

TEHNICI DE ANALIZĂ ȘI CARACTERIZARE A MATERIALELOR

APLICAȚII PRACTICE

Pentru uzul studenților

Ș.l.dr.ing. Nicoleta Monica Lohan

Cuprins

1. Prezentarea generală a laboratorului. Noțiuni de protecția muncii.
2. Analiza materialelor prin calorimetrie diferențială cu baleiaj. Determinarea temperaturilor de topire și solidificare
3. Analiza materialelor prin analiză mecano-dinamică. Determinarea capacității de amortizare a unui material metalic
4. Determinarea microdureității materialelor metalice
5. Analiza materialelor prin microscopie optică și electronică.
6. Determinarea capacității de ambutisare la rece a tablelor prin metoda Erichsen

Pentru uzul studenților

NOȚIUNI DE SECURITATE ȘI SĂNĂTATE ÎN MUNCĂ

În cadrul laboratorului va fi realizată Instruirea Introductiv – Generală precum și Instruirea la locul de muncă. Conținutul instrucțiunilor proprii particularizează și concretizează măsurile de prevenire a accidentelor și îmbolnăvirilor profesionale, în raport cu condițiile reale ale proceselor de muncă desfășurate în cadrul laboratorului de “Tehnici de analiză și caracterizare a materialelor”.

Participarea la lucrările de laborator presupune cunoașterea de către toți participanții la această activitate a aparaturii, utilajelor și a materialelor cu care se va lucra, cât și măsurile de prevenire a accidentelor în timpul lucrului. Cunoașterea și respectarea instrucțiunilor de securitate și sănătate în muncă, atât a celor cu caracter general cât și a celor specifice locului de muncă este obligatorie pentru toți studenții. Orice abatere de la aceste norme este pedepsită prin lege în funcție de gravitatea ei.

1. Instruirea Introductiv – Generală

Instruirea Introductiv – generală constă în:

- a. Prezentarea piramidei legislative - Legea nr. 319/2006; Norme Metodologice de aplicare, aprobate prin Hotărârea Guvernului nr. 1425/2006, cu modificările și completările ulterioare, și hotărâri de Guvern specifice securității și sănătății în muncă.
- b. Consecințele posibile ale necunoașterii și nerespectării legislației de securitate și sănătate în muncă;
- c. Prezentarea riscurilor specifice Universității Tehnice “Gheorghe Asachi” din Iași;
- d. Măsuri de prim-ajutor – prezentare Instrucțiuni proprii privind comunicarea și măsuri de prim ajutor în caz de accidentare ;
- e. Prezentarea modului de comportare în caz de cutremur, inundații, alunecări de teren și incendiu.

Obligațiile studenților pe timpul desfășurării activităților de laborator, conform art. 22 și art. 23 din Legea nr. 319/2006 vor fi:

✓ fiecare student trebuie să își desfășoare activitatea, în conformitate cu pregătirea și instruirea sa, precum și cu instrucțiunile primite din partea cadrului didactic, astfel încât să nu expună la pericol de accidentare atât propria persoană, cât și alte persoane care pot fi afectate de acțiunile sau omisiunile sale în timpul procesului de muncă desfășurat în cadrul laboratorului;

✓ să utilizeze corect aparatura de laborator, uneltele și substanțele periculoase;

✓ să utilizeze corect echipamentul individual de protecție acordat și, după utilizare, să îl înapoieze sau să îl pună la locul destinat pentru păstrare;

✓ să nu procedeze la scoaterea din funcțiune, la modificarea, schimbarea sau înlăturarea arbitrară a dispozitivelor de securitate proprii, în special ale mașinilor, aparaturii, uneltelor, instalațiilor tehnice, și să utilizeze corect aceste dispozitive;

✓ să comunice imediat cadrului didactic orice situație de muncă despre care au motive întemeiate să o considere un pericol pentru securitatea și sănătatea studenților, precum și orice deficiență a sistemelor de protecție;

✓ să aducă la cunoștință cadrului didactic accidentele suferite de propria persoană;

✓ să își însușească și să respecte prevederile legislației din domeniul securității și sănătății în muncă și măsurile de aplicare a acestora.

Deplasarea în interiorul laboratorului se va face ținând seama de următoarele:

✓ studenții au obligația să-și desfășoare activitatea în laborator în așa fel încât, să nu expună la pericol de accidentare atât propria persoană, cât și celelalte persoane participante la activitățile de laborator;

✓ la plecarea din laborator, studenții vor fi atenți la coborârea scărilor, la deplasarea pe coridoare, evitându-se împiedicarea de diferite obstacole precum și executarea de alte operații ce le distrag atenția în timp ce se deplasează; Se va evita călcarea pe porțiuni alunecoase și pe orice alte obiecte care ar putea provoca alunecări;

✓ în cazul în care în incinta departamentului au loc lucrări de amenajare sau reparații ale spațiilor aferente, se interzice deplasarea studenților în interiorul zonei de lucru, delimitate sau semnalizate corespunzător;

✓ cu excepția cazurilor fortuite, deplasarea în cadrul departamentului se va face într-un ritm normal, în special în zona scărilor și a ușilor. Orice deplasare dintr-o încăpere în alta se va efectua atent, cu fața înainte. Deschiderea ușii se va executa lent pentru a nu se accidenta vreo persoană aflată în încăpere sau în imediata apropiere a ei.

✓ circulația pe scări se va efectua respectându-se următoarele norme: se va circula numai pe partea dreaptă; se va merge încet, unul după altul; se va sprijini de mana curentă, nu se va citi în timp ce se urcă pe scări, nu se va merge distrat, sărind câte două trei trepte deodată, etc.

Pe toată durata desfășurării lucrării de laborator, trebuie respectate de toți studenții, indicațiile de lucru stabilite în cadrul fiecărei lucrări de laborator, să folosească utilajele, aparatele și instalațiile potrivit destinațiilor și, de asemenea, să cunoască măsurile de prim ajutor ce trebuie acordate în caz de accidente.

Nu se va lucra la instalații și aparate ce prezintă lipsuri sau defecte de natură să pericliteze integritatea corporală sau viața celui ce lucrează sau a celor din jur.

2. Instrucțiuni de protecția muncii specifice locului de muncă

În cadrul laboratorului de *Tehnici de analiză și caracterizare a materialelor* lucrările de practice vor consta în experimente ce vor fi realizate pe mai multe echipamente de lucru: calorimetrul diferențial cu baleiaj, analizorul mecano-dinamic, microscopul optic, microscopul electronic, microdurimetrul, mașina de încercat la tracțiune și dispozitivul de determinare a capacității de amortizare a materialelor. Studenților le vor fi puse la dispoziție fișele de lucru ale echipamentelor menționate, conform cerințelor din HG 1146/2006, Art. 8 și 9. Acestea cuprind date referitoare la securitate și sănătate privind:

- condițiile de folosire a echipamentelor de muncă;
- situațiile anormale previzibile;
- concluziile care pot fi trase, din experiența acumulată în urma utilizării echipamentelor de muncă.

De asemenea, studenții vor fi atenționați în legătură cu riscurile la care sunt expuși, echipamentele de muncă din imediata vecinătate a locului unde își desfășoară activitatea, precum și asupra modificărilor prevăzute a fi efectuate, în măsura în care aceste modificări afectează echipamentele de muncă situate în imediata vecinătate a locului lor de muncă, chiar dacă aceștia nu utilizează direct aceste echipamente.

Calorimetrul diferențial cu baleiaj și analizorul mecano-dinamic sunt conectate la o butelie cu azot lichid ce asigură răcirea probelor în timpul experimentelor. Informațiile privind această substanță se regăsesc în Fișa cu date de securitate specifică a azotului lichid. Fișa cu date de securitate permite studenților să adopte măsurile necesare referitoare la protecția sănătății umane și a securității la locul de muncă, precum și la protecția mediului înconjurător.

Echipamentele din laborator folosesc energia electrică de la rețeaua de 220 V. Părțile metalice ale acestora nu se află sub tensiune, însă, în mod întâmplător, ele se pot afla în contact cu conductori electrici ci izolații defecte, când, prin atingere prezintă pericol de electrocutare. De aceea, este obligatorie verificarea punerii la pământ a părților metalice ale aparatelor, mașinilor

și instalațiilor acționate electric. Orice intervenție se va face numai în stare de repaus și numai după scoaterea de sub tensiune.

În cazul utilizării durimetrului universal se impun suplimentar următoarele măsuri de protecția muncii:

- proba de analizat se fixează bine pe standul de încercare; dacă în timpul analizelor aceasta se mișcă, experimentul se va opri imediat;

La microscopul metalografic nu se vor studia probe prea voluminoase, care au greutate prea mare, probe umede sau cu urme de acizi pe suprafața lor deoarece se deteriorează mecanismul de deplasare a mesei și lentilele microscopului.

Pentru uzul studenților

ANALIZA MATERIALELOR PRIN CALORIMETRIE DIFERENȚIALĂ CU BALEIAJ. DETERMINAREA TEMPERATURILOR DE TOPIRE ȘI SOLIDIFICARE

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are drept scop familiarizarea studenților cu tehnica de analiză calorimetrică diferențială cu baleiaj (DSC) a materialelor. În cadrul lucrării de laborator se vor realiza topi și solidifica diferite elemente în stare pură și se vor identifica temperaturile de topire și solidificare utilizând curbele DSC rezultate.

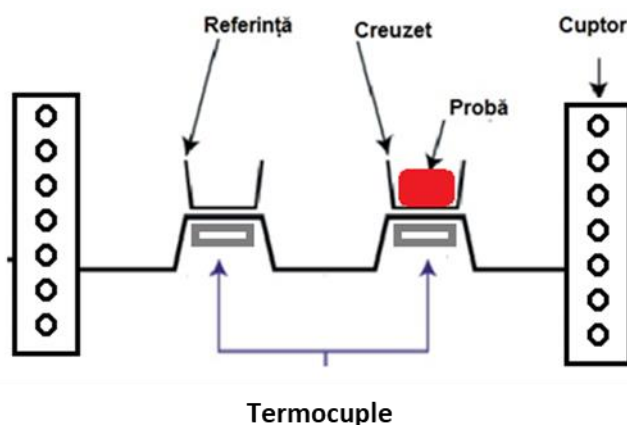
2. Considerații teoretice

Analiza termică a fost definită ca reprezentând un grup de tehnici în care o proprietate fizică a unei substanțe sau/și produsele de reacție ale acesteia sunt măsurate ca o funcție de temperatură sau timp, substanța fiind supusă unei încălziri/răcirii controlate.

