



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900951200
Data Deposito	16/08/2001
Data Pubblicazione	16/02/2003

Priorità	00 10704
Nazione Priorità	FR
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	65	D		

Titolo

SERBATOIO A TENUTA STAGNA E TERMICAMENTE ISOLANTE CON SPIGOLI
LONGITUDINALI PERFEZIONATI.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo
"SERBATOIO A TENUTA STAGNA E TERMICAMENTE ISOLANTE
CON SPIGOLI LONGITUDINALI PERFEZIONATI"

di: GAZ TRANSPORT ET TECHNIGAZ, nazionalità france- LA-48552
se, 46, rue des Frères Lumière, 78190 TRAPPES
(Francia)

Inventore designato: Dhellemmes, Jacques

Depositata il: 16 AGO. 2001 ID 2001A 000 818

* * * * *

La presente invenzione riguarda un serbatoio a tenuta stagna e termicamente isolante, in particolare per lo stoccaggio di gas liquefatti, quali dei gas naturali liquefatti con forte tenore di metano, a una temperatura di circa -160°C , il suddetto serbatoio essendo integrato in una struttura portante di nave, in particolare lo scafo di una nave destinata al trasporto per mare dei gas liquefatti.

E' noto, dalla domanda di brevetto francese n° 9907254, tale serbatoio a tenuta stagna e isolante integrato in una struttura portante, in particolare di nave, a forma di poliedro, in particolare a ottaedro irregolare in cui gli angoli di serbatoio presentano generalmente un'apertura di 90° o di 135° ; il suddetto serbatoio comprendendo due barriere di tenuta successive, una primaria in contat-

NP/np

JACOBACCI & PARTNERS SpA

to con il prodotto contenuto nel serbatoio e l'altra secondaria disposta tra la barriera primaria e la struttura portante, queste due barriere di tenuta essendo alternate con due barriere termicamente isolanti. Secondo questo documento la barriera di tenuta primaria è costituita da lamiera metalliche sottili, in particolare da corsi di fasciame sostanzialmente piani di lamiera di Invar, trattenute meccanicamente sulla barriera isolante primaria mediante i loro bordi longitudinali rilevati.

Le barriere secondarie e la barriera isolante primaria sono essenzialmente costituite da un insieme di pannelli prefabbricati fissati meccanicamente sulla struttura portante ma non incollati ad essa, ciascun pannello comprendendo in successione una prima piastra rigida che forma il fondo del pannello, un primo strato di isolante termico, che è portato dalla suddetta piastra di fondo e che costituisce con essa un elemento di barriera isolante secondaria, un secondo strato di isolante termico, che ricopre parzialmente il primo strato sopra citato, e una seconda piastra rigida che forma il coperchio del pannello e che ricopre il secondo strato di isolante termico che costituisce con la sud-

detta seconda piastra un elemento di barriera di isolamento primaria.

Sempre in base a questo documento le zone di giunzione tra gli elementi di barriera isolante primaria di due pannelli adiacenti sono riempite da piastrine isolanti costituite ciascuna da uno strato di isolante termico, ricoperto da una piastra rigida, le piastre rigide delle piastrine isolanti e le seconde piastre rigide dei pannelli costituendo una parete sostanzialmente continua atta a sostenere la barriera di tenuta primaria, le zone di giunzione tra gli elementi di barriera isolante secondaria essendo riempite per mezzo di raccordi di materiale isolante.

E' anche nota, dal brevetto francese n° 2 683 786, una barriera isolante secondaria costituita da una pluralità di cassoni che comprendono ciascuno una scatola parallelepipedica di legno compensato munita internamente di tramezzi longitudinali e trasversali e riempita da un materiale particolare calorifugo noto con il nome di perlite. Tuttavia queste barriere isolanti hanno una struttura complessa e un costo di fabbricazione elevato.

Per realizzare i suddetti strati di isolante termico è nota l'utilizzazione di schiuma alveola-

re, in particolare di poliuretano, che ha ad esempio una densità di circa 105 kg/m^3 , o di schiuma alveolare rinforzata, ad esempio con fibre di vetro, con ad esempio una densità di circa 120 kg/m^3 . L'utilizzazione dei suddetti pannelli prefabbricati riduce considerevolmente il tempo e il costo di realizzazione del serbatoio.

E' noto che, quando la nave si sposta nel moto ondoso, la deformazione del suo scafo genera al livello della barriera di tenuta primaria e di quella secondaria delle sollecitazioni di trazione molto grandi, che si aggiungono alle sollecitazioni di trazione generate in queste barriere di tenuta dal raffreddamento del serbatoio. In modo noto dei soffiotti, formati dai bordi longitudinali rialzati dei corsi di fasciame di Invar, permettono di realizzare una stiratura limitata della barriera di tenuta primaria nella sua direzione trasversale, dell'ordine di 0,3 a 0,6 mm per metro, in modo da assorbire in modo elastico le sollecitazioni di trazione generate dal raffreddamento del serbatoio e in modo da compensare la contrazione corrispondente dei corsi di fasciame.

Tuttavia, quando degli strati di isolante termico di schiuma alveolare sono utilizzati, essi hanno

dunque la tendenza, essendo comprimibili, a comprimersi e a contrarsi sostanzialmente perpendicolarmente verso le pareti della struttura portante sotto l'azione della pressione statica del contenuto del serbatoio e della pressione dinamica prodotta sulle pareti del serbatoio dai movimenti del liquido durante il trasporto, movimenti che sono dovuti al rollio e al beccheggio della nave. Tale compressione e contrazione contribuisce anche a generare delle trazioni nella barriera di tenuta primaria in particolare nella direzione trasversale dei corsi di fasciame e particolarmente in vicinanza degli spigoli longitudinali del serbatoio. In modo noto si può realizzare la barriera di tenuta primaria per mezzo di elementi di lamiera di acciaio che presentano delle nervature trasversali e longitudinali e che sono saldate bordo contro bordo per formare una superficie goffrata. Le nervature di tale superficie possono aprirsi per permettere uno stiramento della barriera di tenuta primaria. Tuttavia tali elementi presentano dei movimenti considerevoli di dilatazione e di contrazione termica. Al contrario, quando dei corsi di fasciame sostanzialmente piani di lamiera di Invar, con bordi longitudinali rialzati, sono utilizzati associati con uno

strato di isolante termico comprimibile, i movimenti di contrazione termica presentano un'ampiezza più limitata ma la barriera di tenuta primaria rischia di deteriorarsi sotto la compressione e la contrazione dello strato di isolante, poiché esse generano degli sforzi di trazione trasversali sulla barriera di tenuta, i cui soffietti al livello dei bordi rialzati possono essere insufficienti per permettere un allungamento corrispondente.

L'invenzione ha lo scopo di realizzare tale serbatoio le cui pareti comprendono dei pannelli prefabbricati come quelli sopra menzionati, ma che non presentano gli inconvenienti sopra citati.

A questo scopo l'invenzione realizza un serbatoio a tenuta stagna e termicamente isolante integrato in una struttura portante, in particolare di nave, la suddetta struttura portante comprendendo una pluralità di facce sostanzialmente piane adiacenti mediante i loro bordi longitudinali e presentando una sezione trasversale poligonale, ciascuna coppia di facce longitudinalmente adiacenti formando un diedro, il suddetto serbatoio comprendendo due barriere di tenuta successive, una di tenuta primaria in contatto con il prodotto contenuto nel serbatoio e l'altra di tenuta secondaria disposta

tra la suddetta barriera di tenuta primaria e la struttura portante, una barriera di isolamento termico primaria essendo disposta tra queste due barriere di tenuta e una barriera di isolamento termico secondaria essendo disposta tra la suddetta barriera di tenuta secondaria e la struttura portante, le barriere di isolamento e di tenuta secondarie e la barriera di isolamento primaria essendo essenzialmente formate da un insieme di elementi di parete giustapposti sulla struttura portante sostanzialmente su tutta la sua superficie interna, i suddetti elementi di parete essendo parzialmente deformabili nel senso del loro spessore, i suddetti elementi di parete essendo atti a sostenere e a trattenere la barriera di tenuta primaria, la suddetta barriera di tenuta primaria comprendendo dei corsi di fasciame metallici correnti sostanzialmente piani, di lamiere sottili con basso coefficiente di dilatazione, i cui bordi longitudinali sono rialzati verso l'interno del serbatoio, ciascun corso di fasciame corrente essendo assemblato in modo stagno con almeno un corso di fasciame corrente longitudinalmente adiacente, i bordi rialzati adiacenti dei suddetti corsi di fasciame correnti essendo saldati sulle due facce di un supporto di

saldatura, che è trattenuto meccanicamente sui suddetti elementi di parete, caratterizzato dal fatto che la suddetta barriera di tenuta primaria comprende, da ciascun lato dello spigolo longitudinale di almeno uno dei suddetti diedri, una fila longitudinale di corsi di fasciame di angolo ondulati, ciascun corso di fasciame di angolo avendo un primo bordo longitudinale, che è opposto al suddetto spigolo di diedro, rialzato verso l'interno del serbatoio e saldato su una faccia di un supporto di saldatura trattenuto meccanicamente sui suddetti elementi di parete, il bordo longitudinale di un corso di fasciame corrente longitudinalmente adiacente al suddetto corso di fasciame di angolo essendo saldato sull'altra faccia del suddetto supporto di saldatura, ciascun corso di fasciame di angolo comprendendo almeno un'ondulazione tra i suoi due bordi longitudinali, in modo da essere atto a deformarsi trasversalmente per seguire in modo elastico le eventuali deformazioni dei suddetti elementi di parete che sostengono la suddetta barriera di tenuta primaria, le suddette deformazioni potendo essere provocate dalla pressione statica o dinamica del prodotto contenuto nel suddetto serbatoio e/o dalla contrazione termica.

