



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101982900000684
Data Deposito	24/11/1982
Data Pubblicazione	24/05/1984

Priorità	P 31 47 867.0
Nazione Priorità	DE
Data Deposito Priorità	03-DEC-81

Titolo

Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito
--

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

" Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito"

della ditta Messerschmitt-Bölkow-Blohm Gesellschaft mit
beschränkter Haftung

con sede a Monaco (Rep. Fed. di Germania)

depositata il

24 NOV. 1982

24420 A/82

RIASSUNTO

Forma oggetto dell'invenzione un recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito, costituito di un recipiente interno, a tenuta di gas ovvero di liquido, e di un avvolgimento di sostegno, applicato su questo, di fibre, fili o fili metallici per scaricare la parete del recipiente interno, con una curvatura del meridiano tale da provocare l'uguaglianza delle tensioni tangenziali e meridiane costanti nella parete del recipiente interno e contemporaneamente la tensione costante dei fili nell'avvolgimento di sostegno.

L'invenzione si pone il compito di eseguire un recipiente a pressione chiuso di forma toroidale, in modo che è garantito un dimensionamento ottimale del recipiente con un peso ottimale modesto.

Cio' si ottiene secondo l'invenzione per il fatto che il recipiente a pressione di forma toroidale nell'ambito della zona equatoriale presenta un contorno esterno cilin-

drico 3 rinforzato da un avvolgimento di sostegno 6 supplementare perpendicolarmente al meridiano M.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE.

L'invenzione si riferisce ad un recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito conformemente alla parte introduttiva della rivendicazione 1.

Recipienti a pressione di materiale composito, ad esempio fibre di vetro, di carbonio o similari impregnate di resina presentano sempre un recipiente interno a tenuta di gas o di liquido, che è armato con un avvolgimento di sostegno costituito di fibre, fili o fili metallici. Questo avvolgimento di sostegno scarica il recipiente interno, cosicchè le pressioni agenti complessivamente sul recipiente vengono sostenute in parte dal recipiente interno ed'altro canto dall'avvolgimento di sostegno. Recipienti di tale tipo verranno indicati in seguito come ottimali quando il contorno del recipiente a pressione presenta una curvatura del meridiano, tale che vengono mantenute uguali le tensioni di tangenziali e meridiane costanti nella parete del recipiente interno e contemporaneamente viene mantenuta costante la tensione dei fili dell'avvolgimento di sostegno. L'uguaglianza della tensione tangenziale e meridiana permette di sfruttare pienamente la portanza del materiale impiegato per il recipiente interno.

Il soddisfacimento di questa condizione di tensione

- 3 -

per il recipiente interno non dotato di avvolgimento porta a recipienti sferiformi ed a speciali zone toroidali di curvatura non costante. Questi recipienti ottimali hanno un peso pari ad una volta e mezzo l'energia massima immagazzinabile, ossia la pressione moltiplicata per il volume, riferito dalla lunghezza di rottura del materiale impiegato.

Particolarmente grandi sono le lunghezze di rottura^{os} nel caso di fili metallici, fili e fibre, sia elementi costruttivi che possono sostenere le tensioni in soltanto una direzione, ossia la direzione longitudinale. Se si produce un recipiente mediante avvolgimento di un nucleo, si ottengono recipienti a pressione di leggerezza ottimale, quando la curvatura del meridiano viene scelta in modo che i fili, fibre o fili metallici, che si estendono secondo linee geodetiche, in ogni punto possiedono la stessa tensione e viene quindi pienamente sfruttata la portanza del materiale in fibre, in fili o fili metallici.

Le forme di recipienti che soddisfano a questa condizione sono il cilindro e recipienti tubolari di diametro periodicamente variabile, nonché zone toroidali con curvatura non costante del meridiano. Il peso di tali recipienti avvolti, di leggerezza ottimale, è pari al triplo dell'energia massima immagazzinabile riferita alla lunghezza di rottura del materiale impiegato.

Nel caso dell'avvolgimento naturalmente si aggiunge

anche una percentuale di peso supplementare per il legante impiegato, così ad esempio un composto a base di resina, per unire fra di loro i fili. Questa percentuale di peso risulta particolarmente elevata quando il filo viene impiegato rispettivamente in vicinanza delle cappe polari (avvolgimento incrociato) e risulta quindi particolarmente bassa quando tutti i fili sono paralleli (ad esempio avvolgimento cilindrico perpendicolarmente al meridiano). L'avvolgimento incrociato è superfluo nel caso di avvolgimento di recipienti toroidali.

Impiegando la tecnica di avvolgimento si devono superare due difficoltà fondamentali:

- 1) ogni tipo di avvolgimento lascia una zona rientrante attorno alle cappe polari del recipiente. Quando i materiali, indicati in seguito unicamente come fili, vengono avvolti in direzione del meridiano, tutti i fili che attraversano l'equatore si incrociano nel polo. Perciò sono sempre necessari particolari elementi costruttivi supplementari, così ad esempio bocchettone e coperchio per le cappe polari. Questo problema viene a mancare nel caso di recipienti a pressione toroidali.
- 2) Unicamente i recipienti avvolti senza recipiente interno sono a tenuta di liquido o di gas soltanto nel caso di pressioni relativamente modeste. Per questo motivo o si avvolge il recipiente sul nucleo, che viene asportato mediante lavaggio una volta terminato il processo di produzione e attraverso un bocchettone di riempimento si inserisce quindi una bolla di

gomma; tuttavia nel caso di recipienti a pressione toroidali non è possibile la successiva introduzione di una bolla di gomma. Inoltre esiste la possibilità di avvolgere l'avvolgimento sul recipiente interno che rimane nel recipiente a pressione, rappresenta contemporaneamente il nucleo di avvolgimento ed effettua quindi la chiusura a tenuta.