Calorimetria se referă, într-un sens mai larg, la măsurarea cantitativă a schimbului de energie sub formă de căldură din timpul desfășurării unui proces oarecare. Deoarece toate reacțiile chimice și multe transformări fizice sunt însoțite de cedare sau absorbție de căldură, analiza cantitativă a schimbului de căldură rămâne o metodă generală relativ simplă de caracterizare a unui proces.

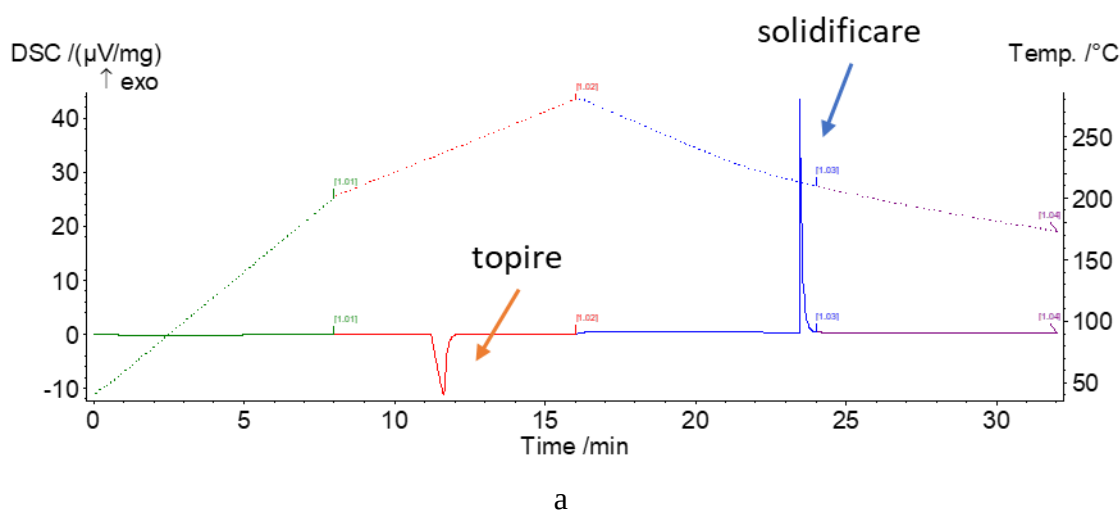
Analiza DSC permite determinarea mai multor mărimi termodinamice, pentru materiale solide și lichide, prin măsurarea temperaturii unei probe cât și a unei referințe, ca o funcție de timp și temperatură. Atât proba cât și referința sunt supuse aceluiași program de temperatură predefinit (încălzire/menținere/răcire). Referința este realizată dintr-un material care nu suferă transformări de fază în intervalul de

temperatură studiat (cel mai des utilizat ca referință este un creuzet gol), Figura 1.1. Diferența de temperatură înregistrată între cele două va fi apoi convertită în flux de căldură.



În urma analizei este înregistrată o termogramă care ilustrează variația fluxului de căldură în funcție de timp sau temperatură. Din curba DSC este posibilă nu numai caracterizarea unui proces ca fiind exoterm sau endoterm, ci și definirea tipurilor de tranziții implicate.

În figura 2.2 este prezentată o termogramă în coordonate DSC (mW/mg) – timp (min) (a) respectiv DSC=f (temperatură) pentru un material încălzit până la temperatura de 280 °C. În timpul încălzirii la aproximativ 235 °C (curba cu linie roșie) se observă un minim endoterm care reprezintă topirea materialului. În timpul răcirii, la temperatura de aproximativ 210 °C (curba cu linie albastră) se observă un maxim exoterm care este atribuit fenomenului de cristalizare (solidificare) a materialului analizat.



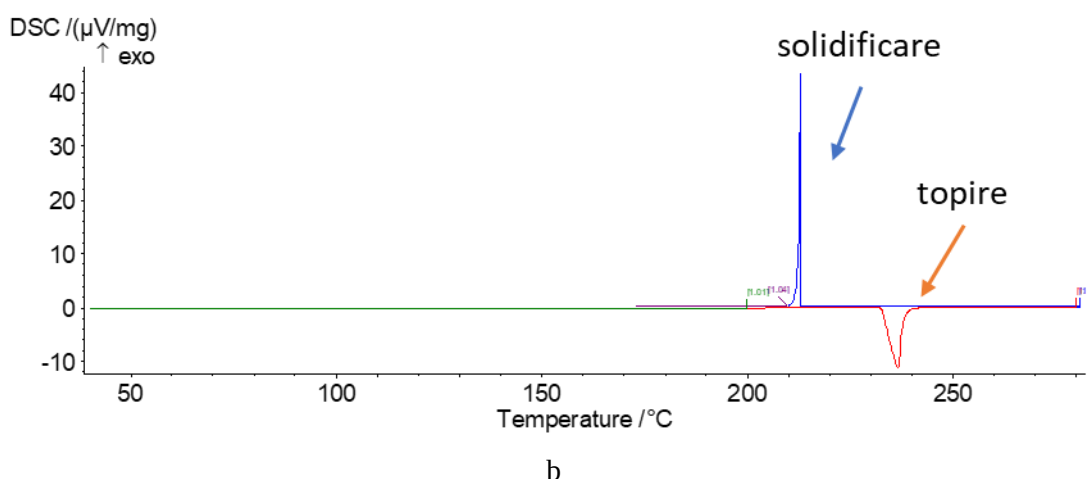


Figura 1.1. Curba experimentală DSC înregistrată în timpul încălzirii/răcirii staniului:
a) DSC - timp și b) DSC - temperatură

Dintre fenomenele ce pot fi identificate prin analiză DSC fac parte:

- topirea;
- solidificarea;
- transformări în stare solidă;
- evaporarea;
- sublimarea;
- adsorbția;
- desorbția;
- tranziția vitroasă;
- deshidratarea;
- descompunerea;
- oxidarea.

De asemenea pot fi determinate temperaturile caracteristice acestor fenomene, entalpia și capacitatea calorică.

Analiza DSC poate fi utilizată pentru a investiga o mare varietate de materiale în stare solidă (materiale plastice, cauciuc, rășini sau alte materiale metalice, ceramică, sticlă, materiale compozite, materiale organice etc.), pulberi (minerale, pulberi metalice), fibre textile, probe vâscoase sau lichide.

3. Modul de lucru

Experimentele se vor realiza pe un calorimetru diferențial cu baleiaj tip DSC 200 F3 Maia, produs de firma NETZSCH (figurile 1.2 și 1.3). Vor fi supuse analizei elemente chimice pure (Bi, In, Hg, Sn, Zn) care vor fi supuse topirii și solidificării.

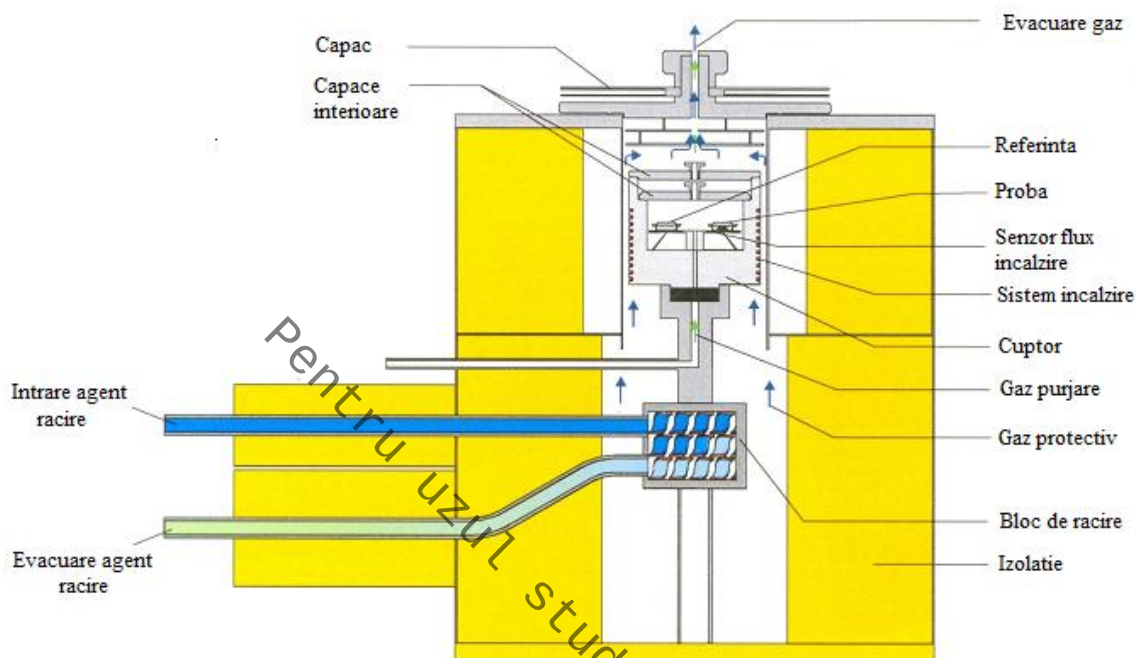


Figura 1.2. Schema constructivă a calorimetrului DSC 200 F3 Maia.

Temperaturile sunt măsurate cu ajutorul a trei termocuple acestea indicând temperatura probei, temperatura referinței și temperatura cuptorului. Experimentul se realizează într-o atmosferă inertă de Ar. Semnalul de ieșire din DSC este preluat de un calculator, care realizează, printr-un soft adecvat, analiza datelor. Echipamentul de analiză DSC mai cuprinde o butelie cu gaz inert și una cu agent de răcire (azot lichid).

