

Universitatea Politehnica Timișoara  
Facultatea de Mecanică  
Specializarea: Inginerie Mecanică  
Departamentul de Mecanică și Rezistența Materialelor



---

## **PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNUI DISPOZITIV DE FORFECARE TIP ARCAN**

---



**Conducător științific:**

Asist.Univ.Dr.Ing. Emanoil LINUL

**Absolvent:**

Cristian CODRESCU

Timișoara,

2016

**EVALUAREA PROIECTULUI DE DIPLOMA  
DE CĂTRE CONDUCĂTORUL ȘTIINȚIFIC**

Numele și prenumele absolventului	<b>CODRESCU CRISTIAN</b>	
Tema proiectului	<b>Proiectarea și realizarea unui dispozitiv de forfecare tip ARCAN</b>	
Numele și prenumele conducătorului (conducătorii) proiectului	<b>Asist. Univ. Dr. Ing. LINUL EMANOIL</b>	
Lucrarea a fost elaborată pe baza unei colaborări contractuale	<input type="checkbox"/> DA	<input checked="" type="checkbox"/> NU
Proiectul are parte practică <sup>1</sup> :	<input checked="" type="checkbox"/> DA	<input type="checkbox"/> NU
Aprecierea finalizării părții practice	<i>Absolventul a realizat un proiect de diploma tehnic, de actualitate, inovativ si viabil</i>	
<b>A. Structura proiectului</b>		
Proiectul respectă structura standard sau are o structură specială acceptată de conducător? (Se va preciza și motiva structura acceptată)	<i>Proiectul cuprinde 7 Capitoare și Anexe, succesiunea lor conducând logic la realizarea temei propuse</i>	<i>(0-7 puncte) 7</i>
Ponderea părților proiectului (se argumentează acceptarea lor)	<i>Ponderea părților proiectului este corespunzătoare importanței lor</i>	<i>(0-8 puncte) 8</i>
<b>Total A</b>		<b>15 puncte</b>
<b>B. Conținutul proiectului</b>		
Evaluarea structurării capitolelor și paragrafelor (coerență, corectitudine, granulare)	<i>Proiectul este bine scris, bine structurat pe capitole, prezentat într-o manieră clară, cu multe exemplificări și susținut de multă muncă</i>	<i>(0-10 puncte) 10</i>
Evaluarea gradului și modului de utilizare a surselor bibliografice (existența acestora, actualitatea și importanța, modul de referire, măsura utilizării lor, folosirea standardelor, etc)	<i>Au fost utilizate surse bibliografice naționale și internaționale de actualitate din literatura de specialitate, acestea argumentând și prezentând exemple concrete ale problemelor identificate în explicitările teoretice și în practica aferentă domeniului studiat</i>	<i>(0-5 puncte) 5</i>
Calitatea și utilitatea dezvoltărilor teoretice (consistență, claritate, coerență, măsura în care acestea sunt folosite în partea aplicativă, etc.)	<i>Partea teoretică este clară și corect utilizată în calculele numerice și simulare. S-au realizat calcule de analiza cu elemente finite pentru dispozitivul realizat utilizând programule ANSYS și CATIA</i>	<i>(0-20 puncte) 20</i>
Calitatea părții aplicative (consistența, corectitudine, mod de	<i>Calitatea partii aplicative este deosebită prin consistența, aceasta constând în realizarea practica</i>	<i>(0-30 puncte) 30</i>

<sup>1</sup> Prin **parte practică** a unei lucrări de diplomă se înțelege rezultatul concret, finalizat (funcțional, cu diverse niveluri de perfectibilitate) al muncii absolventului și care se poate aplica/demonstra practic.

prezentare, experimente și rezultate experimentale, caracter inovativ)	<i>a unui dispozitiv de forfecare si efectuarea unor teste experimentale</i>	
Calitatea elementelor complementare	<i>Desenul de ansamblu si desenele de execuție sunt corecte și relizate în CATIA V5R19</i>	<i>(0-10 puncte) 10</i>
<b>Total B</b>		<i>75 puncte</i>
<b>C. Forma proiectului</b>		
Estetica proiectului (editare, capacitatea de evidențiere a rezultatelor și concluziilor)	<i>Proiectul este bine redactat, concis și evidențiază clar rezultatele și concluziile temei</i>	<i>(0-5 puncte) 5</i>
Complexitatea și calitatea materialului grafic și modul în care acesta susține lucrarea	<i>Materialul grafic este corespunzător și executat pe calculator conform cerintelor</i>	<i>(0-5 puncte) 5</i>
<b>Total C</b>		<i>10 puncte</i>
<b>Total general N=A+B+C</b>		<i>100 puncte</i>
<b>Nota</b>		
<b>Evaluări suplimentare</b>		
Măsura în care pentru elaborarea proiectului s-au folosit cunoștințe din cadrul procesului de învățământ	<i>Pentru rezolvarea temei s-au folosit cunoștințe din materiile parcurse în cadrul procesului de învățământ, ciclul licență</i>	<i>(0% - 100%) 99%</i>
Gradul de independență demonstrat de absolvent în elaborarea proiectului	<i>Absolventul a dovedit inițiativă, interes și independență în rezolvarea temei si elaborarea proiectului propus</i>	<i>(0% - 100%) 99%</i>
Conducătorul proiectului de diplomă a purtat o discuție finală cu absolventul?	<input checked="" type="checkbox"/> DA <i>De câte ori a fost nevoie, atât pe parcursul realizării proiectului cât și în faza finală, de predare, a fost o colaborare permanentă între coordonator si student</i>	<input type="checkbox"/> NU

Data:

21.06.2016

Semnătura/semnăturile conducătorului/conducătorilor proiectului de diplomă,

Asist. Univ. Dr. Ing. Emanoil LINUL

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA**  
**FACULTATEA DE MECANICĂ**

**P L A N T E M A T I C**  
pentru proiectul de licență

Proiectul de diplomă dat studentului: **CODRESCU CRISTIAN**

**1. Tema proiectului: Proiectarea și realizarea unui dispozitiv de forfecare tip ARCAN**

Aprobata de consiliul Departamentului MRM in data de: **11.01.2016**

**2. Termenul de predare a proiectului: 06.06.2016**

**3. Elementele inițiale pentru proiect:**

- Standardele in vigoare privind dispozitivele de forfecare;
- Carti si articole de specialitate din domeniul proiectului;
- Cursurile predate pe parcursul ciclului de licenta etc.

**4. Conținutul notei explicative de calcul** (enumerarea problemelor care vor fi rezolvate):

- Elaborarea unei sinteze documentare pe baza celor mai noi cercetari in domeniu, cu referire la stadiul actual privind analiza comportamentului mecanic al spumelor poliuretactice rigide la solicitarea de forfecare;
- Efectuarea unor calcule de rezistenta si a unor analize numerice in vederea proiectarii unui dispozitiv de forfecare pentru Modul I, II si III de rupere;
- Realizarea practica a dispozitivului de forfecare;
- Efectuarea unor teste experimentale pe dispozitivul realizat.

**5. Enumerarea materialului grafic:**

- Partea grafică a proiectului va cuprinde desene de ansamblu si desene de execuție;
- Desenele vor fi executate pe calculator, utilizând diferite programe specializate;
- Listarea desenelor, după cum urmează: minim 3 desene A4 și minim 1 desen A3.

**6. Consultații pentru proiect:** miercuri, orele 14-16, sala 202B,

Departamentul de Mecanica si Rezistenta Materialelor, Facultatea de Mecanica, UPT.

**7. Data eliberării temei: 25.01.2016**

**Tema a fost primită pentru îndeplinire.**

Data \_\_\_\_\_

**CONDUCĂTOR,**  
**Asist. Univ. Dr. Ing. Emanoil LINUL**

Semnătură student \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(semnătura)

## REZUMAT

În lucrarea de față am proiectat un dispozitiv de forfecare tip ARCAN pentru a determina proprietățile mecanice a spumelor poliuretane rigide.

Lucrarea cuprinde în prima parte noțiuni generale, structură, clasificarea, proprietățile și aplicațiile despre materialele polimerice, respectiv a spumelor poliuretane cât și diferite dispozitive de forfecare din literatură de specialitate.

În capitolele 3 și 4 *Proiectarea, calculul și modelarea numerică a dispozitivului de forfecare* respectiv *Realizarea practică a dispozitivului* au fost specificate: proiectarea dispozitivului, calculul îmbinărilor de piese, analiza cu elemente finite, materialele alese, caracteristicile de material și itinerarul tehnologic.

În vederea realizării modelului 3D a dispozitivului s-a utilizat programul de proiectare CATIA V5R19, efectuându-se apoi o serie de analize cu elemente finite în programul ANSYS, unde datorită obținerii unor tensiuni mici s-a constatat o bună rigiditate a dispozitivului.

În proiectarea dispozitivului metodele standard de forfecare cât și posibilitatea de adaptare a dispozitivului la mașina de încercat Zwick a avut un rol important.

În finalul lucrării au fost efectuate încercări experimentale pe epruvete de tip CTS ce au dimensiuni conform standardulelor în vigoare. Epruvetele încercate sunt de diferite densități: 100, 145 respectiv 300 kg/m<sup>3</sup>.

Pentru fiecare densitate, rezultatele obținute în urma încercărilor au fost prelucrate, obținându-se astfel rezultatele comparative ale rezistenței la rupere, modulul de elasticitate, direcția și unghiul propagării fisurii respective a modului de coardă pentru cele trei moduri de încărcare: Modul I, Modul II și Modul mixt (III).

Lucrarea are ca scop proiectarea unui dispozitiv pentru mașina de încercat Zwick de 5 kN, dispozitivul realizat practic va servi drept autodotare a laboratorului de Rezistența Materialelor.

## SUMMARY

In this paper I designed a shearing device ARCAN type in order to determine the mechanical properties of rigid polyurethane foams.

In the first part, the work includes general aspects about structure, classification, properties and applications of polymeric materials and polyurethane foams as well as various shearing device from literature.

In the chapters that comprise the design, calculation and numerical modeling of the shearing device and also practical shearing device, were specified: design of the device, calculation of the joints parts, finite element analysis, selected materials, material characteristics and technological itinerary.

In order to achieve 3D model of the device, CATIA V5R19 design software has been used, afterwards a series of finite element analysis has been executed using ANSYS program, where it has been found a good rigidity of the device due to obtaining low stresses.

The standard methods of shearing and also the possibility of adapting the device to the Zwick testing machine had an important role in designing of the device.

At the end of the experimental work has been carried out on specimens according to standards. The specimens tested are of different densities: 100, 145 or 300 kg / m<sup>3</sup>.

For each density, the results of the tests were processed, thereby obtaining comparative results of tensile strength, elastic modulus, direction and angle of crack propagation angle for the three modes of charging: Module I, Module II and mixed mode (III).

The paper aims to design a device Zwick testing machine 5 kN, the device will serve as a practical achieved self endowment of the Laboratory of Strength of Materials.

## CUPRINS

<b>Capitolul 1: Studiul actual privind materialele polimerice .....</b>	<b>9</b>
1.1 Materiale polimerice .....	9
1.1.1 Generalități .....	9
1.1.2 Structura materialelor din polimeri .....	9
1.1.3 Proprietățile materialelor din polimeri .....	10
1.1.4 Încercări asupra materialelor din polimeri .....	12
1.1.5 Aplicații ale materialelor polimerice .....	12
1.2. Spume poliuretanică .....	13
1.2.1 Generalități .....	13
1.2.2 Tehnologia de fabricare a spumelor poliuretanică .....	15
1.2.3 Clasificarea spumelor poliuretanică .....	16
1.2.4 Proprietățile spumelor poliuretanică .....	19
1.2.5 Aplicații ale spumelor poliuretanică .....	19
<b>Capitolul 2: Dispozitive utilizate la forfecare din literatura de specialitate .....</b>	<b>22</b>
2.1. Noțiuni introductive .....	22
2.2. Dispozitive de forfecare din literatura .....	23
2.2.1 Dispozitiv Iosipescu .....	23
2.2.2 Dispozitiv forfecare .....	25
2.2.3 Dispozitiv de testare la forfecare cu trei șine .....	27
2.2.4 Dispozitivul ARCAN .....	30
<b>Capitolul 3: Proiectarea, calculul, și modelarea numerică a dispozitivului de forfecare .....</b>	<b>39</b>
3.1 Proiectarea dispozitivului .....	39
3.1.1 Proiectarea corp-dispozitivului .....	39
3.1.2 Proiectarea sistemului de prindere .....	39
3.1.3 Proiectarea placutelor de fixare .....	40
3.2 Calculul îmbinărilor de piese .....	41
3.2.1 Considerații generale. Etape de calcul .....	41
3.2.2 Calculul propriu-zis .....	43
3.3. Analiza cu elemente finite a dispozitivului ARCAN .....	53

3.3.1. Generalitati despre metoda elementelor finite.....	53
3.3.2. Analiza propiu-zisă a piesei .....	54
<b>Capitolul 4: Realizarea practică a dispozitivului de forfecare.....</b>	<b>59</b>
4.1. Alegerea semifabricatului .....	59
4.1.1. Alegerea materialului și a semifabricatului pentru corpul dispozitivului .....	59
4.1.2 Alegerea materialului și a semifabricatului pentru sistemul de prindere și plăcuțelor de fixare .....	60
4.1.3 Instrumente de masura folosite in vederea realizarii pieselor .....	61
4.1.4. Masinile unelte folosite in realizarea pieselor .....	61
4.2. Itinerariul tehnologic.....	62
4.2.1. Itinerariul tehnologic pentru corpul dispozitivului .....	62
4.2.2. Itinerariul tehnologic pentru dispozitivul de prindere.....	66
4.2.2. Itinerariul tehnologic pentru plăcuțele de fixare.....	67
<b>Capitolul 5: Teste experimentale pe epruvete cu fisură laterală utilizând dispozitivul ARCAN .</b>	<b>69</b>
5.1. Noțiuni generale .....	69
<b>5.2. Fenomenul de rupere .....</b>	<b>69</b>
5.3. Programul experimental .....	72
5.3.1. Materiale utilizate și procedura de lucru.....	73
5.3.2. Determinarea densității și analiza microstructurală a spumelor.....	75
5.3.3. Descrierea mașinii de încercat .....	77
5.4. Rezultate și discuții .....	79
5.4.1. Determinarea tenacității la rupere .....	79
5.4.2. Determinarea direcției și unghiului de propagare a fisurii .....	82
<b>Capitolul 6: Norme de protecția muncii .....</b>	<b>84</b>
6.1. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de frezare.....	84
6.2. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de polizare manuala .....	84
6.3. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de strunjire.....	85
6.4. Norme de protecția muncii în laboratorul de rezistența materialelor .....	86
<b>Concluzii .....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXE .....</b>	<b>90</b>



## Capitolul 1: Studiul actual privind materialele polimerice

### 1.1 Materiale polimerice

#### 1.1.1 Generalități

Un polimer este o substanță compusă din molecule cu masă moleculară mare, formate dintr-un număr mare de molecule mici identice, numite monomeri, legate prin legături covalente. Cuvântul provine din limba greacă, *πολυ*, *polu*, "mult"; și *μέρος*, *meros*, "parte". Exemple cunoscute de polimeri sunt plasticul, ADN-ul și proteinele. Polimerii se obțin în urma reacției de polimerizare.

##### Elementele componente:

Compusul macromolecular utilizat în realizarea materialului poate fi un polimer termoplastic sau termoreactiv și este denumit *mătrice polimerică*. Agentul de ramforsare sau de umplutură este dispersat omogen în mătricea polimerică, nedizolvandu-se în această. Materialele din polimeri sunt materiale în alcătuirea cărora pe lângă polimeri mai intră în structural lor materialele complementare, care la rândul lor se împart în două mari categorii: *fibre și particule*, fiecare categorie incluzând numeroase alte tipuri, diferențiindu-se după compoziția chimică în secțiunea transversală, mărime și raportul lungime/diametru.

#### 1.1.2 Structura materialelor din polimeri

Pentru a diferenția materialele polimerice și pentru a-i da anumite caracteristici, la obținerea lor sunt folosite anumite adaosuri.

După rezultatul din produsul finit, adaosurile se clasifică în:

- agentul de implutura poate fi (făină de lemn, azbest, țesături, fibră de sticlă), care îi reduc costul și îi cresc proprietățile mecanice,
- plastifianți (de exemplu esteri cu punctual de fierbere înalt), care le sporesc elasticitatea și le reduc fragilitatea,
- stabilizatori (antioxidanți fotostabilizatori), acestea contribuie la păstrarea proprietăților maselor plastice în timpul proceselor de prelucrare și în timpul utilizării,
- coloranți (care le dau culoarea necesară),

Proprietățile materialului compozit sunt total diferite și superioare față de cele ale componentelor individuale.

Compozitele polimerice sunt folosite tot mai des în industria construcțiilor de mașini și a aeronavelor datorită rezistenței mecanice deosebite și a faptului că sunt capabile să înlocuiască aluminiul și aliajele sale precum și alte materiale metalice.

### 1.1.3 Proprietățile materialelor din polimeri

#### *Proprietăți termice:*

- Deoarece polimerii nu au o temperatură de topire fixă, trecerea de la solid la lichid se face într-un anumit interval de temperatură, iar pentru a caracteriza aceste materiale, se introduce temperatura de înmuiere și temperatura de curgere.
- Temperatura de înghețare ( $T_s$ ), este valoarea temperaturii la care întreaga masă se prezintă în stare amorfă, deci solidă. Este o stare limita, de echilibru stabil, în care moleculele sunt imobile. Din această stare de echilibru, dacă substanței i se transferă căldură, masa începe să cristalizeze progresiv, pe măsură ce moleculele își reiau mobilitatea.
- Temperatura de topire (de înmuiere) ( $T_m$ ), este valoarea temperaturii la care întreaga masă se găsește în stare cristalină, adică masa este complet fluidă, deci toate moleculele se găsesc în mișcare.

#### *Proprietăți mecanice:*

- depinde de structura moleculei și variază de la substanțe rigide la materiale flexibile și extensibile.
- rezistențele mecanice sunt dependente de tăria legăturilor din interiorul catenelor moleculare și dintre catene, dar mai ales de gradul de polimerizare sau de policondensare.
- de regulă rezistențele mecanice ale maselor plastice sunt de același ordin de mărime ca și rezistențele materialelor de construcții obișnuite; iar la unele materiale polimerice, rezistențele la rupere la compresiune și tracțiune sunt asemănătoare cu ale metalelor

#### *Plasticitatea*

- proprietatea de a suferi deformări durabile la acțiunea unei forțe exterioare.
- densitatea- sunt materiale foarte ușoare (de până la 200 ori mai ușoare decât materialele metalice)

*Proprietăți optice*

- multe din ele sunt transparente pentru lumină vizibilă și UV, deci pot înlocui sticla (fiind și incasabile).

*Stabilitate termică redusă*

- majoritatea pot fi utilizate până la maxim 70°C deoarece temperatura de topire este undeva în jurul valorii de 100°C.

*Îmbătrânirea*

- fenomen ce are loc în timp datorită unor reacții lente cu oxigenul din aer; aceasta determină degradarea prin modificarea culorii și scăderea semnificativă a rezistenței mecanice.

**Utilizarea polimerilor:**

- mase plastice* (polietenă, policlorura de vinil, polistiren, teflon),
- fire și fibre* (lână, mătase, bumbac, în, nylon 6, capron, pliesteri, triacetilceluloza),
- cauciucuri* (poliizopren, polibutadiena),
- hartie* (celuloză).

**Avantaje materialelor din polimeri:**

- majoritatea acestor materiale au o mare rezistență la șoc, o rezistență la uzură considerabilă și o durabilitate apreciabilă, dacă sunt folosite în mod adecvat,
- având în vedere că se pot prelucra prin diferite procedee de prelucrare, materialele polimerice pot lua ușor aproximativ orice formă,
- nu necesită nici un fel de prelucrare suplimentară la punerea în operă în construcții,
- întrebuințarea și curățirea se fac ușor,
- sunt rezistențe la acțiunea substanțelor chimice,
- au bune proprietăți de izolare termică și electrică.

**Dezavantajele materialelor din polimeri:**

- având în vedere că temperatura de înmuiere se afla între 50°C și 100°C, materialele polimerice nu sunt rezistente la temperaturi înalte;
- coeficientul de dilatare termică este de 2-8 ori mai mare decât al materialelor obișnuite de construcții.
- stabilitate termică redusă;
- îmbătrânire în timp - se manifesta prin pierderea elasticității și plasticității.

#### 1.1.4 Încercări asupra materialelor din polimeri

Pentru stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor se determina:

- densitatea aparentă;
- rezistența la întindere și alungirea la rupere;
- rezistența la compresiune, la încovoiere statică și prin șoc;
- duritatea în grade Shore;
- flexibilitatea prin îndoire la 180° la un dorn;
- modulul de elasticitate;
- conductivitatea termică.

În scopul aprecierii comportării la diferiți agenți din mediul înconjurător, asupra materialelor din polimeri se efectuează următoarele determinări:

- stabilitatea termică - se determina în scopul determinării temperaturii maxime la care poate fi utilizat materialul sub sarcină; încercarea se efectuează prin două metode: Martens și Vicat;
- absorbția de apă - se determina prin menținerea epruvetelor (cântărite în prealabil) sub apă la 20°C timp de 24 de ore sau la fierbere timp de 10 minute; cantitatea de apă absorbită se raportează la suprafața totală a epruvetei ( $\text{g}/\text{cm}^2$ );
- rezistența la agenți chimici agresivi - se determina prin imersarea epruvetelor timp standardizat în substanțe agresive și stabilirea modificărilor de aspect, masa, volum, rezistențe mecanice sau alte proprietăți;
- comportarea la îmbătrânire - fenomen ce constituie în cazul materialelor din polimeri un proces de durată, se datorește oxidării sub acțiunea oxigenului atmosferic și a razelor ultraviolete; în laborator se fac încercări la îmbătrânire supunând epruvetele la iradiere cu raze ultraviolete.

#### 1.1.5 Aplicații ale materialelor polimerice

Printre cele mai răspândite materiale pe bază de polimeri sunt masele plastice care au cele mai multe aplicații în ziua de azi.

Masele plastice sunt materiale produse pe bază de polimeri, capabile de a căpăta la încălzire forma ce li se dă și de a o păstra după răcire. Se caracterizează printr-o rezistență mecanică mare,

densitate mică, stabilitate chimică înaltă, proprietăți termoizolante și electroizolante. Masele plastice se fabrică din materii prime accesibile, din ele pot fi confecționate ușor diferite tipuri de articole. Aproape toate masele plastice conțin, în afară de polimeri, componenți care le conferă anumite calități. Un material plastic este constituit din materialul de umplură care îi reduc costul și îi îmbunătățesc proprietățile mecanice, plastifianți (de exemplu esteri cu punct de fierbere ridicat), care le sporesc elasticitatea, le reduc fragilitatea, stabilizatori (antioxidanți, fotostabilizatori), care contribuie la păstrarea proprietăților maselor plastice în timpul proceselor de prelucrare și în timpul utilizării, coloranți, care le dau culoarea necesară și alte substanțe.

În figură 1.1 sunt prezentate câteva exemple de materiale polimerice rezultate din diferite industrii.



**Figura 1.1** Exemple de materiale plastice din diferite industrii de fabricație

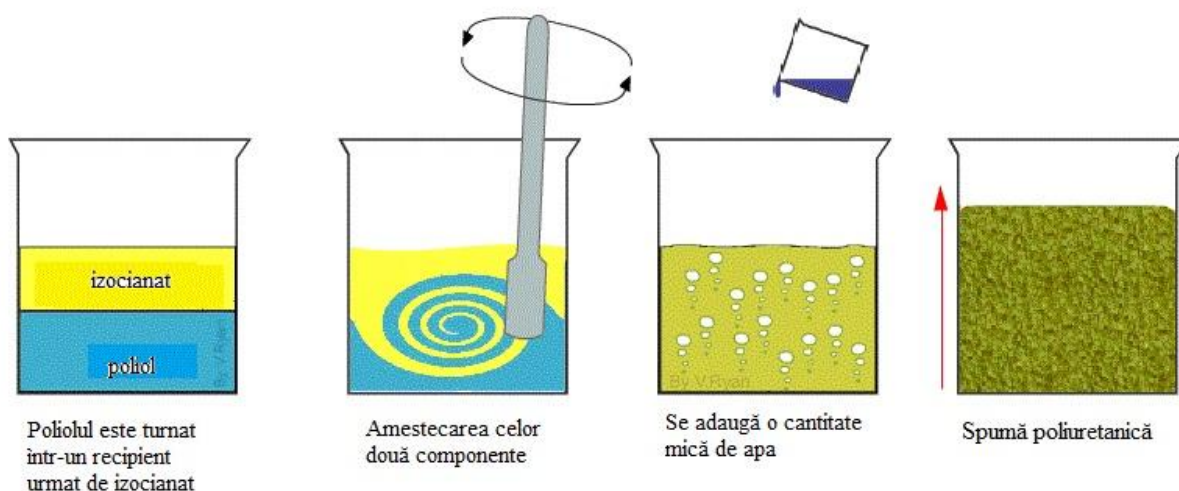
## 1.2. Spume poliuretane

### 1.2.1 Generalități

*Poliuretanul* (abr.PU) este un polimer ce se obține prin condensarea polioliilor combinați cu poliisocianati. Prin modificarea chimică calitativa și cantitativă a componenților ce alcătuiesc poliuretanul se pot obține materii prime pentru nenumărate produse cum ar fi: elastomeri, adezivi și etansanti de înaltă performanță, vopsele, fibre, produse ambalare, garnituri, componente de automobile, în industria de construcții, mobilier și multe alte aplicații, chiar și în medicină.

Spuma poliuretanică este un material polimeric cu o structură celulară închisă sau deschisă care se formează în principal din reacția a două substanțe: *un polioliol și un izocianat*.

În figură 1.2 este prezentat schematizat modul de obținere a unei spume poliuretaneice rigide cu celule închise, prin simplă amestecare la temperatura ambiantă a celor două bicomponente menționate mai sus.



