
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

ARNALDO CASTAGNA, PIO DE CESARIS

**Struttura per recipiente atto a resistere a pressione
esterna con parete alleggerita da cavità contenenti
fluidi ad elevata pressione**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 44 (1968), n.6, p. 765–772.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1968_8_44_6_765_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Meccanica applicata. — *Struttura per recipiente atto a resistere a pressione esterna con parete alleggerita da cavità contenenti fluidi ad elevata pressione.* Nota di ARNALDO CASTAGNA e PIO DE CESARIS, presentata (*) dal Corrisp. C. CATTANEO.

SUMMARY. — This note illustrates the structure of a wall for a container fit for standing high external pressure, as the wall has cavities filled with fluid at a very high pressure.

It relates the results, which seem encouraging, of experiments both on metal patterns, tested in a pressure tank, and on patterns made of photoplastic material.

The latter experiments have been carried out at the University of Pisa, under the control of Prof. C. Raymondi.

This system is amply covered by patent in Italy as well as abroad.

La presente Nota riguarda una particolare struttura per recipiente atto a resistere ad elevata pressione esterna grazie all'azione di un fluido ad altissima pressione racchiuso in cavità praticate entro la parete. Tale azione concorre nella resistenza rispetto alle tensioni operanti secondo direzioni parallele al piano tangente alla parete del recipiente. In questo effetto il fluido si sostituisce al metallo costituente la parete, pur avendone peso specifico minore. In particolare, un recipiente così costituito potrebbe tra l'altro risultare conveniente per l'esplorazione degli abissi oceanici.

In una prima ricerca sperimentale svolta nel Febbraio del 1961 direttamente dall'ideatore Pio De Cesaris — alla quale, per incarico del Consiglio Nazionale delle Ricerche, assistette il prof. F. S. Spinelli dell'Università di Napoli — venne confrontata la robustezza di un recipiente cilindrico di alluminio a parete piena con quella di un altro recipiente, anche esso di alluminio, di pari dimensioni esterne e con parete cilindrica composta con pari quantità dello stesso metallo — e cioè a pari peso di struttura resistente — ma provvista di una corona di fori cilindrici paralleli all'asse del recipiente riempiti di acqua in pressione. Nel secondo caso, sotto una pressione di valore quasi doppio di quello che produsse lo sfiancamento del recipiente a parete piena, non si determinarono danni apparenti al recipiente a parete forata.

Il prof. Spinelli concluse la sua relazione, in data 10 novembre 1961, affermando:

« Il sistema ideato permetterebbe ad un tubo di poter sopportare pressioni superiori a quelle normali e sarebbe interessante sottoporre il problema ad uno studio teorico-pratico sperimentale ».

A seguito di tale risultato il Consiglio Nazionale delle Ricerche deliberò un primo stanziamento per una ricerca teorica incaricandone il prof. C. Raymondi dell'Università di Pisa, il quale concluse la sua relazione, in data

(*) Nella seduta dell'8 giugno 1968.

30 novembre 1962, affermando che la complessità dello studio teorico imponeva il ricorso alla sperimentazione, per la quale proponeva il metodo fotoelastico. Il Consiglio Nazionale delle Ricerche, stanziò allora la somma di cinque milioni affidando le prove allo stesso prof. Raymondi coadiuvato dall'ing. B. Cartei, dato che l'Istituto dell'Università di Pisa diretto dallo stesso Professore era provvisto delle attrezzature idonee a tale genere di esperimenti.

