

**MINISTERUL TRANSPORTURILOR
REGISTRUL NAVAL ROMÂN**

Norme tehnice pentru construcții navale

**METODA DE ÎNCERCARE LA
INCOMBUSTIBILITATE A
MATERIALELOR PENTRU
CONSTRUCȚII NAVALE**

Elaborator:	REGISTRUL NAVAL ROMÂN
⇒Cod:	MT.RNR - NT 3/3 - 99
⇒Aprobat prin:	Ordinul Ministrului Transporturilor nr.288 din 04.06.1999
⇒Data intrării în vigoare:	02 iulie 1999
⇒Reglementări de bază:	ISO 1182 : 1990
⇒Înlocuiește publicația:	RNR 21-97 (2.05)

AUTORITATEA NAVALĂ ROMÂNĂ
BIBLIOTECA TEHNICĂ
ÎNREGISTRAT SUB NR. 922

Reproducerea acestei publicații, prin orice metodă, este permisă numai cu acordul scris al Registrului Naval Român.

© RNR, 1999

Ministerul Transporturilor
Registrul Naval Român
-Sediul central-
Bd. Dinicu Golescu, nr. 38
sector 1, cod 77113, București
Tel: (01) 2223768
Fax: (01) 2231972

CUPRINS

1 Scop.....	5
2 Mostre.....	5
3 Epruvete pentru încercări.....	5
4 Aparatul pentru încercări.....	5
5 Suportul epruvetei.....	6
6 Termocupluri.....	7
7 Condiții de mediu.....	7
8 Echipament suplimentar.....	7
9 Punerea la punct a aparaturii.....	8
10 Procedura de încercare.....	9
11 Observații în timpul încercării.....	10
12 Exprimarea rezultatelor.....	11
13 Criterii de evaluare.....	11
14 Buletinul de încercări.....	12

1. Scop

1.1 Prezenta metodă este destinată pentru efectuarea încercărilor privind incombustibilitatea materialelor.

Sunt supuse încercărilor materialele nemetalice pentru construcții navale având structură atât omogenă cât și compozită ca: materiale de construcție, de căptușire, de izolație, etc.

Conform rezultatelor încercărilor materialele se împart două grupe: combustibile și incombustibile.

2. Mostre

Mostrele destinate încercărilor trebuie să fie suficient de mari pentru a fi reprezentative pentru material, în special pentru materialele neomogene.

3. Epruvete pentru încercări

Pentru încercări se folosesc epruvete de formă cilindrică cu următoarele dimensiuni:

- diametru - 45^{0}_{-2} mm
- înălțimea - 50 ± 3 mm
- volumul - 80 ± 5 cm³
- numărul epruvetelor - 5

Dacă grosimea materialului este mai mică de 50 mm, atunci epruvetele se execută dintr-un set de rondele cu diametrul de 45 mm care se introduc orizontal în dispozitivul de fixare al epruvetelor și se fixează bine în acesta. Densitatea epruvetei trebuie să fie identică cu densitatea materialului. Epruvetele materialelor compozite se reduc la grosimea cerută de 50 mm prin reducerea proporțională a grosimilor fiecărui strat component. Straturile vor fi aranjate în așa fel încât termocuplul de măsurare a temperaturilor din centrul materialului să nu se situeze între două straturi.

Părțile frontale ale epruvetei se execută din materialele ce alcătuiesc stratul de finisare al materialului compozit.

Fiecare epruvetă trebuie să aibă în centru ei un orificiu cu diametru de 2 mm și o adâncime egală cu jumătatea înălțimii epruvetei, pentru introducerea termocuplului.

3.1 Pregătirea epruvetelor

Înainte de încercare epruvetele se vor introduce într-un cuptor ventilat la o temperatură de $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ o perioadă de 20-24 de ore, iar apoi se răcesc până la temperatura încăperii în care se face încercarea. Înainte de încercarea la foc se va determina greutatea fiecărei epruvete cu o precizie până la 0,1 g.

4. Aparatul pentru încercări

Pentru încercarea materialelor se va folosi aparatul a cărui vedere de ansamblu este arătată în fig.1.

Aparatul constă dintr-un cuptor electric instalat pe un soclu special. Cuptorul are o cameră de reacție cilindrică formată dintr-un tub din alumină cu o densitate de $2800 \text{ kg/m}^3 \pm 300 \text{ kg/m}^3$. Înălțimea tubului este de 150 ± 1 mm, diametrul de 75 ± 1 mm iar grosimea peretelui de 10 ± 2 mm. Grosimea totală a pereților incluzând cimentul refractar care fixează rezistența electrică nu trebuie să depășească 15 mm.

Tabel 1 - Compoziția materialului refractar folosit pentru izolarea tubului de reacție

Material	Compoziția %(m/m)
Alumină (Al ₂ O ₃)	> 89
Bioxid de siliciu și alumină (SiO ₂ , Al ₂ O ₃)	> 98
Oxid de fier (Fe ₂ O ₃)	< 0,45
Oxid de mangan (Mn ₂ O ₃)	< 0,25
Alte urme de oxizi (de sodiu, potasiu, calciu și magneziu)	în completare

Tubul de reacție va fi prevăzut cu o bobină cu o singură înfășurare din bandă de nichel/crom în proporție de 80/20% respectiv cu o lățime de 3mm și 2mm grosime conform fig.2

Tubul de reacție trebuie fixat în mijlocul unui înveliș izolator în diametru de 200 mm având o înălțime de 150 mm și un perete de 10 mm grosime și prevăzut cu plăci la capetele superior și inferior care să fixeze tubul. Spațiul inelar dintre tubul de reacție și mantaua exterioară trebuie umplut cu pulbere de oxid de magneziu cu o densitate de 140 kg/m³.

