



Număr proiect 2020-1-PL01-KA202-081820

I03 - Kit de Materiale Educative pentru Cursul de Formare EDTT

Starea documentului		
Versiune	Data	Descriere
1	Dec-2022	<i>Proiect Versiune - Inițială Propunere</i>
2	ianuarie-2023	<i>Proiect Versiune – pentru revizuire</i>
3	mai-2023	Versiunea finala



Cuprins

Cuprins	ii
1. Introducere în kit	iii
2. Manual	iv
1. Introducere în testarea distructivă	iv
1.1. Introducere în testele distructive și regulile de siguranță în testele distructive	iv
1.2. Proiectarea mașinilor și echipamentelor de testare distructivă	xii
2. Încercări mecanice (încercări de tracțiune, test de îndoire, test de rezistență la impact Charpy, test de rupere, test de duritate)	XX
2.1. Încercări de tracțiune ale metalelor la temperatura camerei (I-git)	XX
2.2. Încercări de întindere ale îmbinărilor sudate cu suduri cap la cap, îmbinări cruciforme, îmbinări suprapuse și îmbinări cu suduri în filet (I-git)	XX
2.3. Încercări de îndoire ale metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 1	XX
2.4. Încercări de îndoire ale metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 2 Demonstrația	xxi
2.5. Testul Charpy de rezistență la impact a metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 1	xxi
2.6. Testul Charpy de rezistență la impact a metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 2 Demonstrația	xxii
2.7. Testele de rupere a îmbinărilor sudate – Exercițiul 1	xxii
2.8. Test de fractură - Exercițiul 2 Demonstrația	xxii
2.9. Încercări de duritate a metalelor și îmbinărilor sudate (ISIM-ROM)	xxii
2.10. Exerciții / STUDII DE CAZ (MINIM 5) – (GIT + ISIM -LIPSĂ)	xxii
3. Incertitudinea de măsurare	xxii
3.1. Metode generale de calcul al incertitudinilor (ISIM-RO)	xxii
3.2. Incertitudine de măsurare pentru testul de tracțiune, testul de impact și testul de duritate Exemple de măsurători de incertitudine deja calculate pentru încercările de duritate și de întindere. (ISIM-RO)	xxii
3.3. Exerciții / STUDIU DE CAZ (MINIM 2) - ISIM	xxii
3. Evaluare (baza de date EXCEL de Q&A + WORD 5 SARCINI practice) - acces restricționat la ANB-uri	xxiv
4. Ghid pentru dezvoltarea PPT-urilor	xxv
5. Instrument pentru formatori pentru măsurarea incertitudinii	xxviii

1. Introducere în kit

Acest IO3 se preocupă de dezvoltarea materialelor necesare pentru implementarea cursului de formare EDTT la nivel național, accesibil atât formatorilor/profesorii, cât și cursanților pentru a facilita procesul de învățare.

Acesta include dezvoltarea unui manual cu instrumente de instruire și instrumente inovatoare de evaluare confidențială (de exemplu , sarcini de învățare bazată pe probleme), precum și exerciții practice (de exemplu, studii de caz reale). Conținutul acestui manual (adică kit-ul de materiale educaționale EDTT) va fi testat în cadrul evenimentelor pilot naționale cu grupuri țintă TRUST, pentru a ține seama de orice îmbunătățiri considerate necesare.

Toți partenerii au contribuit la materialele educaționale și s-au implicat în elaborarea tuturor instrumentelor de evaluare care vor fi utilizate în cadrul Cursului de formare. Partenerii TRUST se vor asigura că exercițiile și instrumentele de evaluare create sunt pe deplin aliniate cu domeniul Testelor Destructive prin dezvoltarea unor studii de caz reale și sarcini de învățare bazată pe probleme bazate pe contexte industriale reale. Acest lucru va asigura cursanților înscriși la cursul de formare EDTT, posibilitatea de a rezolva problemele cu care se confruntă zilnic profesioniștii care lucrează la DT, pregătindu-i astfel mai bine pentru a aborda unele dintre aceste probleme în viața reală.

Chiar dacă instrumentele de evaluare dezvoltate sunt confidențiale, acestea vor fi traduse în limbile naționale ale partenerilor (PT, IT, PL și RO), precum și exercițiile practice, asigurându-se aplicarea corectă a acestora la nivel național la implementarea cursului de formare EDTT. Acest lucru în concordanță cu caracteristicile armonizate ale Calificării EDTT, ceea ce înseamnă că toți cursanții au acces la aceeași pregătire, aceleași exerciții și aceleași proceduri de evaluare, indiferent de contextele lor.

2. Manual

Din motive de confidențialitate, aceasta este singura parte pe care cursanții o pot accesa, deoarece este vorba despre materiale adresate formatorilor pentru a crea un mediu de învățare dinamic bazat pe o abordare centrată pe cursant.

1. Introducere în testarea distructivă

1.1. Introducere în testarea distructivă și regulile de siguranță în testarea distructivă

În lumea modernă, folosim multe materiale diferite pentru a construi structuri, componente și mașini. Proiectarea corectă a acestor articole necesită o bună cunoaștere a proprietăților materialelor constitutive ale acestora, și anume proprietățile mecanice, cum ar fi rezistența la tracțiune, rigiditatea, tenacitatea, duritatea și ductilitatea.

Au fost propuse diferite tipuri de încercări pentru a determina aceste proprietăți, denumite în general încercări mecanice sau încercări distructive, deoarece ele necesită de obicei distrugerea piesei testate. Ca atare, aceste teste sunt utilizate în mod normal prin eșantionare și ar putea servi mai multor scopuri și anume:

- Determinați proprietățile materialelor necesare pentru proiectarea componentelor și structurilor.
- Recepția materiilor prime pentru a confirma conformitatea proprietăților acestora cu caietul de sarcini.
- Calificarea unor procese de fabricație sau îmbinare. Sudarea este un exemplu tipic și extrem de important.
- Calitatea producției îmbinărilor de sudură.
- Investigarea accidentelor sau a cazurilor de defecțiune.
- Cercetare pentru dezvoltarea de noi materiale sau noi procese de fabricație.

De-a lungul ultimului secol, au fost propuse sute de teste mecanice diferite pentru a determina sau analiza diferite proprietăți, secțiunea a doua va introduce mai multe teste adesea folosite pentru a determina proprietățile de bază ale materialelor și cu o relevanță deosebită în sudare. Pentru a înțelege mai bine aceste încercări, vom introduce mai jos câteva concepte de bază privind testarea și comportamentul materialelor, în special a materialelor metalice, și îmbinărilor de sudură.

1.1.1. Noțiuni de bază

Rezistența mecanică a unui material dat este o caracteristică importantă. Cu toate acestea, exprimarea acesteia ca sarcină maximă pe care materialul o poate suporta fără defecțiuni nu este practică, deoarece o bucată mai groasă de material va suporta o sarcină mai mare. O altă proprietate sau parametru important în testarea mecanică este alungirea unei lungimi date de material la o sarcină dată. Ca și în cazul încărcăturii, folosirea alungirii materialului nu este practică, deoarece o bucată mai lungă de material va avea o alungire mai mare. Astfel, în testele mecanice și inginerie folosim conceptele de stres mecanic și deformare pentru a cuantifica aceste proprietăți ale materialelor.

Tensiunea este definită ca sarcina aplicată piesei de material împărțită la crucea rezistentă a piesei. Aceasta este denumită de obicei efort direct sau efort normal deoarece secțiunea transversală este perpendiculară pe forță și este reprezentată de litera greacă sigma (σ). În figura 1.a) dacă $F=20\text{ kN}$ și secțiunea transversală AA' este de 100 mm^2 atunci:

$$F=20\ 000\text{N}$$

$$AA'=100\text{ mm}^2 = 0,0001\text{ m}^2 \quad \text{și stresul:}$$

$$\sigma = \frac{20\ 000}{0,0001} = 200\ 000\ 000\ \text{N/m}^2 = 200\ 000\ 000\ \text{Pa} = 200\ \text{MPa}$$

Deci, tensiunea mecanică are aceleași unități ca și presiunea, Pascal (Pa) sau mai des în comportamentul materialelor și multiplii de testare mecanică a acestuia, cum ar fi kilopascal (kPa) sau megapascal (MPa).

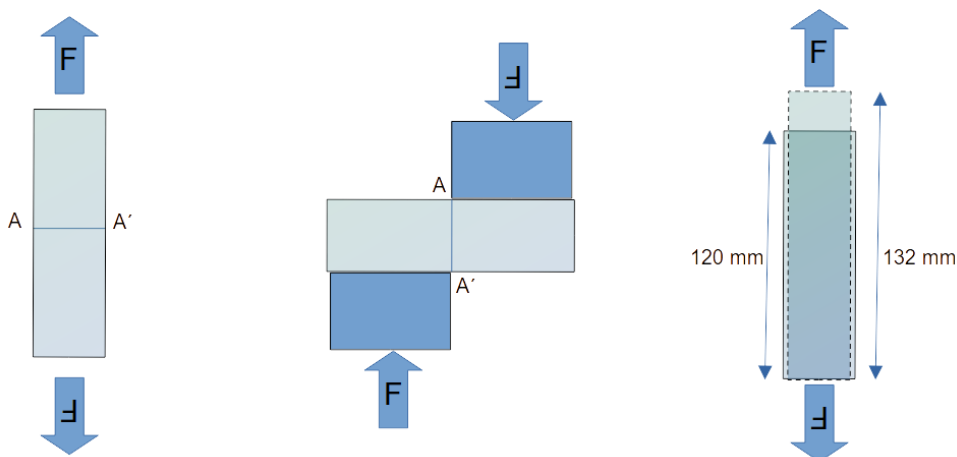


Figure 1 - Schematic representation of stresses and strains on a bar of material

De asemenea, putem avea un tip diferit de efort în care secțiunea transversală rezistentă este paralelă cu forța, așa cum este exemplificat în Figura 1.b), aceasta este denumită efort de forfecare și este reprezentată de litera greacă tau (τ). În Figura 1.b) dacă bara are aceeași secțiune transversală de 100 mm² și forța este de asemenea de 20 kN, atunci efortul de forfecare în secțiunea AA' va fi de asemenea de 200 MPa.