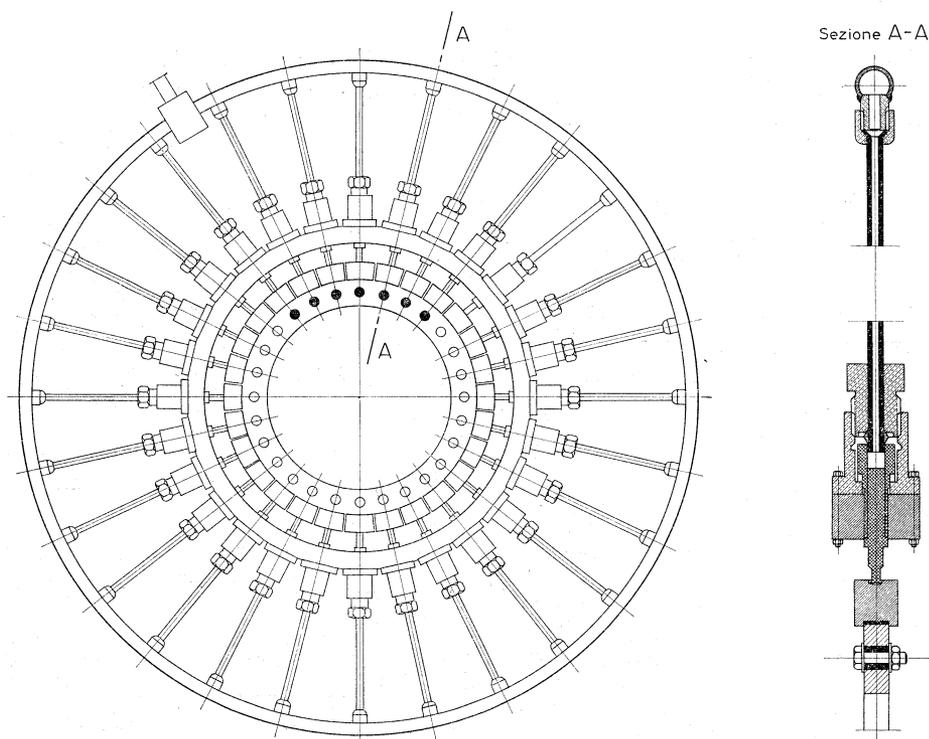


Fig. 1. - Rappresentazione del dispositivo di carico. Recipiente a pressione ideato da Pio De Cesaris. Indagine fotostatica su anello forato soggetto a pressione radiale esterna all'anello ed interna ai fori.

La ricerca ebbe la durata di un anno. Nella relazione conclusiva in data 28 febbraio 1965 il prof. Raymondi, ribadita la difficoltà della risoluzione per via analitica del problema, specialmente se si applica la teoria elastoplastica, e la convenienza della ricerca sperimentale su modello fotoelastico, illustra le modalità di struttura del modello e dei dispositivi di carico.

Una serie di martinetti radiali spinge i relativi stantuffi in verso centripeto (fig. 1) contro segmenti di corona cilindrica di acciaio che a loro volta poggiano - quali ripartitori di carico - verso l'interno contro la superficie cilindrica esterna dell'anello di materia plastica costituente il modello. L'anello presenta una serie di fori uguali i cui assi costituiscono generatrici

angolarmente equispaziate della superficie cilindrica mediana rispetto allo spessore radiale dell'anello.

Il dispositivo per produrre la pressione interna ai fori è costituito da un bolloncino di acciaio rivestito da un manicotto di gomma di spessore conveniente inserito nei fori: mediante avvitatura del dado si provoca un'espansione della gomma che trasmette uno stato di pressione radiale pressoché uniforme sul bordo interno del foro.

Effettuate talune verifiche sulla validità del procedimento e della apparecchiatura sperimentale adottati, l'indagine ha studiato il comportamento del modello sotto tre differenti condizioni di carico:

- 1) Carico radiale uniformemente distribuito nell'interno dei fori.
- 2) Carico radiale uniformemente distribuito all'esterno dell'anello.
- 3) Carichi indicati ai suddetti punti 1 e 2 agenti contemporaneamente.

Per la prima condizione di carico è stata dapprima rilevata la distribuzione delle isocromatiche.

Poiché il dispositivo di carico non consente di valutare direttamente la pressione da esso esercitata, si è ricorso ad un accertamento indiretto mediante riferimento a semplici considerazioni di equilibrio.

È stato determinato l'andamento delle isocline e susseguentemente sono state ricavate le isostatiche.

I risultati cui si perviene sono sensibilmente coincidenti con quelli ottenibili per via analitica ove si adotti la trattazione dell'anello circolare a forte spessore.

L'andamento del diagramma delle tensioni normali relativo alla sezione sul foro - sul piano contenente gli assi dell'anello e del foro - desunto dal calcolo, risulta concordante per ambedue i valori del carico con l'analogo andamento ricavato mediante indagine fotoelastica.

Per la seconda condizione di carico - carico uniformemente distribuito sulla superficie cilindrica esterna dell'anello - sono stati determinati i diagrammi delle isocromatiche per la già citata sezione sul foro e per la sezione mediana sul piano bisecante il diedro costituito da due contigue di dette sezioni sui fori.

L'andamento del diagramma per la sezione sui fori indica un notevole accumulo di tensione in corrispondenza agli estremi del diametro del foro nella sezione indebolita. Le punte massime che ivi si raggiungono sono dell'80 per cento superiori al valore medio della tensione. La fig. 2 illustra la distribuzione delle isocromatiche per la condizione di carico di pressione sulla superficie esterna dell'anello $p_e = 15,9 \text{ kg/cm}^2$ e pressione nei fori $p_i = 0 \text{ kg/cm}^2$. Nella figura sono i diagrammi rappresentanti gli ordini delle isocromatiche per le due sezioni A-A₁ e B-B₁. Il valore della pressione esterna di $15,9 \text{ kg/cm}^2$ è stato scelto perché nei punti di accumulo delle tensioni, cioè sul diametro A-A₁, vi corrisponde il valore della tensione pari al limite elastico del materiale costituente l'anello.