Parametrii calorimetrului DSC:

- Intervalul de temperatură: $-170...+600^{\circ}\text{C}$;
- Viteza de încălzire: $0,001\text{ K/min}...100\text{ K/min}$;
- Viteza de răcire: $0,001\text{ K/min}...100\text{ K/min}$ (în funcție de temperatură);
- Rata de măsurare: $0\text{ mW}...\pm 600\text{ mW}$;
- Precizie temperatură: $0,1\text{ K}$;
- Precizie de determinare a entalpiei: $\pm 0,5\%$;

- Atmosfera de argon.



Figura 1.3. Calorimetrul DSC 200 F3 Maia

În cadrul acestei metode de analiză, o probă din materialul de studiat, care mai întâi a fost curățată de impurități și cântărită, este introdusă în interiorul unui creuzet, care, la rândul său, este așezat în interiorul celulei de măsurare (cuptorului) a sistemului DSC împreună cu un creuzet gol, de referință (Figura 1.4). Se pornește sistemul de alimentare cu gaz inert (argon) și se alimentează cu energie electrică aparatul.

Se pornește calculatorul, iar după inițializarea soft-ului specializat se completează datele necesare desfășurării experimentului: regimul de temperatură, viteza de încălzire/răcire și masa probei analizate.



Figura 1.4. Etapele de lucru.

Curbele rezultate în urma experimentelor vor fi evaluate cu software-ul Proteus.

Se vor determina:

- temperatura unde a început topirea ($T_{\text{start top}}$), temperatura unde 50% din transformare a avut loc ($T_{50 \text{ top}}$) și temperatura de sfârșit de topire ($T_{\text{sfârșit top}}$);
- cantitatea de căldură acceptată în timpul topirii ($\Delta H / m$);
- temperatura unde a început solidificare ($T_{\text{start sol}}$), unde 50% din transformare a avut loc ($T_{50 \text{ sol}}$) și temperatura de sfârșit de solidificare ($T_{\text{sfârșit sol}}$);
- cantitatea de căldură cedată în timpul solidificării ($\Delta H / m$).

4. Prelucrarea datelor experimentale

Datele obținute din evaluarea curbelor DSC obținute vor fi centralizate în tabelul următor.

Nr.	Proba	T topire			$\Delta H / m$ (kJ/kg)	T solidificare			$\Delta H / m$ (kJ/kg)
		$T_{\text{start top}}$	$T_{50 \text{ top}}$	$T_{\text{finis top}}$		$T_{\text{start sol}}$	$T_{50 \text{ sol}}$	$T_{\text{finis sol}}$	
		°C	°C	°C		°C	°C	°C	
1	Bi								
2	In								
3	Hg								
4	Sn								
5	Zn								

5. Interpretarea rezultatelor

Pentru uzul studenților

ANALIZA MATERIALELOR PRIN ANALIZĂ MECANO-DINAMICĂ. DETERMINAREA CAPACITĂȚII DE AMORTIZARE A UNUI MATERIAL METALIC

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are drept scop familiarizarea studenților cu tehnica de analiză mecano-dinamică. În cadrul lucrării de laborator se vor realiza măsurători pe diferite materiale metalice și se vor trage concluzii despre capacitatea de amortizare a acestora utilizând curbele DMA înregistrate.

2. Considerații teoretice

Analiza mecano-dinamică (sau analiză mecanică în regim dinamic - DMA) este o tehnică utilizată pentru a caracteriza proprietățile materialelor în funcție de o serie de factori dintre care: temperatură, timp, frecvență, tensiunea aplicată, atmosfera de lucru sau o combinație a acestora.

Analiza DMA permite determinarea unor mărimi pentru materialele metalice și polimeri prin măsurarea modulului de înmagazinare și a capacității de amortizare ca o funcție de timp și temperatură. Se mai pot identifica: temperaturi de transformare în stare solidă, temperaturi de tranziție vitroasă, transformări de fază sau polimorfice. Analiza DMA este o tehnică versatilă care completează informațiile furnizate prin tehnicile de analiză termică mai tradiționale, cum ar fi analiza DSC.

Dispozitivul analizat poartă denumirea de analizor DMA. Funcționarea acestuia constă în aplicarea unei deformății sinusoidale probei analizate cu o geometrie cunoscută. Proba poate fi supusă unei deformări sau alungiri controlate.

În urma experimentului rezultă o termogramă DMA în funcție de timp sau temperatură.

Pentru determinarea capacității de amortizare este necesară determinarea modulului de înmagazinare (E') cât și pe a celui de pierdere (E'') precum și a mărimilor ce derivă din acestea. Modulul de înmagazinare sau modulul dinamic (E') este adesea asociat cu "rigiditatea" unui material și determină cât de rigidă sau fragilă este o probă. De asemenea, poate fi considerat ca o mărime ce dă capacitatea materialului analizat de a înmagazina energia aplicată. Modulul de pierdere (E'') este răspunsul părții vâscoase a materialelor și poate fi considerat ca o mărime ce dă tendința materialelor de a disipa energia aplicată.

Ilustrarea celor două module este redată în figura 2.1.

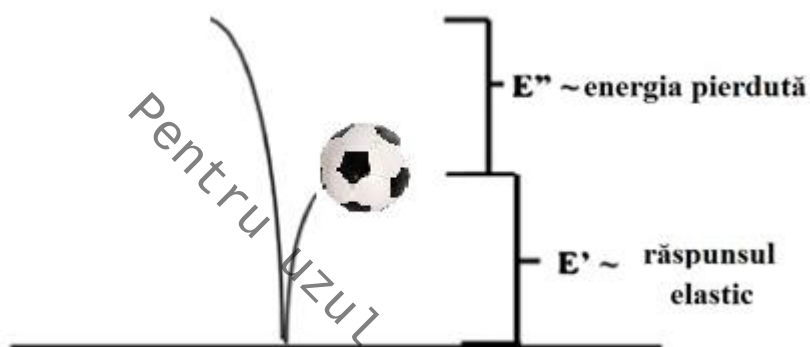


Figura 2.1. Ilustrarea modulului de pierdere și a celui de înmagazinare

Când o minge este lăsată să cadă de la o oarecare înălțime, aceasta va sări până la o înălțime finală mai mică. Măreimea înălțimii finale este dată de răspunsul elastic al materialului. Astfel, rezultă o anumită energie ce se disipă și o energie ce se înmagazinează.

Modulul de înmagazinare este notat cu E' pentru testele de încovoiere și este o măsură a comportamentului elastic al probei. Raportul dintre modulul de pierdere și cel de înmagazinare este numit $\tan \delta$ și este denumit **capacitate de amortizare** sau frecare internă a materialelor. $\tan \delta$ reprezintă modul de disipare a energiei dintr-un material supus unei deformări ciclice. Aceasta este o proprietate a materialului ce constă în capacitatea de a disipa cât mai eficient energia acumulată de material în urma unei deformări.

Capacitate de amortizare este dată de relația:

$$\tan \delta = \frac{E''}{E'}$$

Modulul de înmagazinare determinat prin analiză DMA este diferit de modulul lui Young al aceluși material. Modulul lui Young este calculat din partea inițială a curbei tensiune-deformare și este similar conceptual cu modulul de înmagazinare însă nu este același lucru.

Pentru a putea obține rezultate bune prin intermediul analizei mecanice în regim dinamic trebuie îndeplinite următoarele condiții:

- dispozitivul utilizat trebuie să fie calibrat;
- proba utilizată trebuie să fie pregătită cu atenție ținându-se cont de geometria necesară impusă de tipul suportului de probe utilizat;
- trebuie utilizate viteze de încălzire/răcire cuprinse între 2-5°C, în funcție de sensibilitatea transformării.

3. Modul de lucru

În cadrul laboratorului va fi realizat un experiment ce constă din încălzirea unui oțel cu scopul identificării capacității de amortizare a acestuia în intervalul de temperatură analizat. Experimentul se va realiza utilizând un analizor mecano-dinamic DMA 242 E Artemis, produs de firma NETZSCH (figurile 2.2 și 2.3).

Parametrii analizorului DMA sunt:

- Intervalul de temperatură: -170...+400°C;
- Viteza de încălzire: 0,001 K/min...20 K/min;
- Intervalul de frecvență: 0,01 ... 100 Hz;
- Forța utilizată: 8... 24 N;
- Amplitudinea: ±240 μm;
- Intervalul de amortizare 0,005 ... 100;
- Răcire cu azot lichid;
- Atmosfera de argon;
- Mod de deformare: încovoiere în 3 puncte.

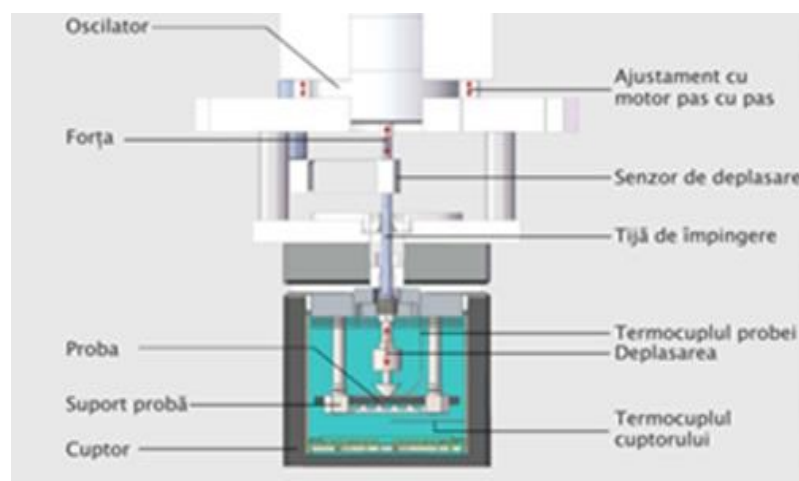


Figura 2.2. Schema constructivă a analizorului mecano-dinamic DMA 242 E Artemis



Figura 2.3. Analizorul mecano-dinamic DMA 242 E Artemis

Proba este introdusă în analizorul DMA și este fixată pe un suport de probe de tip încovoiere în trei puncte ce se găsește în interiorul unui cuptor (Figura 2.4). Programul de temperatura este controlat cu ajutorul unui calculator. Temperaturile cuptorului și cea a probei sunt măsurate cu ajutorul a două termocuple. Cu ajutorul unui motor este generată o mișcare oscilatorie care este transmisă probei prin intermediul unui arbore de acțiune. Astfel, se va aplica o deformare sinusoidală probei analizate, prin intermediul tijei de împingere. La aplicarea unei tensiuni cunoscute, proba se va deforma un anumit procent ce depinde de rigiditatea acesteia. Întreg experimentul se desfășoară în atmosferă de gaz inert.