La partea inferioară a cuptorului trebuie atașat un stabilizator de curgere a aerului de formă conică în lungime de 500 mm, având la partea superioară un diametru interior de 75 mm ± 1 mm și 10 mm ± 0.5 mm la partea inferioară. Stabilizatorul trebuie confecționat din tablă de 1 mm grosime și finisat la interior. Fixarea stabilizatorului de cuptor trebuie să asigure etanșeitarea la gaze. Jumătatea superioară a stabilizatorului trebuie să fie izolată la exterior su un înveliș de 25 mm grosime din vată minerală având o conductivitate termică de 0,04W/(m.K) ± 0.01 W/(m.K) la o temperatură de 20°C.

O carcasă de tiraj făcut din acelaș material ca și conul stabilizator trebuie prevăzut deasupra cuptorului. Acesta trebuie să aibă o înălțime de 50 mm și un diametru interior de 75 mm ± 1 mm.

Carcasa de tiraj trebuie să fie finisată la interior iar la exterior trebuie să fie izolată cu un înveliș de vată minerală de 25 mm grosime având o conductivitate termică de 0,04W/(m.K) ± 0.01 W/(m.K) la o temperatură de 20°C.

Ansamblul cuptorului, conul stabilizator și carcasa de tiraj trebuie montate pe un soclu prevăzut cu un ecran de tiraj pentru a reduce tirajul la partea inferioară a conului stabilizator. Ecranul de tiraj trebuie să aibă o înălțime de aproximativ 500 mm și partea inferioară a conului stabilizator trebuie să fie la aproximativ 250 mm deasupra plăcii de bază a soclului.

5. Suportul epruvetei

Suportul epruvetei trebuie să fie ca în fig. 3 și trebuie să fie făcut din nichel/crom sau sîrmă de oțel rezistentă la temperaturi înalte. Fundul suportului este prevăzut cu o plasă fină din oțel rezistent la temperaturi înalte. Masa suportului trebuie să fie de 15g ± 2g.

Suportul epruvetei este suspendat de capătul inferior al unei țevi de oțel crom-nichel, rezistent la foc, cu diametrul exterior de 6 mm și diametrul interior de 4 mm. Țeava este fixată de o regletă care glisează pe niște ghidaje fixate lateral de cuptor (vezi fig.1).

6. Termocupluri

Pentru măsurarea temperaturilor se vor folosi termocupluri izolate cu teacă de oțel având un diametru exterior de 1,5 mm cu elemente sensibile de nichel/ crom sau nichel/aluminiu cu diametru nominal de 0,3 mm. Legăturile trebuie să fie izolate.

Toate termocuplurile noi trebuie îmbătrânite artificial pentru a reduce reflectivitatea

Termocuplul cuptorului trebuie să fie dispus cu capătul fierbinte la o distanță de 10 mm \pm 0,5 mm de la peretele tubului și la o înălțime corespunzând jumătății tubului de reacție.

Poziția termocuplului poate fi stabilită cu ajutorul calibrului din fig.4 și poziția corectă va fi menținută de niște ghidaje fixate pe carcasa de tiraj.

Termocuplul pentru centrul epruvetei trebuie să fie poziționat pentru a avea capătul fierbinte localizat în centrul epruvetei. Acest lucru se realizează prin practicarea unei găuri de 2 mm diametru în epruvetă.

Termocuplul pentru suprafața epruvetei trebuie poziționat la jumătatea înălțimii epruvetei încă de la începutul încercării și trebuie să fie pe partea opusă față de termocuplul cuptorului.

Temperaturile trebuie înregistrate continuu folosind un dispozitiv menționat la pct. 8.5

7. Condiții de mediu

Aparatul nu trebuie să fie supus la curenți de aer, raze de soare puternice sau iluminare artificială care ar împiedica observarea aprinderii cu flacără înăuntrul cuptorului.

Pentru a ușura observarea arderii cu flacără și pentru siguranța operatorilor se recomandă folosirea unei oglinzi sub aparat poziționată astfel încât să nu afecteze rezultatele încercării. Se consideră corespunzătoare o oglindă pătrată cu latura de 300 mm înclinată cu un unghi de 30° față de orizontală situată la un metru sub cuptor.

8. Echipament suplimentar

8.1 Stabilizatorul de tensiune

Stabilizatorul de tensiune trebuie să fie de tip cu reglare automată a unei faze cu o putere nominală minimă de 1,5 kVA și trebuie să fie capabil să mențină cu acuratețe puterea de ieșire între \pm 1% din putere de la zero la putere maximă.

8.2 Transformatorul variabil

Transformatorul variabil trebuie să asigure funcționarea la 1,5kVA și să regleze tensiunea de ieșire de la zero la valoarea maximă egală cu cea a tensiunii de intrare. Tensiunea de ieșire trebuie să varieze linear pe tot domeniu.

8.3 Panoul de control

Trebuie să se prevadă un ampermetru, un voltmetru sau un vatmetru pentru o reglare rapidă a cuptorului la temperatura cerută. Oricare dintre aceste aparate trebuie să fie capabile să măsoare nivelul puterii electrice specificate la 6.5.

8.4 Redresorul comandat

Redresorul comandat poate fi utilizat ca o alternativă la stabilizatorul de tensiune, transformatorul variabil și panoul de control de la punctele 8.1, 8.2 și 8.3. Acesta trebuie să fie de un tip care încorporează comandă de fază și trebuie cuplat cu un aparat cu tiristori capabil să asigure 1.5 kVA. Tensiunea maximă nu trebuie să fie mai mare de 100 V iar limitele curentului trebuie să fie ajustate pentru "100% putere" echivalent cu puterea maximă a rezistenței de încălzire. Stabilitatea redresorului comandat trebuie să fie de aprox. 1% și repetabilitatea punerii la punct de 1%. Puterea de ieșire trebuie să fie lineară pe tot domeniu de reglare .

