des polygonen Röhrentragwerkes (121) konzentriert.

[0069] Fig. 4 zeigt unterschiedliche gebündelte Röhrentragwerke (13) und ein Rohr im Rohrtragwerk in Fig. 4d (14).

5 Der schematische Querschnitt in Fig. 4a ist eine sehr leistungsfähige Strukturform für Fracht- und Tankschiffe. Fig. 4b zeigt dagegen den T-förmigen Querschnitt einer Rumpfkonstruktion für ein Passagierschiff. Drei Röhren bilden einen pontonförmigen unteren Rumpfabschnitt mit einem breiten Deck. Das Tragwerk der Decksaufbauten besteht aus zwei weiteren Röhrenquerschnitten, die mit dem unteren Rumpfabschnitt einen T-förmigen Verbundquerschnitt (13) bilden. Die Möglichkeit der Anordnung von Vorbauten (31) im Bereich der Decksaufbauten ist schematisch dargestellt. In dem
10 in Fig. 4c gezeigten Schiffsrumpf sind sechs in sich biege-, schub- und torsionssteife, quadratische Einzelröhren zu einem katamaranförmigen Verbundquerschnitt (13) gebündelt. Fig. 4d schließlich zeigt eine sehr steife Rohr-im-Rohr-Konstruktion (14), bei der eine Vielzahl dreiecksförmiger Fachwerke zu einem zweilagigen Verbundquerschnitt zusammengefasst sind.

[0070] Fig. 5 zeigt die Integration erfindungsgemäßer Röhrentragwerke (12, 13) mit unterschiedlichen zwei- oder mehrschaligen Hüllkonstruktionen (2) am Beispiel unterschiedlicher Schiffe. Fig. 5a zeigt ein Passagierschiff mit runden Decksaufbauten (33) im schematischen Seitenriss. Fig. 5b zeigt das Passagierschiff nach Fig. 5a im schematischen Grundriss. Das Röhrentragwerk (12) besteht aus einem viergurtigen Fachwerkträger, der die Tragstruktur für den Schiffsrumpf (3) mit runden Aufbauten (33) bildet. Der nach hydrodynamischen Gesichtspunkten geformte Bug und das Heck sind als schalenförmige Bauteile an das primäre Tragwerk in Skelettbauweise (1) angehängt. Fig. 5c, 5d und 5e zeigen die Integration eines Röhrentragwerkes (12) mit einem erfindungsgemäßen Passagierschiff mit eckigen Decksaufbauten (33) im schematischen Grundriss, Seitenriss und Aufriss von vorne. Das Röhrentragwerk (12) ist aus längs angeordneten Fachwerkträgern (110) und quer angeordneten Fachwerkträgern (111) aufgebaut, die in Fahrtrichtung sechs steife Zellen bilden. Die Hüllkonstruktion und der gesamte Ausbau sind von der globalen Tragfunktion befreit und stellen jeweils sekundäre Systemkonstruktionen dar.

25 [0071] Fig. 5f und 5g zeigen die Integration eines gebündelten Röhrentragwerkes (13) mit einer zwei- oder mehrschaligen Hüllkonstruktion (2) am Beispiel eines erfindungsgemäßen Tankschiffes. Die Biegesteifigkeit des Schiffsrumpfes (3) wird durch drei parallele, in Längsrichtung verlaufende Fachwerkträger (110) hergestellt. Fachwerkträger in Querrichtung (111) stellen die Torsionssteifigkeit sicher und dienen der Lastverteilung.

[0072] Fig. 6 zeigt ein erfindungsgemäßes Frachtschiff mit einem Tragwerk in Skelettbauweise (1), das aus Fachwerkträgern in Längs- und Querrichtung (110, 111) aufgebaut ist und zusammen mit einer mehrschaligen Hüllkonstruktion (2) den Schiffsrumpf bildet. Fig. 6a zeigt das Tragwerk in Skelettbauweise (1) in isometrischer Übersicht, während Fig. 6b die Integration des Tragwerkes (1) mit der mehrschaligen Hüllkonstruktion (2) in isometrischer Abwicklung darstellt. Die Gurt- und Diagonalstäbe der Fachwerkstruktur (11) bestehen aus schichtverleimtem Holz (18) und werden mittels standardisierter Knotenkörper aus Stahl untereinander verbunden. Die mehrschalige Hüllkonstruktion (2) besteht aus einer Außenhülle (20) aus glasfaserverstärktem Kunststoff (203), während die Innenhülle (22) von robusten Holzwänden (222) und einem robusten Holzboden (222) gebildet wird. Zwischen Innenhülle (22) und Außenhülle (20) befindet sich ein Zwischentragwerk (21), das von Paneelen aus Holz oder Kunststoff (215) gebildet wird. Da ein Holzschiff niemals vollkommen dicht ist, wird vorgeschlagen, zwischen Innen- und Außenhülle (20, 22) zusätzlich eine wasserdichte Folie aus Kunststoff oder Metall einzubauen.

40 [0073] Fig. 7 zeigt die Integration eines erfindungsgemäßen Röhrentragwerkes (12) mit der mehrschalig aufgebauten und räumlich differenzierten Hüllkonstruktion (2) eines Kreuzfahrtschiffes. Fig. 7a zeigt ein viergurtiges Röhrentragwerk (12), das aus längs angeordneten Fachwerkträgern (110) und quer angeordneten Fachwerkträgern (111) besteht. Die längs angeordneten, stehenden Fachwerkträger (110) sind etwa in der Ebene der Außenbordwand angeordnet, während die liegend angeordneten Fachwerkträger in Längsrichtung (110) den Schiffsboden und das Oberdeck definieren. Das
45 Röhrentragwerk (12) bildet eine primäre Tragkonstruktion für den Schiffsrumpf, bei der die konstruktive Masse auf die in den vier Ecken angeordneten Gurtstäbe konzentriert ist. Diese Ausbildung der Skelettkonstruktion (1) vereint größtmögliche Steifigkeit des Tragwerkes mit minimalem Materialeinsatz. Das Tragwerk ist deshalb sehr wirtschaftlich, weil die Tragkonstruktion für sich betrachtet nur einen Bruchteil herkömmlicher Schalentragewerke für den Rumpf wiegt. Das röhrenförmige Stahltragwerk (15) ist aus hohlkastenförmigen, geschweißten Stahlträgern (152) zusammengesetzt. Fig.
50 7b zeigt die Integration des Tragwerkes (1) nach Fig. 7a mit einer ein- und mehrschaligen Hüllkonstruktion (2). Über einem Zwischendeck erhebt sich ein siebengeschossiger Wohntrakt (300). Jeweils auf der Steuerbord- und Backbordseite sind sechs Aussparungen (32) vorgesehen, die quer zur Fahrtrichtung in den Schiffsrumpf (3) eingeschnitten sind. Diese Aussparungen (32) können als durchgehende Queröffnungen (323), als offene Lichthöfe (322), als einfach verglaste Wintergärten (321) oder als isolierverglaste Atrien (320) ausgebildet werden. Das primäre Tragwerk in Skelettbauweise
55 (1) bietet zusammen mit einer davon unabhängigen mehrschaligen Hüllkonstruktion (2) Freiheitsgrade für die Anordnung und Ausbildung der Wohnräume (300), die bisher bei Kreuzfahrtschiffen aus konstruktiven Gründen nicht möglich waren. Aus bisher üblichen Kabinen werden Wohnungen (300) mit einer Wohnfläche zwischen 30 und 60 qm mit Küche, Bad und Balkon, sodass alle Voraussetzungen für einen dauerhaften Aufenthalt auf dem Schiff gegeben sind. Der pontonartige untere Abschnitt der Rumpfkonstruktion mit dem nach hydrodynamischen Gesichtspunkten geformten Unterwasserschiff ist durch Längs- und Querwände und Zwischendecks in einzelne Sicherheitsschotts geteilt – die Hülle (2) ist in diesem Bereich ein oder zweilagig ausgebildet.

[0074] Fig. 8 zeigt das Kreuzfahrtschiff nach Fig. 7 in einer perspektivischen Abwicklung. Die Integration des Röhrentragwerkes (12) mit den räumlich gegliederten Wohnaufbauten (300) wird hier besonders deutlich.

65 [0075] Fig. 9 zeigt die Integration eines gebündelten Röhrentragwerkes (13) mit runden Decksaufbauten (33). Das Tragwerk in Skelettbauweise (1) hat einen T-förmigen Querschnitt und setzt sich insgesamt aus fünf in Fahrtrichtung gebündelten Fachwerkrohren zusammen. Die Diagonalverbände sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Bei diesem Beispiel wird ebenfalls die gesamte Höhe des Schiffsrumpfes (3) für die Aufnahme der Biegemomente herangezogen. Das die Tragfunktion übernehmende primäre Tragwerk in Skelettbauweise (1) eröffnet einen großen Gestal-

tungsspielraum, der hier für die Ausbildung von Decksaufbauten (33) mit runden Vorbauten (31), Auskragungen (311) und Balkonen (310) genutzt wird, die eine Rundumaussicht auf das umgebende Meer von jedem Wohngeschoss aus ermöglichen. Deutlich erkennbar ist der pontonförmige untere Rumpfabschnitt.

[0076] Fig. 10 zeigt die Integration unterschiedlicher erfindungsgemäßer gebündelter Röhrentragwerke (13) mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion (2) eines Tankschiffes. Fig. 10a zeigt ein gebündeltes Röhrentragwerk (13), das aus zwei Rahmenröhren aufgebaut ist. Gurtprofile und Pfosten dieses Rahmentragwerkes (10) bestehen aus geschweißten Kastenprofilen (152). Die Steifigkeit des Rumpfes wird über drei in Fahrtrichtung angeordnete Rahmenträger (100) sichergestellt. Rahmenträger in Querrichtung (101) sorgen für die nötige Torsionssteifigkeit und dienen der Lastverteilung. Zur Aufnahme von Biegezug- und Biegedruckkräften sind die Knotenpunkte der sich kreuzenden Rahmenträger gevoutet ausgebildet. Fig. 10b zeigt ein Stahltragwerk (15), das aus Rundhohlprofilen (152) aufgebaut ist und Fachwerkträger in Längs- und Querrichtung (110, 111) besitzt. Im Vergleich zu dem in Fig. 15a dargestellten Tragwerk handelt es sich hier um eine extrem steife Fachwerkstruktur (11), deren einzelne Tragglieder in erster Linie durch Normalkraft beansprucht werden. Fig. 10c zeigt ein gebündeltes Röhrentragwerk (13), das aus hohlkastenförmigen Traggliedern aus Spannbeton zusammengesetzt ist. Das gebündelte Röhrentragwerk (13) besteht aus zwei gekoppelten Röhren mit rechteckigem Querschnitt. Die Tragglieder der Rahmenröhre sind als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton (16) ausgebildet. Pressluftbefüllte Druckkammern (218) geben den Wasserdruck an ein innen liegendes, vorwiegend zugbeanspruchtes Membrantragwerk weiter. Die Außenhülle (20) besteht bei allen drei Beispielen aus Spannbändern aus Stahl (202), die in Querrichtung über das primäre Tragwerk in Skelettbauweise (1) gespannt und untereinander verschweißt werden.

[0077] Fig. 11a zeigt das Tankschiff nach Fig. 10c im schematischen Querschnitt und Fig. 11b in der perspektivischen Abwicklung. Das gebündelte Röhrentragwerk (13) wird aus hohlkastenförmigen Traggliedern (171) aus Spannbeton (170) hergestellt. Die hohlkastenförmigen Tragglieder (171) sind mittels biegesteifer Eckverbindungen zu einer gebündelten Rahmenröhre (13) verbunden. Der Schiffsrumpf verfügt über jeweils fünf backbordseitige und steuerbordseitige Tankräume (303), die durch eine zweischalige Längswand (24) und sechs zweischalige Querwände (25) gegeneinander abgeschottet sind. Die hohlkastenförmigen Tragglieder (171) sind begehrbar und dienen der Installationsführung. Zwischen der Außenhülle (20) und der Innenhülle (21) sind pressluftbefüllte Kammern (218) vorgesehen, die den Wasserdruck von einer nach hydrodynamischen Gesichtspunkten geformten Außenhülle (20) an eine vorwiegend zugbeanspruchte, membranartige Innenhülle (22) weiterleiten.

