

105. S. PALADINO e F. UGOLINI. — **Complesso di guida e di tenuta "compensato", per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.**

**Riassunto.** — Viene descritto un nuovo complesso di guida e di tenuta per assi ruotanti ad alto e basso numero di giri, applicabile anche ad autoclavi per fermentazioni microbiologiche. Esso è caratterizzato dal fatto di poter essere applicato anche sotto battente liquido, eliminando in tal modo le vibrazioni dell'asse ruotante, semplificando tutto il dispositivo di trasmissione del moto e conferendo maggiore stabilità al fermentatore. Nel caso di applicazioni su cicli speciali di lavorazione la presenza della camera di compensazione garantisce la impossibilità del contatto del liquido contenuto nel fermentatore con l'ambiente esterno.

**Résumé.** — Les A. décrivent un système de presse-étoupe, muni des pièces de soutien, destiné aux cuves de fermentations; équipé d'une chambre de compensation à pression, il agit à l'intérieur même du liquide. Ce mécanisme permet de soumettre l'hélice à de hautes vitesses de rotation en éliminant les vibrations de l'arbre; il simplifie les couplages de transmission énergétique tout en augmentant la stabilité de la cuve; il garantit contre toute éventualité de contamination de la part de l'atmosphère ambiante du presse-étoupe.

**Summary.** — The construction of a stuffing box and bearing unit for fermenters which operates in the culture fluid and is fitted with a pressure compensating chamber has been described. It makes possible the use of high rotational propeller speeds without vibration of the shaft, simplifies the arrangements for power transmission, and conveys greater stability to the fermenter. It ensures freedom from contamination of the fermenter contents by the outside atmosphere through the stuffing material.

**Zusammenfassung.** — Beschrieben wird die Konstruktion einer Stopfbüchse und Lagerung für Gärgefässe, die in der Kulturflüssigkeit arbeitet und mit einer Druckausgleichskammer versehen ist. Hierdurch werden hohe Propellergeschwindigkeiten ohne Vibration der Achse, vereinfachte Kraftübertragung und grössere Stabilität des Gärgefässes

ermöglicht. Ausserdem wird jedes Eindringen von ungewünschten Mikroorganismen in das Gärgefäss durch die über die Stopfbüchse erfolgende Berührung mit der Aussenluft unmöglich gemacht.

---

Il sistema di aerazione mediante « vortice », per potere effettuare la dispersione dell'aria nel liquido di cultura ha bisogno di eliche ruotanti ad un numero di giri più alto di quello dei sistemi di aerazione che adoperano i consueti distributori d'aria; d'altra parte anche in questi ultimi sistemi, per alcune lavorazioni speciali può essere necessario aumentare il numero dei giri delle eliche agitatrici; in tal caso anch'essi rientrano nel problema del sistema « vortice ».

In alcune precedenti comunicazioni [CHAIN - PALADINO - UGOLINI - CALLOW e VAN der SLUIS, 1953; - PALADINO - UGOLINI e CHAIN 1953 (<sup>1</sup>, <sup>2</sup>)] sono stati descritti degli organi di guida e di tenuta per fermentatori della capacità di 10,90 e 300 litri, adatti sia per il sistema a vortice, che per quello a distributore d'aria, capaci di garantire la lavorazione con eliche che possono ruotare fino a 1500 giri al minuto.

Le caratteristiche più importanti di funzionamento degli organi di guida e di tenuta per fermentatori, già brevemente esposte nelle note sopra accennate sono le seguenti:

#### *Organi di guida (Cuscinetti a sfere)*

1) Debbono essere in grado di guidare l'albero dell'elica ad un numero di giri corrispondente ad una velocità periferica di esso compresa tra 0,1 e 1,5 m/sec.

2) La lubrificazione deve essere resa possibile anche durante la fermentazione, senza inquinare il liquido di cultura.

3) La temperatura del terreno di cultura, a seconda del processo fermentativo, varia nel fermentatore da 24° a 37°C; però i cuscinetti di guida debbono garantire il proprio funzionamento oltre che in tali condizioni anche alla temperatura massima di 130°C, necessaria per la sterilizzazione del fermentatore ed anche a quella minima di 2°C, per la fase di blocco dei processi fermentativi.

---

(<sup>1</sup>) CHAIN E. B., PALADINO S., UGOLINI F., CALLOW D. S. e VAN DER SLUIS J. - Rend. Ist. Sup. Sanità, 17: 1164 (1954).

(<sup>2</sup>) PALADINO S., UGOLINI F. e CHAIN E. B. - Rend. Ist. Sup. Sanità, 17: 1195 (1954).

### *Organi di tenuta*

1) Per periodi prolungati essi debbono garantire la tenuta all'aria, al vapore ed alle soluzioni acquose sottoposte ad una pressione di 2 atmosfere.

2) Debbono essere costruiti in modo tale che la pressione delle baderne contro l'albero ruotante possa essere regolabile durante il processo di fermentazione, la cui durata può essere protratta per parecchie settimane

3) Teoricamente dovrebbero resistere alle temperature previste per gli organi di guida; praticamente però gli organi di tenuta sono sollecitati a temperature più alte a causa dell'attrito di strisciamento fra le superfici di contatto dell'albero ruotante e delle baderne. Il calore prodotto da tale attrito, può assumere valori critici per la durata delle baderne stesse, per cui nella loro progettazione debbono essere studiati i materiali da usare e i dispositivi atti a garantire insieme alla lubrificazione anche la dispersione del calore prodotto.

\* \* \*

Gli organi di guida e di tenuta, descritti nei lavori innanzi citati per fermentatori della capacità utile lavorativa fino a litri 300, soddisfano le caratteristiche su specificate e il loro uso, come è stato detto, non ha dato luogo ad alcun inconveniente durante centinaia di fermentazioni. Purtroppo tutti i tentativi effettuati per la loro applicazione su fermentatori di dimensione semi-industriale ed industriale non sono stati coronati da successo.

E' noto che se gli organi di guida e di tenuta sono alloggiati sulla cupola del fermentatore, man mano che aumenta la capacità di esso aumenta pure la lunghezza ed il diametro dell'albero ruotante dell'agitatore. Queste condizioni, per un basso numero di giri dell'albero ruotante dell'agitatore, praticamente fino a circa 150 giri al minuto, non portano eccessive complicazioni meccaniche alla risoluzione del relativo problema industriale che, come è noto, viene risolto con risultati abbastanza soddisfacenti.

Il complesso di guida e di tenuta, descritto nei lavori avanti citati, nei casi di basso numero di giri dell'albero ruotante, può essere senz'altro trasportato su scala industriale con ottimi risultati, agli effetti della tenuta, della durata del materiale delle baderne e della conservazione della sterilità dei mezzi di cultura.

Aumentando il numero dei giri dell'albero dell'agitatore fino a 300 g-

giungere valori dell'ordine di 1400-1800 giri al minuto diviene sempre più difficile risolvere meccanicamente il problema della guida e della tenuta dell'asse dell'albero ruotante dell'agitatore e quello della garanzia della sterilità delle brodoculture. Diventano critici in queste condizioni i valori, delle spinte assiali creati dall'elica o dalle eliche agitatrici, quelli delle vibrazioni dell'albero ruotante che possono creare pericolose risonanze, quelli della resistenza dei vari tipi di appoggio dell'albero ed infine i valori del riscaldamento delle baderne di tenuta.

In base a quanto esposto e sulla scorta dei risultati sperimentali non è stato possibile adottare un qualsiasi sistema di guida e di tenuta conosciuto, sui fermentatori semi-industriali ed industriali per cui gli AA. si sono orientati per la risoluzione del problema verso lo sviluppo di un nuovo complesso di guida e di tenuta che, all'applicazione pratica è risultato soddisfacente ai requisiti tecnici e di lavoro sopra menzionati.

La descrizione di questo nuovo complesso di guida e di tenuta per alberi ruotanti ad alto e basso numero di giri è l'oggetto del presente lavoro.

### *Principii*

Il principio che ha servito di base alla progettazione del nuovo complesso di guida e di tenuta è riportato schematicamente nella Tav. I.

Sostanzialmente si hanno due organi di tenuta; uno (I) a contatto con il liquido di cultura, alloggiato nell'interno del fermentatore e l'altro (II) all'esterno; i due organi di tenuta sono separati da una camera di compensazione (III), nella quale può circolare un fluido ad una pressione uguale o leggermente superiore a quella totale esistente nel fermentatore. Per pressione totale si deve intendere la somma della pressione generata dal battente liquido al piano d'imposta del complesso di tenuta e di quella di lavorazione esistente nella cupola del fermentatore.