8.5 Indicatorul de temperatură

Indicatorul de temperatură trebuie să fie de tip rezistiv (cu consum zero) a curentului și să fie capabil la măsurarea continuă a ieșirilor de la termocuple până la prima diviziune de 1°C sau minivolt echivalent. Trebuie să fie capabil de asemenea, să asimileze datele primite și să le înregistreze permanent la intervale mai mici decât 0,5 s. Un instrument convenabil poate fi de tip digital sau un înregistrator de mai multe domenii prevăzut cu posibilitatea de operare cu semnalul de zero anulat, care include un domeniu de funcționare de 10 mV pe întreaga scală cu un " zero la aproximativ 700°C.

NOTA 1 Pentru că semnalele de ieșire de la trei termocuple sunt înregistrate în timpul încercărilor, se cere folosirea unui instrument cu trei canale și trei indicatoare separate.

8.6 Înregistratorul de timp

- Înregistratorul de timp trebuie să fie capabil să înregistreze timpul scurs până la secunda următoare și trebuie să aibă precizia de o secundă la o oră.

8.7 Uscătorul

Uscătorul este folosit pentru depozitarea mostrelor pregătite (vezi 3.1) Uscătorul trebuie să aibă capacitatea de a primi mostrele pentru cel puțin o zi de lucru, de exemplu 10 mostre, în condițiile cerute.

9. Punerea la punct a aparaturii

Se poziționează aparatul pentru a respecta condițiile de mediu descrise la pct. 7

Termocuplul cuptorului trebuie să fie poziționat așa cum este prevăzut la pct. 6 și conectat la indicatorul de tensiune folosind cabluri ecranate.

9.1 Alimentarea cu tensiune

Legarea rezistenței de încălzire a cuptorului la transformatorul variabil(8.2) și panoul de control(8.3) (sau redresorul controlat, vezi 8.4) se face ca în figura 6. Nu se va întrebuița în timpul încercării controlul automat prin termostat al cuptorului .

NOTA 2 Rezistența de încălzire va consuma un curent de 9-10 A la 100v în condiții de funcționare constantă. Pentru a nu supraîncărca rezistența este recomandat ca intensitatea curentului să nu depășească 11 A. In cazul unei rezistențe noi se va încărca progresiv cu curent. Se va găsi o metodă convenabilă pentru a se încălzi rezistența în trepte de câte 200°C pentru perioade de timp de 2 ore.

9.2 Stabilizarea temperaturii în cuptor

Se va regla puterea cuptorului înainte de a introduce epruveta și suportul epruvetei în așa fel ca temperatura indicată de termocuplul cuptorului să se stabilizeze cel puțin 10 min. la o temperatură de $750^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ cu o abatere graduală de 2°C în 10 min și se înregistrează continuu.

9.3 Temperatura peretelui cuptorului

După ce temperatura cuptorului s-a stabilizat așa cum se menționează la pct.9.2 se va măsura temperatura peretelui cuptorului utilizând un termocuplu de tipu celor specificate la pct.6 și un indicator de temperatură ca cel de la pct. 8.5. Se vor face măsurători pe trei axe verticale a cuptorului situate la distanțe egale unele de altele. Se vor înregistra temperaturile de pe fiecare axă care corespund jumătății înălțimii cuptorului precum și la 30 mm deasupra și dedesubtul acestei poziții. Această procedură poate fi îndeplinită convenabil folosind un dispozitiv mobil cu termocuplu și tub izolat în pozițiile specificate în fig.7. Se va acorda o importanță specială contactului dintre termocuplu și peretele cuptorului care dacă nu este corect va conduce la citirea de temperaturi mai mici decât cele reale. La fiecare punct de măsurare temperatura citită trebuie să fie stabilă cel puțin 5 min înaintea citirii.

Media aritmetică a temperaturilor citite conform celor de mai sus va fi temperatura medie a pereților cuptorului; aceasta trebuie să fie de $835^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ și trebuie să fie menținută în acest domeniu înaintea începerii încercării.

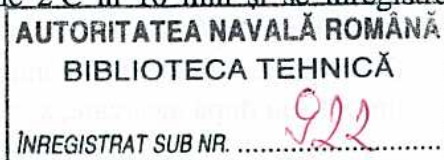
Procedura descrisă mai sus se aplică pentru cuptoare noi sau ori de câte ori tubul de reacție, carcasa de tiraj, izolația sau sursa de alimentare se schimbă.

10. Procedura de încercare

Aparatura trebuie să fie conform celor de mai sus și se va realiza stabilizarea temperaturii în cuptor.

După ce se va asigura că aparatura este în stare de funcționare se va introduce prima epruvetă pregătită conform pct. 3.1 în suportul epruvetei în poziția cerută de procedură și se va verifica ca termocuplurile să fie corect poziționate.

Se plasează suportul epruvetei în cuptor în suportul menționat la pct.5 în nu mai mult de 5 secunde.



Se pornește dispozitivul de înregistrare a timpului imediat după introducerea epruvetei în cuptor.

Se înregistrează temperaturile măsurate de termocuplurile cuptorului și cele ale epruvetei.

În anumite cazuri, termocuplul din centrul epruvetei nu aduce informații suplimentare și în acest caz acesta nu se întrebuițează.

Durata încercării este în mod normal de 30 min. Atunci când temperatura finală de echilibru a fost atinsă la toate cele trei termocuplele și la sfârșitul perioadei de 30 min încercarea trebuie oprită. Temperatura finală se consideră atinsă atunci când variația de temperatură măsurată de termocuplu nu depășește 2°C într-o perioadă de 10 min. Dacă nu se atinge temperatura finală în timpul de 30 min se continuă testul verificându-se echilibrul temperaturilor la intervale de 5 min. Se va opri încercarea la atingerea echilibrului și se va nota durata testului. Se va scoate apoi epruveta din cuptor. Sfârșitul încercării este la capătul ultimilor 5 min. (citirea indicațiilor de la termocuplul din centrul epruvetei se va face înaintea citirii indicațiilor de la termocuplul cuptorului).

