

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00873

(22) Data de depozit: 21.09.2010

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2012 BOPI nr. 5/2012

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

(72) Inventatori:  
• GUTT SONIA, STR.VICTORIEI  
NR.185 BIS, SAT SFÂNTU ILIE, SV, RO;

• GUTT GHEORGHE, STR.VICTORIEI  
NR.185 BIS, SAT SFÂNTU ILIE, SV, RO;  
• SEVERIN TRAIAN LUCIAN,  
STR. RULMENTULUI NR.9A, BL.50, SC.A,  
AP.8, SUCEAVA, SV, RO;  
• GUTT ANDREI, STR.VICTORIEI  
NR.185 BIS, SAT SFÂNTU ILIE, SV, RO

(54) APARAT PENTRU ÎNCERCAREA ȘI CARACTERIZAREA  
AVANSATĂ A MATERIALELOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat de laborator destinat încercării și caracterizării complexe a materialelor metalice și nemetalice, prin intermediul unui penetrator dur de o anumită geometrie, folosind sarcini progresiv crescătoare și interpretând valorile obținute atât ale componente de deformare elastică, cât și a componente de deformare plastică, prin prisma durității ( $H$ ), a modului de elasticitate ( $E$ ), a lucrului mecanic de deformare elastică ( $W_{el}$ ), a lucrului mecanic de deformare plastică ( $W_{pl}$ ), a lucrului mecanic total de deformare ( $W_{tot}$ ), precum și a tendinței de fluaj ( $T_f$ ) a materialului încercat. Aparatul conform invenției este constituit dintr-un corp (1), un servomotor (2) electric cu reductor mecanic cuplat, printr-un arbore (3), la un arbore (4) excentric, care deplasează penetratorul (5), prin intermediul unui portpenetrator (6), al unui arc (7) de compresiune, al unei celule (8) dinamometrice, al unei tije (9) cilindrice, al unei biele (10) și al unui bolț (11), spre materialul (12) încercat, întregul echipament fiind fixat și rigidizat, prin intermediul unei piulițe (24), pe un corp (29) transversal care aparține unui stativ metalic rigid, compus dintr-un batiu (25), o roată (26) cu manivelă, un platan (27), o coloană (28) de susținere și o pârgă (30) de strângere.

Revendicări: 5  
Figuri: 6

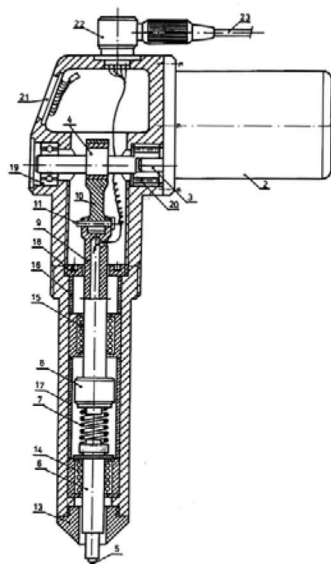


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



## APARAT PENTRU INCERCAREA ȘI CARACTERIZAREA AVANSATA A MATERIALELOR

Invenția se referă la un aparat de laborator destinat încercării și caracterizării avansate a metalelor și nemetalelor folosind un echipament ce asigură sarcini progresiv crescătoare și decrescătoare precum și informațiile despre componenta de deformare elastică și cea de deformare plastică a materialului încercat atunci când acesta este solicitat prin intermediul unui penetrator foarte dur de o anumită geometrie.

La ora actuală, pentru caracterizarea materialelor din punct de vedere a comportării acestora la încercarea de pătrundere a unui penetrator de o anumită geometrie și mult mai dur decât acestea este folosită încercarea mecanică de duritate care din punct de vedere instrumental cunoaște o diversitate foarte mare întrucât trebuie să acopere un domeniu extrem de mare de valori de duritate precum și o varietate mare de materiale de la metale la mase plastice și la materiale compozite. Astfel, pentru determinarea durității metalelor cu sarcini statice sînt cunoscute o serie de metode precum : Vickers, Brinell, Rockwell, Knoop, Berkovich, etc, iar pentru determinarea durității maselor plastice metode precum Shore, IRHD, Barcol etc. La primele, duritatea se exprimă ca raport între sarcina aplicată penetratorului și aria suprafeței urmei lăsată de acesta pe materialul încercat după îndepărtarea sarcinii valorificîndu-se pentru calculul durității componenta de deformare plastică a materialului încercat, iar la ultimele prin adîncimea de pătrundere a penetratorului în materialul încercat fără îndepărtarea sarcinii valorificîndu-se atît componenta de deformare elastică cît și cea de deformare plastică.