Il diagramma relativo alla sezione mediana è caratterizzato da un andamento delle tensioni degradante verso la mezzeria. Probabilmente ciò avviene in relazione al fatto che, per la presenza dei fori, il flusso degli sforzi tende a concentrarsi verso i bordi dell'anello.

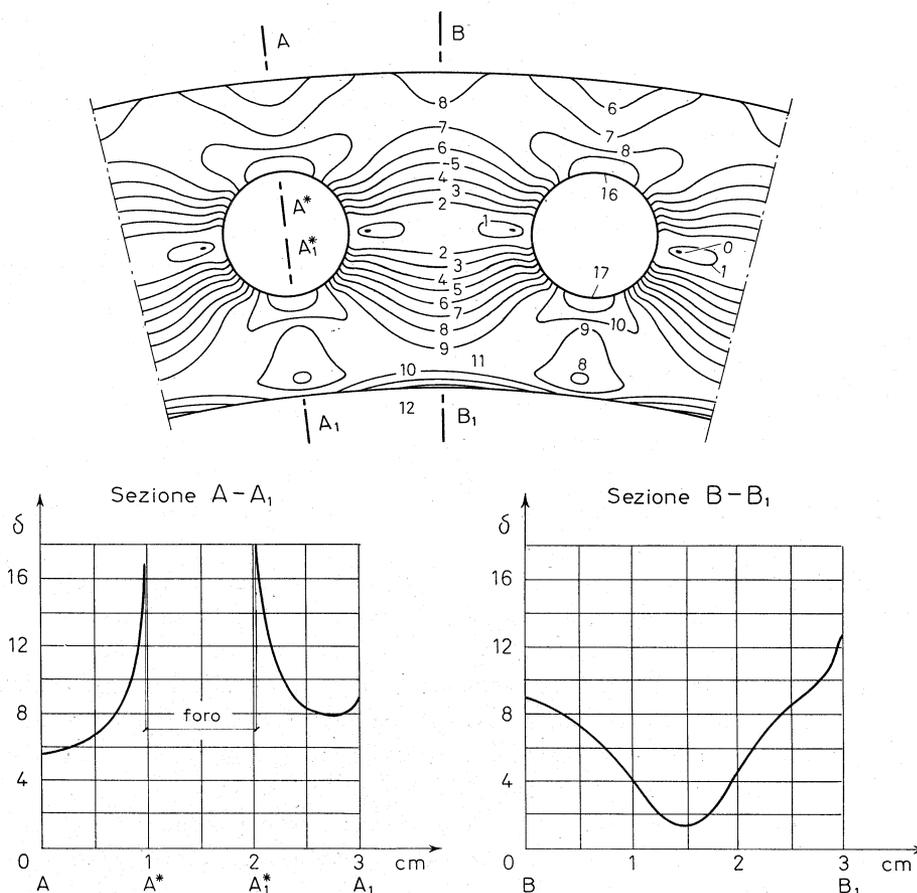


Fig. 2. - Recipiente a pressione ideato da Pio De Cesaris. Indagine fotoelastica su anello forato soggetto a pressione radiale esterna all'anello. Isocromatiche. Condizioni di carico: $p_e = 15,9 \text{ kg/cm}^2$; $p_i = 0 \text{ kg/cm}^2$.

Per la terza condizione di carico - carico uniformemente distribuito sulla superficie cilindrica esterna dell'anello a carico radiale uniforme sui fori - per lo stesso valore della pressione esterna $p_e = 15,9 \text{ kg/cm}^2$ sono state sperimentate le due diverse pressioni sul foro di 27 e di 81 kg/cm^2 . I risultati sono riportati nelle figg. 3 e 4.

È risultato che per la sezione mediana B-B₁ i diagrammi rappresentativi degli ordini delle isocromatiche per i due valori della pressione dei fori danno, previa integrazione, aree pressoché equivalenti a quella ricavata

per la stessa sezione nella seconda condizione di carico, ciò in perfetto accordo con quanto desumibile da considerazioni di equilibrio.