După răcirea până la temperatura mediului ambiant într-un desicator se cântărește epruveta. Orice parte carbonizată, funingine sau alt reziduu, desprins din mostră și căzut în tub în timpul sau după încercare, se va include ca o parte neconsumată a epruvetei.

În același mod se vor încerca toate cele cinci epruvete.

11. Observații în timpul încercării

Se înregistrează greutatea înainte și după încercare pentru fiecare epruvetă și se vor nota toate observațiile referitoare la comportarea epruvetei în timpul încercării.

Se notează apariția oricărei flăcări continue și durata menținerii acesteia. Se consideră flacără continuă flacăra cauzată de epruvetă menținută cel puțin 5 secunde.

Se notează următoarele temperaturi, în grade celsius, de la termocuplele corespunzătoare, luînd ca temperatură finală aceea de la sfârșitul încercării:

- a) temperatura inițială a termocuplului cuptorului T_c (inițial);
- b) temperatura maximă a termocuplului cuptorului T_c (max);
- c) temperatura maximă a termocuplului centrului epruvetei T_e (finală);
- d) temperatura maximă a termocuplului centrului epruvetei T_e (max);
- e) temperatura finală a termocuplului centrului epruvetei T_e (finală);
- f) temperatura maximă a termocuplului suprafeței epruvetei T_s (max);
- g) temperatura finală a termocuplului suprafeței epruvetei T_s (finală);

12. Exprimarea rezultatelor

12.1 Creșterile de temperatură

Se calculează creșterile de temperatură, în grade Celsius, înregistrate de termocuplurile cuptorului și epruvetei pentru fiecare epruvetă după cum urmează:

- a) creșterea de temperatură la termocuplul cuptorului
 $\Delta T_c = T_c(\text{max}) - T_c(\text{finală})$;
- b) creșterea de temperatură la termocuplul din centrul epruvetei;
 $\Delta T_e = T_e(\text{max}) - T_e(\text{finală})$
- c) creșterea de temperatură la termocuplul de suprafață a epruvetei;
 $\Delta T_s = T_s(\text{max}) - T_s(\text{finală})$

unde $T(\text{max})$ este un vârf de temperatură iar $T(\text{final})$ este temperatura la sfârșitul încercării.

Se calculează și se înregistrează media aritmetică pentru cele cinci epruvete pentru creșterile temperaturilor cuptorului, centrului și suprafeței.

12.2 Aprinderea epruvetelor

Se notează pentru fiecare epruvetă suma înregistrării duratelor de ardere cu flacără așa cum se descrie la punctul 11.

Se calculează și se notează media aritmetică a duratei de menținere a flăcării pentru cele cinci epruvete ca "durata medie de menținere a flăcării". Aceasta se calculează făcând suma tuturor duratelor de menținere a flăcării și împărțind-o la cinci.

12.3 Pierderea de greutate

Se va calcula și se va nota următoarea pierdere de greutate:

- a) pierderea de greutate a fiecărei epruvete la fiecare încercare, exprimată ca un procent din greutatea inițială a epruvetei;
- b) media aritmetică a pierderii de greutate a celor cinci epruvete la fiecare serie a încercării, exprimată procentual.

13 Criterii de evaluare

.1 media creșterilor de temperatură înregistrate de termocuplul cuptorului calculată conform pct. 12.1 nu trebuie să depășească 30°C;

.2 media creșterilor de temperatură înregistrate de termocuplul de suprafață calculată conform pct. 12.1 nu trebuie să depășească 30°C;

.3 durata medie a menținerii flăcării calculată conform pct. 12.2 nu trebuie să depășească 10 s ; și

.4 pierderea medie de greutate calculată conform pct. 12.3 nu trebuie să depășească 50%.

14 Buletinul de încercări

Buletinul de încercări trebuie să conțină următoarele informații:

1. numele laboratorului;
2. numele producătorului materialului;
3. data furnizării materialului și cea a testului;
4. numele sau simbolul de identificare al materialului;
5. descrierea materialului;
6. densitatea materialului;
7. descrierea epruvetelor;
8. metoda de încercare;
9. rezultatele încercării incluzând toate observațiile;
10. destinația materialului după criteriile încercării la foc conform pct. 13.