[0078] Fig. 12 zeigt den Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes U-Boot. Das Tragwerk in Skelettbauweise (1) ist als Röhrentragwerk (12) mit längs und quer verlaufenden Fachwerkträgern (110, 111) ausgebildet. In den Ecken des quadratischen Rohrquerschnitts befinden sich die Gurte des Stahltragwerkes (15), die als kreuzförmige, zusammengesetzte Querschnitte (151) ausgebildet sind. Die diagonal verlaufenden Fachwerkstäbe sind als Walzprofile (150) vorgesehen. Die zweischalige Hüllkonstruktion (2) besteht aus einer Außenhülle (20), die als geschweißte Stahlhülle (201) ausgebildet ist und einer Innenhülle (22), die ebenfalls aus einer geschweißten Stahlhülle (220) besteht. Das Zwischentragwerk (21) besteht aus längs und quer angeordneten Stegblechen, die mit der Außenhülle (20) und der Innenhülle (22) verschweißt werden und eine Zellenstruktur (210) bilden. Der schematische Schnitt zeigt einen vielfältig nutzbaren Innenraum (30).

[0079] Fig. 13 zeigt die Integration eines erfindungsgemäßen gebündelten Röhrentragwerkes (13) aus Stahl (15) mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion (2) eines Tankschiffes im schematischen Querschnitt. Ein steuerbordseitiger und ein backbordseitiger Tank (303) sind jeweils allseitig von einer zweischaligen Hüllkonstruktion umgeben. Die Hüllkonstruktion umfasst den Schiffsboden, die linke und die rechte Bordwand, das Deck und zweischalig ausgebildete Längswände (24) und zweischalige Querwände (25), die jeweils aus einer Außenhülle (20), einer Innenhülle (22) und einem Zwischentragwerk (21) bestehen. Die Außenhülle aus Stahl (201) ist mit der Innenhülle aus Stahl (220) mittels längs und quer verlaufender, gelochter Stegbleche, die eine Zellenstruktur (210) bilden, verbunden. Die Zellen (210) können mit Druckluft befüllt werden und bilden Druckkammern (218), die den Wasserdruck vom Schiffsboden und den Seitenbordwänden an die Innenhülle (22) weiterleiten. Die Druckkammern (218) sind abschnittsweise gegeneinander abgeschottet, sodass bei einer Havarie immer nur eine Kammer betroffen ist. Die Ausbildung der Außenhülle (20) und der Innenhülle (22) als vorwiegend zugbeanspruchte Membranen ermöglicht einen Leichtbau, der bisher bei Tankschiffen nicht möglich war. Das Sicherheitskonzept durch viele voneinander unabhängige Druckkammern (218) ist redundant.

[0080] Fig. 14 zeigt die Integration eines erfindungsgemäßen gebündelten Röhrentragwerkes (13), das als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton (16) ausgebildet ist mit einer zweischaligen Hüllkonstruktion (2). Die Hüllkonstruktion besteht aus einer vorgespannten Außenhülle aus Spannbändern aus Stahl (202), die in Querrichtung um das Tragwerk (1) gespannt und untereinander verschweißt werden. Die Innenhülle (22) besteht ebenfalls aus vorgespannten Stahlbändern (221), die die Tankwand bilden. In dem Zwischenraum (21) zwischen Außenhülle (20) und Innenhülle (22) befindet sich das gebündelte Röhrentragwerk (13). Eine leichte Fachwerkstruktur (211) dient als Zwischentragwerk (21) und verbindet die Spannbänder (202) der Außenhülle (20) mit den Spannbändern (221) der Innenhülle (22). Auf diese Weise wird für die Hüllkonstruktion (2) ein sehr steifes, leichtes, räumliches Verbundtragwerk, bei dem stabförmige und flächenförmige Elemente zusammenwirken, hergestellt, das die Stabilität im Bereich des Schiffsbodens, der Außenbordwände, des Deckes, der Längswände (24) und der Querwände (25) sicherstellt. Durch Wartungs- und Revisionsgänge (217), die auch der Medienversorgung dienen, ist der Zwischenraum begehrbar.

[0081] Fig. 15 zeigt vertikale Detailschnitte durch die Außenwand eines erfindungsgemäßen Tankschiffes mit unterschiedlichen Wandaufbauten. Fig. 15a zeigt eine zweischalige Außenhülle (2) mit einer vorgespannten Außenhülle aus Stahl (202) und einer vorgespannten Innenhülle aus Stahl (221). Außen- und Innenhülle stützen sich durch eine leichte Fachwerkstruktur (221) gegeneinander ab. In den Eckbereichen erkennt man die Gurtprofile einer Fachwerkstruktur (11), die zu einem gebündelten Röhrentragwerk (13) gehört und als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton (16) ausgebildet ist. Um einen Kern aus kreuzförmig zusammengesetzten Walzprofilen (163) sind zwei Ringe mit Rundstahlbewehrung (162) angeordnet. Ein Rundhohlprofil aus Stahl dient als äußere, mittragende verlorene Schalung (160). Der Hohlraum zwischen dem Stahlkern (163) und dem äußeren Stahlmantel (160) ist mit Füllbeton (161) ausgefüllt. Die

Spannbänder der Außenhülle liegen auf einer Sattelfläche (230), die sich an den Gurtprofilen abstützt, auf. Etwa auf halber Höhe des Tankraumes befindet sich ein Revisionsgang mit Medienführung (217). Das gebündelte Röhrentragwerk (13) in Fig. 15b entspricht in seinem Aufbau der in Fig. 15a beschriebenen Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton. Die zweischalige Hüllkonstruktion besteht hier ebenfalls aus einer Außenhülle (20), die von Spannbändern aus Stahl (202) gebildet wird, und aus einer vorgespannten Innenhülle (22), die ebenfalls aus vorgespannten Spannbändern aus Stahl (221) besteht und über eine Aufhängekonstruktion (231) in Längs- und Querrichtung gegen das primäre Tragwerk in Skelettbauweise (1) vorgespannt wird. Beide Schalen sind durch einen Schaumkern (213) miteinander schubsteif verbunden. Etwa auf halber Höhe des Tanks (304) ist ein Revisions- und Wartungsgang (217) mit kreisförmigem Querschnitt in den Schaumkörper (213) eingelassen. Durch diese Ausführungsvariante ist das Tankschiff im Falle einer Havarie unsinkbar. Selbst wenn die Außenhülle (20) durch Risse oder Löcher beschädigt wird, dringt kein Wasser ins Schiffsinnere ein. Das in Fig. 15c dargestellte Tragwerk zeigt den Ausschnitt eines gebündelten Röhrentragwerkes (13), das als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton (16) ausgebildet ist. Die mehrschalige Hüllkonstruktion (2) besteht aus einer vorgespannten Außenhülle (20) und einer vorgespannten Innenhülle (22), jeweils aus Stahl. Das Zwischentragwerk (21) wird von druckluftbefüllten Pneus (212) in modularer Anordnung gebildet. Die Pneus (212) sind Teil eines Sicherheitskonzeptes, bei dem nach Beschädigung der Außenhülle (20) kein Wasser in den Zwischenraum eindringen kann. Die druckluftbefüllten Pneus (212) dienen im Falle einer Havarie als Auftriebskörper. Bei der Leerfahrt können sie mit Wasser befüllt werden und dienen als Ballasttanks. In dem gezeigten Detailschnitt wird ein modularer Raum, der für die Aufnahme der Pneus (212) vorgesehen ist, als Wartungs- und Revisionsgang (217) genutzt.

[0082] Fig. 16 zeigt die Integration eines gebündelten Röhrentragwerkes (13), das als Stahltragwerk (15) aus Hohlkastenprofilen (152) aufgebaut ist. Fachwerkträger in Längsrichtung (110) und Fachwerkträger in Querrichtung (111) bilden ein biege-, schub- und torsionssteifes Primärtragwerk in Skelettbauweise (1). Die Außenhülle (20) besteht aus einem elastischen Stahlblech (202), das unter Vorspannung um das Primärtragwerk (1) gespannt ist. Die Innenhülle (22) ist als zugbeanspruchtes Membrantragwerk ausgebildet und besteht aus kissenförmigen Stahlmembranen (224), die über ein Zwischentragwerk (21) mit dem Primärtragwerk (1) in Verbindung stehen. Dieses Zwischentragwerk (21), die Außenhülle (20) und die Innenhülle (22) bilden eine Vielzahl voneinander unabhängiger Druckkammern (218), die mit Pressluft befüllt sind. Die Pressluftfüllung der Druckkammern (218) stellt sicher, dass der an der Außenhülle (20) anliegende Wasserdruck an die zugbeanspruchten Stahlmembranen (224) weitergegeben wird. Die Innenhülle (22) ist auch die Begrenzung der modular angeordneten Tankräume (303). Durch Ventile und Pumpen kann sichergestellt werden, dass die Druckkammern (218) an den durch die jeweilige Beladungssituation vorgegebenen Wasserdruck angepasst werden können. Da viele voneinander unabhängige Druckkammern (218) vorgesehen sind, genügt dieser Aufbau einer zweischaligen Hüllkonstruktion auch sicherheitstechnischen Anforderungen, zumal das dünnwandige Membrantragwerk der Innenhülle (22) durch die umgebenden Tragglieder des Primärtragwerkes (1) geschützt ist. In diesem schematischen Querschnitt wurde die hydrodynamische Formgebung des Schiffsrumpfes (3) nicht dargestellt.

[0083] Fig. 17 zeigt unterschiedliche Ausformungen eines Schiffsbodens mit perforierter Außenhülle. Fig. 17a zeigt den Ausschnitt eines Schiffsbodens mit zugbeanspruchter Innenhülle (224) und perforierter Außenhülle (206). Die zylinderförmigen, einachsig gekrümmten Membranflächen der Innenhülle (224) stützen sich auf ein Zwischentragwerk (21), das die Verbindung zum Primärtragwerk in Skelettbauweise (1) herstellt, ab. Die Wasserfüllung (219) zwischen Außenhülle (20) und Innenhülle (22) stellt sicher, dass sich der Wasserdruck unmittelbar am Membrantragwerk (224) der Innenhülle (22) anlegt. Die durch linienförmige Öffnungen (207) perforierte Außenhülle (206) ist aus Spannbändern aus Stahl (202) aufgebaut, die dem Schiffsrumpf eine strömungstechnisch günstige Außenkontur verleihen. Fig. 17b zeigt den Ausschnitt eines Schiffsbodens mit zugbeanspruchter Innenhülle (224) und perforierter Außenhülle (206). Die kissenförmigen, zweiachsig gekrümmten Membranflächen (224) der Innenhülle (22) stützen sich auf ein längs und quer angeordnetes Zwischentragwerk (21), das eine Zellenstruktur (210) bildet, ab. Feine, punktförmige Öffnungen (207) in der Außenhülle (20) durchbrechen die nach strömungstechnischen Gesichtspunkten geformte Außenhaut des Schiffsrumpfes und leiten durch die vorgesehene Wasserfüllung (219) zwischen Außenhülle (20) und Innenhülle (22) den Wasserdruck an das Membrantragwerk (224) der Innenhülle (22). Fig. 17c zeigt den Ausschnitt eines Schiffsbodens mit zugbeanspruchter Innenhülle (224) und perforierter Außenhülle (206). Die kissenförmigen, zweiachsig gekrümmten Membranflächen (224) der Innenhülle (22) stützen sich auf dreiecksförmige Felder einer Fachwerkkonstruktion (11) des Primärtragwerkes in Skelettbauweise (1) ab. Die perforierte Außenhülle (206) ist als ebenes, dünnwandiges Lochblech ausgebildet.

[0084] Fig. 18 zeigt Zu- und Abströmöffnungen (207) und Abströmöffnungen (208) innerhalb einer perforierten Außenhülle (206). Eine entsprechende Formgebung der punkt- und linienförmigen Zu- und Abströmöffnungen (207, 208) bewirkt lokal wirksame Strömungseffekte, durch die der Strömungswiderstand des Schiffsrumpfes positiv beeinflusst werden kann. Der Fahrtrichtungspfeil in den Fig. 18a, 18c, 18e und 18g verdeutlicht die Sogwirkung an Abströmöffnungen (208) und die Stauwirkung an Zu- und Abströmöffnungen (207). In den Fig. 18a–d sind punktförmige Zu- und Abströmöffnungen (207, 208) dargestellt, während die Fig. 18e–h linienförmige Zu- und Abströmöffnungen (207, 208) zeigen. Eine entsprechende Anordnung dieser die Strömung beeinflussenden Öffnungen im Bereich des Unterwasserschiffs kann unter Umständen sicherstellen, dass über die gesamte Länge des Schiffsrumpfes ein laminarer Strömungsverlauf beibehalten wird und dass Wirbelbildungen und Turbulenzen, die den Fahrtwiderstand erheblich erhöhen, vermieden werden.