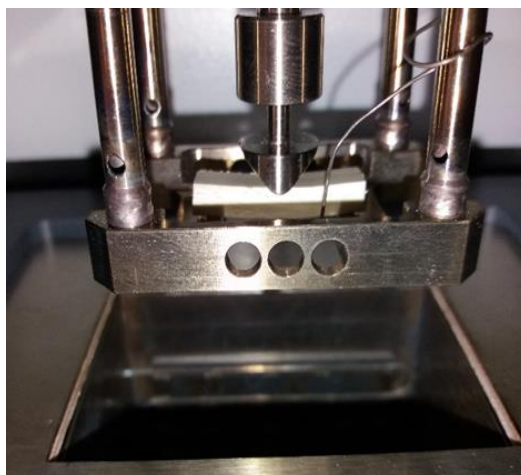


Figura 2.4 Fixarea probei în suportul de încovoiere în trei puncte

Parametrii utilizați în cadrul experimentului sunt:

- atmosfera protectoare: argon;
- tipul suportului de probe: suport pentru încovoiere în trei puncte;
- parametrii dinamici:
 - amplitudine 20 μm ;
 - frecvență 1 Hz;
 - forță dinamică utilizată 9 N;
- programul de temperatură:
 - încălzire până la 400 °C cu 5 K/min;
 - răcire până la temperatura camerei cu 5 K/min.

Se pornește calculatorul și se completează datele experimentului. Curbele obținute după realizarea experimentului vor fi evaluate cu ajutorul software-ului specializat Proteus.

În final se obține o curbă $\tan \delta = f(\text{temperatură})$ de forma celei din figura 2.5.

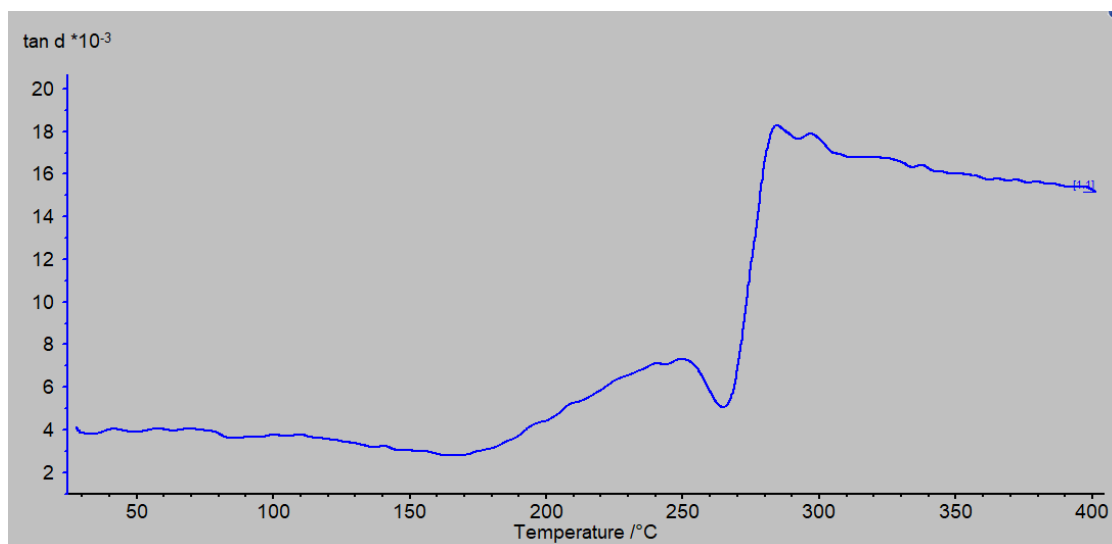


Figura 2.5. Curbă experimentală DMA-temperatură a unui oțel

Prin evaluarea curbei DMA obținute se pot determina valorile pentru capacitatea de amortizare a materialului analizat la diferite temperaturi. Datele vor fi completate în tabelul următor.

4. Prelucrarea datelor experimentale

Nr.	Proba	T ($^{\circ}\text{C}$)	$\tan \delta$ $\cdot 10^{-3}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			

5. Interpretarea rezultatelor

Pentru uzul studenților

DETERMINAREA MICRODURITĂȚII MATERIALELOR METALICE

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are drept scop familiarizarea studenților cu analiza materialelor din punct de vedere al microdurității acestora. În cadrul lucrării de laborator se vor realiza încercări de microduritate pe diferite materiale și se vor trage concluzii asupra prelucrărilor suferite și proprietăților de utilizare ale acestora.

2. Considerații teoretice

Duritatea reprezintă capacitatea unui material de a se opune unei acțiuni de pătrundere mecanică din exterior, în suprafața sa, a unui alt corp, care acționează asupra sa cu forțe localizate pe arii foarte mici.

Duritatea macroscopică se caracterizează, în general, prin legături intermoleculare puternice, dar comportarea materialelor solide sub acțiunea forțelor de pătrundere din exterior este complexă; prin urmare, există diferite metode de determinare ale durității. Duritatea depinde de ductilitatea, rigiditatea, elasticitatea, plasticitatea, deformabilitatea, rezistența, vâscoelasticitatea și vâscozitatea materialului. Exemple comune de materie cu durități ridicate sunt ceramica, betonul, anumite metale și materialele super dure, care pot fi puse în contrast cu materiile moi.

Determinarea microdurității se realizează când probele de testat sunt foarte mici, sub formă de foi subțiri, straturi foarte subțiri, când trebuie măsurate regiuni mici sau trebuie determinată duritatea anumitor faze sau constituienți. Testele de microduritate oferă informații precise și detaliate despre caracteristicile suprafeței materialelor care au o microstructură fină, sunt polifazice, neomogene sau predispuse la fisurare. De asemenea, se poate determina microduritatea medie a unui material considerat omogen, prin realizarea de încercări, aleatoriu, pe întreaga suprafață a probei.

Determinarea microdurității se utilizează pentru evaluarea adâncimii de călire a oțelurilor, studiul decarburării oțelurilor, analiza îmbinărilor sudate, evaluarea prelucrabilității etc.

Termenul de microduritate se referă la metoda statică de determinare a durității, folosind încărcări ce nu depășesc 1daN.

Cele mai utilizate metode de testare a durității sunt metoda Brinell, Vickers, Knoop și Rockwell.

2.1. Determinarea durității prin metoda Vickers

Standardul care reglementează încercarea de duritate Vickers este *SR EN ISO 6507-1:2018 Materiale metalice. Încercarea de duritate Vickers. Partea 1: Metodă de încercare*. Standardul specifică metoda de încercare pentru determinarea durității Vickers pentru trei domenii diferite de valori ale forței de încercare, pentru materiale metalice inclusiv metale dure și alte carburi cementate. Această metoda de determinare a durității folosește un penetrator de diamant, având formă de piramidă dreaptă cu bază pătrată și unghiul la vârf de 136° (figura 3.1). Metoda constă în apăsarea penetratorului piramidal, cu o viteză redusă și o anumită forță, pe suprafața materialului de încercat.

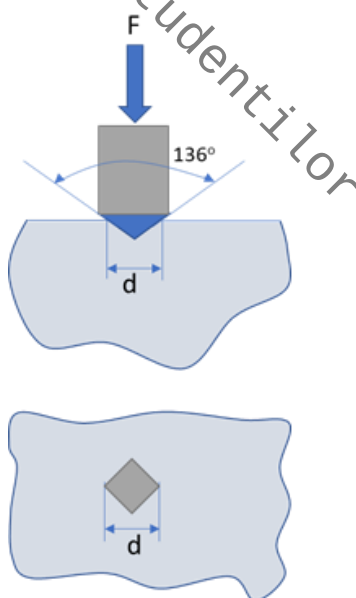


Figura 3.1. Schema de determinare a durității Vickers.

Duritatea Vickers (HV) se determină raportând forța de încărcare F la aria suprafeței laterale a urmei S (considerată a fi o piramidă dreaptă cu secțiune pătrată, cu diagonala d):

$$HV = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Știind că

$$S = \frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} \quad (2)$$

se obține:

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{F}{d^2} \quad (3)$$

Modul de determinare a microdurității este asemănător celui de determinare a durității Vickers standard, cu excepția faptului ca se lucrează la scară microscopică, cu instrumente cu precizie mai ridicată. În acest caz, suprafața de încercat necesită o pregătire metalografică ce constă în șlefuire, lustruire și atac cu reactivi chimici.

Alegerea sarcinii de încărcare se face funcție de mărimea grăunților, cu respectarea condiției referitoare la distanța dintre centrul urmei și marginea grăuntelui analizat. În timpul încercării microdurimetrul trebuie ferit de șocuri sau vibrații pentru evitarea apariției de erori în determinarea microdurității (prin forma urmei rezultate sau valorile obținute la măsurarea diagonalelor).

2.. Determinarea durității prin metoda Knoop

Standardul care reglementează încercarea de duritate Knoop este *SR EN ISO 4545-1:2018 Materiale metalice. Încercarea de duritate Knoop. Partea 1: Metoda de încercare*. Standardul specifică metoda de încercare a durității Knoop cu forțe de încercare de 0,09807 N până la 19,614 N. Metoda este recomandată numai pentru amprente cu diagonale mai mari sau egale cu 0,020 mm.

Metoda Knoop de determinare a durității folosește un penetrator din diamant, având o formă de piramidă romboedrică alungită, cu unghiul la vârf de $172^\circ 30'$ și un raport de cca. 7:1 între diagonala lungă și cea scurtă. Adâncimea de penetrare este de aproximativ 1/30 din lungimea urmei. În acest caz sunt folosite forțe de indentare mai mici decât testul de duritate Vickers ceea ce permite testarea durității materialelor foarte fragile și a straturilor foarte subțiri.