L'organo di tenuta (I) che ha lo scopo di garantire la tenuta, la sterilità del fermentatore e quella del liquido di cultura assolve questi compiti per mezzo della camera di compensazione (III). Infatti la garanzia della sterilità si ottiene inviando nella camera (III) aria o vapore sterile mentre la tenuta è assicurata facendo circolare i sopraccennati fluidi ad una pressione equivalente o di poco superiore a quella totale esistente nell'interno del fermentatore. In tali condizioni, se durante la fermentazione dovesse insorgere un difetto meccanico entro la zona (I), non verrebbe compromessa la sterilità del contenuto del fermentatore; inquantochè se la pressione interna della camera (III) è mantenuta leggermente

inferiore a quella totale esistente nel fermentatore, le piccole quantità del liquido di cultura che riuscirebbero a passare attraverso il gruppo (I) andrebbero a cadere nella camera sterile (III) e da questa verrebbero allontanate dal flusso del vapore uscente da essa; se invece la pressione interna della camera (III) è mantenuta leggermente superiore al valore della pressione esistente nel fermentatore avremo solamente un passaggio di vapore o di aria sterile entro il liquido di cultura attraverso la zona (I).

E' evidente che sia nell'uno che nell'altro caso è impossibile che si verifichi la contaminazione del mezzo di cultura. D'altra parte in caso di guasti di tenuta il processo fermentativo può essere sempre condotto ad un termine utile sostituendo l'alimentazione a vapore della camera (III) con aria sterile ad adeguata pressione.

Nel caso che la differenza di pressione fra l'interno e l'esterno del reattore sia di valore considerevole è opportuno frazionare il salto di pressione in un adeguato numero di salti parziali realizzando sull'asse dell'agitatore un certo numero di camere di compensazione in modo che la differenza di pressione fra due camere adiacenti sia compresa in adeguati limiti di sicurezza di funzionamento.

Assicurata così la tenuta e la sterilità del complesso di guida e di tenuta lavorante sotto battente liquido è possibile usare alberi molto corti per le eliche destinate all'agitazione e alla dispersione dell'aria rispetto a quelli usati nei fermentatori che portano gli organi di tenuta alloggiati sulla cupola e raggiungere di conseguenza in modo più agevole, elevati numeri di giri dell'albero stesso.

Il principio della camera di compensazione non è nuovo; esso è stato applicato, per esempio, per la compressione dell' $N_2$  <sup>(3)</sup> sulle turbine navali ed aeronautiche <sup>(4)</sup> e per il raffreddamento di supporti di alberi ruotanti ad alto numero di giri. Comunque, da quanto consta agli AA., fino ad ora non è stata descritta alcuna applicazione di questo principio per la tenuta di alberi ruotanti ad alto e basso numero di giri lavoranti o no sotto battente liquido e in particolare nel campo della tecnica delle fermentazioni biologiche sterili.

Industrialmente vengono adoperati dei fermentatori che portano alloggiato sul fondo l'organo di tenuta per l'asse dell'agitatore; però la concezione e la realizzazione di tale sistema non si presta per un elevato numero di giri dell'albero dell'elica ed anche a basso numero di giri esso non offre una sufficiente garanzia per il mantenimento della sterilità del mezzo di cultura.

---

<sup>(3)</sup> BAULINO E.: Trattato di macchine termiche. - Ed. Vallardi, Milano 1950.

<sup>(4)</sup> GODSEY F. W. e LOUNG L. A.: Gas Turbines for aircraft - Ed. Mc Graw-Hill, New York.

COMPLESSO DI TENUTA E DI GUIDA PER FERMENTATORI DA 300 LITRI.

*Descrizione*

Il complesso di tenuta e di guida è fissato al fondo del fermentatore sulla flangia filettata (11) Tav. II [particolari (11) Tav. IIe] ad esso saldata mediante il corpo filettato (1) Tav. II [particolari (1) Tav. IIa]. La tenuta fra l'elemento (11) e l'elemento (1) è assicurata da un'idonea guarnizione piana anulare.

*Elementi meccanici del complesso*

Il gruppo che contiene tali elementi è sostanzialmente costituito da due parti; una fissa rispetto alla flangia (11) Tav. II ed una mobile per la regolazione della tenuta dall'esterno del fermentatore.

a) *Parte fissa*

Essa è costituita dal corpo cilindrico (1) Tav. II, dall'elemento (16) Tav. II, dal cappello (10) Tav. II, dalla serie anelli di tenuta superiori e dal controanello filettato (17) Tav. II per il bloccaggio della parte mobile sulla fissa.

L'elemento (16) Tav. II, particolari (16) Tav. IIa è filettato internamente allo scopo di permettere la rotazione della parte mobile rispetto alla parte fissa onde potere regolare dall'esterno del fermentatore la tenuta del gruppo superiore degli anelli di tenuta, che contrastano con l'elemento (10) Tav. II, particolari (10) Tav. IIc, avvitato al corpo (1) Tav. II con interposta guarnizione di tenuta fra l'elemento (16) Tav. II e l'elemento (5) Tav. II, particolari (5) Tav. IIb. I vari pezzi ora menzionati sono stati realizzati impiegando materiali opportunamente diversi. Sul corpo cilindrico (1) Tav. II all'altezza della camera di compensazione immediatamente dopo la battuta inferiore della flangia di attacco sono ricavati due fori diametralmente opposti, sui quali sono avvitate le estremità di due tubi rispettivamente per l'ingresso e l'uscita del vapore o dell'aria sterile di alimentazione della camera di compensazione.

b) *Parte mobile.*

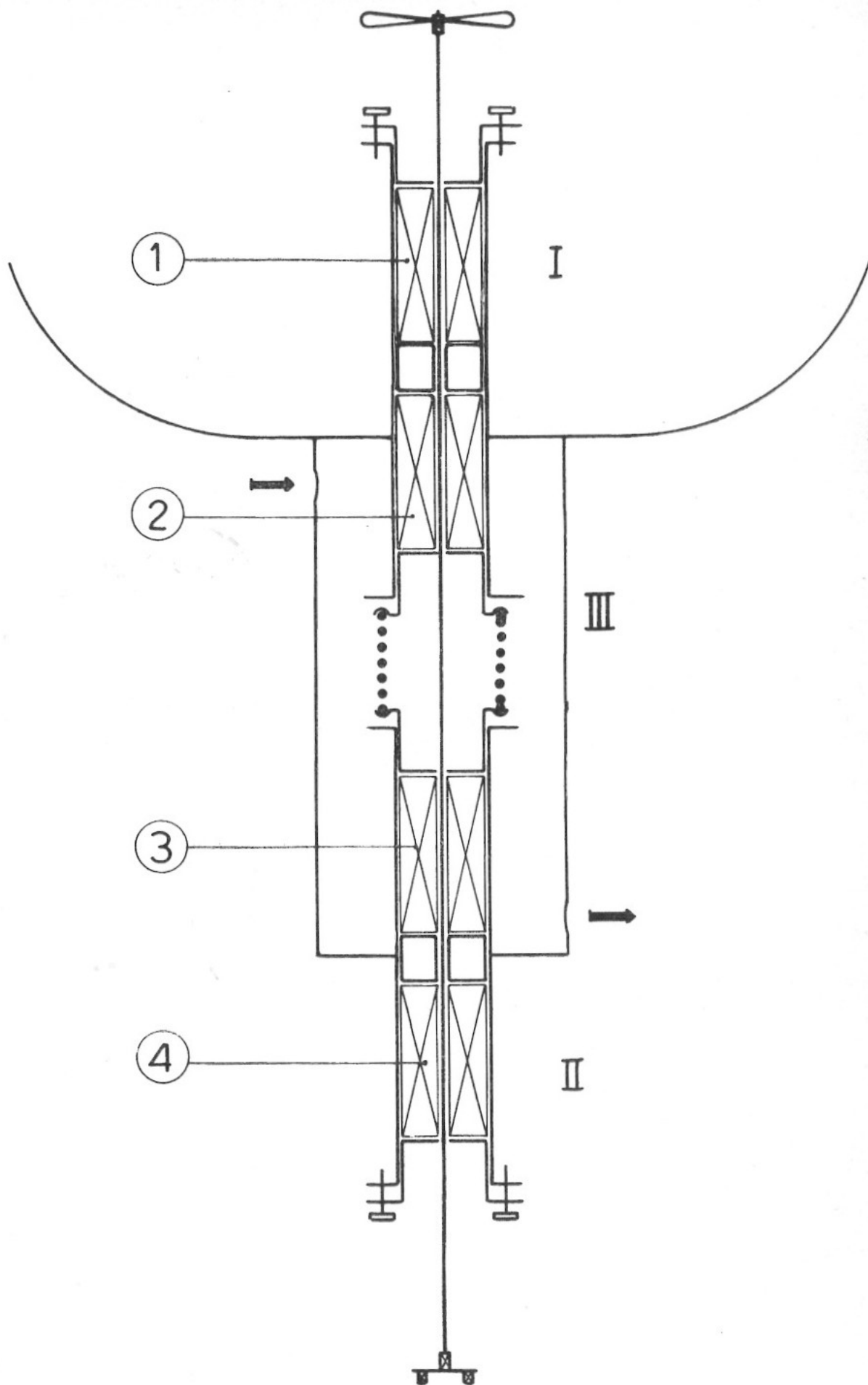
Essa è riportata nella Tav. II ed è costituita da un corpo cilindrico (5), per i particolari (5) Tav. IIb, sul quale sono filettati gli elementi (8), particolari (8) Tav. IIe, il cuscinetto a sfere superiore, gli elementi (9) e (12), particolari (9) Tav. IIc e (2) Tav. IIa, la molla di contrasto, il cuscinetto a sfere inferiore ed infine l'elemento (12), particolare (12) Tav. IIa, con

l'anello filettato (14), particolare (14) Tav. IId ed il cappellotto premistoppa (15), particolare (15) Tav. IId, completo di anello di fermo (13), particolare (13) Tav. IId. Il corpo cilindrico (8) Tav. II contiene il gruppo di tenuta superiore e inferiormente, mediante spallamento, trattiene il cuscinetto a sfere superiore di guida dell'asse. Lo spallamento inferiore dell'anello esterno del cuscinetto è ricavato dall'elemento (9) Tav. II trattenuto in sede, rispetto all'elemento cilindrico (5) da due perni verticali. Il secondo gruppo di anelli di tenuta (schema Tav. I) è contenuto nell'alloggiamento cilindrico ricavato nel corpo dell'elemento (9) Tav. II ed è contrastato per la tenuta dalla molla centrale (6) Tav. II tramite l'apposito scodellino (2) Tav. II che è tenuto in sede da tre perni liberi di scorrere nelle fresature verticali ricavate nel corpo cilindrico (5).