Deformarea este definită ca alungirea piesei (creșterea sau scăderea lungimii) împărțită la lungimea inițială a piesei, adesea exprimată ca procent și reprezentată de litera greacă epsilon (ϵ). În exemplul din figura 1.c), dacă lungimea inițială a barei este de 120 mm=0,12 m și lungimea finală sub o forță de tracțiune F este de 132 mm=0,132 m atunci deformarea este:

$$\frac{0.132 - 0.120}{0.120} = 0.1 \text{ m/m}$$

Sau înmulțind cu 100 pentru a converti într-un procent $0,1 \times 100\% = 10\%$

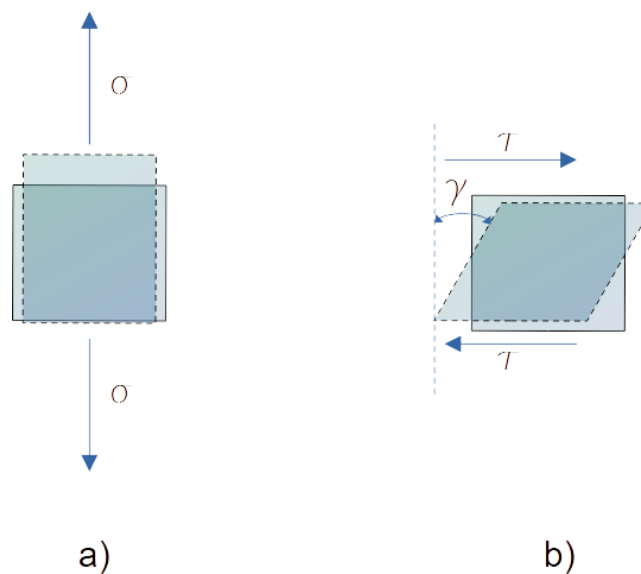


Figure 2 - Schematic representation of direct and shear strains

De asemenea, tensiunile de forfecare vor provoca, de asemenea, o deformare, de obicei desemnată cu litera greacă γ , deși această deformare este mai dificil de vizualizat. În timp ce tensiunile normale cauzează doar o întindere a unei anumite forme, tensiunile de forfecare provoacă o distorsiune a formei originale, așa cum este exemplificată în Figura 2.b), unde un pătrat devine un romb. Din punct de vedere fizic, deformarea de forfecare este unghiul de distorsiune prezentat în Figura 2.b).

Este o experiență comună că unele materiale, cum ar fi cauciucul, de exemplu, pot fi întinse la o lungime mai mare prin aplicarea unei forțe, dar atunci când este eliberat, materialul își recuperează lungimea inițială, în timp ce alte materiale, de exemplu, un fir de cupru, atunci când sunt îndoit sau întinse, se vor menține. forma/lungimea deformată după eliberare. Primul comportament se numește deformare/deformare elastică, în timp ce cel de-al doilea se numește deformare/deformare plastică. De fapt, majoritatea materialelor, și anume aliajele metalice, prezintă ambele comportamente. Ele sunt elastice până la un anumit nivel de stres și devin plastice după aceea și până la stresul la care se fracturează. Tensiunea la care se schimbă comportamentul de la elastic la plastic se numește efort de curgere și tensiunea la care are loc cedarea efortul de rupere sau rezistența la tracțiune. Cunoașterea acestor tensiuni este foarte importantă pentru o utilizare fiabilă a materialelor și a proceselor tehnologice precum sudarea. Încercarea de tracțiune care va fi introdusă în detaliu în Secțiunea 2 ne permite să determinăm cu precizie aceste proprietăți importante.

Materialele care prezintă comportamentul de mai sus, cu o deformare plastică considerabilă înainte de rupere, sunt denumite materiale ductile. Există și alte materiale, exemple clasice sunt ceramica și sticla, care se fracturează atunci când sunt încă în regim elastic sau la deformare plastică foarte mică, acestea se numesc materiale fragile. Casant nu înseamnă neapărat „mai slab” în sensul obișnuit al cuvântului, de fapt multe materiale de înaltă rezistență, cum ar fi oțelurile pentru scule sau oțelurile de mare viteză (deseori folosite pentru a face unelte pentru tăierea sau prelucrarea altor materiale) prezintă acest comportament. Principala diferență este în energia necesară (sau absorbită) pentru a rupe materialul. Deoarece deformația elastică este foarte mică în comparație cu cea plastică, absorbția de energie în fractura materialelor fragile este, de asemenea, mică, în ciuda efortului de rupere mai mare. Deși având o tensiune de rupere mai mică, materialele ductile vor absorbi mai multă energie pentru a se rupe datorită deformării plastice mult mai mari.

Acest lucru ne-a condus la un alt concept, sau proprietate mecanică, numită tenacitate. Un material cu tenacitate ridicată este un material care absoarbe o valoare mare de energie pentru a se rupe. Acest lucru nu înseamnă că materialele cu duritate ridicată sunt mai bune decât cele cu duritate scăzută, depinde de aplicația pentru care dorim să le folosim. Dacă lovim cu ciocanul o bucată de oțel de construcție, aceasta se va îndoi și zbârci, dar nu se va rupe, pe de altă parte, dacă facem același

lucru cu un burghiu, din oțel de înaltă rezistență, acesta s-ar putea rupe ușor sau chiar se va sparge în mai multe bucăți. Un burghiu din oțel pentru construcții s-ar uza și s-ar pierde marginile tăietoare foarte repede, în timp ce un pod din oțel de înaltă rezistență, pe lângă costul foarte ridicat, ar fi foarte sensibil la impacturi și defecte care s-ar putea dezvolta în timpul funcționării și s-ar putea prăbuși fără niciun fel. avertismentul anterior.

Duritatea materialului poate fi derivată dintr-un test de tracțiune, dar acest lucru nu este obișnuit. Deoarece această proprietate este foarte importantă, mai ales în materialele de construcție, s-au propus teste specifice pentru determinarea acesteia. Cel mai utilizat este testul de impact Charpy V în care un specimen crestă este spart de un impact. Prin extragerea cu atenție a piesei de testare, putem poziționa creștătura într-o anumită regiune a materialului nostru, pentru a sonda o anumită locație și nu tot volumul acestuia. Un bun exemplu este o îmbinare de sudură Figura 3, într-o îmbinare de sudură putem distinge cel puțin trei regiuni:

- Metal de bază – material departe de sudare și neafectat de ciclul de căldură al sudurii
- Metal de sudare – material care a fost topit și solidificat din nou pentru a uni ambele părți
- Zona afectată de căldură (HAZ) – regiune adiacentă metalului de sudură care, deși nu a fost topit, a fost supusă la temperaturi foarte ridicate și suferă modificări structurale din acest motiv.

Ultima regiune este de obicei cea mai problematică deoarece efectul de radiator al restului componente poate provoca viteze mari de răcire pe această regiune a sudurii și, în consecință, formarea de structuri dure sau faze. După cum sa menționat anterior, fazele dure sunt de obicei fragile, ceea ce ar putea compromite rezistența mecanică a îmbinării sudate. Testul de impact este foarte util și, prin urmare, foarte des folosit pentru a controla proprietățile HAZ și pentru a vă asigura că procedura de sudare (sau sudorul) nu cauzează această problemă. Figura 3 arată, de asemenea, schematic, poziționarea unui eșantion de încercare de impact pentru a sonda proprietățile HAZ. Deoarece creștătura este poziționată în această regiune, determinăm proprietățile HAZ și nu cele ale tuturor îmbinărilor sudate.

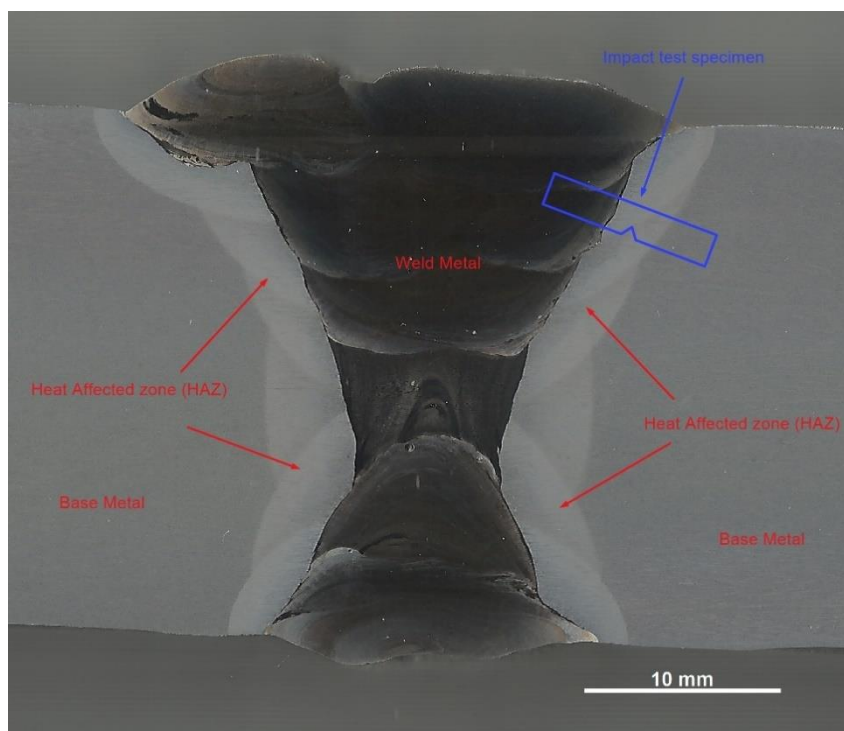


Figura 3- Macrografia unei îmbinări de sudură arătând diferitele regiuni și o posibilă locație a unei probe de impact pentru a testa ZAZ.