Preferibilmente ciascun corso di fasciame di angolo comprende più ondulazioni, preferibilmente tre, sostanzialmente con la stessa altezza oppure con la stessa altezza.

Vantaggiosamente la barriera di tenuta primaria comprende, al livello del suddetto spigolo di diedro, un angolare metallico con angolo sostanzialmente uguale all'angolo del suddetto diedro, ciascun corso di fasciame di angolo avendo il suo secondo bordo longitudinale saldato sul suddetto angolare metallico.

Preferibilmente i suddetti elementi di parete comprendono, sulla loro faccia opposta alla suddetta struttura portante, delle piastre di supporto che formano una parete sostanzialmente continua; ciascuna aletta del suddetto angolare essendo fissata su almeno una delle suddette piastre di supporto mediante almeno una vite di fissaggio impegnata attraverso un foro oblunco della suddetta aletta e fissata nella suddetta piastra di supporto, il suddetto foro oblunco essendo sostanzialmente perpendicolare al suddetto spigolo di diedro in modo da offrire alla suddetta aletta una libertà di spostamento limitata in questa direzione rispetto alla suddetta piastra di supporto; ciascun foro ob-

lungo essendo ricoperto da un corso di fasciame di angolo un cui bordo longitudinale è fissato sulla suddetta aletta tra lo spigolo del suddetto angolare e il suddetto foro oblungho.

Secondo un'altra caratteristica dell'invenzione i suddetti elementi di parete comprendono, lungo il suddetto spigolo di diedro, delle strutture di angolo prefabbricate, ciascuna struttura di angolo comprendendo due sottostrutture concepite e disposte sostanzialmente in modo simmetrico rispetto al piano bisettore del suddetto diedro, ciascuna delle suddette sottostrutture presentando in successione nel suo spessore: una prima piastra rigida che forma il fondo della sottostruttura, fissata meccanicamente e/o incollata alla suddetta struttura portante, un primo strato di isolante termico, portato dalla suddetta piastra di fondo, una seconda piastra rigida, che ricopre sostanzialmente tutto il suddetto primo strato per realizzare, con esso e la suddetta piastra di fondo, un elemento di barriera di isolamento secondaria, un elemento di barriera di tenuta secondaria, incollato sulla suddetta seconda piastra, un secondo strato di isolante termico, che ricopre parzialmente la suddetta seconda piastra predisponendo su questa un bordo non rico-

perto dal suddetto secondo strato, e una terza piastra rigida che forma la suddetta piastra di supporto della sottostruttura e che ricopre il secondo strato di isolante termico per realizzare con esso un elemento di barriera di isolamento primario; le rispettive piastre di fondo delle suddette sottostrutture essendo rispettivamente sostanzialmente parallele alle due facce del suddetto diedro.

Preferibilmente le due alette del suddetto angolare sono fissate rispettivamente sulle piastre di supporto delle suddette due sottostrutture.

Vantaggiosamente una piastra di arresto rigida è inserita tra gli elementi di barriera di isolamento secondaria delle suddette due sottostrutture, sostanzialmente nel suddetto piano bisettore del diedro, i suddetti elementi di barriera di isolamento secondaria delle due sottostrutture comprendendo ciascuno una faccia longitudinale sostanzialmente parallela al suddetto piano bisettore e in appoggio contro la suddetta piastra di arresto.

Preferibilmente gli elementi di barriera di isolamento secondaria delle due sottostrutture di ciascuna struttura di angolo presentano una faccia tagliata sostanzialmente perpendicolarmente al suddetto piano bisettore, in modo da definire uno spa-

zio libero tra la suddetta struttura di angolo e lo spigolo del suddetto diedro della struttura portante, un foglio di materiale isolante e resistente alla trazione ricoprendo la suddetta faccia tagliata per mantenere assemblate le suddette due sottostrutture.

Vantaggiosamente ciascuna struttura di angolo comprende una falda flessibile continua, stagna rispetto al gas e al liquido, che comprende preferibilmente un foglio di alluminio sottile deformabile continuo intercalato tra due fogli di tessuto di vetro, di cui due parti di bordo sono rispettivamente fissate in modo stagno sugli elementi di barriera di tenuta secondaria delle due sottostrutture, una parte centrale della suddetta falda che attraversa il suddetto piano bisettore non essendo fissata alle suddette sottostrutture, in modo da poter assumere una curvatura variabile durante le suddette deformazioni delle strutture di angolo.

Preferibilmente una guarnizione di angolo di materiale isolante flessibile è inserita tra gli elementi di barriera di isolamento primaria delle suddette due sottostrutture e sulla suddetta falda, la suddetta guarnizione di angolo non essendo fissata alla suddetta falda.

Vantaggiosamente la struttura portante comprende dei ferri piatti metallici saldati sulla sua superficie interna parallelamente al suddetto spigolo di diedro da una parte e dall'altra di questo, la piastra di fondo di ciascuna sottostruttura di una struttura d'angolo essendo posizionata tra il suddetto spigolo di diedro e uno dei suddetti ferri piatti; il fissaggio di una struttura di angolo sulla struttura portante essendo effettuata grazie a delle viti prigioniere saldate sostanzialmente perpendicolarmente sulla superficie interna della struttura portante, le suddette viti prigioniere avendo ciascuna la loro estremità libera filettata, la disposizione delle viti prigioniere essendo realizzata in modo che le viti prigioniere si trovano tra il suddetto spigolo di diedro e i suddetti ferri piatti, in corrispondenza del suddetto bordo non ricoperto degli elementi di barriera di isolamento secondaria di ciascuna sottostruttura, un pozzo essendo ricavato in corrispondenza di ciascuna vite prigioniere attraverso la seconda piastra e il secondo strato di isolante termico di una sottostruttura, il fondo del pozzo essendo formato dalla piastra di fondo della suddetta sottostruttura e comprendendo un orifizio allungato per permettere il

passaggio di una vite prigioniera, una rondella essendo posizionata sulla vite prigioniera per poggiare sulla piastra di fondo ed essendo trattenuta da un dado avvitato sulla suddetta vite prigioniera, il suddetto orifizio allungato essendo orientato sostanzialmente perpendicolarmente al suddetto spigolo di diedro, la suddetta vite prigioniera, essendo impegnata in vicinanza dell'estremità del suddetto orifizio allungato opposta al suddetto spigolo di diedro per permettere uno spostamento limitato della suddetta piastra di fondo rispetto alla suddetta struttura portante verso il suddetto ferro piatto, un parabordo deformabile, preferibilmente di resina polimerizzabile, essendo inserito tra il suddetto ferro piatto e la suddetta piastra di fondo.

Secondo ancora un'altra caratteristica dell'invenzione i suddetti elementi di parete comprendono dei pannelli prefabbricati, ciascun pannello comprendendo in successione nel suo spessore: una prima tavola rigida che forma il fondo del pannello, fissata meccanicamente e/o incollata alla suddetta struttura portante, un primo strato di isolante termico, portato dalla suddetta piastra di fondo per realizzare con essa un elemento di bar-

riera di isolamento secondaria, un secondo strato di isolante termico, che ricopre parzialmente il suddetto primo strato predisponendo su questo un bordo non ricoperto dal suddetto secondo strato, e una seconda tavola rigida che forma la suddetta piastra di supporto del pannello e che ricopre il secondo strato di isolante termico per realizzare con esso un elemento di barriera di isolamento primaria.

Preferibilmente i suddetti elementi di parete comprendono anche delle piastrine isolanti che comprendono ciascuna uno strato di isolante termico ricoperto da una piastra rigida che forma la suddetta piastra di supporto della piastrina isolante, almeno una delle suddette piastrine isolanti essendo incollata in ciascuna zona di giunzione tra l'elemento di barriera di isolamento primaria di una sottostruttura di struttura di angolo e l'elemento di barriera di isolamento primaria di un pannello adiacente alla suddetta struttura di angolo per riempire la suddetta zona di giunzione.

Vantaggiosamente l'angolo del suddetto diedro è superiore a 90° , preferibilmente è sostanzialmente uguale a 135° .

L'invenzione sarà compresa meglio e altri scopi,

particolari, caratteristiche e vantaggi di questa appariranno più chiaramente nel corso della descrizione seguente di una forma di attuazione particolare dell'invenzione, fornita unicamente a titolo illustrativo e non limitativo, con riferimento al disegno allegato. Su questo disegno:

- la figura 1 è una vista parziale in prospettiva e in sezione del serbatoio secondo l'invenzione nella struttura portante;

- la figura 2 è una vista parziale in sezione secondo la linea II-II della figura 1 della parete del serbatoio da ciascun lato di un diedro longitudinale;

- la figura 3 è una vista parziale in prospettiva a quarto di sezione della parete del serbatoio della figura 2;

- la figura 4 è una vista parziale ingrandita di un particolare della figura 2 che è delimitato dalla cornice IV e che illustra le deformazioni della parete.