**Figura 1.2** Prepararea spumei poliuretaneice rigide

În 1930, Germania conducea lumea în dezvoltarea de produse chimice și materiale plastice. În 1937, Otto Bayer a amestecat două substanțe chimice, polioli (un alcool) și izocianat, iar cele două substanțe chimice au format un material plastic solid. Plasticul rezultat a fost poliuretan (PU), un nou material plastic. Uneori, datorită intrării în contact a substanțelor chimice cu apa în momentul amestecării, a avut loc o reacție diferită, obținându-se produsele chimice "fizzed" cu bule și poliuretan expandat, iar materialul plastic rezultat în urma acestei reacții a fost numit spumă de cauciuc. Poliuretanul a fost descoperit din greșală, cu toate că în aplicațiile de astăzi are mai multe utilizări în jurul casei și în industria prelucrătoare comparativ cu alte materiale polimerice.

Deși cele două materiale din poliuretan și spumă de cauciuc sunt practic același din punct de vedere chimic, ele sunt foarte diferite. Poliuretanul este un material plastic solid (rășină solidă) și spumă de cauciuc este, moale și flexibil. Prin urmare, ele au proprietăți diferite, tot datorită adăugării de apă în timpul procesului de fabricație.

După cum se poate observa și în figură 1.2 datorită acestor modificări ale componentei chimice, produse de poliuretan se pot împărți în 2 mari categorii: spume rigide și flexibile.

### 1.2.2 Tehnologia de fabricare a spumelor poliuretaneice

#### a. Procedul de fabricație

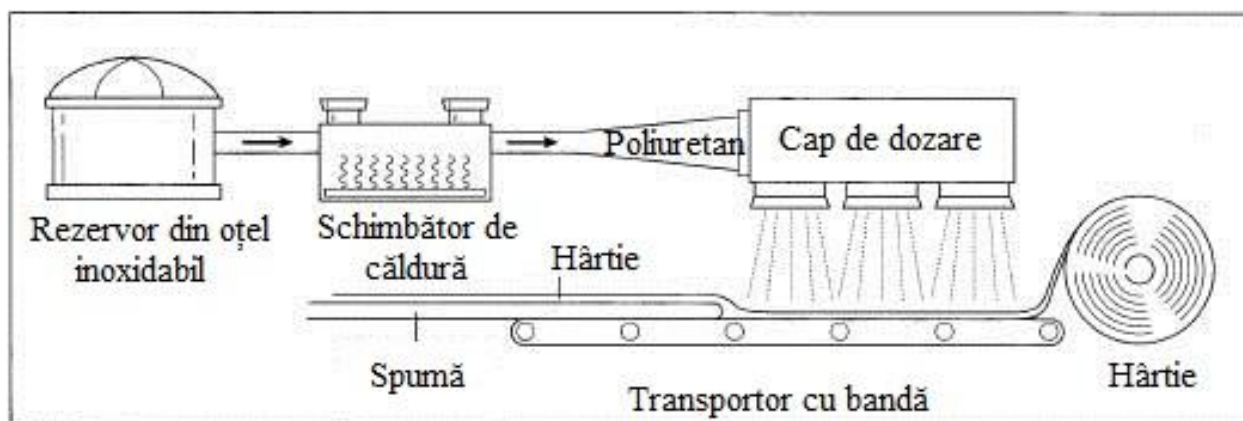
În timp ce polimerii din poliuretan sunt utilizați pentru o gamă largă de aplicații, metoda lor de producție poate fi împărțită în trei faze distincte. În primul rând, este fabricat produsul polimeric. În continuare, polimerul este expus la diferite etape de prelucrare. În final, polimerul este transformat în produsul final, ambalat și expeditat spre firmele distribuitoare.

#### b. Reacții polimerice

- Materiile prime, în starea lor lichida sunt introduse în rezervoare mari, din oțel inoxidabil. Aceste rezervoare sunt echipate cu agitatoare pentru a menține materialul în stare fluidă. Pe rezervor este atașat un dispozitiv de măsurare, astfel încât cantitatea de soluție corespunzătoare de material reactiv poate fi pompată afară. Raportul tipic de polioli la diizocianat este de 1 : 2. Deoarece raportul dintre materialele componente produce polimeri cu caracteristici diferite, acesta este strict controlat.

- Materialele reacționând sunt trecute printr-un schimbător de căldură în care acestea sunt pompate în conducte. Schimbătorul reglează temperatura la nivelul reactiv, iar în interiorul conductelor, are loc reacția de polimerizare. În momentul în care lichidul polimerizării ajunge la capătul țevii, poliuretanul este deja format. La un capăt al țevii este un cap de dozare pentru polimer (a se vedea figura 1.3)

#### c. Prelucrare



**Figura1.3** Schema procesului de fabricație a spumei poliuretaneice rigide

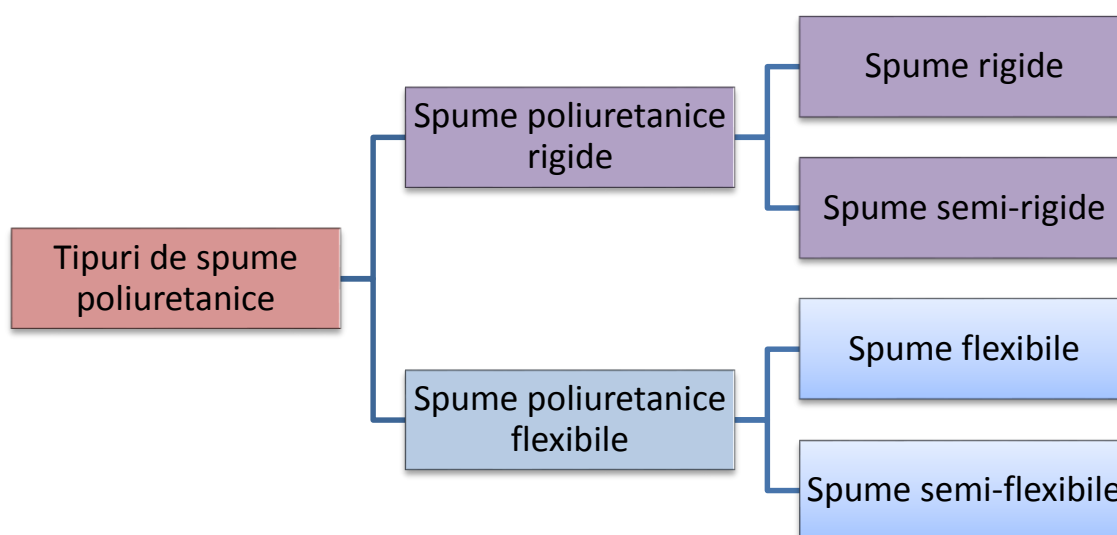
●Capul de distribuție este conectat la linia de producție. Pentru producția de izolație din spumă poliuretanică rigidă, este nevoie de o rolă de hârtie de copt care este înfășurată la începutul liniei de prelucrare. Aceasta este deplasată de-a lungul unui transportor cu banda și adusa sub capul de dozare.

●Deoarece hârtia trece pe sub, poliuretanul este suflat pe ea. Pe măsură ce polimerul este dispersat, este amestecat cu dioxid de carbon, care îl face să se extindă. Ea continuă să crească pe masura ce se deplasează de-a lungul transportorului (foaia de poliuretan este comparata ca o coca, pentru că "se ridică", precum aluatul).

●După expandare, un al doilea strat superior de hârtie este rulat peste poliuretan. În plus, hârtiile laterale pot fi, de asemenea laminate în proces. Fiecare strat de hârtie conține spuma poliuretanică conferindu-i formă. Spuma rigidă este trecuta printr-o serie de panouri care controlează lățimea și înălțimea chiflei de spumă. În timpul deplasării prin această secțiune a liniei de producție, acestea sunt, de obicei uscate.

●La capătul liniei de producție, spuma se taie cu un fierăstrău automat la lungimea dorită, după care sunt trecute prin etapele finale care includ ambalarea, stivuire și transport spre firmele distribuitoare.

### 1.2.3 Clasificarea spumelor poliuretanică



**Figura1.4** Clasificarea spumelor poliuretanică



### **a. Spuma poliuretanică rigidă (PUR)**

Spuma poliuretanică rigidă are la bază ca materii prime petrolul ,însă în compoziția acesteia se regăsesc și substanțe regenerabile ca sfecla de zahăr, cartoful său porumbul. Spuma poliuretanică rigidă se obține în urma unei reacții chimice a materiilor prime lichide, și cu adaos de agenți de expandare. În țara noastră principalul agent de expandare utilizat este pentan, cantități reduse de CO<sub>2</sub> și de puține ori HCFC (hidrogen, clor, fluor, carbon). Având în vedere că încă se fac cercetări în ceea ce înseamnă dezvoltarea în domeniul de combustibili de propulsie nu s-a ajuns foarte departe, PUR rigide fiind fabricate industrial.

Principalele izolații realizate din spuma de poliuretan sunt în marea lor majoritate făcute cu spumă rigidă, aceasta conține celule complet închise (>90%). Spuma poliuretanică rigidă aplicată pe o suprafață, o ferește pe aceasta de agenții patogeni ca mușgaiul sau alte reacții chimice nocive.

Spuma poliuretanică rigidă reprezintă un material superior de izolare termică, datorită faptului că are un coeficient scăzut de conductivitate termică ("lambda") de 0,03 W/(mK) cu o densitate de 40 kg/m<sup>3</sup>, aceasta spuma garantează o izolare excelentă comparativ cu ce se găsește pe piață la ora actuală.

PUR prezintă niște caracteristici specifice:

- Nu absoarbe apa,
- Are o rezistență mărită la diferiți produși chimici,
- Prelucrarea este un avantaj major, se face foarte ușor,
- Spuma de poliuretan are o stabilitate termică foarte bună,
- Aceasta spuma de poliuretan da posibilitatea de a se izola și cele mai greu accesibile zone de diferite mărimi și forme,
- Reducerea costurilor de climatizare cu până la 60%,
- Reduce transmiterea vibrațiilor,
- Sigilează perfect orice spații, porim etc.,
- Recuperarea rapidă în investiția efectuată,
- Aderența la nivel molecular,
- Este o izolație ușoară dar durabilă,
- Capacitate de absorbție acustică până la 60 decibeli;

## **b. Spuma poliuretanică flexibilă**

Poliuretanii reprezintă un nume colectiv pentru un grup extins de polimeri cu compoziții foarte diferite corespunzând unor profile cu proprietăți variate. Toți poliuretanii au fost obținuți după o metodă comună: au fost produși printr-o reacție de poliaditie a diizocianatilor.

Reacția dintre izocianat și apă (procesul chimic de expandare) este baza obținerii spumelor flexibile, spume cu celule deschise. Acest proces chimic de expandare (explozie) a fost suplimentat începând cu anul 1960 de un proces fizic de expandare folosind drept agent de expandare un lichid cu punct de topire foarte scăzut. Aceste lichide sunt vaporizate de căldura degajată în timpul reacției dintre izocianat și polioli de aici rezulta structura celulară a spumei flexibile.

Astfel, spuma poliuretanică flexibilă se obține datorită reacției dintre un diizocianat cu un polioli - polieter (trioli) și apă. Pentru un bun echilibru între cele două reacții, izocianat + apă și polioli + izocianat, este important să utilizăm polioli și izocianati cu reactivitate corespunzătoare procedurii, să utilizăm catalizatori și stabilizatori de celule și nu în ultimul rând să controlăm temperatura materialelor.

Spumele poliuretane flexibile reprezintă o mare parte din piață și producția mondială a poliuretanilor. Aceste spume reprezintă materiale celulare ușor reticulate cu celule deschise. Se pot obține sub formă de blocuri sau repere turnate în formă. Cea mai populară spuma poliuretanică flexibilă este buretele care se folosește cel mai des în industria mobilei la realizarea canapelelor, fotoliilor și a altor obiecte tapițate dar și ca ambalaj de protecție pentru diverse obiecte fragile.

Principalele tipuri de spume poliuretane flexibile produse sunt: spumele bloc și spumele turnate.

*Spumele bloc* sunt împărțite în:

- spume bloc convenționale, care au ca extender de lanț apă,
- spume bloc de înaltă reziliență, au ca extender de lanț apă și dioli.

*Spumele turnate* se împart în:

- spume turnate la cald care au ca extender de lanț apă,
- spume turnate la rece care au ca extender apă, dioli, diamine sau trioli.

#### 1.2.4 Proprietățile spumelor poliuretanică

- Conductivitate termică scăzută (între 0,020 – 0,24 W/mk) datorită căreia izolația cu spumă poliuretanică are cea mai mică grosime,
- Structura sa chimică o face foarte rezistentă la mediile agresive, acide, alcaline, uleiuri, combustibili, la poluarea biologică și adesea rezistentă la solvenți,
- PUR este permeabilă la vapori,
- Caracteristicile sale de izolare se combină cu o rezistență mecanică bună, astfel încât ea joacă un rol foarte important în procesul de construcție, precum și în menținerea stabilității în timpul utilizării sale,
- Are un conținut ridicat de celule închise (peste 90%),
- Izolație foarte bună deoarece are eficiența pe o gamă largă de temperaturi,
- Spuma poliuretanică îndeplinește reglementările în vigoare (în industria construcțiilor cu un grad de ardere B-2 în conformitate cu normă DIN 4102) și anume cea mai importantă cea de rezistență la foc,
- Spuma poliuretanică poate fi folosită cu ușurință pe orice suprafață curată și uscată: polistiren, beton, cărămidă, panouri OSB, foi de metal etc.,
- Spuma poliuretanică sub formă de spray este o metodă modernă și extrem de eficientă în materie de termo-izolații sau hidro-izolații pentru clădiri industriale și agricole,
- Spuma poliuretanică poate fi turnată și modelată în diferite forme în matrițe speciale,
- Această spumă, prezentând o anumită elasticitate, nu este afectată de schimbările mari și/sau bruște de temperatură și nici de posibilele variații minime structurale ale clădirii, ea rămânând intactă.

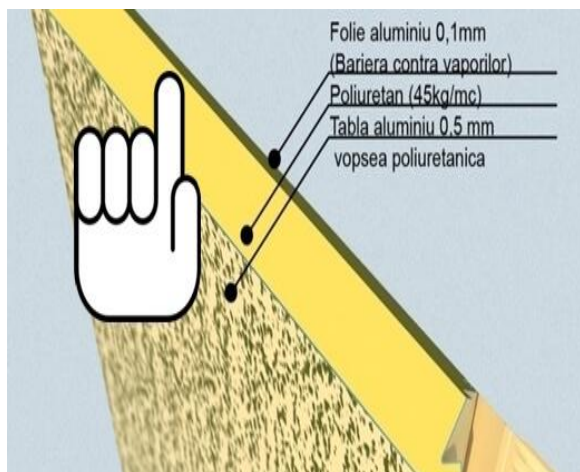
#### 1.2.5 Aplicații ale spumelor poliuretanică

Una dintre cele mai importate aplicații a spumelor poliuretanică este cea de *isolator termic*. Acest procedeu este din ce în ce mai răspândit datorită eficienței și randamentului acestuia. Spumele poliuretanică au înlocuit cu succes celelalte metode de izolare termică având un avantaj important datorită faptului că expandează, intra în fisuri, rosturi, crăpături asigurând astfel o etanșare excelentă.

Spuma poliuretanică este folosită cu succes pentru a izola pardoseli, subsoluri, pereți, acoperișuri, mansarde, hambare și grajduri, spații de depozitare și ambarcațiuni navale. PUR este cel mai bun material izolant și poate fi aplicat oriunde.

Spuma poliuretanică este un izolant din ce în ce mai cerut pe piața materialelor de construcții, atât pentru interior, cât și pentru exterior, fiind utilă, așadar, și la izolațiile termice interioare, cu atât mai mult cu cât nu presupune costuri suplimentare de transport, depozitare sau aplicare. Poate fi aplicată direct cu pistolul de pulverizare pe orice suprafață, indiferent de înclinarea acesteia și nu necesită tencuiala în prealabil. Întrucât este pulverizată în formă lichidă și durează doar câteva secunde să se expandeze și să formeze un strat impermeabil, este foarte ușor de utilizat, acoperind o suprafață de circa 100 mp în doar o oră. Prin închiderea porilor, formează un strat care nu permite aerului sau umidității să pătrundă, păstrând temperatura nemodificată. Termoizolația este susținută și de conductivitatea termică redusă a gazului spumos conținut în celulele închise.

Întrucât izolații termice interioare se fac în strat continuu, fără îmbinări sau suprapuneri, nu vor exista diferențe în ceea ce privește conductivitatea termică pe întreaga suprafață pulverizată.



**Figura1.5** Panouri din aluminiu și spuma poliuretanică rigidă



**Figura:1.6** Spuma poliuretanică folosită în industria modernă a construcțiilor

### Alte aplicații ale spumelor poliuretaneice

- Saltele și canapele (în formă de umplere),
- Automobile (volan, spoilere, eleroane, scaune, bord, elemente pentru amortizarea vibrațiilor și zgomotului, etc.)
- Tălpile pentru încălțăminte (mai ales cele sport),
- Role și anvelope,
- Îmbrăcăminte,
- Ingineria medicală (fabricarea de piese pentru transplante și ortopedie, hemofiltre, valve pentru inima, etc.)
- Industria aerospațială,
- Industria frigului (țevi, depozite frigorifice, frigidere, criogenie, etc.),
- Clădiri (construcții) pentru termoizolări, hidroizolări, fonoizolar.



**Figura1.7** Componente din industria auto realizate din spumă poliuretanică



**Figura1.8** Echipamente sportive care au în componența lor spumă poliuretanică

## **Capitolul 2: Dispozitive utilizate la forfecare din literatura de specialitate**

### **2.1. Noțiuni introductive**

Domeniul încercărilor mecanice face parte din domeniul general al încercărilor de diverse tipuri, la care trebuiesc supuse toate materiile și structurile pentru a face proba îndeplinirii condițiilor de funcționare în care va fi exploatat produsul ce înglobează materialul și structura respectivă. Încercările mecanice au legătură directă cu tema de proiectare și cu asigurarea performanțelor estimate pentru cea mai mare parte a produselor ce se realizează în industrie și construcții.

Obiectivele generale urmărite în cursul efectuării încercărilor mecanice sunt:

- determinarea caracteristicilor mecanice de material;
- controlul și asigurarea calității prin compararea caracteristicilor obținute pentru un anumit eșantion;
- verificarea unor modele teoretice de calcul sau a unor teorii de cedare;
- stabilirea comportării structurii materialului.

Pentru ca rezultatele experimentale obținute la momente și în locuri diferite să poată fi comparate între ele, încercările se efectuează în condiții stabilite prin standarde, elaborate de organizațiile competente din fiecare țară: cele mai cunoscute sunt American Society for Testing and Materials - ASTM în SUA, German Standards Bureau - DIN în Germania, Japanese Industrial Standard - JIS în Japonia. În țara noastră această activitate este coordonată de Institutul Român de Standardizare.

Principial, în cadrul încercărilor mecanice se măsoară nivelul încărcărilor aplicate eșantionului din materialul analizat, dimensiunile acestuia, ca și efectele produse asupra probei (în general deformații, elastice și/sau plastice), după care se stabilesc, folosind relații de calcul potrivite, valorile corespunzătoare ale caracteristicilor mecanice ale materialului.

Nivelul solicitărilor este exprimat de obicei prin mărimea fizică numită tensiune mecanică, calculată ca raport între sarcina (forța sau momentul) care produce solicitarea și un parametru geometric (aria sau modulul de rezistență) al secțiunii de material care preia solicitarea.

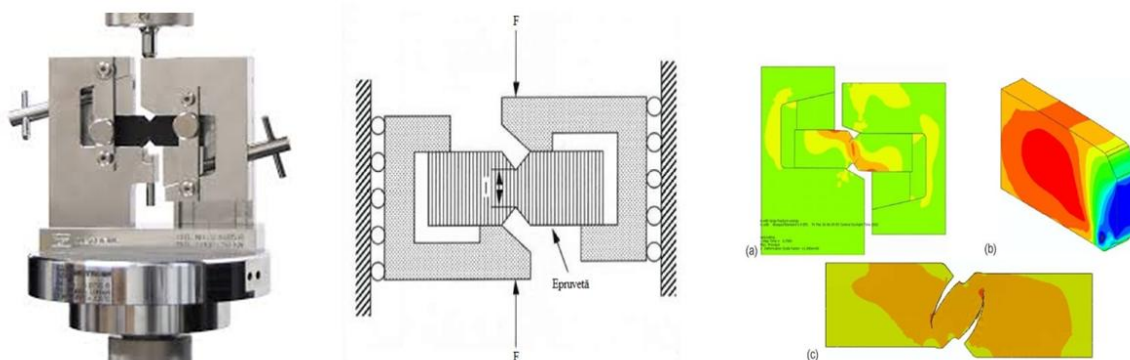
La deformațiile produse pe probă se poate face referire în mărimi absolute (deplasări sau rotiri), sau relative (lungiri sau lunecări specifice), iar măsurarea lor poate fi făcută cu mijloace obișnuite sau cu dispozitive de precizie (extensometre sau montaje de traductoare tensometrice).

Un indicator important al genului de comportare mecanică a unui material este și curba lui caracteristică – graficul dependenței dintre nivelul solicitării aplicate și cel al deformării epruvetei –care se trasează pe parcursul unora dintre încercările mecanice.

Multe dintre încercări presupun solicitarea epruvetei până în momentul în care materialul cedează (adică este atinsă limita lui de rezistență la solicitarea respectivă), iar felul în care se produce ruperea și aspectul secțiunii de rupere sunt și ele folosite pentru caracterizarea comportării mecanice a materialului cercetat.

## 2.2. Dispozitive de forfecare din literatura

### 2.2.1 Dispozitiv Iosipescu



**Figura 2.1** Dispozitiv Iosipescu cu epruveta montată

Dacă asupra unei piese acționează două forțe paralele, de sensuri opuse și dispuse de o parte și de alta a materialului, distanța dintre direcții fiind practic nulă, se consideră că piesa este solicitată la forfecare. Pe măsură ce solicitarea la forfecare înaintează, cu atât brațul forțelor crește.

Dacă acesta nu depășește o anumită limită, fenomenul poate fi neglijat; în caz contrar, dacă brațul forțelor devine mare, depășind acea limită, nu se mai produce tăierea materialului, ci

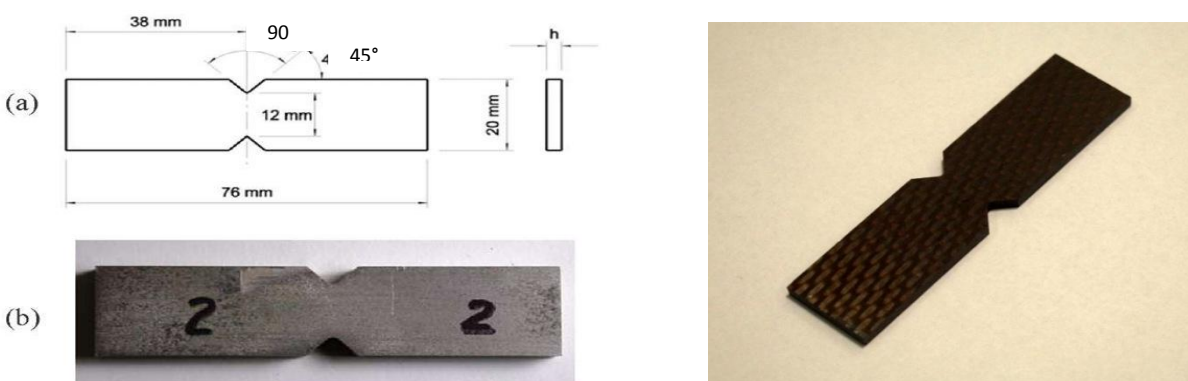


încovoierea lui, care poate duce la ruperea materialului. Deoarece, constructiv, între lamele tăietoare există o distanță, în momentul tăierii apare între lame o deformare unghiulară  $\gamma$ .

Se pot încerca probe prelevate din structuri ce intră în componența aripilor de avion, structuri interioare și exterioare ale autoeviculelor precum și la piese polimerice de tip tuburi, plăci, piese complexe obținute prin injecție, extrudare sau piese compozite polimerice produse în autoclave.

#### a. Epruveta utilizata

Epruveta are formă prismatică și este prevăzută, în secțiunea de forfecare, cu două creștături transversale, de forma literei V Fig.2.3. Ea este solicitată după o schemă de încărcare antisimetrică, astfel încât în secțiunea de lucru să apară o stare de forfecare pură.



**Figura 2.2** Epruveta

#### b. Caracteristici generale ale dispozitivului

Dispozitivul este destinat utilizării împreună cu următoarele tipuri de laminate:

- laminate unidirecționale cu orientarea fibrelor  $0^\circ$  sau  $90^\circ$ ,
- laminate unidirecționale cu același număr de straturi în orientarea fibrelor  $0^\circ$  și  $90^\circ$ ,
- laminate țesute pentru care direcția de umplere rulează la  $0^\circ$  sau  $90^\circ$ ,
- materiale plastice în care orientarea fibrelor este aleatorie.

Pentru a măsura proprietățile de forfecare, o epruveta crestată pe ambele fețe este fixată în suport longitudinal. Când comprimat, acest lucru creează o zonă de încărcare forfecare între creștăturile. Fibrele trebuie să fie paralel sau perpendicular pe axa de încărcare.

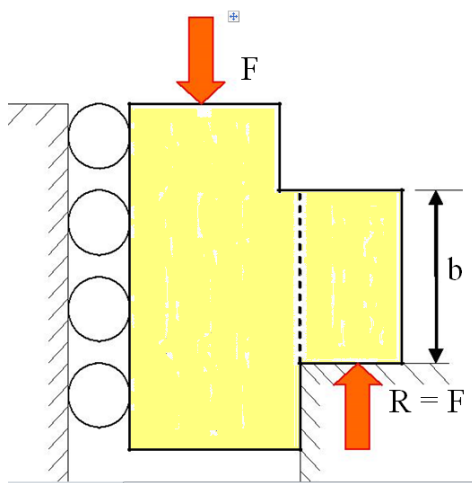
Bacurile de prindere sunt plasate la  $45^\circ$  în direcția planului de forfecare pentru a determina tensiunea de forfecare.



**c. Avantajele acestui tip de încercare:**

- Prinderea ușoară a epruvetei,
- Temperatura epruvetei poate să fie între  $-70$  și  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- Șuruburi pentru centrarea epruvetei în raport cu planul de forfecare.

**2.2.2 Dispozitiv forfecare**



**Figura 2.3** Dispozitiv de forfecare

După cum se poate observa pe schița alăturată, proba de spuma poliuretanică este așezată cu decuparea mai mică pe reazemul orizontal din partea dreaptă, în vreme ce reazemul vertical din stânga permite alunecarea cu rostogolire a probei către în jos.