Impiegando un recipiente interno come nucleo portante per l'avvolgimento di sostegno si deve curare affinché il materiale del recipiente interno ed il materiale di avvolgimento abbiano gli stessi allungamenti assoluti, ossia affinché per entrambi i materiali stiano nello stesso rapporto la tensione ed il modulo di elasticità. Pertanto nel caso normale si può pienamente sfruttare solo la lunghezza di rottura del materiale di avvolgimento oppure la lunghezza del recipiente interno.

Se si intende sfruttare pienamente ad esempio l'elevata resistenza delle fibre di carbonio, non è possibile sfruttare contemporaneamente per il recipiente interno l'elevata lunghezza di rottura, ad esempio del titanio. Per questo motivo è opportuno sostenere una percentuale il più possibile elevata della sollecitazione di pressione mediante l'avvolgimento e corrispondentemente solo una piccolissima percentuale mediante il recipiente interno.

Esiste ora la possibilità dell'avvolgimento ottimale di recipienti ottimali, in quanto la forma del recipiente mediante adeguato dimensionamento della curvatura del meri-

diano viene scelta in modo che la pressione di sostegno, che l'avvolgimento esercita sul recipiente interno sollecitato, è costante non indipendentemente dal raggio del recipiente, ma provoca una determinata distribuzione non uniforme della pressione sul raggio del recipiente, e precisamente in modo tale che la forma scelta del recipiente è contemporaneamente la forma ottimale del recipiente per il serbatoio interno, sollecitato in maniera disuniforme, e la forma ottimale del recipiente per l'avvolgimento esterno sollecitato in maniera disuniforme. Questa combinazione di serbatoio interno ed avvolgimento di sostegno avrebbe un allungamento assolutamente uguale in ogni direzione e in ogni punto. Sia il materiale del serbatoio interno, nonché il materiale dell'avvolgimento vengono portati ad agire pienamente, qualora ciò sia consentito dall'uguaglianza di allungamento dell'avvolgimento e del recipiente interno.

Il principio di dimensionamento menzionato nel caso di elevata percentuale di carico nell'avvolgimento e nel caso di modesta percentuale di carico nel recipiente interno porta a zone toroidali di curvatura del meridiano non costante, che però non portano ad un meridiano chiuso in sé stesso. Parimenti sarebbe da adottare il principio di dimensionamento sul recipiente avente la forma di un toro chiuso. L'inconveniente di questo recipiente di per sé ottimale consiste nel fatto che la distribuzione del carico fra recipiente interno

ed avvolgimento di sostegno esterno limita il dimensionamento.

Così ad esempio non è possibile sfruttare l'elevatissima lunghezza

di rottura delle fibre di carbonio oltre una determinata

misura, poichè in tal caso una parte sostanziale del carico

dovrebbe essere sostenuta forzatamente dal recipiente interno.

L'invenzione si pone il compito di eseguire un recipiente a pressione chiuso di forma toroidale, in modo che è garantito un dimensionamento ottimale del recipiente con un peso modesto ottimale.

Questo problema è risolto secondo l'invenzione mediante le caratteristiche indicate nella parte caratterizzante della rivendicazione 1.

Con l'invenzione vengono sfruttate le caratteristiche di per sé vantaggiose di recipienti toroidali chiusi, e tuttavia vengono contemporaneamente ampliate le possibilità per la costruzione di recipienti a pressione, in quanto il contorno esterno del recipiente altrimenti toroidale nella zona equatoriale viene eseguito come cilindro. Le tensioni tangenziali supplementari da ^{cio'} dipendenti, in questa zona, vengono sostenute da un semplice avvolgimento tondo supplementare perpendicolarmente al meridiano del recipiente a pressione.

In tal modo con l'invenzione viene reso possibile un recipiente estremamente leggero sfruttando pienamente l'elevata lunghezza di rottura del materiale in fibre con modesta percentuale di leganti e senza pesanti bocchettoni in corri-

spondenza delle cappe polari. Inoltre vengono evitati i problemi che si hanno per le altre^r forme di recipienti relativamente ad una concentrazione dei fili in corrispondenza delle cappe polari. La percentuale di carico dell'avvolgimento di sostegno esterno rispetto alla percentuale di carico che va sostenuta dal recipiente interno con una modalità costruttiva secondo l'invenzione può essere scelta maggiore di quanto finora possibile, e precisamente indipendentemente dalle precedenti limitazioni precedentemente menzionate.

Un recipiente a pressione di questo genere potrebbe essere invero prodotto anche con una pura tecnica di avvolgimento, tuttavia dopo aver fatto il nucleo di avvolgimento non si può introdurre alcun recipiente interno, ad esempio nella forma di una bolla di gomma.

Nel caso di un recipiente composto di recipiente interno ed avvolgimento di sostegno il recipiente interno anch'esso portante e pienamente adattato per quanto riguarda le dilatazioni espleta in particolare le funzioni del nucleo di avvolgimento e della chiusura a tenuta. Sul recipiente interno agisce ad esempio una percentuale di carico di circa il 20 % dell'intera percentuale di carico, mentre il rimanente 80% viene preso dall'avvolgimento di sostegno esterno.

Gli attacchi per il riempimento e lo svuotamento e, oppure per il fissaggio e la manipolazione del recipiente a pressione possono essere disposti ad esempio su una o più

ordinate rinforzate, che fra due meridiani vicini sostituiscono l'avvolgimento in direzione del meridiano. E' parimenti possibile disporre questi attacchi in corrispondenza di occhielli di rinforzo, opportunamente nella zona di piccola densità di fili sul bordo della zona equatoriale cilindrica, laddove in tale caso l'avvolgimento del meridiano ~~è~~ in corrispondenza di spallamenti, sporgenti verso l'esterno, di questi occhielli di rinforzo viene convertito in un avvolgimento incrociato che lungo il sostituisce l'avvolgimento ~~del~~ meridiano in questa zona. Un'ulteriore possibilità consiste nella disposizione di orecchi di rinforzo, attorno ai quali viene collocato l'avvolgimento del meridiano.

