

**Universitatea “Politehnica” din Timișoara**

**Facultatea de Mecanică**

**Departamentul de robotică**

**Lucrare de licență**

***Efectele toleranțelor dimensionale  
asupra unui sistem mecanic***

Coordonator:

Ș.l.dr.ing. Cristian Moldovan

Ing. Kornis Robert

Student:

Bărbuță Ioan

Timișoara 2017

## Rezumatul lucrării

Lucrarea de față, intitulată “Efectele toleranțelor dimensionale asupra unui sistem mecanic” abordează efectuarea calculelor de toleranțe și elaborarea anumitor metode de rezolvare a problemelor apărute. În această lucrare se vor aborda subiecte necesare dezvoltării unui concept. Totodată, pe baza unor modele CAD, vom diferenția două metode de poziționare a componentelor.

**În primul capitol** se va face o scurtă introducere a lucrării, se va prezenta importanța de a cunoaște principiul de efectuare a unui calcul de toleranțe și prezentarea pașilor ce vor fi parcurși în această lucrare.

**Capitolul doi** cuprinde trei tehnologii de prelucrare a materialelor: prelucrarea tablelor, turnare și frezare. În acest capitol se vor aborda noțiuni generale și se va insista asupra regulilor de design pentru a putea proiecta piesa în funcție de tehnologia utilizată.

**În capitolul trei** va fi abordată fiecare componentă în parte, iar pe baza noțiunilor de la capitolul doi se vor proiecta trei componente cu ajutorul cărora va fi format un ansamblu. Pe lângă aceasta, vor fi descrise etapele prelucrării și modul în care s-a gândit proiectarea pieselor.

**Capitolul patru** constă în explicarea toleranțelor, lanțului de toleranțe, și noțiuni ce stau la baza unui desen tehnic. Totodată va fi explicat procedeul de efectuare a unui calcul de toleranțe și pașii ce vor fi urmați.

**În capitolul cinci** se va discuta despre importanța statisticii și modul în care afectează toleranțele. Se va explica cum a fost conceput un program ce calculează automat un lanț de toleranțe.

**Capitolul șase** constă în efectuarea calculelor de toleranțe asupra două concepte, pe baza cunoștințelor acumulate în capitolele anterioare. Totodată, în acest capitol se vor prezenta metode de a rezolva problemele.

**În capitolul șapte** se vor trage concluziile finale și va fi evidențiat conceptul mai avantajos.

# Cuprins

<b>1. INTRODUCERE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. TEHNOLOGII DE PRELUCRARE .....</b>	<b>5</b>
2.1. TEHNOLOGIA TURNĂRII SUB PRESIUNE .....	5
2.2. PRELUCRAREA TABLEI.....	9
2.3. PRELUCRAREA METALELOR PRIN AȘCHIERE.....	11
<b>3. PREZENTAREA COMPONENTELOR ASUPRA CĂRORA SE VOR EFECTUA ANALIZE DE TOLERANȚE.....</b>	<b>14</b>
3.1. PLACA DE CABLAJ IMPRIMAT .....	14
3.2. CARCASA.....	19
3.3. CAPACUL.....	22
3.4. AȘAMBLAREA COMPONENTELOR .....	23
<b>4. TOLERANȚE- CONSIDERAȚII GENERALE.....</b>	<b>25</b>
<b>5. APLICAREA STATISTICII ÎN EFECTUAREA CALCULELOR DE TOLERANȚE.....</b>	<b>31</b>
5.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE .....	31
5.2 ÎNTOCMIREA UNUI TABEL PENTRU CALCULAREA LANȚULUI DE TOLERANȚE ȘI EXPLICAREA LUI.....	34
<b>6. EFECTUAREA CALCULELOR DE TOLERANȚE ȘI METODE DE REZOLVARE A PROBLEMELOR APĂRUTE .....</b>	<b>40</b>
6.1. <i>Determinarea decalajului dintre gaura de pin a plăci cu cablaj imprimat și pinii carcasei.....</i>	<i>41</i>
6.2. <i>Determinarea decalajului înălțimii pinului de la carcasă și suprafața de contact între capac și carcasă.....</i>	<i>47</i>
6.3. <i>Determinarea decalajului existent după introducerea capacului în carcasă.....</i>	<i>49</i>
6.4. <i>Determinarea vizibilității plăcii de cablaj.....</i>	<i>51</i>
6.5. <i>Determinarea trecerii șurubului prin cele 3 componente.....</i>	<i>58</i>
<b>7. COCLUZII .....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>67</b>

# 1. Introducere

Lucrarea de față își propune să familiarizeze cititorul cu anumite noțiuni pentru proiectarea unui dispozitiv electronic. Structura capitolelor este în așa măsură încât cititorul să poată înțelege ușor informațiile: în primul rând, noțiunile teoretice, urmând ca după aceea să fie parcursă partea de calcul. Se pleacă de la ideea conceperii unui ansamblu format din trei componente/repere. În capitolele doi și trei se va prezenta proiectarea fiecărei piese, pentru diferite tipuri de tehnologii. Cele trei produse sunt concepute cu diferite tehnologii, deoarece putem evidenția diferențele de design și faptul că pentru fiecare piesă, sunt caracteristice anumite tipuri de toleranțe, ceea ce influențează calculele.