Data fiind multitudinea de metode de încercare a durității precum și imposibilitatea comparării valorilor de duritate din domeniul metalelor cu a celor din domeniul maselor plastice și a cauciucului, cercetătorii au fost preocupați de promovarea unei încercări de duritate care să prezinte o scară unică de duritate atît pentru metale cît și pentru nemetale. Acest lucru s-a realizat la sfîrșitul anilor 80 prin impunerea și standardizarea încercării de Duritate Universală (HU), valoarea durității fiind determinată din raportul între sarcina (F) aplicată penetratorului și aria (A) a suprafeței urmei sub sarcină:

$$HU = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Datorită faptului că aria suprafeței urmei sub sarcină este greu de măsurat s-a apelat la exprimarea raportului din relația (1) folosind valoarea adîncimii (h) de pătrundere a penetratorului sub sarcină:

$$HU = \frac{F}{K \cdot h} \quad (2)$$

constanta (K) înglobînd valorile mărimilor geometrice ce intră în formula de calcul a ariei (A) a suprafeței unei urme la adîncimea de pătrundere (h) pentru un penetrator de o anumită geometrie. La folosirea penetratorului de diamant Vickers (piramidă regulată cu baza pătrată și unghiul la vîrf de  $136^\circ$ ) expresia durității universale este:

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. a 2010 00873 Data depozit 21-09-2010
---

$$HU = \frac{F}{26,43 \cdot h^2} \quad (3)$$

Deoarece Martens a anticipat deja la începutul secolului XIX acest tip de duritate, la sfârșitul anilor 80 s-a hotărât schimbarea denumirii din Duritate Universală (HU) în Duritate Martens (HM), expresia acesteia fiind identică cu cea din relația (3):

$$HM = \frac{F}{26,43 \cdot h^2} \quad (4)$$

dacă pentru încercare este folosit penetratorul Vickers sau Berkovich. Plecând de la faptul că la acest tip de încercare a durității se măsoară atât componenta de deformare plastică cât și componenta de deformare elastică s-a pus în continuare la punct așa numita încercare instrumentală de duritate, încercare ce are la bază principiul încercării de duritate Martens, dar care folosește un ciclu motorizat de încărcare-descărcare cu viteză constantă a penetratorului. În timpul ciclului sunt citite de către un senzor de forță și un senzor de deplasare un număr mare de perechi de valori forță (F) de încărcare - adâncime (h) de pătrundere, iar la finalul unei încercări ciclice, cu durata de 15 secunde, din perechile de valori rezultă o curbă de încărcare-descărcare care oferă prin interpretare geometrică și calcul matematic afară de valoarea durității Martens, caracteristici de material extrem de importante precum: valoarea modulului de elasticitate, valoarea lucrului mecanic total de deformare, valoarea lucrului mecanic de deformare plastică, valoarea lucrului mecanic de deformare elastică, tendința de fluaj, tendința de relaxare, acest tip de încercare fiind descris în norma EN ISO 14577-1,2,3. Pe lângă avantajul mare al acestui tip de încercare de a avea o scară unică de duritate atât pentru metale cât și pentru nemetale el prezintă și o serie de dezavantaje legate de prețul de cost al aparatelor influențat în mare măsură și de faptul că se folosesc doi senzori de precizie în măsurători: unul de deplasare și unul de forță, precum și de faptul că adâncimea de pătrundere a penetratorului, luată în calcul la determinarea valorii durității este o mărime absolută și presupune cunoașterea valorii zero a adâncimii de pătrundere a penetratorului, valoare care este dificil de stabilit în condiții concrete de lucru.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în faptul că permite realizarea unui aparat electronic cu încărcare-descărcare ciclică folosit pentru determinarea durității materialului incercat precum și pentru determinarea altor mărimi fizice caracteristice de material folosind un senzor de forță. În acest scop este folosit un aparat de laborator cu stativ ce conține un sistem de încărcare-descărcare electromecanic cu un arbore excentric ce prescrie la o rotație completă a arborelui un drum constant și cunoscut de deplasare pentru penetrator. În urma desfășurării ciclului de încărcare-descărcare rezultă o curbă, (Fig.1), ce trece prin punctele succesive descrise de perechile de valori Forță (F)-deplasare (d), forța fiind măsurată cu un senzor de forță de tip celulă dinamometrică electronică, iar deplasarea (d) fiind determinată din calcul de microprocesorul aparatului din produsul dintre valoarea dublului excentricității arborelui și valoarea timpului citit concomitent cu valoarea forței. Principiile de determinare a mărimilor caracteristicilor de material folosind aparatul conform invenției sînt următoarele:

Determinarea durității se realizează prin extrapolarea electronică automată a valorii maxime ( $F_{\max}$ ) a forței pe o curbă de calibrare realizată în coordonate Forță încărcare ( $F_i$ )-Duritate ( $H$ ), prin determinarea valorilor de forță ( $F_i$ ) corespunzătoare unor valori de duritate precise asigurate cu plăcuțe etalon de duritate, Figura 2:

$$H = K \cdot F_{\max} \quad (5)$$

La rindul ei valoarea maximă ( $F_{\max}$ ) a forței este luată automat în calcul atunci când derivate a-l-a (tangenta unghiului  $\alpha$ ) a forței de încărcare ( $F_i$ ) în funcție de timp ( $t$ ) are valoarea zero:

$$F_{\max} \rightarrow \frac{dF_i}{dt} = 0 \quad (6)$$

Determinarea modulului de elasticitate  $E$  se realizează prin extrapolarea electronică automată a valorii tangentei unghiului  $\alpha$  determinat din panta curbei forței  $F_d$  de descărcare, Figura 3, :

$$\frac{1}{E} \approx \frac{\Delta F_d}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha \quad (7)$$

pe o curbă de calibrare realizată în coordonate Forță de descărcare ( $F_d$ ) – Modul de elasticitate ( $E$ ), diferitele valori ale modulului de elasticitate necesare realizării curbei etalon fiind asigurate cu plăcuțe etalon cu valorile precise ale modulului de elasticitate ( $E$ ), Figura 2:

Determinarea lucrului mecanic  $W_{el}$  de deformare elastică se realizează prin corelarea cu integrala suprafeței  $S_i$  a curbei de încărcare :

$$W_{el} \approx \int S_i \quad (8)$$

Determinarea lucrului mecanic  $W_{pl}$  de deformare plastică se realizează prin corelarea lui cu integralei suprafeței  $S_d$  a curbei de descărcare:

$$W_{pl} \approx \int S_d \quad (9)$$

Determinarea lucrului mecanic  $W_{tot}$  de deformare total se realizează prin corelarea lui cu suma dintre valoarea integralei suprafeței  $S_i$  a curbei de încărcare și valoarea integralei suprafeței  $S_d$  a curbei de descărcare:

$$W_{tot} \approx W_{el} + W_{pl} \approx \int S_i + \int S_d \quad (10)$$

Tendința de fluaj  $T_f$  a materialului încercat este dată de panta tangentei dusă la evoluția în timpul  $t_1$  a forței maxime  $F_{\max}$  de încărcare: :

$$T_f = \frac{\Delta F_{\max}}{\Delta t_1} = \operatorname{tg} \gamma \quad (11)$$

după ce motorul sistemului de încărcare a fost oprit automat la atingerea sarcinii maxime prin comanda dată de atingerea valorii zero a derivatei a I-a a forței  $F$  în funcție de timpul  $t$ .

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- pentru caracterizarea complexă a materialelor metalice și nemetalice este folosit un procedeu de încercare mecanică cu un singur senzor ceea ce duce la simplitate constructivă maximă și la un preț de cost scăzut al echipamentului
- este eliminată incertitudinea determinării punctului valorii zero a adâncimii de pătrundere a penetratorului, incertitudine specifică încercării de duritate Martens care folosește doi senzori

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile: Fig.1, Fig.2, Fig.3, Fig.4, Fig.5, Fig.6, Fig.7, Fig.8, Fig.9, care reprezintă:

Fig.1- Echipamentul de încărcare-descărcare din dotarea aparatului pentru încercării complexe,

Fig.2. Vederea laterală a aparatului pentru încercării complexe

Fig.3 Curba specifică de încărcare - descărcare realizată prin înregistrarea automată a evoluției forței  $F$  în funcție de timpul  $t$ , curbă folosită pentru determinarea modulului de elasticitate ( $E$ ), a lucrului mecanic de deformare elastică ( $W_{el}$ ), a lucrului mecanic de deformare plastică ( $W_{pl}$ ), a lucrului mecanic total de deformare ( $W_{tot}$ ) pentru materialul încercat