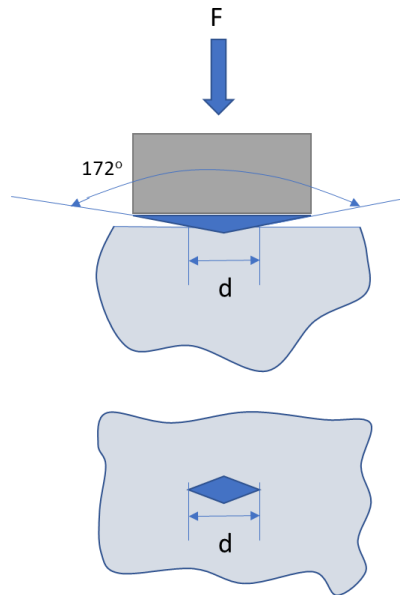


Figura 3.2. Schema de determinare a durității Knoop

Duritatea Knopp (HK) se determină raportând forța de încărcare F la aria suprafeței urmei (S).

$$HK = \frac{F}{S} \quad (4)$$

Cunoscând valoarea ariei se obține:

$$HK = 1,4229 \frac{F}{d^2} \quad (5)$$

3. Modul de lucru

În cadrul laboratorului experimentele se vor realiza pe un microdurimetru HVT 1000 care măsoară duritatea materialelor metalice, pe scara HV. Rezultatele măsurătorilor sunt exprimate în termeni de grade de duritate Vickers și Knoop.

Micrometru este prevăzut cu un sistem optic de mărire. Duritatea este determinată prin penetrarea cu un penetrator de diamant sub acțiunea unei forțe de testare cunoscută apoi măsurarea diagonalei amprente.

Acest microdurimetru este compus dintr-un mecanism de precizie, sistem optic și electric. Este utilizat în principal pentru determinarea microdurității pe suprafețe netede a probelor metalice de dimensiuni mici sau a straturilor superficiale de depuneri precum și a altor materiale nemetalice (sticlă, materiale ceramice etc).

Specificații:

- turelă automată;
- forța de testare: 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 gf;
- timp de testare: 5, 10, ... 60 sec (în pași de 5 sec);
- mărire: ocular 15x, obiective 40x, 10x;
- divizare: o cular micrometric 0,001 mm, rotație 0,01 mm, diviziuni 0,025 μm ;
- deplasarea mesei X 15 mm, Y 15 mm;
- înălțimea maximă a piesei de testat: 80 mm.

Parametrii penetratorului de diamant:

- Vickers: unghiul dintre fețe opuse 136° ;
- Knoop: unghiul dintre două margini opuse 172° și 130° ;

Micrometrul este compus în principal din masa probei și sistem de ridicare, turela mecanism de autoîncărcare, microscop de măsurare și sistem de control și afișare (Figura 3.3).



Figura 3.3 Microdurimetrul HVT 1000

În timpul laboratorului studenții vor analiza microduratea a 2 tipuri de materiale. Va fi stabilită sarcina de încărcare și timpul de menținere pentru fiecare probă analizată. După măsurarea diagonalei va fi calculată duritatea Vickers.

4. Prelucrarea datelor experimentale

Lucrarea constă în măsurarea microdurității a două materiale, folosind forțe de aplicare diferite.

Datele obținute vor fi introduse în tabelul următor.

Material	Nr. măsurătoare	Forța aplicată [gf]	Diagonală [μm]			Duritate Vickers	
			d ₁	d ₂	d _{med}	HV _{calc}	HV _{med}
	1						
	2						
	3						
	1						
	2						
	3						

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} = 1,8544 \frac{F}{d_{med}^2}$$

5. Interpretarea rezultatelor

Pentru uzul studenților

ANALIZA MATERIALELOR PRIN MICROSCOPIE OPTICĂ ȘI ELECTRONICĂ

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are ca scop familiarizarea studenților cu tehnicile de microscopie optică și electronică a materialelor. În cadrul lucrării de laborator se vor analiza microstructural diferite materiale atât prin microscopie optică cât și electronică. De asemenea, se va analiza distribuția de raze X caracteristice (EDAX) obținută cu microsonda electronică pentru identificarea microcompoziției chimice a unor materiale metalice.

2. Considerații teoretice

Analiza microstructurii metalelor și aliajelor constă în examinarea microscopică a acestora având ca scop studiul caracteristicilor microstructurale ale materialului la diverse puteri de mărire. Proprietățile unui material determină modul de funcționare a acestuia într-o anumită aplicație, iar aceste proprietăți sunt dependente de structura materialului.

Analiza microstructurii variază de la determinarea simplă a parametrilor, cum ar fi dimensiunea grăunților sau grosimea stratului de acoperire, până la evaluarea completă a defectelor și a mecanismelor de rupere, cum ar fi incluziunile, segregările, neomogenitățile, microfractografia etc. Caracteristicile microstructurale de interes sunt dimensiunea, forma și distribuția grăunților în cazul unui material monofazic. Pentru un material polifazic dimensiunea, forma și distribuția fazelor secundare sunt importante.

Majoritatea caracteristicilor și parametrilor microstructurali de interes în aliajele tehnice sunt pe o scară de câteva zeci de micrometri. Un interes deosebit este

acordat însă și caracterizării materialelor nanocristaline cu dimensiuni ale grăunților la scară nanometrică (mai mici de 100 nm). Pentru a observa aceste detalii este necesar să se utilizeze tipuri diferite de microscopioape acoperind o gamă largă de ordine de mărire și rezoluții.

Analiza microscopică se referă la metodele optice, opto-electronice sau electronice de analiză structurală și de microtopografie a suprafeței.

În vederea examinării microscopice și a obținerii unor rezultate concludente, obținerea unei suprafețe corespunzătoare a probei implică parcurgerea unor operații: alegerea locului de prelevare a probei, debitarea, planarea, înglobarea, șlefuirea, lustruirea și atacul cu reactivi chimici.

2.1. Microscopia optică

Dintre numeroasele tehnici disponibile pentru analiza și caracterizarea materialelor solide una din cele mai simple este microscopia optică. Utilizând acest tip de microscopie pot fi observate caracteristicile microstructurale în intervalul de dimensiuni de câteva zeci de micrometri, adică scara submilimetrică. În acest caz, puterile de mărire maxime obținute se situează în intervalul 500-2000x.

Cele mai multe caracteristici de interes pot fi observate și cuantificate folosind metode de microscopie cantitativă. Acestea includ observarea și determinarea dimensiunilor grăunților, natura, mărimea, forma, distribuția constituenților structurali existenți în materialul analizat și cantitățile diferitelor faze în sistemele polifazice. De asemenea, observând microstructura se pot obține informații (sau se poate estima) dacă proba indică faptul că materialul este în stare turnată, călită sau prelucrată la rece etc.

Modul de formare a imaginii în microscopia optică este următorul: sursa de lumină emite un fascicul de lumină care este dirijat către o lentilă și apoi către o lamelă din sticlă semitransparentă cu fețe plan-paralele (sau o prismă) înclinată la 45°. O parte din raze traversează lamela în timp ce altele trec prin obiectiv, iluminând proba de examinat, după care lumina reflectată de pe suprafața acesteia, pătrunzând din nou prin obiectiv și prin lamela plană, formează o imagine reală mărită, preluată și mărită suplimentar de ocular, imagine finală observată de ochiul omenesec.

Imaginea de la un microscop optic poate fi captată de camere normale sensibile la lumină pentru a genera o micrografie. Evoluția camerelor a permis capturarea de

imagini digitale, în prezent fiind disponibile microscopae pur digitale care folosesc o cameră CCD pentru a examina o probă. În acest caz, imaginea rezultată este redată direct pe ecranul unui computer, fără a fi nevoie de oculare.

2.2. Microscopia electronică

Prin microscopie electronică se asigură o rezoluție și o putere de mărire mult mai mare și adâncime de câmp foarte mare comparativ cu microscopia optică, ceea ce dă senzația unor imagini în relief. Puterea de mărire este de la $20\times$ până la puteri $500000\times$. De asemenea, se pot obține imagini 3D și date despre compoziția chimică a materialului analizat.

Microscopul cu scanare de electroni (SEM) funcționează pe același principiu ca și microscopul optic, cu deosebirea ca acesta folosește un fascicul de electroni și lentile electromagnetice. Fasciculul electronic trece prin sistemul de lentile care-l focalizează și concentrează pe suprafața probei până la secțiuni de ordinul 1-5 nm diametru. Fasciculul traversează o serie de spirale de scanare situate în lentila obiectiv, care baleiază fasciculul pe o arie dreptunghiulară a probei de analizat. Imediat ce lovește suprafața probei electronii retrodifuzati și secundari încep să fie expulzați din probă. Detectorii captează atât electronii secundari ca și pe cei retrodifuzati și îi transformă într-un semnal care este trimis pe un ecran unde se formează imaginea. Imaginea SEM obținută este rezultatul intensității emisiei electronilor secundari din probă. Proba este așezată în camera probei, într-un suport special, care permite 5 grade de libertate: două de rotație și trei de translație.

Probele de examinat cu SEM trebuie să aibă dimensiuni limitate de dimensiunile suportului din camera probei și trebuie să fie conductoare electric.

Dintre aplicațiile specifice ale SEM în metalografie se menționează: evidențierea structurilor fine, care nu pot fi observate prin microscopie optică, identificarea produșilor de coroziune, identificarea incluziunilor în metale și materiale ceramice și a segregărilor de faze, măsurarea porilor de dimensiuni mici, studierea straturilor de tratament termochimic, studierea suprafețelor rezultate în urma ruperii etc.

Microscopia SEM permite și obținerea de date privind compoziția chimică elementară a probelor analizate sau a stratului superficial a acestora. Pentru aceasta în

cadrul microscopiei electronice de baleiaj s-au dezvoltat două metode de microanaliză chimică: microanaliza cu radiații X și spectrometria de electroni Auger.

Analiza de distribuție de raze X caracteristice (EDAX) pune în evidență elementele principale de aliere prin liniile lor specifice, analiza efectuându-se pe o microzonă oarecare (figura 4.1).