DE 101 51 085 C 1

Zusammenstellung der Bezugswerte

Tragwerk in Skelettbauweise	1	Hüllkonstruktion, ein- und mehrschalig	2	Schifferrumpf, Integration von Tragwerk und Hülle	3
Rahmenkonstruktion	10	Außenhülle	20	Räume	30
Rahmenträger in Längsrichtung	100	Edelstahlhaut	200	Wohnräume	300
Rahmenträger in Querrichtung	101	Geschweißte Stahlhülle	201	Flure	301
Fachwerkkonstruktion	11	Spannbänder aus Stahl	202	Frachtraum	302
Fachwerkträger in Längsrichtung	110	Kunststoffhülle	203	Tank	303
Fachwerkträger in Querrichtung	111	Unterkonstruktion	204	Vorbauten	31
Röhrentragwerk	12	Verglasung	205	Balkone	310
Röhrentragwerk mit dreieckigem Querschnitt	120	Perforierte Außenhülle	206	Auskragungen	311
Röhrentragwerk mit viereckigem und polygonem Querschnitt	121	Einströmöffnung	207	Aussparungen	32
Röhrentragwerk mit rundem oder ovalem Querschnitt	122	Ausströmöffnung	208	Atrium	320
Gebündeltes Röhrentragwerk	13	Strukturierte Außenhülle ("Haifischhaut")	209	Wintergarten	321
Zweilagiges Röhrentragwerk	14	Zwischentragwerk	21	Lichthof	322
Stahltragwerk	15	Geschweißte Zellen	210	Durchgängige Queröffnung	323
Walzprofile	150	Stabilisierendes Fachwerk	211	Aufbauten	33
Profile mit zusammengesetztem Querschnitt	151	Stabilisierende Pneus	212	Brücke	330
Hohlprofile, Hohlkastenprofile	152	Stabilisierende Ausschäumung	213	Schornstein	331
Tragwerk als Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton	16	PU-Schaum-Formkörper	214	Hubschrauberlandeplatz	332
Stahlmantel, verlorene Schalung	160	Holz- und Kunststoffpaneele	215	Maste	333
Füllbeton	161	Stahlbetonfertigteile	216		
Rundstahlbewehrung	162	Installationsführung	217		
Kern, aus Walzprofilen zusammengesetzt	163	Wartungs- und Revisionsgang	218		
Tragwerk aus Stahlbeton	17	Druckkammer	219		
Spannbeton	170	Wasserfüllung	219		
Tragglieder mit Kastenquerschnitt	171	Innenhülle	22		
Stahlbetonfertigteile	172	Geschweißte Stahlhülle	220		
Tragwerk aus Holz und Holzverbänden	18	Spannbänder aus Stahl, Tankwand	221		
		Holzschalung	222		
		Kunststoffschale	223		
		Stahlmembrane	224		
		Verbindungen zum Tragwerk	23		
		Umlenksattel Außenhülle	230		
		Aufhängung Innenhülle	231		
		Längswände, zweischalig	24		
		Querwände, zweischalig	25		

1. Schiff, Boot oder Unterseeboot mit einer Rumpfkonstruktion (3), die aus einem tragenden Gerüst (1) und einer die Wasserdichtigkeit darstellenden Hüllkonstruktion (2), aufgebaut ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das tragende Gerüst des Schiffsrumpfes (3) zu einem in sich vollständigen Tragwerk in Skelettbauweise (1) ausgebildet ist, das aus einer Rahmenkonstruktion (10) mit Rahmenträgern in Längsrichtung (100) und Rahmenträgern in Querrichtung (101) und/oder aus einer Fachwerkkonstruktion (11) mit Fachwerkträgern in Längsrichtung (110) und Fachwerkträgern in Querrichtung (111) besteht, und dass die Hüllkonstruktion (2) das Tragwerk (1) ganz oder teilweise umschließt und von der globalen Tragfunktion befreit ist.
2. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die längs und quer angeordneten Rahmenträger (100, 101) und/oder die längs angeordneten Fachwerkträger (110, 111) als parallelgurtige oder frei geformte, als ebene oder gekrümmte und als zwei- und mehrgurtige Träger ausgebildet sind.
3. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rahmenträger (101, 102) und/oder die Fachwerkträger (110, 111) in Fahrtrichtung zu einem torsions- und biegesteifen, allseitig geschlossenen Röhrentragwerk (12) mit dreieckigem, polygonem, rundem oder ovalem Querschnitt (120–122) verbunden sind.
4. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Röhrentragwerke zu einem gebündelten Röhrentragwerk (13) zusammengeschlossen sind.
5. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Tragwerk (1) aus einzelnen Traggliedern aus Stahl (15), Stahlbeton (17), einer Verbundkonstruktion aus Stahl und Beton (16), aus Holz (18), Aluminium oder Kohlefaserverbundwerkstoffen aufgebaut ist, die untereinander verschraubt, verschweißt, vergossen oder verklebt werden.
6. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hüllkonstruktion (2) eine Außenhülle (20), eine Innenhülle (22) und zweischalige Längs- und Querwände (24, 25) umfasst, die einen Zwischenraum definieren, in dem das Tragwerk (1) mindestens teilweise angeordnet ist.
7. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei- oder mehrschalig ausgebildete Hüllkonstruktion (2) vor dem Tragwerk (1) verläuft und Vorbauten (31) mit Balkonen (310) und Auskragungen (311) bildet.
8. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei- oder mehrschalig ausgebildete Hüllkonstruktion (2) gegenüber dem Tragwerk (1) zurückgesetzt ist und Aussparungen (32), Atrien (320), Wintergärten (321), Lichthöfe (322) und durchgängige Queröffnungen (323) bildet.
9. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenhülle (20) und die Innenhülle (22) im Winkel zueinander angeordnet sind und dass der Zwischenraum zu einem Raum (30) erweitert ist, der z. B. als verglaster Wintergarten (321) genutzt wird.
10. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenhülle (20) aus einer großflächigen Verglasung (205) mit einer Unterkonstruktion (204) besteht.
11. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das aus längs und quer verlaufenden Stegblechen besteht, die mit einer äußeren Stahlhülle (201) und einer inneren Stahlhülle (220) verschweißt sind und eine Zellenstruktur (210) bilden.
12. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das aus einer räumlichen Fachwerkkonstruktion (211) besteht, die die Außenhülle (20) mit der Innenhülle (22) verbindet.
13. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das von mit Druckluft oder mit Wasser gefüllten Pneus (212) gebildet wird und die Außenhülle (20) und die Innenhülle (22) gegeneinander abstützt.
14. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das als Schaumkörper (213) ausgebildet ist, und dass die Außenhülle (20) und die Innenhülle (22) mit dem Schaumkörper (213) verklebt sind und eine Sandwichkonstruktion bilden.
15. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das von Füllelementen (214–216) gebildet wird, die mit der Außenhülle (20) und der Innenhülle (22) lose oder kraftschlüssig verbunden sind.
16. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum ein versteifendes Tragwerk (21) beinhaltet, das mindestens teilweise begehbar ist und Wartungsgänge (217), die für die Installationsführung genutzt wird, enthält.
17. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Außenhülle (20) und Innenhülle (22) eine Druckkammer (218) vorgesehen ist und dass die Innenhülle (22) als ein- oder zweiachsig gekrümmte Stahlmembrane (224) ausgebildet ist.
18. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum eine Wasserfüllung (219) enthält und die Außenhülle (20) als perforierte Membrane (206) mit Einströmöffnungen (207) und Ausströmöffnungen (208) ausgebildet ist.
19. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens die Außenhülle (20) der Hüllkonstruktion (2) als zugbeanspruchte Konstruktion ausgebildet ist und aus Spannbändern (202) besteht, die in Querrichtung gespannt und untereinander verbunden werden und über Umlenksättel (230) um das Tragwerk (1) gespannt sind.
20. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Innenhülle (22) als zugbeanspruchte Konstruktion ausgebildet ist und über Aufhängungen (231) gegen das Tragwerk (1) in Längs- und Querrichtung vorgespannt wird.
21. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen Außenhülle (20)

DE 101 51 085 C 1

und Innenhülle (22) ein Unterdruck oder ein Überdruck angelegt werden kann, um die äußere Membrane (202) und die innere Membrane (224) zu stabilisieren.

22. Schiff, Boot oder Unterseeboot nach Anspruch 1–21, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenhülle (20) die Struktur einer Haifischhaut aufweist und aus Stahlblech oder Kunststoff besteht.