Nella figura 1 si vede la parete del doppio scafo della nave, in cui è installato il serbatoio secondo l'invenzione. Questa parete doppia forma degli scomparti definiti ciascuno da una pluralità di facce longitudinali 2 sostanzialmente piane saldate

mediante i loro bordi longitudinali, per formare globalmente una sezione di cilindro o di cono, e mediante dei tramezzi trasversali 3 alle estremità longitudinali dello scomparto. Le facce longitudinali 2 e i tramezzi trasversali 3 di uno scomparto costituiscono la struttura portante 1 del serbatoio che sarà descritto. I tramezzi trasversali 3 sono ugualmente doppi. Generalmente le facce longitudinali 2 sono disposte globalmente come un cono con curva direttrice poligonale nella parte di prua della suddetta nave (non rappresentata) e come un cilindro con curva direttrice poligonale, come è visibile nella figura 1, nel resto della nave. Ogni coppia di facce longitudinali 2 adiacenti definisce un diedro 4 il cui spigolo A coincide sostanzialmente con un cordone di saldatura 5 che assembla la coppia di facce. Come si può vedere nella figura 1, l'angolo α di ogni diedro 4 è sostanzialmente uguale a 135° , la sezione trasversale della struttura portante 1 essendo sostanzialmente ottagonale.

Come si può vedere nelle figure 2 e 3, le facce longitudinali 2 e i tramezzi trasversali 3 (non rappresentati) portano ciascuno delle viti prigioniere 6, che sono saldate su di essi perpendicolarmente e la cui estremità libera 7 è filettata. Sul-

le facce longitudinali 2 le viti prigioniere 6 sono disposte secondo delle linee longitudinali.

Si realizzano le due barriere secondarie e la barriera di isolamento primaria per mezzo di elementi di parete prefabbricati giustapposti e trattenuti sostanzialmente su tutta la superficie interna 8 della struttura portante 1. Gli elementi di parete comprendono in particolare dei pannelli 9, parzialmente visibili nelle figure 2 e 3, delle strutture di angolo 10 e delle piastrine isolanti 46 incastrate tra le strutture di angolo 10 e i pannelli 9 giustapposti.

Un pannello 9 ha sostanzialmente la forma di un parallelepipedo rettangolo; esso comprende una prima tavola 12 di compensato con spessore di 9 mm sormontata da un primo strato di isolante termico 13 a sua volta sormontato da un elemento di barriera di tenuta secondaria costituito da un nastro di triplex che comprende un foglio di alluminio 14 con spessore di 0,1 mm incollato su un primo tessuto di fibre di vetro e a sua volta parzialmente ricoperto da un secondo tessuto di fibre di vetro incollato su di esso; su questo secondo tessuto è incollato con una colla di poliuretano un secondo strato di isolante termico 15 che porta a sua volta una se-

conda tavola di compensato 16 con spessore di 12 mm. Il sottogruppo 15 a 16 costituisce un elemento di barriera di isolamento primaria e ha, visto in pianta, una forma rettangolare i cui lati sono paralleli a quelli del sottogruppo 12 a 13; i due sottogruppi hanno, visti in pianta, la forma di due rettangoli che hanno lo stesso centro, un bordo periferico 17 con larghezza costante esistendo tutto intorno al sottogruppo 15 a 16 ed essendo costituito dal bordo del sottogruppo 12 a 13. Il sottogruppo 12 a 13 costituisce un elemento di barriera di isolamento secondaria.

Il pannello 9 che è stato descritto può essere prefabbricato per costituire un insieme i cui diversi elementi costitutivi sono incollati gli uni sugli altri nella disposizione sopra indicata; questo insieme forma dunque le barriere secondarie e la barriera di isolamento primaria. Gli strati di isolante termico 13 e 15 possono essere costituiti da un materiale plastico alveolare quale una schiuma poliuretantica a cui vengono fornite delle buone proprietà meccaniche inserendovi delle fibre di vetro per rinforzarla. Tale schiuma rinforzata ha ad esempio una densità di circa 120 kg/m^3 .

Per realizzare il fissaggio dei pannelli 9 sulla

struttura portante, si prevedono, regolarmente ripartiti sui due bordi longitudinali del pannello, dei pozzi 18 che sono delle sfinestrature con sezione a forma di U, praticate nel bordo periferico 17 attraverso il foglio 14, il primo tessuto e il primo strato di isolante 13 fino alla tavola di compensato 12. Il fondo di un pozzo 18 è costituito dalla prima tavola rigida 12 del pannello 9; il fondo del pozzo 18 è perforato per formare un orifizio 19 il cui diametro è sufficiente per lasciare passare una vite prigioniera 6. Le viti prigioniere 6 e gli orifizi 19 sono disposti in modo tale che, se si porta un pannello 9 di fronte ad una faccia longitudinale 2 o ad un tramezzo trasversale 3 della struttura portante 1, si può posizionare il suddetto pannello 9 in modo che una vite prigioniera 6 si impegna in ogni orifizio 19. I pozzi 18 sono aperti sulle pareti trasversali (non rappresentate) del sottogruppo 12 a 13.

E' noto che la parete del doppio scafo di una nave presenta delle differenze rispetto alla superficie teorica prevista per la struttura portante 1 semplicemente a causa delle imprecisioni di fabbricazione. In modo noto si recuperano queste differenze disponendo in appoggio i pannelli 9 contro la

struttura portante 1 tramite dei parabordi di resina polimerizzabile 20 che permettono, a partire da una superficie interna 8 di struttura portante imperfetta, di ottenere un rivestimento costituito da pannelli 9 adiacenti che presentano delle prime tavole 12 che nel loro insieme definiscono una superficie praticamente senza differenza rispetto alla superficie teorica desiderata. I pannelli 9, i parabordi 20 e la superficie interna 8 sono incollati gli uni agli altri 1.

Quando si presentano così i pannelli 9 contro la struttura portante 1 con interposizione dei parabordi di resina 20, le viti prigioniere 6 penetrano negli orifizi 19 e si posizionano, sull'estremità filettata 7 delle viti prigioniere 6, una rondella di appoggio 22 e un dado di serraggio 23. La rondella 22 viene applicata mediante il dado 23 contro la prima tavola rigida 12 del pannello 9, al fondo del pozzo 19. Si ottiene pertanto un fissaggio di ogni pannello 9 contro la struttura portante 1 mediante una pluralità di punti ripartiti sulla periferia del pannello 9, ciò che è favorevole sul piano meccanico. Quando tale fissaggio è stato realizzato si chiudono i pozzi 19 inserendovi dei tappi 24 di materiale isolante termico, i suddetti tappi

24 affiorando al livello del primo strato di isolante termico 13 del pannello. Gli orifizi 19 hanno una sezione più larga delle viti prigioniere 6 per predisporre un gioco limitato che permette il montaggio dei pannelli 9 con le loro tolleranze proprie.

In modo noto, ad esempio dalla domanda di brevetto francese n° 9907254, i pannelli 9 sopra descritti permettono di realizzare una copertura della superficie interna di tutte le facce longitudinali 2 e di tutti i tramezzi 3 della struttura portante 1, ad eccezione delle loro zone di angolo, per formare le due barriere di isolamento e la barriera di tenuta secondaria. A questo scopo in modo noto delle piastrine isolanti adatte servono ad unire i pannelli 9 giustapposti. Il posizionamento di tale copertura non sarà dunque descritto qui di seguito. Sarà ora descritto il mezzo secondo l'invenzione per realizzare e completare tale copertura lungo gli spigoli longitudinali A della struttura portante 1.

Due ferri piatti metallici 25 vengono saldati da ciascun lato dello spigolo A di ciascun diedro 4, sostanzialmente in modo equidistante dal suddetto spigolo A e parallelamente a questo, sulla superfi-

cie interna 8 rispettivamente delle due facce longitudinali 2 che formano il suddetto diedro 4. La copertura della superficie interna 8 delle facce longitudinali 2 della struttura portante 1 mediante dei pannelli 9 si arresta all'esterno rispetto allo spigolo A del limite longitudinale fornito dai ferri piatti metallici 25. Delle strutture di angolo 10 vengono giustapposte longitudinalmente lungo ciascun spigolo A tra i due ferri piatti 25 che delimitano lo spigolo A.

Ciascuna struttura di angolo 10 ha globalmente la forma di una V il cui angolo è sostanzialmente uguale all'angolo del diedro 4 la struttura di angolo 10 comprendendo due sottostrutture 26 che formano le due alette della V. Le due sottostrutture 26 sono concepite e disposte in modo simmetrico rispetto al piano bisettore della struttura di angolo 10 e la struttura di angolo 10 è disposta a cavallo sullo spigolo A con il suo piano bisettore che coincide sostanzialmente con il piano bisettore P del diedro 4.