Ulteriori esecuzioni e vantaggi risultano dalle sottorivendicazioni in combinazione con la seguente descrizione, in cui l'invenzione è illustrata più dettagliatamente in base al disegno.

In particolare:

la figura 1 mostra una vista prospettica di un recipiente a pressione di forma toroidale secondo l'invenzione,

la figura 2 mostra una sezione attraverso il recipiente a pressione ~~in base alla~~ figura 1 nel piano del meridiano,

la figura 3 mostra una vista prospettica di un secondo esempio di realizzazione per un recipiente a pressione di forma toroidale, secondo l'invenzione,

la figura 4 mostra una vista parziale prospettica, nella sezione secondo il piano meridiano, di un recipiente a pressione per rappresentare la posizione di attacchi per riempire/svuotare e per la manipolazione.

Un recipiente a pressione 1 di forma toroidale nella propria zona laterale e nella propria zona interna ha la forma di un toro chiuso 2, mentre la zona equatoriale è eseguita a guisa di un cilindro 3. Il raccordo fra le due zone avviene con un salto di curvatura, come risulta dal disegno della sezione trasversale in figura 2.

Il recipiente a pressione 1 presenta un recipiente interno 4 leggero, pure di forma toroidale. Su questo recipiente interno sono applicati avvolgimenti di sostegno 5 e 6, ad esempio ⁱⁿ fibre di carbonio, che vengono tenuti insieme con un legante a base di resina. L'avvolgimento di sostegno 5 si estende unicamente in direzione del meridiano M. Su questo avvolgimento meridiano 5 nella zona del cilindro 3 viene applicato l'avvolgimento di sostegno 6, i cui avvolgimenti si estendono perpendicolarmente al meridiano nel piano equatoriale, come è indicato in figura 1 mediante la freccia E.

Il materiale del recipiente interno e dell'avvolgimento di sostegno presenta un accordo reciproco tale che entrambi sotto le sollecitazioni risultanti presentano uguale allungamento assoluto. Il recipiente interno è di costruzione assai leggera e sostanzialmente dovrà presentare solo una re-

sistenza che lo rende adatto come nucleo di avvolgimento per gli avvolgimenti di sostegno 5 e 6.

Per quanto riguarda questo recipiente a pressione, la pressione di sostegno, che gli avvolgimenti di sostegno 5 e 6 esercitano sul recipiente interno sollecitato 4, non è più costante indipendentemente dal raggio del recipiente; anzi in questo caso viene provocata una determinata distribuzione disuniforme della pressione sul raggio del recipiente. La forma scelta del recipiente è una forma ottimale per il serbatoio interno sottoposto a sollecitazione disuniforme, ed anche una forma ottimale di recipiente per gli avvolgimenti di sostegno esterni 5 e 6 sottoposti a sollecitazioni disuniformi.

Nella zona puramente toroidale 2 vengono sfruttati i vantaggi di recipienti toroidali chiusi per quanto riguarda l'avvolgimento; in particolare non si verificano nemmeno eccessive concentrazioni di avvolgimenti con elevata percentuale di legante.

Le tensioni tangenziali supplementari, dipendenti dall'esecuzione cilindrica nella zona equatoriale, vengono sostenute dall'avvolgimento di sostegno 6 che si estende perpendicolarmente alla direzione del meridiano. Una tale costruzione è ottenibile in maniera assai facile e presenta allungamento assolutamente uniforme in ogni direzione e in ogni punto. Le tensioni tangenziali e meridiane nella ^{pa}rete del recipiente interno sollecitato sono in particolare costanti e contemporaneamente è costante la tensione dei fili negli avvolgimenti di sostegno.

Le elevate lunghezze di rottura di materiali in fibre, così ad esempio fibre di carbonio, possono essere sfruttate in maniera ottimale con una tale forma del recipiente.

Il recipiente a pressione mostrato in figura 1 presenta anche più attacchi 7, ad esempio per il fissaggio nonché il riempimento ovvero lo svuotamento del recipiente a pressione. Questi attacchi sono disposti su ordinate 4 storinate, forzate, che abbracciano il recipiente interno 4 una delle quali è mostrata in figura 1. Di regola un recipiente presenterà una o due ordinate. Queste ordinate, rinforzate rispetto all'avvolgimento di sostegno 5, sostituiscono l'avvolgimento di sostegno 5 fra i due meridiani delimitanti l'ordinata e sono sempre esse stesse eseguite come corpi di avvolgimento nell'ambito dell'avvolgimento di sostegno 5. In particolare è possibile anche una produzione con materiale in stuoie o similare. Nell'ordinata otto sono corrispondentemente ricavati gli attacchi 7.

Nella figura 3 è rappresentato un recipiente a pressione 1' di forma toroidale, che ad eccezione delle zone contenenti gli attacchi 7' è prodotto nella stessa maniera del recipiente a pressione secondo la figura 1. Il recipiente a pressione toroidale presenta di nuovo un recipiente interno, che è avvolto con un avvolgimento di sostegno 5' in direzione meridiana M e nella sua zona cilindrica 3' è avvolto con un avvolgimento di sostegno 6' perpendicolare

al meridiano. Gli attacchi 7' sono disposti nella zona di modesta densità delle fibre, ossia nella zona limite fra l'avvolgimento di sostegno 5' e l'avvolgimento di sostegno 6' e sono qui inseriti rispettivamente in un occhiello di rinforzo 8. L'avvolgimento di sostegno 5', che si estende altrimenti nella direzione meridiana M, fra i due attacchi 7', qui mostrati, in corrispondenza degli spallamenti di questi occhielli di rinforzo 9, che sporgono verso l'esterno, è convertito in un avvolgimento in crociato 10, che sostituisce l'avvolgimento 5' lungo il meridiano nella zona di alloggiamento 11 per gli occhielli di rinforzo e gli attacchi.