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

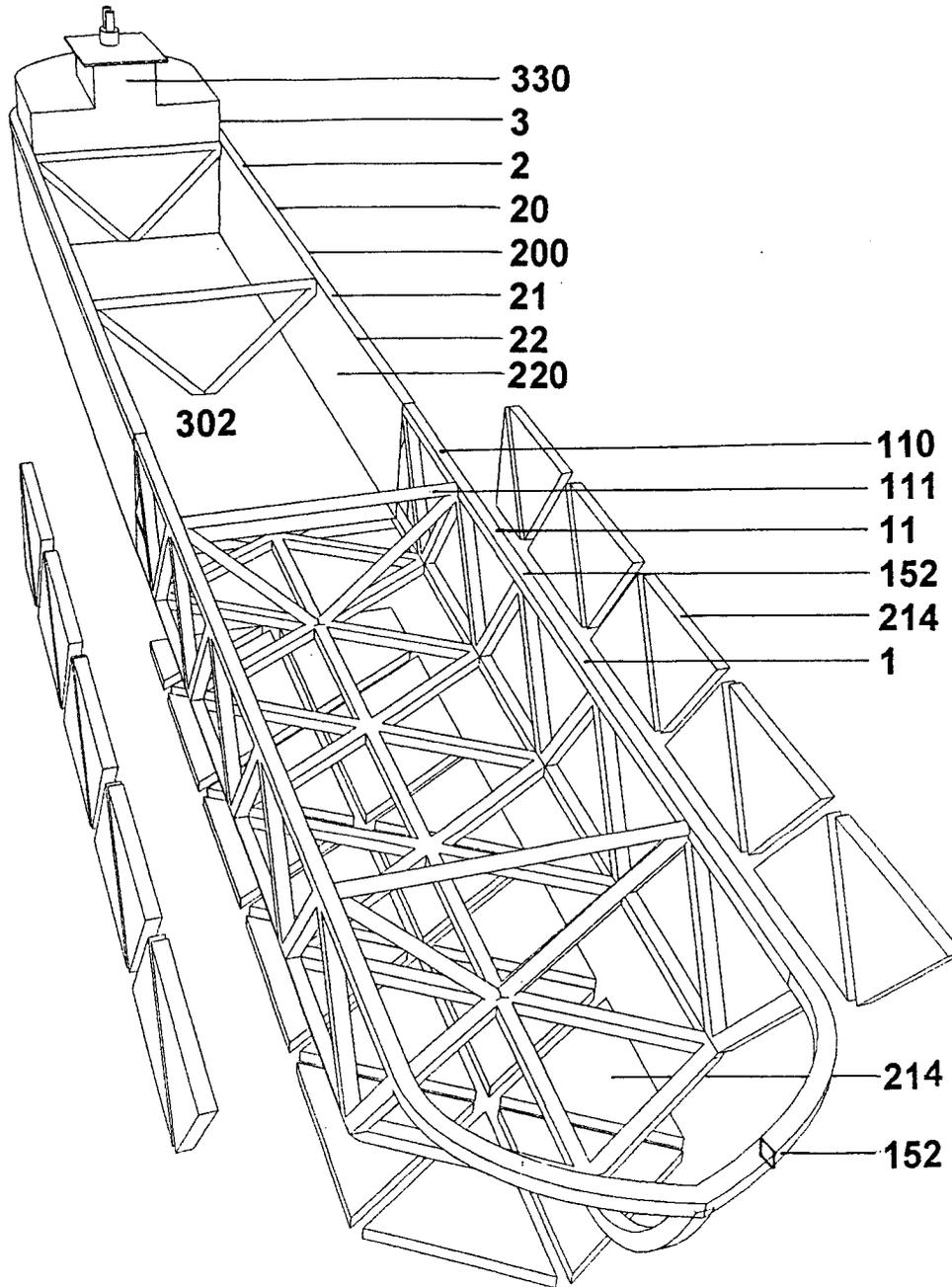


Fig. 1

Fig. 2

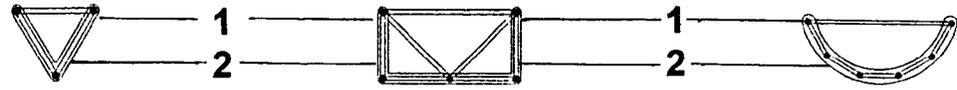


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

Fig. 3

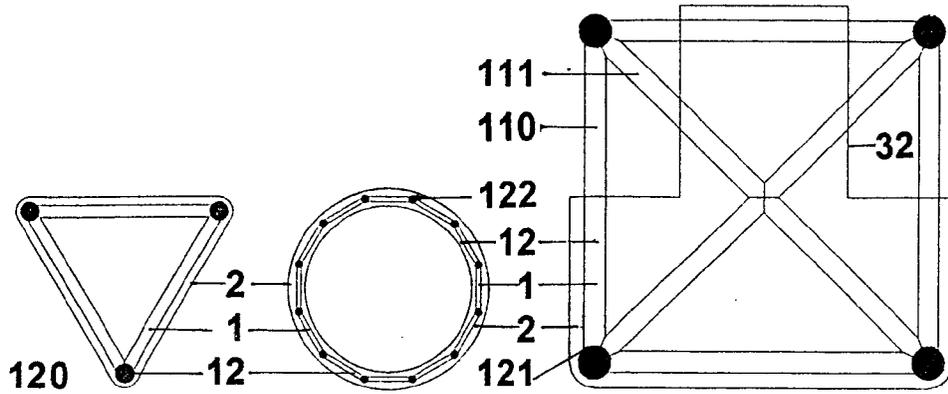


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

Fig. 4

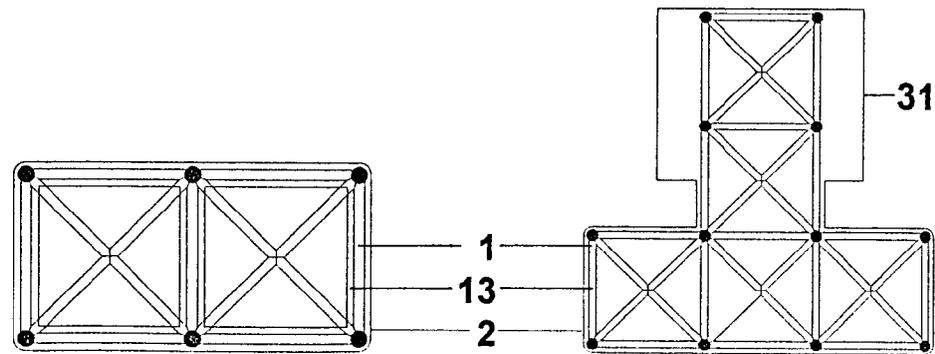


Fig. 4a

Fig. 4b