Pentru a fi înțelese anumite puncte din lucrare, se va pleca de la ideea că nici o piesă nu este ideală. Fiecare piesă este influențată de anumite toleranțe care, la rândul lor, sunt influențate de procesul de fabricație. În cele mai multe cazuri, în momentul în care dorim asamblarea mai multor componente, întâmpinăm probleme precum neasamblarea, coliziunea anumitor componente sau nerespectarea unor cerințe ce sunt influențate de toleranțe.

În capitolele patru și cinci vom putea observa cum putem face piesa mai precisă și de ce calcule este nevoie. Pe lângă aceasta, vom evidenția influența statisticii asupra procesului de fabricație, urmând ca în capitolul șase să evidențiem modul în care se efectuează calculele de toleranțe, să analizăm ansamblul și să punem în evidență dacă este posibilă asamblarea.

Pe lângă acestea, se vor analiza două moduri de centrare a pieselor. Vor fi analizate cele două metode și vor fi puse în evidență aspectele pozitive și aspectele negative ale celor două metode. Vom diferenția cele două metode și vom concluziona.

Pe această cale tind să mulțumesc domnului Cristian Moldovan și domnilor Kornis Robert și Drăgan Alin, angajați ai companiei Continental Automotive, pentru sprijinul acordat.

## Corporația Continental

*Scurt istoric:* Continental-Caoutchouc- & Gutta-Percha-Compagnie a fost fondată în Hanover pe data de Octombrie 8, 1871. Fabricația include țesături cauciucate, anvelope solide pentru vagoane și biciclete, precum și produse din cauciuc moale. În perioada 1901-1930 a fuzionat cu companii importante din industria de cauciuc din Germania pentru a forma Continental Gummi-Werke AG. În anii 1931-1960 se lansează producția de suporturi pentru motoare, curele de transport cu cablu din oțel, arcuri de aer și anvelope radiale. În perioada 1961-1990, afacerea este extinsă în Europa și America, prin achiziții și înființarea de companii mixte internaționale. În 1991-2013 este lansat primul anvelopă pentru pasageri ecologică, are loc introducerea tehnologiei cheie pentru sistemele de acționare hibride și Continental achiziționează producătorul de anvelope Modi Tires? Company Limited.

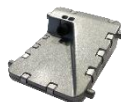
Corporația Continental are un total de 291 de locații în 46 de țări și este împărțită în 5 divizii: Șasiu și siguranță, Anvelope, Sisteme de propulsie, Interior, ContiTech.

**Divizia Șasiu și siguranță:** 78 de locații în 20 de țări.

Produse ADAS: **Radar**



**Camera**



**Lidar**



### Tehnologii



Recunoaștere semnelor din trafic



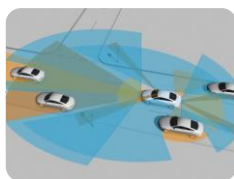
Frânare de urgență



Monitorizarea și detectarea părăsirii neintenționate a benzii de către șofer



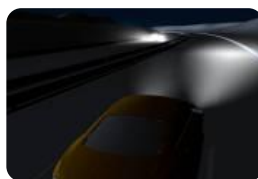
Autopilot adaptiv



Vederea împrejurimii



Avertizarea șoferului dacă în punctul mort se află alt vehicul



Controlul inteligent al farurilor



Sistem de avertizare a traficului din spatele mașinii

## 2. Tehnologii de prelucrare

### 2.1. Tehnologia turnării sub presiune

#### *Noțiuni generale*

Tehnologia de formare-turnare cuprinde toate elementele tehnologiei necesare și anume, de la execuția modelului până la controlul calitativ final al piesei. Reprezintă baza de plecare în realizarea pieselor turnate din oțel, fontă sau aliaje neferoase.

Tehnologia de formare-turnare se întocmește avându-se la bază desenul piesei finite. Studiindu-se minuțios desenul piesei finite, se stabilesc:

- Poziția de turnare
- Planul de separație
- Adaosurile de prelucrare
- Înclinările și racordările constructive
- Adaosurile tehnologice
- Rețele de alimentare [7]

Tehnologia turnării sub presiune (TSP) a aluminiului, este utilizată acolo unde mărimea seriei și cerințele de calitate ale piesei turnate sunt mai ridicate. Se folosește pentru obținerea din piese din industria auto, electrică, și de uz casnic. Matrițele necesită o proiectare laborioasă, cât și materiale, prelucrări, tratamente, scule și execuție mai pretențioase.<sup>[1]</sup>

Procesul tehnologic de formare și turnare a unei piese finite impune obținerea unei calități cât mai bune la un preț de cost cât mai mic. În aceste condiții, trebuie să se țină cont de alegerea corectă a următoarelor elemente: planele de separație a formelor și de selecționare a modelului, înclinările și racordările constructive, adaosurile de prelucrare și tehnologice, coeficientul de contracție, tipul rețelei de turnare, dimensionarea și amplasarea canalelor de alimentare, a maselotelor și răsuflătorilor.