Dimensiunile sunt în mm

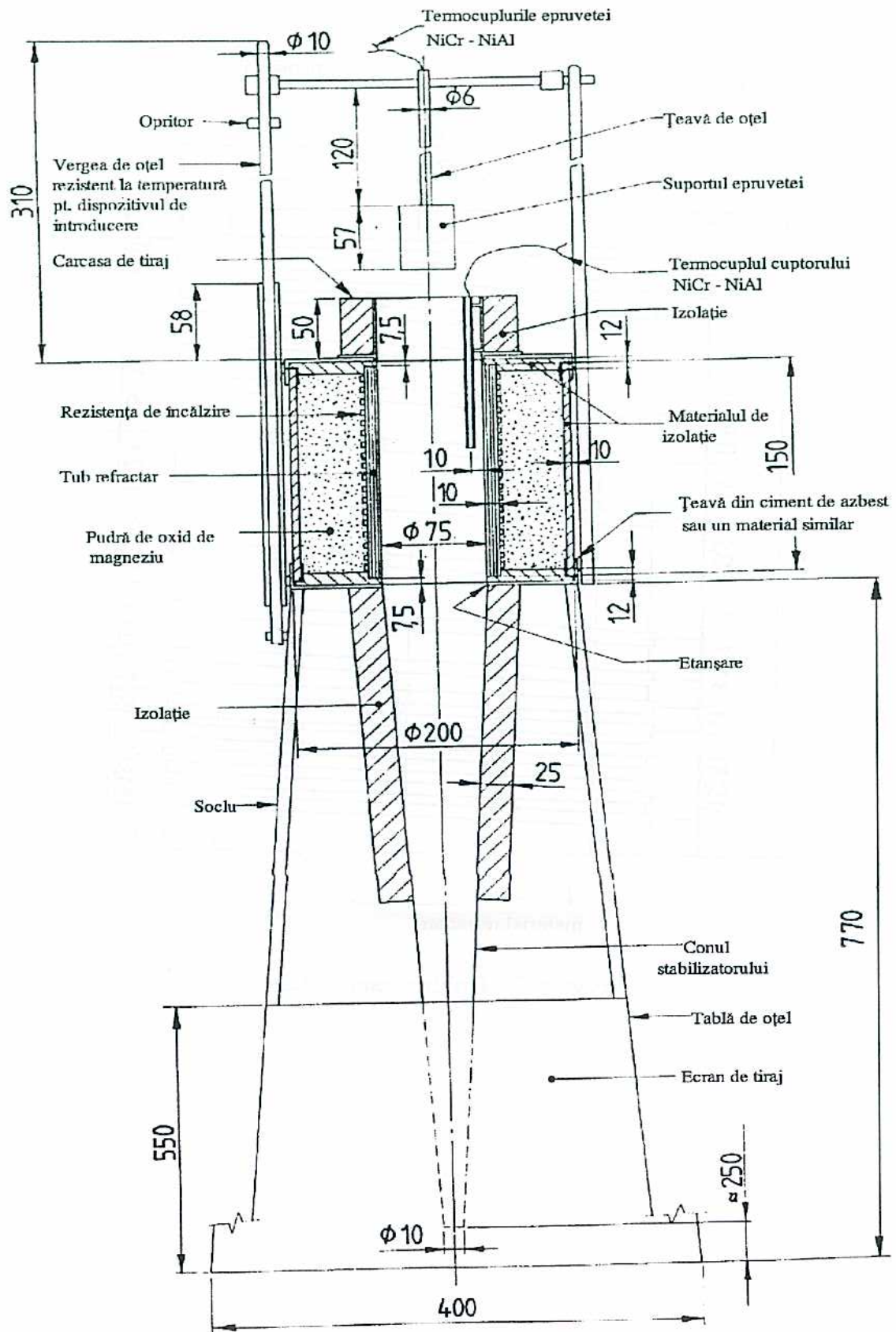


Figura 1 - Vederea generală a aparatului de încercare

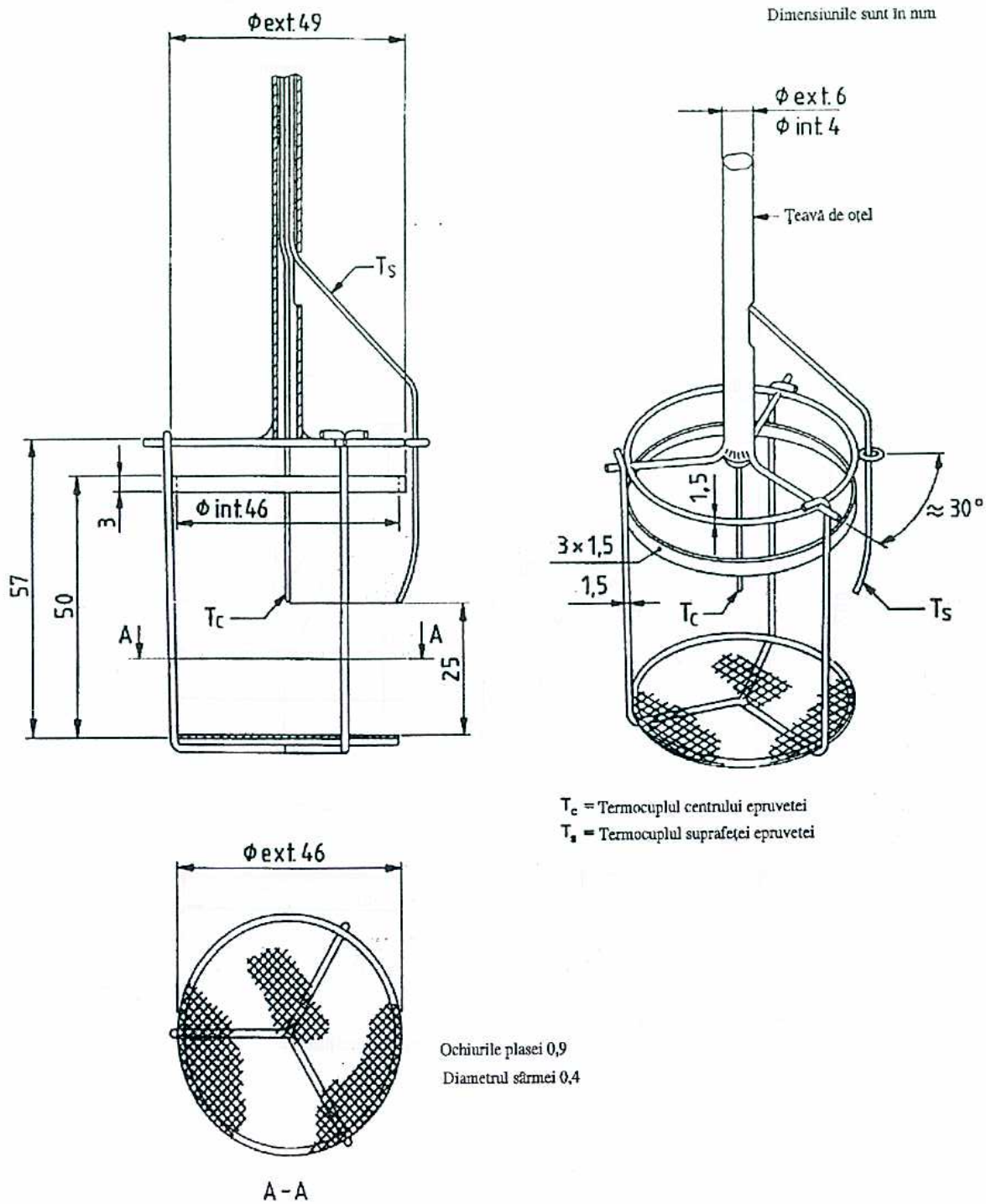


Figura 3 - Suportul epruvetei