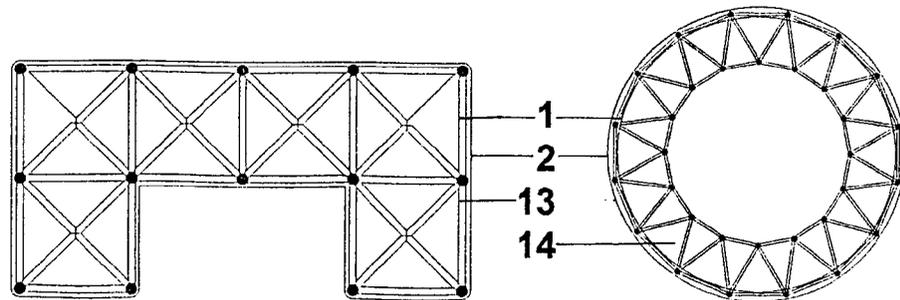


Fig. 4c

Fig. 4d

Fig. 5a

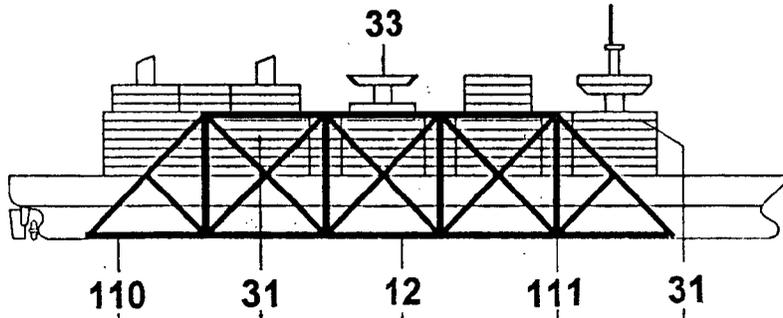


Fig. 5b

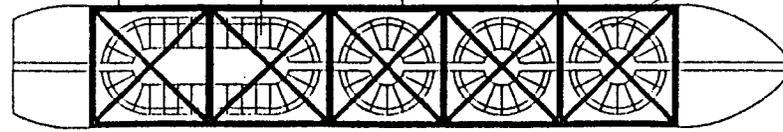


Fig. 5c

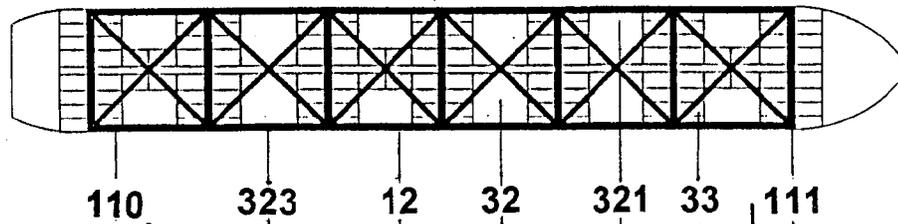


Fig. 5d

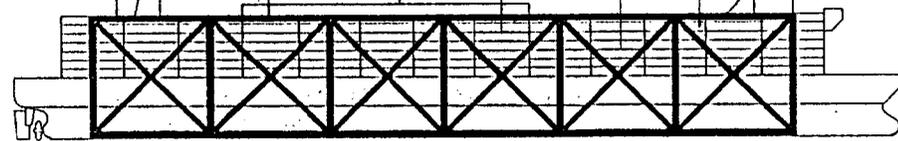


Fig. 5e

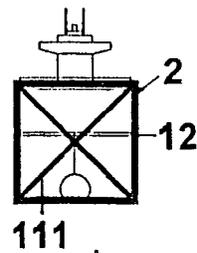


Fig. 5f

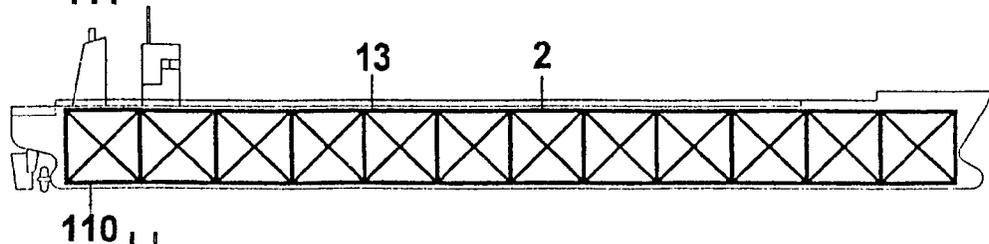


Fig. 5g

