

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00459

(22) Data de depozit: 03/08/2021

(41) Data publicării cererii:
28/02/2023 BOPI nr. 2/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA " ȘTEFAN CEL MARE "
DIN SUCEAVA, STR. UNIVERSITĂȚII
NR.13, SUCEAVA, SV, RO

(72) Inventatori:
• AMARIEI SONIA, STR.VICTORIEI NR.61,
SAT SFÂNTU ILIE - ȘCHEIA, SV, RO;
• GUTT GHEORGHE, STR. VICTORIEI
NR.61, SAT SF.ILIE, ȘCHEIA, SV, RO

(54) PROCEDEU ȘI ECHIPAMENT PENTRU DETERMINAREA
UNOR MĂRIMI FIZICE CARACTERISTICE
PENTRU MEMBRANE COMESTIBILE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu și la un echipament pentru determinarea unor mărimi fizice caracteristice membranelor comestibile, și anume: rezistența la plesnire, modulul de elasticitate specific și lucrul mecanic de deformare. Procedeu conform invenției constă în aplicarea unei presiuni uniforme de aer, liniar crescătoare în timp, pe toată suprafața unui eșantion având formă de disc, obținut dintr-o membrană supusă testării, în timpul testării înregistrându-se continuu evoluția valorilor presiunii exercitate pe membrană, a valorilor înălțimii calotei sferice rezultate din deformarea membranei ca urmare a creșterii presiunii, a valorilor timpului și a valorilor temperaturii eșantionului cu ajutorul cărora se vor determina mărimile fizice dorite. Echipamentul conform invenției cuprinde: un vas (2) cilindric din oțel inoxidabil pe care sunt montate două inele (3 și 5) din oțel inoxidabil, fiecare fiind prevăzut cu câte o garnitură (4 și 6) din cauciuc siliconic, două șuruburi (7 și 8) basculante și două piulițe (9 și 10) randalinatase asigurând etanșeitarea unui eșantion (1) de testat amplasat între cele două inele (3 și 5), vasul (2) fiind fixat pe un batiu (12) pe care este montată o coloană (13) cilindrică din oțel pe care este fixată o traversă (15) din oțel, mobilă pe verticală, ce conține un ghidaj (16, 17) de tip coadă de rândunică și un șurub (18) pentru deplasarea fină a unui senzor (19) de deplasare, fără contact, un manometru (20) electronic cu interfață USB care permite, pe lângă măsurarea valorilor curente de evoluție a presiunii în vasul (2) cilindric, memorarea valorii presiunii maxime la care se

produce plesnirea membranei, o unitate (21) pneumatică pentru creșterea liniară a presiunii aerului, o sursă (22) de aer cu presiune constantă și un calculator (23) prevăzut cu un software pentru programarea creșterii de presiune din vasul (2) cilindric și pentru achiziția, prelucrarea și afișarea mărimilor măsurate.

Revendicări: 6
Figuri: 8

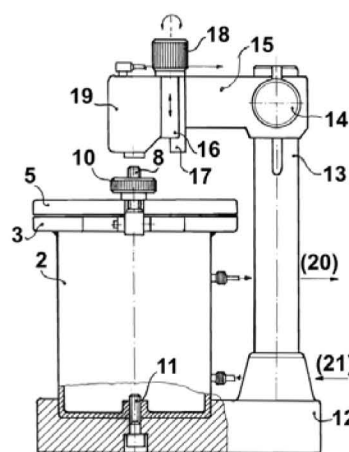


Fig. 4



PROCEDEU ȘI ECHIPAMENT PENTRU DETERMINAREA UNOR MĂRIMI FIZICE CARACTERISTICE MEMBRANELOR COMESTIBILE

Procedeul și echipamentul conform invenției reprezintă un mijloc de laborator destinat determinării rezistenței la plesnire, a modulului de elasticitate și a lucrului mecanic de deformare a membranelor comestibile.

Membranele comestibile sunt destinate ambalării diferitelor produse alimentare și se consumă odată cu alimentul ambalat. Aceste membrane reprezintă ambalaje moderne care se înscriu în economia ciclică definită generic prin: "Nimic nu se arde nimic nu se îngroapă, totul se refolosește" și sunt structuri de polimeri naturali obținute din componente alimentare, care pe lângă funcția de bază a oricărui ambalaj pot îndeplini prin aditivare și pe cel de supliment alimentar aducând un aport de substanțe nutritive importante pentru organism. Comportarea acestor membrane la solicitări mecanice este diferită de cea a membranelor necomestibile realizate din polimeri de sinteză din resurse neregenerabile, folosite la scară largă pentru ambalarea produselor alimentare, ca atare necesită procedee și echipamente specifice de testare.

Invenția are la bază un procedeu și un echipament folosite ca mijloc principal pentru determinarea rezistenței la plesnire a membranelor comestibile. Principiul care stă la baza procedeuului și a echipamentului aferent permit, afară de determinarea valorii rezistenței la plesnire și a valorii modulului de elasticitate și a valorii lucrului mecanic de deformare. Aceste mărimi fizice constituie mijloace avansate și rapide pentru stabilirea reacției membranelor comestibile la solicitări mecanice și folosesc la caracterizarea avansată a acestora din punct de vedere al comportării lor în timpul ambalării, a transportului și a consumului lor odată cu alimentul ambalat.