Forța activă  $F$  este aplicată de poansonul mașinii de încercat, pe platanul căreia dispozitivul este sprijinit la partea de jos. Reazemul din stânga  $R = F$  introduce o forță de reacțiune  $R$ , egală permanent cu  $F$  și crescând împreună cu ea, treptat și lent.

În momentul în care tensiunea de forfecare egalează și depășește valoarea rezistenței PUR la desfacere în straturi începe să se producă ruperea probei, pe planul indicat cu linie punctată în figură.

Este important să se observe două lucruri, în legătură cu forma epruvetei:

- pe de o parte, că pentru a se produce forfecare, iar nu o simplă solicitare de compresiune, este nevoie ca forțele să nu fie pe aceeași direcție, ci să aibă între ele un mic decalaj (care în practică este observabil atât la foarfeci, cât și la ghilotine, de exemplu);
- în al doilea rând, se poate înțelege că decuparea din dreapta-sus a probei trebuie să fie puțin mai mare (în direcția paralelă cu reazemul orizontal) decât cea din partea de jos, pentru ca

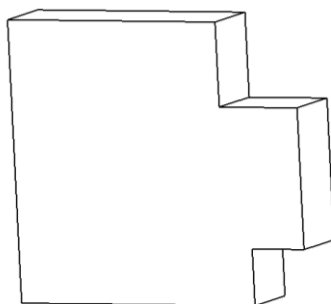
fisura (linia punctată) care se produce la atingerea limitei de rezistență (și care începe de pe muchia, de lungime „g”, aflată în contact cu colțul reazemului de jos) să se poată degaja până la suprafața superioară a probei, ajungând să se termine în zona decupării de sus.

Se mai observă că, dacă decuparea de sus ar fi insuficient de mare, fisura s- ar dezvolta către zona superioară a probei, pe care se aplică forța  $F$ , astfel că în epruvetă se va produce nu doar solicitarea de forfecare, ci și una de compresiune.

În fine, este de remarcat și faptul că la forfecare solicitarea nu este omogenă (cum este la tracțiune), ci se concentrează într-o anumită secțiune (sau, în alte cazuri, în câteva secțiuni) din probă, iar efectele produse în restul volumului de material pot fi considerate neglijabile.

#### **a. Epruveta utilizată**

Se folosește o probă de dimensiuni mici (care deci evită risipa de material), având formă prismatică și două decupări nesimetrice, în zona care este sprijinită, la partea inferioară, în dispozitivul de prindere. Decupările au rolul, așa cum se va observa pe parcursul experimentului, să predetermine secțiunea pe care se va produce ruperea prin forfecare a epruvetei.



**Figura 2.4** Epruveta

#### **b. Caracteristici ale dispozitivului**

Dispozitivul este utilizat pentru testarea de diferite epruvete cum ar fi:

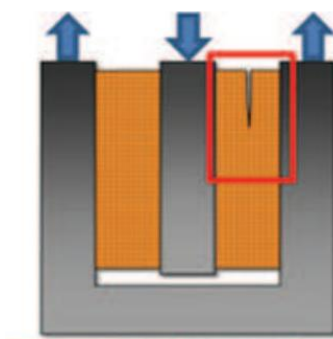
- Epruvete din spumă poliuretanică
- Epruvete din lemn
- Epruvete din materiale composite

**c. Avantajele acestui tip de încercare**

- Epruveta nu trebuie fixată cu șuruburi sau alte sisteme de prindere datorită formei ei speciale
- Dispozitivul este simplu de executat și ușor de întreținut
- Grosimea epruvetei poate varia în funcție de suprafața de așezare a epruvetei pe dispozitiv

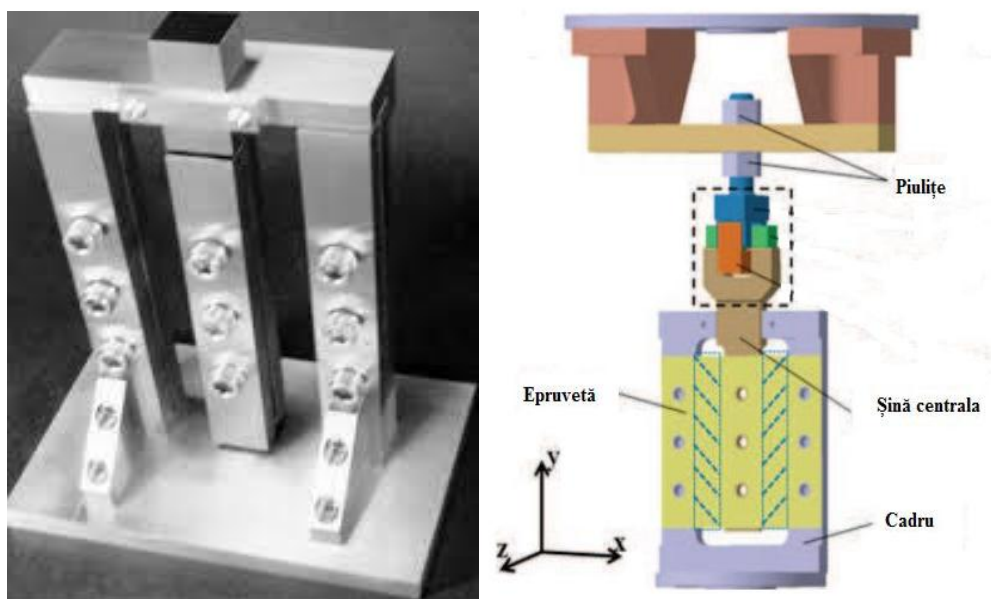
**2.2.3 Dispozitiv de testare la forfecare cu trei șine**

Instalația de încercare, prezentată în figura 2.5 este formată din trei perechi de șine paralele ce fixează epruveta prin șuruburi, cele două perechi exterioare ale șinelor sunt atașate la o placa de bază iar a treia pereche de șine (șina din mijloc) este ghidată printr-o fantă în partea de sus a suportului de bază.



**Figura 2.5** Principiul de functionare al dispozitivului

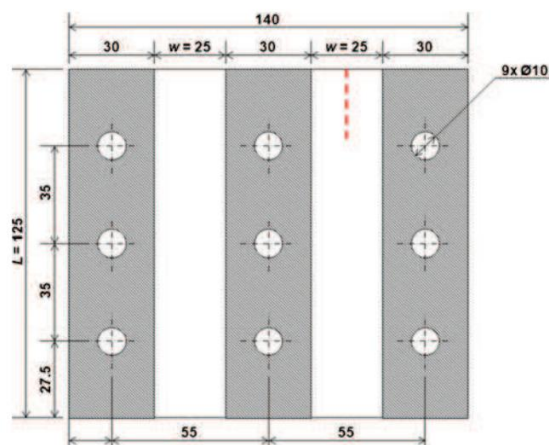
Mașina de încercare trebuie să aibă două capete de încărcare cu cel puțin un capăt mobil de-a lungul axei de testare. Unul dintre capetele masinii de testare are rolul de a sprijini baza de prindere folosind un adaptor iar celălalt capăt trebuie să fie atașat la partea superioară a dispozitivului pentru a putea încărcă șina centrală a dispozitivului.



**Figura 2.6** Ansamblul dispozitivului de forfecare

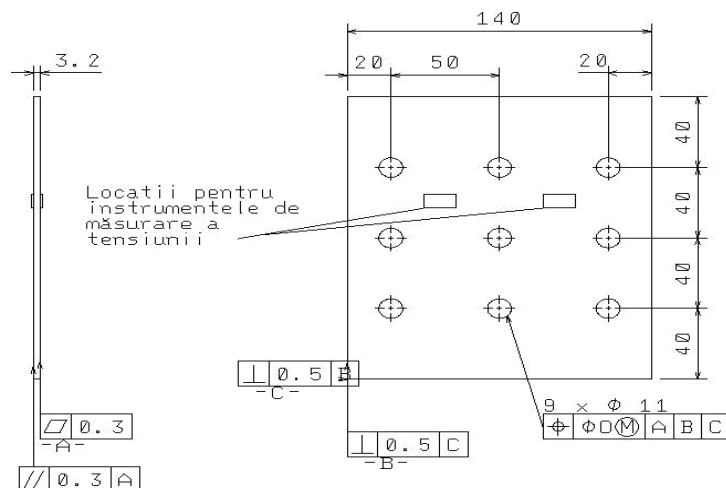
#### a. Epruveta utilizata

Epruvetele sunt panouri dreptunghiulare cu trei rânduri de găuri pentru șuruburile șinelor ce o fixează și se recomandă să fie de 1,3 – 3,2 mm grosime. Cele de grosime mai mică vor fi utilizate pentru încărcări mai mici în timp ce epruvetele de grosime mai mare pot avea o rezistență de forfecare mai mare depășind capacitatea de prindere a șinelor. Epruvetele mai groase sunt preferate pentru măsurători de rezistență datorită capacității lor la flambaj superioară. Pe unele probe se face o pre-fisura de 25 mm poziționată centrat fata de zona de incarcare.



**Figura 2.7** Geometria epruvetei

Dispozitivul de măsurare al mașinii de testat trebuie să fie capabil să indice încărcarea totală aplicată epruvetei. Acest dispozitiv trebuie să fie complet lipsit de decalaj la frecvența de testare specificată și trebuie să indice tensiunea cu o precizie de  $\pm 1\%$  din intervalul de încărcare.



**Figura 2.8** Epruveta pentru încercarea de forfecarea cu trei sine

Factorii care influențează rezultatul metodei sunt: materialul, procedeul, prin care se realizează materialul, pregătirea epruvetei, mediul de testare, alinierea epruvetei în dispozitiv și aderența acestuia la șine, viteza de testare, temperatura și volumul fibrelor de armare conținut.

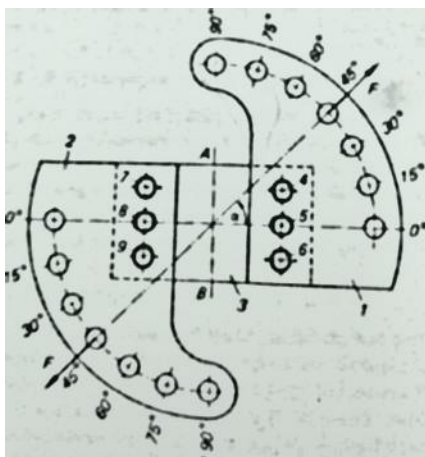
Parametrii care trebuie specificați înainte de testare:

- Metoda de prelevare a datelor, tipul și geometria epruvetei.
- Proprietățile de forfecare și formatul de raportare a datelor dorit.
- Parametrii încercării ce depind de mediu.
- Dacă trebuie specificată greutatea specifică, volumul de armare sau densitatea, acestea se obțin din lista de date a probei.

## 2.2.4 Dispozitivul ARCAN

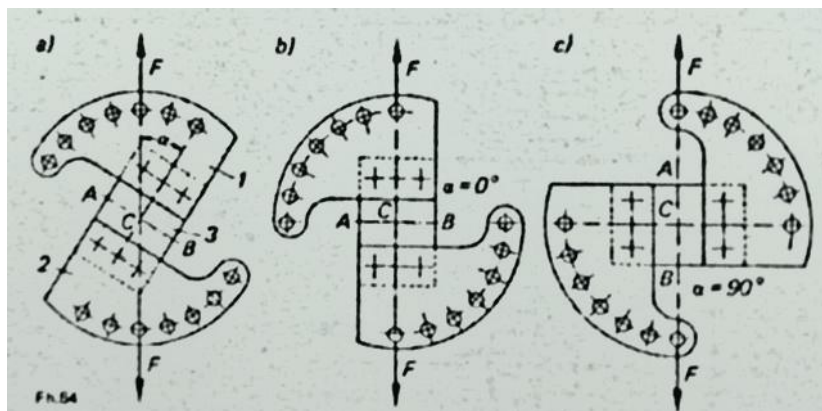
### a. Principiul de baza

Dispozitivul pentru introducerea suprapusă a solicitărilor normale și de forfecare în epruvete (Figura. 2.9), care a fost dezvoltat prin executarea dispozitivului pentru verificări în contextul mecanicii ruperii, determinării materialelor, analizei defectelor precum și analizei tensiunilor și elongației este constituit în esență din două părți (1 și 2) în formă de seceră, care sunt conectate între ele prin intermediul epruvetei. Aranjarea are loc astfel încât linia mediană a dispozitivului și a epruvetei să se afle în același plan.



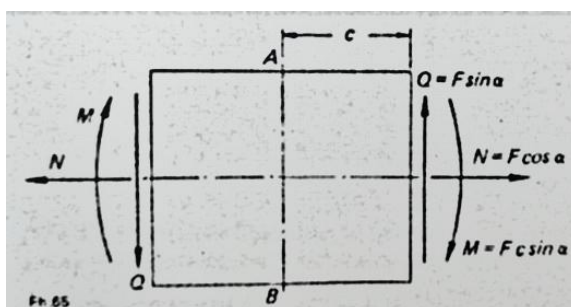
**Figura 2.9** Dispozitiv pentru transferul tensiunilor normale și de compresiune suprapuse în epruvete

În dispozitiv se introduce forța statică sau dinamică  $F$  (poate fi și o forță de compresiune). Linia de acțiune este sub unghiul  $\alpha$  față de axa longitudinală a epruvetei și simultan prin centrul epruvetei. În funcție de alegerea unghiului  $\alpha$  al introducerii forțelor pot fi create în secțiunea AB a epruvetei solicitări normale (tracțiune sau compresiune, la  $\alpha = 0^\circ$ ), forfecare ( $\alpha = 90^\circ$ ) sau solicitări suprapuse normale și forfecare (la  $0 < \alpha < 90^\circ$ ) (Figura 2.9 și 2.10). La încercări la care în secțiunea AB a epruvetei este vizibilă o fisură rezultă solicitare Mode-I (la  $\alpha = 0^\circ$ ), solicitare Mode-II (la  $\alpha = 90^\circ$ ) și solicitare Mixed-Mode (la  $0 < \alpha < 90^\circ$ ).



**Figura 2.10** Schema de principiu a tensiunilor in dispozitiv: a) Introducerea simultană a forțelor normale și de forfecare în secțiunea AB; b) Introducerea solicitărilor de tracțiune; c) Introducerea solicitărilor de forfecare în secțiunea AB

La solicitarea dispozitivului cu forța  $F$  sub acțiunea unui unghi oarecare  $\alpha$  în principiu se pot observa forța normală  $N$ , forța transversală  $Q$ , și momentul de încovoiere  $M$  (figura 2.11). Aceste forțe tăietoare pot fi calculate ca derivate din forța  $F$ , unghiul  $\alpha$  al sursei solicitării și a distanței  $c$  de la punctul de origine al solicitării.



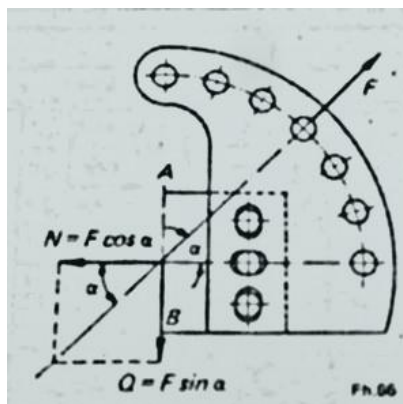
**Figura 2.11** Schema de principiu a tensiunilor in epruveta la incarcarea dispozitivului cu tensiuni cu o forta  $F$  la un unghi oarecare  $\alpha$

$$N = F \cos \alpha$$

$$Q = F \sin \alpha$$

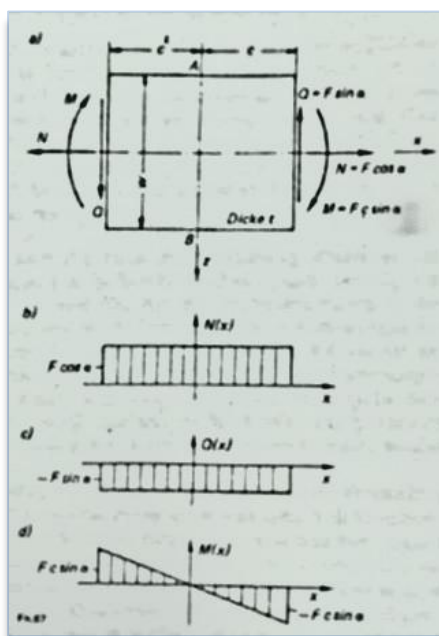
$$M = Fc \sin \alpha$$

În secțiunea AB a epruvetei acționează simultan și forța normală  $N$  și cea transversală  $Q$ , pe când momentul  $M$  dispare, figura 2.12.



**Figura 2.12** Forțe tăietoare în secțiunea AB a probei la încărcarea dispozitivului cu o forță  $F$  sub un unghi oarecare  $\alpha$

Forța normală  $N$  și cea transversală  $Q$  rămân constante pe toată lungimea epruvetei, momentul de torsiune atinge la capetele epruvetei (secțiunile de intrare a solicitărilor) valoarea maximă și ajunge la mijlocul epruvetei (secțiunea AB) la zero coborând linear, figura 2.13



**Figura 2.13** Distribuția forțelor tăietoare și momentelor de forfecare în epruvetă la încărcarea dispozitivului cu o forță  $F$  sub un unghi oarecare  $\alpha$

Independent de influențele din zona de introducere a solicitărilor, rezultă pentru încercarea reprezentată în figura 2.13 (Epruvetă fără fisuri și creștătură în zona mediană de interes) următoarele solicitări normale și de forfecare:



$$\sigma_{(x,y)} = -\frac{12 F \sin \alpha}{w^3 t} xz + \frac{F \cos \alpha}{wt}$$

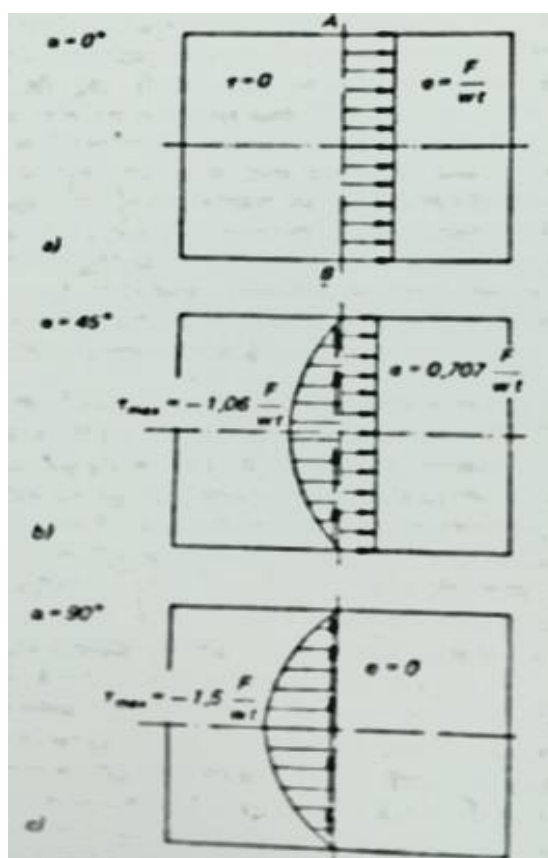
$$\tau_{(x,y)} = -\frac{6 F \sin \alpha}{w^3 t} \left( \frac{w^2}{4} - z^2 \right)$$

În secțiunea AB a epruvetei, asta înseamnă ca pentru  $x=0$ , se obțin următoarele tensiuni:

$$\sigma_{(x)} = \frac{F \cos \alpha}{wt}$$

$$\tau_{(x,y)} = -\frac{6 F \sin \alpha}{w^3 t} \left( \frac{w^2}{4} - z^2 \right)$$

Acestea sunt reprezentate în figura 2.14 pentru diferite unghiuri  $\alpha$ .



**Figura 2.14** Schema de principiu a distribuției tensiunilor în secțiunea AB a epruvetei la tensionarea dispozitivului sub diferite unghiuri: a)  $\alpha = 0$  tracțiune; b)  $\alpha = 45$  tensiuni de tracțiune și compresii suprapuse; c)  $\alpha = 90$  compresii

Pentru  $\alpha=0^\circ$  se obține:

$$\sigma = F/wt \text{ unde } \tau = 0$$

Pentru  $\alpha = 45^\circ$  rezultatele obținute:

$$\sigma = 0,707 F/wt \text{ unde } \tau_{max} = -1,06 F/wt$$

Pentru  $\alpha = 90^\circ$  sunt:

$$\sigma = 0 \text{ unde } \tau_{max} = -1,5 F/wt$$

### **b. Geometria dispozitivului și transferul tensiunilor de la dispozitiv la epruvetă**

Caracterul geometric al dispozitivului este de o formă comună. Trebuie avută însă grijă ca elementele de generare a solicitărilor și epruveta să se afle în același plan. Linia de acțiune a forței trebuie să se afle în același plan și simultan să intersecteze punctul C în secțiunea AB (de obicei mijlocul epruvetei) (figura 2.10). Adicional unghiul  $\alpha$  trebuie să poată fi modificat între  $0^\circ$  și  $90^\circ$ .

Până acum am remarcat forma de seceră a celor două elemente care introduc sarcinile (figura 2.9). Se are în vedere introducerea solicitărilor în dispozitiv prin bolțurile orientate perpendicular pe planul median al dispozitivului. Acestea conectează elementele de introducere a sarcinilor (1) și (2) cu ajutorul furcilor de prindere care fac legătura între dispozitiv și mașina de testare. Găurile bolțurilor care transmit solicitarea sunt dispuse pe un semicerc. Centrul semicercului poate fi în punctul C (obișnuit centrul epruvetei) sau chiar într-alt punct. Găurile sunt dispuse în mod uzual aleator, totuși pereche trebuie să fie coliniare cu punctul C (figura 2.10). Exemplul prezentat în figură 2.9 este prevăzut cu increment al unghiurilor cu o diferență de  $15^\circ$ . În afară de aceasta mai pot exista întorduceri de sarcini și pe alte căi, exemplu cu ajutorul știfturilor filetate care sunt în planul dispozitivului și orientate longitudinal pe liniile de acțiune ale forței. În principiu poate fi prevăzut și cu o modificare fără increment a unghiului  $\alpha$ .

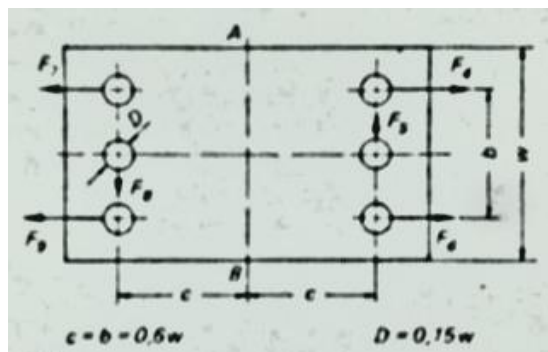
Dacă și forma dispozitivului, făcând abstracție de anumite condiții deja impuse, poate fi aleatorie, atunci modul de fixare a epruvetei în dispozitiv este de mare importanță. Unele dimensiuni ale dispozitivului, modul de fixare a epruvetei, asta însemnând modul de transmitere a solicitării în epruvetă, forma și anumite dimensiuni ale epruvetei sunt în relație directă dependente între ele. De aceea este evident că optimizarea dispozitivului trebuia efectuată simultan cu cea a epruvetei respectiv a modului de introducere a solicitării.

În principiu este de interes ca dispozitivul să poată acomoda o epruvetă de dimensiuni compacte. De mare însemnătate este în acest caz raportul  $c/w$  dintre distanța  $c$  de la punctul de aplicare al solicitării la mijlocul epruvetei (secțiunea AB) și lățimea epruvetei  $w$  (figura 2.13). O distanță  $c$  prea mică ar produce interferențe în starea tensionată dorită în secțiunea AB; o distanță  $c$  prea mare contravine cerinței după o epruvetă compactă și introduce suplimentar un moment de încovoiere mare la capetele epruvetei.

În cazul numeroaselor încercări efectuate la catedra de mecanică tehnică a universității Kaiserslautern a fost determinat că modul de aplicare a solicitărilor joacă un rol foarte important. În special în cazul epruvetelor compacte este mai dificil a obține forfecare pură în secțiunea AB decât obținerea tracțiunii pure. La optimizarea dispozitivului și epruvetei s-a pus accent special pe cerințele solicitării la forfecare. Numeroase încercări cu epruvete cu sau fără fisuri au condus printre altele și la dezvoltarea unei epruvete compacte pentru solicitări la forfecare (epruvetă NCS) și a unui dispozitiv de solicitare adecvat [150-152]. S-a dovedit de asemenea că o transmitere a solicitării între dispozitiv și epruvetă prin intermediul bolțurilor definită static este favorizată de asamblare prin fricțiune sau adezivare.

Pe parcursul încercărilor s-a urmărit ca epruvetele reprezentate în figură 2.18 în mod special privind încadrarea lor ca epruvete modul-mixt să fie evaluată critic. Pentru aceasta cu ajutorul opticii solicitărilor și metodei analizei cu element finit au fost determinate distribuțiile tensiunilor și procesele isocromate în epruvete precum și factorii de intensitate a solicitărilor. Toate încercările au condus la rezultatul, că epruveta nr. 2 (figura 2.18) îndeplinește cel mai bine cerințele. Această epruvetă a fost dezvoltată mai târziu ca și epruvetă CTS (Compact Tension Shear).

Transmiterea solicitării de la dispozitiv la epruvetă are loc astfel încât în bolțurile mediane (5 și 8 în figură 2.9) forța transversală  $Q = F \sin \alpha$  și în celelalte bolțuri 4 și 6 respectiv 7 și 9 forța normală  $N = F \cos \alpha$  și momentul de încovoiere  $M = F \sin \alpha$  să fie transferate.



**Figura 2.15** Dimensiunile epruvetei în cazul optimizării poziționării bolțurilor

Aceasta se obține practicând niște găuri alungite în piesele de transfer al solicitărilor în scopul fixării epruvetei (figura 2.9), având găurile alungite din mijloc (5 și 8) în direcția longitudinală a epruvetei iar celelalte perpendicular pe acestea.