Ultimul concept sau proprietate privind proprietățile mecanice și testarea este duritatea. Aceasta este o proprietate foarte importantă atât prin ea însăși, cât și datorită relației sale cu alte proprietăți materiale. În experiența noastră de viață de zi cu zi, suntem familiarizați cu conceptul de duritate, instinctiv avem ideea că, de exemplu, cauciucul este mai moale decât metalul sau sticla. Cu toate acestea, pentru a folosi acest lucru în inginerie avem nevoie de o modalitate mai cantitativă de a defini și măsura această proprietate. Prima încercare a fost scara Mohs propusă pentru studiul mineralelor. Această scară este formată din zece minerale începând cu talc (cel mai moale) și cu duritatea crescândă până la diamant (cel mai dur). Dacă un material este zgâriat de unul dintre minerale, este mai moale decât acel mineral, dacă nu este mai dur. Deși încă este folosită în mineralogie, această scară nu este foarte utilă în evaluarea durității materialelor moderne de inginerie. Are doar zece grade de duritate și diferența dintre aceste grade nu este constantă, așa că discriminarea pe care o putem obține între diferitele materiale este foarte mică. Tehnicile moderne de măsurare a durității unui material se bazează pe ceea ce numim duritatea indentării. În aceste tehnici, un poanson cu un vârf dur de o anumită geometrie standard este apăsat pe suprafața materialului testat cu o sarcină standard și pentru un anumit timp. Duritatea este evaluată după mărimea marcajului lăsat pe suprafață, sau după adâncimea la care poansonul pătrunde în material. În conformitate cu aceasta, duritatea poate fi definită ca rezistența materialului la deformarea plastică. Ca și în cazul testelor de impact, testele de duritate, pe lângă testarea materialelor în general, sunt foarte utilizate în sudare, deoarece sunt și foarte localizate, lățimea semnelor este mai mică, sau adesea mult mai mică, de un

milimetru, astfel, pot sonda anumite regiunile de material din îmbinarea de sudură, **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** prezintă adâncituri de duritate în diferitele regiuni ale unei îmbinări sudate. Deoarece duritatea este legată de capacitatea materialului de a se deforma plastic, aceasta nu este independentă de alte proprietăți ale materialului pe care le-am discutat anterior. Astfel, ca regulă generală, un material dur va fi fragil și va prezenta rezistență ridicată și duritate scăzută și, invers, un material mai moale va fi ductil și va prezenta rezistență scăzută și duritate ridicată.

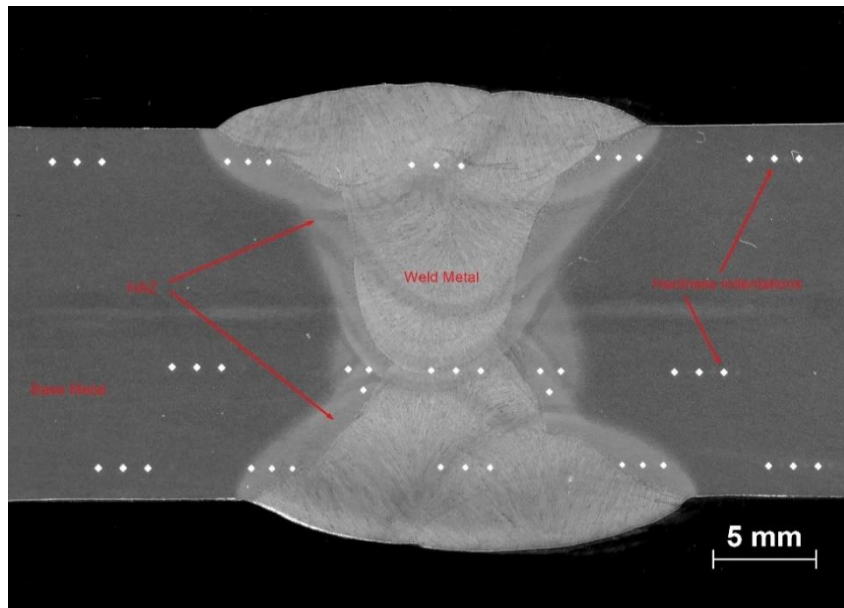


Figura 4- Indentări de duritate într-o îmbinare de sudură.

1.1.2. Probleme de siguranță

Testele mecanice nu sunt, în general, deosebit de periculoase, cu toate acestea, la majoritatea lucrărilor de laborator, se pot produce răni grave și daune dacă operațiunile de testare necesare nu sunt efectuate conform procedurilor adecvate și cu atenția cuvenită.

Riscurile și problemele de siguranță referitoare la testarea mecanică pot fi împărțite în trei clase, echipamente de testare, operator, mediu. Aceste aspecte diferite nu sunt independente unele de altele și sunt adesea interdependente.

- Siguranța echipamentelor de testare – O funcționare corectă a echipamentelor de testare este o cerință fundamentală pentru a garanta siguranța laboratorului de testare. Astfel, operatorul trebuie să aibă o pregătire adecvată privind funcționarea echipamentelor, principiile de funcționare și proiectarea acestora (vom dezvolta



această chestiune mai detaliat în Secțiunea 1.2). Funcționarea necorespunzătoare a echipamentelor de testare poate provoca, de asemenea, deteriorarea epruvetelor de testare în sine, cu o calitate scăzută și fiabilitatea rezultatelor obținute. Toate echipamentele trebuie instalate și verificate conform instrucțiunilor producătorului și, de exemplu, cu alimentare electrică adecvată, ventilație și spațiu pentru a fi operate în siguranță. De asemenea, laboratorul trebuie să dispună de proceduri adecvate pentru întreținerea și verificarea echipamentelor de testare. Instalarea/exploatarea necorespunzătoare a echipamentelor ar putea potența toate celelalte riscuri.

- Siguranța operatorului – operatorii trebuie adesea să manipuleze părți grele pentru a efectua configurația echipamentului, cum ar fi piese de testare grele și/sau dispozitive de testare, utilizarea încălțămintei de protecție adecvate ar trebui să fie foarte recomandată sau chiar obligatorie. De asemenea, este foarte recomandată folosirea mănușilor de protecție mecanică, multe piese de testare pot avea margini ascuțite sau așchii reziduale de la operațiunile de prelucrare care ar putea provoca tăieturi și vânătăi. Cu toate acestea, în timpul setării testului este adesea necesar să se facă unele măsurători folosind șublere sau verniere, care pot fi dificil de efectuat cu mănuși grele, astfel încât, trebuie să fie disponibile și mănuși mai subțiri precum cele din latex. Unele teste, în special testele pe materiale fragile sau compozite, s-ar putea sparge în mai multe bucăți sau proiecta microfibre, folosirea unei anumite protecție a ochilor sau a feței este, de asemenea, foarte recomandată. Acest tip de protecție ar putea fi necesar și atunci când se efectuează teste de impact la temperaturi sub mediul ambiant. Aceste temperaturi sunt de obicei atinse cu băi criogenice sau cu azot lichid care s-ar putea vărsa provocând arsuri sau daune. Produsele chimice periculoase sau agresive nu sunt obișnuite într-un laborator de testare mecanică, dar pot fi necesare uneori unele soluții pe bază de acid, precum și produse de degresare care ar putea fi iritante în contact cu pielea. Mănuși de latex sau similare ar trebui să fie, de asemenea, disponibile atunci când este necesar.
- Siguranța mediului – După cum sa menționat anterior, un laborator de testare mecanică nu va funcționa, în general, cu materiale deosebit de periculoase. Cu toate acestea, unele substanțe chimice ar putea trebui să fie manipulate și mai ales, în cazul în

care laboratorul operează echipamente hidraulice , unele cantități mari de ulei hidraulic ar putea trebui eliminate periodic. Aceste substanțe pot reprezenta pericole potențiale atât pentru personalul de laborator, cât și pentru mediu. Personalul ar trebui să aibă o pregătire adecvată cu privire la modul de manipulare și depozitare a acestor materiale, în timp ce laboratorul ar trebui să aibă proceduri adecvate pentru eliminarea acestor substanțe, de obicei prin contractarea unei companii specializate pentru a le recicla sau a le distruge în mod corespunzător.

1.2. Proiectarea mașinilor și echipamentelor de testare distructivă

Pentru a efectua o încercare mecanică sau distructivă avem întotdeauna nevoie de un echipament cu o parte în mișcare pentru a aplica sarcinile necesare și o parte fixă care să susțină sau să țină piesa de încercare. Acesta din urmă trebuie, desigur, să poată rezista la sarcinile aplicate fără deformare apreciabilă. Vom discuta mai jos principiile majore de proiectare și caracteristicile a trei tipuri de echipamente care sunt reprezentative pentru majoritatea situațiilor referitoare la testul mecanic:

- Mașini de tracțiune - sarcina de tracțiune aplicată progresiv până la defectare.
- Mașini de impact - sarcină aplicată instantaneu de un impact
- Mașini de duritate - sarcina de compresie aplicată progresiv.