Ogni sottostruttura 26 comprende una prima piastra 27 di compensato con spessore di 9 mm sormontata da un primo strato di isolante termico 28, poi da una seconda piastra 29 di compensato con spesso-

re di 9 mm, a sua volta sormontata da un elemento di barriera di tenuta secondaria 30, costituito da un nastro di triplex che comprende un foglio di alluminio con spessore di circa 0,1 mm incollato su un primo tessuto di fibre di vetro e a sua volta parzialmente ricoperto da un secondo tessuto di fibre di vetro incollato su di esso; su questo elemento di barriera di tenuta secondaria 30 è incollato con una colla poliuretanica un secondo strato di isolante termico 31 che porta a sua volta una terza piastra di compensato 32 con spessore di 15 mm. Il sottogruppo 27 a 29 e il sottogruppo 31 a 32 costituiscono rispettivamente un elemento di barriera di isolamento secondario e un elemento di barriera di isolamento primaria. I due sottogruppi hanno ciascuno una forma globalmente parallelepipeda rettangola e sono sovrapposti con le loro facce parallele tra di loro. Le facce rettangolari dei due sottogruppi, che sono sostanzialmente paralleli alla faccia longitudinale 2 che sostiene la prima piastra 27, hanno i loro centri allineati su una linea sostanzialmente perpendicolare alla faccia longitudinale 2.

Alla sua estremità trasversale rivolta verso lo spigolo A l'elemento di isolamento secondario pre-

senta due facce sostanzialmente perpendicolari sporgenti, la prima 33 delle due facce essendo parallela al piano bisettore P e intersecando la seconda piastra 29 e una parte dello spessore del primo strato di isolante 28, la seconda 34 delle due facce essendo perpendicolare al piano bisettore P e intersecando il resto dello spessore del primo strato di isolante 28 e la prima piastra 27. Le facce 34 delle due sottostrutture 26 sono allineate per formare una faccia tagliata alla base della V della struttura di angolo 10. Questa faccia tagliata predispone uno spazio di drenaggio 35 con sezione sostanzialmente triangolare tra la suddetta struttura di angolo 10 e lo spigolo A del diedro 4. Un tessuto 36 isolante e resistente alla trazione, di vetro o di composito, costituito ad esempio da un foglio sottile di alluminio tra due fogli di fibre di vetro, è incollato sulla faccia tagliata formata dalle facce 34 con il suo bordo che sporge sotto le piastre 27 delle due sottostrutture 26, allo scopo di mantenere queste assemblate durante il posizionamento della struttura di angolo 10 sulla struttura portante 1.

Le facce 33 delle due sottostrutture 26 sono parallele e vengono in appoggio nella loro parte a-

diacente alle facce 34 contro le due facce di una piastra di arresto 37, sostanzialmente rettangolare e fatta di compensato con spessore di 9 mm, che è incollata sui primi strati di isolante 28 ed è posizionata sostanzialmente nel piano bisettore P. La piastra di arresto 37 ricopre solo una parte alla base delle facce 33. L'interstizio che rimane tra le due facce 33 al di sopra di essa viene riempito con un nastro isolante flessibile 38, ad esempio di lana di vetro.

Il sottogruppo 31 a 32 della sottostruttura 26 ha una sezione più piccola nel piano della faccia longitudinale 2 rispetto a quella del sottogruppo 27 a 30, di modo che un bordo periferico 39 con larghezza costante esiste sull'elemento di barriera di tenuta secondaria 30 tutto intorno al sottogruppo 31 a 32. Per realizzare la continuità della barriera di tenuta secondaria tra le due sottostrutture 26, un nastro flessibile 40 viene posizionato tra le parti del bordo 39 delle due sottostrutture 26 rivolte verso lo spigolo A. Una parte del bordo del nastro 40 è incollato in modo stagno sull'elemento di barriera di tenuta secondaria 30 di ciascuna sottostruttura 26, mentre una parte centrale del nastro 40, che attraversa il piano bi-

settore P dalla parte superiore rispetto al nastro isolante 38, non è fissata in modo che il nastro flessibile 40 possa assumere una curvatura variabile durante le deformazioni della struttura di angolo 10. Il nastro flessibile 40 è costituito da un materiale composito che comprende tre strati: i due strati esterni sono dei tessuti di fibre di vetro e lo strato intermedio è un foglio metallico sottile, ad esempio un foglio di alluminio con uno spessore di circa 0,1 mm. Questo foglio metallico realizza la continuità della barriera di tenuta secondaria; la sua flessibilità, a causa del suo piccolo spessore, gli permette di seguire le deformazioni delle sottostrutture 26 dovute alla deformazione dello scafo nel moto ondoso o al raffreddamento del serbatoio.

Le parti del bordo 39 e le facce degli elementi di isolamento primario delle due sottostrutture 26 rivolte verso il piano bisettore P delimitano uno spazio nel quale è inserita una guarnizione flessibile 41, ad esempio di schiuma poliuretanica con bassa densità, destinata ad impedire i movimenti di convezione che favorirebbero i trasferimenti di calore verso l'interno del serbatoio. La guarnizione flessibile 41 può essere incollata agli elementi di

isolamento primario ma non al nastro flessibile 40.

Un angolare metallico 42, con angolo sostanzialmente uguale all'angolo α del diedro 4, è fissato con un'aletta 43 su ciascuna delle terze piastre 32 della struttura di angolo 10 e con il suo spigolo A sostanzialmente nel piano bisettore P, parallelamente allo spigolo A, per realizzare un elemento di barriera di tenuta primaria. Ogni aletta 43 ricopre lateralmente sostanzialmente i due terzi della terza piastra 32 che la porta, la parte corrispondente della faccia superiore della terza piastra 32 presentando una lamatura per ricevere l'aletta 43 sostanzialmente al livello con il resto della terza piastra 32. Il fissaggio dell'aletta 43 sulla terza piastra 32 è realizzato mediante delle viti di fissaggio 44 allineate parallelamente allo spigolo A. Ogni vite di fissaggio 44 è impegnata in un foro oblungho 45 dell'aletta 43 orientato sostanzialmente perpendicolarmente allo spigolo A e avvitato in tutto lo spessore della terza piastra 32. Il serbatoio essendo evidentemente vuoto durante il posizionamento delle strutture di angolo 10, le viti di fissaggio 44 sono situate sostanzialmente all'estremità dei fori oblunghi 45 che è più vicina allo spigolo dell'angolare 42, per permettere, du-

rante il riempimento del serbatoio, uno spostamento limitato allontanandosi dal piano bisettore P della sottostruttura 26 relativamente all'angolare 42.

La struttura di angolo 10 che è stata descritta può essere prefabbricata per costituire un elemento di parete i cui diversi elementi costitutivi sono assemblati mediante incollaggio gli uni sugli altri nella disposizione sopra indicata. Gli strati di isolante termico 28 e 31 possono essere costituiti come quelli dei pannelli 9.

Per realizzare il fissaggio delle strutture di angolo 10 sulla struttura portante 1 sono previsti, come per i pannelli 9, dei pozzi 46 regolarmente ripartiti sui bordi longitudinali esterni delle sottostrutture 26, praticati nel bordo periferico 39 attraverso l'elemento di barriera di tenuta secondaria 30, la seconda piastra 29 e il primo strato di isolante 28 fino alla prima piastra 27. I pozzi 46 sono aperti sulle pareti trasversali (non rappresentate) del sottogruppo 27 a 30. Il fondo di un pozzo 46 è costituito dalla prima piastra 27 di una sottostruttura 26 che è perforata per formare un orifizio allungato 47, che è orientato sostanzialmente perpendicolarmente allo spigolo A e la cui larghezza è sufficiente per lasciar passare una

vite prigioniera 6. Delle viti prigioniere 6 sono disposte in modo tale che, quando si porta una struttura di angolo 10 di fronte ad un diedro 4 tra i ferri piatti 25, si può posizionare la suddetta struttura di angolo 10 in modo che una vite prigioniera 6 si impegna nell'estremità esterna rispetto allo spigolo A di ciascun orifizio allungato 47.

Come per i pannelli 9, si dispongono in appoggio le strutture di angolo 10 contro la struttura portante 1 tramite dei parabordi di resina polimerizzabile 20, che permettono, a partire da una superficie interna 8 di struttura portante 1 imperfetta, di ottenere un buon allineamento delle prime piastre 27 con le prime tavole 12 dei pannelli 9 adiacenti. Delle zeppe deformabili 50, anche in resina polimerizzabile, sono inserite tra il bordo longitudinale esterno della prima piastra 27 di ogni sottostruttura 26 e il ferro piatto 25 che si trova di fronte ad esso per posizionare la struttura di angolo 10, pur predisponendo una libertà di movimento limitata della sottostruttura 26 parallelamente alla faccia longitudinale che la porta 2 verso il suddetto ferro piatto 25, la vite prigioniera 6 potendo scorrere nell'orifizio allungato 47 durante tale spostamento. Preferibilmente la zeppa

deformabile 50 è fatta in un solo pezzo con un parabordo 20 che sostiene la prima piastra 27, in modo che la zeppa 50 è sostanzialmente a L. Le strutture di angolo 10, i parabordi 20 e la superficie interna 8 sono incollate le une alle altre.