Pentru aranjamentul bolțurilor alese (figura 2.15) rezultă pentru valori arbitrare ale unghiului  $\alpha$  următoarele forțe ale bolțurilor:

$$F_4 = F_9 = F \left( \frac{1}{2} \cos \alpha + \frac{c}{b} \sin \alpha \right)$$

$$F_4 = F_9 = F \sin \alpha$$

$$F_6 = F_7 = F \left( \frac{1}{2} \cos \alpha - \frac{c}{b} \sin \alpha \right)$$

Pentru  $c/b=1$  (figura 2.15) rezultă în cazul etajării de câte  $15^\circ$  a unghiului  $\alpha$  (figura 2.9) forțele bolțurilor din tabelul 2.1. Se dovedește astfel că în această etajare forța maximă a bolțurilor apare la un unghi  $\alpha=60^\circ$ :

$$F_{max} = F_4 = F_9 = 1,12 F$$

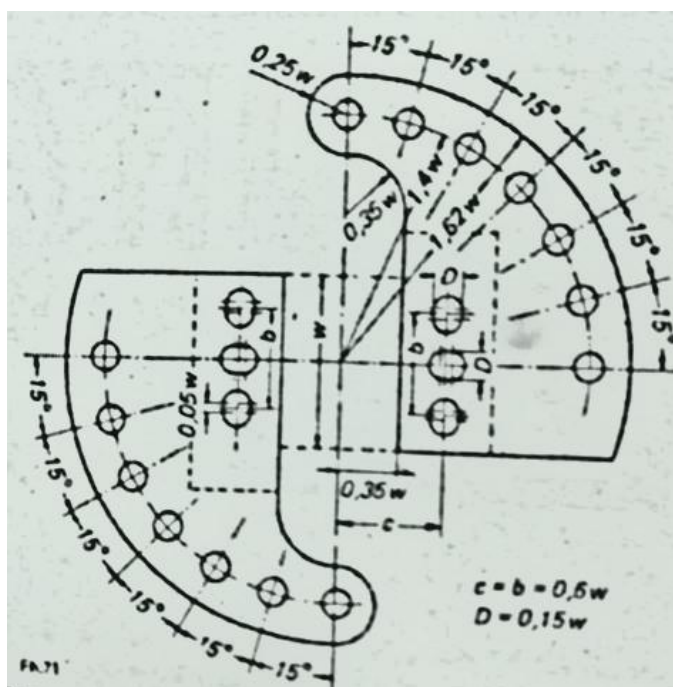
În cazul modificării permanente a unghiului de aplicare a solicitării, forța maximă a bolțurilor apare la  $\alpha=63,4^\circ$ .

Prin forța maximă a bolțurilor relativ mică se observă un avantaj major al metodei de aplicare a solicitărilor aleasă.

**Tabelul 2.1** Forțele bolțurilor corespunzătoare optimizării poziționării bolțurilor din figura 2.16 la încărcarea dispozitivului cu o forță  $F$  sub diferite unghiuri

$\alpha$	$F_5 = F_8$	$F_4 = F_9$	$F_6 = F_7$
$0^\circ$	0	$2,50 F$	$0,50 F$
$15^\circ$	$0,26 F$	$0,74 F$	$0,22 F$
$30^\circ$	$0,5 F$	$0,93 F$	$-0,07 F$
$45^\circ$	$0,71 F$	$1,06 F$	$-0,35 F$
$60^\circ$	$0,87 F$	$1,12 F$	$-0,62 F$
$75^\circ$	$0,97 F$	$1,10 F$	$-0,83 F$
$90^\circ$	$F$	$F$	$-F$

Alegând dimensiunile epruvetei optimizate, prezentate în figura 2.15, sunt definite și alte dimensiuni ( $c$ ,  $b$ ,  $D$  și  $w$ ) ale dispozitivului de solicitare, figura 2.16 Celelalte dimensiuni ale dispozitivului s-au dovedit aplicabile în timpul încercărilor, însă pot varia între anumite limite.

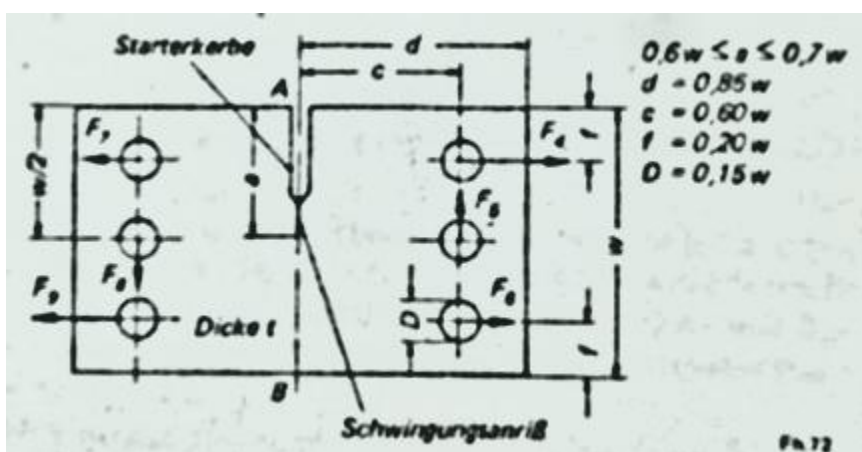


**Figura 2.16** Dimensiunile unui exemplu constructiv al unui dispozitiv

### c. Geometria epruvetei

Anumite epruvete folosite pentru determinarea apariției fisurii și unghiului de fisurare în cazul solicitărilor modul-mixt prezintă dezavantajul că nu poate fi generată trecerea de la solicitare Modul I la Modul II (în mod special nu e posibilă solicitarea Modul II) asupra fisurii, și nu permit simularea unei fisuri amortizate sau devin datorită condițiilor complicate de aplicare a solicitărilor analizabile doar cu mașini speciale.

Aceste dezavantaje trebuie să fie prevenite în cazul epruvetei CTS, figura 2.17 Se pune în discuție o epruvetă dreptunghiulară, prevăzută cu o fisură marginală. Fisura, constituită din punct de start și fisură amortizată se crează în secțiunea AB perpendicular pe contur. Solicitarea epruvetei are loc cu ajutorul dispozitivului prezentat în (figura 2.9) pe un stand de încercări la tracțiune standard. Aplicarea solicitării asupra epruvetei CTS are loc prin intermediul a șase bolțuri. Dispunerea bolțurilor a fost optimizată de-a lungul încercărilor în dependență de dispozitiv.



**Figura 2.17** Încercarea la rupere a epruvetei CTS, potrivită pentru determinarea rezilientei și limitelor la rupere în cazul solicitărilor modul mixt, Modul I sau Modul II

La solicitarea dispozitivului cu o forță  $F$  sub un unghi  $\alpha$  sunt transmise epruvetei forțele bolțurilor  $F_4 = F_9$ ,  $F_5 = F_8$  și  $F_6 = F_7$  (tabelul 2.1). În cazul dimensiunilor epruvetei definite (figura 2.17) rezultă forța maximă a bolțurilor  $F_{max} = F_4 = F_9 = 1,12 F$  la un unghi  $\alpha = 60^\circ$ .

## Capitolul 3: Proiectarea, calculul și modelarea numerică a dispozitivului de forfecare

### 3.1 Proiectarea dispozitivului

Dispozitivul este proiectat în programul CATIA și este compus din următoarele componente (corpul dispozitivului, sistemul de prindere al dispozitivului și plăcuțele de fixare).

#### 3.1.1 Proiectarea corp-dispozitivului

Această piesă este compusă din două corpuri simetrice. La proiectarea ei s-a ținut cont de dimensiunile epruvetei, distanța dintre găuri și diametrele lor. Geometria piesei și dimensiunile sunt reprezentate în figura 3.1.

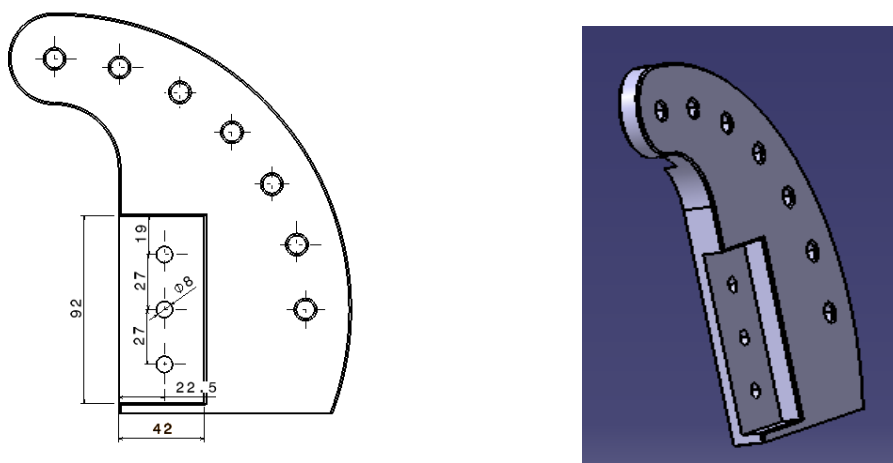


Figura 3.1 Corp dispozitiv

#### 3.1.2 Proiectarea sistemului de prindere

La proiectarea acestuia s-a ținut cont de grosimea corp-dispozitivului, poziționarea găurilor și dimensiunile acestora. Geometria și cotele acestuia sunt reprezentate în figura 3.2.

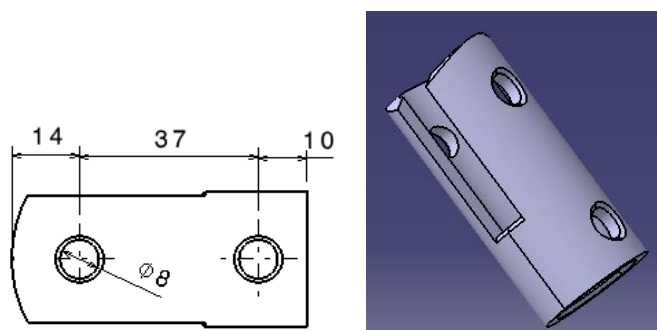
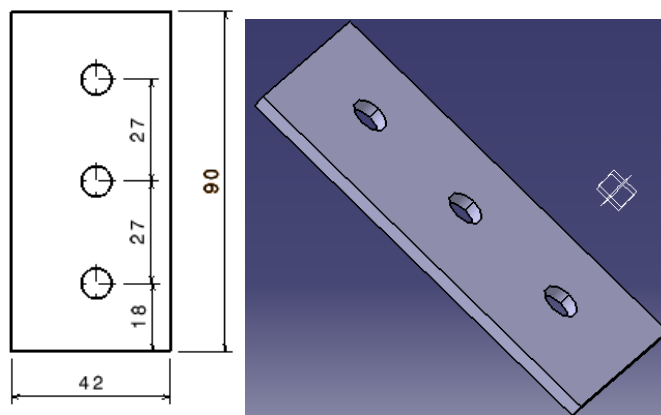


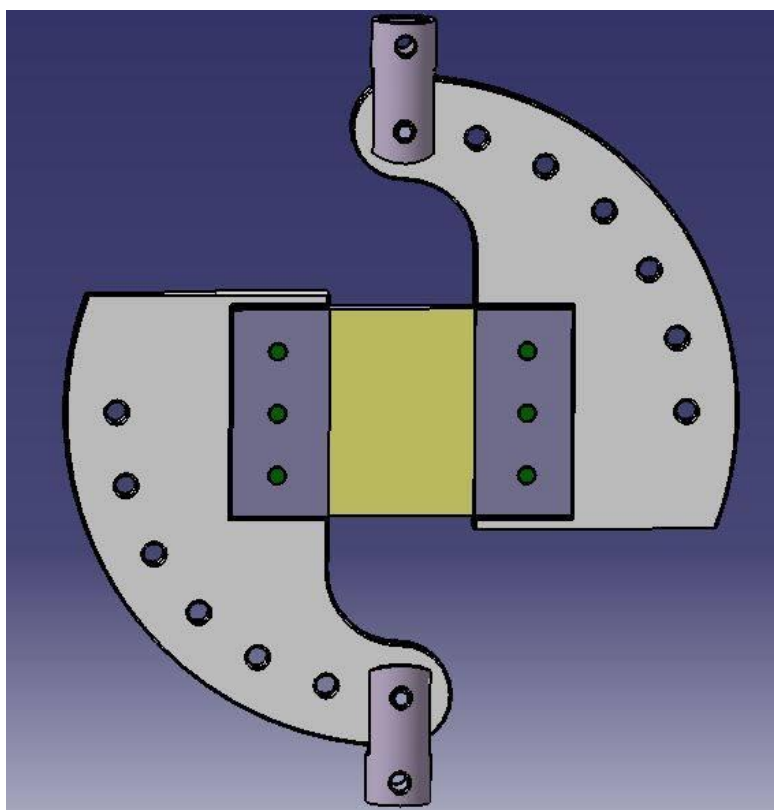
Figura 3.2 Dispozitiv de prindere

### 3.1.3 Proiectarea placutelor de fixare

Se proiectează piesă în funcție de dimensiunile și distanțele între găuri a corpului dispozitivului în locul în care va fi prinsă epruveta. Geometria și dimensiunile sunt reprezentate în figura 3.3. Piesele de mai sus se execută în dublu exemplar.



**Figura 3.3** Placă de fixare



**Figura 3.4** Ansamblu dispozitiv ARCAN

Desenul de ansamblu se găsește în ANEXA 1



## 3.2 Calculul îmbinărilor de piese

### 3.2.1 Considerații generale. Etape de calcul

Într-o structură de rezistență, elementele sunt îmbinate (asamblate) între ele cu ajutorul unor organe de îmbinare sau asamblare. Dacă asamblările se fac prin nituire, sudare sau lipire, ele sunt nedemontabile, iar dacă se fac prin șuruburi sau pene, sunt demontabile.

În cele ce urmează, se vor prezenta numai câteva noțiuni necesare la calculul de rezistență al unor îmbinări de elemente solicate în general de forțe axiale.

Calculul îmbinărilor de piese, se face exclusiv din condiția de rezistență. În cazul pieselor asamblate, solicate de către forțe exterioare axiale, apar preponderent următoarele trei solicitări:

- solicitarea axială (de întindere sau compresiune),
- solicitarea de forfecare,
- solicitarea de strivire (tot o compresiune).

Prezenta lucrare, abordează aplicarea concretă (practică) a acestor noțiuni în calculul îmbinării elementelor de rezistență. Relațiile de calcul care se utilizează în cazul îmbinărilor de piese, sunt prezentate în Tabelul 3.1.

**Tabel 3.1** Relațiile de calcul utilizate în cazul îmbinărilor de piese

Tip de problemă	Solicitare		
	Axială	Forfecare	Strivire
De verificare	$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} = \dots \leq \sigma_a$	$\tau_{\max} = \frac{T}{A_f} = \dots \leq \tau_a$	$\sigma_{\max,s} = \frac{N_s}{A_s} = \dots \leq \sigma_{as}$
De dimensionare	$A_{nec} = \frac{N}{\sigma_a} = \dots$	$A_{nec,f} = \frac{T}{\tau_a} = \dots$	$A_{nec,s} = \frac{N_s}{\sigma_{as}}$
De efort capabil	$N_{cap} = A \cdot \sigma_a = \dots$	$T_{cap} = A_f \cdot \tau_a = \dots$	$N_{cap,s} = A_s \cdot \sigma_{as} = \dots$

Mărimile încă necunoscute din Tabelul 3.1 au următoarea semnificație:

- $\tau_{\max}$ ,  $\tau_a$  - tensiune tangențială maximă, respectiv admisibilă,
- T - efort tăietor,

- $A_f$  - aria suprafeței forfecate (aria de forfecare),
- $A_{nec,f}$  - aria necesară a suprafeței de forfecare,
- $\sigma_{max,s}$ ,  $\sigma_{as}$  - tensiunea normală maximă la strivire, respectiv tensiunea admisibilă la strivire,
- $A_s$  - aria suprafeței strivite (aria de strivire),
- $A_{nec,s}$  - aria necesară a suprafeței de strivire,
- $N_s$  - efortul normal de strivire.

Ca și la solicitarea axială, toate relațiile din Tabelul 3.1 se scriu în secțiunile considerate periculoase ale elementului de rezistență din îmbinare.

Calculul de rezistență al îmbinărilor de piese, presupune parcurgerea următoarelor etape:

- Se analizează atent îmbinarea și se stabilesc piesele (elementele de rezistență) care compun ansamblul.
- Se notează toate piesele îmbinării (de exemplu cu 1, 2, 3, ...) sau dacă este posibil, se dau denumiri acestor piese (bolț, știft, șurub, pană, etc.)
- Se analizează atent modul în care se transmite forța exterioară prin îmbinare de la o piesă la alta. De modul de înțelegere al formei pieselor componente și a modului de transmitere al forței exterioare prin îmbinare, depinde în mare parte, corectitudinea calculului.
- Se stabilește tipul problemei (de verificare, dimensionare, efort capabil).

După ce s-au parcurs aceste prime etape se ia pe rând fiecare piesă (dacă este posibil este bine să se întocmească o schiță cu forma sa), la care:

- se stabilesc solicitările la care este supusă,
- se stabilește secțiunea periculoasă pentru fiecare solicitare (fiind mai multe solicitări la o singură piesă, pot fi mai multe secțiuni periculoase),
- în secțiunile periculoase găsite, se scriu relațiile de bază din Tabelul 3.1 ce corespund tipului de problemă stabilit,
- din relațiile scrise, particularizate pentru situația dată, se determină mărimile necunoscute (cerute în enunțul problemei).

*Observație:* Nu se poate recomanda o anumită piesă sau solicitare cu care să se înceapă rezolvarea. Din acest motiv, este posibil ca în relațiile de calcul scrise, să existe mai multe necunoscute și ca urmare, ecuația să nu poată fi rezolvată. Nu trebuie să ne sperie o astfel de situație. Important este să găsim atâtea relații (atâtea secțiuni periculoase) câte mărimi trebuie

calculate. După ce s-au scris toate relațiile, acestea se grupează formând sisteme de ecuații mai mici, care permit determinarea tuturor mărimilor cerute. Exemplele care vor urma, vor confirma cele spuse mai înainte.

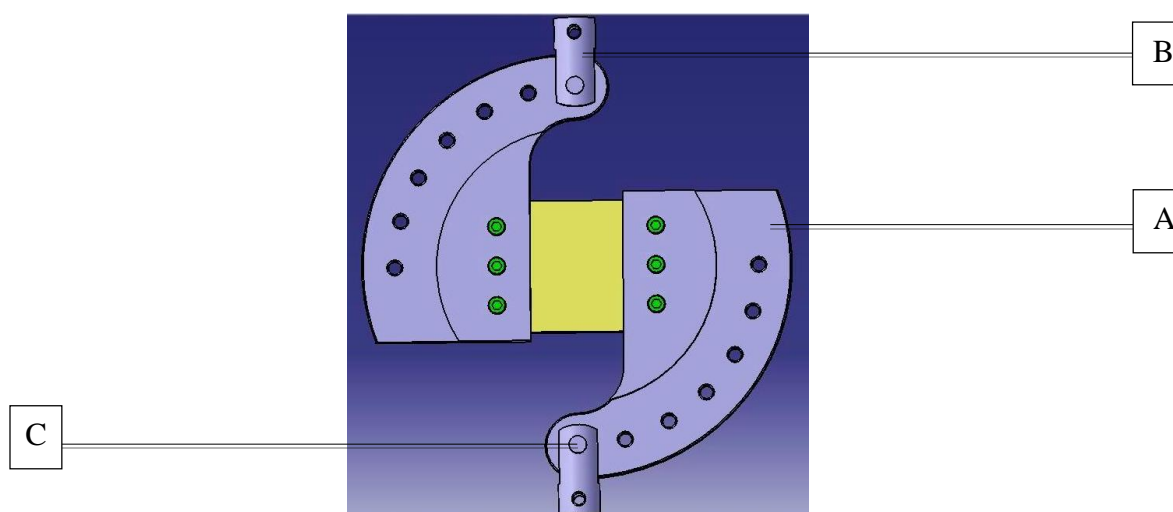
La piesele cilindrice (șuruburi, nituri, bolțuri, etc.), suprafața de strivire care intră în calcule, nu este suprafața efectivă de contact dintre piese, ci proiecția suprafeței de contact pe secțiunea longitudinală a piesei cilindrice. De multe ori, suprafața de strivire a pieselor cilindrice care intră în calcul se ia în mod greșit, motiv pentru care am făcut prezenta atenționare.

### 3.2.2 Calculul propriu-zis

Dispozitivul pentru încercările de forfecare pentru care s-au realizat calculele de verificare este cel prezentat în figura 3.1. Ansamblul este format din trei elemente:

- A – reprezintă corpul dispozitivului care este de forma unei secere iar pe circumferința ei are prevăzute gauri.
- B – reprezintă dispozitivul de prindere prin care piesa este solicitată are diametrul exterior de 30 mm, și cel interior de 20 mm și este prevăzut cu o gaură prin care trece bolțul.
- C – reprezintă bolțul de fixare, acesta are forma unei tije cu lungimea de 25 mm și diametrul de 8 mm.

După ce s-a analizat modul în care forța exterioară se transmite prin îmbinări de la o piesă la alta se stabilesc solicitările la care este supus dispozitivul, se stabilește secțiunea periculoasă pentru fiecare solicitare, în secțiunile periculoase găsite se scriu relațiile ce corespund tipului de problemă stabilit și se determină mărimile necunoscute.



**Figura 3.5** Dispozitivul ARCAN

În cazul dispozitivului nostru deoarece ambele componente principale sunt solicate identic s-a realizat calculul de rezistență doar pentru o componentă.

Se cunosc următoarele caracteristici de material:

- Pentru materialul corpului dispozitivului:
  - Tensiunea admisibilă la întindere – compresiune:  $\sigma_a = 120 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la forfecare:  $\tau_{af} = 80 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la strivire:  $\sigma_{as} = 240 \text{ MPa}$
- Pentru materialul dispozitivului de prindere:
  - Tensiunea admisibilă la întindere – compresiune:  $\sigma_a = 120 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la forfecare:  $\tau_{af} = 80 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la strivire:  $\sigma_{as} = 240 \text{ MPa}$
- Pentru materialul bolțului de fixare:
  - Tensiunea admisibilă la întindere – compresiune:  $\sigma_a = 120 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la forfecare:  $\tau_{af} = 80 \text{ MPa}$  ;
  - Tensiunea admisibilă la strivire:  $\sigma_{as} = 240 \text{ MPa}$  .

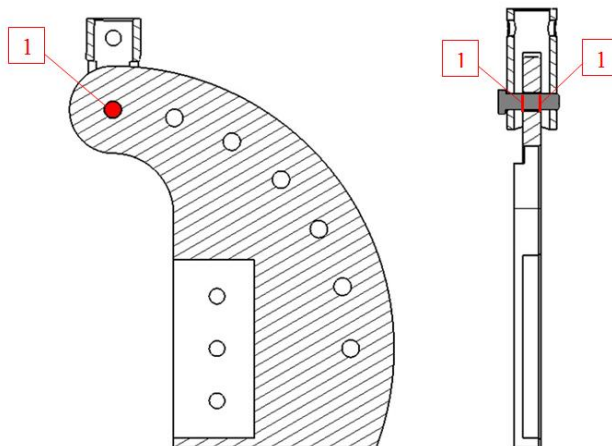
#### **a. Forfecare bolț**

Forfecarea este solicitarea produsă de două forțe, de mărimi egale și de sensuri opuse (numite forțe tăietoare), care acționează de o parte și de alta a unei bare, într-o secțiune transversală, pe direcție perpendiculară pe axa ei longitudinală.

În secțiunea solicitată apare un plan de dislocare, pe care cele două fețe ale secțiunii se deplasează reciproc. Rezultă că în secțiunea de forfecare se produc deformații specifice de lunecare, adică lunecări specifice ( $\gamma$ ) cărora le corespund tensiuni tangențiale ( $\tau$ ).

Cu excepția acestei dislocări, forma și dimensiunile piesei nu suportă modificări.

Dacă se măresc forțele, atunci dislocarea continuă, până la ruperea piesei, aria de rupere fiind egală cu aria secțiunii de forfecare (figura 3.6).



**Figura 3.6** Forfecare bolt

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de forfecare din Tabelul 3.1 este:

$$\tau = \frac{T}{A_1} \quad [MP_a]$$

Aria de forfecare rezultată din figura 3.6 se calculează astfel:

$$A_1 = 2 \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = 2 \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 100,53 \text{ mm}^2$$

unde:  $\tau$  = Tensiunea tangențială

$A_1$  = Aria suprafeței de forfecare a bolțului;

$T$  = Efortul tăietor, are valoarea de 5 kN sau 5000 N;

$d_1$  = diametrul bolțului, are valoarea de 8 mm;

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii tangențiale maxime:

$$\tau = \frac{5000}{100,53} = 49,73 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii tangențiale, rezultă că este verificată condiția de rezistență la forfecare.

### b. Strivire bolț - corp

Strivirea reprezintă modul de distrugere a suprafețelor atunci când forțele care acționează asupra cuplei, respectiv presiunile specifice ating valori prea mari.

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de strivire din Tabelul 3.1 este:

$$\sigma = \frac{N}{A_2} \quad [MP_a]$$

unde: N = Efortul normal de strivire;

$\sigma$  = Tensiunea normală la strivire;

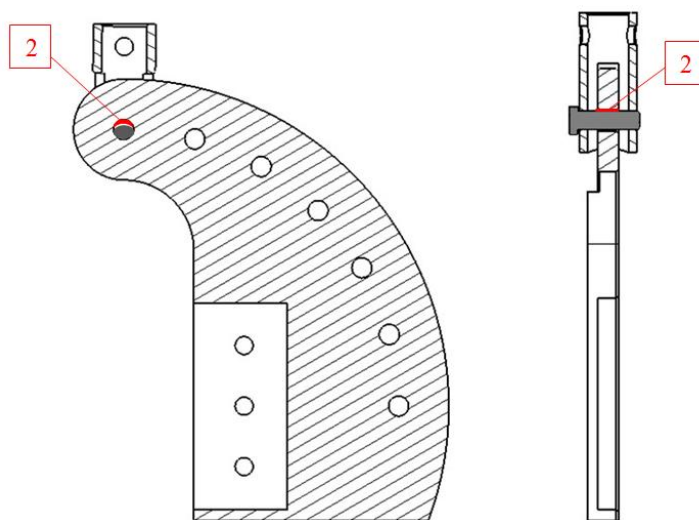
$A_2$  = Aria suprafeței strivite bolț-corp;

Aria de strivire rezultată din figura 3.7 se calculează astfel:

$$A_2 = \pi \cdot d_1 \cdot h = \pi \cdot 8 \cdot 10 = 251,32 \text{ mm}^2$$

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii normale maxime la strivire:

$$\sigma = \frac{5000}{251,32} = 19,89 \text{ MP}_a$$



**Figura 3.7** Strivire bolt- corp dispozitiv

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii normale la strivire, rezultă că este verificată condiția de rezistență la strivire.