Materialele documentare și opozabile care au stat la dispoziția autorilor au fost cele referitoare la testarea rezistenței la plesnire a două materiale de ambalaj clasic, subțire, respectiv foliile polimerice sintetice și hârtia.

Pentru testarea rezistenței la plesnire a membranelor polimerice sintetice este cunoscut procedeul și echipamentul descris în documentul [D1], standardul ASTM D1709 - 03, bazat pe măsurarea energiei necesare fisurării sau plesnirii unui film polimeric, solicitat de către un corp aflat în cădere liberă, care prezintă în partea de jos o geometrie semisferică. Rezistența la plesnire se exprimă în unități de masă a corpului care cade de la o înălțime prestabilită necesară pentru a rupe 51% din probele testate.

Pentru testarea rezistenței la plesnire a hârtiei este cunoscută metoda descrisă în documentul [D2], standardul DIN EN ISO 2758, bazată pe solicitarea unei probe cu o presiune crescătoare, repartizată uniform pe toată suprafața solicitată, până la fisurare sau plesnire. Rezistența la plesnire se exprimă în kilopascal. Raportul dintre valoarea rezistenței la plesnire și masa unei suprafețe a probei, exprimată în g/m^2 , definește indexul de plesnire.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în descrierea și definirea unui procedeu și în descrierea unui echipament pentru determinarea într-un timp scurt, cu același mijloc de testare, a rezistenței la plesnire, a modulului de elasticitate și a lucrului mecanic de deformare la eșantioane provenite din membrane comestibile.

Prin aplicarea invenției se obține avantajul determinării rapide, printr-un procedeu și un echipament nou, a rezistenței la plesnire, a modulului de elasticitate și a lucrului mecanic de deformare la membrane comestibile ceea ce contribuie la caracterizarea avansată a rezistenței mecanice a acestor membrane la diverse solicitări.

Procedeul conform invenției constă în aplicarea unei presiuni de aer, liniar crescătoare și cunoscute, asupra unui eșantion sub forma de disc, cu diametrul de 50 mm corespunzător unei suprafețe de 0,00785 m², realizat prin ștanțare dintr-o membrană comestibilă care se dorește a fi testată. Eșantionul de membrană este montat etanș, între două garnituri siliconice, în partea superioară a unui vas cilindric din oțel inoxidabil. Incintei din vasul cilindric i se aplică o presiune de aer liniar crescătoare din partea unui regulator de presiune electronic programabil. Pe măsura creșterii presiunii aerului, eșantionul din membrana testată începe să se umfle prezentând geometria unui segment de sferă crescător în timp până când intervine plesnirea materialului membranei, situație care duce la scăderea bruscă a presiunii din incinta vasului cilindric. Pe tot parcursul aplicării presiunii liniar crescătoare până la scăderea la zero a acesteia, ca urmare a distrugerii membranei, se măsoară și se memorează electronic perechile de valori, presiune - înălțimea membranei deformate sub formă de calotă sferică.

În etapa următoare, cu valorile de presiune măsurate cu un manometru electronic ce dispune de funcția de retenție automată a presiunii maxime la plesnire a membranei (rezistența la plesnire) de interfață USB și de măsurarea automată a temperaturii aerului din incinta vasului cilindric precum și cu valorile măsurate cu un senzor de deplasare, fără contact, bazat pe triangulație confocală laser, a evoluției înălțimii calotei sferice a membranei deformate până în momentul plesnirii, se determină, conform invenției, afară de valoarea rezistenței la plesnire și valoarea modulului de elasticitate specific precum și valoarea lucrului mecanic de deformare specific necesar până la plesnirea membranei comestibile.

Se dă în continuare o descriere a procedurii în legătură cu Fig.1, Fig.2 și Fig.3, care reprezintă:

Fig.1- Graficul evoluției presiunii aplicate eșantionului de membrană în funcție de timp;

Fig.2- Graficul evoluției înălțimii calotei sferice în funcție de presiunea aplicată eșantionului de membrană;

Fig.3 - Curba în coordonate presiune - înălțime a calotei sferice cu evidențierea secantei care intersectează curba la valoarea înălțimii $h_{10\%}$ și valoarea înălțimii $h_{50\%}$;

Rezistența la plesnire σ_{pm} a membranei testate se determină automat, atunci când membrana plesnește, ca fiind raportul dintre presiunea maximă p_{max} a aerului măsurată în incinta cilindrică din oțel inoxidabil înaintea momentului plesnirii și aria A_0 a suprafeței membranei testate.

$$\sigma_{pm} = \frac{P_{max}}{A_0} = \frac{P_{max}}{\pi \cdot r^2} = 127,38 \cdot p_{max} \text{ [MPa]} \quad (1)$$

Valoarea presiunii maxime este sezizată de manometrul electronic pe baza valorii zero a derivatei a l-a a raportului dintre variația presiunii Δp aplicată membranei și variația Δh a înălțimii segmentului de sferă format din umflarea membranei:

$$d \frac{\Delta p_m}{\Delta r} = 0 \quad (2)$$

Mijlocul de măsurare a presiunii maxime p_{max} îl constituie un manometru electronic echipat cu interfață USB și reținerea automată a valorii presiunii aerului în momentul plesnirii eșantionului de membrană.