Le strutture di angolo 10 sono trattenute sulla struttura portante 1 mediante delle rondelle di appoggio 48, con diametro superiore alla larghezza degli orifizi allungati 47, impegnate sull'estremità filettata 7 delle viti prigioniere 6 e applicate mediante dei dadi 49 contro la prima piastra 27 delle sottostrutture 26, al fondo dei pozzi 46. Quando tale fissaggio è stato realizzato, si chiudono i pozzi 46 inserendovi dei tappi 71 di materiale isolante termico, i suddetti tappi 71 affiorando al livello dell'elemento di barriera di tenuta secondaria 30 di ciascuna sottostruttura.

In ogni zona di guarnizione, che separa una sottostruttura 26 da un pannello 9 adiacente, lo spazio tra le facce longitudinali del pannello 9 e della sottostruttura 26 che si trovano di fronte da una parte e dall'altra di un ferro piatto 25, contro il quale è bloccata la sottostruttura 26, è riempito da un blocco isolante 51, ad esempio di schiuma poliuretanica rinforzata da fibra di vetro,

sostanzialmente parallelepipedo rettangolo. Il blocco isolante 51 si trova in contatto contro la suddetta faccia longitudinale della sottostruttura 26, il suo lato 53 in appoggio sulla struttura portante 1 presentando una rientranza longitudinale rettangolare 52 per ricevere il ferro piatto 25 e la zeppa deformabile 50. Le due facce della rientranza 52 sono appoggiate contro il ferro piatto 25 sulla sua faccia superiore e sulla sua faccia longitudinale opposta alla sottostruttura 26. La parte del lato 53 adiacente alla rientranza 52 si trova in appoggio sulla struttura portante 1 tramite un parabordo 20. La faccia del blocco isolante 51 opposta al suo lato 53 è sostanzialmente allineata, in un piano parallelo alla faccia longitudinale 2 della struttura portante 1, con la faccia superiore della seconda piastra 29 della sottostruttura 26 e con la faccia superiore del primo strato di isolante 13 del pannello 9.

Un materiale di isolamento termico 54, costituito ad esempio da un foglio di lana di vetro ripiegato su se stesso a forma di U, viene in seguito inserito a forza tra ogni blocco di schiuma 51 e il pannello 9 adiacente e affiora sostanzialmente nel piano delle loro facce allineate.

Tuttavia, se la continuità della barriera di isolamento secondaria è stata così ricostituita, la stessa cosa non si verifica per la continuità della barriera di tenuta secondaria formata dal foglio 14 del pannello 9 e dall'elemento di barriera di tenuta secondaria 30 della sottostruttura 26, poiché questi sono perforati in corrispondenza di ciascun pozzo rispettivamente 18 e 46. Un nastro flessibile 55, con costituzione simile al nastro flessibile 40 della struttura di angolo 10, è incollato tra il bordo periferico 17 del pannello 9 e il bordo periferico 39 della sottostruttura 26, la sua parte centrale ricoprendo ed essendo incollata sul blocco isolante 51, sul materiale di isolamento termico 54, sull'estremità trasversale dei bordi periferici 17 e 39 e sui pozzi 18 e 46. Il nastro flessibile 45 è incollato con le sue parti longitudinali di bordo da una parte sull'elemento di barriera di tenuta secondaria 30, tra il pozzo 46 e l'elemento di barriera di isolamento primaria della sottostruttura 26, dall'altra parte sul foglio di tenuta secondario 14 tra il pozzo 18 e l'elemento di barriera di isolamento primaria del pannello 9, ciò che ricostituisce la continuità della barriera di tenuta secondaria.

Tra gli elementi di barriera di isolamento primaria della sottostruttura 26 e del pannello 9 adiacente rimane allora una zona in depressione che ha sostanzialmente come profondità lo spessore della barriera di isolamento primaria e il cui fondo è formato dal nastro flessibile 55 e dai bordi periferici 17 e 39. Si riempiono queste zone di depressione disponendovi delle piastrine isolanti 56 costituite ciascuna da uno strato di isolante termico 57, con spessore sostanzialmente uguale allo spessore del secondo strato di isolante 15 del pannello 9, e da una piastra rigida di compensato 58, sostanzialmente con spessore di 12 mm. Le piastrine isolanti 56, di concezione simile alle piastrine sopra menzionate che permettono di unire due pannelli 9 giustapposti, hanno una dimensione tale che riempiono totalmente la zona in depressione. Le piastrine isolanti 56 sono incollate sui nastri 55 dal lato del loro strato di isolante 57, di modo che, dopo il loro posizionamento, la loro piastra 58 realizza una continuità tra le piastre 16 e 32 della sottostruttura 26 e del pannello 9 adiacente. Gli spigoli dello strato 57 rivolti verso il nastro 55 sono smussati per permettere l'evacuazione di un eventuale eccesso di colla durante il posizionamen-

to delle piastrine 56. Queste piastrine isolanti 56 possono avere una dimensione longitudinale più o meno grande, ma preferibilmente ridotta, per facilitare il loro posizionamento, anche nell'ipotesi di un leggero disallineamento tra la sottostruttura 26 e il pannello 9 adiacente.

Sono state così completate nello stesso tempo, mediante il posizionamento delle strutture di angolo 10 contro la struttura portante 1, la barriera di isolamento secondaria, la barriera di tenuta secondaria e la barriera di isolamento primaria. E' chiaro che la quantità di manodopera richiesta è economica. Ovviamente i diversi elementi di parete, pannelli 9, strutture di angolo 10 e piastrine isolanti 56, possono essere prefabbricati in serie in officina, ciò che migliora ancora il carattere economico di questa realizzazione.

Sulla superficie sostanzialmente continua, formata dalle tavole rigide 16 dei pannelli 9, dalle piastre rigide 58 delle piastrine isolanti 56 e dalle piastre rigide 32 delle strutture di angolo 10, la barriera di tenuta primaria viene posata per esservi trattenuta. Sulla parte della struttura portante 1 coperta da pannelli 9, ad eccezione delle zone di spigoli longitudinali A, la barriera di

tenuta primaria viene realizzata in modo noto con dei corsi di fasciame correnti 62, sostanzialmente piani, di lamiera di Invar con spessore di 0,7 mm.

In modo noto è stato previsto, al momento della fabbricazione dei pannelli 9, di ricavare nelle piastre 16 delle scanalature longitudinali 59 che hanno una sezione retta a forma di T rovesciata, l'anima della T essendo perpendicolare alla faccia delle piastre 16, che si trova di fronte all'interno del serbatoio, e le due alette della T essendo parallele alla suddetta faccia. In queste scanalature 59 si dispone un supporto di saldatura 60 costituito da un profilato a L (o a T rovesciata) che ha una sezione retta a squadra, mentre il lato maggiore della L essendo saldato ai bordi rialzati 61 dei due corsi di fasciame correnti 62 adiacenti della barriera di tenuta primaria, mentre il lato minore della L è impegnato nella parte della scanalatura 59 che è parallela al piano medio delle piastre 16. Il supporto di saldatura 60 può scorrere all'interno della scanalatura 59 che permette uno spostamento longitudinale dei corsi di fasciame correnti 62 rispetto alle piastre rigide 16 che la sostengono. Ciascuna piastra 16 di un pannello 9 comprende due scanalature 59 parallele

distanziate della larghezza di un corso di fasciame e disposte in modo simmetrico rispetto all'asse longitudinale del pannello 9. Il dimensionamento dei pannelli 9 viene realizzato in modo che la distanza tra due alette di saldatura 60 adiacenti, posizionati in due pannelli 9 adiacenti, è uguale alla larghezza di un corso di fasciame corrente 62; si possono così posizionare un corso di fasciame corrente 62 in corrispondenza della zona centrale di ciascuna piastra 16, come è visibile parzialmente nella figura 2, e un corso di fasciame corrente 62 (non rappresentato) a cavallo su due pannelli 9 adiacenti.

Secondo l'invenzione una scanalatura longitudinale 63 simile alle scanalature 59 dei pannelli 9 è anche realizzata in ciascuna piastra rigida 58 di piastrina isolante 56, sostanzialmente nel primo terzo nella direzione trasversale della piastrina 56 rispetto al pannello 9 adiacente, e un supporto di saldatura 64 simile ai supporti di saldatura 60 portati dai pannelli 9 è inserito all'interno. Un corso di fasciame corrente 62 è saldato mediante i suoi bordi longitudinali rialzati 61 sul supporto di saldatura 64 e su un supporto 60 portato dal pannello 9 sulla sua metà adiacente alla piastrina

56. Come descritto in precedenza, la barriera a tenuta primaria è realizzata, nella zona di spigolo del diedro 4, mediante l'angolare 42 della struttura di angolo 10.