Il terzo gruppo di anelli di tenuta (schema Tav. I) è contenuto nell'alloggiamento cilindrico inferiore, ricavato nell'elemento cilindrico (5) Tav. II ed è contrastato nello stesso modo descritto per il secondo gruppo di anelli di tenuta.

L'anello esterno del cuscinetto a sfere inferiore è stretto fra due spallamenti; uno ricavato nella parte inferiore dell'elemento (5) Tav. II e l'altro costituito dall'estremità superiore cilindrica dell'elemento (12) Tav. II nel quale è alloggiato il quarto gruppo di anelli di tenuta (vedi schema Tav. I). Il regolaggio di quest'ultimo gruppo di anelli viene effettuato mediante la rotazione del cappellotto premistoppa (15) Tav. II filettato sull'elemento (12), il cui bloccaggio è ottenuto mediante la rotazione del controanello filettato (13) Tav. II. L'anello interno del cuscinetto a sfere superiore è calettato con grado di accoppiamento « *stretto-leggero* » sull'asse (18) Tav. II dell'agitatore. Nella parte superiore ed inferiore del cuscinetto è ricavata una doppia camera anulare, che costituisce la camera a grasso; questa riceve il lubrificante dall'esterno, attraverso un foro praticato al centro lungo l'asse dell'albero di rotazione; l'ingrassatore (20) Tav. I è chiuso durante il normale funzionamento, da una vite munita di guarnizione. L'anello interno del cuscinetto a sfere inferiore è bloccato superiormente su uno spallamento dell'asse ed inferiormente da un anello di rasamento filettato con controanello di blocco (4) Tav. II. Nella parte superiore ed inferiore di detto cuscinetto è ricavata una doppia camera a grasso, che riceve il lubrificante attraverso l'apposito condotto (21) Tav. II che è ricavato sulla parte inferiore del corpo (5) Tav. II.

Il primo gruppo di anelli di tenuta (schema fig. I), regolato dall'esterno del fermentatore mediante la rotazione di tutta la parte mobile rispetto alla fissa ha il compito di impedire che il contenuto del fermentatore venga a contatto con l'atmosfera esterna.



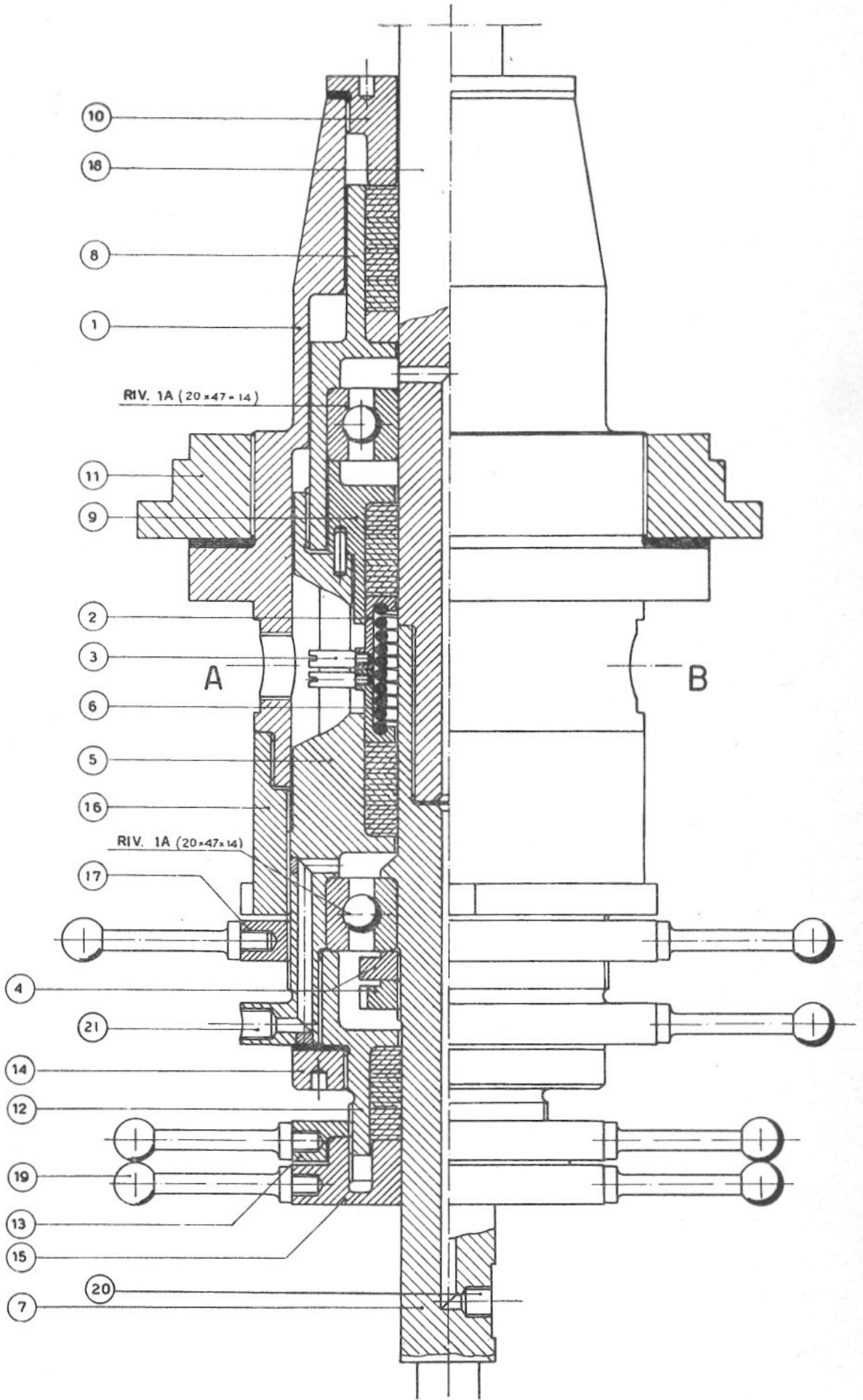
Tav. I - Sezione schematica del complesso di guida e di tenuta per assi ruotanti

- I) Interno al fermentatore,
- II) Esterno al fermentatore.
- III) Camera di compensazione.

*Tav. II* - Sezione di un complesso in acciaio inossidabile di guida e di tenuta per asse ruotante applicabile ad un fermentatore del volume totale di l 300.