Modulul de elasticitate clasic (Modulul lui Young) se determină din încercarea la tracțiune a materialului testat și se exprimă ca fiind raportul dintre tensiunea σ mecanică aplicată materialului și gradul de deformare ε a acestuia, ambele mărimi fiind măsurate pentru zona liniară de deformare elastică definită prin legea lui Hooke. În practică, doar oțelurile respectă legea lui Hooke, celelalte materiale au diagramele $\sigma - \varepsilon$ curbilini pe toată lungimea până la rupere. Pentru aceste materiale, din care fac parte și membranele comestibile, se definește un modul de elasticitate convențional. Pentru o membrană sub formă de disc, la început plană, care închide o incintă cilindrică în care se introduce în mod continuu aer cu o presiune p_m liniar crescătoare în timp (Fig.1), care evoluează într-un segment de sferă având înălțimea h și aceasta continuu crescătoare în timp (Fig.2), modulul de elasticitate poate fi definit și determinat ca fiind presiunea p_m (echivalentul tensiunii mecanice σ) stabilită pentru o anumită valoare a gradului de deformare ε_s specific.

Conform invenției, modulul E_{ms} de elasticitate specific pentru membrane comestibile se determină din raportul dintre presiunea p_m a aerului aplicată acestora și gradul de deformare ε_s specific al lor. În acest scop, se înregistrează automat valorile de presiune p_m , aplicată crescător de la valoarea zero până la plesnirea membranei. Concomitent cu valorile ce reflectă evoluția înălțimii h a calotei sferice formate ca urmare a umflării unui eșantion de membrană, realizat sub forma de disc, se generează automat curba în coordonate presiune - p înălțime - h precum și secanta care intersectează curba la valorile $h_{10\%}$ și $h_{50\%}$ (Fig.3). În aceste condiții, gradul de deformare ε_m a membranei are expresia:

$$\varepsilon_s = \frac{h_{50\%} - h_{10\%}}{h_{10\%}} \quad (3)$$

și corespunzător modulul de elasticitate E_{ms} se calculează automat, prin soft, cu relația:

$$E_{ms} = \frac{P_{m50\%} - P_{m10\%}}{\varepsilon_s} = \frac{(P_{m50\%} - P_{m10\%}) \cdot (h_{10\%})}{h_{50\%} - h_{10\%}} \quad [Mpa] \quad (4)$$

Mijlocul de măsurare a presiunii p_m aplicată membranei îl formează același manometru electronic folosit la determinarea rezistenței la plesnire, iar mijlocul de măsurare pentru evoluția razei calotei sferice îl formează senzorul de deplasare fără contact, bazat pe tehnologie confocală laser din dotarea echipamentului și un soft de achiziție, prelucrare și afișare date instalat în calculatorul electronic.

Lucrul mecanic W folosit pentru deformarea unui material este definit ca fiind produsul dintre forța care provoacă deformarea și deplasarea necesară deformării. Lucrul mecanic W_{ms} specific folosit pentru deformarea unei membrane de către o presiune de aer aplicată acesteia, presiune care conform invenției acționează multidirecțional pe toată

suprafața testată, este dat de produsul dintre presiunea p_m aplicată membranei cu suprafața 0,00785 m² și înălțimea h_m a deformării membranei provocată de aplicarea presiunii:

33

$$W_{ms} = p_m \cdot h_m \quad [J] \quad (5)$$

Mijlocul de măsurare a presiunii p_m aplicată membranei îl formează manometrul electronic folosit la determinarea rezistenței la plesnire și la determinarea modului de elasticitate, iar mijlocul de măsurare pentru deplasarea s_m îl constituie senzorul de deplasare fără contact din dotarea echipamentului, folosit și la determinarea modului de elasticitate, precum și un soft specializat instalat pe calculatorul electronic al echipamentului.

Se dă în continuare și un exemplu de realizare a echipamentului, care materializează procedeul conform invenției, în legătură cu Fig.4, Fig.5, Fig.6, și Fig.7, Fig.8, care reprezintă:

Fig.4 - Vederea din lateral a echipamentului;

Fig.5 - Vederea din față a echipamentului;

Fig.6 - Vederea de sus a echipamentului;

Fig.7 - Sistemul de prindere și de etanșare a eșantionului de membrană comestibilă pe vasul cilindric din oțel inoxidabil;

Fig.8 - Schema de principiu a echipamentului.