Proiectarea modelelor începe prin studiul desenului piesei turnate. În funcție de configurația geometrică a acesteia se alege poziția de turnare, planul de separație a formei și planul de secționare a modelului. Alegerea suprafeței de separație trebuie să permită:

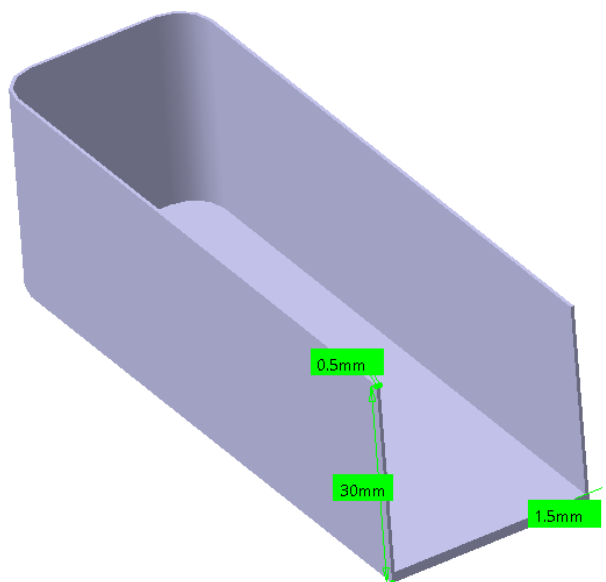
- Extragerea cât mai ușoară a modelului din formă

- Obținerea unei forme cu miezuri cât mai puține, precum și montarea ușoară și sigură a acestora
- Așezarea suprafețelor prelucrate în partea de jos a formei sau lateral deoarece în partea superioară se adună incluziuni de nisip și zgură .[7]

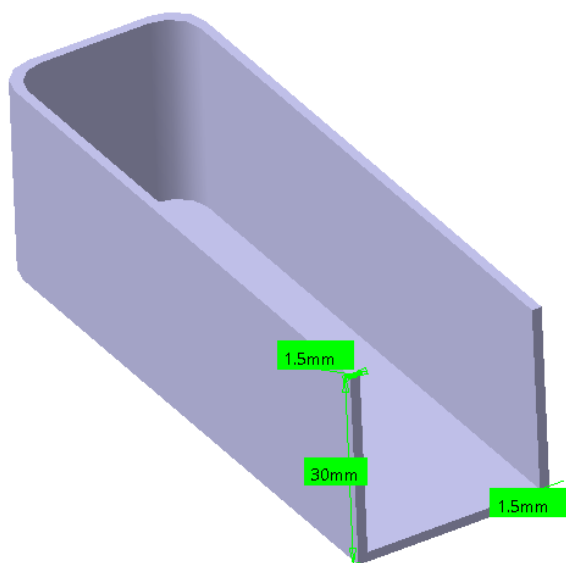
### *Proiectarea modelelor*

**Dimensiunea minimă și maximă a pereților** transversali pe orice parte, este în mare măsură dependentă de dimensiunea totală al piesei. Cea mai importantă problemă de care este nevoie să ținem cont este capacitatea de a umple piesa în timpul etapei de turnare a procesului.

- În general, grosimea optimă de perete este între 1mm și 3mm, dar, din nou, este legată de dimensiunea totală a piesei.
- Minimizarea grosimii peretelui reduce, de asemenea, conținutul materialului unei părți și costul acesteia.
- La celălalt capăt al spectrului, sunt posibile grosimi ale pereților de 13mm, dar pe măsură ce crește grosimea peretelui, la fel se întâmplă cu timpul ciclului procesului de turnare, consumul de materiale crește și ciclurile de debavurare și sinterizare.
- Fiecare dintre aceste creșteri reprezintă o creștere parțială a costului [2]



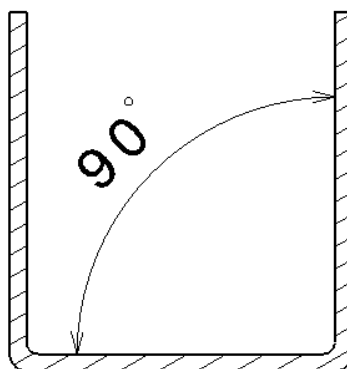
**Figura 2.1 Exemplu de piesă cu grosime de perete prea mică**



**Figura 2.2 Exemplu de piesă cu grosime de perete prea mică**

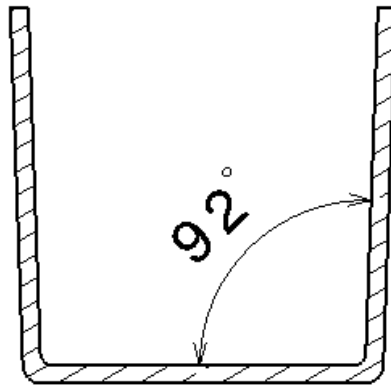
În figura 2.1 și 2.2 sunt prezentate două piese cu grosime de perete diferită. Prima piesă are o grosime de perete de 0.5mm. În primul rând, nu este recomandat, deoarece la aliaje de aluminiu este recomandată o grosime de minim 0.9mm, în al doilea rând, este posibil ca pereții să se îndoiească și nu în ultimul rând grosimea de perete nu este constantă. În figura 2.2 este prezentată aceeași piesă cu grosimea de perete constantă de 1.5mm. Cu toate acestea, pentru a avea o stabilitate mai bună, pot fi adăugate anumite nervuri.