Mașinile de încercare la tracțiune sunt probabil cele mai utilizate echipamente de încercare mecanică, în ciuda denumirii pot fi folosite și pentru multe alte tipuri de încercări mecanice, de fapt sunt numite uneori mașini de testare universale. Aceste mașini pot fi împărțite în linii mari în două tipuri electromecanice, în care forța este aplicată de un motor electric, și servo-hidraulice, în care forța este generată de un cric hidraulic sau de un actuator. În ciuda diferențelor inerente metodei specifice de conducere a fiecărui tip de mașină, designul de bază este similar. Trebuie să avem un cadru de sarcină pentru a permite aplicarea forței specimenului, unele mijloace pentru a prinde specimenul în cadrul de sarcină și senzori pentru a obține datele de testare de care avem nevoie.

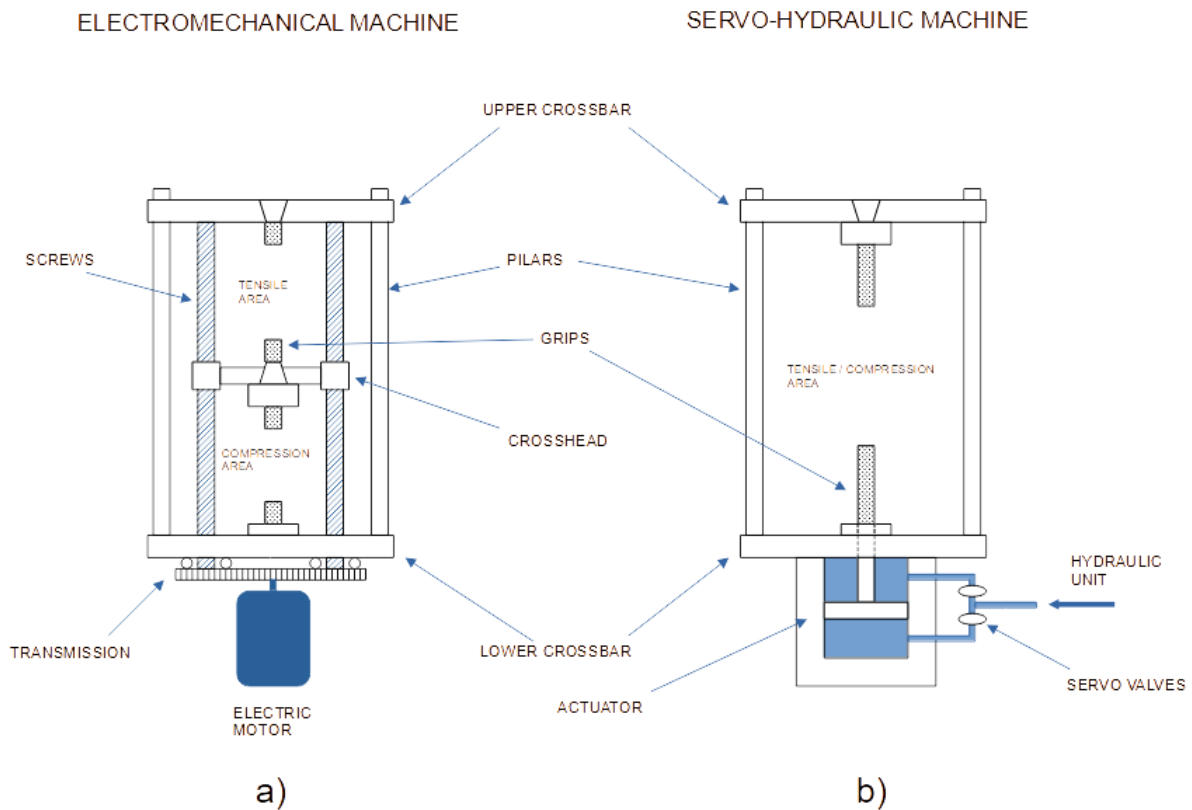


Figura 5- Reprezentarea schematică a modelelor principale de mașini de încercare la tracțiune.

Mașinile electromecanice constau în principal din două coloane verticale de oțel, paralele între ele și conectate în partea superioară și inferioară prin bare transversale rigide și statice, Figura 5.a) (unele mașini de capacitate mare pot avea o configurație orizontală, dar aceasta nu este obișnuită). Paralel cu barele verticale există două bare filetate, sau șuruburi, care se pot roti conduse de un motor electric situat de obicei sub cadrul de sarcină a mașinii. Aceste șuruburi pot conduce mișcarea unei bare transversale mobile, numită de obicei cruce. Această configurație a mașinii poate avea o singură zonă de testare în care proba de testare este prinsă între capul transversal și una dintre barele transversale sau două zone de testare una sub capul transversal, de obicei pentru teste de compresie, îndoire și teste similare care implică sarcini de compresie și o altă testare. zona deasupra capului transversal special pentru încercările de tracțiune. Aceasta este configurația descrisă în Figura 5.a), în timp ce în Figura 6.b) este prezentată o singură mașină cu zonă de testare.

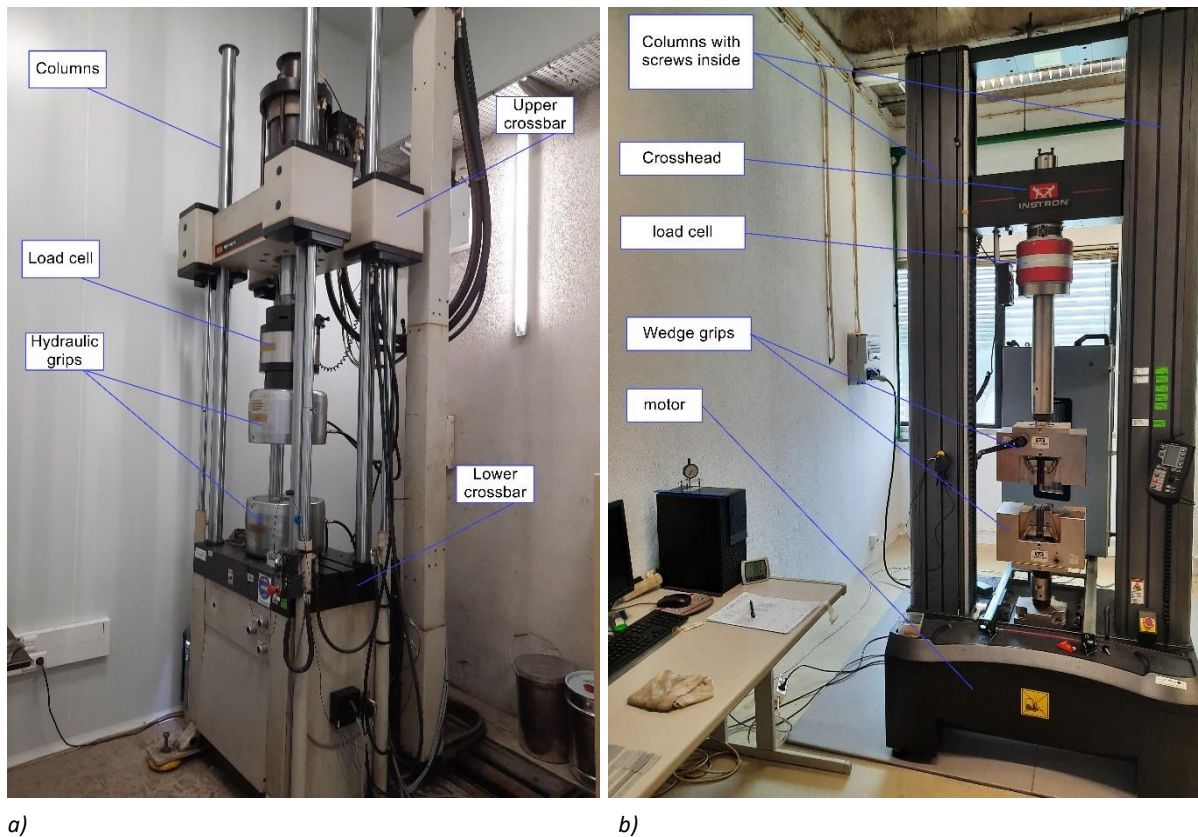


Figure 6 - Mechanical test machines; a) hydraulic four column type fitted also with grips hydraulic; b) electromechanical fitted with manual wedge type grips.

Mașinile de testare hidraulice au un cadru de sarcină similar cu echipamentele electromecanice , dar au un actuator hidraulic fie pe bara transversală de sus, fie de jos pentru a aplica sarcina, Figura 5.b). Spre deosebire de mașinile EM în care configurația cu două coloane este mai comună, mașinile hidraulice, în special cele de mare capacitate, au adesea patru coloane, Figura 6.a). Deși modelele mai vechi ale acestui tip de mașini ar putea avea, de asemenea, două zone de testare în timpurile moderne, configurația unică a zonei de testare este mai comună, Figura 5.a) și Figura 6.a).

Pentru a efectua teste, mașinile de testare trebuie să aibă în proiectare și alte piese sau accesorii care sunt comune tuturor mașinilor, indiferent de tipul sistemului de antrenare. Toate modelele de mașină trebuie să încorporeze un sistem de prindere a specimenului în mașină, iar acest sistem trebuie să fie suficient de robust pentru a suporta sarcinile de testare necesare. Deoarece testele mecanice se bazează pe aplicarea sarcinii pe eșantion, proiectarea mașinii trebuie să includă și un senzor pentru a măsura sarcina aplicată în timpul testului. Mai multe sisteme au fost utilizate în trecut, dar în modelele moderne acest senzor este o celulă de sarcină integrată în trenul de sarcină al mașinii.

Figura 7 prezintă schematic unele dintre cele mai comune modele de prindere. Acestea sunt de obicei hidraulice Figura 8 .b) sau sisteme mecanice Figura 8.a). Primul este mai flexibil, deoarece forța de prindere poate fi ajustată la testul special efectuat. Cele mecanice constau din două pene zimțate (uneori sunt denumite prinderi cu pană) care alunecă pe o suprafață fixă înclinată. Cu condiția să nu existe alunecare a probei, atunci forța de prindere crește odată cu sarcina de tracțiune.