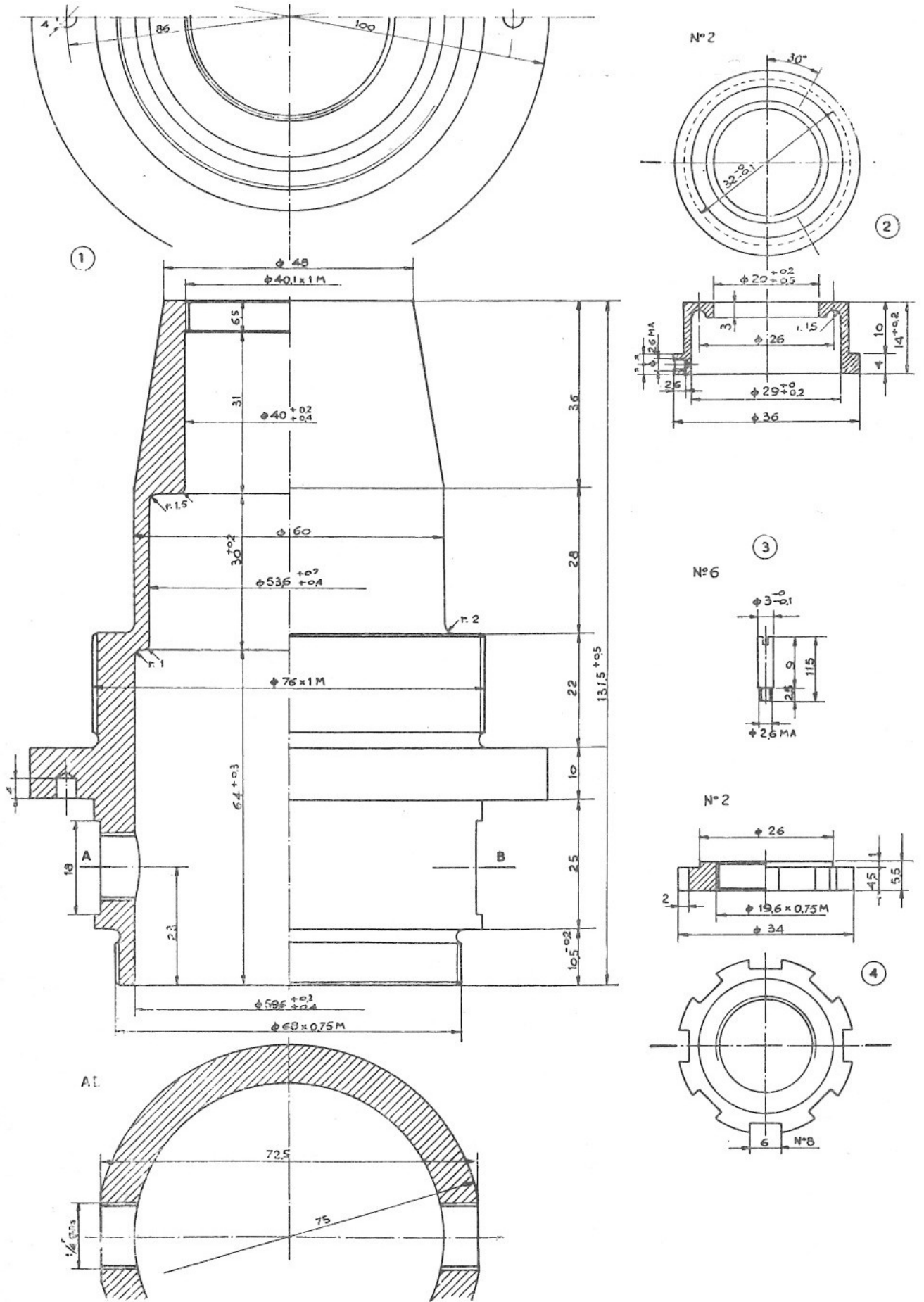
- 1) Scatola cilindrica esterna.
- 2) Premistoppa interno.
- 3) Perni di guida verticali.
- 4) Anelli di rasamento filettati sull'asse.
- 5) Elemento cilindrico contenente gli anelli di tenuta inferiori della camera di compensazione e registratore degli anelli di tenuta superiori contenuti nell'elemento (8).
- 6) Molla di spinta.
- 7) Parte inferiore dell'asse.
- 8) Elemento cilindrico contenente gli anelli di tenuta inferiori.
- 9) Elemento cilindrico contenente gli anelli di tenuta superiori della camera di compensazione.
- 10) Elemento di contrasto degli anelli di tenuta superiori contenuti nell'elemento (8).
- 11) Flangia di attacco al fondo del fermentatore.
- 12) Elemento cilindrico contenente gli anelli di tenuta inferiori esterni.
- 13) Anello filettato di bloccaggio dell'elemento (15).
- 14) Anello filettato di bloccaggio dell'elemento (12).

*Complesso di guida e di tenuta « compensato » per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.*



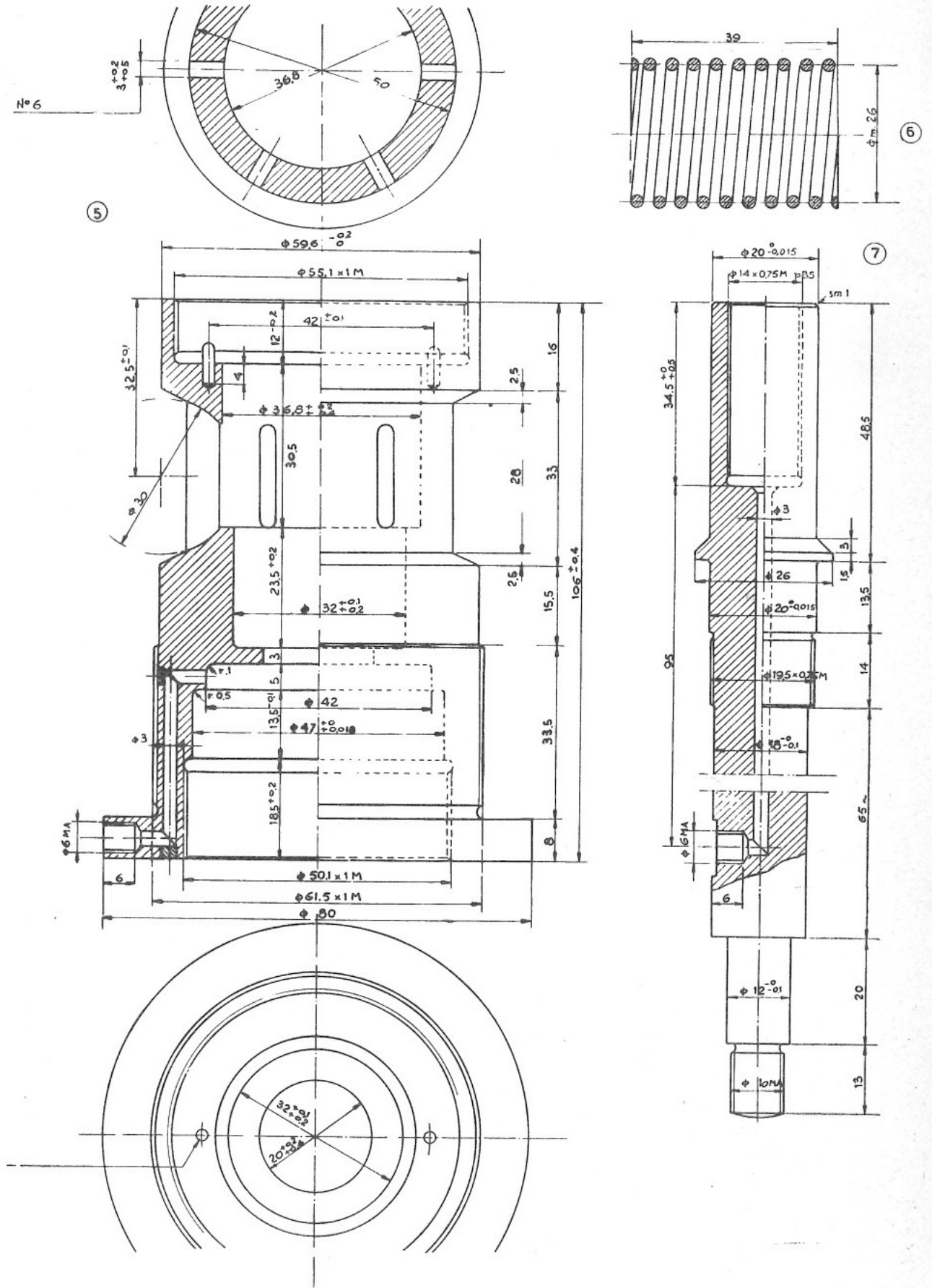
*Tav. II*

Complesso di guida e di tenuta «compensato» per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.