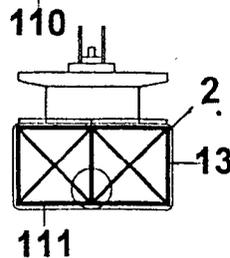


Fig. 5

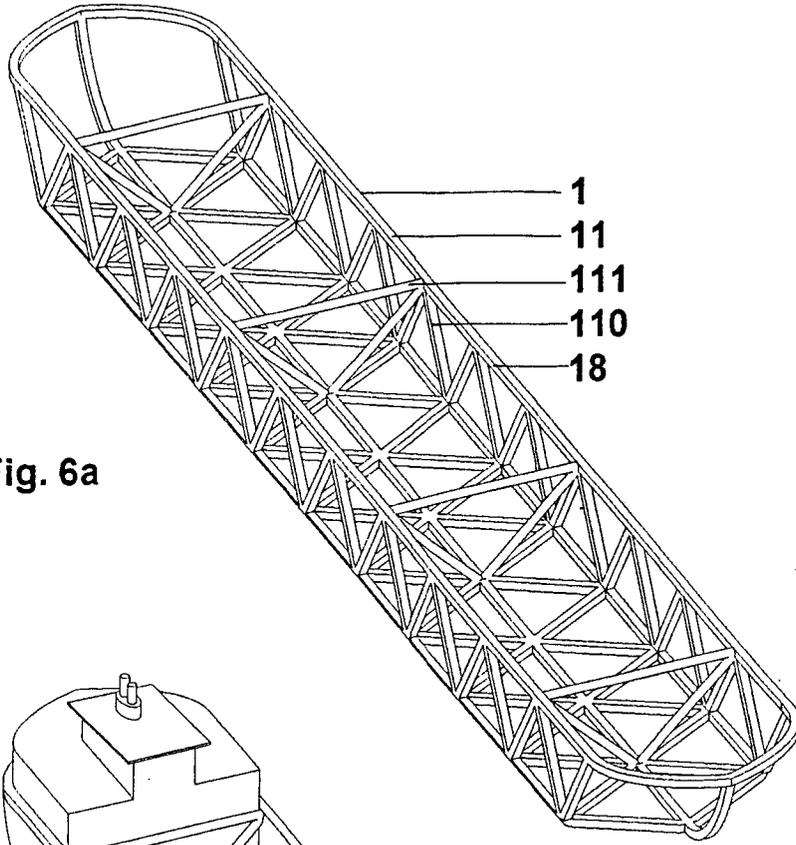


Fig. 6a

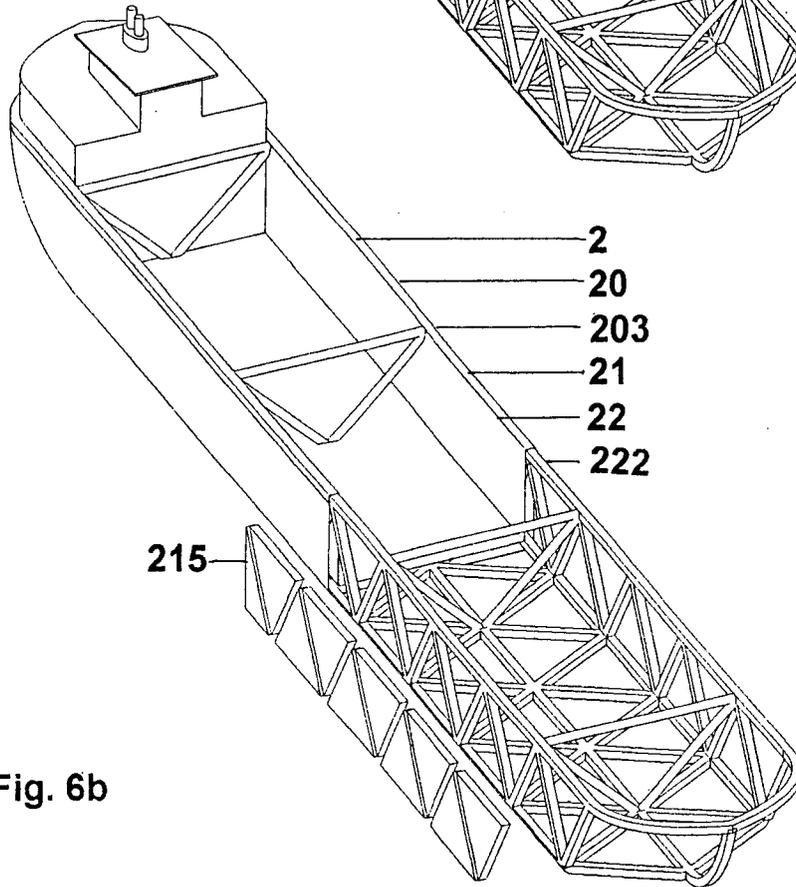


Fig. 6b

Fig. 6

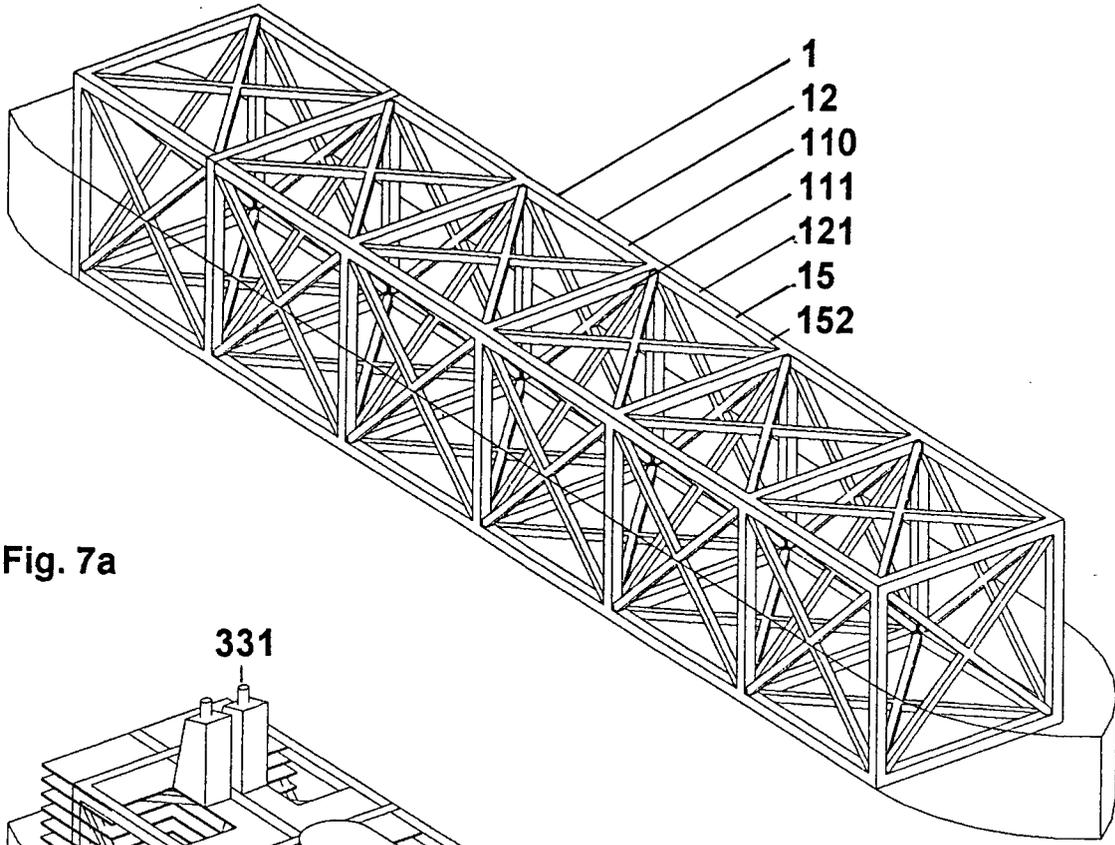


Fig. 7a

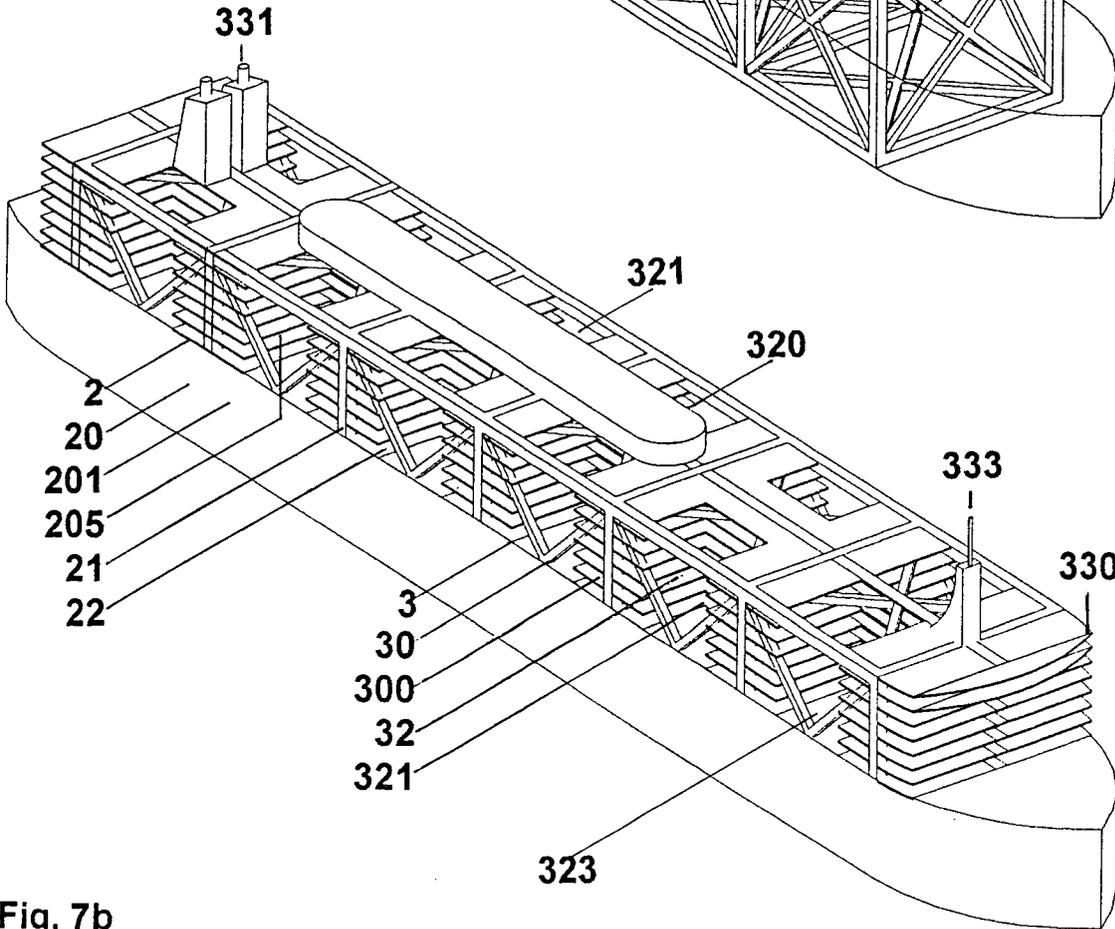


Fig. 7b

Fig. 7

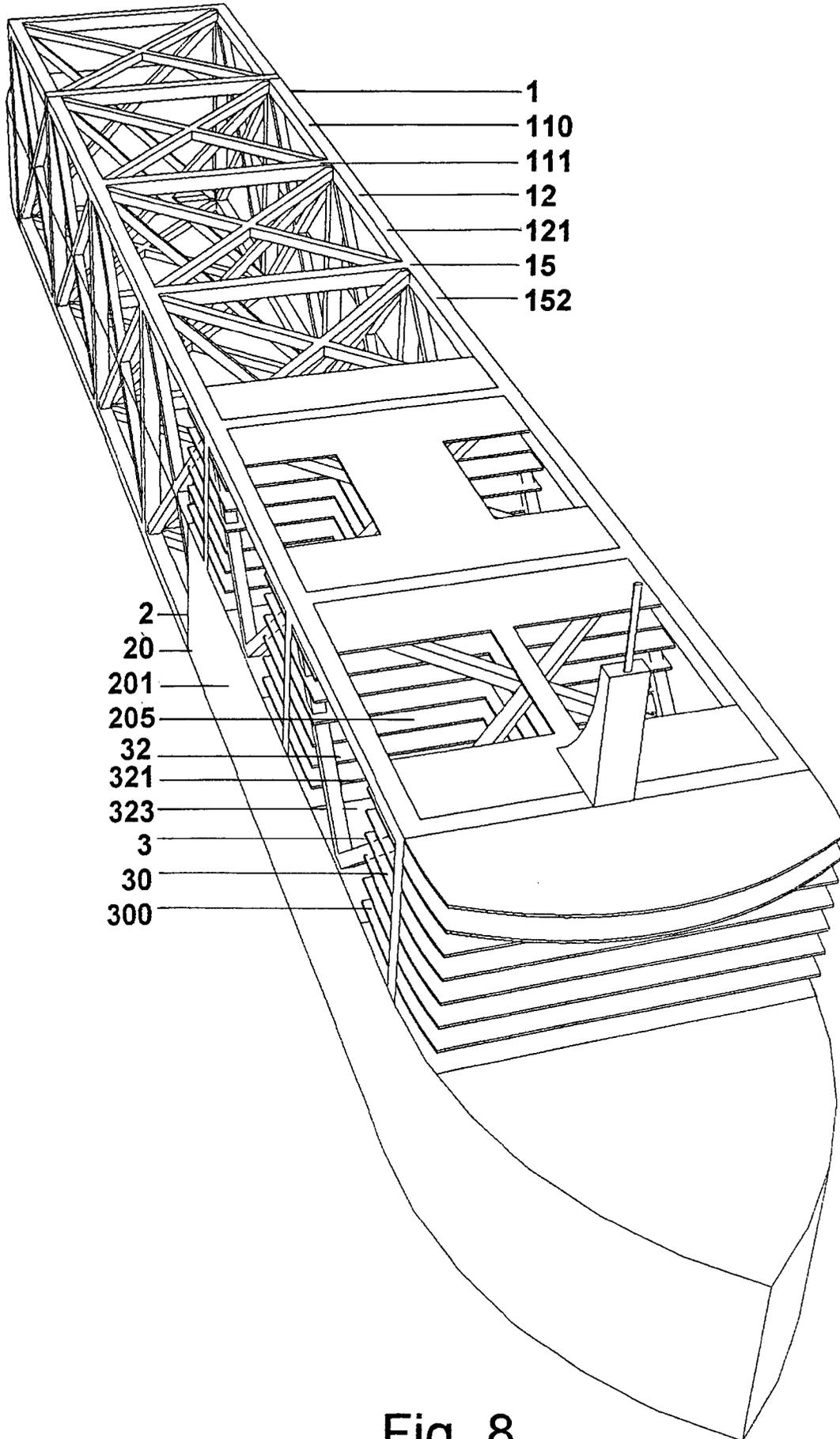


Fig. 8

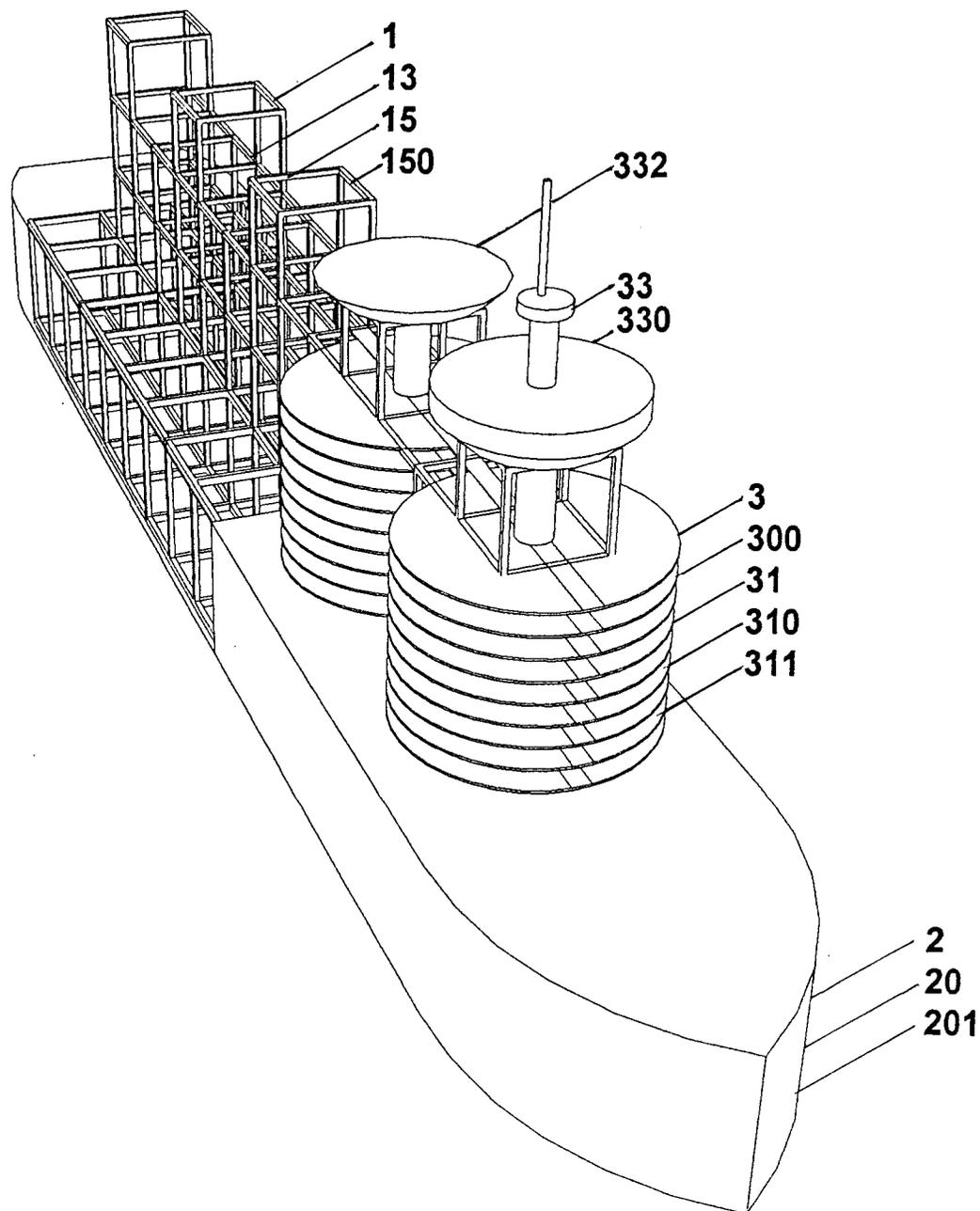
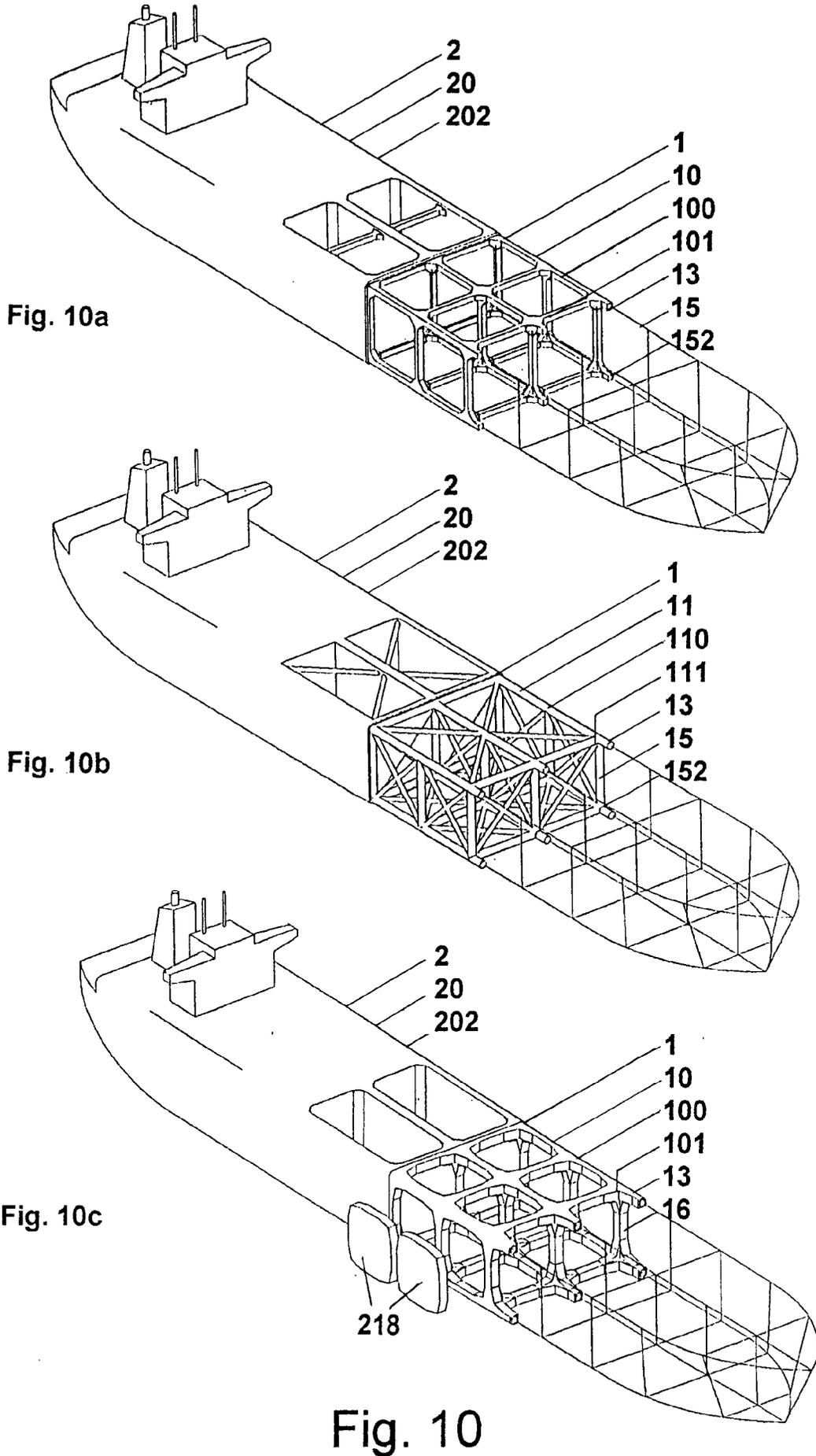