Echipamentul pentru testarea unui eșantion 1 disc, realizat dintr-o membrană comestibilă are în componere un vas 2 cilindric din oțel inoxidabil de care este sudat un inel 3, tot din oțel inoxidabil, în care se găsește o garnitură 4 din cauciuc siliconic. Peste inelul 3 este montat demontabil un alt inel 5 din oțel inoxidabil, în care se găsește o altă garnitură 6 din cauciuc siliconic. Pentru strângerea inelului 3 peste inelul 5, în scopul asigurării etanșeității dintre eșantionul 1 și garniturile 4 și 6, sunt folosite două șuruburi 7 și 8 basculante și două piulițe 9 și 10 randalinate. Vasul 2 este fixat și strâns cu un șurub 11 pe un batiu 12 de fontă pe care este montată o coloană 13 cilindrică din oțel pe care este fixată mobil, cu un șurub 14 randalinat, o traversă 15 din oțel, mobilă pe verticală, ce conține un ghidaj 16 și 17 tip coadă de rândunică și un șurub 18 pentru deplasarea fină a unui senzor 19 de deplasare, fără contact, bazat pe triangulație confocală laser. Un manometru 20 electronic cu interfață USB permite, pe lângă măsurarea valorilor curente de evoluție a presiunii în vasul cilindric, memorarea valorii maxime a presiunii p_{max} la care se produce plesnirea membranei eșantionului 1 disc precum și a valorilor de temperatură a aerului din vasul 2 cilindric. În componerea echipamentului mai intră o unitate 21 pneumatică pentru creșterea liniară a presiunii aerului, o sursă 22 de aer cu presiune constantă, un calculator 23 electronic, o imprimantă 24 electronică și un soft pentru programarea creșterii de presiune în vasul 3 cilindric precum și pentru achiziția, prelucrarea și afișarea mărimilor măsurate conform invenției.

Modul de lucru și succesiunea etapelor în cadrul procedurii conform invenției sunt următoarele:

- a- se taie, cu ajutorul unei ștanțe manuale, un eșantion 1 disc, cu diametrul de 50 mm, dintr-o membrană comestibilă supusă testării.
- b- se deșurubează piulițele randalinate 9 și 10 după care acestea se rabat cu 180° împreună cu șuruburile 7 și 8.
- c- se îndepărtează inelul 5 din oțel inoxidabil și se așează eșantionul 1 disc centric peste garnitura 4 din cauciuc siliconic după care inelul 5 se așează înapoi în poziția

inițială astfel încât eșantionul 1 disc să se plaseze centric între garnitura 4 și garnitura 6 din cauciuc siliconic.

- d- se rabat șuruburile 7 și 8 în poziția inițială și se strâng piulițele 9 și 10 randalinate până când se realizează etanșarea eșantionului 1 disc între garniturile 4 și 6 din cauciuc siliconic.
- e- se setează din calculatorul 23 electronic valoarea zero a presiunii, valoarea zero a deformării membranei și valoarea vitezei de aplicare a presiunii asupra membranei din eșantionul 1 disc.
- e- se inițiază solicitarea membranei din eșantionul 1 disc ceea ce duce la aplicarea unei presiuni crescătoare de aer în vasul 2 cilindric din oțel inoxidabil. Pe parcursul evoluției presiunii p_m aplicată membranei are loc deformarea materialului membranei din eșantionul 1 disc, concomitent cu citirea, memorarea și procesarea valorilor crescătoare ale următoarelor mărimi și parametri: creșterea înălțimii h_m a segmentului de sferă formată din umflarea membranei eșantionului, valorile timpilor t corespunzători diferitelor presiuni p_m aplicate membranei, memorarea temperaturii T a aerului din incinta vasului 2 cilindric .
- f- conform procedeeului din invenție are loc calcularea și afișarea valorilor pentru: rezistența la plesnire σ_{pm} , modulul de elasticitate E_{ms} specific și lucrul mecanic de deformare L_{ms} specific, pentru membrana comestibilă din eșantionul 1 disc.

La cerere, pot fi reproduse și afișate în timp real graficele evoluției creșterii înălțimii segmentului de sferă în funcție de presiunea aplicată și graficul evoluției presiunii aplicate în funcție de timp. Prin testarea unui lot mare de eșantioane 1 disc obținute din membrane comestibile, având diferite compoziții și grosimi, se pot obține familii de curbe folosite pentru caracterizarea avasată a comportării la solicitări mecanice ale acestora.

REVENDICĂRI

1. Invenția Procedeu și echipament pentru determinarea unor mărimi fizice caracteristice membranelor comestibile ce prezintă în compunerea echipamentului un manometru (11) electronic, un senzor (10) electronic de deplasare, un calculator (13) electronic și o imprimantă (14) electronică, **caracterizată prin aceea că**, procedeul conform invenției permite determinarea valorilor rezistenței σ_{pm} la plesnire, a modulului de elasticitate E_{ms} specific și a lucrului mecanic W_{ms} specific de deformare pentru eșantioane (1) disc realizate din membrane comestibile folosite la rândul lor la ambalarea alimentelor, iar echipamentul conform invenției permite materializarea procedeului pentru mărimile fizice caracteristice enunțate.
2. Invenția procedeu și echipament pentru determinarea rezistenței la plesnire, a modulului de elasticitate și a lucrului mecanic de deformare la membrane, **caracterizate prin aceea că**, în vederea testărilor sunt folosite eșantioane (1) disc ștanțate din membrane comestibile, având un diametru de 50 mm ceea ce corespunde unei arii a suprafeței de 7.850 mm^2 ($0,00785 \text{ m}^2$).
3. Procedeu pentru determinarea rezistenței la plesnire a membranelor comestibile (1) testate conform revendicării nr.1, **caracterizat prin aceea că**, rezistența la plesnire σ_{pm} a unui eșantion (1) disc ștanțat dintr-o membrană comestibilă supusă testării se determină în mod automat în momentul plesnirii membranei și se exprimă prin raportul dintre presiunea maximă p_{max} a aerului înregistrat în incinta vasului (2) cilindric din oțel inoxidabil și aria A_0 a suprafeței inițiale de $0,00785 \text{ m}^2$ a eșantionului (1) disc:

$$\sigma_{pm} = \frac{P_{max}}{A_0} = \frac{P_{max}}{\pi \cdot r^2} = 127,38 \cdot p_{max} \quad [MPa]$$

mijlocul de măsurare a presiunii maxime p_{max} fiind un manometru (11) electronic echipat cu interfață USB, cu reținerea automată a valorii maxime a presiunii aerului în momentul plesnirii și cu măsurarea automată a temperaturii aerului din vasul (2) cilindric.