Pur corrispondendosi le aree relative ai detti diagrammi, si ha un diverso andamento nel profilo del diagramma rappresentativo della terza condizione di carico per il maggiore dei valori della pressione nei fori. In questo caso, nel tratto medio del diagramma si ha, rispetto ai precedenti, un innalzamento dell'ordine delle isocromatiche, imputabile alla rigidità del dispositivo di carico dei fori.

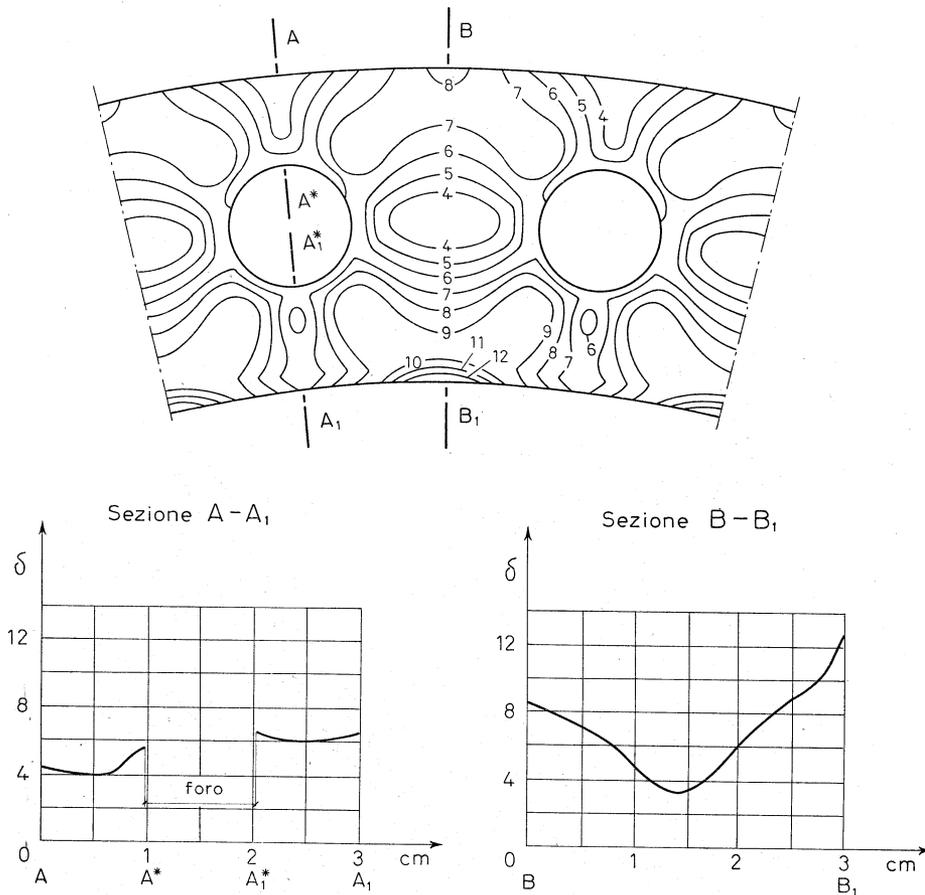


Fig. 3. - Anello soggetto a pressione radiale esterna ed interna ai fori.
Isocromatiche. Condizioni di carico $p_e = 15,9 \text{ kg/cm}^2$; $p_i = 27 \text{ kg/cm}^2$.

Per la sezione sui fori A-A₁, i diagrammi rappresentativi divergono in misura notevole sia tra loro sia in confronto al corrispondente diagramma relativo alla seconda condizione di carico. Appare chiaramente che tale divergenza è da ascrivere alla influenza del citato dispositivo di carico interno ai fori che, assorbendo la maggior quota degli sforzi correnti nell'anello, scarica le sezioni indebolite dai fori.

La relazione perviene pertanto alle conclusioni che qui vengono testualmente riportate:

« Dalle risultanze della ricerca effettuata è possibile trarre alcune considerazioni sulla validità dell'assunto proposto dall'ideatore del sistema:

È da mettere in rilievo, principalmente, l'effetto delle attenuazioni delle tensioni nei punti di accumulo della sezione indebolita, conseguente all'applicazione, nei fori stessi, di un carico di tipo idrostatico ».