### c. Strivire bolt-dispozitiv de prindere

Strivirea dintre partea inferioară a boltului și dispozitivul de prindere este reprezentat în figura 3.8.

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de strivire din Tabelul 3.1 este:

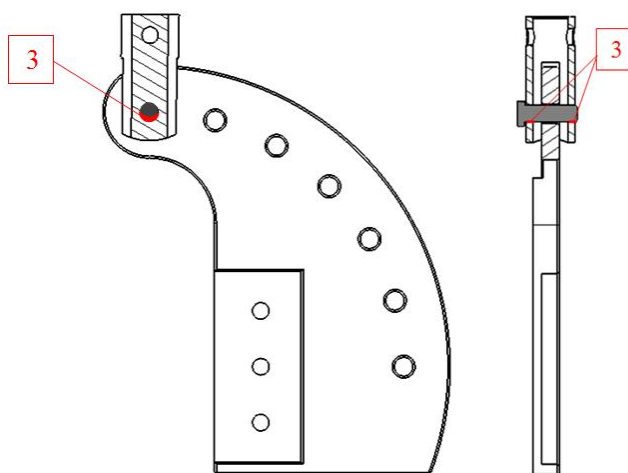
$$\sigma = \frac{N}{A_3} \quad [MP_a]$$

unde:  $N$  = Efortul normal de strivire;

$\sigma$  = Tensiunea normală la strivire;

$A_3$  = Aria suprafeței strivite între bolt-dispozitiv de prindere;

$f$  = Grosimea suprafeței de forfecare ;



**Figura 3.8** Strivire bolt-dispozitiv de prindere

Aria de strivire rezultată din figura 3.8 se calculează astfel:

$$A_3 = 2 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 5 = 251,32 \text{ mm}^2$$

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii normale maxime la strivire:

$$\sigma = \frac{5000}{251,32} = 19,89 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii normale la strivire, rezultă că este verificată condiția de rezistență la strivire.

#### d. Forfecare corp

Forfecarea părții superioare a corpului este reprezentată în figura 3.9.

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de forfecare din Tabelul 3.1 este:

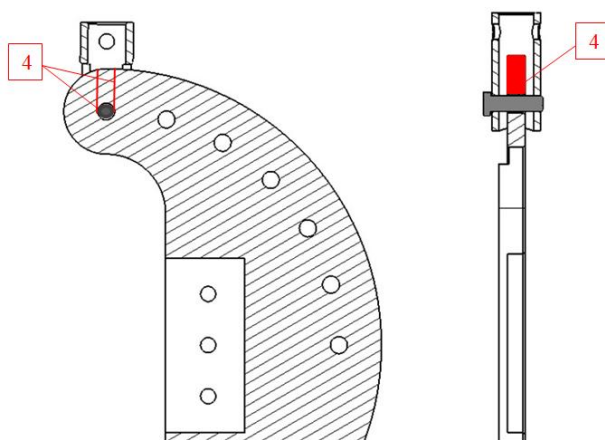
$$\tau = \frac{T}{A_4} \quad [MP_a]$$

unde:  $\tau$  = Tensiunea tangențială;

$A_4$  = Aria suprafeței forfecare a corpului;

$c$  = Grosimea suprafeței de forfecare

$h_1$  = Înălțimea suprafeței de forfecare



**Figura 3.9** Forfecare corp dispozitiv

Aria de forfecare rezultată din figura 3.9 se calculează astfel:

$$A_4 = 2 \cdot c \cdot h_1 = 2 \cdot 10 \cdot 18,5 = 370 \text{ mm}^2$$

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii tangențiale maxime:

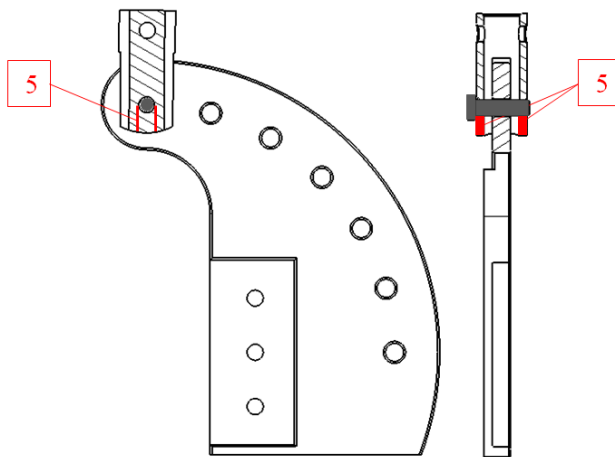
$$\tau = \frac{5000}{370} = 13,51 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii tangențiale, rezultă că este verificată condiția de rezistență la forfecare.



### e. Forfecare dispozitiv de prindere

În figura 3.10 sunt prezentate secțiunile periculoase pentru forfecarea dispozitivului de prindere.



**Figura 3.10** Forfecarea dispozitivului de prindere

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de forfecare din Tabelul 3.1 este:

$$\tau = \frac{T}{A_s} \quad [MP_a]$$

unde:  $\tau$  = Tensiunea tangențială;

$A_s$  = Aria suprafeței forfecare a dispozitivului de prindere ;

$f$  = Grosimea suprafeței de forfecare ;

$h_2$  = Înălțimea suprafeței de forfecare ;

Aria de forfecare rezultată din figura 3.10 se calculează astfel:

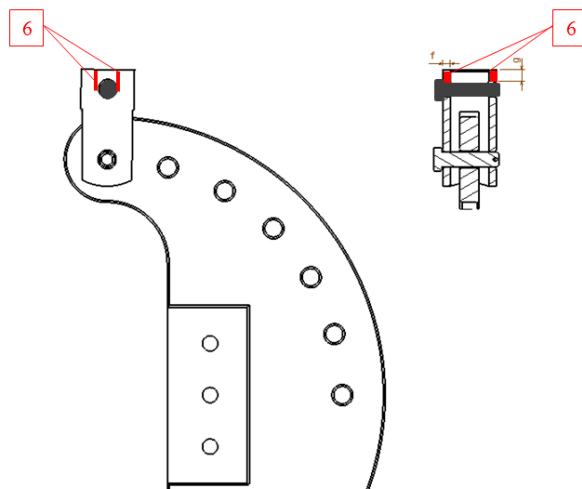
$$A_s = 4 \cdot f \cdot 2 \cdot h_2 = 4 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 5 = 200 \text{ mm}^2$$

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii tangențiale maxime:

$$\tau = \frac{5000}{200} = 25 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii tangențiale, rezultă că este verificată condiția de rezistență la forfecare.

### f. Forfecare dispozitiv de prindere



**Figura 3.11** Forfecare dispozitiv de prindere

În figura 3.11 sunt prezentate secțiunile periculoase pentru forfecarea dispozitivului de prindere.

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de forfecare din Tabelul 3.1 este:

$$\tau = \frac{T}{A_6} \quad [MP_a]$$

unde:  $\tau$  = Tensiunea tangențială;

$A_6$  = Aria suprafeței forfecare a dispozitivului de prindere (2) ;

$f$  = Grosimea suprafeței de forfecare;

$g$  = Înălțimea suprafeței de forfecare;

Aria de forfecare rezultată din figura 3.11 se calculează astfel:

$$A_6 = 4 \cdot f \cdot g = 4 \cdot 5 \cdot 6 = 120 \text{ mm}^2$$

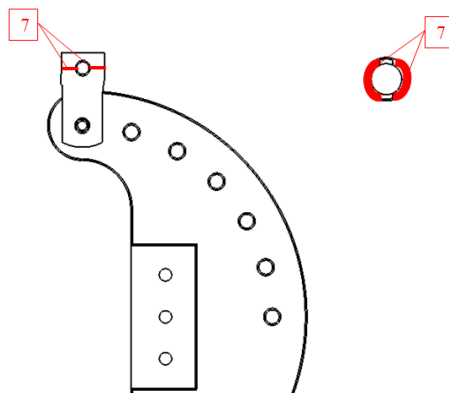
După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii tangențiale maxime:

$$\tau = \frac{5000}{120} = 41,6 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii tangențiale, rezultă că este verificată condiția de rezistență la forfecare.

### g. Întindere dispozitiv de prindere

În Figurile 3.12 este reprezentată secțiunea periculoasă a dispozitivului de prindere solicitat la întindere.



**Figura 3.12** Intindere dispozitiv de prindere

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de întindere din Tabelul 3.1 este:

$$\sigma = \frac{N}{A_7} \quad [MP_a]$$

unde:  $\sigma$  = Tensiunea normală la întindere;

$A_7$  = Aria suprafeței de întindere a dispozitivului de prindere;

$d_1$  = Diametrul boltului;

$d_2$  = Diametrul exterior al dispozitivului de prindere care are valoarea de 30 mm;

$d_3$  = Diametrul interior al dispozitivului de prindere care are valoarea de 20 mm;

Aria secțiunii de întindere rezultată din figura 3.12 se calculează astfel:

$$A_7 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} - 2 \cdot d_1 - 2 \cdot 10 = 392,69 - 36 = 356,69 \text{ mm}^2$$

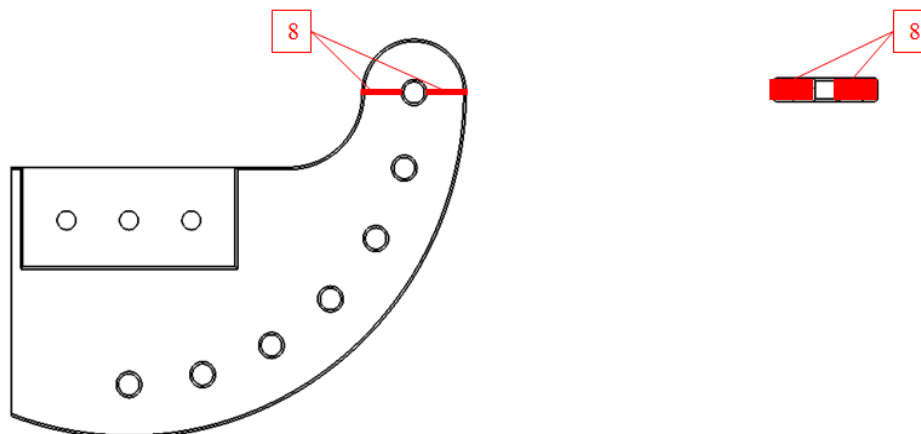
După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii normale maxime la întindere:

$$\sigma = \frac{5000}{356,69} = 14,01 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii normale la întindere, rezultă că este verificată condiția de rezistență la întindere.

### h. Întindere corp-dispozitiv

În figurile 3.13 este reprezentată secțiunea periculoasă a corpului dispozitivului.



**Figura 3.13** Intindere corp-dispozitiv

Relația de verificare din condiția de rezistență utilizată pentru solicitarea de întindere din Tabelul 3.1 este:

$$\sigma = \frac{N}{A_8} \quad [MP_a]$$

unde:  $\sigma$  = Tensiunea normală la întindere;

$A_8$  = Aria suprafeței de întindere a corpului;

$h$  = grosimea suprafeței de întindere;

Aria de forfecare rezultată din figura 3.13 se calculează astfel:

$$A_8 = 45 \cdot h - d_1 \cdot h = 45 \cdot 10 - 8 \cdot 10 = 370 \text{ mm}^2$$

După înlocuirea datelor cunoscute obținem valoarea efectivă a tensiunii normale maxime:

$$\sigma = \frac{5000}{370} = 13,51 \text{ MP}_a$$

Având în vedere că valoarea calculată a tensiunii este mai mică decât valoarea admisibilă a tensiunii normale la întindere, rezultă că este verificată condiția de rezistență la întindere.

### 3.3. Analiza cu elemente finite a dispozitivului ARCAN

#### 3.3.1. Generalitati despre metoda elementelor finite

“Calculule moderne de rezistența materialelor, chiar dacă se aplica în cazul problemelor clasice de teoria elasticității sau plasticității nu pot fi concepute fără utilizarea metodelor numerice de calcul. Această situație este o consecință directă a progreselor obținute în domeniul calculatoarelor electronice, atât în domeniul hardware cât și software.

Evoluția metodelor de calcul numeric executate pe calculatoarele electronice trebuie privite în strânsă concordanță cu următoarele direcții principale de cercetare:

- Analiza erorilor care este deosebit de importantă în problemele de algebră liniară, cum este de exemplu rezolvarea sistemelor algebrice liniare, calculul valorilor vectorilor proprii ai matricelor, rezolvarea ecuațiilor polinomiale etc.

- Normele matriceale utilizate în studiul calitativ al metodelor de calcul numeric.

- Metode de extrapolare foarte utile în integrarea numerică, probleme cu valori la limită și inițiale, în rezolvarea ecuațiilor diferențiale ordinare.

- Metode de interpolare care conduc la obținerea unei funcții polinomiale a cărui ordin este determinat de continuitatea pe intervalul considerat.

- Analiza funcțională utilizată la rezolvarea numerică a ecuațiilor cu derivate parțiale și la rezolvarea numerică a ecuațiilor diferențiale ordinare.

- Metoda elementului finit ca instrument de lucru generalizat în domeniul ingineriei structurilor de rezistență, transferului termic, curgerilor de fluide și studiul câmpurilor electromagnetice. Trebuie remarcat faptul că metoda elementului finit are o largă aplicabilitate în studiul calitativ al algoritmilor de calcul numeric.

Prin algoritm de calcul se înțelege un sistem de reguli care aplicat la o anumită clasă de probleme de același tip conduce la obținerea soluției problemei pornind de la condițiile inițiale ale clasei din care face parte cu ajutorul unor operații succesive, unic determinate. Rezultă concluzia că un algoritm trebuie să aibă un caracter de generalitate, de finitudine și unicitate.

Utilizarea calculatorului în rezolvarea unei probleme presupune parcurgerea următoarelor etape:

1. Enunțarea problemei și formularea datelor de intrare.

2. Elaborarea modelului de calcul care pornind de la un ansamblu coerent de ipoteze stabilește o schemă de calcul care descrie atât cantitativ cât și calitativ fenomenul.

3. Alegerea celei mai potrivite metode numerice de calcul. Alegerea metodei de calcul numeric începe cu elaborarea algoritmului. Dintre criteriile care stau la baza alegerii metodei numerice de calcul amintim: simplitatea, precizia, viteza de calcul.

4. Elaborarea schemei logice pentru descrierea algoritmului metodei numerice. Schema logică reprezintă de fapt o prezentare grafică a algoritmului de calcul, prin punerea în evidență a succesiunii etapelor principale de calcul precum și deciziile logice necesare obținerii soluției.

5. Elaborarea programului de calcul. În această etapă algoritmul de calcul pus în evidență de schema logică se transcrie într-un limbaj de programare.

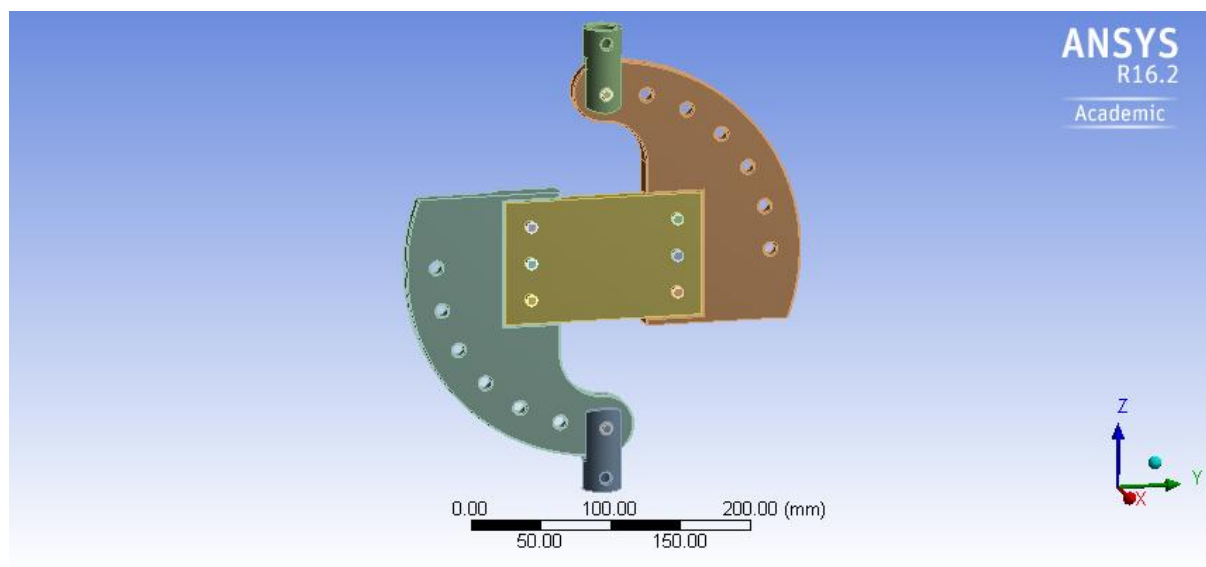
6. Verificarea corectitudinii rezultatelor se face de obicei aplicând metoda numerică elaborată pentru probleme simple a căror soluție analitică (considerată exactă) este cunoscută.

7. Prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor pentru problema studiată” [1].

### 3.3.2. Analiza propiu-zisă a piesei

Pentru explicitarea pe scurt a analizei efectuată dispozitivului de forfecare ARCAN am atașat principalele etape parcurse:

1. În această primă etapă importa modelul 3D din programul în care a fost executat, acesta fiind CĂȚIA V5R19. Modelul fiind reprezentat în figura 3.14



**Figura 3.14** Geometria modelului

2. Se realizează contactele dintre componentele care intră în contact. Obținerea unor rezultate corecte depinde în proporție de 50% de corectitudinea tipului de contact ales. La contactul dintre bolț și dispozitiv am considerat că avem frecare, coeficientul de frecare pentru oțel fiind de 0,8.
3. În etapa de definire a caracteristicilor de material acestea au fost introduse în funcție de natura materialului utilizat. Pentru corpul dispozitivului, bolț, dispozitivul de prindere și spumă poliuretanică, am introdus caracteristicile materialului , respectiv modulul lui Young și coeficientul lui Poisson. figura 3.15-3.18

Properties of Outline Row 5: Spuma				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	1.45E-07	kg mm <sup>-3</sup>	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus and Poisson's R...		
5	Young's Modulus	66.89	MPa	
6	Poisson's Ratio	0.285		
7	Bulk Modulus	51.853	MPa	
8	Shear Modulus	26.027	MPa	
9	Field Variables			
10	Temperature	Yes		
11	Shear Angle	No		
12	Degradation Factor	No		

**Figura 3.15** Caracteristicile spumei poliuretanică

Properties of Outline Row 3: Aluminu				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	2.7E-06	kg mm <sup>-3</sup>	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus and Poisson's R...		
5	Young's Modulus	68900	MPa	
6	Poisson's Ratio	0.33		
7	Bulk Modulus	67549	MPa	
8	Shear Modulus	25902	MPa	
9	Field Variables			
10	Temperature	Yes		
11	Shear Angle	No		
12	Degradation Factor	No		

**Figura 3.16** Caracteristicile duraluminiului

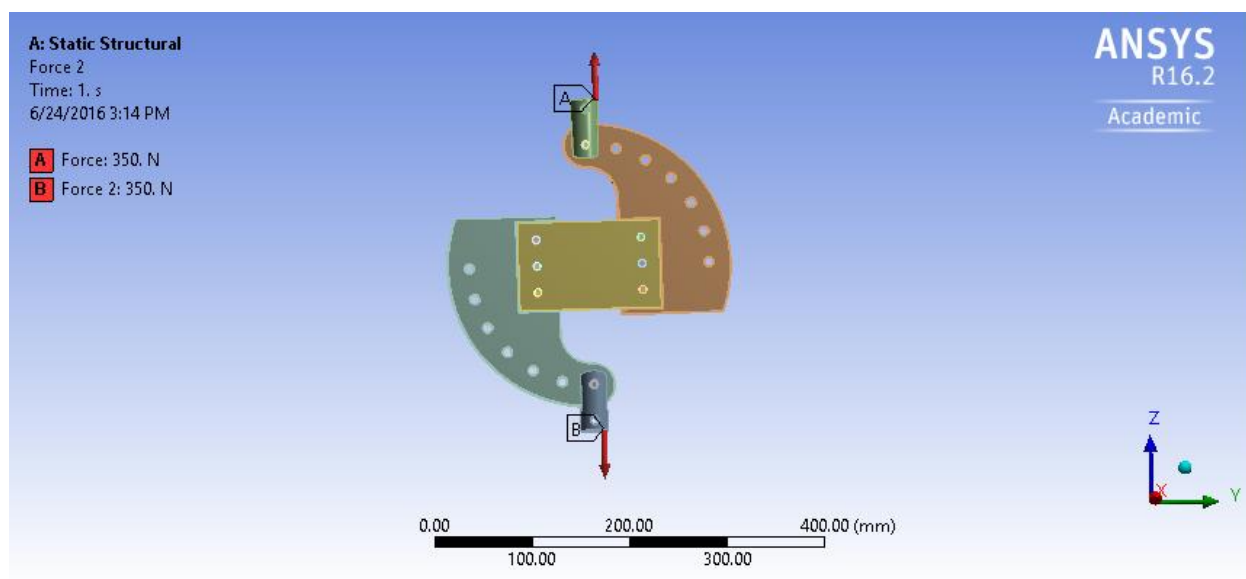
Properties of Outline Row 4: PA6				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	1.14E-06	kg mm <sup>-3</sup>	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's Modulus and Poisson's R...		
5	Young's Modulus	2100	MPa	
6	Poisson's Ratio	0.36		
7	Bulk Modulus	2500	MPa	
8	Shear Modulus	772.06	MPa	
9	Field Variables			
10	Temperature	Yes		
11	Shear Angle	No		
12	Degradation Factor	No		

**Figura 3.17** Caracteristicile poliamidei

Properties of Outline Row 6: Structural Steel					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7.85E-06	kg mm <sup>-3</sup>		
3	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
4	Coefficient of Thermal Expansion	1.2E-05	C <sup>-1</sup>		
5	Reference Temperature	22	C		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's Modulus and Poisson's R...			
8	Young's Modulus	2E+05	MPa		
9	Poisson's Ratio	0.3			
10	Bulk Modulus	1.6667E+05	MPa		
11	Shear Modulus	76923	MPa		
12	Field Variables				
13	Temperature	Yes			

**Figura 3.18** Caracteristicile otelului

4. Dispozitivului i se aplică două forțe de 350 N fiecare, pentru a afla tensiunile și deformațiile maxime ale acestuia.



**Figura 3.19** Încărcările aplicate



5. Modelul discretizat este prezentat în figura 3.20. Numărul de elemente finite fiind de 21895, numărul nodurilor fiind 10448

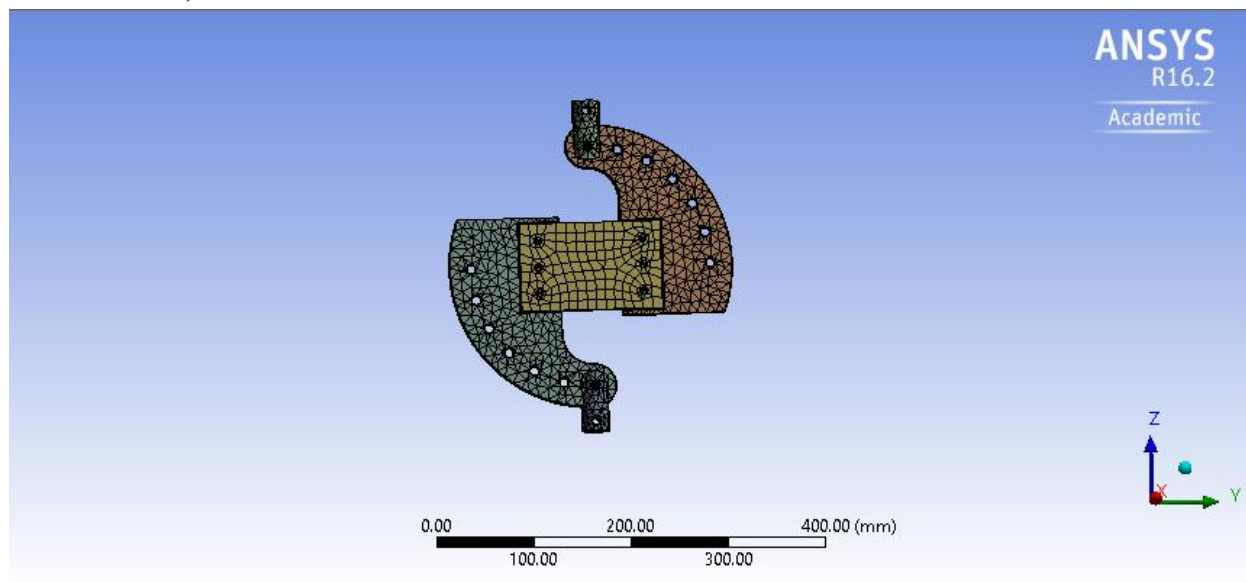


Figura 3.20 Mesh

6. Ultima operație este cea de rezolvare a problemei cu opțiunea solve, rezultatele obținute sunt afișate în figurile 3.21-3.22.