**Înclinarea suprafețelor** se referă la conicitatea sau panta atribuită miezurilor și altor părți ale cavității matriței. Acest element împiedică blocarea piesei în matriță, în timpul aruncării, făcând mult mai ușoară deschiderea matriței și evacuarea cu ușurință a piesei. Înclinațiile încep de la planul de separație. Calcularea unghiului va fi diferită pentru înclinațiile din interiorul peretelui/găurii față de cele din exteriorul peretelui/găurii. Variațiile contracției vor determina calculul corect (valoarea unghiului de înclinație).<sup>[2]</sup>



**Figura 2.3 Secțiune dintr-o piesă fără înclinație (nerecomandat)**





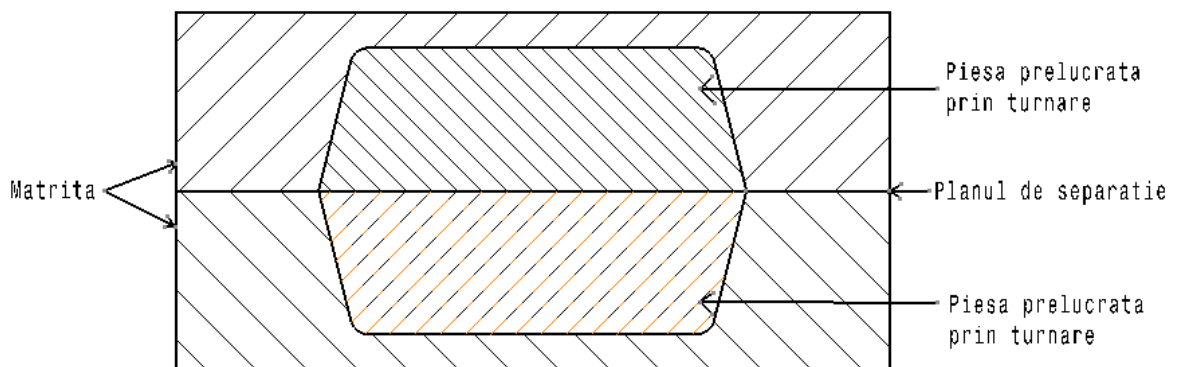
**Figura 2.4** Secțiune dintr-o piesă cu înclinație (recomandat)

**Racordările constructive** sunt rotunjiri interioare sau exterioare între doi pereți ai piesei turnate și au drept scop prevenirea defectelor de turnare, în special a crăpăturilor la cald.

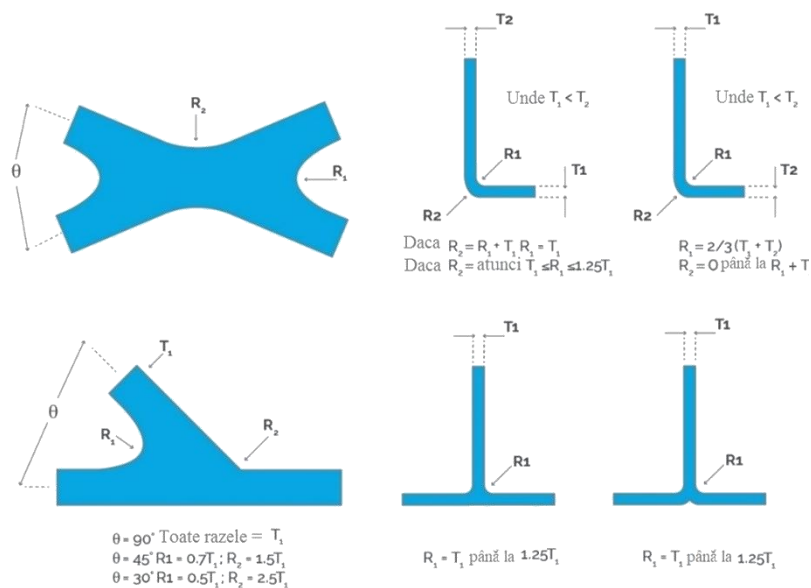
Din practică, se poate spune că este aproape imposibilă producerea pieselor care lucrează la presiune fără racordări constructive, deoarece piesele supuse încercării la presiune curg prin porții care se formează la îmbinarea celor doi pereți. Astfel, piesele turnate se prevăd în mod obligatoriu cu racordări constructive. [7]

Razele sunt recomandate pentru a evita tensiunile apărute la nivelul componentei sau la nivelul matriței. Trebuie să se utilizeze raze de dimensiuni corespunzătoare la toate marginile componentelor interne și externe. Excepție asupra acestei reguli, este locul în care se află planul de separație al sculei. [2]

Mărirea dimensiunilor razelor va scădea tensiunea apărută la baza unei nervuri.