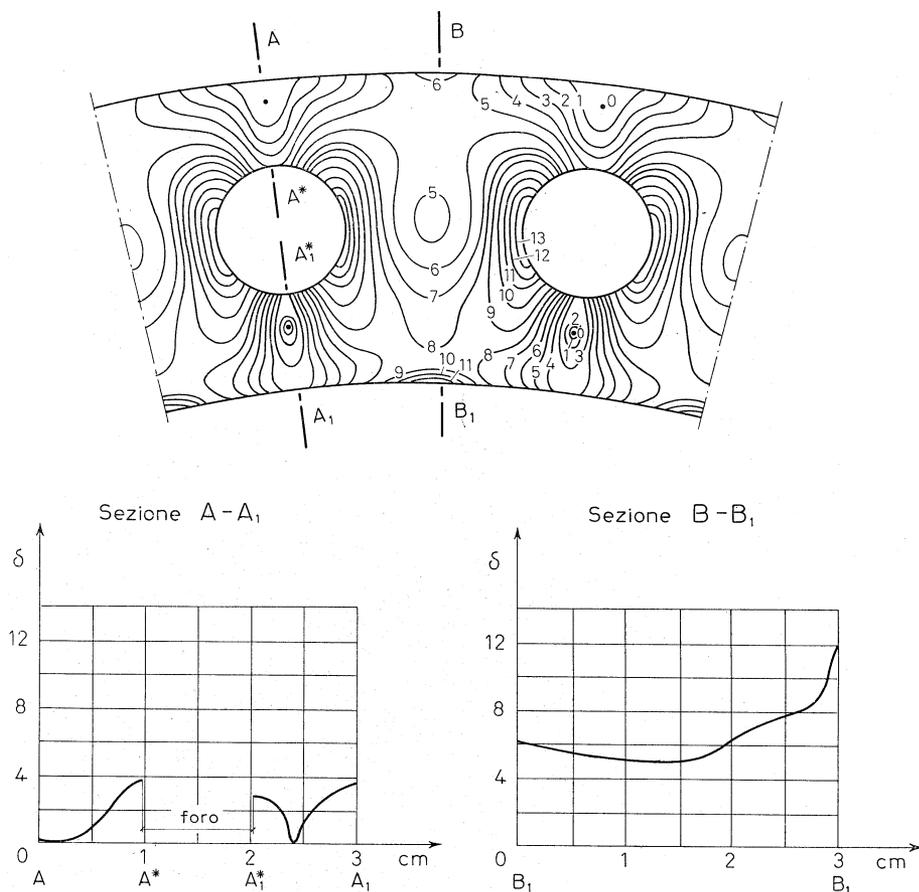


Fig. 4. - Isocromatiche. Anello forato soggetto a pressione radiale esterna all'anello ed interna ai fori. Condizioni di carico: $p_e = 15,9 \text{ kg/cm}^2$; $p_i = 81 \text{ kg/cm}^2$.

« Dalle indagini emerge l'opportunità di estendere lo studio del problema in funzione di una variazione sia del rapporto tra vuoti e pieni del modello, sia tra pressione esterna e pressione interna ai fori ».

« Si deve osservare che nell'indagine fotoelastica, per la natura del materiale con il quale si confezionano i modelli, vi sono limiti che non permettono un adeguato campo di variazione del rapporto tra diametro dei fori e spessore dell'anello; inoltre, pur con tutte le cure possibili non si riesce, nella condi-

zione di carico associata, a raggiungere una sicura distribuzione di carico di tipo idrostatico, pertanto sembra opportuno che l'indagine sperimentale possa ulteriormente svilupparsi mediante prove su prototipi in vasca a pressione. Tali indagini potranno essere condotte presso altri Istituti dotati delle necessarie attrezzature ».

La validità del criterio informatore della struttura proposta è provata anche da una modernissima applicazione – sia pure in un campo che in un certo senso è agli antipodi rispetto a quello sopra accennato – che ha testé facilitato ad una grande Industria Italiana la risoluzione del difficile problema di progetto e di fabbricazione degli « scudi termici » dei grandi razzi vettori astronautici della serie « Europa » dell'ELDO: (European Launching Development Organisation).

Tali scudi termici – a forma di sottili gusci cilindro-conici divisi in due da un piano meridiano – costituiscono la prora del razzo vettore e proteggono il satellite recato in sommità dal razzo dall'ingiuria dell'azione aerodinamica che si svilupperebbe direttamente contro di esso nel percorso a velocità crescente nella bassa atmosfera e dal corrispondente riscaldamento per attrito, e devono essere robusti e leggerissimi pur essendo di diametro ed altezza di alcuni metri.

La struttura dei gusci, di materia plastica, è a doppia parete leggera con sottile intercapedine divisa in cellette riempite di gas a sovrappressione moderata e tuttavia efficace per gli scopi accennati.

Sulla base di quanto esposto nella presente Nota è in programma la effettuazione di prove sperimentali da condurre nell'indirizzo sopra consigliato ⁽¹⁾.

(1) Il Sistema è ampiamente brevettato in Italia ed all'estero.