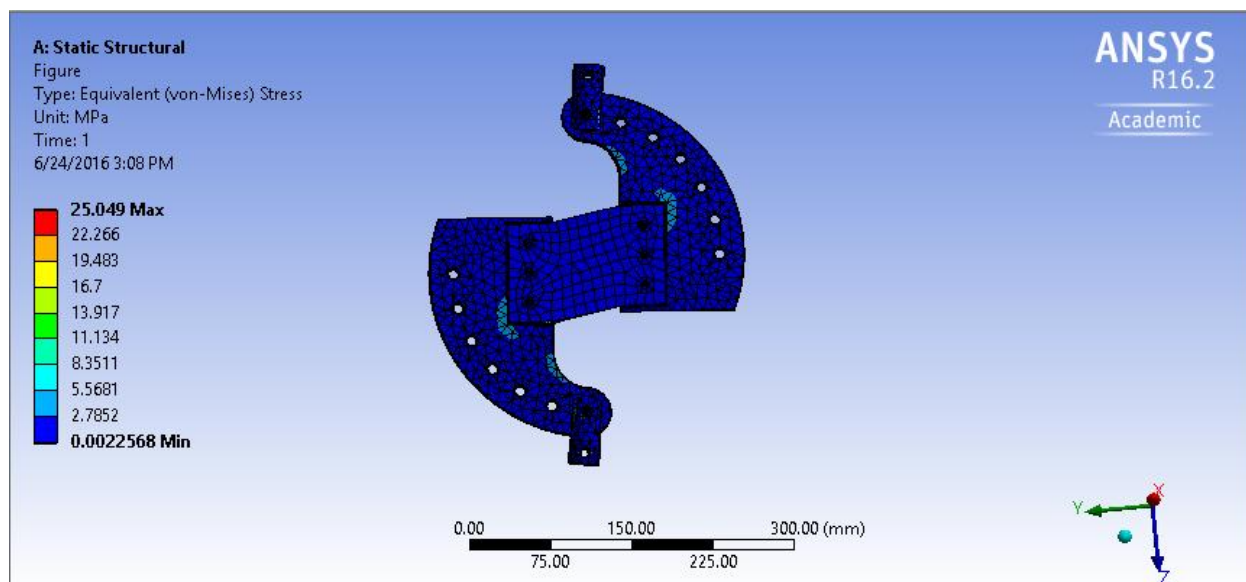
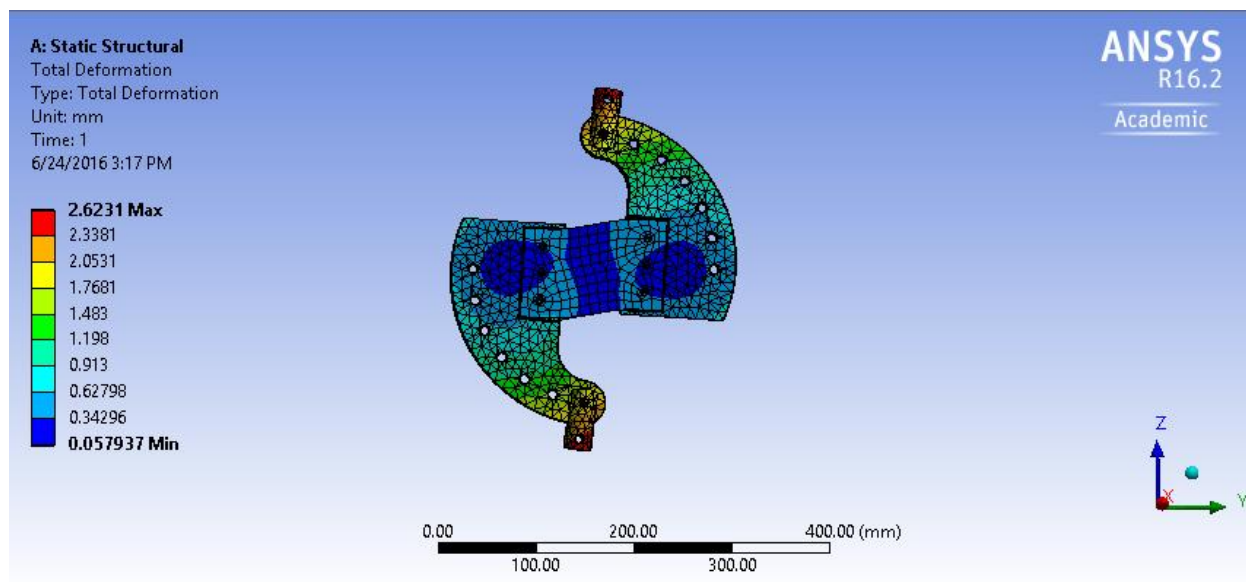


Figura 3.21 Tensiunea în dispozitiv



**Figura 3.22** Deformația maximă în dispozitiv

### Concluzii

În urma analizei se poate observa ca materialul utilizat pentru epruvetă are un rol important asupra valorilor deplasărilor ce apar în urma solicitărilor.

Dispozitivul are o structură solidă și poate fi utilizat la efectuarea operațiilor de încercare.

## Capitolul 4: Realizarea practică a dispozitivului de forfecare

### 4.1. Alegerea semifabricatului

#### 4.1.1. Alegerea materialului și a semifabricatului pentru corpul dispozitivului

Semifabricatul este un produs care nu a trecut prin toate fazele prelucrării prevăzute de procesul tehnologic al producției, având nevoie de o serie de operații pentru a deveni un produs finit; semiprodus.

Corpul dispozitivului a fost realizat dintr-o placă de poliamida (PA6)

Poliamidele sunt utilizate pentru o serie largă de componente industriale, atât pentru producerea de repere noi cât și piese de schimb.

Exemple de aplicații a pliamidei: placi de uzură, roți de ghidare și roți de sprijin, role transportoare, role de întindere, scripeți, came, raclete, roti dințate, garnituri.

➤ PA6 oferă

- rezistență mecanică, rigiditate și duritate
- proprietăți de alunecare bune
- rezistența bună la radiații gama și radiații cu raze X
- prelucrabilitate foarte bună

**Tabel 4.1** Caracteristicile mecanice ale poliamidei

Proprietăți	Rezultate	Unități de măsură	Parametrii	Norma utilizată
Modulul de elasticitate	3000	MPa	1 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Rezistența la tracțiune	85	MPa	50 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Alungire la rupere	70	%	50 mm/min	DIN EN ISO 527-2
Rezistența la impact (Charpy)	Fară pauză	Kj/m <sup>2</sup>	Max.7,5j	DIN EN ISO 179-1EU
Coeficientul lui Poisson	0,38-0,45	-	Comparativ cu oțelul p=0,05 N/mm <sup>2</sup>	-
Limita de curgere cu încarcare statică	45	MPa	După 1000h	-

#### 4.1.2 Alegerea materialului și a semifabricatului pentru sistemul de prindere și plăcuțelor de fixare

Sistemul de prindere dintre dispozitiv și mașina de tracțiune a fost confecționat dintr-un duraluminu.

Duraluminiul este un aliaj de aluminiu cu cupru și magneziu, care poate fi durificat prin călire și îmbătrânire, folosit în ind. aeronautică, la fabricarea pieselor cu greutate specifică mică și rezistență mare. A fost obținut (1809) de metalurgul german A. Wilm.

Sistemul de prindere a fost realizat dintr-o bară circulară de duraluminu, iar plăcuțele de fixare au fost realizate dintr-o coală de tablă din același material având clasa EN-AW-7075 ALZN5,5MGCU. Produsele obținute din acest tip de aliaj au proprietăți foarte bune de prelucrabilitate și din acest considerent acoperă o foarte mare gamă de produse. Avantajele utilizării acestui aliaj ies în evidență atunci când produsele finite se obțin prin prelucrări mecanice (așchiere), și alte tratamente superficiale de suprafață.

Aliajul EN-AW-7075 ALZN5,5MGCU are ca scară de utilizare domeniul construcțiilor de mașini, pieselor componente, precum și piese prelucrate prin așchiere, de serie mică sau mare.

**Tabelul 4.2** Compoziția chimică EN-AW-7075 ALZN5,5MGCU

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Altele	Al
≤0,40	≤0,50	1,2-2,0	0,30	2,1-2,9	0,18-0,28	5,1-6,1	0,20	0,05	Rest

**Tabelul 4.3** Proprietățile elastice și fizice

Proprietățile elastice			
Stare	E	G	n
-	MPa	MPa	
0	72000	27100	0,33
T6	72000	27100	0,33
T7	72000	27100	0,33

*Legendă parametri elastici:*

- E-coeficient de elasticitate [MPa]
- G-coeficient rigiditate [MPa]

#### 4.1.3 Instrumente de masura folosite in vederea realizarii pieselor

##### a. Șublerul



Șublerul este un instrument de măsurat lungimi sau grosimi mici, alcătuit dintr-o riglă gradată cu două brațe, între care se prinde piesa care trebuie măsurată.

##### b. Micrometrul



Micrometrul este un instrument de precizie, pentru măsurarea dimensiunilor mici și foarte mici.

#### 4.1.4. Masinile unelte folosite in realizarea pieselor

##### a. Strung



Strungul este o mașină-unelte cu ajutorul căreia se execută, prin așchiere, operații de rotunjire, de filetare, de găurire etc. a unei piese (de metal, de lemn etc.) care are o mișcare de rotație (unealta așchietoare avînd o mișcare de înaintare).

*b. Freza*

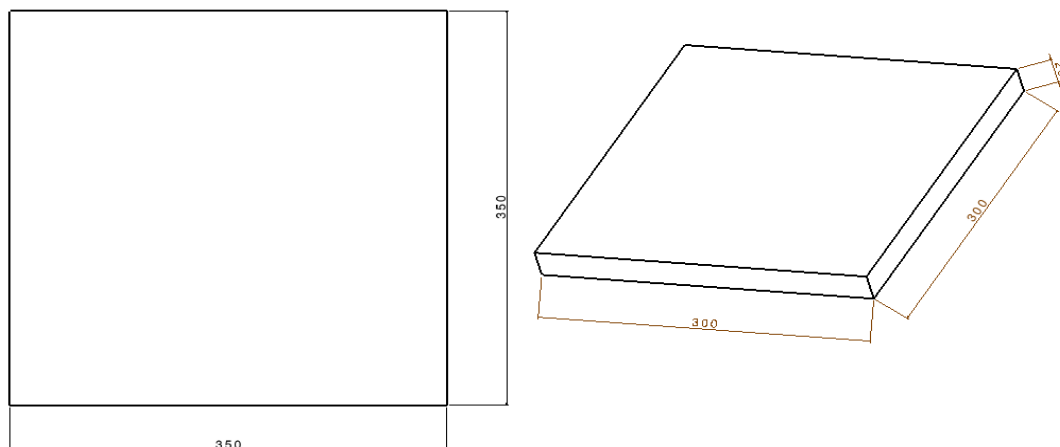
Freza este o mașină-unealtă destinată prelucrării prin așchiere a suprafețelor plane sau profilate ale pieselor cu ajutorul unei scule așchietoare.

**4.2. Itinerariul tehnologic****4.2.1. Itinerariul tehnologic pentru corpul dispozitivului***Debitare*

Prin debitare se înțelege operația tehnologică de obținere a unui semifabricat (lingou, bară profil laminat) la dimensiunea și masa necesară forjării ulterioare la cald sau la rece sau obținerea piesei finite direct prin așchiere.

Această operație se realizează pe un Fierăstrău cu banda ARG 500 Plus care poate să debiteze la 90°, materialele de tip placă, de geometrie dreptunghiulară cu dimensiuni maxime de 620x450 (mm); dimenisunile materialului fiind de 350x350x25.

Semifabricatul se debitează la dimensiunile 300x300x25.

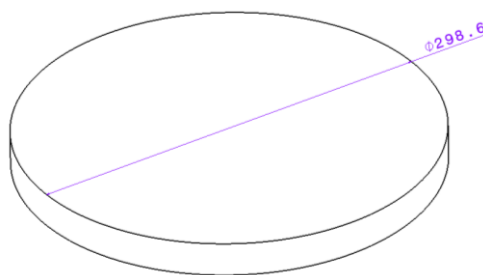


**Figura 4.1**

### **Strunjire**

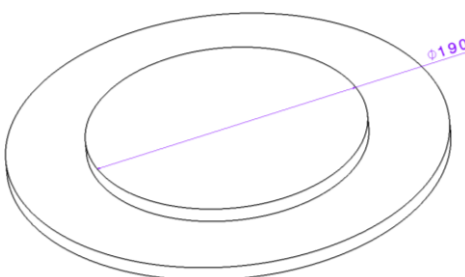
Strunjirea este operația tehnologică de prelucrare prin așchiere a unui material cu ajutorul unui strung. Mișcarea principală relativă dintre piesă și unealtă este mișcarea de rotație. Specific pentru strunjire, spre deosebire de alte prelucrări prin așchiere este rotirea piesei de prelucrat, nu a sculei (uneltei). Așchieria se obține prin acțiunea continuă a uneltei, care este un cuțit de strung. Piesa efectuează mișcarea de rotație iar cuțitul efectuează o mișcare de avans, care poate fi paralelă cu axa arborelui strungului, perpendiculară pe ea sau oblică, corespunzător celor trei sănii ale strungului, sania longitudinală, sania transversală și sania portcuțit.

- Semifabricatul este prins în bacurile strungului și se execută o strunjire pentru diametrul de 298.6 mm.



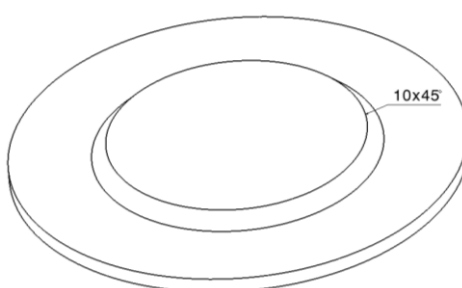
**Figura 4.2**

- Se execută o a doua strunjire pe o grosime de 10 mm la un diametru de 190 mm.



**Figura 4.3**

- Se execută o teșire la  $10 \times 45^\circ$  pentru cota de 190 mm.



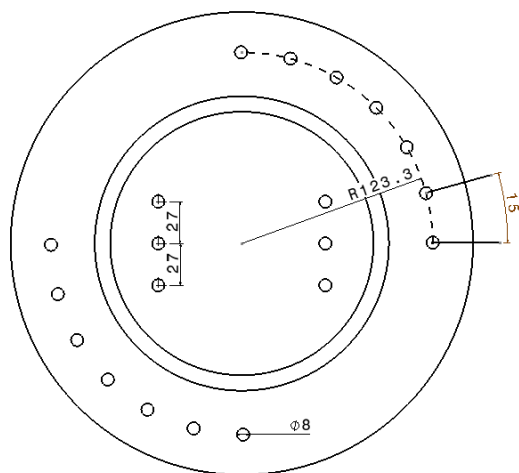
**Figura 4.4**

### ***Găurire***

Găurirea este operația tehnologică de prelucrare prin așchiere care are ca scop obținerea unor găuri (alezaje) în material plin, prelucrarea putând fi executată pe mașini de găurit, mașini de frezat sau strunguri. După burghiere găurile mai pot fi prelucrate prin: teșire, lărgire, alezare, adâncire sau filetare.

Piesa strunjită la dimensiunile din figura este așezată pe un DIVIZOR ansamblat pe masă frezei și centrat astfel încât capul frezei să fie pe centrul piesei.

- Se execută 14 găuri cu diametrul de 8 pe o rază de 123.3 mm cu o distanță între găuri de  $15^\circ$  și 6 găuri pentru prinderea epruvetei cu o distanță între găuri de 27 mm.
- Se teșesc găurile la  $1 \times 45^\circ$ .



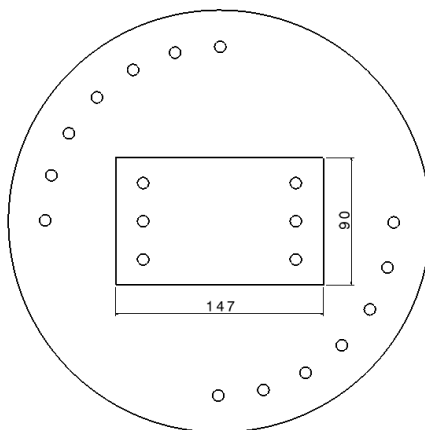
**Figura 4.5**

### ***Frezare***

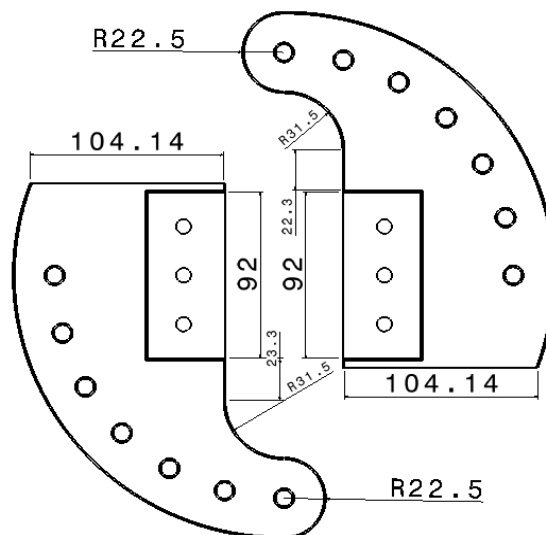
Frezarea este procedeul tehnologic de obținere a suprafețelor prin așchiere la care mișcarea principală este de rotație a sculei așchietoare numită freza iar mișcarea de avans este executată fie de piesa fie de scula așchietoare.

- Se realizează o prelucrare cu o freză deget de 8 mm pe conturul cu dimensiunile de 145x90 mm; se schimbă freza cu una de 20 mm și se urmărește conturul lăsat de precedent freza.



**Figura 4.6**

- Se trasează și se frezează după contur la cotele din figura 4.7 cu o freză deget de 8mm

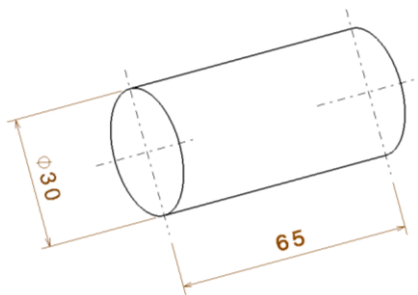
**Figura 4.7**

- Se teșeste conturul exterior la 1x45.

**Figura 4.8** Piesa realizată practic

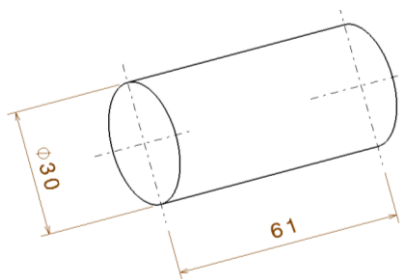
#### 4.2.2. Itinerariul tehnologic pentru dispozitivul de prindere

- Semifabricatul este o bară cu dimensiunile de 65xØ30 mm din duraluminu.



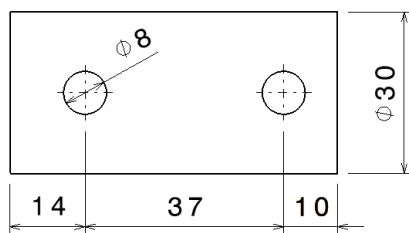
**Figura 4.9**

- Se debitează pe strung la cotele 61x30 mm.



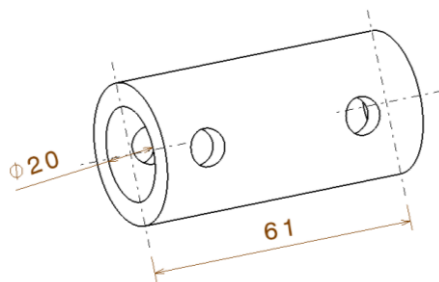
**Figura 4.10**

- Se trasează și se realizează găurile de Ø8 la cotele reprezentate în figura 4.11



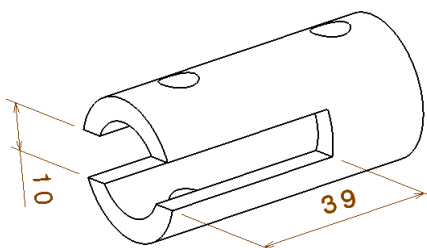
**Figura 4.11**

- Se execută pe strung gaura interioară de Ø20 pe lungimea de 61 mm.



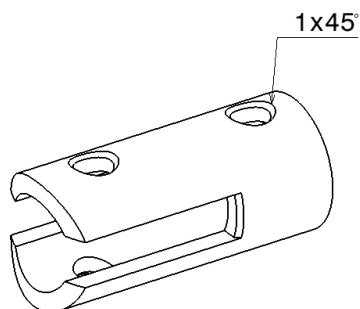
**Figura 4.12**

- Se execută un canal cu o freză deget de 10 mm la dimensiunile de 39x10 mm.



**Figura 4.13**

- Se fac teșirile găurilor la  $1 \times 45^\circ$  și o rotunjire la capătul superior al dispozitivului de prindere.



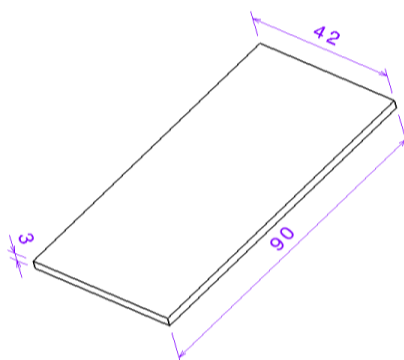
**Figura 4.14**



**Figura 4.15** Piesa realizată practic

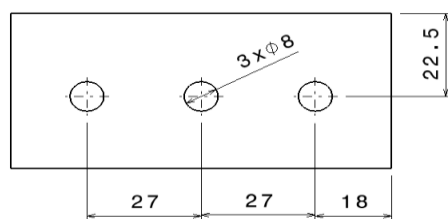
#### 4.2.2. Itinerariul tehnologic pentru placuțele de fixare

- Semifabricatul este tăiat dintr-o coală de tablă de aluminiu.
- Din acest semifabricat se realizează prin debitare două piese identice cu dimensiunile de 42x90x3 mm.



**Figura 4.16**

- Se trasează și se realizează 3 găuri de Ø8 la dimensiunile din figura 4.17.



**Figura 4.17**



**Figura 4.18** Piesa realizată practic



**Figura 4.19** Ansamblu dispozitiv

## Capitolul 5: Teste experimentale pe epruvete cu fisură laterală utilizând dispozitivul ARCAN

### 5.1. Noțiuni generale

Caracterizarea experimentală a materialelor celulare este un subiect nelămurit încă, datorită faptului că acestea se afla într-o continuă evoluție. Odată cu dezvoltarea de noi materiale celulare și apariția de noi aplicații, și tehnicile de testare a acestor materiale au înregistrat o continuă evoluție. Această evoluție a metodelor de testare pentru a răspunde noilor cerințe, a continuat de-a lungul timpului cu aspecte suplimentare și totodată au crescut în importanță. Având în vedere acest lucru, prezenta lucrare vine într-un moment oportun, în care evoluția metodelor de testare este într-o perioadă relativ stabilă și pot fi aduse recomandări definitive.

Materialele celulare de tipul spumelor poliuretanică rigide sunt utilizate sub formă de panouri de tip sandwich, în industria aerospațială, constructoare de mașini, construcțiilor și în multe alte aplicații. Această utilizare largă este dată de structura lor celulară care prezintă capacități deosebite de absorbție a energiei de impact și de asemenea au o greutate relativ redusă comparativ cu alte materiale care prezintă aceleași caracteristici mecanice. Energia este disipată prin celulele încovoiate, flambate sau rupte dar tensiunea este în general limitată de un platou mare care se observă în diagrama tensiune-deformație la compresie.

### 5.2. Fenomenul de rupere

*Ruperea* este un proces complex de deformare în urma căruia se separa regiuni ale materialului, iar capacitatea portantă a structurii descrește la zero sub acțiunea solicitărilor. Mecanismul ruperii trebuie privit la diverse nivele, în funcție de dimensiunile zonei rupte. Astfel, în tabelul 5.1 se definesc nivele de rupere.

Fenomenele ruperii *la nivel sub-microscopic*, unde discontinuitățile rețelei atomice afectează comportarea la rupere, nu sunt complet cunoscute.

*La nivel microscopic* se disting două moduri fundamentale de rupere:

- rupere prin separare sau clivaj, care implica desfacerea legăturilor atomice perpendiculare pe planurile cristalografice cu legăturile cele mai slabe (numite plane de clivaj), sub acțiunea componentei normale a tensiunilor;

- rupere prin forfecare, produsă în planele cu densitate maximă de atomi, plane în care se produce alunecarea, ruperea fiind o consecință a ruperii legăturilor interatomice din aceste plane.

**Tabelul 5.1** Mecanismul ruperii în funcție de dimensiunile zonei rupte

Nivel	Dimensiuni	Mecanismul ruperii
Sub-microscopic	De ordinul dimensiunilor atomice ( $\cong 10^{-6}$ mm)	Ruperea legăturii atomice de-a lungul unui plan de rupere, creând suprafețe noi
Microscopic	De ordinul mărimii grauntelui ( $\cong 10^{-3}$ mm)	Transformarea golurilor și imperfecțiunilor din material în microfisuri
Macroscopic	De ordinul fisurilor ( $> 10^{-1}$ mm)	Propagarea fisurii sub acțiunea unor încărcări și/sau a condițiilor de lucru

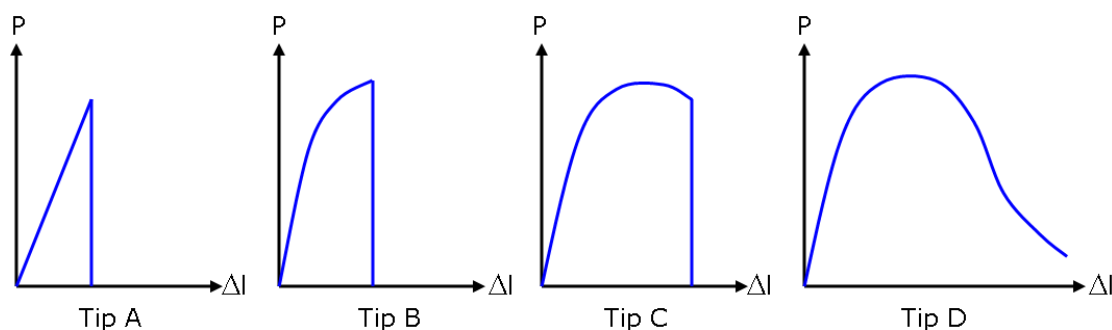
Pentru ingineri este mai importantă cunoașterea fenomenelor *ruperii macroscopice*, legate de comportarea structurii reale defecte (de tipul creștăturilor sau fisurilor) sub acțiunea unor încărcări și/sau sub acțiunea mediului ambiant. Astfel, sub aspect macroscopic ruperea poate fi clasificată în:

- rupere ductilă: la care sunt prezente deformații plastice apreciabile înaintea ruperii, respectiv de consuma o energie mare la rupere;
- rupere fragilă: la care deformațiile plastice premergătoare ruperii sunt neglijabile, ruperea producându-se brusc.

Aceasta clasificare a ruperilor la nivel macroscopic este importantă pentru aprecierea comportării materialelor; astfel materialele la care ruperea se produce fragil sunt materiale fragile sau casante, iar materialele la care ruperea se produce în urma unor deformații plastice mari sunt numite materiale ductile.