In figura 4 è rappresentata una parte di un ulteriore recipiente a pressione 1", che presenta un recipiente interno toroidale 4", la cui zona equatoriale è eseguita come superficie cilindrica periferica. Il recipiente interno 4" è avvolto con un avvolgimento di sostegno 5" in direzione meridiana e, nella sua zona equatoriale cilindrica, è avvolto con un avvolgimento di sostegno 6" che si estende perpendicolarmente al meridiano. Per l'applicazione di attacchi, come una apertura di riempimento 12 qui solo accennata, sul recipiente interno 4" nella zona di raccordo fra toro e cilindro viene applicato un tubo di rinforzo 13, che contiene l'attacco desiderato, si trova fra rispettivamente fra due meridiani vicini e viene avvolto con i fili dell'avvolgimento di sostegno meridionale 5". Questo elemento di raccordo 13 può essere ad esempio un pezzo in me-

tallo leggero di alluminio o similare dotato di corrispondenti fori.

RIVENDICAZIONI

1.- Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito, costituito di un recipiente interno a tenuta di gas ovvero di liquido e di un avvolgimento di sostegno, applicato su questo, in fibre, fili o fili metallici, per scaricare la parete del recipiente interno, con una curvatura del meridiano tale da produrre l'uguaglianza delle tensioni tangenziali e meridiane costanti nella parete del recipiente interno e contemporaneamente la tensione costante del filo nell'avvolgimento di sostegno, caratterizzato dal fatto che il recipiente a pressione (1) toroidale nella zona equatoriale presenta un contorno esterno cilindrico (3) rinforzato mediante un aggiuntivo avvolgimento di sostegno (6) perpendicolarmente al meridiano (M).

2.- Recipiente a pressione secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che gli avvolgimenti di sostegno (5,6) in primo luogo nella zona arcuata (2) del recipiente a pressione si estendono esclusivamente in direzione del meridiano (M) ed in secondo luogo nella zona del cilindro 3 si estendono aggiuntivamente anche perpendicolarmente al meridiano.

3.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che attacchi (7) per riempire^e e svuotare e, oppure per il fissaggio e la manipolazione del reci-

piante a pressione (1) sono disposti su una o più ordinate rinforzate (8), che fra due rispettivi meridiani vicini sostituiscono l'avvolgimento di sostegno (5) in direzione del meridiano (M).

4.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che per alloggiare attacchi (7') per riempire e svuotare e, oppure fissare e manipolare il recipiente a pressione, rispettivamente due o più occhielli di rinforzo od orecchi di rinforzo (9) sono disposti in una zona meridiana (11), nonché dal fatto che l'avvolgimento di sostegno (5'), che si estende in direzione del meridiano (M), in corrispondenza degli spallamenti di questi occhielli di rinforzo, sporgenti verso l'esterno, è convertito in un avvolgimento incrociato (10) sostituyente l'avvolgimento (5') lungo il meridiano in questa zona (11).

5.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che gli attacchi per riempire e svuotare e, oppure fissare e manipolare il recipiente sono disposti su uno o più orecchi rinforzati, che si trovano fra rispettivamente due vicini meridiani e sono avvolti anch'essi dall'avvolgimento di sostegno (5'').

6.- Recipiente a pressione secondo una delle rivendicazioni 4 e 5, caratterizzato dal fatto che gli occhielli di rinforzo od orecchi di rinforzo (9) sono disposti nella zona di piccola densità dei fili sul bordo della zona equatoriale cilindrica (3)

Ufficiale Rogante
(Idilio Russo)



"Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito"

RIVENDICAZIONI

1.- Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito, costituito di un recipiente interno a tenuta di gas ovvero di liquido e di un avvolgimento di sostegno, applicato su questo, in fibre, fili o fili metallici, per scaricare la parete del recipiente interno, con una curvatura del meridiano tale da produrre l'uguaglianza delle tensioni tangenziali e meridiane costanti nella parete del recipiente interno e contemporaneamente la tensione costante del filo nell'avvolgimento di sostegno, caratterizzato dal fatto che il recipiente a pressione (1) toroidale nella zona equatoriale presenta un contorno esterno cilindrico (3) rinforzato mediante un aggiuntivo avvolgimento di sostegno (6) perpendicolarmente al meridiano (M).

2.- Recipiente a pressione secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che gli avvolgimenti di sostegno (5) (6) in primo luogo nella zona arcuata (2) del recipiente a pressione si estendono esclusivamente in direzione del meridiano (M) ed in secondo luogo nella zona del cilindro 3 si estendono aggiuntivamente anche perpendicolarmente al meridiano.

3.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che attacchi (7) per riempire e svuotare e, oppure per il fissaggio e la manipolazione del reci-

piante a pressione (1) sono disposti su una o più ordinate rinforzate (8), che fra due rispettivi meridiani vicini sostituiscono l'avvolgimento di sostegno (5) in direzione del meridiano (M).

4.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che per alloggiare attacchi (7') per riempire e svuotare e, oppure fissare e manipolare il recipiente a pressione, rispettivamente due o più occhielli di rinforzo od orecchi di rinforzo (9) sono disposti in una zona meridiana (11), nonché dal fatto che l'avvolgimento di sostegno (5'), che si estende in direzione del meridiano (M), in corrispondenza degli spallamenti di questi occhielli di rinforzo, sporgenti verso l'esterno, è convertito in un avvolgimento incrociato (10) sostituyente l'avvolgimento (5') lungo il meridiano in questa zona (11).

5.- Recipiente a pressione secondo le rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che gli attacchi per riempire e svuotare e, oppure fissare e manipolare il recipiente sono disposti su uno o più orecchi rinforzati, che si trovano fra rispettivamente due vicini meridiani e sono avvolti anch'essi dall'avvolgimento di sostegno (5").

6.- Recipiente a pressione secondo una delle rivendicazioni 4 e 5, caratterizzato dal fatto che gli occhielli di rinforzo od orecchi di rinforzo (9) sono disposti nella zona di piccola densità dei fili sul bordo della zona equatoriale cilindrica (3).

"Recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito"

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

L'invenzione si riferisce ad un recipiente a pressione di forma toroidale in materiale composito conformemente alla parte introduttiva della rivendicazione 1.

Recipienti a pressione di materiale composito, ad esempio fibre di vetro, di carbonio o similari impregnate di resina presentano sempre un recipiente interno a tenuta di gas o di liquido, che è armato con un avvolgimento di sostegno costituito di fibre, fili o fili metallici. Questo avvolgimento di sostegno scarica il recipiente interno, cosicchè le pressioni agenti complessivamente sul recipiente vengono sostenute in parte dal recipiente interno ed'altro canto dall'avvolgimento di sostegno. Recipienti di tale tipo verranno indicati in seguito come ottimali quando il contorno del recipiente a pressione presenta una curvatura del meridiano, tale che vengono mantenute uguali le tensioni tangenziali e meridiane costanti nella parete del recipiente interno e contemporaneamente viene mantenuta costante la tensione dei fili dell'avvolgimento di sostegno. L'uguaglianza della tensione tangenziale e meridiana permette di sfruttare pienamente la portanza del materiale impiegato per il recipiente interno.

Il soddisfacimento di questa condizione di tensione

per il recipiente interno non dotato di avvolgimento porta a recipienti sferiformi ed a speciali zone toroidali di curvatura non costante. Questi recipienti ottimali hanno un peso pari ad una volta e mezzo l'energia massima immagazzinabile, ossia la pressione moltiplicata per il volume, riferito alla lunghezza di rottura del materiale impiegato.

Particolarmente grandi sono le lunghezze di rottura nel caso di fili metallici, fili e fibre, ^{os} sia elementi costruttivi che possono sostenere le tensioni in soltanto una direzione, ossia la direzione longitudinale. Se si produce un recipiente mediante avvolgimento di un nucleo, si ottengono recipienti a pressione di leggerezza ottimale, quando la curvatura del meridiano viene scelta in modo che i fili, fibre o fili metallici, che si estendono secondo linee geodetiche, in ogni punto possiedono la stessa tensione e viene quindi pienamente sfruttata la portanza del materiale in fibre, in fili o fili metallici.

Le forme di recipienti che soddisfano a questa condizione sono il cilindro e recipienti tubolari di diametro periodicamente variabile, nonché zone toroidali con curvatura non costante del meridiano. Il peso di tali recipienti avvolti, di leggerezza ottimale, è pari al triplo dell'energia massima immagazzinabile riferita alla lunghezza di rottura del materiale impiegato.

Nel caso dell'avvolgimento naturalmente si aggiunge

anche una percentuale di peso supplementare per il legante impiegato, così ad esempio un composto a base di resina, per unire fra di loro i fili. Questa percentuale di peso risulta particolarmente elevata quando il filo viene impiegato rispettivamente in vicinanza delle cappe polari (avvolgimento incrociato) e risulta quindi particolarmente bassa quando tutti i fili sono paralleli (ad esempio avvolgimento cilindrico perpendicolarmente al meridiano). L'avvolgimento incrociato è superfluo nel caso di avvolgimento di recipienti toroidali.

Impiegando la tecnica di avvolgimento si devono superare due difficoltà fondamentali:

- 1) ogni tipo di avvolgimento lascia una zona rientrante attorno alle cappe polari del recipiente. Quando i materiali, indicati in seguito unicamente come fili, vengono avvolti in direzione del meridiano, tutti i fili che attraversano l'equatore si incrociano nel polo. Perciò sono sempre necessari particolari elementi costruttivi supplementari, così ad esempio bocchettone e coperchio per le cappe polari. Questo problema viene a mancare nel caso di recipienti a pressione toroidali.
- 2) Unicamente i recipienti avvolti senza recipiente interno sono a tenuta di liquido o di gas soltanto nel caso di pressioni relativamente modeste. Per questo motivo o si avvolge il recipiente sul nucleo, che viene asportato mediante lavaggio una volta terminato il processo di produzione e attraverso un bocchettone di riempimento si inserisce quindi una bolla di

gomma; tuttavia nel caso di recipienti a pressione toroidali non è possibile la successiva introduzione di una bolla di gomma. Inoltre esiste la possibilità di avvolgere l'avvolgimento sul recipiente interno che rimane nel recipiente a pressione, rappresenta contemporaneamente il nucleo di avvolgimento ed effettua quindi la chiusura a tenuta.

Impiegando un recipiente interno come nucleo portante per l'avvolgimento di sostegno si deve curare affinché il materiale del recipiente interno ed il materiale di avvolgimento abbiano gli stessi allungamenti assoluti, ossia affinché per entrambi i materiali stiano nello stesso rapporto la tensione ed il modulo di elasticità. Pertanto nel caso normale si può pienamente sfruttare solo la lunghezza di rottura del materiale di avvolgimento oppure la lunghezza del recipiente interno. Se si intende sfruttare pienamente ad esempio l'elevata resistenza delle fibre di carbonio, non è possibile sfruttare contemporaneamente per il recipiente interno l'elevata lunghezza di rottura, ad esempio del titanio. Per questo motivo è opportuno sostenere una percentuale il più possibile elevata della sollecitazione di pressione mediante l'avvolgimento e corrispondentemente solo una piccolissima percentuale mediante il recipiente interno.