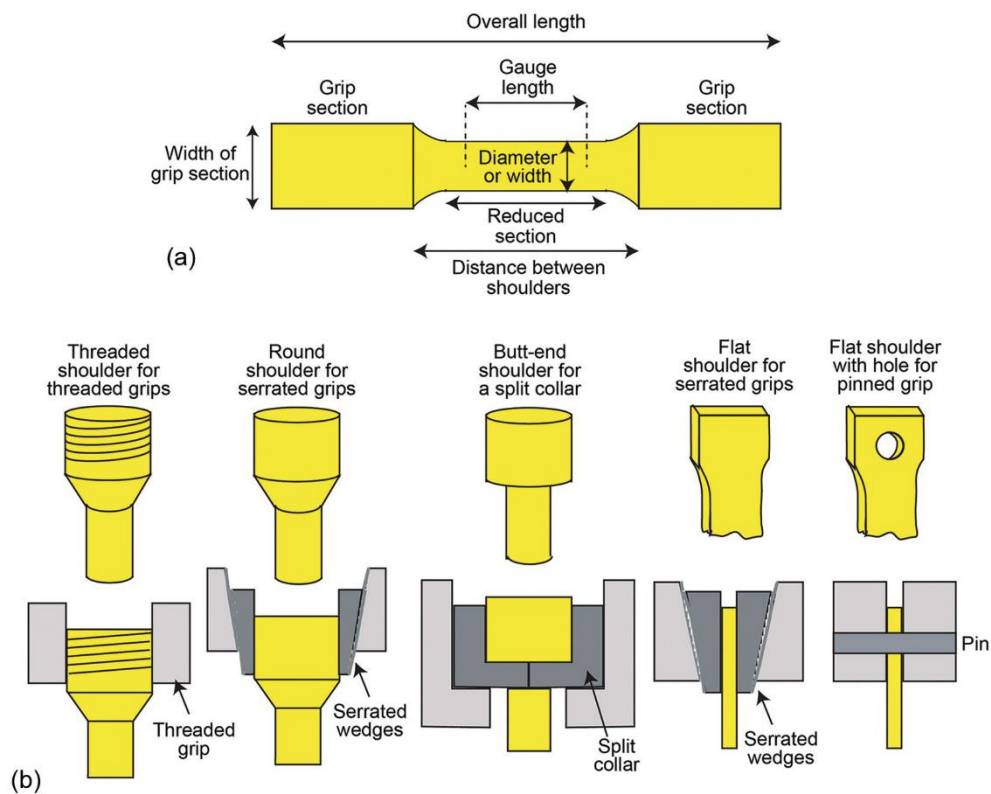


Figure 7 - Different methods of specimen grips.

https://static.cambridge.org/binary/version/id/urn:cambridge.org:id:binary:20210415111914621-0122:9781108943369:83789fig5_1.png?pub-status=live;
consulted in 15-03-23



a)



b)

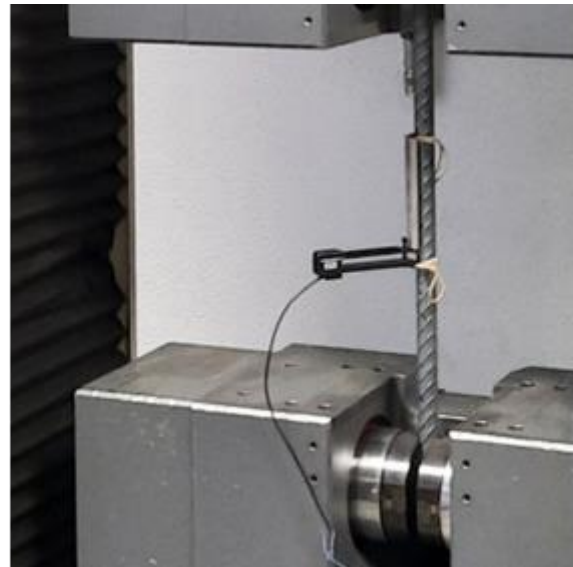
Figure 8 - Two examples of mechanical test machine grips; a) mechanical wedge type; b) hydraulic.

În cele din urmă, toate modelele moderne de mașini încorporează un traductor de sarcină pentru a monitoriza sarcinile aplicate probei în timpul testului. Au fost folosite în trecut diferite tipuri de traductoare, dar modelele moderne se bazează pe o celulă de sarcină din cadrul trenului de sarcină al mașinii, atașată fie la bara transversală fixă, fie la capul transversal/pistonul mobil, Figura 6. Mașinile moderne de testare includ și un traductor de deplasare conectat la traversa sau la pistonul hidraulic pentru a le monitoriza poziția și mișcarea în timpul instalării și testului în sine.

Pentru a efectua multe teste mecanice (și în special teste de tracțiune), senzorul de deplasare a mașinii nu este suficient de precis, deoarece măsoară și deformarea mașinii în sine. Deși nu face parte din proiectarea mașinii, este necesar un traductor suplimentar pentru a efectua teste precise. Acesta este un extenzometru, care ne permite să măsurăm deformația sau deformarea reală a epruvetei de testat în sine. În vremurile moderne există mai multe tipuri disponibile, inclusiv laserul fără contact și corelarea imaginilor video, dar cel mai comun este un sistem mecanic format din două brațe cu margini de cuțit, atașate de corpul specimenului cu cleme, arcuri sau chiar șiruri elastice. Figura 9 prezintă exemple ale acestor extenzometre mecanice, unul dintre ele atașat la o probă de armatură în timpul unui test.



a)



b)

Figure 9 - Two examples of mechanical contact extensometers. In b) the extensometer is attached to a rebar with elastic strings during a test.

Testele de impact sunt de obicei efectuate la mașini care se bazează pe gravitație pentru a aplica impactul asupra specimenului de încercare. Cel mai comun design este configurația pendulară propusă inițial la începutul secolului XX și folosită și acum. Acest design constă dintr-o bază foarte grea (de obicei o placă de beton și plăci grele de oțel). Pe această bază sunt instalați stâlpi verticali pentru a susține un braț oscilant cu un ciocan greu la capăt. Eșantionul este susținut de o nicovală pe fundul mașinii, pe traseul ciocanului și într-o poziție în care creștătura este aliniată cu marginea de lovire a ciocanului. Când pendulul este eliberat fără nici un specimen în mașină, acesta se va balansa până la cealaltă parte și se va ridica la aceeași înălțime de la care a fost eliberat; dacă acum un specimen se află în mașină, mișcarea pendulului va fi întârziată la lovirea specimenului și se va ridica la o înălțime mai mică. Diferența de energie potențială corespunzătoare diferenței de înălțime este energia absorbită pentru a fractura specimenul. Figura 10 prezintă schematic principiul de funcționare al acestor mașini. Acest design a rămas în mare parte neschimbat de când a fost propus pentru prima dată testul de impact. Evoluții majore au vizat modul de funcționare și citirea energiei. Modelele mai vechi erau actionate manual folosind un braț auxiliar acționat de un arbore cotit pentru a ridica pendulul la înălțimea sa de lansare iar citirea energiei se făcea printr-un cadran cu două ace, unul rotindu-se împreună cu pendulul care l-a tras pe celalalt; când pendulul atinge înălțimea maximă după impact și cade înapoi, acul târât rămâne pe poziția maximă indicând energia. Mașinile moderne sunt de obicei

controlate de computer cu brațe de poziționare complet automate și o citire digitală a energiei. Figura 11 prezintă atât un model vechi, cât și unul modern.

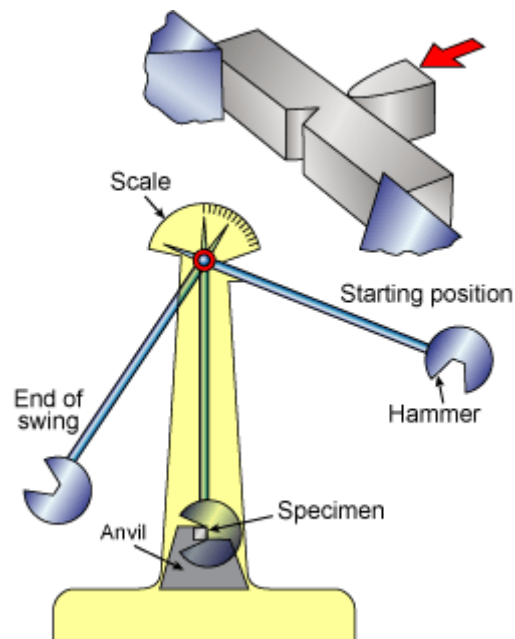


Figure 10 - Schematic representation of an impact test pendulum and a specimen in the test position.

<https://www.twi-global.com/images/00022/9757.gif>; consulted in 28-03-2023



a)



b)

Figure 11 - Examples of impact test pendulums; a) modern computerised equipment, fully enclosed for safety; b) older manual equipment with only partial protection.