Este știut faptul că exprimarea tenacității la rupere pe baza parametrilor de Mecanică Ruperii este strâns legată de comportarea elastică sau elasto-plastică a materialului. În funcție de caracterul elastic sau elasto-plastic, materialele au fost împărțite în patru categorii (figura 5.1),

pentru fiecare din acestea tenacitatea la rupere exprimându-se prin parametrii specificați în Tabelul 5.1.



**Figura 5.1** Comportamentul la rupere al diferitelor tipuri de materiale

**Tabelul 5.2** Parametrii ce exprimă tenacitatea la rupere, în funcție de tipul materialului

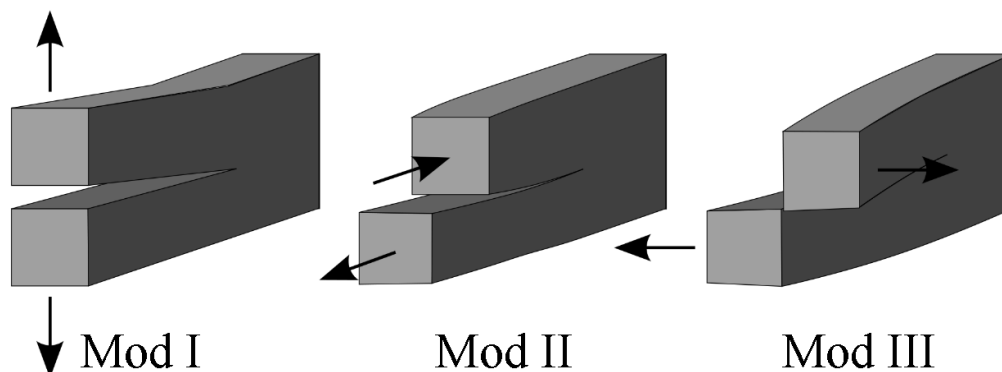
Tipul materialului	Comportarea materialului	Parametrii pe baza cărora se exprimă tenacitatea la rupere
Tip A	Comportare liniar elastică cu rupere fragilă	$K_{IC}$
Tip B	Rupere fragilă după deformare plastică	$J_C, \delta_C$
Tip C	Rupere fragilă după deformare plastică și extindere stabilă a fisurii	$J_u, \delta_u$
Tip D	Rupere ductilă după o extindere stabilă a fisurii	$J_{IC}, \delta_{IC}$

#### Moduri de sollicitare

După deplasarea relativă a suprafețelor de rupere situate de o parte și de alta a planului în care se extinde fisură, propagarea acesteia se poate face în următoarele moduri (figura 5.2):

- Modul I-fisura se extinde prin deschidere ca urmare a deplasării punctelor de pe suprafața fisurii după o direcție perpendiculară pe planul acesteia;
- Modul II-fisura se extinde prin alunecarea plană. Deplasările punctelor de pe suprafața fisurii au loc în planul acesteia, perpendicular pe frontul fisurii și în sensul de înaintare al acesteia;

- Modul III-fisura se extinde prin lunecarea laterală. Deplasările punctelor de pe suprafața fisurată au loc în planul fisurii, paralel cu frontul facețuia.



**Figura 5.2** Schema modurilor de rupere

Structurile composite de tip sandwich cu miez din spumă poliuretanică rigidă sunt solicate de obicei la încovoiere în trei puncte, iar fisură din miezul spumei se poate iniția în Modul I, Modul II sau Modul III (figura 5.3).



**Figura 5.3** Forfecarea miezului din spumă pentru un material de tip sandwich

### 5.3. Programul experimental

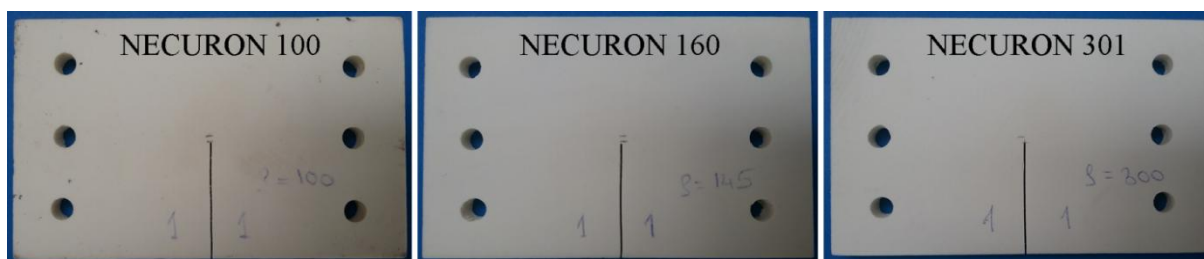
O atenție deosebită este acordată tenacității la rupere a spumelor poliuretactice deoarece în general spumele au o comportare fragilă la tracțiune iar prezența fisurilor scade capacitatea portantă a spumelor. Ruperea fragilă la tracțiune este diferită față de degradarea la compresie. La compresie spuma se strivește progresiv, iar în cazul tracțiunii spumă se rupe prin propagarea unei singure fisuri. Spumele fragile (aici fiind incluse spumele rigide polimerice), în cazul tracțiunii se comportă liniar elastic până la rupere, deci ruperea prin tracțiune poate fi tratată cu ajutorul conceptelor din mecanica rupei liniar elastică. În ultimii ani s-au făcut multe cercetări pe



această temă a determinării tenacității la rupere pentru spume poliuretaneice atât în condiții de încărcare statice cât și dinamice.

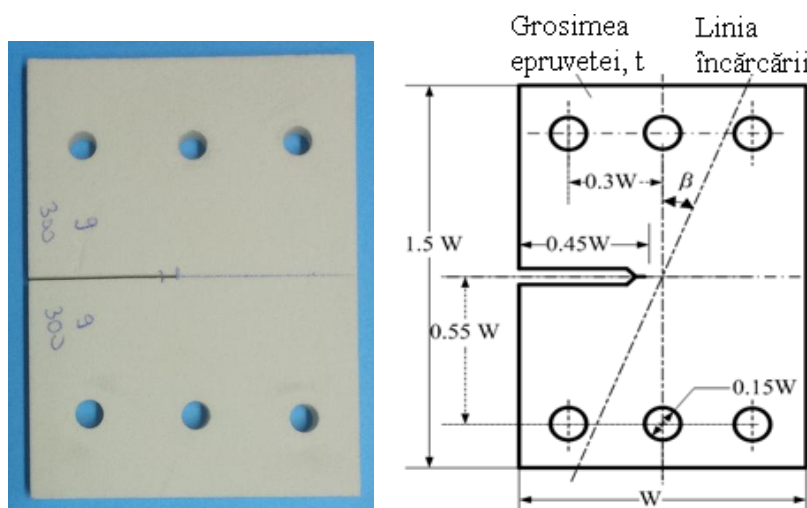
### 5.3.1. Materiale utilizate și procedura de lucru

Analiza experimentală prezentată în acest capitol s-a realizat pe spume poliuretaneice rigide, având 3 densități diferite, produse de catre NECUMER GmbH, Germania. Densitățile acestor spume au fost (vezi figura 5.4): 100 (Necuron 100), 145 (Necuron 160) și  $300 \text{ kg/m}^3$  (Necuron 301).



**Figura 5.4** Forma și densitățile epruvetelor utilizate

Forma epruvetelor cu o singură fisura de margine (SEC=Single Edge Crack) cât și parametrii geometrici, respectiv condițiile de încărcare sunt prezentate în figură 5.5.



**Figura 5.5** Forma și dimensiunile epruvetelor utilizate

Epruvetele cu o singură fisură de margine (SEC) din figura 5.5, se testează pe dispozitivul de încercare de tip “ARCAN” (vezi capitolul 2 subcapitolul 2.4), care poate produce Modul I,

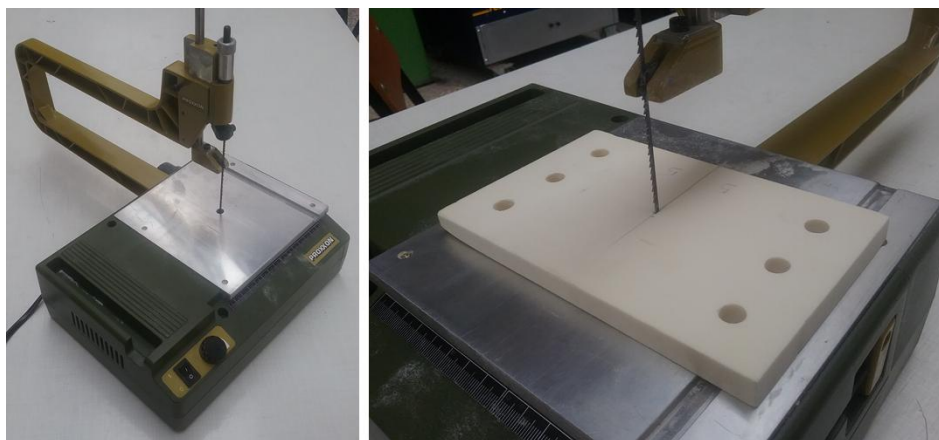
Modul II și Modul III, doar prin schimbarea unghiului de încărcare,  $\beta$ . Dimensiunile standard ale epruvetelor utilizate au fost: lățimea,  $W=90$  mm; lungimea,  $L=145$  mm; grosimea,  $t=10$  mm; lungimea fisurii,  $a=45$  mm și unghiul de încărcare,  $\beta=0^\circ$  pentru Modul I pur,  $\beta=90^\circ$  pentru Modul II pur, respectiv  $\beta=45^\circ$  pentru Modul III (Modul mixt).

Principalele proprietăți mecanice ale spumelor studiate, obținute de către producător sunt prezentate în Tabelul 5.2.

**Tabelul 5.2.** Proprietățile mecanice ale spumelor investigate

NECURON	100	160	301
Densitate [ $\text{kg/m}^3$ ]	100	145	300
Rezistența la compresiune [MPa]	2	3	5
Rezistența la incovoiere [MPa]	1.5	2.5	6
Rezistența la temperatură [ $^\circ\text{C}$ ]	120	120	65

Probele au fost realizate pe strung în laboratorul din cadrul Facultății de Mecanică, UPT. Crestăturile au fost tăiate cu ajutorul unei mașini PROXXON (figura 5.6), iar fisurile s-au realizat cu ajutorul unui cater cu grosimea lamei de 0.6 mm.



**Figura 5.6** Mașina PROXXON pentru tăiat crestături

### 5.3.2. Determinarea densității și analiza microstructurală a spumelor

Pentru identificarea tipului de spumă utilizat s-a realizat atât o determinare a densității, cât și o analiză microscopică.

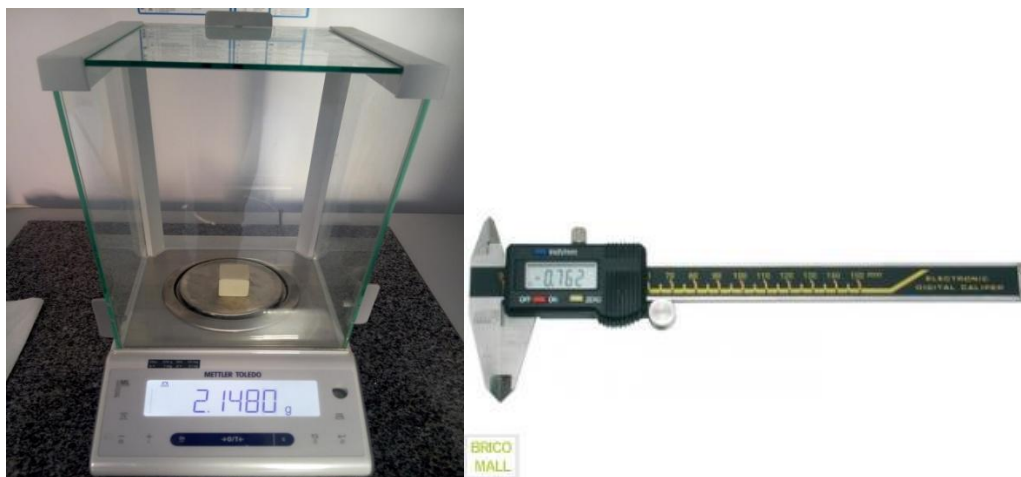
Pe baza celor prezentate, din materialele studiate (plăci din spumă poliuretanică), s-au prelevat probe în vederea stabilirii densității. Densitatea s-a determinat conform ASTM D 1622-03 Metode Standard de Testare a Densității Aparente a Plasticelor Celulare Rigide.

Densitatea (sau mai exact densitatea de masă, numită și masă specifică) este o mărime fizică folosită pentru descrierea materialelor și definită ca masa unității de volum. Astfel, densitatea unui corp este egală cu raportul dintre masa ( $m$ ) și volumul ( $V$ ) său. Densitatea se notează de obicei cu litera grecească  $\rho$  (ro) sau cu inițiala cuvântului, litera  $d$ .

Relația de calcul a densității este următoarea:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

În cazul de față, pentru determinarea greutateii probelor s-a folosit un cântar electronic de laborator, (figura), foarte precis, ( $10^{-4}$  g), iar volumul probelor s-a determinat prin măsurarea celor trei dimensiuni cu ajutorul unui șubler cu precizie de 0.01 mm (figura 5.7).



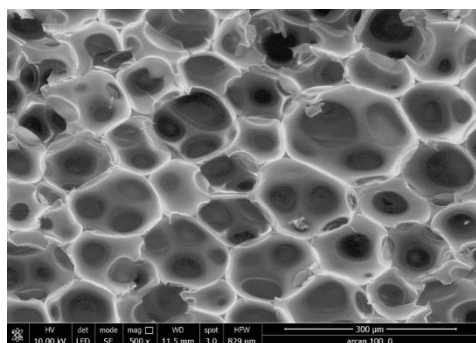
**Figura 5.7** Șubler și cântar de laborator utilizat pentru determinarea densității spumelor

Analiza microstructurală a spumelor utilizate s-a realizat în Laboratoarele Institutului de Cercetări pentru Energii Regenerabile (ICER) din cadrul UPT, utilizând microscopul electronic de baleiaj QUANTA 3D 200i, prezentat în figura 5.8.

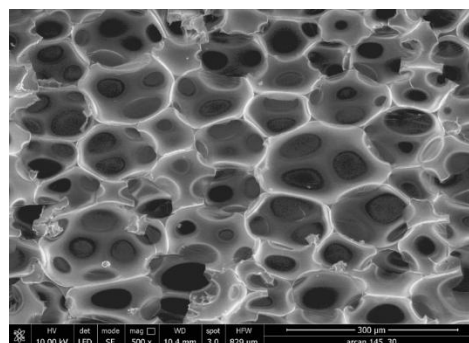


**Figura 5.8** Microscopul electronic cu baleiaj pentru analiza microstructurală

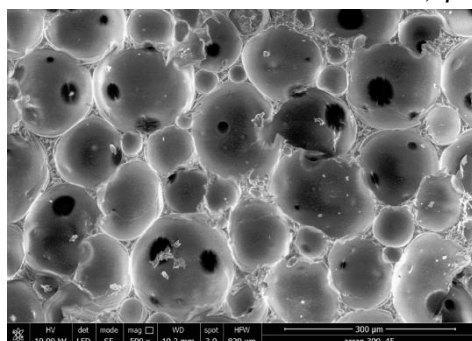
În figura 5.9 este prezentată structura celulară pentru spumele poliuretanicice rigide utilizate în cadrul programului experimental. Pentru a se putea fi comparabile și pentru a se putea observa cât mai ușor diferențele între forma și mărimea celulelor, s-a folosit aceeași magnitudine de 500X.



a)  $\rho=100 \text{ kg/m}^3$



a)  $\rho=145 \text{ kg/m}^3$



a)  $\rho=300 \text{ kg/m}^3$

**Figura 5.9** Analiza microstructurală a spumelor utilizate în cadrul programului experimental

### 5.3.3. Descrierea mașinii de încercat

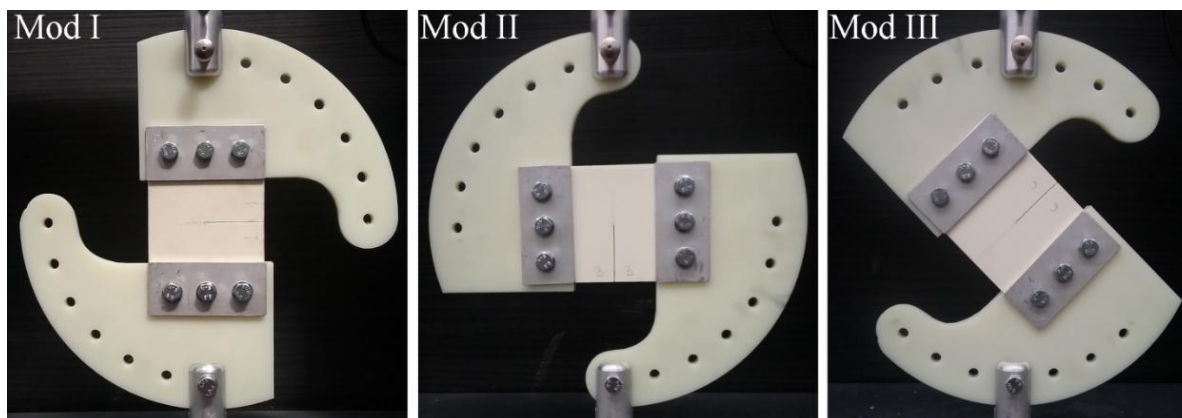
Încercările pentru determinarea tenacității la rupere pentru Modul I, Modul II și Modul III s-au efectuat în cadrul Laboratorului „Ștefan Nădășan”, al Departamentului de Mecanica și Rezistența Materialelor din cadrul Facultății de Mecanică din Timișoara, UPT pe o mașină de încercări de tracțiune-compresiune Zwick Roell 005 de 5 kN, (figura 5.10). Testele s-au făcut la temperatura camerei ( $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ) cu o viteză de testare de 2 mm/min conform Standardului ASTM D5045-99, folosind epruvete cu forma și dimensiunile prezentate în figura 5.5. Numărul de probe utilizat a fost de 3 pentru fiecare unghi, respectiv pentru fiecare densitate.



**Figura 5.10** Imaginea de ansamblu a mașinii universale pentru încercări de tracțiune-compresiune Zwick Roell 005 de 5 kN

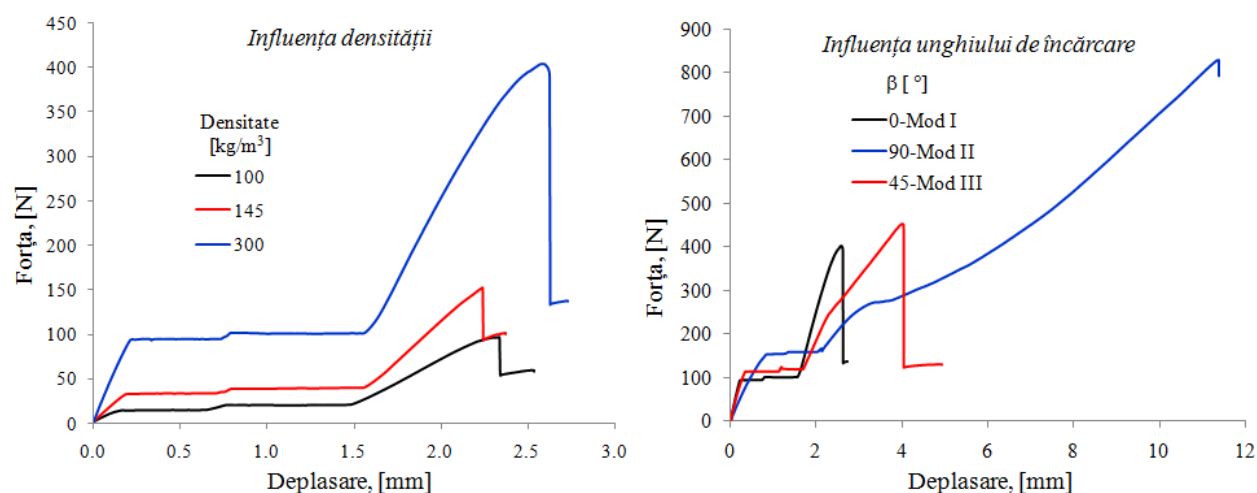


În figură 5.11 este prezentat dispozitivul ARCAN cu epruveta așezată pentru a obține cele 3 moduri de încărcare.



**Figura 5.11** Așezarea epruvetei în dispozitivul ARCAN pentru cele trei moduri de ruper

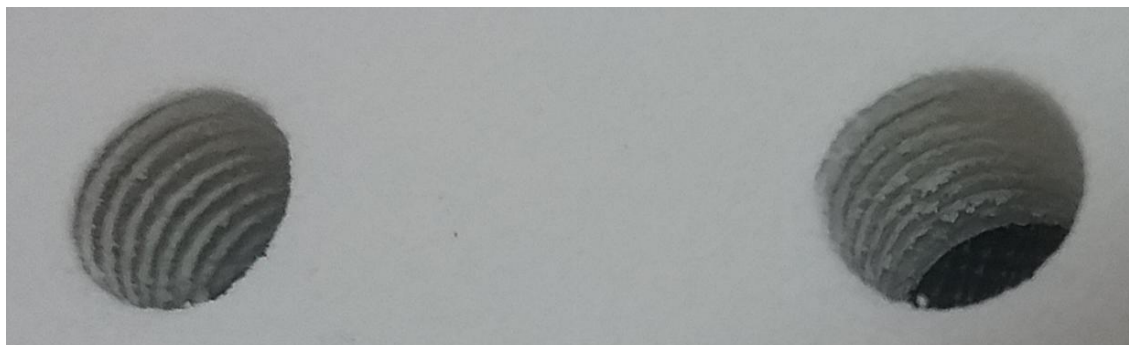
Din datele furnizate de mașina de încercat, s-au trasat diagramele caracteristice convenționale pentru epruvetele încercate,  $F = f(\Delta l)$  privind influența densității (figura 5.12a), respectiv influența unghiului de încărcare (figura 5.12b).



**Figura 5.12** Curbele forță-deplasare privind influența densității și a unghiului de încărcare

Pentru toate epruvetele s-a obținut o curbă forta-deplasare *liniară\** cu un salt la zero după atingerea forței maxime. Acest comportament fragil a fost observat și pe epruvetele testate unde nu s-au văzut deformații plastice în zona de rupere.

*\*Observație:* Apariția zonei de deformării mari la o forță aproape constantă (aproximativ între 0.1 și 1.5 mm), este datorată așezării epruvetei în dispozitivul de testare. După cum se poate vedea în figură 5.13 filetul șurubului intra în spumă (primul palier (între 0.1-0.7) – corespunzător fixării epruvetei cu cele trei șuruburi pe o parte a dispozitivului, iar al doilea palier (între 0.7-1.5) – corespunzător celei de-a doua fixări a epruvetei în dispozitiv), după care diagrama continua liniar până la rupere.



**Figura 5.13** Deformații plastice rezultate în urma fixării epruvetei pe dispozitiv

## 5.4. Rezultate și discuții

### 5.4.1. Determinarea tenacității la rupere

Pentru spumele poliuretanece rigide studiate, curbele caracteristice obținute indică faptul că materialele se încadrează în prima categorie (figura 5.1), (sunt materiale de tipul A), pentru care tenacitatea la rupere se determină pe baza parametrului  $K_{IC}$  (valoarea tenacității la rupere pentru Modul I de rupere). Datorită comportamentului fragil rezultat în urma testelor, în calculul tenacității la rupere se va lua în considerare forța maximă rezultată.

Factorul de intensitate al tensiunii pentru epruvetele studiate se calculează conform Richard (1985) [...]:

$$K_I = \frac{F_{max}}{Wt} \sqrt{\pi a} f_I \left( \beta; \frac{a}{W} \right) \text{ și } K_{II} = \frac{F_{max}}{Wt} \sqrt{\pi a} f_{II} \left( \beta; \frac{a}{W} \right)$$

Unde factorii de intensitate adimensionali ( $f_I$ ,  $f_{II}$ ) se obțin cu relațiile:

$$f_I = \sqrt{\frac{0.26 + 2.65[a/(W - a)]}{1 + 0.55[a/(W - a)] - 0.88[a/(W - a)]^2}}$$

$$f_{II} = \sqrt{\frac{-0.23 + 1.40[a/(W - a)]}{1 - 0.67[a/(W - a)] + 2.08[a/(W - a)]^2}}$$

**Tabelul 5.3** Parametrii geometrici, forța maximă și tenacitatea la rupere pentru  $\rho=100 \text{ kg/m}^3$ 

Nr. Epruveta	Parametrii geometrici ai epruvetelor testate				Forța maxima	Tenacitatea la rupere [MPa·m <sup>0.5</sup> ]			
	$\alpha$ [°]	B [mm]	W [mm]	a [mm]	F <sub>max</sub> [N]	K <sub>IC</sub>	K <sub>IC</sub> med	K <sub>IIC</sub>	K <sub>IIC</sub> med
1	0	9.87	89.37	45	94.02	0.11	<b>0.11</b>	0	0
2		9.93	89.7		93.75	0.11		0	
3		9.9	89.77		94.47	0.11		0	
4	45	10.03	89.53		86.39	0.07	0.08	0.04	0.43
5		10.08	89.72		112.90	0.09		0.05	
6		9.95	89.66		95.67	0.08		0.04	
7	90	9.85	89.38		212.86	0	0	0.13	<b>0.12</b>
8		10.04	89.42		208.06	0		0.12	
9		9.92	89.58		211.56	0		0.12	

**Tabelul 5.4** Parametrii geometrici, forța maximă și tenacitatea la rupere pentru  $\rho=145 \text{ kg/m}^3$ 

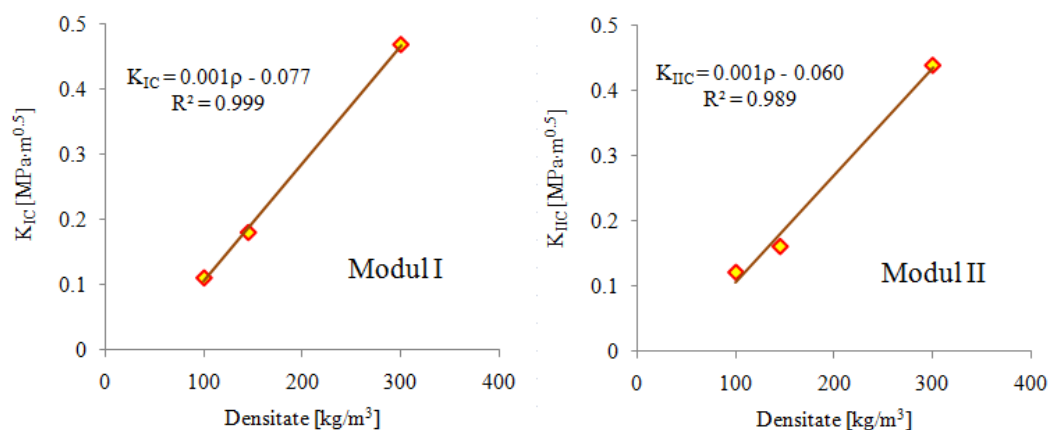
Nr. Epruvetă	Parametrii geometrici ai epruvetelor testate				Forța maximă	Tenacitatea la rupere [MPa·m <sup>0.5</sup> ]			
	$\alpha$ [°]	B [mm]	W [mm]	a [mm]	F <sub>max</sub> [N]	K <sub>IC</sub>	K <sub>IC</sub> med	K <sub>IIC</sub>	K <sub>IIC</sub> med
1	0	10.08	89.98	45	150.79	0.18	<b>0.18</b>	0	0
2		9.46	89.92		140.29	0.17		0	
3		9.88	89.96		146.87	0.18		0	
4	45	9.98	90.05		185.64	0.15	0.15	0.08	0.08
5		10.03	90.07		183.93	0.15		0.08	
6		9.95	90.03		185.23	0.15		0.08	
7	90	10.14	89.98		283.18	0	0	0.17	<b>0.16</b>
8		9.88	90.05		259.17	0		0.16	
9		9.93	89.96		275.43	0		0.16	



**Tabelul 5.5** Parametrii geometrici, forța maximă și tenacitatea la rupere pentru  $\rho=300 \text{ kg/m}^3$ 

Nr. Epruvetă	Parametrii geometrici ai epruvetelor testate				Forța maximă Fmax [N]	Tenacitatea la rupere [MPa·m <sup>0.5</sup> ]			
	$\alpha$ [°]	B [mm]	W [mm]	a [mm]		K <sub>IC</sub>	K <sub>IC</sub> med	K <sub>IIC</sub>	K <sub>IIC</sub> med
1	0	9.99	90.62	45	403.35	0.47	<b>0.47</b>	0	0
2		10.66	89.95		419.05	0.46		0	
3		9.98	89.98		412.12	0.49		0	
4	45	9.99	89.95		452.43	0.37	0.37	0.19	0.19
5		9.71	89.94		438.56	0.37		0.19	
6		9.86	89.98		446.32	0.37		0.19	
7	90	10.37	90.04		646.39	0	0	0.37	<b>0.44</b>
8		9.93	89.91		828.80	0		0.50	
9		9.95	89.96		754.89	0		0.45	

Parametrii geometrici ai epruvetelor, respectiv valorile forțelor maxime și a tenacității la rupere calculate conform relațiilor de mai sus pentru fiecare densitate sunt prezentate în Tabelele 5.3-5.5.