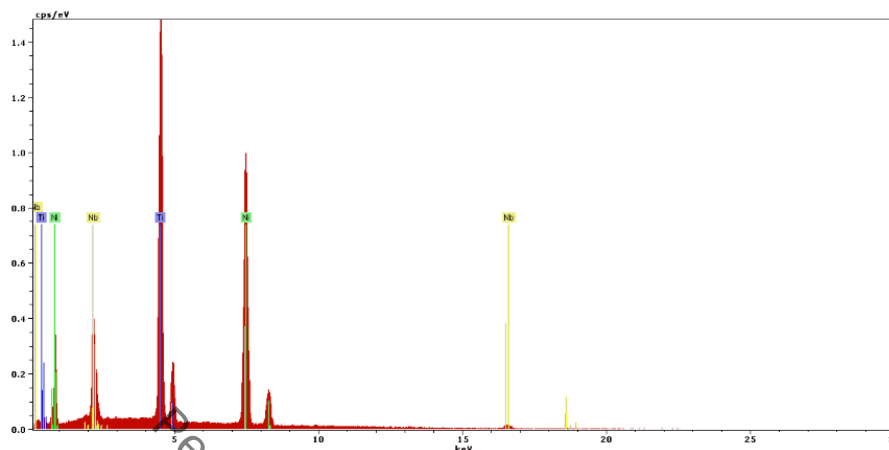


Figura 4.1 Analiza de distribuție de raze X caracteristice (EDAX) obținută cu microsonda electronică pentru identificarea microcompoziției

Pentru a pune în evidență poziționarea anumitor elemente selectate se poate realiza distribuția semnalelor emise de elementele respective. În figura 4.2 sunt prezentate rezultatele obținute în urma analizei prin mapare a elementelor Ni, Ti și Nb, pe o arie selectată atât pentru fiecare element separat cât și pentru toate elementele la un loc în imaginea din centru.

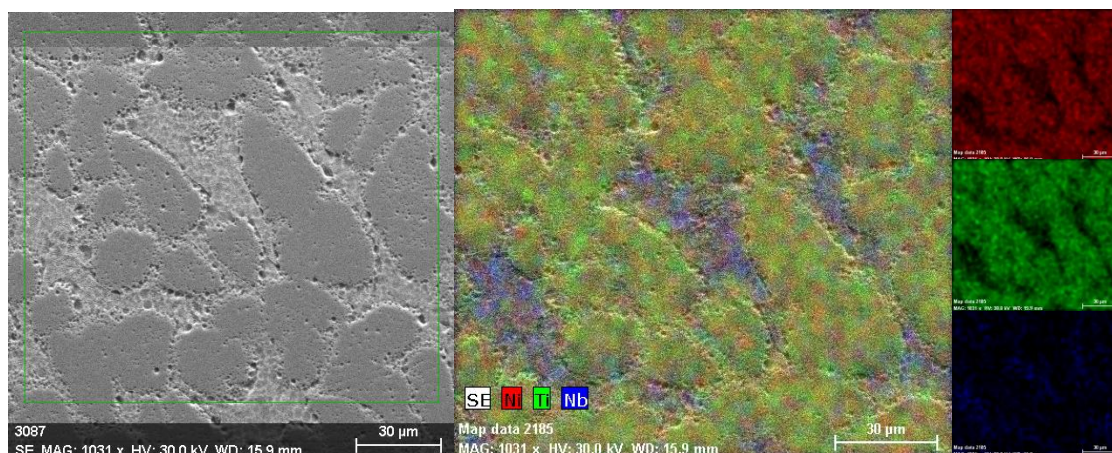


Figura 4.2. Analiza prin mapare pe o arie selectată

3. Modul de lucru

Pentru obținerea imaginii prin microscopie optică în cadrul laboratorului se va folosi microscopul metalografic optic cu măsuță inferioară Meiji Techno cuplat cu cameră digitală Q Imaging și sistem de achiziție a imaginii. Acesta permite studiul probelor prin observare directă în câmp luminos, întunecat sau în lumină polarizată. Puterile de mărire obținute sunt între 50:1 și 2000:1.



Figura 4.3. Microscopul Meiji Techno

Pentru lucrul cu acest microscop, proba pregătită se așează pe placa suport, cu suprafața de studiu în jos; proba se așează pe masa microscopului în dreptul obiectivului, puterea de mărire dorită obținându-se printr-o combinație corespunzătoare ocular-obiectiv.

Pentru obținerea imaginii prin microscopie electronică în laborator se va utiliza microscopul cu scanare de electroni model Vega Tescan LMH II, Figura 4.4. .

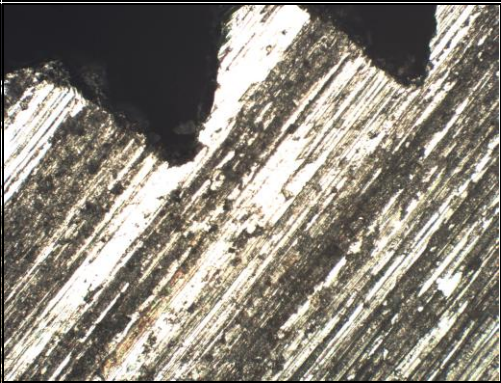
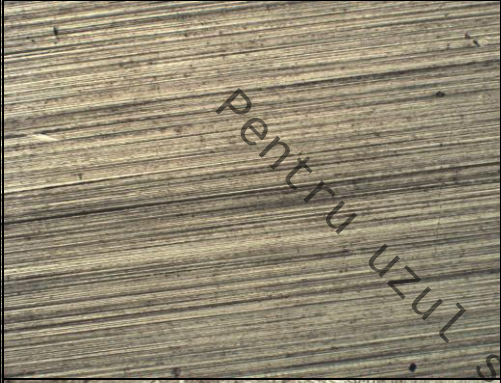


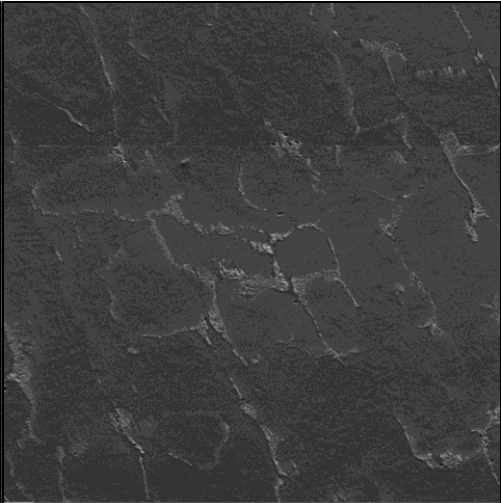
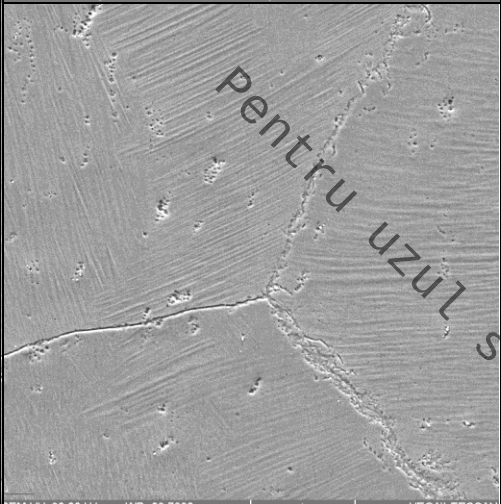
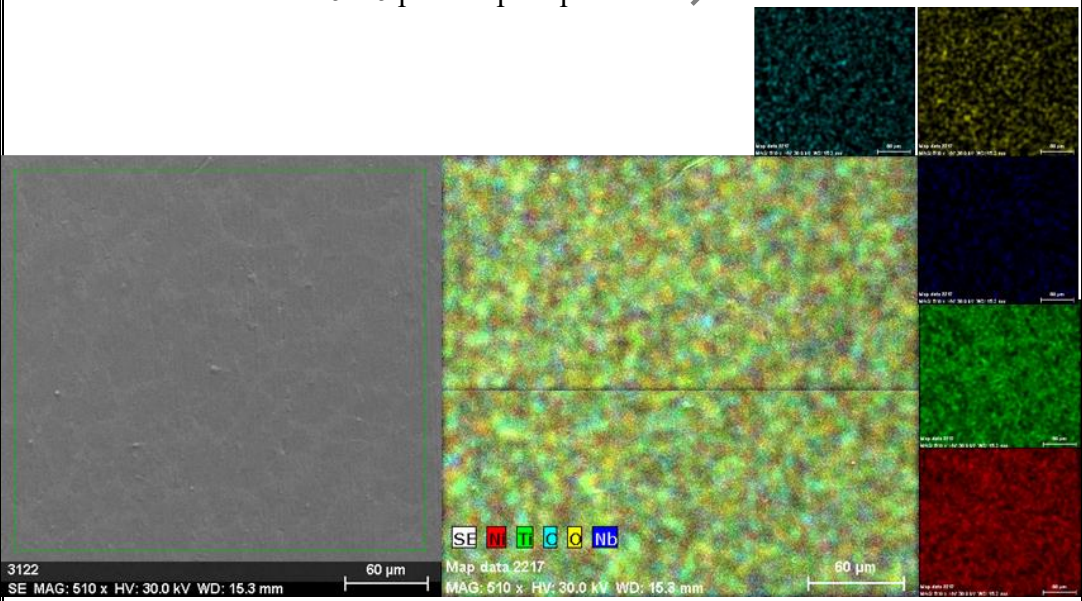
Figura 4.4. Microscopul electronic Vega Tescan

Vor fi analizate la diverse puteri de mărire metale și aliaje atât din punct de vedere al microstructurii cât și a compoziției chimice (prin microscopie electronică).