Esiste ora la possibilità dell'avvolgimento ottimale di recipienti ottimali, in quanto la forma del recipiente mediante adeguato dimensionamento della curvatura del meri-

diano viene scelta in modo che la pressione di sostegno, che l'avvolgimento esercita sul recipiente interno sollecitato, è costante non indipendentemente dal raggio del recipiente, ma provoca una determinata distribuzione non uniforme della pressione sul raggio del recipiente, e precisamente in modo tale che la forma scelta del recipiente è contemporaneamente la forma ottimale del recipiente per il serbatoio interno, sollecitato in maniera disuniforme, e la forma ottimale del recipiente per l'avvolgimento esterno sollecitato in maniera disuniforme. Questa combinazione di serbatoio interno ed avvolgimento di sostegno avrebbe un allungamento assolutamente uguale in ogni direzione e in ogni punto. Sia il materiale del serbatoio interno, nonchè il materiale dell'avvolgimento vengono portati ad agire pienamente, qualora ciò sia consentito dall'uguaglianza di allungamento dell'avvolgimento e del recipiente interno.

Il principio di dimensionamento menzionato nel caso di elevata percentuale di carico nell'avvolgimento e nel caso di modesta percentuale di carico nel recipiente interno porta a zone toroidali di curvatura del meridiano non costante, che però non portano ad un meridiano chiuso in sé stesso. Parimenti sarebbe da adottare il principio di dimensionamento sul recipiente avente la forma di un toro chiuso. L'inconveniente di questo recipiente di per sé ottimale consiste nel fatto che la distribuzione del carico fra recipiente interno

ed avvolgimento di sostegno esterno limita il dimensionamento. Così¹ ad esempio non è possibile sfruttare¹ elevatissima lunghezza di rottura delle fibre di carbonio oltre una determinata misura, poichè in tal caso una parte sostanziale del carico dovrebbe essere sostenuta forzatamente dal recipiente interno.

L'invenzione si pone il compito di eseguire un recipiente a pressione chiuso di forma toroidale, in modo che è garantito un dimensionamento ottimale del recipiente con un peso modesto ottimale.

Questo problema è risolto secondo l'invenzione mediante le caratteristiche indicate nella parte caratterizzante della rivendicazione 1.

Con l'invenzione vengono sfruttate le caratteristiche di per sé vantaggiose di recipienti toroidali chiusi, e tuttavia vengono contemporaneamente ampliate le possibilità per la costruzione di recipienti a pressione, in quanto il contorno esterno del recipiente altrimenti toroidale nella zona equatoriale viene eseguito come cilindro. Le tensioni tangenziali supplementari ^{cio'} da σ dipendenti, in questa zona, vengono sostenute da un semplice avvolgimento tondo supplementare perpendicolarmente al meridiano del recipiente a pressione.

In tal modo con l'invenzione viene reso possibile un recipiente estremamente leggero sfruttando pienamente l'elevata lunghezza di rottura del materiale in fibre con modesta percentuale di leganti e senza pesanti bocchettoni in corri-

spondenza delle cappe polari. Inoltre vengono evitati i problemi che si hanno per le alte forme di recipienti relativamente ad una concentrazione dei fili in corrispondenza delle cappe polari. La percentuale di carico dell'avvolgimento di sostegno esterno rispetto alla percentuale di carico che va sostenuta dal recipiente interno con una modalità costruttiva secondo l'invenzione può essere scelta maggiore di quanto finora possibile, e precisamente indipendentemente dalle precedenti limitazioni precedentemente menzionate.

Un recipiente a pressione di questo genere potrebbe essere davvero prodotto anche con una pura tecnica di avvolgimento, tuttavia dopo aver tolto il nucleo di avvolgimento non si può introdurre alcun recipiente interno, ad esempio nella forma di una bolla di gomma.

Nel caso di un recipiente composto di recipiente interno ed avvolgimento di sostegno il recipiente interno anch'esso portante e pienamente adattato per quanto riguarda le dilatazioni espleta in particolare le funzioni del nucleo di avvolgimento e della chiusura a tenuta. Sul recipiente interno agisce ad esempio una percentuale di carico di circa il 20 % dell'intera percentuale di carico, mentre il rimanente 80% viene preso dall'avvolgimento di sostegno esterno.

Gli attacchi per il riempimento e lo svuotamento e, oppure per il fissaggio e la manipolazione del recipiente a pressione possono essere disposti ad esempio su una o più

ordinate rinforzate, che fra due meridiani vicini sostituiscono l'avvolgimento in direzione del meridiano. E' parimenti possibile disporre questi attacchi in corrispondenza di occhielli di rinforzo, opportunamente nella zona di piccola densità di fili sul bordo della zona equatoriale cilindrica, laddove in tale caso l'avvolgimento del meridiano ~~per~~ in corrispondenza di spallamenti, sporgenti verso l'esterno, di questi occhielli di rinforzo viene convertito in un avvolgimento incrociato che sostituisce l'avvolgimento ^{lungo} ~~il~~ meridiano in questa zona. Un'ulteriore possibilità consiste nella disposizione di orecchi di rinforzo, attorno ai quali viene collocato l'avvolgimento del meridiano.

Ulteriori esecuzioni e vantaggi risultano dalle sottorivendicazioni in combinazione con la seguente descrizione, in cui l'invenzione è illustrata più dettagliatamente in base al disegno.

In particolare:

la figura 1 mostra una vista prospettica di un recipiente a pressione di forma toroidale secondo l'invenzione,

la figura 2 mostra una sezione attraverso il recipiente a pressione ~~nel~~ ~~=====~~ figura 1 nel piano del meridiano,

la figura 3 mostra una vista prospettica di un secondo esempio di realizzazione per un recipiente a pressione di forma toroidale, secondo l'invenzione,

la figura 4 mostra una vista parziale prospettica, nella sezione secondo il piano meridiano, di un recipiente a pressione per rappresentare la posizione di attacchi per riempire/svuotare e per la manipolazione.

Un recipiente a pressione 1 di forma toroidale nella propria zona laterale e nella propria zona interna ha la forma di un toro chiuso 2, mentre la zona equatoriale è eseguita a guisa di un cilindro 3. Il raccordo fra le due zone avviene con un salto di curvatura, come risulta dal disegno della sezione trasversale in figura 2.