Odată cu testul de impact, tehnicile moderne de testare a durității au început să fie dezvoltate la sfârșitul secolului XIX începutul secolului XX, iar designul de bază al mașinii rămâne în mare parte neschimbat până în prezent. Se fac evoluții majore în controlul și măsurarea testelor, care sunt adesea

complet automate și computerizate în zilele noastre, deși manualul continuă să fie folosit des. Principalele caracteristici ale acestui tip de echipament sunt o platformă solidă și rigidă pentru a susține specimenul testat (această platformă are de obicei un sistem de ridicare ca un șurub pentru a regla înălțimea la dimensiunea specimenului); un pumn cu ceva geometrie (cum ar fi o sferă, un con sau o piramidă); un sistem de încărcare pentru a apăsa poansonul pe suprafața probei și un mic microscop care poate fi interschimbabil cu poansonul și permite alegerea locului potrivit înainte de testare și măsurarea dimensiunii adânciturii rămase pe suprafață după test. Printre mai multe tehnici folosite în prezent pentru măsurarea durității, se bazează pe adâncimea la care poansonul pătrunde pe suprafața materialului și nu pe dimensiunea semnului lăsat pe acesta, dar principiile rămase încă se aplică și este obișnuit ca o singură mașină să poată efectua mai multe dintre aceste tehnici. Figura 10 prezintă o schemă a mașinii de testare a durității, în timp ce Figura 13 prezintă atât un model complet manual, cât și unul modern complet automat.

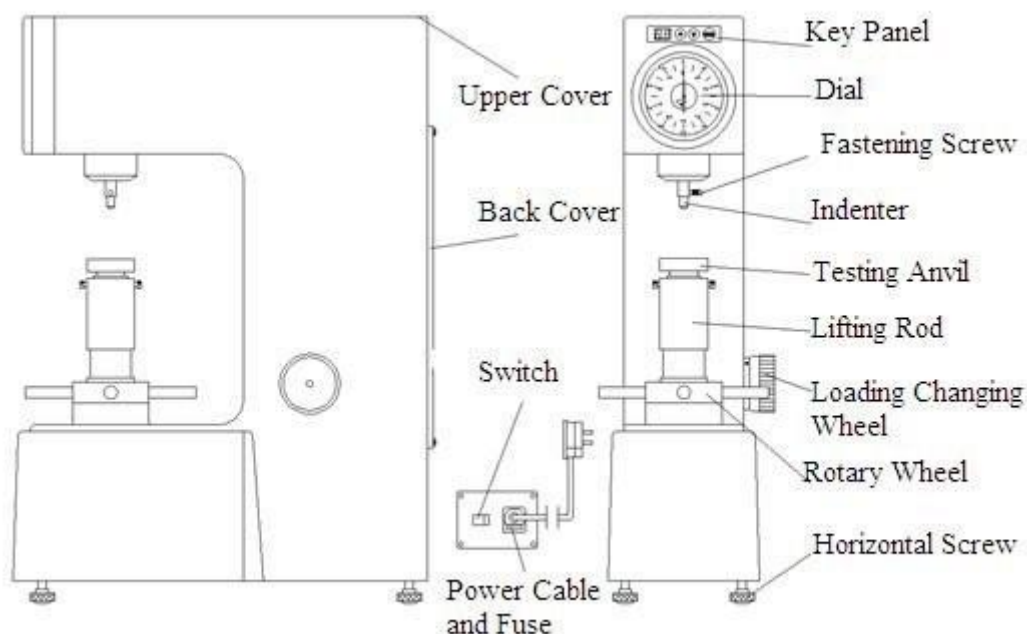
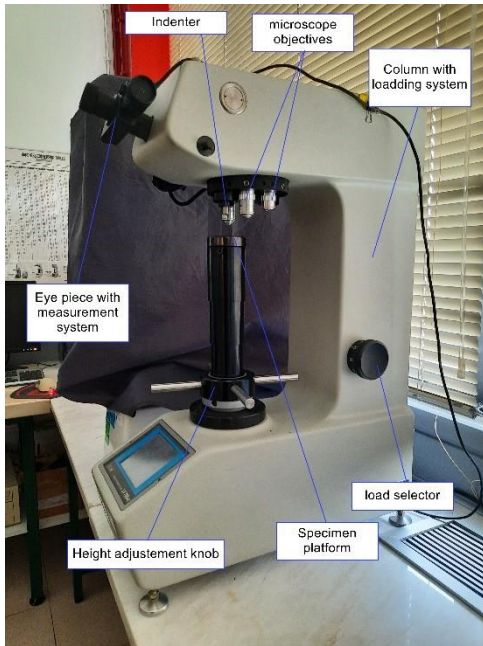
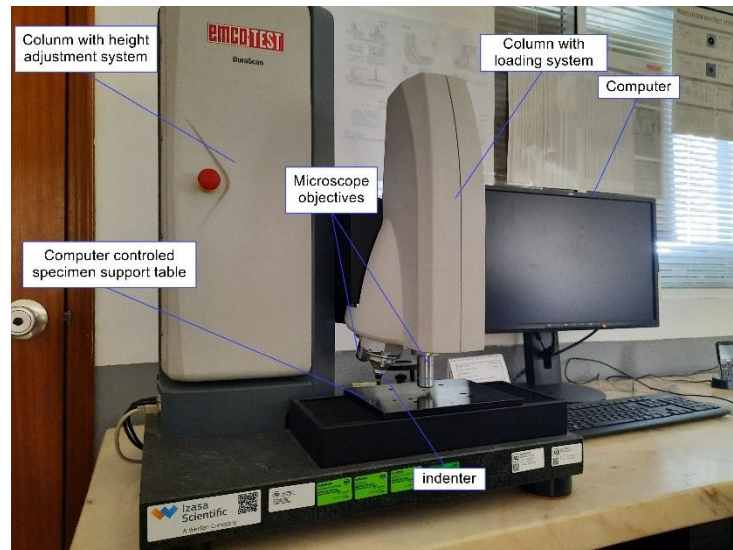


Figure 12 - Schematic representation of a hardness test machine (durometer).

https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-Vickers-Hardness-Test-7_fig5_338430669; consulted in 20-03-23



a)



b)

Figure 13 - Examples of durometers a) manually operated equipment; and b) fully automatic equipment (computerised).

2. Încercări mecanice (încercări de tracțiune, încercare de îndoire, test de rezistență la impact Charpy, test de rupere, test de duritate)

2.1. Încercări de tracțiune ale metalelor la temperatura camerei (I-git)

2.2. Încercări de întindere ale îmbinărilor sudate cu suduri cap la cap, îmbinări cruciforme, îmbinări suprapuse și îmbinări cu suduri în filet (I-git)

2.3. Încercări de îndoire a metalelor și îmbinărilor sudate - Exercițiul 1

Definiți modul în care veți acționa în cazul eșecului specimenului în timpul testului de îndoire, alegeți una dintre următoarele opțiuni și explicați răspunsul:

- A. Aruncați specimenul și solicitați unul nou în atelier;
- B. Sunați clientul pentru a informa că cuponul de sudură nu este acceptabil;
- C. Se măsoară adâncimea fisurii și se calculează secțiunea efectivă astfel încât să se obțină solicitarea reală de încovoiere pe epruvetele fisurate;
- D. După ce măsura defectului de pe suprafața de tensiune, detectați că lungimea acestuia este mai mică de 3 mm, prin urmare îndoiți în continuare specimenul pentru a crește această lungime până la o valoare mai mare de 3 mm, confirmând astfel rezultatul neacceptabil (eșecul eșantionului) ;
- E. Se măsoară doar unghiul la care a avut loc ruperea epruvetei (în cazul epruvetei s-a produs rupere, deci nu a fost posibilă continuarea testului) ;
- F. Se măsoară alungirea la care a avut loc ruperea epruvetei (în cazul epruvetei s-a rupt astfel încât nu a fost posibilă continuarea testului) ;

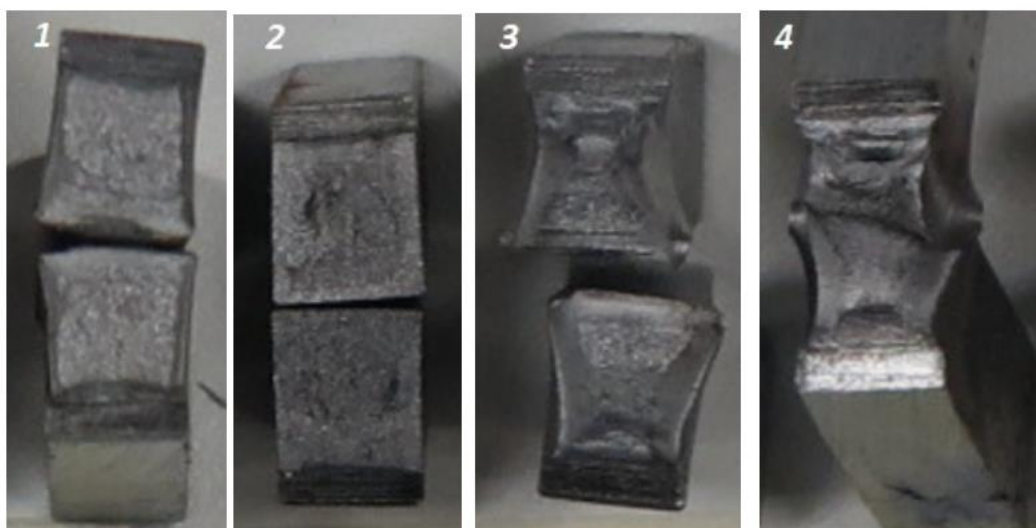
- G. Dacă evaluați proba nu a reușit veți pune în raportul de încercare unghiul maxim realizat de epruveta în timpul testului de îndoire și veți nota în note lungimea rupturii sau defectului detectat;
- H. Dacă în timpul testului de îndoire vezi compararea unui defect întrerupi imediat testul pentru a măsura lungimea defectului și pentru a stabili dacă este acceptabil sau nu;
- I. Dacă în timpul testului la îndoire vezi comparația unui defect vei continua testul până la final dar cu o viteză mai mică decât la început;
- J. Dacă în timpul testului de îndoire vedeți comparația unui defect veți continua testarea până la final și apoi nu veți efectua testele pe specișenele rămase din aceeași probă deoarece nu este necesar ;
- K. Dacă vedeți compararea unui defect pe suprafața de tensiune a epruvetei în timpul testului, veți opri imediat testul, astfel îl repetați pe aceeași epruvetă, dar îndoiindu-l în sens invers deci pe fața opusă unde se compară defectul este acum fața de tensiune.