Pentru uzul studenților

4. Prelucrarea datelor experimentale

Nr. crt.	Proba studiată	Observații
1.		Microscopie optică Probă obținută prin debitare Putere de mărire ocular: 10x Putere de mărire obiectiv: 10x Putere de mărire totală: Microstructura conține:
2.		Microscopie optică Probă șlefuită cu hârtie metalografică de granulație 800 Putere de mărire ocular: 10x Putere de mărire obiectiv: 10x Putere de mărire totală: Microstructura conține:
3.		Microscopie optică Aliaj Fe-C Putere de mărire ocular: 10x Putere de mărire obiectiv: 50x Putere de mărire totală: Microstructura conține:
4.		Microscopie optică Aliaj Cu-Zn Putere de mărire ocular: 10x Putere de mărire obiectiv: 20x Putere de mărire totală: Microstructura conține:

Nr. crt.	Proba studiată	Observații
6.	 SEM HV: 30.00 kV WD: 16.15 mm View field: 214.6 μm Det: SE 50 μm VEGA\\ TESCAN	Microscopie electronică Aliaj NiTiTa Putere de mărire: Microstructura conține:
7.	 SEM HV: 30.00 kV WD: 23.7960 mm View field: 237.85 μm Det: SE 50 μm VEGA\\ TESCAN	Microscopie electronică Aliaj CuZnAl Putere de mărire: Microstructura conține:
8.	Analiza prin mapare pe o arie selectată  3122 SE MAG: 510 x HV: 30.0 kV WD: 15.3 mm 60 μm Map data 2217 MAG: 510 x HV: 30.0 kV WD: 15.3 mm 60 μm SE Ni Ti C O Nb	

5. Interpretarea rezultatelor

Pentru uzul studenților

DETERMINAREA CAPACITĂȚII DE AMBUTISARE LA RECE A TABLELOR SUBȚIRI

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are ca scop familiarizarea studenților cu elementele teoretice privind ambutisarea tablelor. De asemenea, se urmărește determinarea experimentală a capacității de ambutisare la rece a tablelor subțiri prin metoda ERICHSEN. Rezultatele obținute pot fi utilizate în stabilirea corectă a tehnologiei de ambutisare prin intermediul coeficientului de ambutisare, respectiv a gradului de deformare la ambutisare.

2. Considerații teoretice

Prelucrarea prin deformare plastică la rece include acele procedee de deformare ce se execută într-un domeniu de temperaturi și într-un interval de timp pentru care materialul rămâne ecruisat. Semifabricatele ce se prelucreează prin deformare plastică la rece sunt: table, benzi, profile, bare, sârme etc., produse rezultate în urma unei prelucrări anterioare prin deformare plastică.

Semifabricatele destinate prelucrării prin deformare plastică la rece sunt recomandate în funcție de criterii generale de caracterizare a materialelor – compoziție chimică, microstructură, caracteristici mecanice. Cerințe deosebite sunt impuse semifabricatelor utilizate la prelucrări de volum și tablelor pentru ambutisare. Aliajele trebuie să prezinte o alungire la rupere bună, respectiv o plasticitate ridicată, iar diferența între rezistența la rupere și limita de curgere să fie cât mai mare. Cum semifabricatele enumerate sunt obținute printr-o deformare plastică anterioară – tragere, trefilare, laminare, caracteristicile mecanice și structurale pot fi alterate. Materialele destinate prelucrării pot păstra o stare tensională reziduală, pot fi ecruisate sau texturate. Datorită istoriei termomecanice a semifabricatelor și prezenței ecruisării

pe parcursul procesului, s-au elaborat încercări specifice pentru materialele ce vor fi deformate la rece.

După tipul de deformare, procedeele de prelucrare la rece sunt clasificate în: procedee de tăiere (decupare, ștanțare); procedee de îndoire răsucire (îndoire simplă, curbare, înfășurare); procedee de ambutisare; procedee de fasonare (reliefare, filetare); procedee de presare volumică (refulare, extrudare).

Dintre avantajele procesării la rece prin deformare plastică de amintit sunt: reducerea consumului de material - adaosuri minime; obținerea de piese cu configurație complexă; piesele finite prezintă rezistență mecanică și precizie ridicate.

2.1.1. Ambutisarea tablelor

Ambutisarea constă în modificarea formei unui semifabricat, de la forma plană la cea cavă sau în mărirea adâncimii unui semifabricat cav cu sau fără modificarea grosimii pereților.

În funcție de configurația produselor obținute, piesele ambutisate se pot clasifica astfel: piese de revoluție (cilindrice, conice, sferice); piese de tip paralelipipedic (cutii); piese complexe și asimetrice (reper pentru caroserii auto). Semifabricatul plan inițial pentru ambutisare se obține, de obicei, prin decupare. În Figura 5.1 a este prezentată schema ambutisirii unui corp cilindric dintr-un semifabricat plan.

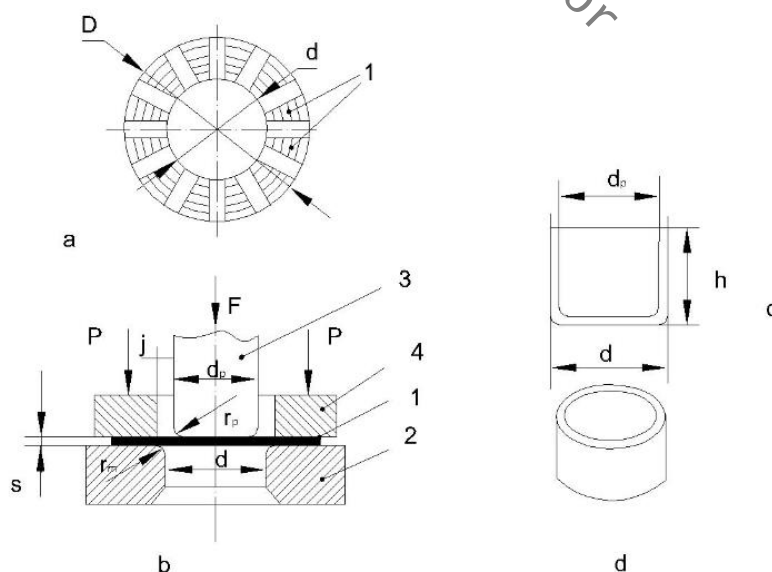


Figura 5.1. Schema ambutisirii unei piese cilindrice

Deformarea materialului semifabricatului 1 se realizează prin trecerea lui forțată printr-o placă activă 2 de diametru d sub acțiunea forței F a unui poanson 3 cu diametrul d_p . Pentru ca semifabricatul să nu fie tăiat, atât poansonul cât și placa activă (matrița) sunt prevăzute cu raze de racordare r_p , respectiv r_m . Semifabricatul de la care se pleacă este un disc de diametru D și grosime s .

Întrucât pentru formarea unui cilindru înfundat la unul din capete este necesar mai puțin material decât cel existent în disc, Figura 5.1 a, surplusul de material tinde să provoace încrețirea marginilor piesei ambutisate.

La ambutisarea tablelor groase aceste cute sunt netezite în jocul j dintre poanson și placa activă. La semifabricatele subțiri împiedicarea formării cutelor se face cu ajutorul unei plăci de presiune 4 care apasă asupra materialului cu forța P pe toată durata ambutisării, realizând reținerea semifabricatului, figura 5.1. b.

Piesa ambutisată astfel obținută, Figura 5.1 c, are capătul deschis neregulat, fapt pentru care după ambutisare se aplică o operație suplimentară de tăiere a capătului piesei la înălțimea h , obținându-se piesa finită, Figura 5.1 d.

Conform definiției ambutisării, aceasta se poate realiza:

- fără subțierea pereților, cu o variație foarte mică a grosimii semifabricatului în cazul când între poanson și matriță există un joc $j \geq s$;
- cu subțierea pereților, când grosimea pereților se micșorează, cazul $j < s$.

2.1.2. Determinarea capacității de ambutisare la rece a tablelor subțiri prin metoda ERICHSEN

Prelucrabilitatea reprezintă capacitatea unui material de a fi prelucrat printr-un anumit procedeu, dar și comportarea acestuia în timpul procesării. Prelucrabilitatea este apreciată prin încercări specifice, încercări tehnologice, care urmăresc principalele caracteristici ale procedurii propus. Încercările tehnologice se elaborează pentru condiții concrete; semifabricatul este declarat corespunzător când asigură un răspuns minim necesar stabilit prin experimente anterioare, reglementat prin standarde.

Pentru procedeul de prelucrare prin ambutisare sunt acceptate mai multe metode de apreciere a capacității de ambutisare, grupate în metode directe și metode indirecte, în funcție de modul în care încercările asigură condițiile prelucrării propriuzise.

Dintre aceste metode o largă recunoaștere are metoda ERICHSEN. Deoarece condițiile de lucru diferă față de cele de la ambutisarea propriu zisă, metoda este încadrată în grupa metodelor indirecte. În România încercarea este reglementată prin *SR EN ISO 20482:2014 Materiale metalice. Table și benzi. Încercarea de ambutisare Erichsen*. Standardul stabilește metoda pentru determinarea capacității de deformare plastică prin ambutisarea tablelor și benzilor, cu grosimea cuprinsă între 0,01 mm și 2 mm, cu lățimea egală sau mai mare de 90 mm. Utilizarea metodei se datorează simplității, timpului scurt de determinare, costului redus și evaluării rapide a rezultatelor.

Schema de principiu a încercării și dimensiunile standard sunt prezentate în Figura 5.2. Pentru încercare, proba de grosime $s = 0,5 - 2$ mm și lățimea benzii sau diametrul tablei de 90 mm, este prinsă între placa activă și placa de presiune care menține poziția probei în raport cu placa activă. Sub acțiunea forței F , poansonul începe deformarea probei. Pe durata încercării, materialul se ecruisează iar grosimea se reduce ușor.

Încercarea se continuă până ce pe zona deformată apare o fisură pătrunsă, vizibilă în lumină, de circa mm lungime. Adâncimea sau înălțimea calotei formate, exprimată în milimetri, reprezintă indicele ERICHSEN, IE.