Fig. 9



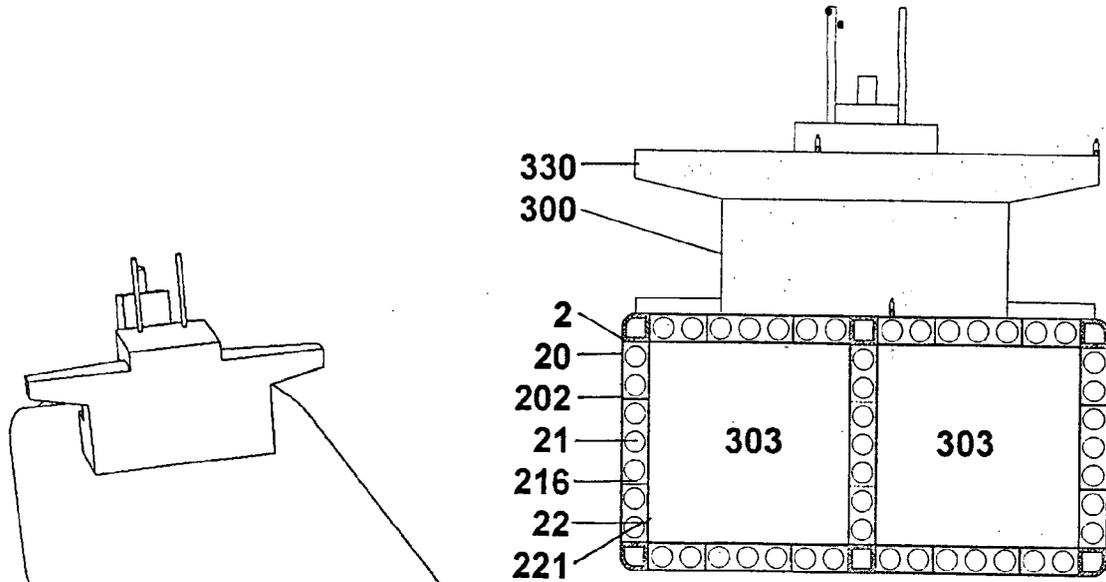


Fig. 11a

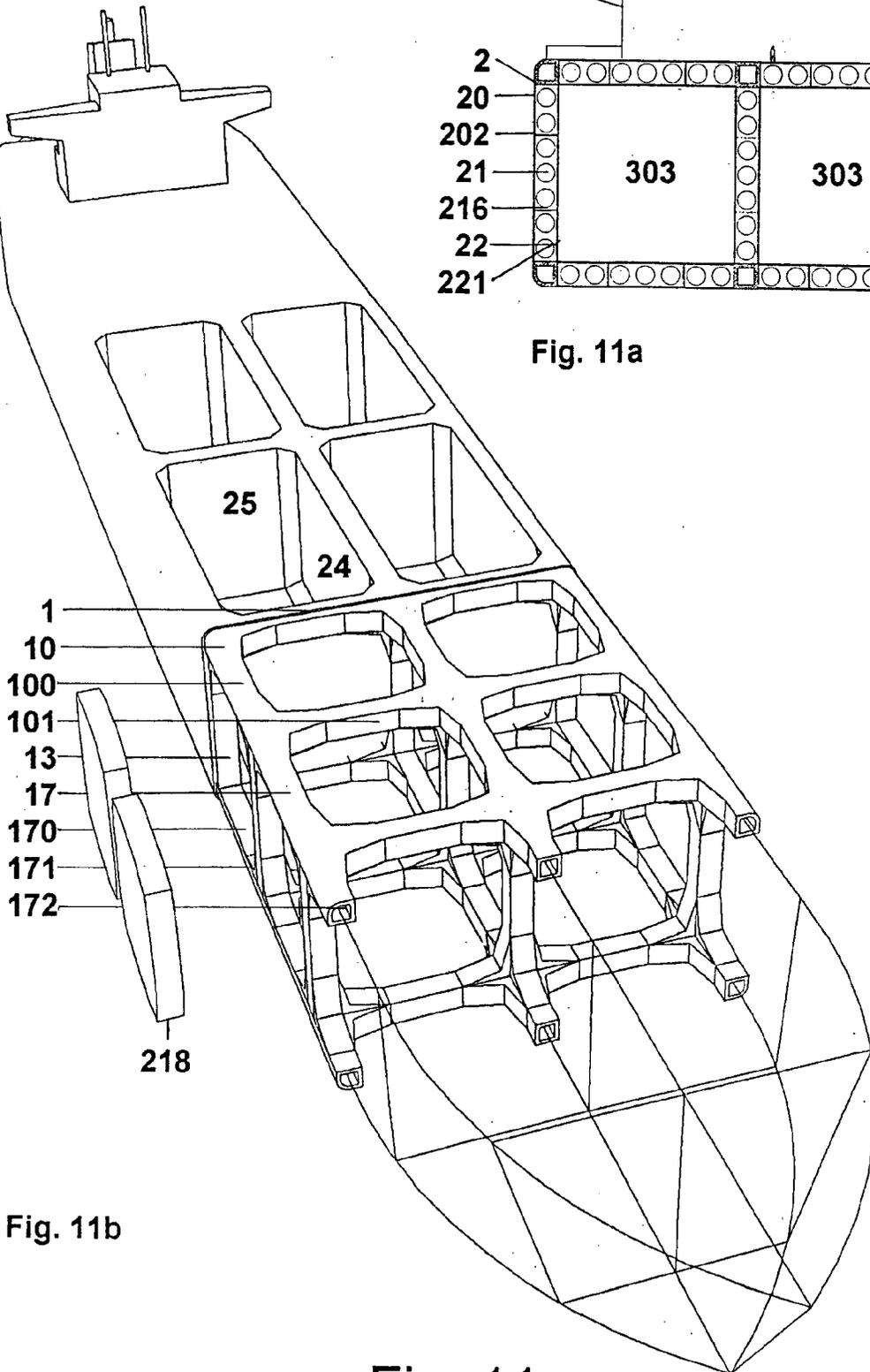


Fig. 11b

Fig. 11

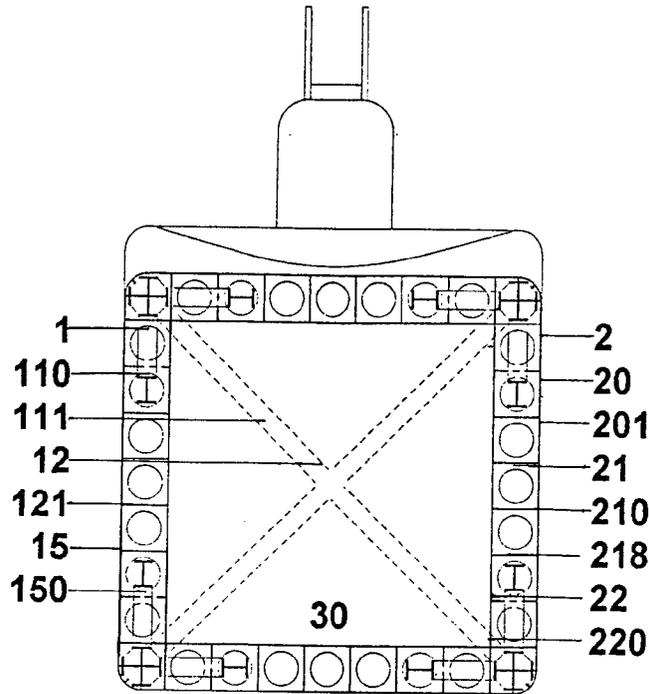


Fig. 12

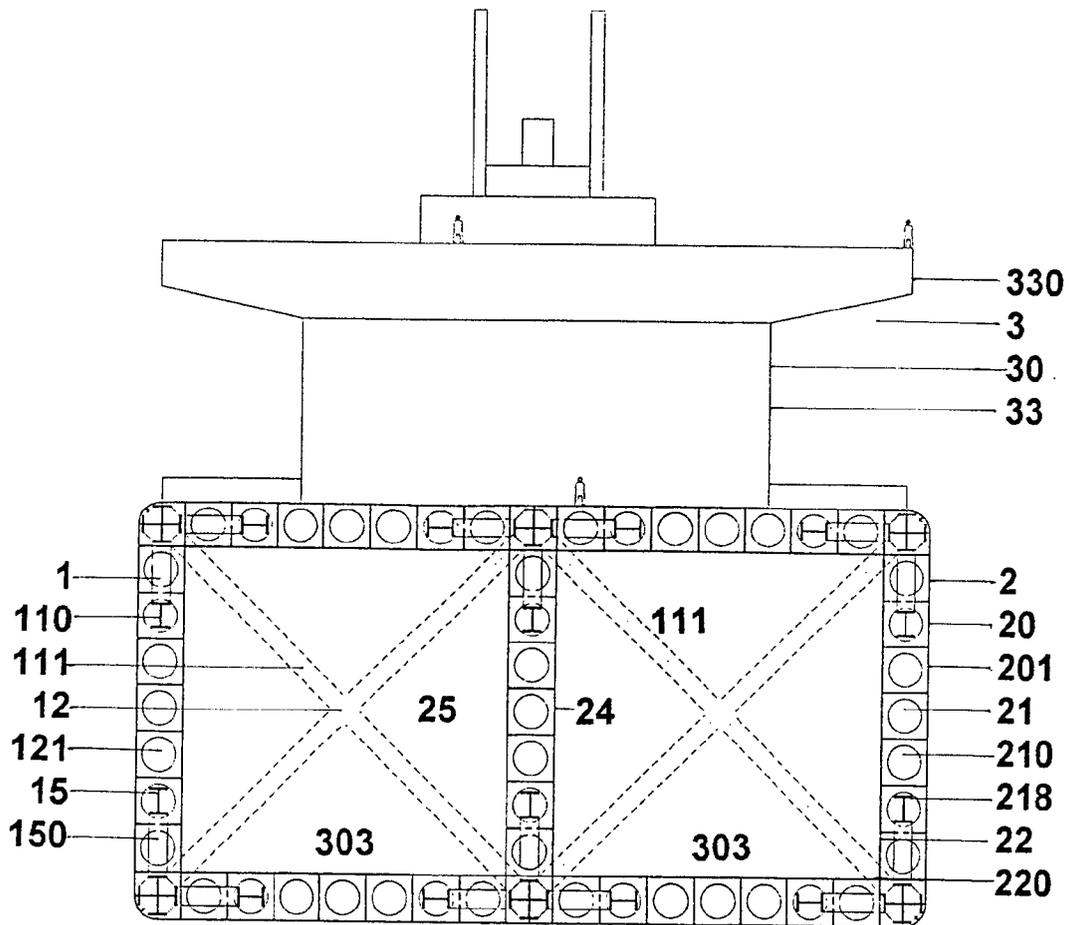


Fig. 13

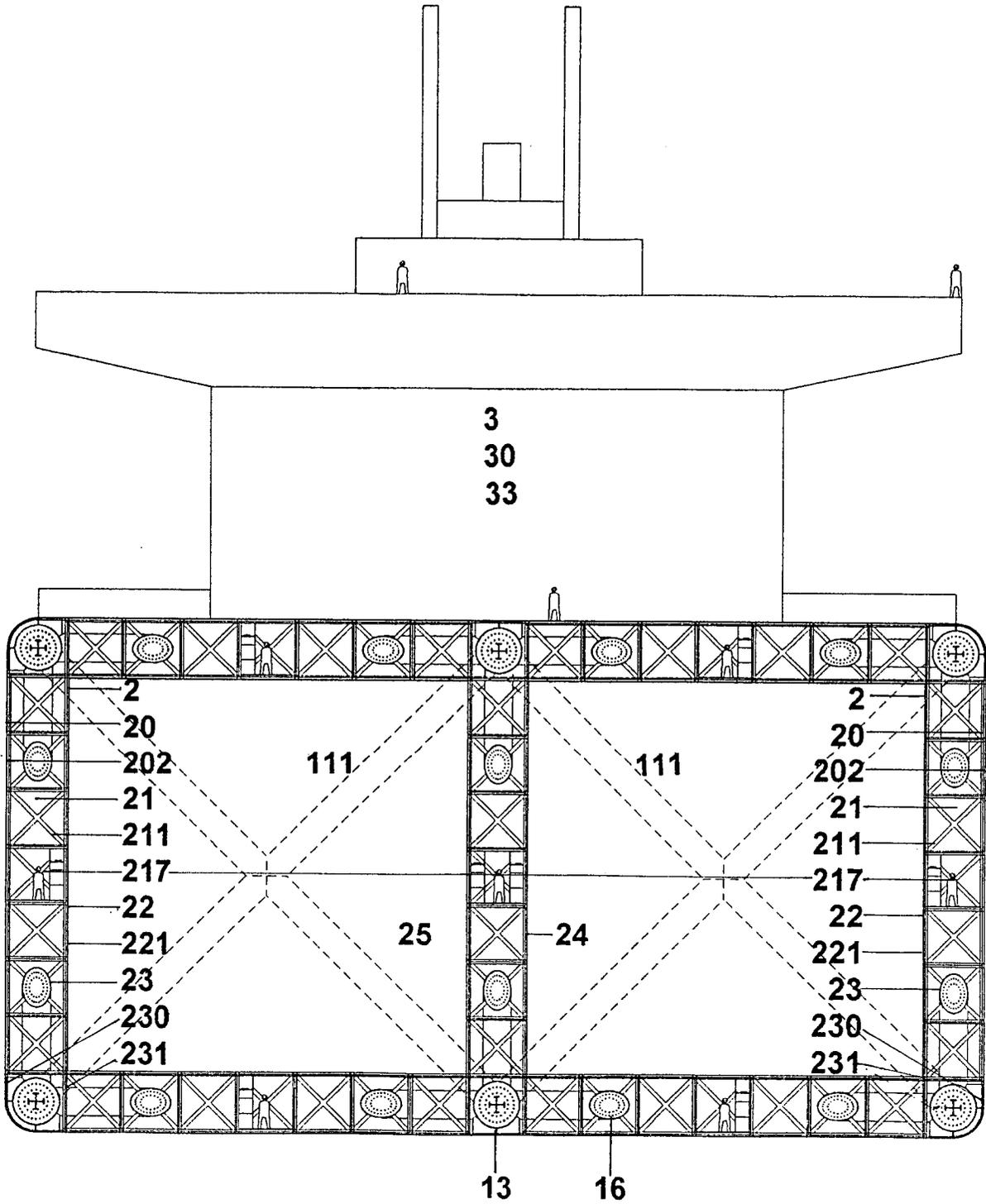


Fig. 14

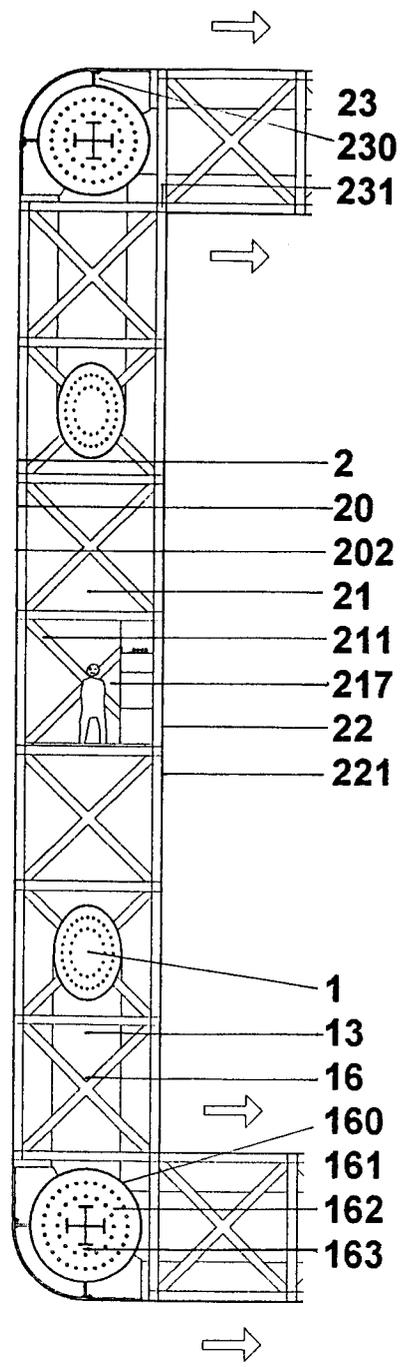


Fig. 15a

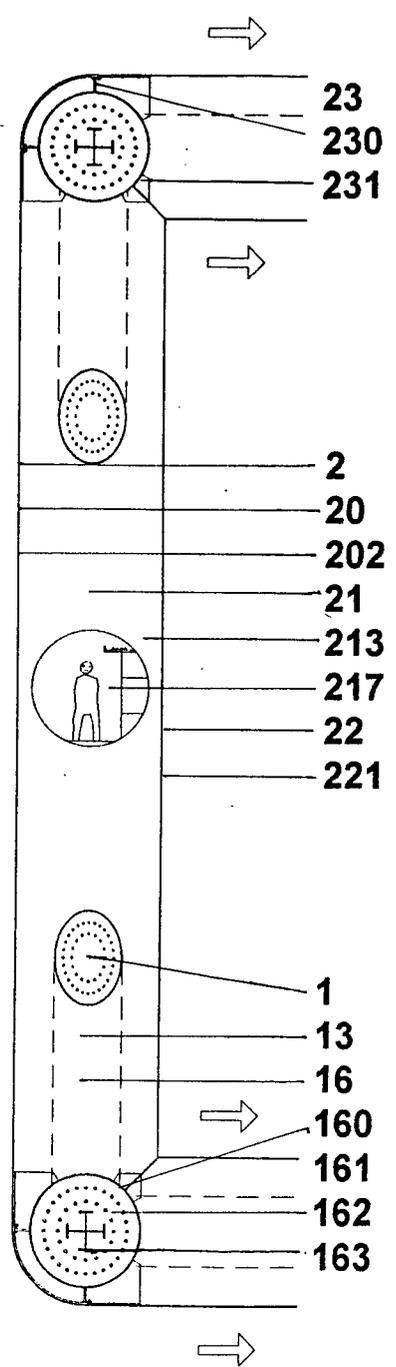


Fig. 15b

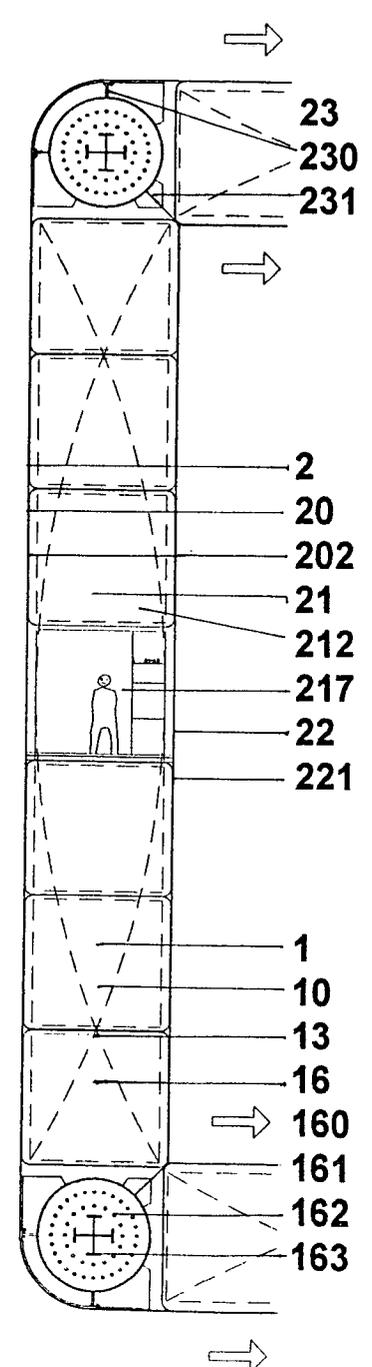


Fig. 15c

Fig. 15

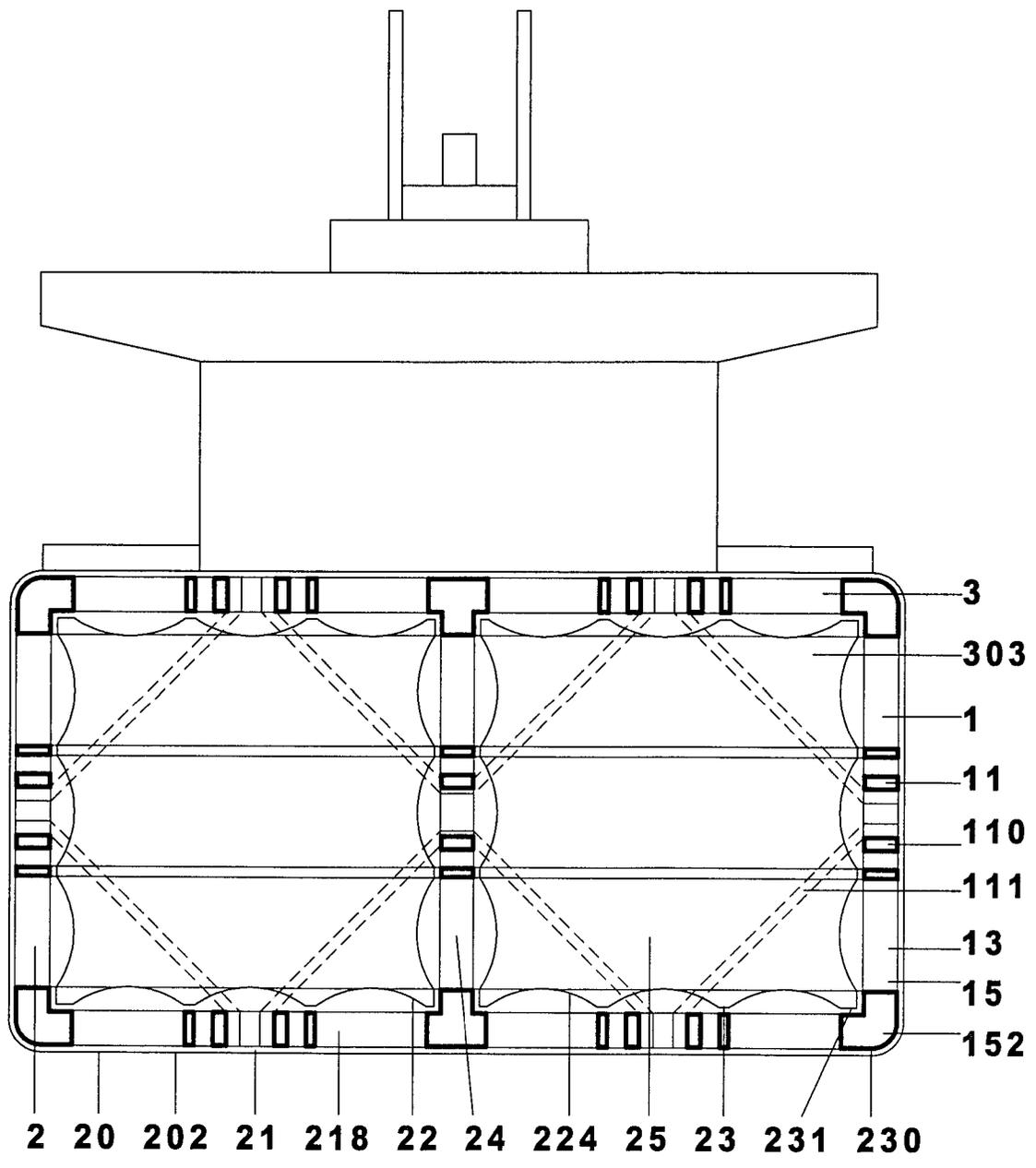


Fig. 16

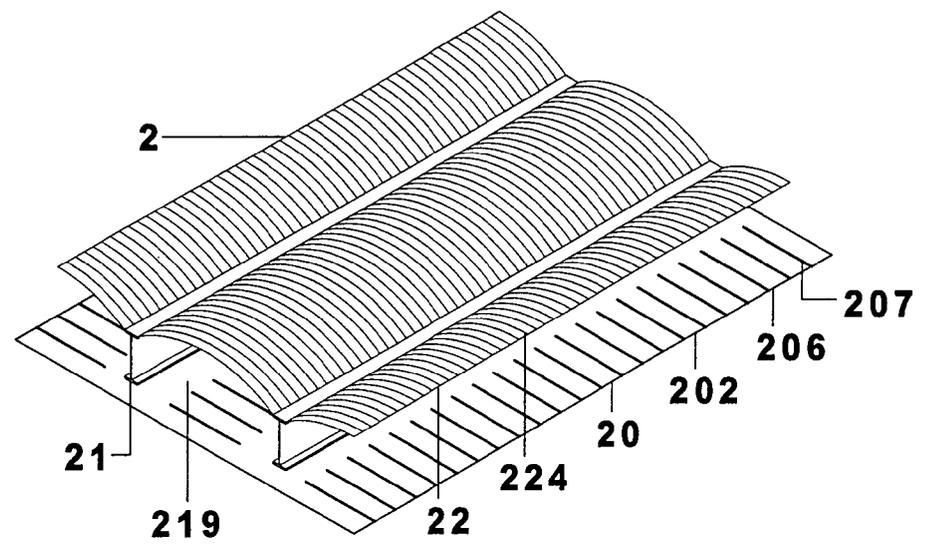


Fig. 17a