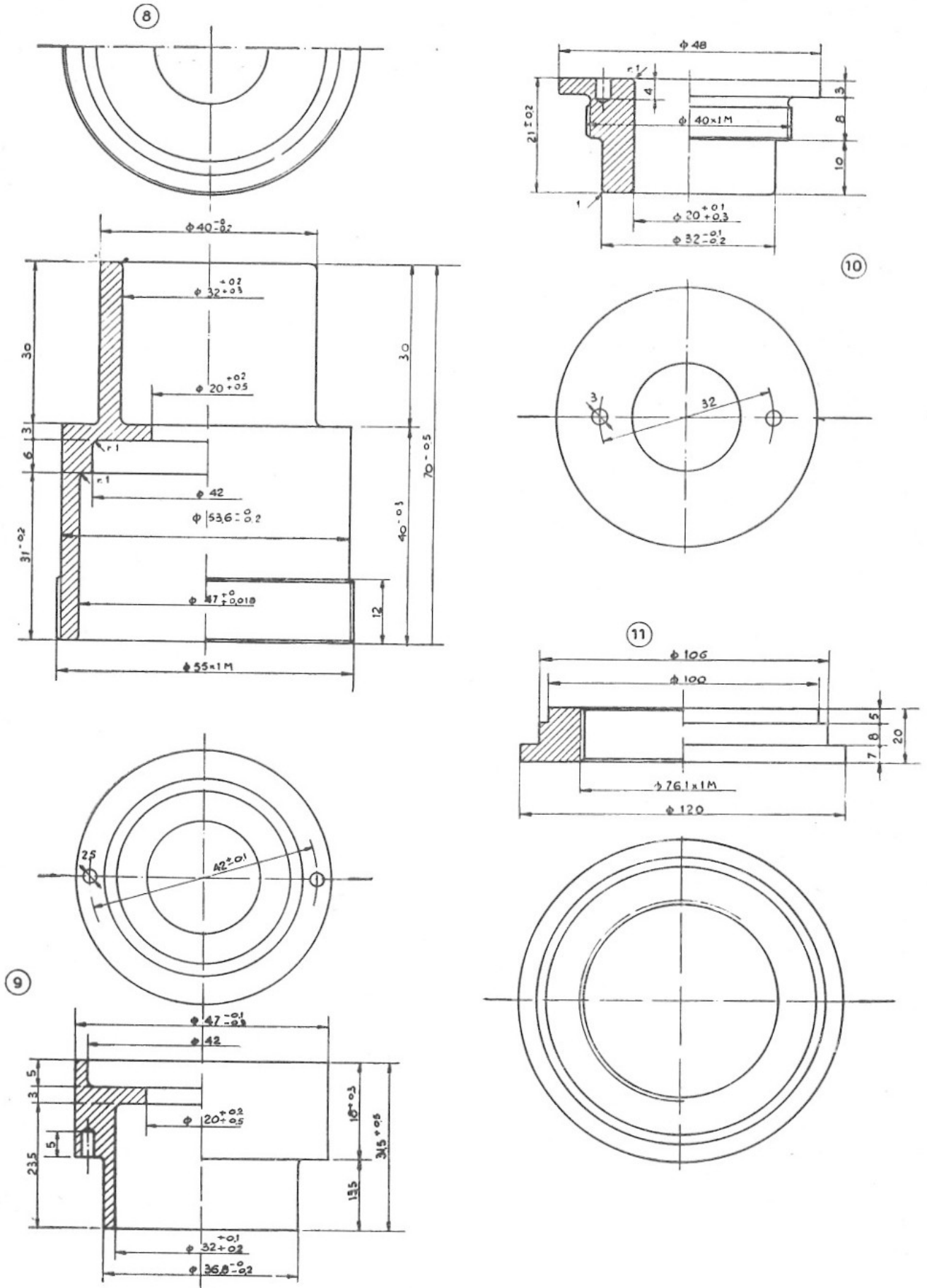
Tav.II-a - Particolari costruttivi del complesso illustrato nella Tav. II.

Complesso di guida e di tenuta «compensato» per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.



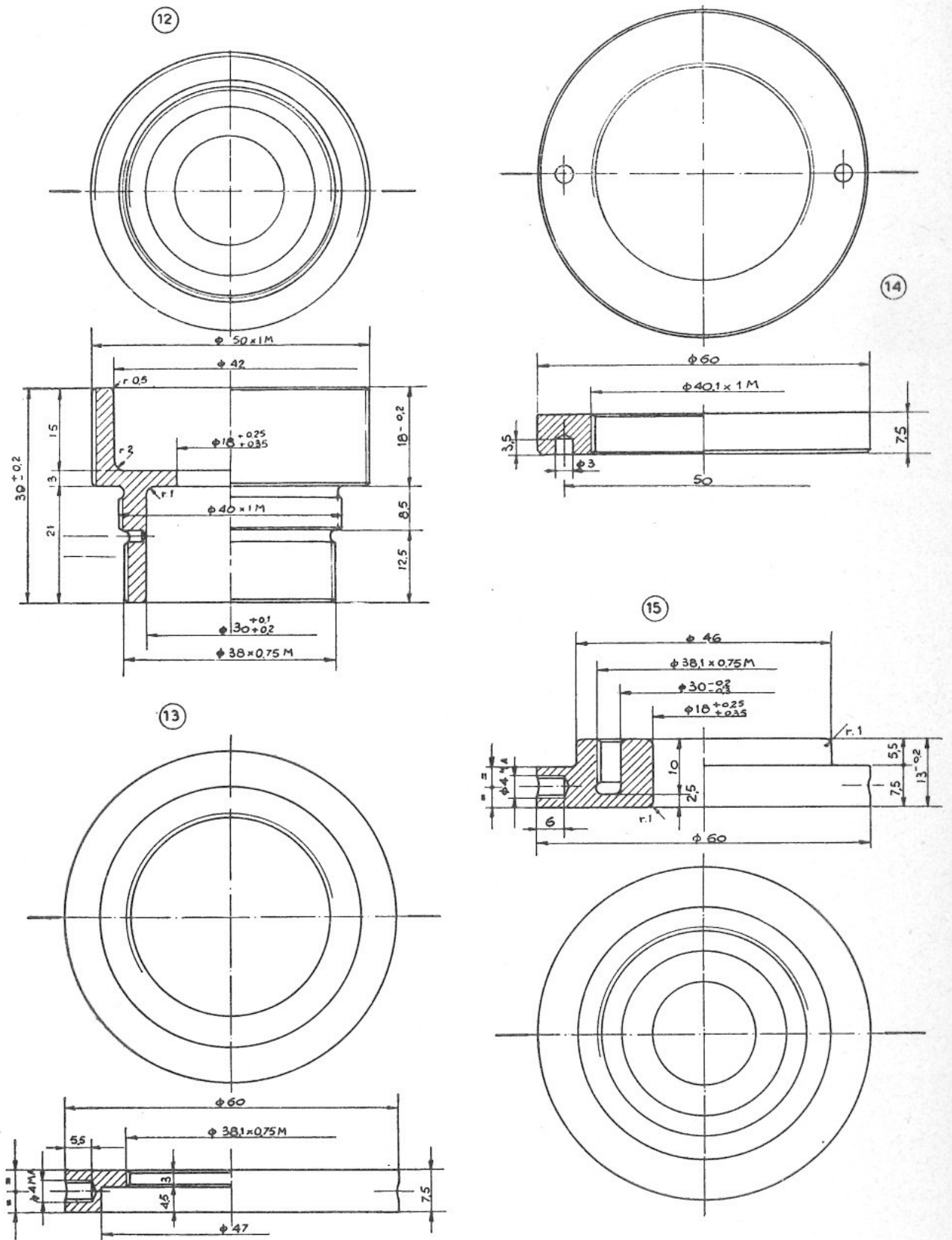
Tav. II b - Particolari costruttivi del complesso illustrato nella Tav. II

Complesso di guida e di tenuta « compensato » per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.



Tav. II c - Particolari costruttivi del complesso illustrato nella Tav. II.