Fig.4 Curba de calibrare, în coordonate forță-timp, folosită pentru determinarea durității

Fig.5 Curbă de calibrare realizată în coordonate forță de descărcare-modul de elasticitate folosită pentru determinarea modulului de elasticitate

Fig.6- Curba specifică de încărcare pînă la forța maximă  $F_{max}$  urmată de menținerea constantă a forței un timp îndelungat  $t_1$ , curbă folosită pentru determinarea tendinței de fluaj  $T_f$  a materialului încercat

Aparatul conform invenției este format dintr-un echipament de încărcare-descărcare mecanică automată a penetratorului și dintr-un stativ rigid. Echipamentul de încărcare-descărcare mecanică se compune la rîndul lui dintr-un corp **1**, un servomotor **2** electric, prevăzut cu reductor mecanic, cuplat printr-un arbore **3** la un arbore **4** excentric ce deplasează prin rotație un penetrator **5** prin intermediul unui portpenetrator **6**, a unui arc **7** de compresiune, a unei celule **8** dinamometrice, a unei tie **9** cilindrice, a unei biele **10** și a unui bolț **11** spre materialul **12** încercat. În compunerea echipamentului de încărcare-descărcare mecanică automată mai intră un corp **13** limitator, două bușe **14** și **15** cu bile, două inele **16** și **17** distanțoare, o piuliță **18** de fixare, un rulment **19** cu bile, un rulment **20** cu ace, un display **21** alfa-numeric, un conector **22** electric, un cablu **23** electric de legătură cu o unitate electronică centrală și de calcul și o piuliță **24** de fixare și rigidizare. Stativul aparatului se compune la rîndul lui dintr-un batiu **25**, o roată **26** cu manivelă, un platan **27**, o coloană **28** de susținere, un corp **29** transversal și o pîrgie **30** de strîngere.

21-09-2010

## REVENDICĂRI

Invenția, Aparat pentru încercarea și caracterizarea complexă a materialelor, caracterizată prin aceea că în vederea încercării materialelor metalice și nemetalice prin intermediul unui penetrator foarte dur de o anumită geometrie folosind sarcini progresiv crescătoare și decrescătoare precum și a caracterizării avansate a acestora prin interpretarea atât a componentei de deformare elastică cât și a componentei de deformare plastică a materialului (12) încercat se apelează la un sistem ciclic de solicitare folosind un echipament încărcare - descărcare mecanică format la rândul lui dintr-un corp (1), un servomotor (2) electric, prevăzut cu reductor mecanic, cuplat printr-un arbore (3) la un arbore (4) excentric ce deplasează un penetrator (5) prin intermediul unui portpenetrator (6), a unui arc (7) de compresiune, a unei celule (8) dinamometrice, a unei tije (9) cilindrice, a unei biele (10) și a unui bolț (11) spre materialul (12) încercat, echipamentul de încărcare-descărcare mecanică automată fiind fixat și rigidizat prin intermediul unei piulițe (24) pe un corp (29) transversal ce aparține unui stativ metalic rigid în a cărui compunere mai intră un batiu (25), o roată (26) cu manivelă, un platan (27), o coloană (28) de susținere și o pîrghie (30) de strîngere.

2. Invenția Aparat pentru încercarea și caracterizarea complexă a materialelor, conform revendicării principale 1, caracterizată prin aceea că în vederea determinării durității materialului încercat valoarea maximă a forței ( $F_{max}$ ), rezultate în cadrul unui ciclu de încărcare-descărcare, se extrapolează automat pe o curbă de calibrare, (Figura.4), realizată cu plăcuțe etalon de duritate, relația de corelare dintre duritatea ( $H$ ) și forța ( $F_{max}$ ) fiind :

$$H = K \cdot F_{max} \quad (5)$$

unde ( $K$ ) reprezintă panta dreptei de calibrare, sesizarea valorii ( $F_{max}$ ) avînd loc atunci cînd derivata a-I-a a forței de încărcare ( $F_i$ ) în funcție de timpul ( $t$ ) atinge valoarea zero:

$$F_{max} \xrightarrow{\text{cînd}} \frac{dF_i}{dt} = 0 \quad (6)$$

3. Invenția Aparat pentru încercarea și caracterizarea complexă a materialelor, conform revendicării principale 1, caracterizat prin aceea că în vederea determinării modulului de elasticitate ( $E$ ) a materialului încercat se realizează extrapolarea electronică automată a valorii tangentei unghiului ( $\alpha$ ), unghi determinat din panta curbei forței ( $F_d$ ) de descărcare, (Figura 3) :

$$\frac{1}{E} \approx \frac{\Delta F_d}{\Delta t} = tg\alpha \quad (7)$$

pe o curbă de calibrare realizată în coordonate Forță de descărcare ( $F_d$ )–Modul de elasticitate ( $E$ ), diferitele valori ale modului de elasticitate, necesare realizării curbei etalon fiind asigurate cu plăcuțe etalon cu valorile precise și cunoscute ale modului de elasticitate ( $E$ ), (Figura 5):

4. Invenția Aparat pentru încercarea și caracterizarea complexă a materialelor, conform revendicării principale 1, caracterizată prin aceea că în vederea determinării lucrului mecanic de deformare elastică ( $W_{el}$ ), a lucrului mecanic de deformare plastică ( $W_{pl}$ ), a lucrului mecanic total de deformare ( $W_{tot}$ ) pentru materialului încercat se realizează corelarea cu integrala suprafeței ( $S_i$ ) a curbei de încărcare, (Figura 3):

$$W_{el} \approx \int S_i \quad (8)$$

Determinarea lucrului mecanic  $W_{pl}$  de deformare plastică se realizează prin corelarea lui cu integralei suprafeței  $S_d$  a curbei de descărcare:

$$W_{pl} \approx \int S_d \quad (9)$$

Determinarea lucrului mecanic  $W_{tot}$  de deformare total se realizează prin corelarea lui cu suma dintre valoarea integralei suprafeței  $S_i$  a curbei de încărcare și valoarea integralei suprafeței  $S_d$  a curbei de descărcare:

$$W_{tot} \approx W_{el} + W_{pl} \approx \int S_i + \int S_d \quad (10)$$

5. Invenția Aparat pentru încercarea și caracterizarea complexă a materialelor, conform revendicării principale 1, caracterizată prin aceea că în vederea determinării tendința de fluaj ( $T_f$ ) a materialului încercat, este folosită panta tangentei dusă la evoluția în timpul ( $t_1$ ) a forței maxime ( $F_{max}$ ) de încărcare :

$$T_f = \frac{\Delta F_{max}}{\Delta t_1} = tg\gamma \quad (11)$$

după ce motorul sistemul de încărcare a fost oprit automat la atingerea sarcinii maxime prin comanda dată de atingerea valorii zero a derivatei a I-a:

$$F_{max} \xrightarrow{\text{cind}} \frac{dF_i}{dt} = 0 \quad (6)$$

a forței de încărcare ( $F_i$ ) în funcție de timpul ( $t$ ).