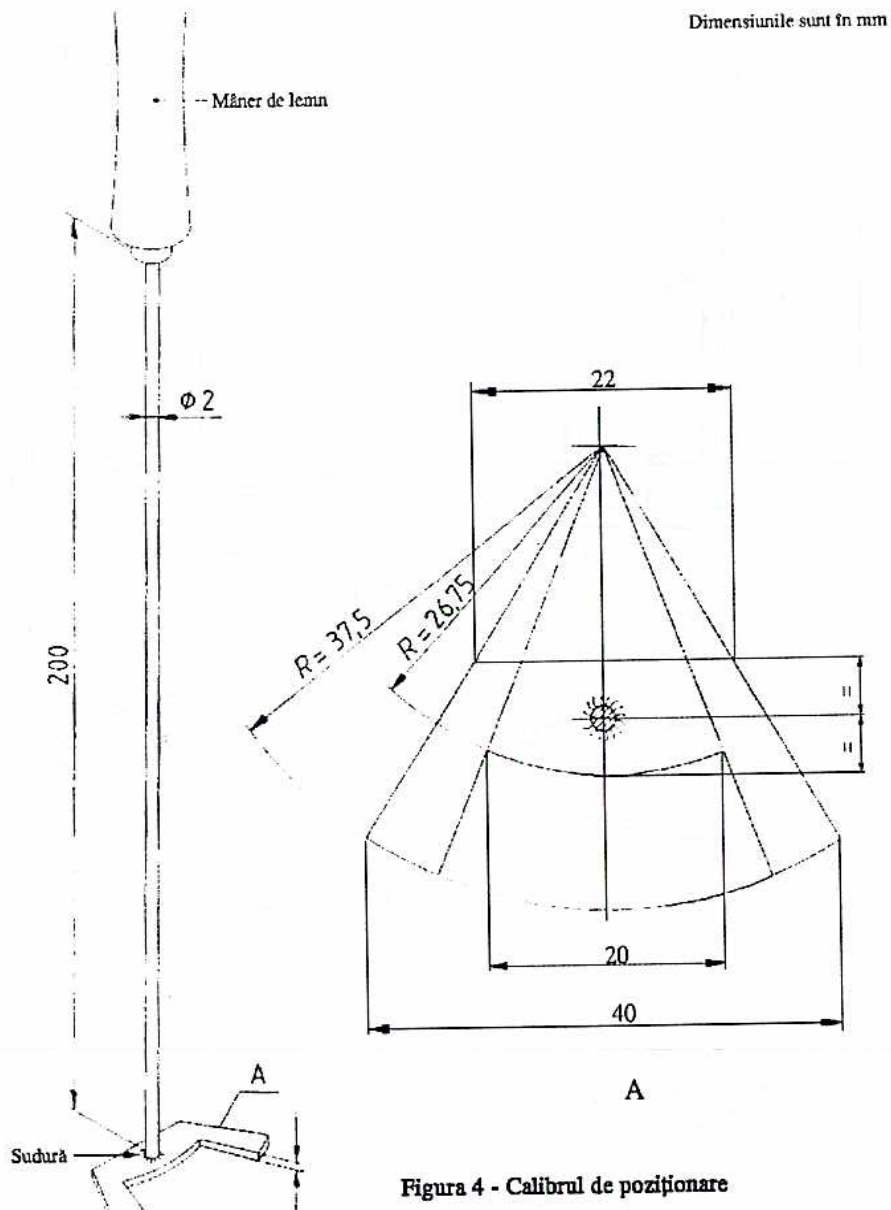


Figura 4 - Calibrul de poziționare

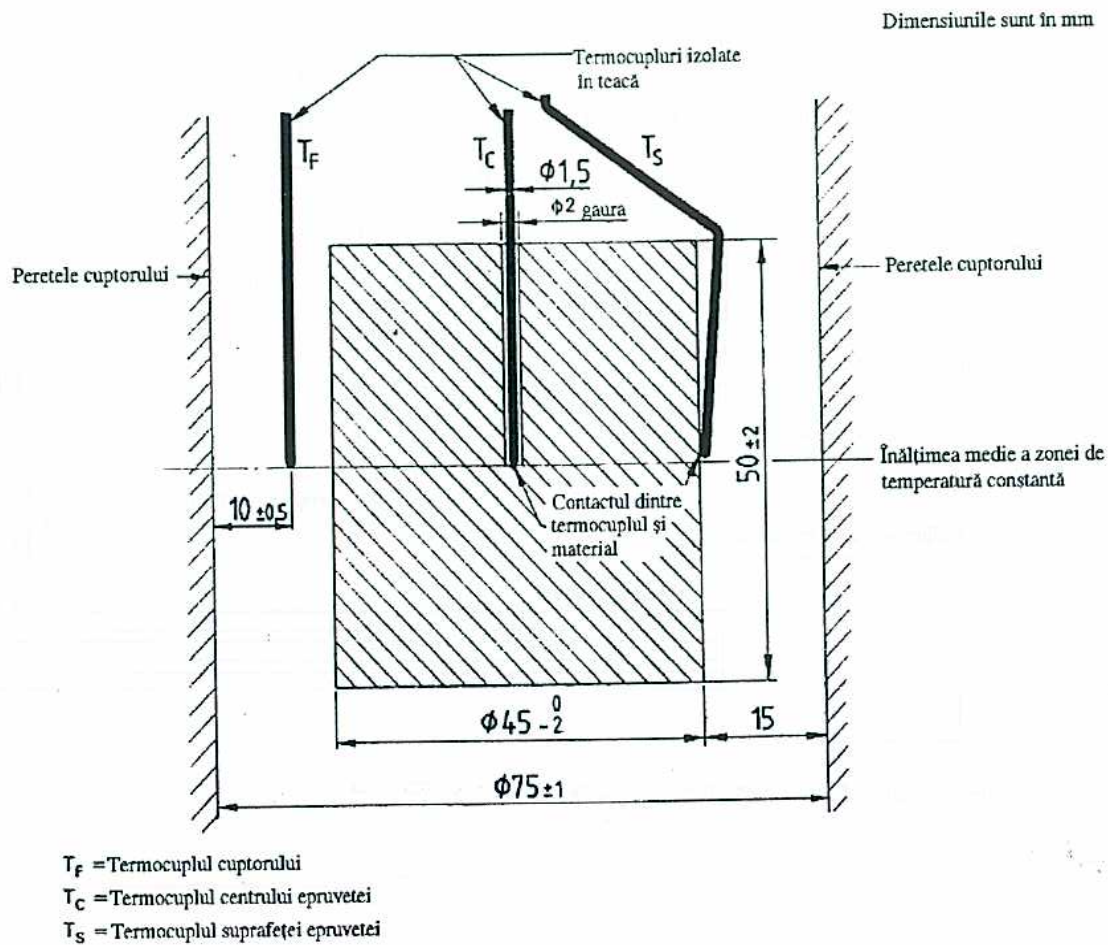


Figura 5 - Poziția relativă a cuptorului, epruvetei și termocuplurilor