**Figura 2.5** Evidențierea planului de separație



**Figura 2.6 Raze recomandate** [2]

Unde:  $R_2$  = Raza exterioară,  $R_1$  = Raza interioară,  $T_1, T_2$  = Grosimea peretelui,  $\Theta$  = unghi. [2]

## 2.2. Prelucrarea tablei

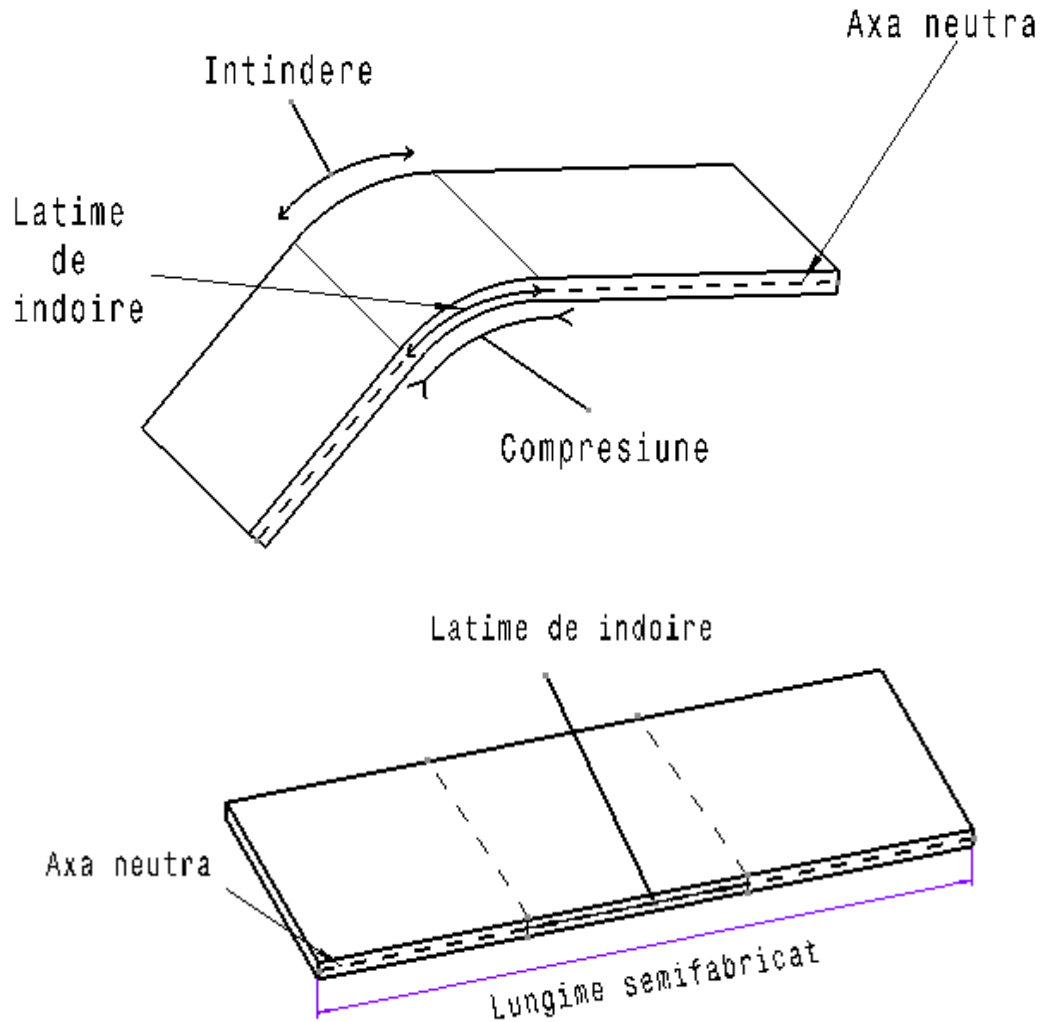
Tablele sunt semifabricate care au una dintre dimensiuni (grosimea) mai mică decât celelalte două. Prelucrarea lor prin deformare plastică asigură obținerea unor piese apropiate de forma finită, cu adaosuri minime sau chiar zero. Întreg procesul tehnologic poate fi ușor automatizat.

Piesele obținute prin deformare plastică pot înlocui cu succes pe cele turnate, forjate, laminate sau obținute prin alte procedee în condițiile asigurării scopului funcțional al piesei, al reducerii consumului de material și al manoperei.

Perfecționările aduse în procesul de fabricare al matrițelor au stimulat dezvoltarea tehnologiilor de formare plastică a tablelor, prețul de cost ridicat al matriței fiind unul între factorii care au frânat implementarea pe scară largă a acestor tehnologii. Dezvoltarea fără precedent a industriei constructoare de automobile constituie unul din factorii care au accelerat progresul acestor procedee tehnologice.