Il recipiente a pressione 1 presenta un recipiente interno 4 leggero, pure di forma toroidale. Su questo recipiente interno sono applicati avvolgimenti di sostegno 5 e 6, ad esempio ⁱⁿ fibre di carbonio, che vengono tenuti insieme con un legante a base di resina. L'avvolgimento di sostegno 5 si estende unicamente in direzione del meridiano M. Su questo avvolgimento meridiano 5 nella zona del cilindro 3 viene applicato l'avvolgimento di sostegno 6, i cui avvolgimenti si estendono perpendicolarmente al meridiano nel piano equatoriale, come è indicato in figura 1 mediante la freccia E.

Il materiale del recipiente interno e dell'avvolgimento di sostegno presenta un accordo reciproco tale che entrambi sotto le sollecitazioni risultanti presentano uguale allungamento assoluto. Il recipiente interno è di costruzione assai leggera e sostanzialmente dovrà presentare solo una re-

sistenza che lo rende adatto come nucleo di avvolgimento per gli avvolgimenti di sostegno 5 e 6.

Per quanto riguarda questo recipiente a pressione, la pressione di sostegno, che gli avvolgimenti di sostegno 5 e 6 esercitano sul recipiente interno sollecitato 4, non è più costante indipendentemente dal raggio del recipiente; anzi in questo caso viene provocata una determinata distribuzione disuniforme della pressione sul raggio del recipiente. La forma scelta del recipiente è una forma ottimale per il serbatoio interno sottoposto a sollecitazione disuniforme, ed anche una forma ottimale di recipiente per gli avvolgimenti di sostegno esterni 5 e 6 sottoposti a sollecitazioni disuniformi.

Nella zona puramente toroidale 2 vengono sfruttati i vantaggi di recipienti toroidali chiusi per quanto riguarda l'avvolgimento; in particolare non si verificano nemmeno eccessive concentrazioni di avvolgimenti con elevata percentuale di legante.

Le tensioni tangenziali supplementari, dipendenti dall'esecuzione cilindrica nella zona equatoriale, vengono sostenute dall'avvolgimento di sostegno 6 che si estende^{de} perpendicolarmente alla direzione del meridiano. Una tale costruzione è ottenibile in maniera assai facile e presenta allungamento assolutamente uniforme in ogni direzione e in ogni punto. Le tensioni tangenziali e meridiane nella^{pa} rete del recipiente interno sollecitato sono in particolare costanti e contemporaneamente è costante la tensione dei fili negli avvolgimenti di sostegno.

Le elevate lunghezze di rottura di materiali in fibre, così ad esempio fibre di carbonio, possono essere sfruttate in maniera ottimale con una tale forma del recipiente.

Il recipiente a pressione mostrato in figura 1 presenta anche più attacchi 7, ad esempio per il fissaggio nonché il riempimento ovvero lo svuotamento del recipiente a pressione. Questi attacchi sono disposti su ordinate (8) rinforzate, che abbracciano il recipiente interno 4 una delle quali è mostrata in figura 1. Di regola un recipiente presenterà una o due ordinate. ~~Queste ordinate~~ Queste ordinate, rinforzate rispetto all'avvolgimento di sostegno 5, sostituiscono l'avvolgimento di sostegno 5 fra i due meridiani delimitanti l'ordinata e sono sempre esse stesse eseguite come corpi di avvolgimento nell'ambito dell'avvolgimento di sostegno 5. In particolare è possibile anche una produzione con materiale in stuoie o similare. Nell'ordinata otto sono corrispondentemente ricavati gli attacchi 7.

Nella figura 3 è rappresentato un recipiente a pressione 1' di forma toroidale, che ad eccezione delle zone contenenti gli attacchi 7' è prodotto nella stessa maniera del recipiente a pressione secondo la figura 1. Il recipiente a pressione toroidale presenta di nuovo un recipiente interno, che è avvolto con un avvolgimento di sostegno 5' in direzione meridiana M e nella sua zona cilindrica 3' è avvolto con un avvolgimento di sostegno 6' perpendicolare

al meridiano. Gli attacchi 7' sono disposti nella zona di modesta densità delle fibre, ossia nella zona limite fra l'avvolgimento di sostegno 5' e l'avvolgimento di sostegno 6' e sono qui inseriti rispettivamente in un occhiello di rinforzo 8.

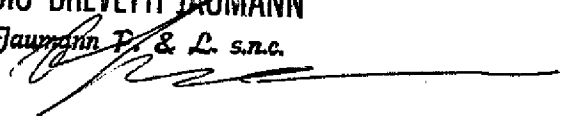
L'avvolgimento di sostegno 5', che si estende altrimenti nella direzione meridiana M, fra i due attacchi 7', qui mostrati, in corrispondenza degli spallamenti di questi occhielli di rinforzo 9, che sporgono verso l'esterno, è convertito in un avvolgimento in crociato 10, che sostituisce l'avvolgimento 5' lungo il meridiano nella zona di alloggiamento 11 per gli occhielli di rinforzo e gli attacchi.

In figura 4 è rappresentata una parte di un ulteriore recipiente a pressione 1", che presenta un recipiente interno toroidale 4", la cui zona equatoriale è eseguita come superficie cilindrica periferica. Il recipiente interno 4" è avvolto con un avvolgimento di sostegno 5" in direzione meridiana e, nella sua zona equatoriale cilindrica, è avvolto con un avvolgimento di sostegno 6" che si estende perpendicolarmente al meridiano. Per l'applicazione di attacchi, come una apertura di riempimento 12 qui solo accennata, sul recipiente interno 4" nella zona di raccordo fra toro e cilindro viene applicato un tubo di rinforzo 13, che contiene l'attacco desiderato, si trova fra rispettivamente fra due meridiani vicini e viene avvolto con i fili dell'avvolgimento di sostegno meridionale 5". Questo elemento di raccordo 13 può essere ad esempio un pezzo in me-

tallo leggero di alluminio o similare dotato di corrispondenti fori.

Per traduzione conforme

STUDIO BREVETTI JAHMANN
di Jahmann P. & L. s.n.c.