2.4. Încercări de îndoire ale metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 2 | Demonstrație

- A. Calculați alungirea pe specișenul primit; luați în considerare o lățime de pornire a sudurii de 15 mm;
- B. Măsurați dimensiunea specișenului primit și definiți dacă acesta este în conformitate cu ISO 5173 și poate fi testat conform aceleiași metode standard de testare;
- C. Măsurați unghiul la care specișenul primit a fost îndoit.

2.5. Testul Charpy de rezistență la impact a metalelor și îmbinărilor sudate - Exercițiul 1

Rearanjați următoarele imagini ale specișenelor testate cu creștătură în V din cea testată la temperatură mai scăzută până la cea testată la temperatură mai mare, enumerați numerele de referință în ordinea corectă. Ordonați exemplarele de la cea cu cea mai mare expansiune laterală la cea cu cea mai mică.



În cele din urmă, încercați să estimați intervalul ariei de forfecare a ruperii a fiecărui epruvet cu o eroare de 5% (de exemplu , specișenul X raportat la o zonă de forfecare în intervalul 10÷20%).

2.6. Testul Charpy de rezistență la impact a metalelor și îmbinărilor sudate – Exercițiul 2

| Demonstrație

- A. Măsurati expansiunea laterală a specimenului rupt pe care l-ați primit;
- B. Verificați dimensiunea specimenului primit și confirmați dacă toleranțele ISO 148-1 sunt îndeplinite.

2.7. Testele de rupere a îmbinărilor sudate – Exercițiul 1

Descrieți unde ați plasa creștătura pe aceste tipuri de eșantion :

- sudura cap la cap din oțel carbon, grosime 20 mm
- sudura cap la cap din oțel inoxidabil, grosime 25 mm

și definiți dacă răcirea probei înainte de ruptură este sugerată pentru a limita deformațiile plastice, prin urmare selectați una dintre următoarele opțiuni și explicați răspunsul:

- Se recomandă răcirea ambelor probe (oțel carbon și oțel inoxidabil)
- răcirea este sugerată doar pe oțel carbon
- Se recomandă răcirea doar pe oțel inoxidabil

2.8. Test de fractură - Exercițiul 2 | Demonstrație

- A. Identificați și măsurați imperfecțiunile specimenelor pe care le-ați primit
- B. Identificați tipul de creștătură și calculați zona de examinare pe specimenul primit

2.9. Teste de duritate a metalelor și îmbinărilor sudate (isim -rom)

2.10. Exerciții / STUDII DE CAZ (MINIM 5) – (GIT + ISIM -LIPSĂ)

3. Incertitudinea de măsurare

3.1. Metode generale de calcul al incertitudinilor (isim-ro)

3.2. Incertitudine de măsurare pentru testul de tracțiune, testul de impact și testul de duritate Exemple de măsurători de incertitudine deja calculate pentru încercările de duritate și de întindere. (isim -ro)

3.3. Exerciții / STUDIU DE CAZ (MINIM 2) - ISIM

Anexa A – Modele de rapoarte de testare

TEST REPORT No.

Name of the Company: _____ Customer: _____ City: _____
 Order No.: _____ Standard No.: _____
 Object of research: _____ Type of test: _____ Test Temperature: _____ °C
 Identification number: _____ Humidity: _____ %
 Test device no.: _____
 Parent Material: _____ Thickness: _____ Welding consumable: _____ Type of welded joint: _____ Welding Method: _____

No.	Specimen				Mechanical properties										Bend Test		Charpy impact test in temperature [°C]:				Remarks	
	Specimen No.	Specimen dimensions			F _{0.2}	F _{0.2}	F _m	R _{0.2}	R _{0.2}	R _m	L ₀	A ₅	d ₀	Z	d ₀	Results*	[J]		[J/cm ²]			
		d ₀ [mm]	L ₀ [mm]	S ₀ [mm ²]	[kN]	[kN]	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[mm]		[J]	[J/cm ²]	[J]	[J/cm ²]		
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
22																						
23																						
24																						

Form: _____ * WCS - Without cracks and scratches; CS- crack or scratch

The research was performed by: _____

Head of research: _____

3. Evaluare (baza de date EXCEL de Q&A + WORD 5 SARCINI practice) - acces restricționat la ANB-uri

Schema de evaluare cuprinde o bază de date de întrebări și răspunsuri XXXXXXXX aliniate cu ghidul de instruire EDTT (IO2). Este o resursă disponibilă numai ANB-urilor (membrii EWF). Fișierul excel cu toate întrebările și răspunsurile de evaluare este disponibil pentru descărcare de pe site-ul web al proiectului.

- 2 întrebări pe oră de contact partea teoretică; (toate întrebările vor fi adunate în Șablonul lui Horia)
- ISPL, ISIM și IIS vor dezvolta/descrie (într-un fișier word) 1 exerciții practice pentru fiecare tip de Test mecanic (diviziunea este aceeași ca și în capitolele manuale)

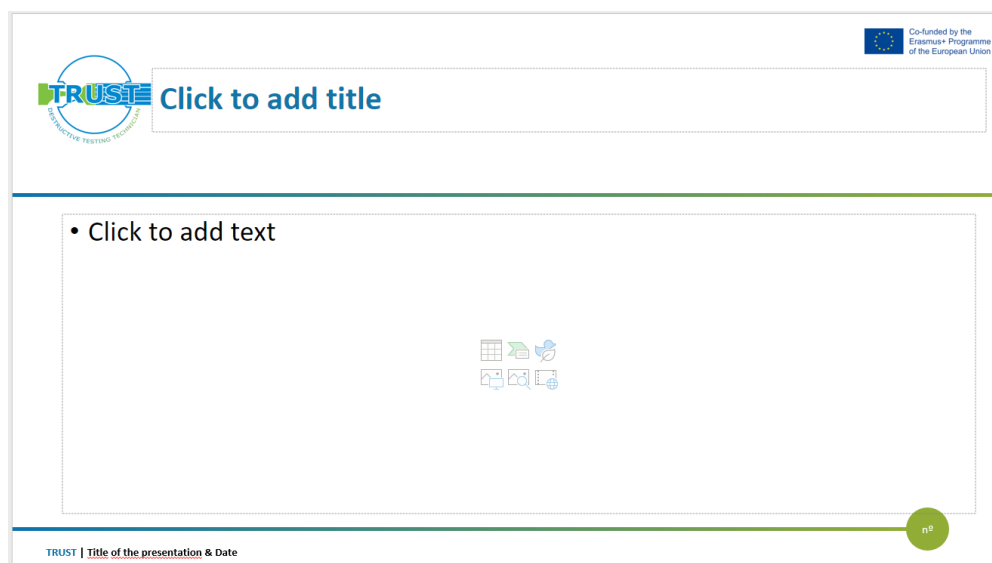
4. Ghid pentru dezvoltarea PPT-urilor

Pentru a face sesiunile de instruire mai de succes, prezentările PPT ar trebui să fie interesante și dinamice. Scopul acestui ghid este de a oferi formatorilor o anumită orientare sau îndrumări cu privire la dezvoltarea PPT-urilor pentru fiecare sesiune de formare. Șablonul este disponibil pentru descărcare pe site-ul proiectului. Următoarele sunt câteva linii directoare care ar trebui luate în considerare la construirea PPT-urilor:

- Prezentările PPTS ar trebui să prezinte sigla proiectului TRUST/și șablonul de proiect PPT



- Prezentările ar trebui să urmeze Structura Manualului, adică urmând UC-urile definite;



- La începerea fiecărei sesiuni de formare, planul de sesiune/agenda pentru sesiune ar trebui să fie prezentat cursanților și acest lucru este definit în „Tabelul detaliat de cunoștințe” din fiecare UC (documentul „Profilul Curricula EDTT”)

CUNOAȘTERE DETALIATĂ	ORE MINIM DE CONTACT
<p style="text-align: center;">Introducere în Distructiv Testare</p> <p>Scopul DT-urilor. Divizarea DT-urilor. Prezentare generală a DT-urilor utilizate în timpul încercărilor materialelor metalice și îmbinărilor lor sudate. Reguli de siguranță în testele distructive. Pericole pentru personal în timpul DT-urilor. Principiile funcționării în siguranță a echipamentelor de testare în DT-uri. The personal de protecție echipamente a personalului DT .</p>	1+0+0
<p style="text-align: center;">Proiectarea mașinilor și echipamentelor de testare distructivă</p> <p>Proiectarea mașinilor de testare acționate electromecanic și hidraulic. Proiectarea unei instalații de încercare în curbură. Proiectarea mașinilor de încercare la impact și cerințele aferente. Proiectarea mașinilor de testare a durității staționare, adică mașini de testare a durității manuale, semiautomate și complet automate. <u>Cursuri practice într-un laborator</u> Demonstrarea mașinilor și echipamentelor de testare utilizate în timpul DT-urilor materialelor și îmbinărilor sudate.</p>	1+0+1

Tabelul 1- Tabelul de cunoștințe detaliat al IO2.