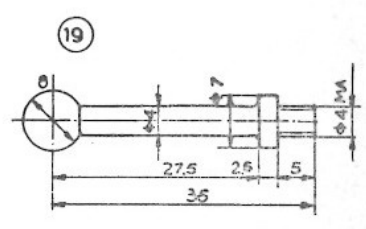
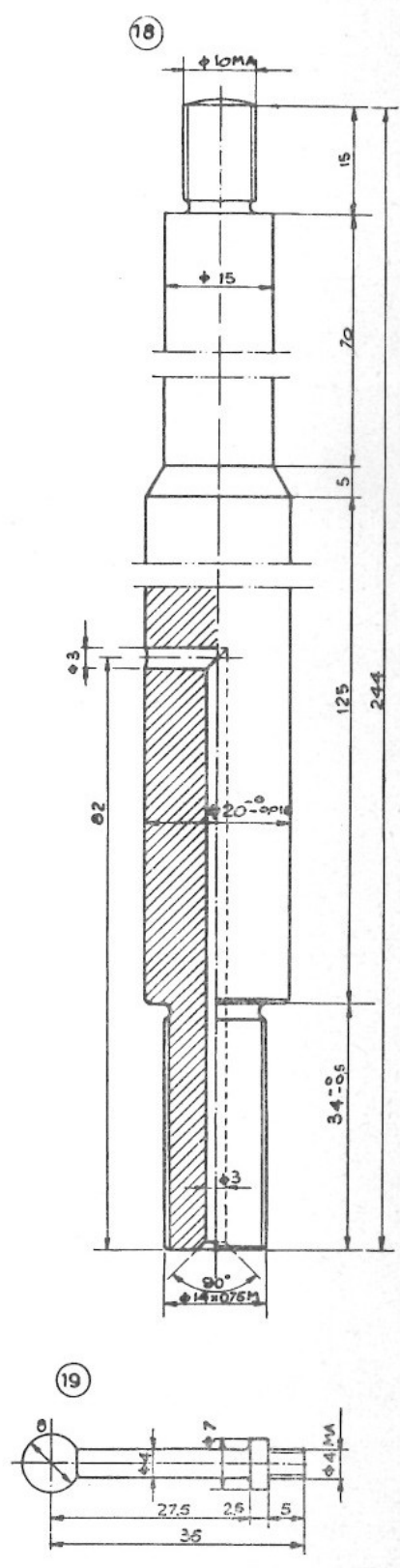
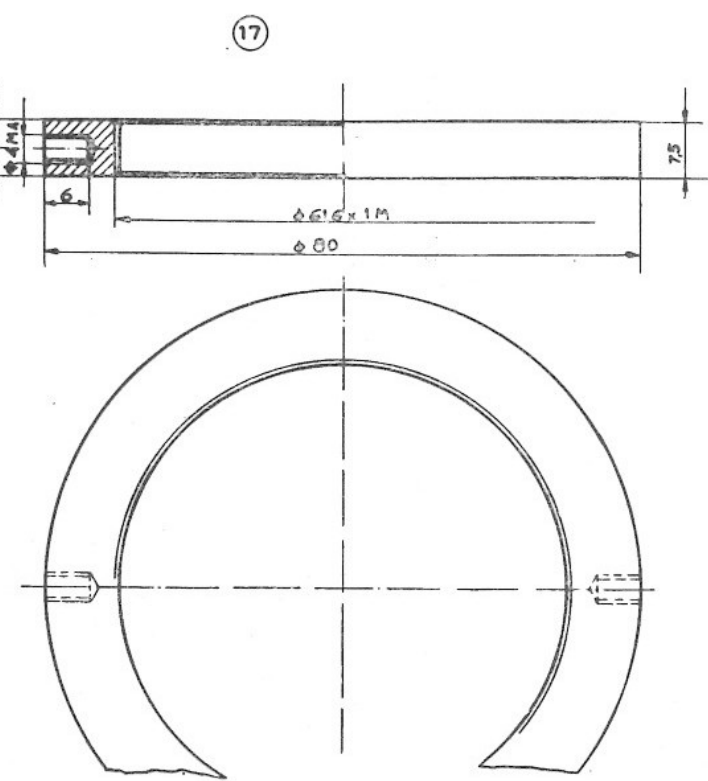
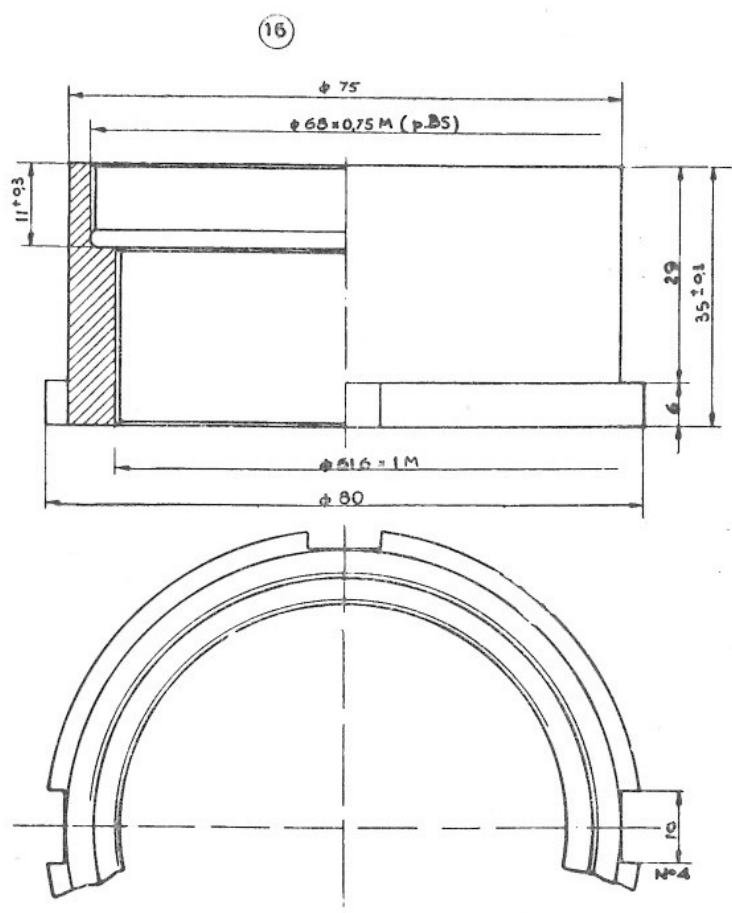
Complesso di guida e di tenuta « compensato » per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale.



Tav. II d - Particolari costruttivi del complesso illustrato nella Tav. II.

*Tav. II e* - Particolari costruttivi del complesso illustrato nella Tav. II.

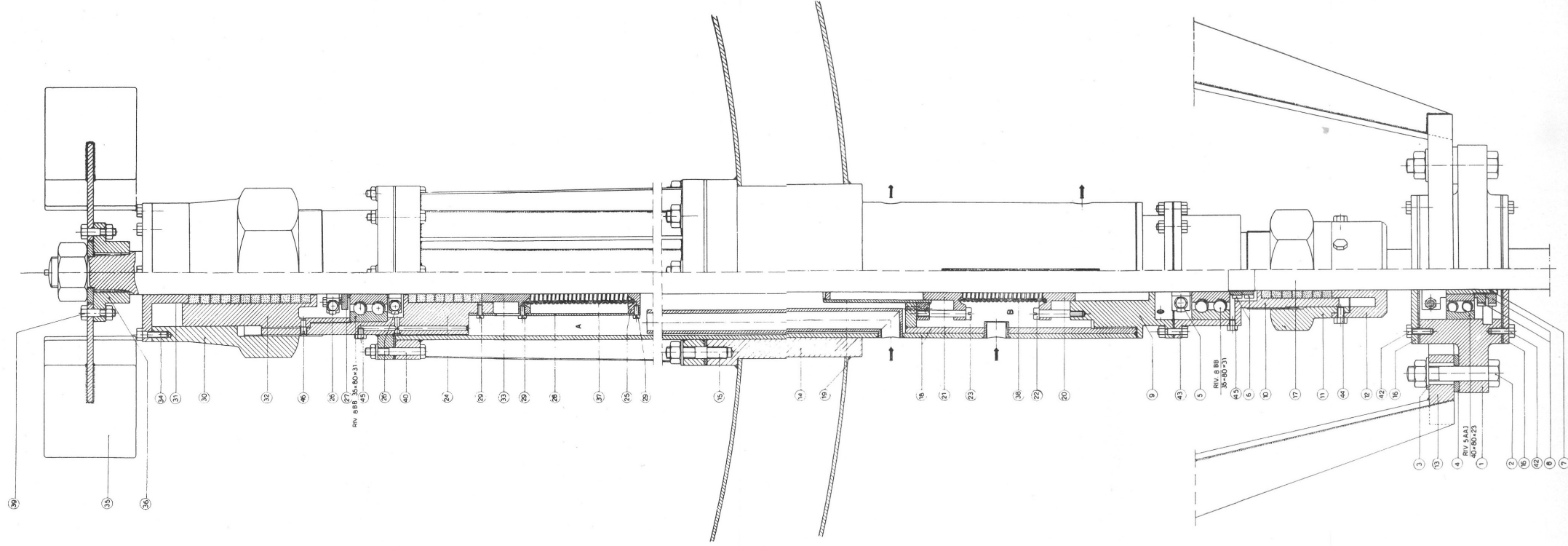
« Complesso di guida e di tenuta « compensato » per fermentatori in scala semi-industriale ed industriale. »



Tav. II e

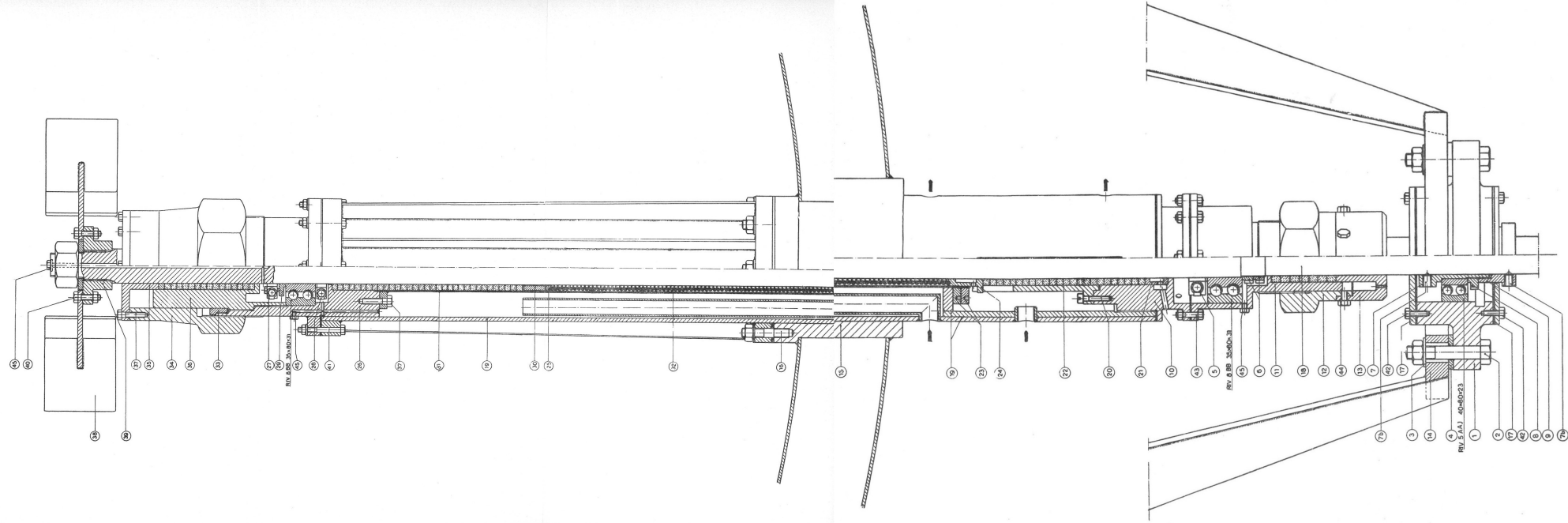
Tav. III - Sezione di un complesso di guida e di tenuta per asse ruotante applicabile ad un fermentatore del volume totale di 1 3000 (tipo a 2 molle).