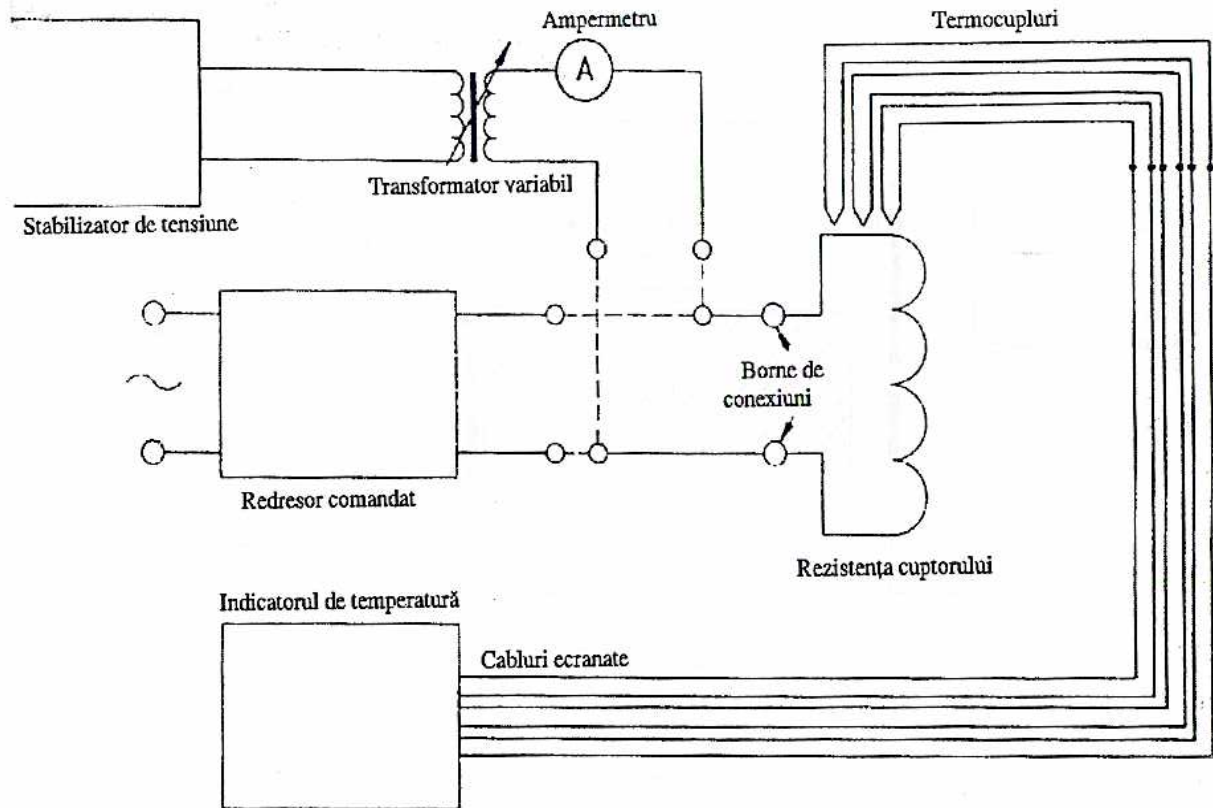


Figura 6 - Conectarea aparatului și echipamentului suplimentar

Dimensiunile sunt în mm

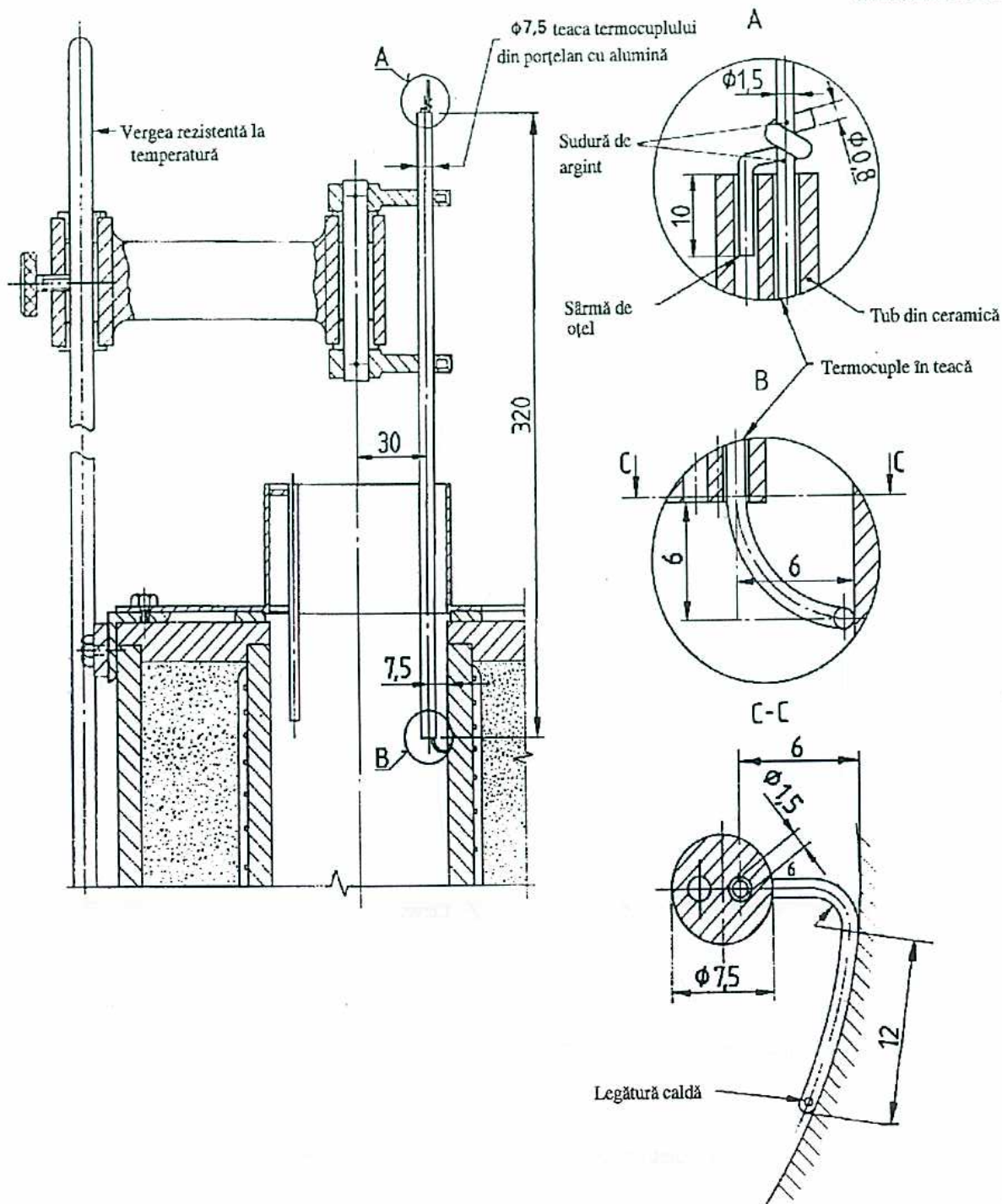


Figura 7 - Dispozitivul de reglare a poziției termocuplurilor