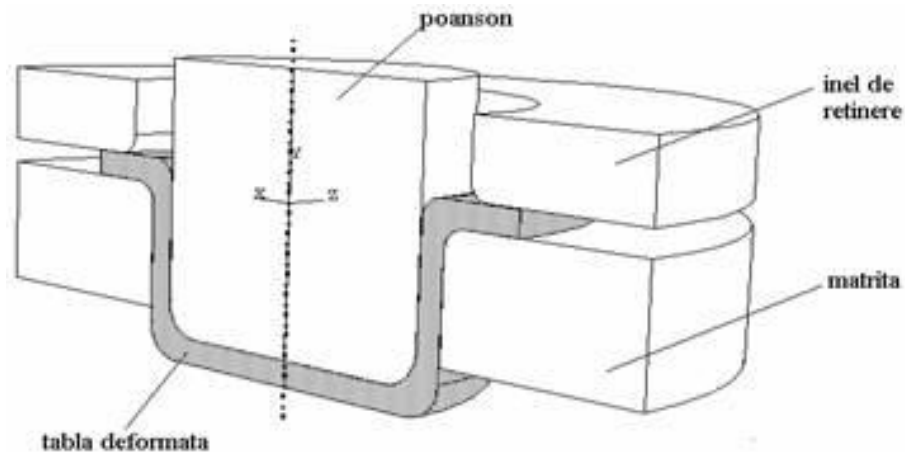
Principalele procedee tehnologice de prelucrare a tablelor sunt: ambutisarea, îndoirea, profilarea, răsfângerea, umflarea, fasonarea pe strung, dar și procedee speciale de ambutisare cum este ambutisarea prin explozie.

*Îndoirea* este procedeul de deformare plastică prin care se schimbă orientarea axei semifabricatului, fără afectarea lungimii lui. Raza exterioară rezultată în urma îndoirii este egală cu raza interioară adunată cu grosimea plăcii ambutisate.



**Figura 2.7** *îndoirea tablelor* .[7]

*Ambutisarea* este procesul tehnologic de prelucrare prin deformare plastică, prin care dintr-un semifabricat plan (de regulă sub formă de disc) se obține o piesă cavă (adâncă). În cursul procesului de ambutisare volumul de material excedentar deplasat contribuie la formarea cutelor. Pentru materiale groase, aceste cute sunt netezite de jocul între poanson și matriță, în timp ce pentru piesele adânci din materiale subțiri, împiedicarea formării cutelor se face cu ajutorul unui inel de reținere care apasă asupra materialului în timpul deformării.



**Figura 2.8 Procesul de ambutisare.<sup>[8]</sup>**

Ambutisarea se face cu micșorarea grosimii pereților sau fără micșorarea grosimii pereților. Sub acțiunea forței de apăsare a poansonului, tabla va lua forma matriței. Pentru ca în timpul deformării piesa să nu se taie, atât muchiile poansonului cât și ale matriței se rotunjesc cu raze de racordare.

## **2.3. Prelucrarea metalelor prin așchiere**

### ***Generalități***

Prelucrarea prin așchiere presupune îndepărtarea succesivă de material, sub formă de așchii cu ajutorul unei scule așchietoare folosind o mașină-unealtă. Mașina-unealtă are o mișcare relativă pentru desprinderea așchiilor de pe semifabricat. Mișcarea dintre sculă și semifabricat se numește mișcare de așchiere și este formată din mișcarea principală și mișcarea secundară.

Semifabricatul reprezintă piesa brută de pe care se îndepărtează materialul, ea se obține prin turnare, laminare, forjare și matrițare. Piesa finită este piesa generată prin modificarea progresivă a formei, dimensiunilor și preciziei semifabricatului.

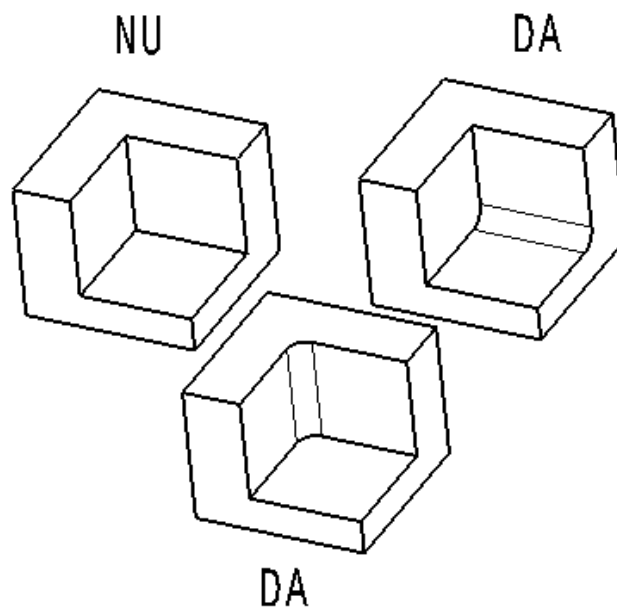
Principale procedee de prelucrare prin așchiere sunt: strunjire, rabotare, mortezare, găurire, broșare, frezare.