4. Procedeu pentru determinarea modulului de elasticitate E_{ms} specific al membranei comestibile din eșantionul (1) disc, conform revendicării nr.1, **caracterizat prin aceea că**, modulul de elasticitate specific se determină cu ajutorul secantei la curba $p_m - h_m$, având coordonatele celor două puncte de intersecție cu curba, $p_{10\%}$ și $h_{10\%}$ respectiv $p_{50\%}$ și $h_{50\%}$, condiție în care gradul de deformare ε_{ms} specific al membranei din eșantionul (1) cilindric are expresia :

$$\varepsilon_{ms} = \frac{h_{50\%} - h_{10\%}}{h_{10\%}}$$

și corespunzător modulul de elasticitate E_m are expresia :

$$E_{ms} = \frac{P_{m50\%} - P_{m10\%}}{\varepsilon} = \frac{(P_{m50\%} - P_{m10\%}) \cdot (h_{10\%})}{h_{50\%} - h_{10\%}} \quad [Mpa]$$

mijloacele de măsurare a evoluției presiunii p_m și a evoluția înălțimii h_m a razei calotei sferice fiind un manometru (20) electronic respectiv un senzor (19) de deplasare fără contact, iar mijlocul de achiziție, prelucrare și afișare date îl constituie un soft specializat instalat pe calculatorul (23) electronic.

- 5 Procedeu pentru determinarea lucrului mecanic W_{ms} specific de deformare a eșantionului (1) disc realizat din membrana comestibilă, conform revendicării nr. 1, **caracterizat prin aceea că**, valoarea acestuia este dată de produsul dintre valoarea p_m a presiunii aplicată membranei (1) multidirecțional pe toată suprafața testată și valoarea înălțimii h_m a calotei sferice rezultată în urma deformării ca urmare a aplicării presiunii aerului din incinta vasului (3) cilindric pe suprafața eșantionului (1) cilindric:

$$W_{ms} = p_m \cdot h_m \quad [J]$$

Mijloacele de măsurare a evoluției presiunii p_m și evoluția înălțimii h_m a razei calotei sferice fiind manometrul (20) electronic, respectiv senzorul (19) de deplasare fără contact, iar mijlocul de achiziție prelucrare și afișare date îl formează softul specializat instalat pe calculatorul (23) electronic.

6. Echipament pentru determinarea rezistenței la plesnire, a modulului de elasticitate și a lucrului mecanic de deformare la membrane (1) comestibile, conform revendicării nr. 1, **caracterizat prin aceea că**, are în compunere un vas (2) cilindric din oțel inoxidabil, două inele (3) și (5) din oțel inoxidabil, două garnituri (4) și (6) din cauciuc silionic, două șuruburi basculante (7) și (8), două piulițe (9) și (10) randalinate, un batiu (12) din fontă, o coloană (13) cilindrică din oțel, un șurub (14) randalinat, o traversă (15) din oțel, un ghidaj (16) și (17) tip coadă de rândunică, un șurub (18) cu cap randalinat, un senzor (19) de deplasare fără contact, cu triangulație confocală laser, un manometru (20) electronic cu interfață USB și memorarea valorii maxime a presiunii aerului înainte de plesnirea membranei și cu memorarea temperaturii aerului în vasul (2) cilindric, o unitate (21) pneumatică pentru creșterea liniară a presiunii aerului, un calculator (23) electronic, o imprimantă (24) electronică și un soft pentru programarea creșterii de presiune în vasul (2) cilindric precum și pentru achiziția, prelucrarea și afișarea datelor.