Per realizzare la continuità della barriera a tenuta primaria, un'unica fila longitudinale di corsi di fasciame di angolo 65, in acciaio di Invar di 1 mm di spessore, è disposta da ogni lato dell'angolare 42; ciascun corso di fasciame di angolo 65 avendo un primo bordo longitudinale 67 saldato sul supporto 64 e il suo secondo bordo longitudinale 68 saldato sull'angolare 42. Secondo la sua direzione trasversale, ciascun corso di fasciame 65 presenta in successione: il suo primo bordo longitudinale 67 rialzato verso l'interno del serbatoio e saldato bordo contro bordo con il corso di fasciame corrente 62 sul supporto 64; una prima parte piana 69, che ricopre, senza esservi fissata, una parte della piastra rigida 58 della piastrina 56; una parte ondulata 66 che presenta tre ondulazioni sostanzialmente di uguale altezza e curvatura, che ricopre, senza esservi fissata, sostanzialmente il resto della piastra rigida 58 della piastrina 56, fino al limite con la sottostruttura 26 adiacente; una seconda parte piana 70, che ricopre,

senza esservi fissata, una parte della terza piastra 32 della suddetta sottostruttura 26 non coperta dall'angolare 42, poi sostanzialmente la prima metà dell'aletta 43, che comprende il foro oblungo 45; infine il secondo bordo longitudinale 68 del corso di fasciame di angolo 65 che è saldato sull'aletta 43 tra lo spigolo dell'angolare 42 e il foro oblungo 45.

A titolo di esempio numerico la larghezza dei corsi di fasciame correnti 62 tra due bordi rialzati è di circa 500 mm e la loro lunghezza di 40 m, cioè la lunghezza del serbatoio. La larghezza dei corsi di fasciame di angolo è leggermente superiore a quella dei corsi di fasciame correnti. Si possono prendere degli elementi di parete nelle quali lo spessore della barriera di isolante secondaria è dell'ordine di 180 mm e quello della barriera di isolante primaria è dell'ordine di 90 mm.

Il comportamento del serbatoio durante il suo riempimento, in particolare in vicinanza degli spigoli di diedri 4 della struttura portante 1, sarà ora descritto con riferimento alla figura 4. I diversi elementi che sono stati descritti in precedenza e che formano la parete del serbatoio secondo l'invenzione sono montati sulla struttura portante

1 a vuoto, ad una temperatura ambiente generalmente compresa tra 5 e 25°C e a pressione atmosferica. Durante il riempimento del serbatoio con metano liquido ad una temperatura di circa -160°C due fenomeni fisici contribuiscono a provocare delle deformazioni degli elementi di parete del serbatoio: da una parte una forza di pressione F , proporzionale all'altezza del liquido presente al di sopra di un dato punto della parete, a meno della pressione di vapore che si esercita alla superficie del liquido, si esercita perpendicolarmente sulla faccia interna di questa; dall'altra parte la parete disposta in contatto con il metano liquido si contrae termicamente su tutta la sua periferia.

Il primo fenomeno ha la conseguenza di comprimere parzialmente gli strati di isolante 13 e 15 dei pannelli 9, gli strati di isolante 57 delle piastre 56 e gli strati di isolanti 28 e 31 delle strutture di angolo 10, tutti realizzati in materiale comprimibile. L'assottigliamento della barriera di isolamento primaria e di quella secondaria del serbatoio che deriva da tale compressione ha la conseguenza di aumentare la periferia interna del serbatoio e dunque di stirare la sua barriera di tenuta primaria, questo stiramento essendo concen-

trato nelle zone di spigoli del suddetto serbatoio.

Per sopportare tale stiramento senza lacerarsi, la barriera di tenuta primaria è munita in modo noto di soffietti formati dai bordi rialzati 61 dei corsi di fasciame correnti 62 che possono allontanarsi elasticamente dai supporti di saldatura 60 ai quali i loro bordi sono saldati, in modo da aumentare localmente la dimensione trasversale dei corsi di fasciame correnti 62 sostanzialmente di 0,3 a 0,6 mm.

La pressione statica esercitata sulle due facce che formano un diedro 4 essendo sostanzialmente identica in vicinanza del suo spigolo A, come è rappresentato dalle frecce F nella figura 4, lo spostamento dell'angolare 42 si effettua globalmente in una direzione di arretramento perpendicolare allo spigolo A e sostanzialmente parallela al piano bisettore P. La contrazione H degli elementi di barriera di isolamento primaria e di quella secondaria di ciascuna sottostruttura 26 si effettua sostanzialmente perpendicolarmente alla faccia longitudinale 2 che lo porta, tra una posizione a vuoto, nella quale la piastra rigida 32 è rappresentata con linee continue nella figura 4, e una posizione a pieno carico, nella quale la suddetta piastra è

rappresentata con linee tratteggiate nella figura 4 ed è indicata con la cifra 32', e può tipicamente raggiungere $H = 3 \text{ mm}$. L'angolo β formato tra la direzione ortogonale alla faccia longitudinale 2 e il piano di settore P vale $22,5^\circ$ per un angolo di diedro α che vale 135° . L'arretramento $R = H/\cos \beta$ dell'angolare 42 nella suddetta direzione di arretramento vale dunque circa $3,24 \text{ mm}$. L'angolare è rappresentato con linee tratteggiate ed è indicato con la cifra di riferimento 42' nella sua posizione arretrata. Come conseguenza di questo arretramento si vede che lo spostamento delle estremità trasversali dell'angolare 42 relativamente alla struttura portante 1 provoca un allungamento trasversale della barriera di tenuta di $l = R \sin \beta$, su ogni faccia longitudinale 2 che forma il diedro 4, che vale sostanzialmente $l = 1,24 \text{ mm}$.

Così la deformazione dei bordi rialzati 61 è insufficiente per provocare l'allungamento trasversale necessario. Secondo l'invenzione la parte ondulata 66 dei corsi di fasciame di angolo 65 fornisce un mezzo complementare per aumentare la periferia della barriera di tenuta primaria, le ondulazioni potendo deformarsi per aumentare la dimensione trasversale del corso di fasciame di angolo 65 nei li-

miti richiesti, cioè almeno dell'allungamento 1. La rigidità della parte ondulata 66 è preferibilmente inferiore e in nessun caso superiore a quella dei bordi rialzati 61 del corso di fasciame di angolo 65, in modo da allungarsi in primo luogo e in modo predominante.

Come variante una sola ondulazione 66', rappresentata con linee tratteggiate nella figura 4, con altezza maggiore delle tre ondulazioni sopra menzionate, potrebbe essere formata nella parte ondulata 66. Tuttavia tale scelta implicherebbe che l'angolo θ , formato tra la piastra 58 e il corso di fasciame 65 alla base dell'ondulazione 66', sarebbe maggiore nel caso delle tre ondulazioni sopra menzionate. Ora un angolo θ grande aumenta il rischio che la pressione del liquido contenuto nel serbatoio provochi un pizzicamento dell'ondulazione 66' alla sua base, che provoca una trazione della barriera di tenuta primaria, in modo opposto all'effetto ricercato, come pure una possibile fessurazione dell'Invar dovuta ad una concentrazione di sollecitazione superiore al suo limite plastico di resistenza.

L'arretramento dell'angolare 42 ha anche la conseguenza di provocare lo scorrimento trasversale

della piastra 32 di ciascuna sottostruttura 26. rispetto all'aletta 43 che essa porta, sulla distanza l verso l'esterno dello spigolo A. questo scorrimento è permesso dai fori oblunghi 45 nei quali le viti di fissaggio 44 scorrono liberamente. Come è visibile nella figura 4, durante questo arretramento la testa della vite di fissaggio 44 passa da una posizione V vicina all'estremità B del foro oblungho 45, interna rispetto allo spigolo A, ad una posizione V' vicina all'estremità esterna C. La lunghezza L dei fori 45 è almeno uguale alla somma dell'allungamento L e del valore di uno spostamento della piastra 32 provocato dalla contrazione termica del nastro di triplex che forma la barriera di tenuta secondaria. Questo spostamento essendo diretto verso il centro della faccia 2 che porta ciascuna sottostruttura 26, esso si aggiunge all'allungamento l e vale ad esempio circa 1,7 mm. In totale la lunghezza L è preferibilmente sostanzialmente uguale a 3,1 mm.

Durante la compressione sopra menzionata delle sottostrutture 26, i punti di fissaggio D e E del nastro flessibile 40 sulle parti di bordo 39 si spostano di una distanza h' , sostanzialmente uguale ad una frazione della contrazione H, perpendicolar-

mente verso le facce longitudinali 2, come è indicato dalle lettere D' e E' nella figura 4. Ne deriva un aumento sostanzialmente uguale alla distanza h' del raggio di curvatura del nastro flessibile 40.

Gli orifizi allungati 47 predispongono un gioco intorno alle viti prigioniere 6 che vi sono impegnate per permettere il montaggio della struttura di angolo 10 al livello dello spigolo A del serbatoio.

Altre deformazioni della parete del serbatoio, differenti da quelle descritte in precedenza provocate dalla pressione statica del fluido contenuto nel serbatoio, possono anche essere provocate dalla pressione dinamica dovuta ai movimenti del suddetto fluido nel serbatoio, in particolare nella parte superiore del serbatoio in cui una fase vapore del suddetto fluido si trova in equilibrio con una fase liquida. Inoltre il moto ondoso può generare delle oscillazioni della superficie del suddetto liquido durante il trasporto in mare. Così la contrazione delle due sottostrutture 26 di una struttura di angolo 10 non è forzosamente sempre uguale.