Dintre toate acestea, frezarea este procedeul de prelucrare prin așchiere pe care se va pune accent în această lucrare. Frezarea se realizează cu ajutorul sculei numită freză, mașina numindu-se mașină de frezat. Prin procedeul de frezare se pot obține forme de suprafață precum forme plane, profilate plane sau curbilinii, iar ca prelucrări executate pe mașinile unelte respective: danturare, filetare, găurire, strunjire. Mașinile de frezat sunt mașini-unelte

destinate prelucrării pieselor prin aşchiere, cu ajutorul unor scule cu mai multe tăişuri, aceasta fiind freza. Această prelucrare se realizează prin îndepărtarea adaosului de prelucrare sub forma unor aşchii discontinue, de secţiune variabilă [9]

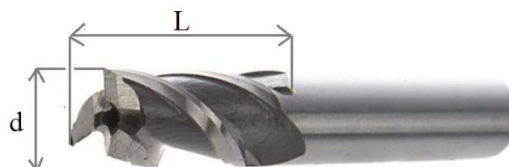
### ***Proiectarea pieselor realizate prin frezare***

1. Atunci când are loc proiectarea unui colţ interior în trei muchii, una din marginile interioare trebuie să aibă rază, precum în figura 2.9



**Figura 2.9 Razele necesare pentru prelucrare**

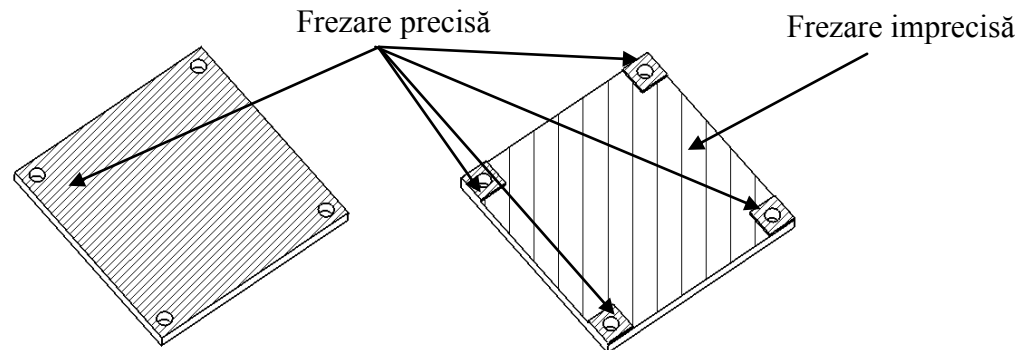
2. Raportul dintre lungimea părţii activă a frezei(L) şi diametrul frezei(d) să nu fie mai mare de 3:1. Dacă este necesară o freză cu un diametru de 10mm, lungimea maximă a părţii active a frezei va fi egală cu  $3\text{mm} \cdot 10\text{mm} = 30\text{mm}$  şi va rezulta înălţimea de 30mm din desen.



**Figura 2.10 Evidenţiere diametru şi lungimea activă a frezei**

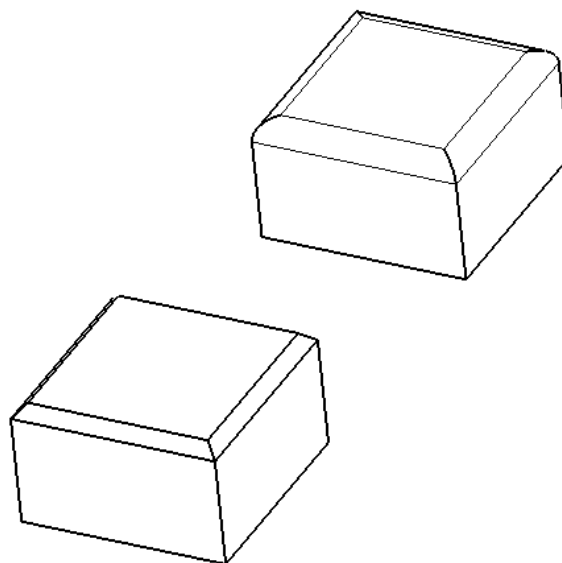
3. Este recomandată dimensiunea frezelor standard, pe cât posibil
4. Dacă este posibil, se permite ca valoarea razei interioare să fie impusă de către personalul din fabricaţie.

5. În cazul în care există o suprafață mai mică la care este nevoie de precizie, este recomandată proiectarea piesei astfel încât să nu fie realizată o prelucrare precisă pe alte suprafețe fără interes, dacă este posibil.