AUTORITATEA NAVALĂ ROMÂNĂ
 BIBLIOTECA TEHNICĂ
 ÎNREGISTRAT SUB NR. *922*

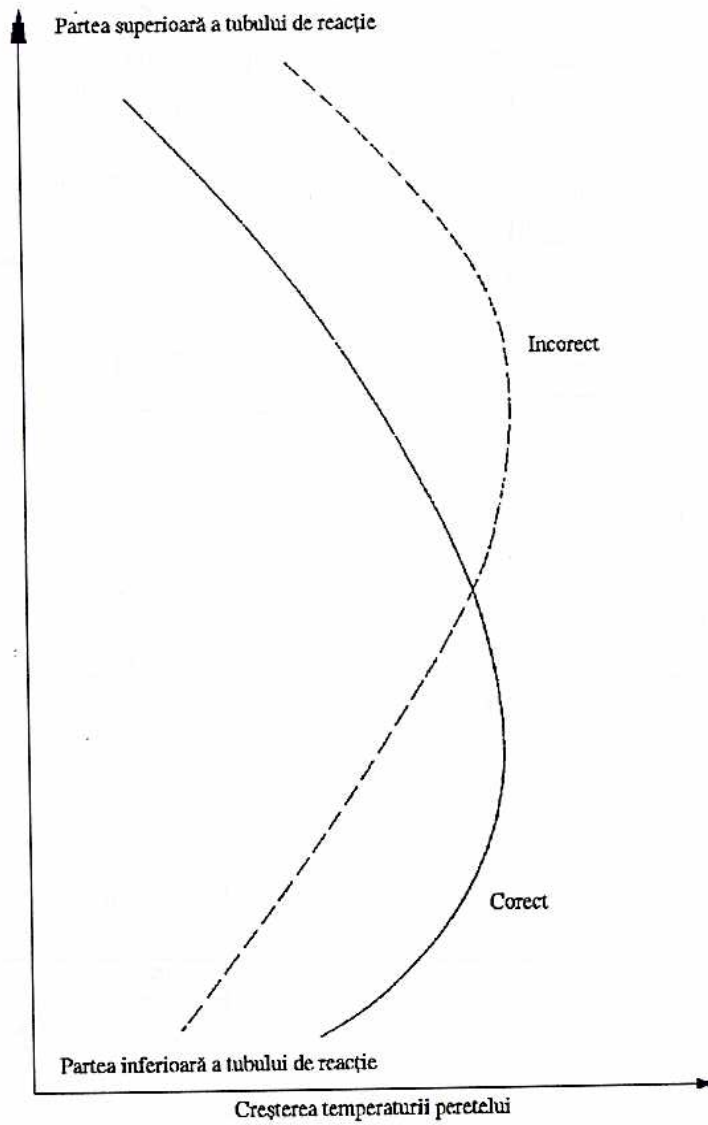


Figura 8 - Distribuția pe verticală a temperaturii cuptorului