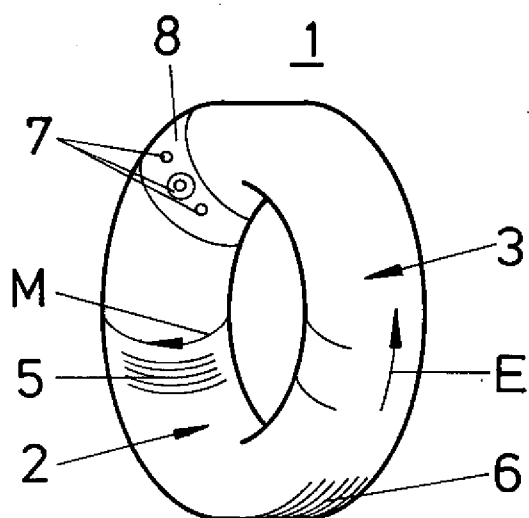


FIG. 1

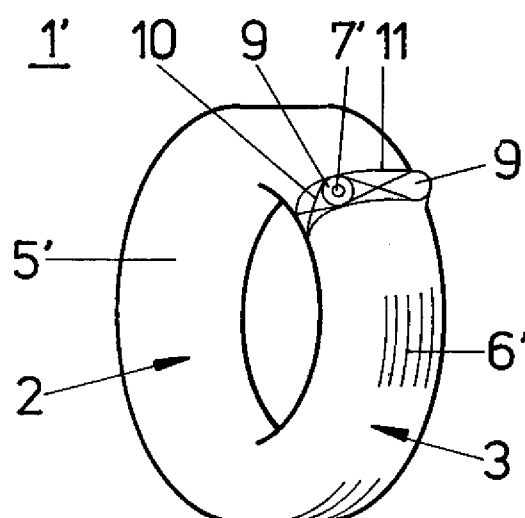


FIG. 3

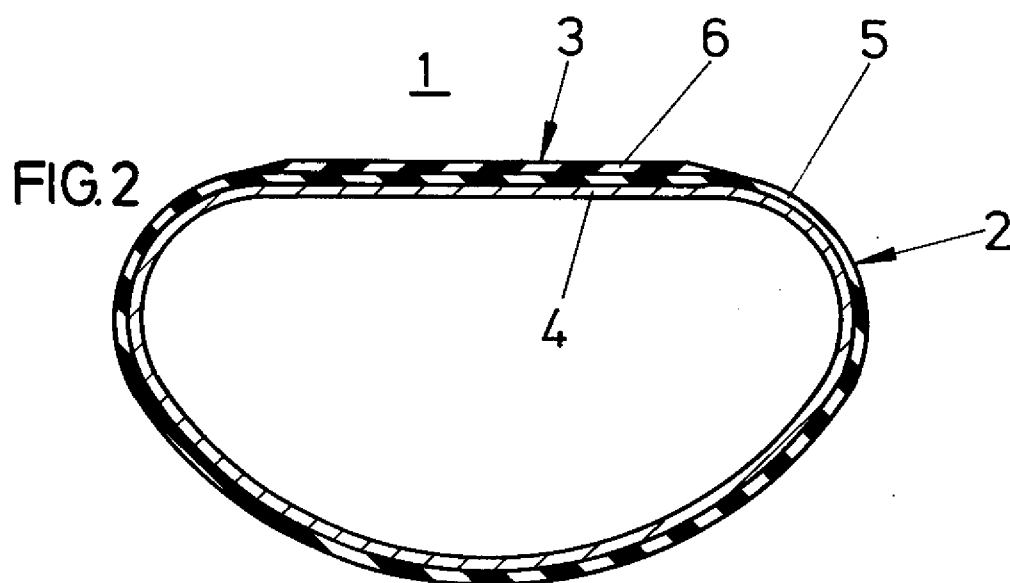


FIG. 2

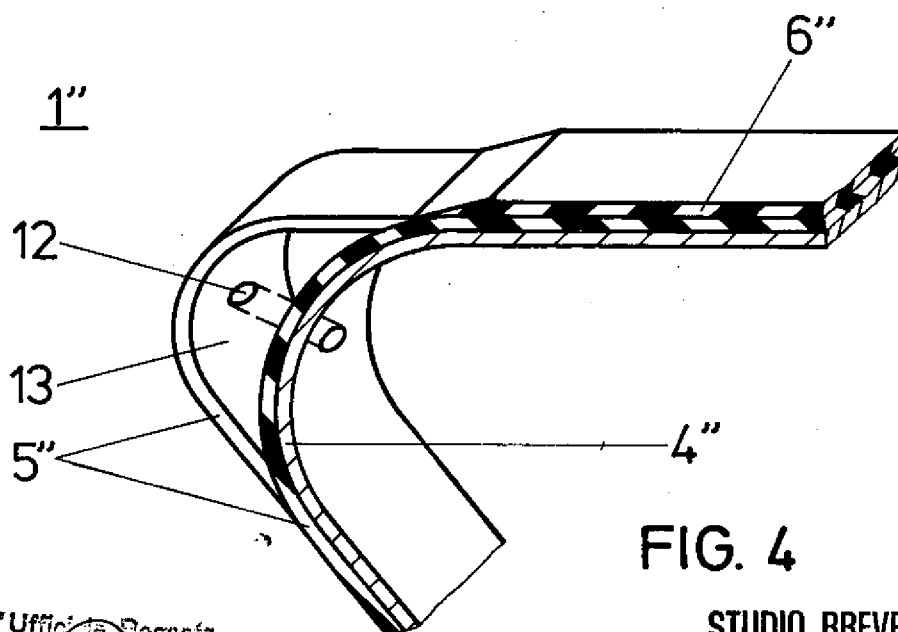


FIG. 4



l'Ufficio Brevetti
(Milano)

Amo

STUDIO BREVETTI JAUMANN
di Jaumann P. & L. s.n.c.