**Figura 5.14** Variația tenacității la rupere funcție de densitate

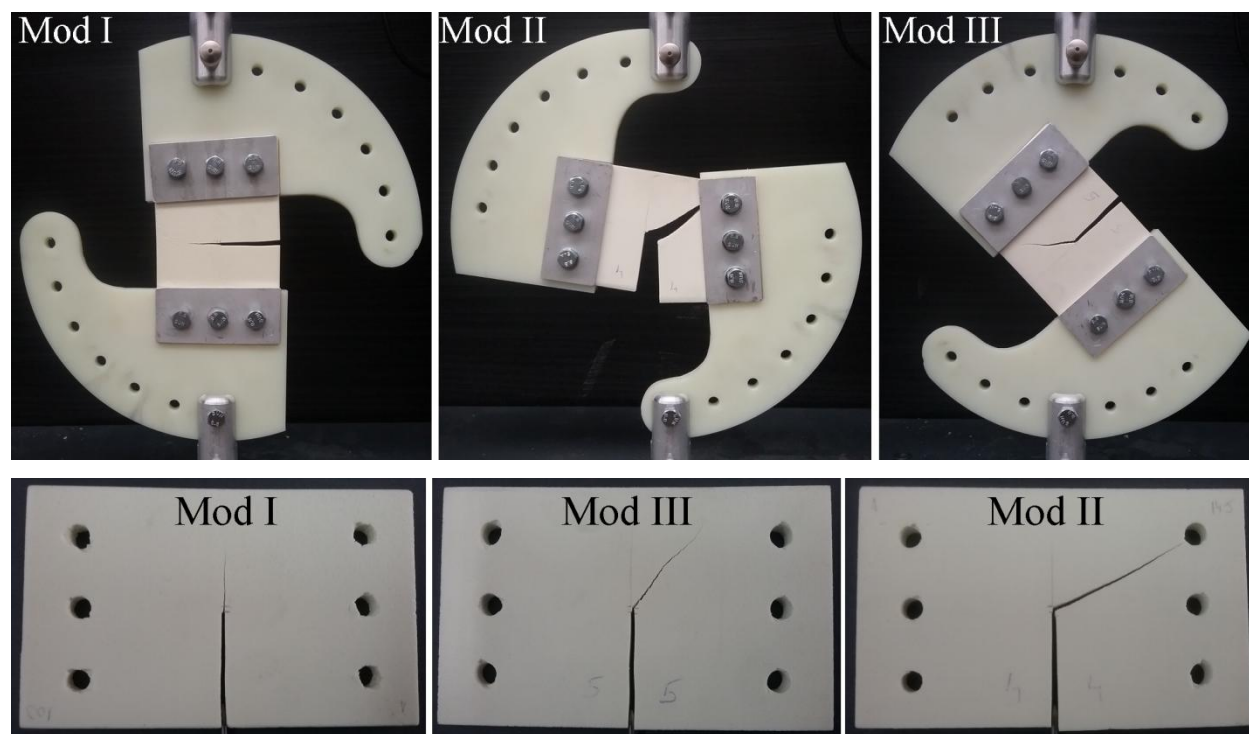
În figură 5.14 este prezentată variația tenacității la rupere pentru Modul I și Modul II de rupere în funcție de densitate. Din această figură se poate observa foarte ușor că pentru domeniul

de densități studiat (între 100 și 300 kg/m<sup>3</sup>), tenacitatea la rupere variază liniar cu densitatea. Totodată în figură 5.14 sunt propuse două ecuații pentru estimarea tenacității la rupere ( $R^2=0.999$  pentru Modul I și  $R^2=0.998$  pentru Modul ÎI de rupere) dacă se cunoaște densitatea.

Din Tabelele 5.3-5.5 și figura 5.14 se poate observa că odată cu creșterea densității se obține o creștere semnificativă a tenacității la rupere atât pentru Modul I cât și pentru Modul ÎI de rupere, ceea ce înseamnă că densitatea are un rol major în comportarea la rupere a spumelor poliuretanice rigide.

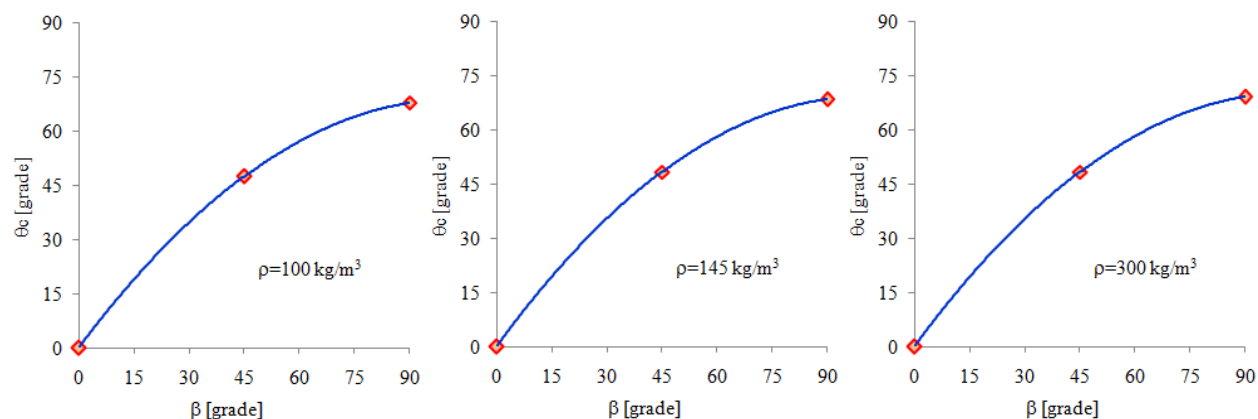
#### 5.4.2. Determinarea direcției și unghiului de propagare a fisurii

Direcția de propagare a fisurii pentru epruvetele cu o singură creștătură lateral (SEC) este prezentată în figură 5.15 pentru fiecare mod de rupere în parte.



**Figura 5.15** Direcția și unghiul de propagare a fisurii pentru epruvetele SEC

În figură 5.16 sunt prezentate valorile unghiului de propagare a fisurii,  $\theta_c$ , măsurat pe epruveta testată funcție de unghiul de încărcare,  $\beta$ . Unghiul de propagare a fisurii a fost măsurat pentru fiecare epruvetă în parte, iar în Tabelul 5.6 sunt prezentate valorile medii ale acestuia funcție de unghiul de încărcare.



**Figura 5.16** Variația unghiului de propagare al fisurii funcție de unghiul de încărcare

**Tablelul 5.6** Valorile medii ale unghiului de propagare a fisurii funcție de unghiul de încărcare

Unghiul de încărcare, $\beta$ [°]	Modul de rupere	Unghiul de propagare a fisurii, $\theta_c$ [°]		
		100	145	300
0	Modul I	0	0	0
45	Modul III	47.48	48.32	48.26
90	Modul II	67.89	68.45	69.11

Așa cum era de așteptat, unghiul de inițiere a fisurii crește odată cu creșterea unghiului de încărcare de la valoarea de  $0^\circ$  pentru Modul I pur de încărcare la valoarea de  $\cong 69^\circ$  pentru Modul II pur de încărcare, prezentând totodată o variație polinomială.

## Capitolul 6: Norme de protecția muncii

### 6.1. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de frezare

- Înainte de fixarea frezei se va verifica scutirea acesteia, dacă aceasta corespunde materialului ce urmează a se prelucra, precum și regimul de lucru indicat în fișa de operații;
- Montarea și demontarea frezei se vor face cu mâinile protejate;
- După fixarea și reglarea frezei, se va regla și dispozitivul de protecție, astfel încât dinții frezei să nu poată prinde mâinile sau îmbrăcămintea lucrătorului în timpul lucrului;
- Fixarea pieselor pe mașina de frezat se va executa cu dispozitive speciale de fixare sau în menghină;
- Se interzic improvizațiile pentru fixarea pieselor;
- La fixarea în menghină sau direct pe masă mașinii a pieselor cu suprafețe prelucrate, se vor folosi menghine cu facli zimțate sau plăci de reazem și strângere zimțate;
- În timpul fixării sau desprinderii piesei, precum și la măsurarea pieselor fixate pe masă mașinii de frezat, se va avea grijă ca distanța dintre piesa și freza să fie cât mai mare;
- La operația de frezare, cuplarea avansului se va face numai după pornirea frezei;
- La oprirea mașinii de frezat, se va decupla mai întâi avansul, apoi se va opri freza;
- În timpul funcționării mașinii de frezat, nu este permis ca pe masa ei să se găsească scule sau piese nefixate;
- În timpul înlocuirii roților de schimb, mașina de frezat va fi deconectată de la rețea;

### 6.2. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de polizare manuală

- Polizorul manual nu se va lăsa din mână la întreruperea lucrului decât după oprirea completă a corpului abraziv.
- Pentru prevenirea pericolului de lovire a corpului abraziv la întreruperea lucrului, polizoarele manuale se vor așeza în suport special executați. Suportii orizontali nu vor fi folosiți în stare uzată.
- Polizoarele manuale vor fi utilizate la operațiile de polizare exterioară numai dacă corpurile abrazive sunt protejate cu o carcasă de protecție corespunzătoare.

- Polizoarele manuale vor fi pornite numai dacă corpul abraziv nu este în contact cu un corp care să împiedice rotirea lui liberă.
- La polizoarele manuale acționate pneumatic sau electric, nu va fi depășită turația maximă a corpului abraziv, funcție de diametrul maxim admisibil al acestuia, funcție de natura piesei abrazive și turația maximă a polizorului.

### **6.3. Norme de protecția muncii la efectuarea operației de strunjire**

- Piesele de prelucrat vor fi fixate bine în universal sau între vârfuri și perfect centrate, pentru a nu fi smulse.
- La fixarea pieselor și scoaterea pieselor din universal, se vor utiliza chei corespunzătoare, fără prelungitoare din țeavă sau alte pârgii.
- La fixarea pieselor în universalul strungului, se va repeta condiția  $L < 3d$ , unde  $L$  și  $d$  reprezintă lungimea, respectiv diametrul piesei de prelucrat.
- La prelucrarea pieselor lungi, pentru susținerea lor se vor utiliza linete.
- Slăbirea piesei din pinola păpușii mobile se va efectua numai după oprirea strungului.
- Înainte de începerea lucrului, lucrătorul se va verifica starea fizică a fiecărui bac de strângere. Dacă bacurile sunt uzate (șterse), au joc, prezintă deformări sau fisuri, universalul sau platoul vor fi înlocuite.
- Înainte de începerea lucrului, lucrătorul va verifica dacă modul în care este ascuțit cuțitul și dacă profilul acestuia corespund preluării pe care trebuie să o execute, precum și materialului din care este confecționată piesa. Se vor folosi cuțite de strung cu prag special pentru sfârâmarea așchiei continue.
- La cuțitele de strung prevăzute cu plăcute din carburi metalice se vor controla cu atenție fixarea plăcuței pe cuțit și starea acestuia. Nu se permite folosirea cuțitelor la care plăcuțele prezintă fisuri, arcuiri sau deformări. Cuțitele cu plăcute din carburi metalice sau ceramice vor fi ferite de șocuri mecanice.
- Angajarea cuțitului în material va fi făcută lin, după punerea în mișcare a piesei de prelucrat. În caz contrar, există pericolul smulgerii piesei din universal sau ruperii cuțitului.
- La sfârșitul prelucrării se va îndepărta mai întâi cuțitul și apoi se va opri mașina.

- La prelucrarea între vârfuri se vor folosi numai antrenoare( inimi de antrenare ) de tip protejat sau șaibe de antrenare protejate.
- La prelucrarea pieselor prinse cu bușe elastice, strângerea , respectiv desfacerea bușei se vor face numai după oprirea completă a mașinii.
- Se interzice urcarea pe platoul strungului carusel în timpul cât acesta este conectat la rețeaua de alimentare
- Pe strungurile automate se vor prelucra numai bare drepte, teșite la ambele capete

#### **6.4. Norme de protecția muncii în laboratorul de rezistența materialelor**

În laboratorul de Rezistența Materialelor efectuarea lucrărilor de laborator nu prezintă grad ridicat de pericolozitate, însă în timpul efectuării acestora poate apare pericolul accidentării celor care deservesc aceste mașini sau se găsesc în apropierea lor.

Principalele cauze, care pot da naștere la accidente sunt: piesele în mișcare ale mașinilor, tensiunea electrică de alimentare a motoarelor de acționare a mașinilor de încercate sau a aparatelor de încercat, bucățile de epruvete rupte și desprinse din fălcile de prindere ale mașinilor de încercat. Pentru evitarea unor accidente, la efectuarea lucrărilor de laborator, este obligatoriu să se respecte cu strictețe următoarele măsuri generale de protecția muncii:

- Se interzice atingerea pieselor aflate sub tensiune sau a celor care ar putea ajunge în mod accidental sub tensiune.
- Se interzice staționarea în apropierea pieselor aflate în mișcare sau atingerea acestora.
- Se interzice demonatarea apărătoarele de protecția, iar acolo unde acestea lipsesc, se vor monta imediat, și numai după aceea se va efectua lucrarea.
- Studenții trebuie să aibă o ținută corespunzătoare care să nu fie prinsă ușor de organele aflate în mișcare ale mașinilor de încercat.
- Fiecare încercare se va începe numai după ce funcționarea mașinii de încercat și fixarea epruvetelor în mașină au fost verificate de conducătorul lucrării de laborator.
- După terminarea efectuării lucrării la mașinile de încercat, acestea vor fi scoase din stare de funcționare.

---

## Concluzii

În cadrul acestui proiect de diploma s-a proiectat un dispozitiv de forfecare tip ARCAN pentru a determina proprietăților de mecanica ruperii a spumelor poliuretanică rigide.

În urma acestui studiu se pot trage următoarele concluzii:

- În prima parte a lucrării (*Capitolul 1*) s-a făcut o trecere în revistă a stadiului actual în caracterizarea mecanică a spumelor poliuretanică rigide, prezentându-se pe scurt tehnologia de fabricare a spumelor, respectiv structura, proprietățile, aplicațiile și avantajele utilizării materialelor celulare;
- În *Capitolul 2* sunt prezentate mai multe dispozitive de forfecare împreună cu dispozitivul de forfecare ARCAN care se dorește a fi proiectat în cadrul acestei teme;
- *Capitolul 3* este dedicat proiectării, calculului îmbinărilor de piese și modelării cu elemente finite a dispozitivului de forfecare tip ARCAN. Am efectuat calcule de îmbinări de piese pentru forfecare, strivire și întindere, unde am determinat aria pentru cele 3 tipuri de solicitări, tensiunea tangentială maximă (în cazul solicitării de forfecare) și tensiunea normală maximă (în cazul solicitării de strivire și întindere).
- Pentru a realiza modelul 3D al acestui dispozitiv s-a utilizat programul de proiectare CATIA V5R19, iar pentru efectuarea analizei cu elemente finite s-a folosit programul ANSYS.
- În *Capitolul 4* este prezentată realizarea practică a dispozitivului prin alegerea materialelor necesare și printr-o prezentare în detaliu a itinerarului tehnologic utilizat. Acest dispozitiv conține mai multe elemente componente, cum ar fi: corpul dispozitivului, sistemul de prindere și placutele de prindere.
- În vederea determinării principalelor proprietăți mecanice ale spumelor poliuretanică rigide, *Capitolul 5* este dedicat încercărilor experimentale.
- S-a determinat atât densitatea spumelor folosite cât și o analiză microstructurală a acestora;
- Din datele furnizate de mașina de încercat, s-au trasat diagramele caracteristice convenționale pentru epruvetele încercate,  $F = f(\Delta l)$  privind influența densității, respectiv influența unghiului de încărcare. Pentru toate epruvetele s-a obținut o curbă forță-deplasare liniară cu un salt la zero după atingerea forței maxime. Acest comportament fragil a fost observat și pe epruvetele testate unde în zona de rupere nu s-au văzut deformații plastice.

- S-a determinat tenacitatea la rupere pentru modul I, modul II si modul mixt de rupere si s-a constatat ca aceasta creste odata cu cresterea densitatii, ceea ce înseamnă că densitatea are un rol major în comportarea la rupere a spumelor poliuretanice rigide.
- S-a observat că pentru domeniul de densități studiat (între 100 și 300 kg/m<sup>3</sup>), tenacitatea la rupere variaza liniar cu densitatea. Totodată sunt propuse două ecuații pentru estimarea tenacității la rupere dacă se cunoaște densitatea.
- De asemenea, s-a determinat unghiul de inițiere a fisurii si s-a observat ca acesta crește odată cu creșterea unghiului de încărcare de la valoarea de 0° pentru Modul I pur de încărcare la valoarea de 69° pentru Modul II pur de încărcare, prezentând totodată o variație polinomială.
- In vederea realizarii dispozitivului si a testelor experimentale s-au respectat toate normele de protectia si securitatea muncii (*Capitolul 6*).



## Bibliografie

- [1] FAUR Nicolae, *Elemente finite: Fundamente*, Editura Politehnica, Timișoara, 2002
- [2] HANS-Albert Richard, *Bruchvorhesagen bei uberlagerter Normal-und Schubbeanspruchung von Rissen*, Editura VDI-FORSCHUNGSHEFT, Ediția 631/1985.
- [3] HLUȘCU Mihai, TRIPA Pavel, *Rezistența materialelor I*, Editura Mirton, Timișoara, 2014
- [4] HLUȘCU Mihai, TRIPA Pavel, *Rezistența materialelor II*, Editura Mirton, Timișoara, 2014
- [5] LINUL Emanoil, *TEZĂ DE DOCTORAT, Studiul factorilor care influențează proprietățile mecanice ale spumelor poliuretane rigide*, Editura Politehnica, Timișoara, 2011
- [6] MARȘAVINA Liviu, *Metode experimentale de determinare a tenacității la rupere*, Editura Politehnica, 2006
- [7] <http://www.slideserve.com/bond/compu-i-macromoleculari-sau-polimeri>
- [8] <http://www.scribub.com/stiinta/chimie/MATERIALE-DIN-POLIMERI75592.php>
- [9] <http://www.agir.ro/buletine/1613.pdf>
- [10] <https://ro.wikipedia.org/wiki/Poliuretan>
- [11] <http://www.madehow.com/Volume-6/Polyurethane.html>
- [12] <http://izolatii-spuma-poliuretane.ro/spuma-poliuretane-material-superior>
- [13] <http://www.diploma.ro/disertatii/obtinerea-spumelor-poliuretane-flexibile-3493>
- [14] <https://www.zoom-biz.ro/izolatii-termice-interioare-sf>
- [15] <http://www.spuma-poliuretane.ro/>
- [16] <https://www.zwick.de/de/produkte.html>
- [17] <https://www.zwick.de/de/produkte.html>
- [18] <http://www.iprotectiamuncii.ro/norme-protectia-muncii/nssm-1>
- [19] <http://www.iprotectiamuncii.ro/norme/norme-generale-protectia-muncii>

# ANEXE











## Curriculum vitae Europass



### Informații personale

Nume / Prenume

**CODRESCU Cristian**

Adresă(e)

Nr. 26, strada Dominic Stanca, județul Hunedoara, România

Telefon(oane)

Fix: +40 254242674

Mobil: +40 762717365

E-mail(uri)

cris\_cd2007@yahoo.com

Naționalitate(-tăți)

Română

Data nașterii

24.03.1993

Sex

Masculin

### Locul de muncă vizat / Domeniul ocupațional

#### Proiect de diplomă

#### Educație și formare

Perioada

Octombrie 2012 - prezent

Disciplinele principale  
studiate / competențe  
profesionale dobândite

Microeconomie  
Fundamente de inginerie electrică și electronică  
Fundamente de automatizari  
Rezistența materialelor  
Fundamente de mecanica  
Tehnologia materialelor  
Știința materialelor

Numele și tipul instituției  
de învățământ /  
furnizorului de formare

Universitatea "Politehnica" Timișoara  
Facultatea de Mecanica  
Domeniul: Inginerie Mecanica

Perioada

Septembrie 2008 – Iulie 2012

Calificarea / diploma  
obținută

Diploma de bacalaureat  
Filiera: Tehnologică, profilul: Resurse naturale și protecția mediului,  
Specializarea: Tehnician Ecolog și Protecția Calității Mediului

Disciplinele principale  
studiate / competențe  
profesionale dobândite

Tehnologia informației și Comunicării  
Calcul tehnice  
Educație antreprenorială  
Managementul calității  
Economie  
Managementul calității în domeniul protecției mediului  
Elemente de tehnologie generală

Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Grupul Școlar “Nicolaus Olahus” Orăștie																																																	
<b>Aptitudini și competențe personale</b>																																																		
Limba(i) maternă(e)	<b>Româna</b>																																																	
Limba(i) străină(e) cunoscută(e)																																																		
Autoevaluare																																																		
Nivel european (*)																																																		
<b>Engleza</b>																																																		
<b>Franceza</b>																																																		
	<table><tr><th colspan="4">Înțelegere</th><th colspan="4">Vorbire</th><th colspan="2">Scriere</th></tr><tr><th colspan="2">Ascultare</th><th colspan="2">Citire</th><th colspan="2">Participare la conversație</th><th colspan="2">Discurs oral</th><th colspan="2">Exprimare scrisă</th></tr><tr><td>B1</td><td>Utilizator independent</td><td>B1</td><td>Utilizator independent</td><td>B1</td><td>Utilizator independent</td><td>B1</td><td>Utilizator independent</td><td>A2</td><td>Utilizator elementar</td></tr><tr><td>A1</td><td>Utilizator elementar</td><td>A1</td><td>Utilizator elementar</td><td>A1</td><td>Utilizator elementar</td><td>A1</td><td>Utilizator elementar</td><td>A1</td><td>Utilizator elementar</td></tr></table>										Înțelegere				Vorbire				Scriere		Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral		Exprimare scrisă		B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	A2	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar
Înțelegere				Vorbire				Scriere																																										
Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral		Exprimare scrisă																																										
B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	B1	Utilizator independent	A2	Utilizator elementar																																									
A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar	A1	Utilizator elementar																																									
	(*) <a href="#">Nivelul Cadrului European Comun de Referință Pentru Limbi Străine</a>																																																	
Competențe și abilități sociale	Capacitatea de a comunica în mod constructiv în diferite medii, de a arata toleranță, de a exprima și a înțelege diferite puncte de vedere, de a empatiza și de a câștiga încredere. Acele competențe au fost dobândite prin interacțiunea cu persoane din diferite medii culturale, sociale, religioase, etc.																																																	
Competențe și aptitudini organizatorice	Capacități decizionale, capacități de analiză și sinteză, spirit organizatoric, aptitudini de coordonare Acele aptitudini au fost dobândite și îmbunătățite prin ocuparea poziției de Avocatul Elevilor al Consiliului Elevilor în ultimii doi ani de liceu.																																																	
Competențe și aptitudini tehnice	Folosirea instrumentelor și instalațiilor de laborator în domeniul protecției mediului prin realizarea stagiului de pregătire practică în ultimii doi ani de liceu.																																																	
Competențe și aptitudini de utilizare a calculatorului	Cunoștințe de operare Microsoft Office: Word, Power Point; Cunoștințe de operare Matlab, Catia Cunoștințe de utilizare a internetului																																																	
Competențe și aptitudini artistice	Muzica																																																	
Alte competențe și aptitudini	Certificat de calificare profesionala nivel 3: Tehnician ecolog si protectia calitatii mediului Am obținut diplomă de participare la Concursul Sănătate prin alimentație, etapa județeană, 2010 Hobby: fotbal, înot, tenis																																																	
Permis(e) de conducere	Categorie B																																																	



## Declaratie de autenticitate