Il secondo fenomeno, di contrazione termica, influisce in modo differente sulla barriera di tenuta

primaria i cui corsi di fasciame 62 e 65 di Invar, sebbene abbiano un bassissimo coefficiente di contrazione, si contraggono in modo tangibile in contatto con il gas liquefatto, e sugli elementi di barriera di isolamento primaria e di quella secondaria, il cui coefficiente di contrazione è più elevato. Questo secondo fenomeno ha da una parte la tendenza a provocare lo scorrimento delle piastre rigide 16, 58 e 32 rispetto ai corsi di fasciame 62 e 65, ciò che è permesso per il fatto che i corsi di fasciame sono posati senza essere fissati sulla superficie delle suddette piastre rigide e per il fatto che le viti di fissaggio 44 possono scorrere nei fori oblungi 45 dell'angolare 42. D'altra parte la contrazione dell'insieme degli elementi di barriera di isolamento primaria e di quella secondaria, portati da ciascuna faccia longitudinale 2 di un diedro 4, può provocare uno sforzo di trazione trasversale che contribuisce allo spostamento delle sottostrutture 26 dalla parte opposta rispetto lo spigolo A.

Benché l'invenzione sia stata descritta con riferimento ad una forma di attuazione particolare, è sicuramente evidente che essa non è assolutamente limitata da questa e che comprende tutti gli equi-

valenti tecnici dei mezzi descritti come pure le loro combinazioni se queste rientrano nell'ambito dell'invenzione.

RIVENDICAZIONI

1 - Serbatoio a tenuta stagna e termicamente isolante integrata in una struttura portante (1), in particolare di nave, la suddetta struttura portante (1) comprendendo una pluralità di facce (2) sostanzialmente piane adiacenti mediante i loro bordi longitudinali e presentando una sezione trasversale longitudinale, ogni coppia di facce (2) longitudinalmente adiacenti formando un diedro (4), il suddetto serbatoio comprendendo due barriere di tenuta successive, una di tenuta primaria (43, 65, 62) in contatto con il prodotto contenuto nella vasca e l'altra di tenuta secondaria (14, 55, 30, 40) disposta tra la suddetta barriera di tenuta primaria e la struttura portante (1), una barriera di isolamento termico primaria (12, 13, 24, 27, 28, 29, 37, 38, 51, 54, 71) essendo disposta tra queste due barriere di tenuta e una barriera di isolamento termico secondaria (15, 16, 57, 58, 31, 32, 41) essendo disposta tra la suddetta barriera di tenuta secondaria e la struttura portante (1), le barriere di isolamento e di tenuta secondarie e la barriera di isolamento primaria essendo essenzialmente formate da un insieme di elementi di parete (9, 10, 56) giustapposti sulla struttura portante (1) so-

stanzialmente su tutta la sua superficie interna (8), i suddetti elementi di parete (9, 10, 56) essendo parzialmente deformabili nel senso del loro spessore, i suddetti elementi di parete (9, 10, 56) essendo atti a sostenere e a trattenere la barriera di tenuta primaria, la suddetta barriera di tenuta primaria comprendendo dei corsi di fasciame metallici correnti (62) sostanzialmente piani, di lamie re sottili con basso coefficiente di dilatazione, i cui bordi longitudinali (61) sono rialzati verso l'interno del serbatoio, ciascun corso di fasciame corrente (62) essendo assemblato in modo stagno con almeno un corso di fasciame corrente (62) longitudinalmente adiacente, i bordi rialzati (61) adiacenti dei suddetti corsi di fasciame correnti (62) essendo saldati sulle due facce di un supporto di saldatura (60) che è trattenuto meccanicamente sui suddetti elementi di parete (9), caratterizzato dal fatto che la suddetta barriera di tenuta primaria comprende, da ciascun lato dello spigolo longitudinale (A) di almeno uno dei suddetti diedri (4), una fila longitudinale di corsi di fasciame di angolo (65) ondulati, ciascun corso di fasciame di angolo (65) avendo un primo bordo longitudinale (67), che è opposto al suddetto spigolo di diedro (A), rial-

zato verso l'interno del serbatoio e saldato su una faccia di un supporto di saldatura (64) trattenuto meccanicamente sui suddetti elementi di parete (56), il bordo longitudinale di un corso di fasciame corrente (62) longitudinalmente adiacente al suddetto corso di fasciame di angolo (65) essendo saldato sull'altra faccia del suddetto supporto di saldatura (64), ciascun corso di fasciame di angolo (65) comprendendo almeno un'ondulazione (66) tra i suoi due bordi longitudinali (67, 68), in modo da essere atto a deformarsi trasversalmente per seguire in modo elastico le eventuali deformazioni dei suddetti elementi di parete (9, 10, 56) che sostengono la suddetta barriera di tenuta primaria, le suddette deformazioni potendo essere provocate dalla pressione statica (F) o dinamica del prodotto contenuto nel suddetto serbatoio e/o dalla contrazione termica.

2 - Serbatoio secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascun corso di fasciame di angolo (65) comprende più ondulazioni, preferibilmente tre, (66) sostanzialmente con la stessa altezza oppure con la stessa altezza.

3 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che la barriera di te-

nuta primaria comprende, al livello del suddetto spigolo di diedro (A), un angolare metallico (42), con angolo sostanzialmente uguale all'angolo (α) del suddetto diedro (4), ciascun corso di fasciame di angolo (65) avendo il suo secondo bordo longitudinale (68) saldato sul suddetto angolare metallico (42).

4 - Serbatoio secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che i suddetti elementi di parete (9, 10, 56) comprendono, sulla loro faccia opposta alla suddetta struttura portante (1), delle piastre di supporto (16, 32, 58) che formano una parete sostanzialmente continua; ciascuna aletta (43) del suddetto angolare (42) essendo fissata su almeno una delle suddette piastre di supporto (32) mediante almeno una vite di fissaggio (44) impegnata attraverso un foro oblunco (45) della suddetta aletta (43) e fissata nella suddetta piastra di supporto (32), il suddetto foro oblunco (45) essendo sostanzialmente perpendicolare al suddetto spigolo di diedro (A) in modo da offrire alla suddetta aletta (43) una libertà di spostamento limitata (L) in questa direzione rispetto alla suddetta piastra di supporto (32); ciascun foro oblunco (45) essendo ricoperto da un corso di fasciame di angolo (65) un

cui bordo longitudinale (68) è fissato sulla suddetta aletta (43) tra lo spigolo del suddetto angolare (42) e il suddetto foro oblungho (45).

5 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 1 a 4, caratterizzato dal fatto che i suddetti elementi di parete comprendono, lungo il suddetto spigolo di diedro (A), delle strutture di angolo (10) prefabbricate, ciascuna struttura di angolo (10) comprendendo due sottostrutture (26) concepite e disposte sostanzialmente in modo simmetrico rispetto al piano bisettore (P) del suddetto diedro (4), ciascuna delle suddette sottostrutture (26) presentando in successione nel suo spessore: una prima piastra rigida (27) che forma il fondo della sottostruttura (26), fissata meccanicamente e/o incollata alla suddetta struttura portante (1, 2), un primo strato (28) di isolante termico portato dalla suddetta piastra di fondo, una seconda piastra rigida (29) che ricopre sostanzialmente tutto il suddetto primo strato (28) per realizzare, con esso e la suddetta piastra di fondo (27), un elemento di barriera di isolamento secondario, un elemento di barriera di tenuta secondaria (30) incollato sulla suddetta seconda piastra (29), un secondo strato (31) di isolante termico, che ricopre parzialmente la suddetta

seconda piastra (29) predisponendo su questa un bordo non ricoperto (39) dal suddetto secondo strato (31), e una terza piastra rigida (32) che forma la suddetta piastra di supporto della sottostruttura (26) e che ricopre il secondo strato (31) di isolante termico per realizzare con esso un elemento di barriera di isolamento primaria; le rispettive piastre di fondo (27) delle suddette sottostrutture (26) essendo rispettivamente sostanzialmente parallele alle due facce (2) del suddetto diedro (4).

6 - Serbatoio secondo le rivendicazioni 4 e 5 prese in combinazione, caratterizzato dal fatto che le due alette (43) del suddetto angolare (42) sono fissate rispettivamente sulle piastre di supporto (32) delle suddette due sottostrutture (26).

7 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 5 a 6, caratterizzato dal fatto che una piastra di arresto (37) rigida è inserita tra gli elementi di barriera di isolamento secondaria (27, 28, 29) delle suddette due sottostrutture (26) sostanzialmente nel suddetto piano bisettore (P) del diedro (4), i suddetti elementi di barriera di isolamento secondaria delle due sottostrutture (26) comprendendo ciascuno una faccia longitudinale (33) sostanzial-

mente parallela al suddetto piano bisettore (P) e in appoggio contro la suddetta piastra di arresto (37).

8 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 5 a 7, caratterizzato dal fatto che gli elementi di barriera di isolamento secondaria (27, 28) delle due sottostrutture (26) di ciascuna struttura di angolo (10) presentano una faccia tagliata (34) sostanzialmente perpendicolarmente al suddetto piano bisettore (P) in modo da definire uno spazio libero (35) tra la suddetta struttura di angolo (10) e lo spigolo di diedro (A) della struttura portante (1), un foglio di materiale isolante e resistente alla trazione (36) ricoprendo la suddetta faccia tagliata (34) per mantenere assemblate le suddette due sottostrutture (26).