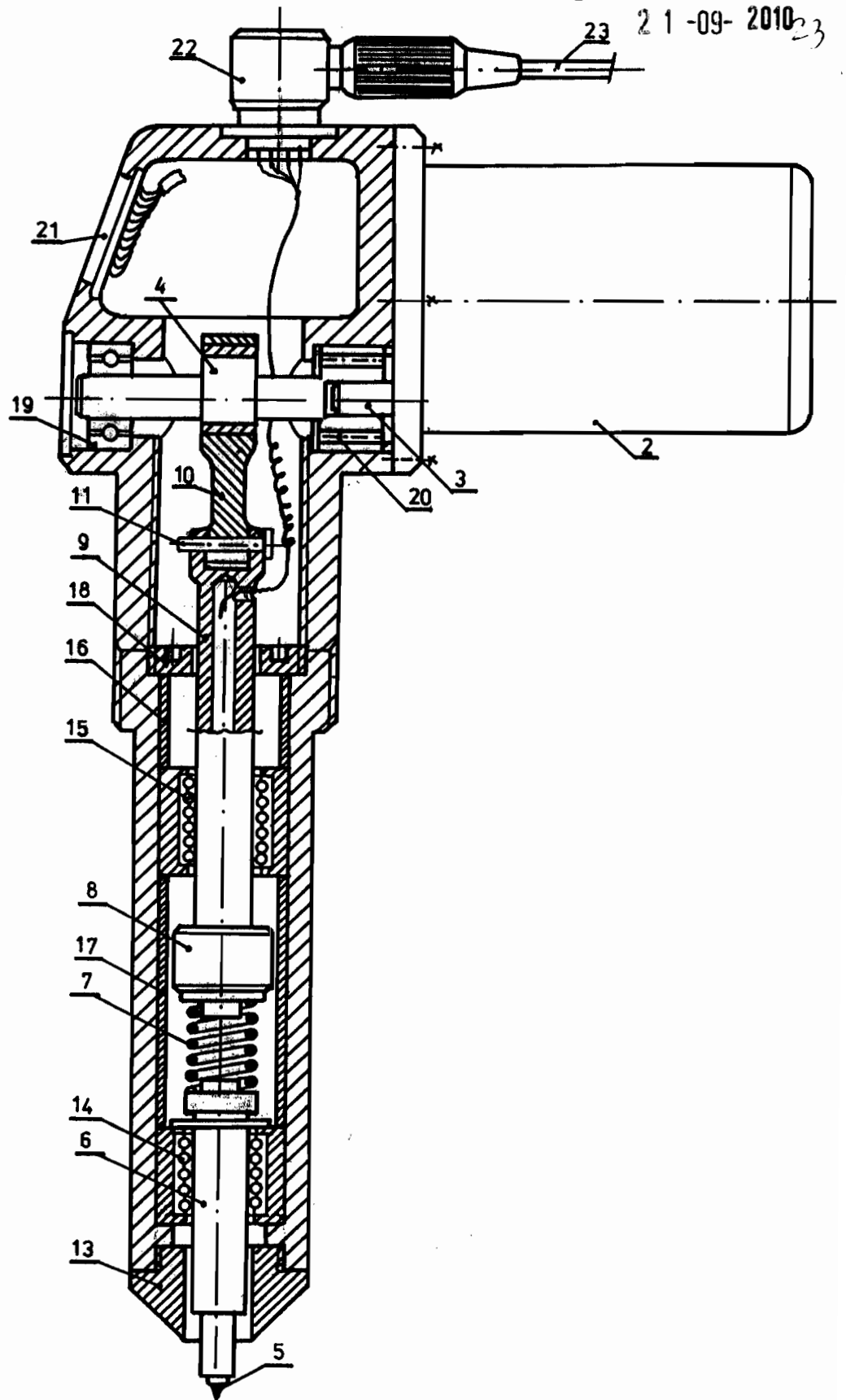


FIG. 1



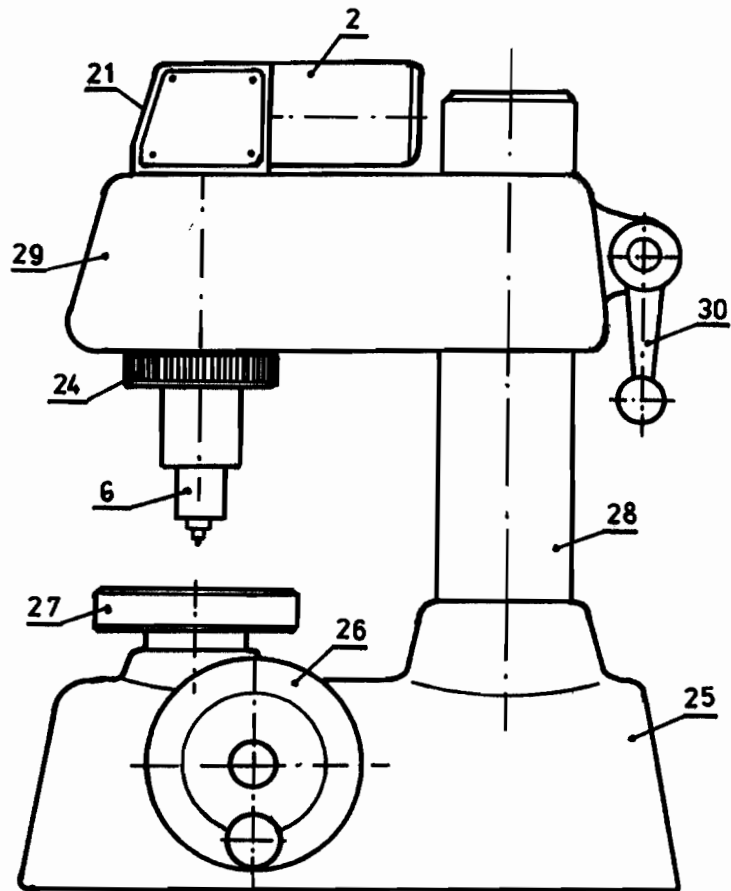


FIG. 2

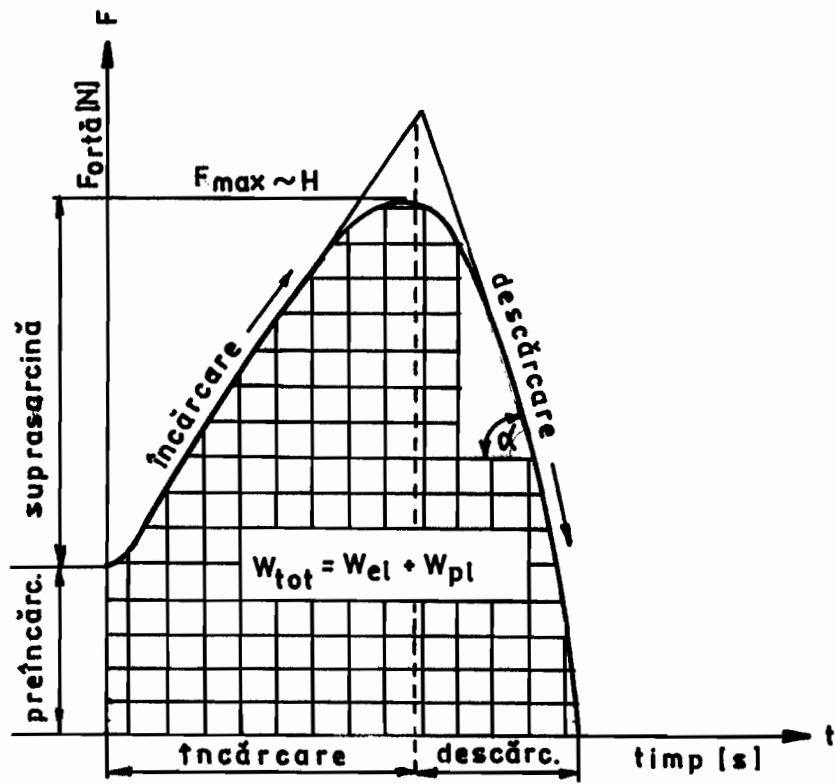


FIG. 3