- |     |   |     |  |
|-----|---|-----|--|
| 1)  | Sopperto del cuscinetto inferiore.  | 24) | Sopperto superiore degli anelli di tenuta e del cuscinetto superiore.                                      |
| 2)  | Bulloni di fissaggio (n. 6) dell'elemento (1) con l'elemento (13).              | 25) | Flangia di contrasto della molla premistoppa.  |
| 3)  | Rondella.   | 26) | Anello di fermo.   |
| 4)  | Spessore.   | 27) | Distanziatore.   |
| 5)  | Anello di fermo.  | 28) | Scatola della molla.   |
| 6)  | Anelli filettati di rasamento.  | 29) | Perno di guida verticale.  |
| 7)  | Canotto.  | 30) | Regolatore del premistoppa superiore.  |
| 8)  | Anello e contranello.   | 31) | Cappello premistoppa superiore.  |
| 9)  | Sopperto inferiore degli anelli di tenuta.                                      | 32) | Sopperto degli anelli di tenuta superiori.   |
| 10) | Sopperto inferiore del cuscinetto e degli anelli di tenuta.                     | 33) | Premistoppa.   |
| 11) | Regolatore del premistoppa.   | 34) | Bullone di fissaggio dell'elemento (30) con l'elemento (31).   |
| 12) | Cappello premistoppa.   | 35) | Elica.   |
| 13) | Flangia d'attacco del sopperto del cuscinetto inferiore.                        | 36) | Mozzo dell'elica.  |
| 14) | Flangia di guida della scatola del complesso con il fondo del fermentatore.     | 37) | Molla superiore.   |
| 15) | Bulloni di attacco della flangia della scatola del complesso alla flangia (14). | 38) | Molla inferiore.   |
| 16) | Rondelle paragrasso.  | 39) | Bulloni di collegamento del disco dell'elica con il mozzo.   |
| 17) | Assc.   | 40) | Bulloni di collegamento della flangia superiore con la scatola del complesso.                              |
| 18) | Scatola cilindrica del complesso.   | 41) | Foro di uscita del grasso.   |
| 19) | Fondo del fermentatore.   | 42) | Bulloni di fissaggio del disco paragrasso.   |
| 20) | Cappello premistoppa inferiore.   | 43) | Bulloni di collegamento della flangia della scatola inferiore contenente il cuscinetto con l'elemento (1). |
| 21) | Cappello premistoppa superiore.   | 44) | Bullone di collegamento tra l'elemento (11) e (12).  |
| 22) | Perno di guida dell'elemento (20).  | 45) | Foro di entrata del grasso di lubrificazione.  |
| 23) | Perno di guida dell'elemento (21).  | 46) | Perno di fermo.  |



Tav. IV - Sezione di un complesso di guida e di tenuta per asse ruotante applicabile ad un fermentatore del volume totale di 1 3000 (tipo ad unica molla centrale).

- |     |   |     |  |
|-----|---|-----|--|
| 1)  | Sopporto del cuscinetto inferiore.  | 24) | Cappellotto premistoppa.   |
| 2)  | Bullone di fissaggio (n. 6) dell'elemento (1) con l'elemento (14).            | 25) | Rondella.  |
| 3)  | Rondella.   | 26) | Scatola per l'alloggiamento del cuscinetto superiore.  |
| 4)  | Spessore.   | 27) | Anello di fermo superiore.   |
| 5)  | Anello di fermo.  | 28) | Anello di fermo inferiore.   |
| 6)  | Anelli filettati di rasamento.  | 29) | Anello distanziatore.  |
| 7)  | Canotto.  | 30) | Premistoppa.   |
| 7b) | Viti di fermo a pressione.  | 31) | Elemento tubolare cilindrico contenitore degli anelli di tenuta e della molla di contrasto.  |
| 8)  | Anello di rasamento del cuscinetto.   | 32) | Molla di contrasto.  |
| 9)  | Controanello di blocco dell'anello di rasamento.                              | 33) | Anello filettato per il bloccaggio dell'elemento (26) con l'elemento (36).                   |
| 10) | Sopporto inferiore degli anelli di tenuta.                                    | 34) | Regolatore del cappellotto premistoppa superiore.  |
| 11) | Sopporto inferiore del cuscinetto e degli anelli di tenuta.                   | 35) | Cappellotto premistoppa inferiore.   |
| 12) | Regolatore del premistoppa.   | 36) | Elemento cilindrico contenente gli elementi di tenuta superiori.                             |
| 13) | Cappellotto premistoppa.  | 37) | Bulloni di fissaggio della flangia d'attacco dell'elemento (31) con l'elemento (26).         |
| 14) | Flangia di attacco del sopporto del cuscinetto inferiore.                     | 38) | Elica.   |
| 15) | Flangia di guida della scatola del complesso con il fondo del fermentatore.   | 39) | Mozzo.   |
| 16) | Bulloni di attacco della flangia della scatola del complesso alla flangia 15. | 40) | Bulloni di attacco del disco dell'elica con il mozzo.  |
| 17) | Rondella paragrasso.  | 41) | Bulloni di attacco della flangia superiore della scatola 19 con la flangia dell'elemento 26. |
| 18) | Asse.   | 42) | Bulloni di fissaggio dei dischi paragrasso del cuscinetto inferiore.                         |
| 19) | Scatola cilindrica del complesso.   | 43) | Bulloni di fissaggio della scatola contenente il cuscinetto con l'elemento 10.               |
| 20) | Bulloni di attacco del contenitore cilindrico degli anelli di tenuta.         | 44) | Bullone di collegamento tra l'elemento 12-13.  |
| 21) | Canotto a gola per lo scarico di fondo degli anelli di tenuta.                | 45) | Foro filettato per l'introduzione del grasso per il cuscinetto a sfere superiore.            |
| 22) | Contenitore cilindrico degli anelli di tenuta.                                |     |  |
| 23) | Anelli di blocco dell'elemento tubolare (31).                                 |     |  |



La camera di compensazione è ricavata nell'interno del corpo cilindrico (1) Tav. II; ha un'altezza determinata dal secondo e terzo gruppo di anelli di tenuta che hanno lo scopo principale di proteggere dal vapore i due cuscinetti di guida dell'albero ruotante. Questo ultimo è costituito da due parti (7) Tav. II e (18) Tav. II, particolari (7) Tav. IIb e (18) Tav. IIc, al fine di facilitare la foratura della sua parte centrale che costituirà il condotto di lubrificazione del cuscinetto a sfere di guida superiore. Forati i due pezzi costituenti l'albero ruotante, secondo le caratteristiche del progetto, esse prima di essere saldate, vengono avvitate onde aumentare la resistenza della saldatura. Le estremità dell'albero di rotazione sono filettate e provviste di battuta per il rispettivo fissaggio dell'elica agitatrice e della puleggia di trasmissione mediante dadi e rondelle spaccate.

### *Materiale degli anelli di tenuta*

Gli anelli di tenuta adoperati, sono costituiti da materiale denominato « Triplex Star » simile a quello usato per i piccoli fermentatori. Per questo complesso di guida e di tenuta l'esperienza ha dimostrato che i migliori risultati sono stati ottenuti usando anelli a sezione quadrata di mm. 6 di lato. Il numero degli anelli usati e quindi l'altezza del pacco variano a seconda delle condizioni di lavoro ed sono chiaramente riportati nelle varie tavole dei disegni costruttivi. La compressione degli anelli di tenuta sull'asse ruotante è ottenuta, a seconda dei casi, o con i soliti sistemi usati per tale scopo o automaticamente per mezzo di una molla (vedi Tav. II). In quest'ultimo caso bisogna verificare che il valore della pressione esterna assoluta, occorrente per la compressione degli anelli, che abbiamo indicato con  $P_e$ , soddisfi la

$$(*) \quad P_e = P_1 e^{2 f h/w}$$

Per il complesso illustrato è stato accertato che il valore della pressione della molla supera il valore teorico di compressione  $P_e$  per il materiale usato, di un fattore di sicurezza sufficiente.

---

(\*)  $P_e$  — pressione esterna assoluta occorrente per la compressione del materiale di tenuta, per controbilanciare  $P_1$ .

$P_1$  — pressione interna assoluta esercitata dal gas o dal liquido nel fermentatore contro il materiale di tenuta. (Per i fermentatori impiegati dagli AA. è stato dato a  $P_1$  un valore di 4 atm.).

$f$  — coefficiente di attrito dinamico fra materiale di tenuta e albero di rotazione.

$h$  — altezza totale del materiale di tenuta (altezza del pacco).

$w$  — larghezza della sezione trasversale.