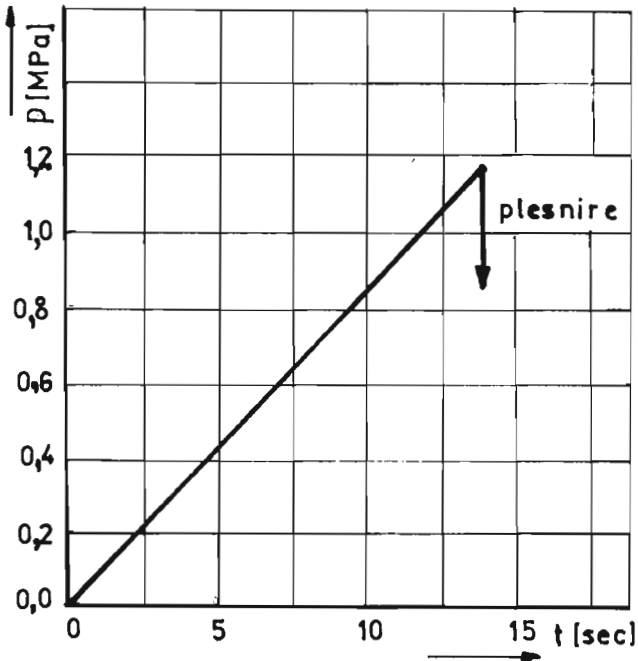


FIG. 1

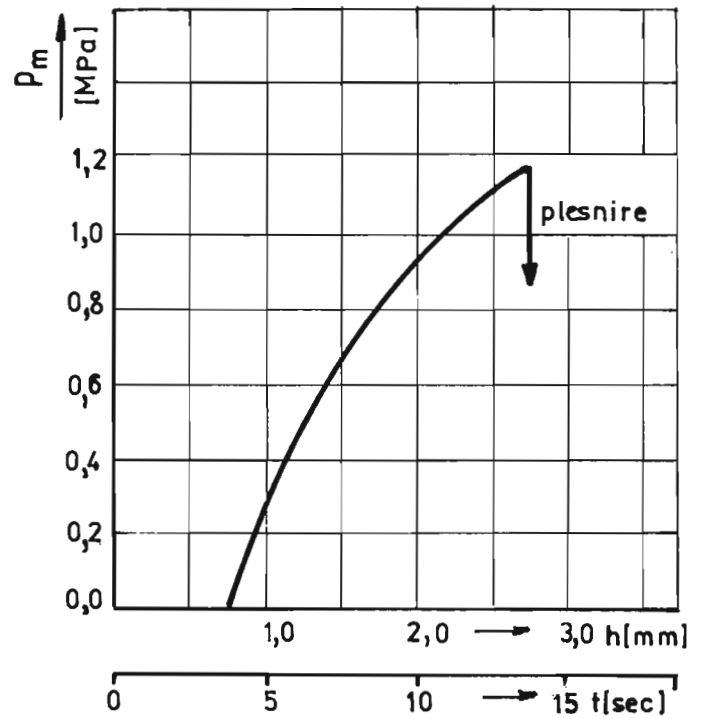


FIG. 2

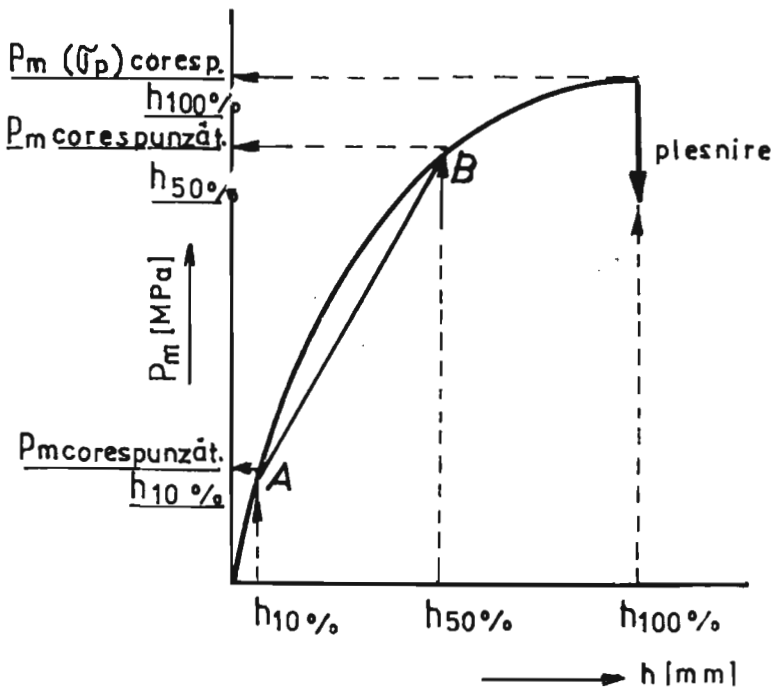