9 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 5 a 8, caratterizzato dal fatto che ciascuna struttura di angolo (10) comprende una falda flessibile (40), continua, stagna rispetto al gas e al liquido, che comprende preferibilmente un foglio di alluminio sottile deformabile continuo intercalato tra due fogli di tessuto di vetro, le cui due parti di bordo sono rispettivamente fissate in modo stagno sugli elementi di barriera di tenuta secondaria (30)

delle due sottostrutture (26), una parte centrale della suddetta falda che attraversa il suddetto piano bisettore (P) non essendo fissata alle suddette sottostrutture (26) in modo da poter assumere una curvatura variabile durante le suddette deformazioni delle strutture di angolo (10).

10 - Serbatoio secondo un delle rivendicazioni 5 a 9, caratterizzato dal fatto che una guarnizione di angolo (41) di materiale isolante flessibile è inserita tra gli elementi di barriera di isolamento primaria (31, 32) delle suddette due sottostrutture (26) e sulla suddetta falda (40), la suddetta guarnizione di angolo non essendo fissata alla suddetta falda (40).

11 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 5 a 10, caratterizzata dal fatto che la struttura portante (1) comprende dei ferri piatti metallici (25) saldati sulla sua superficie interna (8) parallelamente al suddetto spigolo di diedro (A) da una parte e dall'altra di questo, la piastra di fondo (27) di ciascuna sottostruttura (26) di una struttura di angolo (10) essendo posizionata tra il suddetto spigolo di diedro (A) e uno dei suddetti ferri piatti (25); il fissaggio di una struttura di angolo (10) sulla struttura portante (1) essendo effet-

tuata grazie a della viti prigioniere (6) saldate sostanzialmente perpendicolarmente sulla superficie interna (8) della struttura portante (1), le suddette viti prigioniere (6) avendo ciascuna la loro estremità libera (7) filettata, la disposizione delle viti prigioniere (6) essendo realizzata in modo che le viti prigioniere (6) si trovano tra il suddetto spigolo di diedro (A) e i suddetti ferri piatti (25) in corrispondenza del suddetto bordo non ricoperto (39) degli elementi di barriera di isolamento secondaria di ciascuna sottostruttura (26), un pozzo (46) essendo ricavato in corrispondenza di ciascuna vite prigioniera (6) attraverso la seconda piastra (29) e il primo strato (28) di isolante termico di una sottostruttura (26), il fondo del pozzo essendo formato dalla piastra di fondo (27) della suddetta sottostruttura (26) e comprendendo un orifizio allungato (47) per permettere il passaggio di una vite prigioniera (6), una rondella (48) essendo posizionata sulla vite prigioniera (6) per poggiare sulla piastra di fondo (27) ed essendo trattenuta da un dado (49) avvitato sulla suddetta vite prigioniera (6), il suddetto orifizio allungato (47) essendo orientato sostanzialmente perpendicolarmente al suddetto spigolo di

diedro (A), la suddetta vite prigioniera (6) essendo impegnata in vicinanza dell'estremità del suddetto orifizio allungato (47) opposta al suddetto spigolo di diedro (A) per permettere uno spostamento limitato della suddetta piastra di fondo (27) rispetto alla suddetta struttura portante (1) verso il suddetto ferro piatto (25), un parabordo deformabile (50), preferibilmente di resina polimerizzabile, essendo inserito tra il suddetto ferro piatto (25) e la suddetta piastra di fondo (27).

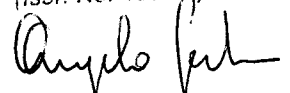
12 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 5 a 11, caratterizzato dal fatto che i suddetti elementi di parete comprendono dei pannelli (9) prefabbricati, ciascun pannello (9) comprendendo in successione nel suo spessore: una prima tavola rigida (12) che forma il fondo del pannello, fissata meccanicamente e/o incollata alla suddetta struttura portante (1), un primo strato (13) di isolante termico portato dalla suddetta piastra di fondo (12), per realizzare con essa un elemento di barriera di isolamento secondaria, un secondo strato (15) di isolante termico, che ricopre parzialmente il suddetto primo strato (13) predisponendo su questo un bordo non ricoperto (17) dal suddetto secondo strato (15), e una seconda tavola rigida (16) che forma

la suddetta piastra di supporto del pannello (9) e che ricopre il secondo strato (15) di isolante termico per realizzare con esso un elemento di barriera di isolamento primaria.

13 - Serbatoio secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che i suddetti elementi di parete comprendono anche delle piastrine isolanti (56) che comprendono ciascuna uno strato di isolante termico (57) ricoperto da una piastra rigida (58) che forma la suddetta piastra di supporto della piastrina isolante (56), almeno una delle suddette piastrine isolanti (56) essendo incollata in ciascuna zona di giunzione tra l'elemento di barriera di isolamento primaria (31, 32) di una sottostruttura (26) di struttura di angolo (10) e l'elemento di barriera di isolamento primaria (15, 16) di un pannello (9) adiacente alla suddetta struttura di angolo (10), per riempire la suddetta zona di giunzione.

14 - Serbatoio secondo una delle rivendicazioni 1 a 13, caratterizzato dal fatto che l'angolo (α) del suddetto diedro (4) è superiore a 90° , preferibilmente è sostanzialmente uguale a 135° .

Si attesta la perfetta conformità del testo che precede.





2/3

70 2001A 000 08

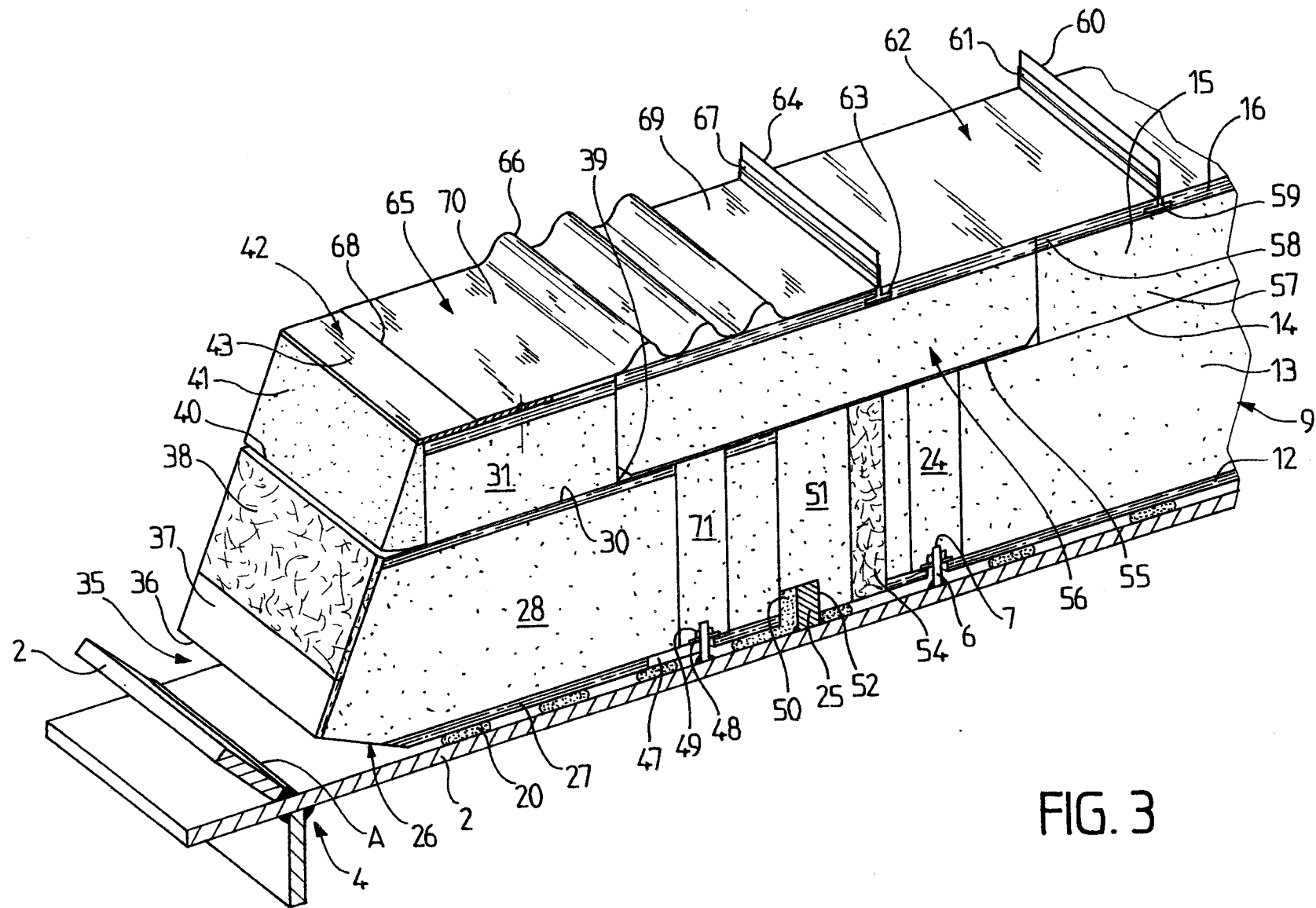


FIG. 3

3/3

10 2004A 000846

Carlo Fel

ME