- Fiecare PPT CU trebuie să detalieze rezultatele învățării

REZULTATELE ÎNVĂȚĂRII	
UNITATEA DE COMPETENȚĂ	Încercări mecanice (încercări de tracțiune, încercare de îndoire, test de rezistență la impact Charpy, test de rupere, test Vickers)
CUNOȘTIȚE	<p>Cunoașterea faptică și teoretică a principiilor și aplicabilității:</p> <ul style="list-style-type: none"> • standarde pentru diferite metode de testare distructivă, • încercarea de tracțiune a materialelor metalice și a diferitelor tipuri de îmbinări sudate la temperatura camerei, • tipuri și variații de probe de încercare la tracțiune, • diagrame de încercare la tracțiune, • încercarea de îndoire a materialelor metalice și a îmbinărilor sudate, • testarea rezistenței la impact a materialelor metalice și a îmbinărilor sudate, • tipuri de metode de testare a rezistenței la impact, • măsurători de duritate și microduritate ale materialelor metalice și îmbinărilor sudate, • metode de măsurare a durității și microdurității.
APTITUDINI	<ul style="list-style-type: none"> • Inspectați echipamentul pentru a vă asigura că este sigur și adecvat pentru utilizare. • Identificați specimenul pentru a asigura trasabilitatea. • Utilizați echipament de măsurare pentru a determina toate dimensiunile esențiale ale specimenului. • Efectuați încercări de tracțiune pentru a determina proprietățile necesare conform standardelor • Efectuați o examinare vizuală a specimenului după test pentru a analiza rezultatele post-test. • Efectuați testul de îndoire a metalelor și îmbinărilor sudate pentru a confirma proprietățile plasticului materialului. • Efectuați testul de impact al metalelor și îmbinărilor sudate la temperaturi camere și mai scăzute pentru a evalua rezistența la impact și fractura procentuală la forfecare. • Efectuați testul de fractură și păstrați suprafața fracturată. • Efectuați măsurători în metale și îmbinări sudate pentru a evalua duritatea. • Raportați/documentați rezultatele testelor conform standardului aplicabil.

Tabelul 2- Tabelul cu rezultatele învățării din IO2.

- PPT-ul ar trebui să prezinte o explicație a procesului de evaluare
- Ultimul diapozitiv ar trebui să prezinte numele și persoana de contact ale formatorului

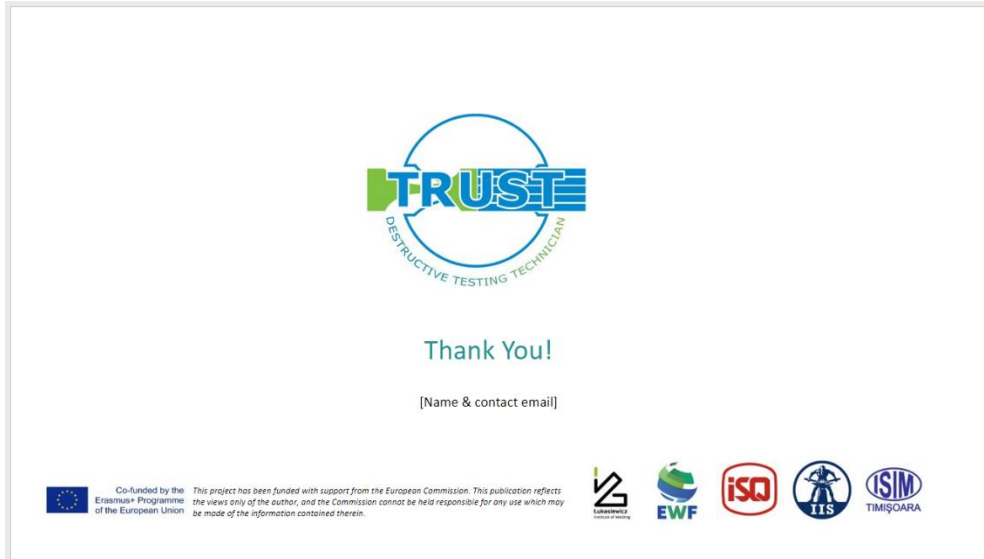


Figure 16 - Template of the final slide of the presentation.

5. Trainers Instrument pentru măsurarea incertitudinii

Pe baza EN ISO/CEI 17025/2017, toate laboratoarele de testare trebuie să aibă și să aplice o procedură de estimare a incertitudinii. Evaluarea incertitudinii și declararea valorii acesteia în raportul de analiză este necesară atunci când incertitudinea este probabil să afecteze negativ conformitatea cu o specificație.

În cele 2 fișiere Excel atasate veți putea înțelege mai multe având 2 exemple de lucru legate de măsurarea incertitudinii în cazul testelor de tracțiune și tenacitate.

Breaking energy						
Size	Standard uncertainty	Distribution law	Sensitivity coefficient	Partial uncertainty	Obs.	
a [mm]	0.1	rectangular	1	0.1	electronic comparator	type B
b [mm]	0.1	rectangular	1	0.1	micrometer	
h [mm]	0.1	rectangular	1	0.1	micrometer	
r [mm]	1	rectangular	1	1	microscope	
l [mm]	1	rectangular	1	1	subler	
KV, KU [J]	0.5	rectangular	1	0.5	pendulum hammer	
KV, KU [J] mas	3.38	normal	1	3.38	Measurement	type A
Compound uncertainty				3.70		
Extended Ue uncertainty with a 95% probability				7.4	%	

Figura 17- Exemplu de instrument de calcul al incertitudinii.

Values measured on master sample HV10		u_x – uncertainty of easurement marks	
Measurement 1	188	$t = 1,14$ pt $n = 5$ (n – number of measurements)	$n = 5$
Measurement 2	188	$t = 1,14$	
Measurement 3	190	u_x 1.162576	
Measurement 4	193		
Measurement 5	192		
u_{e2r} – taken from ISO 6507-2 (table 5)		H= 190.2	
$u_{e2r} = 0.0288$		d= 0.221 mm	
X_{CRM} – average hardness value per standard (from the calibration certificate)		$\delta m = 0.0001$ mm	
$X_{CRM} = 192$		u_{mas} – standard uncertainty	
u_e – incertitudinea standard conform abaterii maxime admise (%)		$u_{mas} = 0.049689$	
$u_e = 1.97485714 \%$		u_{corr} – revised and extnded uncertainty measurement	
u_{CRM} – calibration uncertainty (from calibration certificate)		K – coverage factor ($k=2$)	
$u_{CRM} = 1 \%$		$k = 2$	
u_H – uncertainty of the hardness equipment (from the calibration certificate)		$u_{corr} = 5.100633$ HV	
$u_H = 0.5 \%$		unertainty $c = 2.681721 \%$	
$x = 190.2$			
S_x 2.28035085 2.280351			
0.25 5.2			
4.84			
4.84			
0.04			
7.84			
3.24			

Figura 18- Măsurarea incertitudinii la testarea duriții 1.

Calculation of expanded uncertainty of hardness measurements												
1	Maximum permissible bias Mean hardness CRM from calibration certificate Standard uncertainty due to the maximum permissible deviation of the bias	$u_{b,CRM} = \frac{2u_{b,CRM} \cdot \bar{X}_{CRM}}{2,8}$			0.03 313 3.35							
2	Hardness reference block (CRM) uncertainty according to calibration certificate Calibration uncertainty of the certified value of the CRM according to the calibration certificate	u_{CRM}			5 2.5							
Measurements taken on hardness reference block (CRM)												
3	Measurements Mean measurement value Standard deviation of the measurement values	1	2	3	4	5						
		402	399	402	400	399						
						400.4 1.52						
4	t n Contribution to the measurement uncertainty due to the lack of measurement repeatability of the hardness test	$u_B = \frac{t \cdot s_B}{\sqrt{n}}$				1.14 5 0.77						
Critical coefficient values of the Student's t-distribution for a confidence level of p=0.683												
		n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		t	1.84	1.32	1.20	1.14	1.11	1.09	1.08	1.07	1.06	1.05
5	Measurements in Parent Metal PM1 Measurements in Heat Affected Zone HAZ1 Measurements in Weld Material Measurements in Heat Affected Zone HAZ2 Measurements in Parent Metal PM2 Mean measurement value for PM1 Mean measurement value for HAZ1 Mean measurement value for Weld Material Mean measurement value for HAZ2 Mean measurement value for PM2 Standard deviation of the measurement values for PM1 Standard deviation of the measurement values for HAZ1 Standard deviation of the measurement values for WELD Standard deviation of the measurement values for HAZ2 Standard deviation of the measurement values for PM2	1	2	3	4	5						
		399	402	410	411	390						
		450	440	445	465	440						
		400	450	420	442	399						
		458	435	444	435	430						
		420	444	460	440	425						
						402.4 448 422.2 440.4 437.8 8.62 10.37 23.46 11.06 15.94						
6	t n Standardowa niepewność przy pomiarze MR1 Standardowa niepewność przy pomiarze SWC1 Standardowa niepewność przy pomiarze Spoina Standardowa niepewność przy pomiarze SWC2 Standardowa niepewność przy pomiarze MR2	$u_{RP,PM1}$ $u_{RH,HAZ1}$ $u_{RW,WELD}$ $u_{RH,HAZ2}$ $u_{RP,PM2}$				1.14 5 4.39 5.29 11.96 5.64 8.13						
7	k Combined expanded measurement uncertainty Combined expanded measurement uncertainty Combined expanded measurement uncertainty Combined expanded measurement uncertainty Combined expanded measurement uncertainty	$U = k \cdot \sqrt{u_B^2 + u_{CRM}^2 + u_H^2 + u_s^2 + u_{ms}^2}$				12.2 13.6 25.4 14.1 18.3						
The calculations were performed by: _____ date _____												
Verified by _____ date _____												

Results		
PM1	402.4 ±	12.2 HV
HAZ1	448 ±	13.6
WELD	422.2 ±	25.4
HAZ2	440.4 ±	14.1
PM2	437.8 ±	18.3

Figura 19- Măsurarea incertitudinii la testarea durtății 2.