Per il calcolo,  $P_1$  è stato considerato pari a 4 atm.;  $f$  è stato determinato sperimentalmente, mediante misurazioni dinamometriche; per gli anelli di tenuta « Triplex Star » esso è risultato essere pari a 0,05-0,06 e rimane tale anche dopo lavoro prolungato.

## COMPLESSO DI TENUTA E DI GUIDA PER FERMENTATORI DA 3.000 LITRI

Esso è riportato nella Tav. III ed, in via di massima riproduce, in scala più grande, le caratteristiche del complesso di guida e di tenuta per fermentatori da 300 litri prima descritte. Questo complesso è stato progettato e realizzato per la installazione su un fermentatore da 3000 litri, ma il suo dimensionamento è tale da poter essere utilizzato integralmente per un fermentatore da 10.000 ÷ 12.000 litri. La ragione di questo superdimensionamento sta nel fatto che, dovendo servire da banco di prova e non essendo possibile a priori prevedere perfettamente il dimensionamento di alcuni pezzi, si è preferito abbondare nelle dimensioni, in modo da poter raccogliere dall'esperienza del funzionamento pratico, i dati necessari alle future progettazioni.

### ELEMENTI MECCANICI DEL COMPLESSO

Il complesso di tenuta e di guida è sostanzialmente costituito da due parti fisse, una superiore ed una inferiore, solidali al fermentatore e di cinque parti regolabili per ottenere la compressione desiderata degli anelli di tenuta sull'albero ruotante.

#### a) *Parte superiore fissa*

Essa è posta al centro del fondo del fermentatore per mezzo di flange bullonate con la interposizione di una idonea guarnizione e costituisce il complesso di tenuta e di guida. Tale complesso comprende due cuscinetti a sfere di guida e cinque pacchi di anelli di tenuta. Tav. III.

#### b) *Parte inferiore fissa*

Essa è costituita dagli elementi (1), (2), (3), (4), (13), (16) e (42) (vedi Tav. III) che alloggianno un terzo cuscinetto di guida dell'albero ruotante. Questa parte, che ha lo scopo di assicurare la stabilità di tutto il complesso di guida e di tenuta e di reagire agli sforzi della puleggia di trasmissione del moto dell'albero ruotante è portata da un idoneo castello di profilati angolari a T di ferro, saldato sul fondo del fermentatore.

#### c) *Anelli di tenuta e camera di compensazione*

Il complesso di guida e di tenuta prevede, come si è detto, la installazione di cinque pacchi di anelli di tenuta i quali, lavorando in condizioni differenti uno dall'altro, assolvono i seguenti compiti. Cominciando

dall'alto verso il basso abbiamo che: il primo pacco di anelli ha il compito d'impedire che il contenuto del fermentatore possa venire a contatto con l'atmosfera esterna; il secondo gruppo protegge dal vapore il primo cuscinetto di guida dell'albero ruotante ed insieme al terzo e al quarto pacco di anelli di tenuta limita le camere di compensazione; il quarto pacco di anelli impedisce la fuoriuscita del grasso di lubrificazione dalla scatola a grasso del secondo cuscinetto a sfere di guida dell'albero ruotante. Il terzo pacco di anelli di tenuta divide la camera di compensazione in due parti, una superiore ed una inferiore e ciò allo scopo di evitare un eccessivo trasferimento di calore nel terreno di cultura, allorchè durante la fermentazione viene usato il vapore come fluido compensato di pressione.

Durante la fase di sterilizzazione si invia il vapore nelle due parti della camera di compensazione e si lascia l'alimentazione del vapore solo nella parte bassa della camera, allorchè ha inizio la fase di raffreddamento del fermentatore. In tal modo è garantita la sterilità del contenuto del fermentatore. Effettuata la sterilizzazione del complesso di guida e di tenuta la sterilità del contenuto del fermentatore può essere garantita anche da una circolazione di aria sterile, sotto adeguata pressione, nella parte bassa della camera di compensazione.

#### d) *Compressione dei pacchi di anelli di tenuta.*

La compressione dei pacchi I e V viene regolata normalmente mediante due premistoppa indicati rispettivamente nella Tav. III con i numeri (30), (31) e (34) e con (41), (42) e (44). La compressione dei pacchi II, III e IV viene effettuata e mantenuta automaticamente da due molle le cui compressioni sono trasmesse ai pacchi attraverso gli elementi (33), (21) e (20) che possono scorrere nelle rispettive guide (29), (23) e (22).

#### e) *Bloccaggio dei cuscinetti di guida*

Il sistema adottato per il bloccaggio dei rispettivi anelli esterni ed interni dei tre cuscinetti è illustrato nella Tav. III.

#### f) *Albero dell'elica*

L'albero ruotante dell'agitatore (17) Tav. III porta tre filettature; due alle estremità per il bloccaggio dell'elica agitatrice e della puleggia per la trasmissione del moto, ed una terza all'altezza del secondo cuscinetto di guida per il suo bloccaggio mediante i due anelli (6) Tav. III.

g) *Lubrificazione*

I due cuscinetti, interni al complesso di tenuta e di guida, sono lubrificati dall'esterno attraverso adeguati condotti di adduzione (45) Tav. III. Il cuscinetto a sfere esterno al complesso di tenuta viene lubrificato attraverso il coperchio (43) Tav. III della relativa scatola a grasso. Per lubrificante viene adoperato un qualunque grasso ad un elevato punto di gocciolamento

VARIANTE DEL COMPLESSO DI TENUTA E DI GUIDA PER FERMENTATORI DA 3.000 LITRI

La Tav. IV rappresenta una variante del complesso di guida e di tenuta « compensato » prima descritto. In questo tipo il numero dei pacchi di anelli di tenuta è stato ridotto a quattro ed è stata usata una sola molla per la compressione automatica del II e III pacco di anelli di tenuta. Anche in questo tipo la camera di compensazione è divisa in due parti e lavora nelle stesse condizioni descritte avanti per il primo tipo. La lubrificazione del cuscinetto a sfere superiore di guida dell'albero ruotante è effettuata attraverso un condotto ricavato nel centro dell'albero ruotante. La lubrificazione degli altri due cuscinetti a sfere non ha subito varianti.

L'usura dei pacchi di tenuta viene accertata dalla fuoriuscita di vapore attraverso un condotto, ricavato nell'elemento cilindrico (10), posto subito dopo il terzo pacco di anelli di tenuta.

Dai disegni si rileva anche una piccola variante apportata al sistema di bloccaggio della guida interna del II cuscinetto a sfere di guida dell'albero ruotante

### CONCLUSIONI

I modelli dei complessi di tenuta e di guida muniti di camera di compensazione ora descritti, sono stati realizzati nell'officina meccanica dell'Istituto Superiore di Sanità e hanno lavorato negli impianti sperimentali dell'Istituto stesso. Il tipo da 300 litri è stato sotto controllo di funzionamento continuo per oltre un anno e quello da 3.000 litri per oltre otto mesi.

Il funzionamento è stato più che soddisfacente per tutti e due i tipi, sia dal punto di vista meccanico sia da quello della tenuta agli effetti della sterilità del contenuto dei fermentatori sperimentali.

I vantaggi di questi nuovi tipi di complessi di tenuta e di guida ri-



spetto a quelli usualmente adoperati nell'industria possono così brevemente riassumersi:

1) Distribuzione uniforme dell'attrito del materiale di tenuta contro l'albero ruotante con conseguente minore sviluppo di calore e quindi maggiore durata dei materiali di tenuta.

2) Semplificazione del complesso di trasmissione del moto all'albero dell'agitatore inquantochè esso può essere trasmesso o direttamente con la interposizione di un giunto idoneo o mediante cinghie trapezoidali e puleggie, con la esclusione quindi dei riduttori ad ingranaggi.

3) Possibilità di lavorare con la sicurezza della sterilità del contenuto del fermentatore sotto il battente costituito dal liquido di cultura del fermentatore stesso. Ciò dà la possibilità di installare il complesso di tenuta e di guida descritto, per es., sul fondo del fermentatore con i seguenti vantaggi:

a) Riduzione della lunghezza dell'albero ruotante dell'agitatore con conseguente possibilità di annullamento di pericolose vibrazioni anche quando lavori ad un elevato numero di giri.

b) Abolizione della pesante incastellatura, montata sulla cupola del fermentatore, portante il riduttore ad ingranaggi e di solito anche il motore.

c) Massima stabilità meccanica del fermentatore per l'abbassamento del suo baricentro e semplificazione del problema del suo appoggio.

d) Nessun ingombro sulla cupola del fermentatore.

4) La presenza di una camera di compensazione di pressione rende più agevole e più sicura la tenuta sull'albero ruotante essendo possibile ridurre quasi a zero o a qualsiasi altro valore la differenza di pressione esistente fra l'interno e l'esterno del fermentatore.

5) In caso di perdite attraverso l'organo di tenuta il liquido di cultura scende nella camera di compensazione senza venire a contatto con l'ambiente esterno ed è allontanato attraverso lo scarico della camera di compensazione. In tal modo è assolutamente evitata ogni possibilità di inquinamento del liquido di cultura, contenuto nel fermentatore.