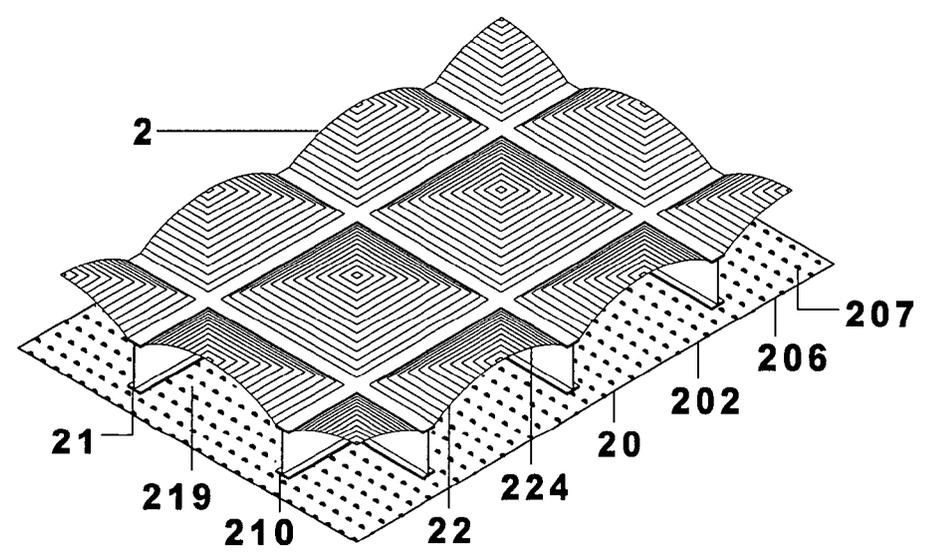


Fig. 17b

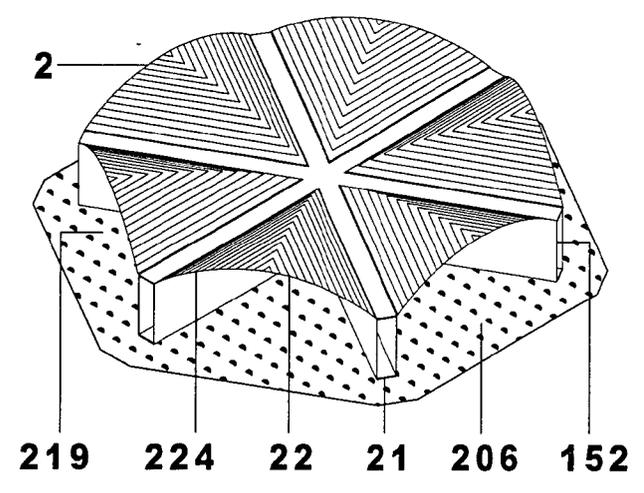


Fig. 17c

Fig. 17

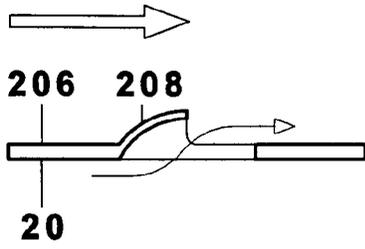


Fig. 18a

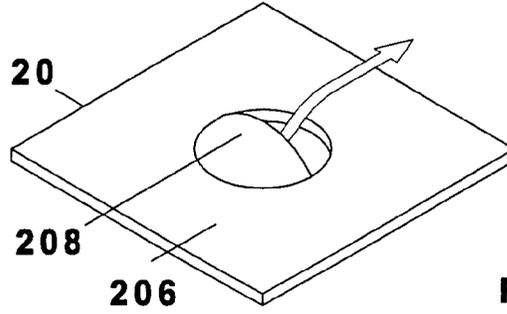


Fig. 18b

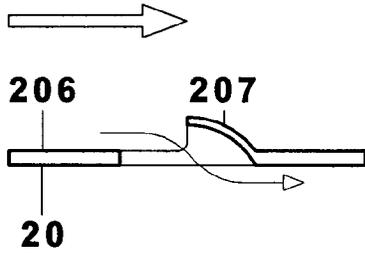


Fig. 18c

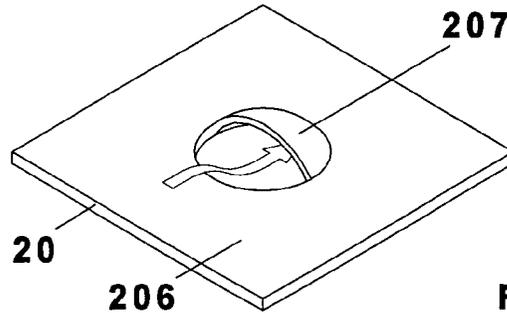


Fig. 18d

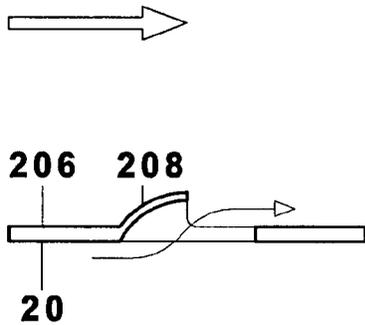


Fig. 18e

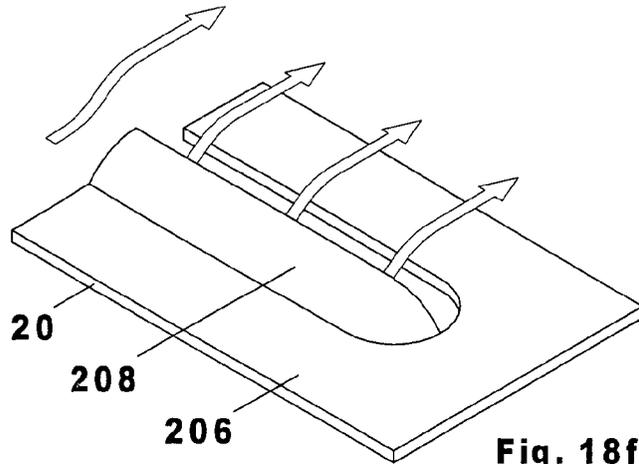


Fig. 18f

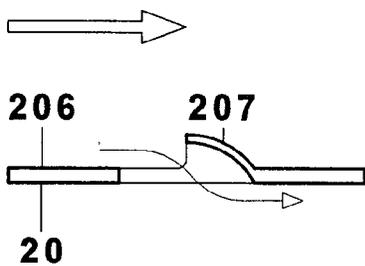


Fig. 18g

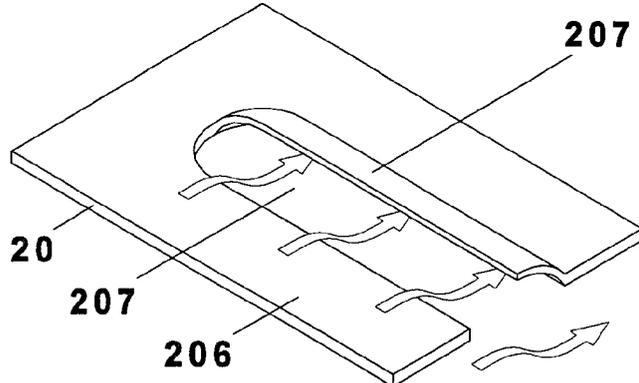


Fig. 18h

Fig. 18