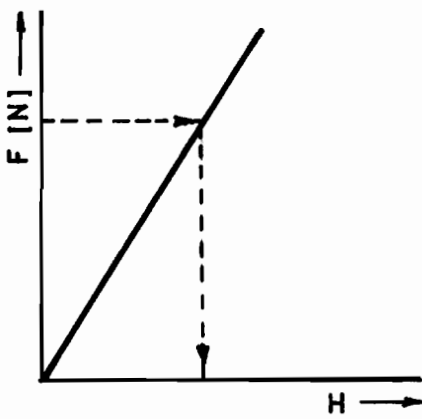


FIG. 4

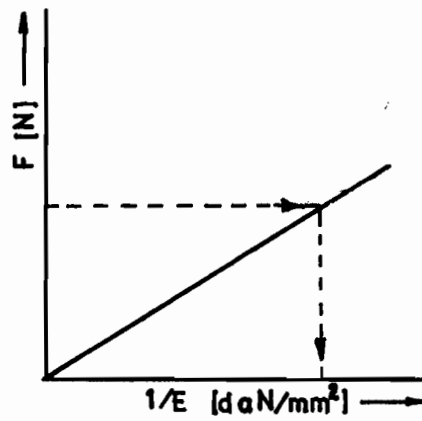


FIG. 5

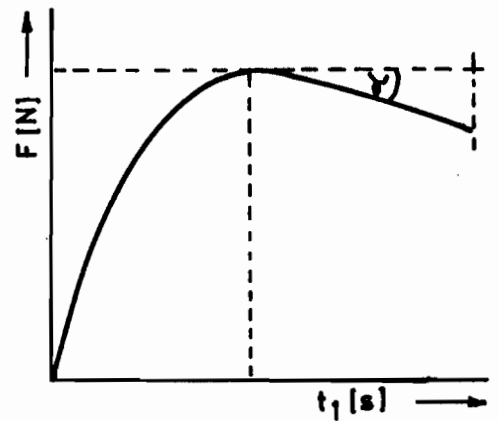


FIG. 6