FIG. 3

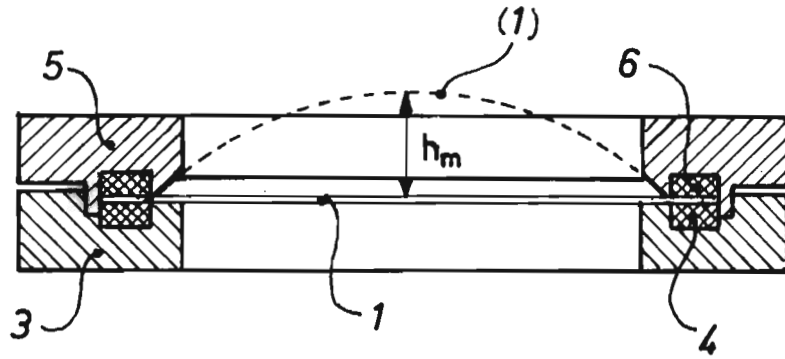


FIG. 7

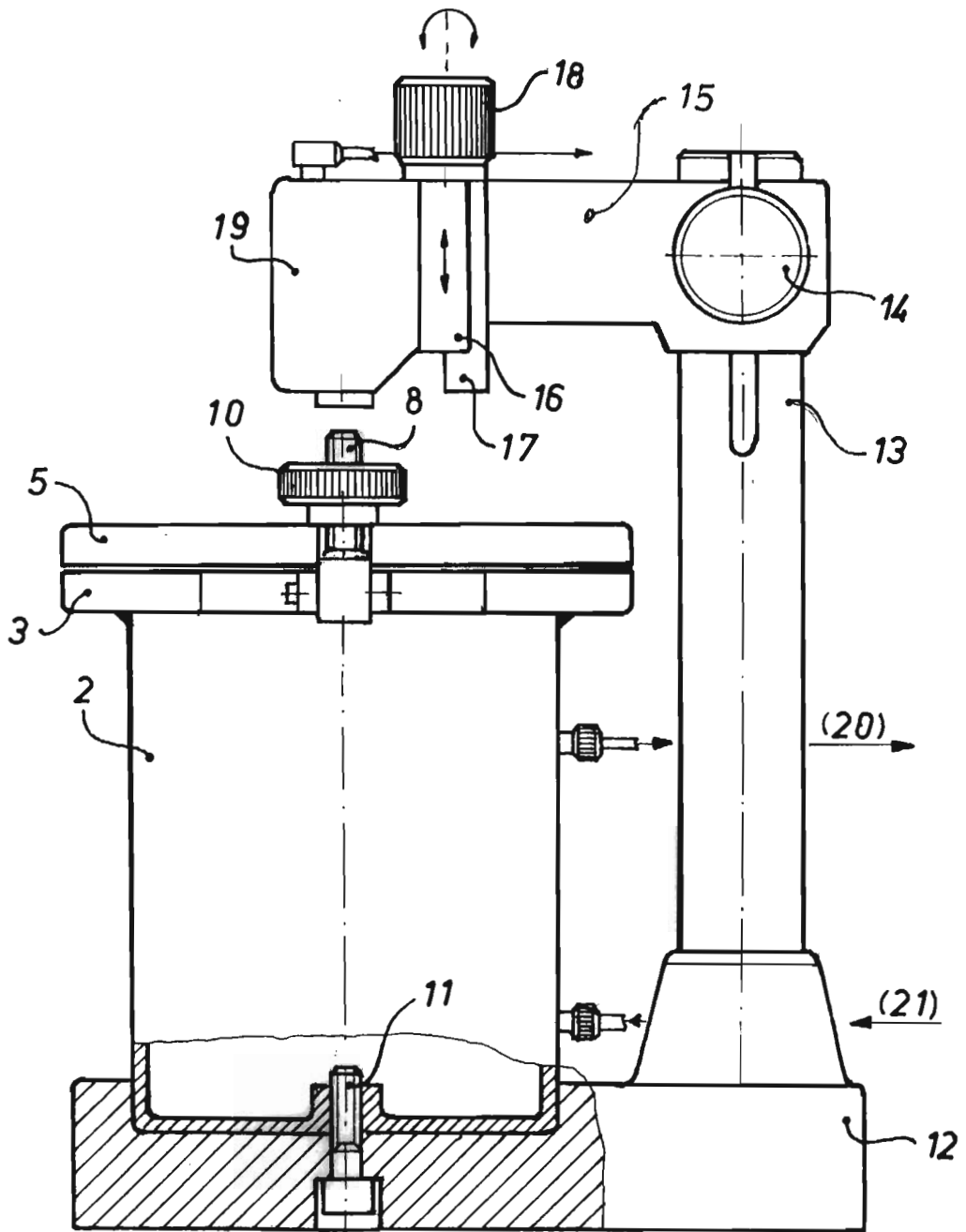


FIG. 4

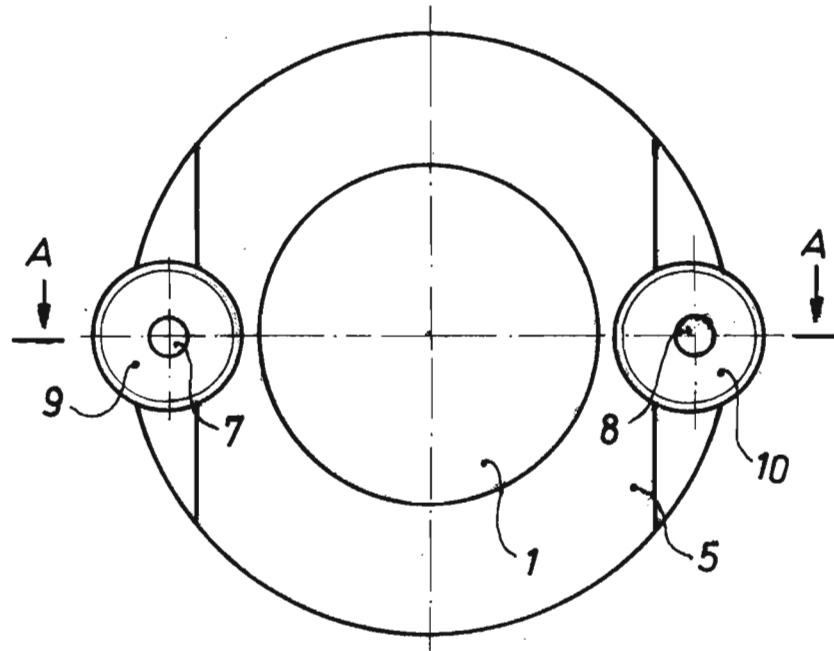