Pentru stabilirea prelucrabilității la ambutisare a unui semifabricat prin această metodă sunt necesare cel puțin trei determinări. Se obține astfel, indicele ERICHSEN mediu IE_m determinat ca medie aritmetică a valorilor obținute în cele n încercări:

$$IE_m = \frac{IE_1 + IE_2 + \dots + IE_n}{n}$$

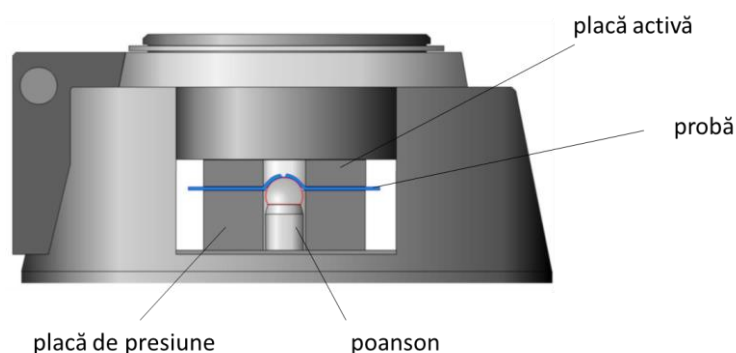


Figura 5.2. Schema dispozitivului de determinare a indicelui ERICHSEN

Valoarea obținută se compară cu valorile recomandate de standardele de produs, IEs.

Aspectul zonei cel mai intens solicitate, suprafața exterioară a calotei sferice, orientarea fisurii pe calotă furnizează informații calitative asupra materialului, Figura 5.3.



Figura 5.3. Epruvetă supuse încercării de ambutisare la rece prin metoda ERICHSEN

O suprafață lucioasă presupune o plasticitate bună a materialului, iar o suprafață poroasă, rugoasă a calotei denotă un material cu granulație grosieră, cu plasticitate redusă, defect numit “coajă de portocală”.

Dezvoltarea fisurii pe conturul poansonului, circular, demonstrează o plasticitate uniformă a materialului, iar dacă fisura are o orientare radială, materialul prezintă o anizotropie a proprietăților, inclusiv a celor de plasticitate.

Astfel, la încercarea ERICHSEN se obțin două categorii de indici:

- cantitativi (indicele ERICHSEN mediu);
- calitativi (aspectul suprafeței calotei; forma fisurii).

Dacă în urma încercării prin metoda ERICHSEN, $IE_m \geq IEs$, suprafața calotei are aspect lucios și fisura este de formă circulară, se poate acorda un calificativ maxim semifabricatului încercat, foarte bun pentru ambutisare. Absența unuia dintre acești indici implică adoptarea unui calificativ diminuat corespunzător, slab ambutisabil sau neambutisabil.

3. Modul de lucru

În laborator se determină capacitatea de ambutisare la rece a tablelor subțiri prin metoda ERICHSEN. Se vor efectua minimum trei încercări pentru fiecare dintre materialele disponibile.

În vederea efectuării lucrării practice sunt necesare:

- probe tip bandă din tablă cu dimensiunile: $s=0.5...2$ mm; $L=270 \times 90$ mm;

- dispozitiv de determinare a indicelui ERICHSEN, Figura 5.4;
- șubler de precizie 0,1 mm cu tijă pentru adâncime;

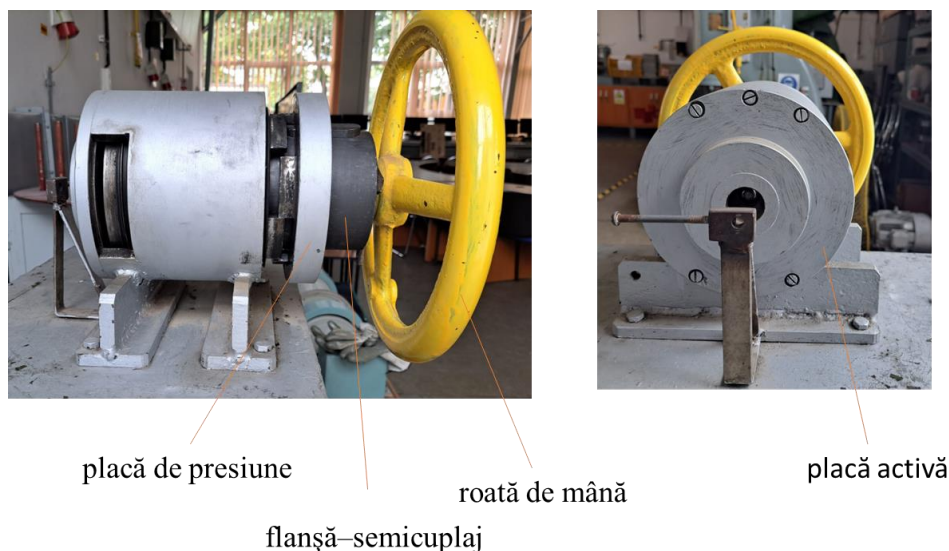


Figura 5.4. Dispozitiv de determinare a indicelui ERICHSEN

Proba se introduce în fanta dispozitivului, se poziționează cu zona marcată pentru încercare în centrul plăcii active și se fixează cu ajutorul plăcii de presiune. Se impune ca în această fază poansonul să fie poziționat în interiorul corpului de antrenare a plăcii de presiune. Se decuplează corpul de antrenare placă de presiune-semicuplaj și flanșă-semicuplaj; palpatorul comparatorului se aduce în contact cu flanșa și se fixează și se aduce pe „zero” prin rotirea cadranelui acestuia. Se execută încercarea de ambutisare a probei, lent, continuu și fără șocuri cu o viteză de cca 0,1 mm/s, viteza micșorându-se spre sfârșitul cursei pentru a determina cât mai precis momentul ruperii și lungimea fisurii, care se vizualizează prin oglinda amplasată în fața plăcii active. Se preia de la comparator valoarea indicelui ERICHSEN care se trece în Tabelul 5.1.

4. Prelucrarea datelor experimentale

În timpul lucrării practice după încercarea la ambutisare se preiau valorile indicelui Erichsen și se completează tabelul 5.1. De asemenea, sunt apreciate prin analiză macroscopică indicii calitativi – aspectul suprafeței calotei și forma fisurii – indici care se centralizează în Tabelul 5.2. Se recomandă minim trei încercări.

Tabelul 5.2. Rezultate experimentale.

Proba	Marca material	Dimensiuni [mm]		Încercarea			IE_m	Comp <,,>	IE_s	Aspect		Calificativ
		l	s	1	2	3				fisură	calotă	
1												
2												
3												

5. Interpretarea rezultatelor

Pe baza rezultatelor experimentale se determină capacitatea de ambutisare a semifabricatelor utilizate. În acest sens se calculează indicelui ERICHSEN, IE_m , pentru fiecare material, ca medie aritmetică a încercărilor. Se compară rezultatele experimentale cu recomandările din standarde – Figura 5.4 și Tabelul 5.2; și se acordă calificativului pentru fiecare material.

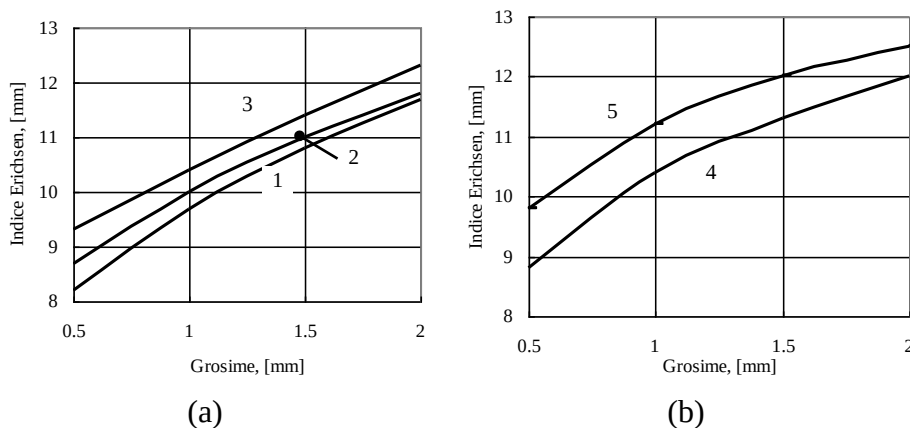


Figura 5.4 Variația indicelui ERICHSEN, cu grosimea pentru produse plate din oțeluri cu conținut scăzut de carbon, pentru ambutisare: a) 1 – oțel DC 01; 2 – oțel DC 03; 3 – oțel DC 04; b) 4 – oțel DC 05; 5 – oțel DC 06

Tabelul 5.1. Valorile indicelui ERICHSEN, IE_s , minim pentru benzi din CuZn 30.

Grosime bandă, g [mm]	0,2	0,4	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Indice ERICHSEN minim, IE_s [mm]	10,4	11,8	12,0	12,5	12,7	13,0	13,2	13,5

Pentru uzul studenților

BIBLIOGRAFIE

- BACIU M., RUSU I., Studiul materialelor. Aplicații, Editura Tehnopress, 2005
- BACIU C., LOHAN M.-N., MATCOVSCHI E., BURDUHOS-NERGIȘ D.-P., POPA M., Știința și ingineria materialelor. Noțiuni generale-parte I, Editura Performantica, Iași, 2022
- BEJENARIU C., MĂLUREANU I., MOLDOVEANU V.V., TOMA ȘT. L., GHEORGHIU D. A., LOHAN N.M., CORĂBIERU A., CAZAC A.M., BURDUHOS NERGIȘ D.P., Tehnologia Materialelor. Știința și Ingineria materialelor – Lucrări practice, Ed. Tehnopress, 2022
- LOHAN N.-M., PRICOP B., BUJOREANU L. G., Tehnici avansate de analiză termică. Îndrumar de laborator. Ed. Performantica, 2020,
- RUSU I., Tehnici de analiză în ingineria materialelor. Aplicații practice, Ed. PIP, Iași, 2011
- WAGNER M., Thermal Analysis in Practice, Mettler Toledo Collected Applications, 2009
- *** Dynamic Mechanical Analysis (DMA). A Beginner's Guide www.perkinelmer.com/
- *** LEGEA nr. 319 din 14 iulie 2006 a securității și sănătății în muncă;
- *** HOTĂRÂRE 1425/2006 pentru aprobarea Normelor metodologice de aplicare a prevederilor Legii securității și sănătății în muncă nr. 319/2006
- *** SR EN ISO 6507-1:2018 Materiale metalice. Încercarea de duritate Vickers. Partea 1: Metodă de încercare.
- *** SR EN ISO 4545-1:2018 Materiale metalice. Încercarea de duritate Knoop. Partea 1: Metoda de încercare
- *** SR EN ISO 20482:2014 Materiale metalice. Table și benzi. Încercarea de ambutisare Erichsen