FIG. 5

SECTIUNEA A-A

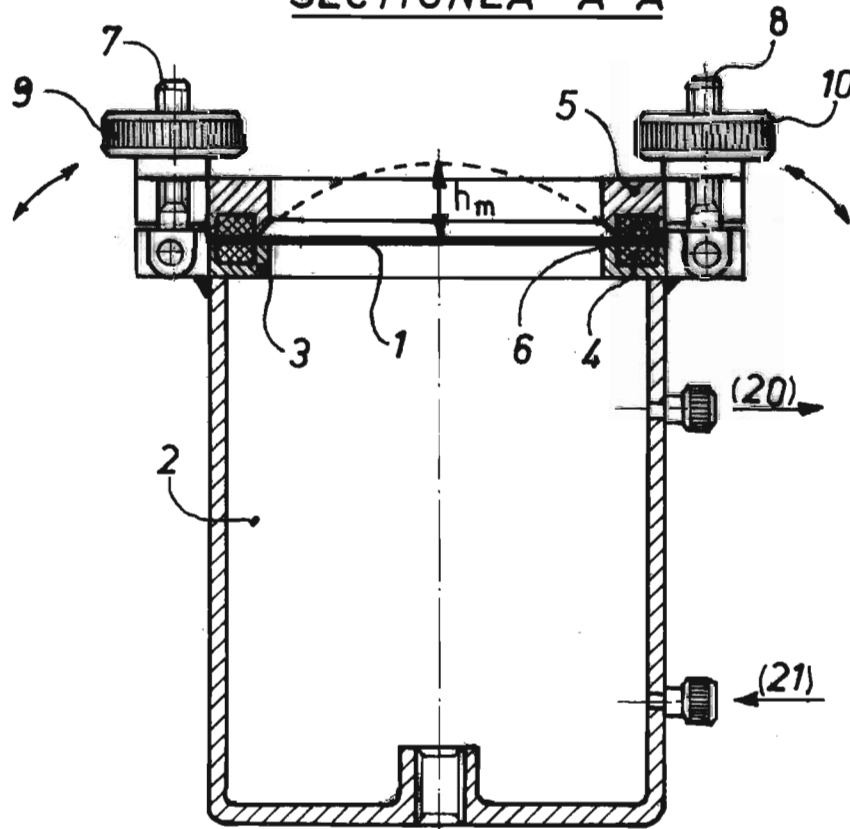


FIG. 6

26

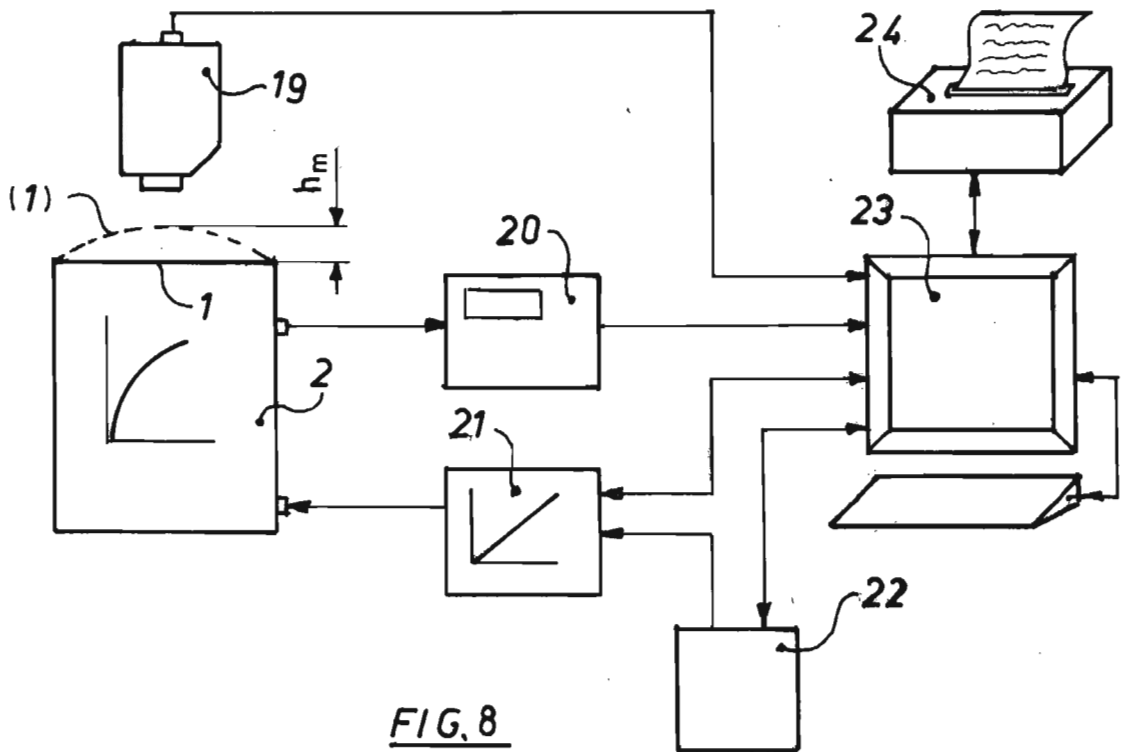


FIG. 8