**Figura 2.11 Realizarea unei frezări cu precizie mare pe suprafața de interes**

6. Pentru formele exterioare, sunt preferabile teșirile în locul razelor. Pentru realizarea unei raze, este necesară o precizie mare, din această cauză, costurile cresc mai mult decât la realizarea unei teșiri. [11]



**Figure 2.12 Realizarea teșirilor în locul razelor**

### 3. Prezentarea componentelor asupra cărora se vor efectua analize de toleranțe

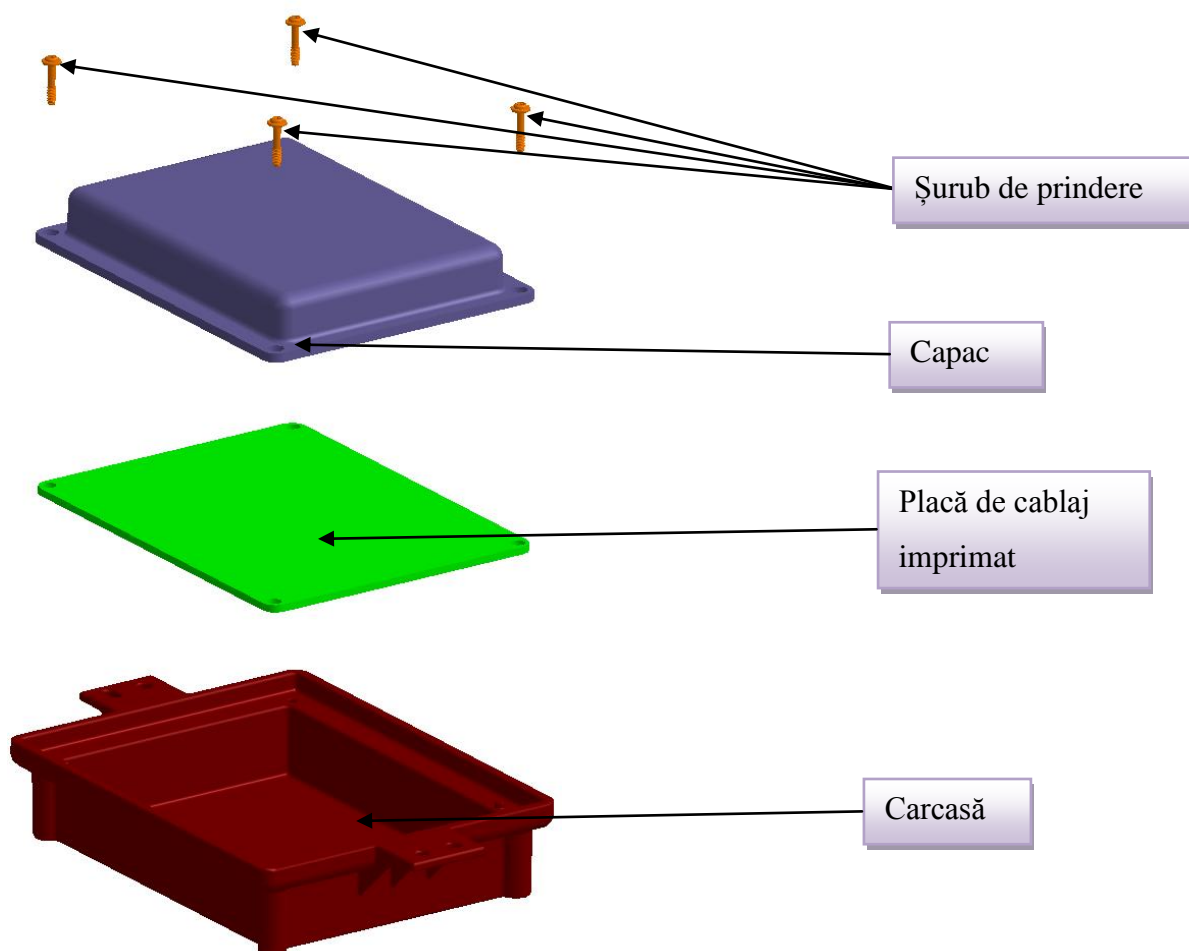


Figura 3.1 Vedere explodată a ansamblului

#### 3.1. Placa de cablaj imprimat

##### *Descriere*

Cablajele imprimate constituie una dintre cele mai folosite metode de realizare a conexiunilor în circuitele electronice și electrice. Asigurând un grad de compactitate ridicat, o reproductibilitate mare în poziționarea pieselor, un volum redus, o montare și o asamblare ușoară, posibilitatea de a automatiza complet operația de realizare a circuitelor, o fiabilitate ridicată și un cost redus, această tehnologie are numeroase avantaje și, ca urmare, are numeroase utilizări.

Cablajele imprimate includ în general: un suport izolant, rigid sau elastic, conductoare imprimate, pelicule de acoperire și protecție și, eventual, adezivi.

În funcție de numărul planelor în care se situează conductoarele, există cablaje imprimate mono strat, dublu strat și multi strat.

Desenarea unui cablaj imprimat este precedată de definirea spațiului disponibil pentru amplasarea plăcii și alegerea modului de fixare a acesteia.

Obținerea plăcilor la dimensiunile stabilite și fixarea componentelor se realizează totdeauna în producție cu anumite toleranțe dimensionale, de formă și de poziție, toleranțe care trebuie avute în vedere la proiectare.

Fixarea plăcilor cu cablaj imprimat trebuie să aibă în vedere asigurarea la șocuri și vibrații împotriva rezonanțelor mecanice, prin ghidaje, rigidizări, imobilizări. Probleme deosebite pot apărea la circuitele plasate pe vehiculele terestre și aeriene, pe rachete, pe sateliți, în astfel de cazuri, plăcile cu cablaj imprimat se înglobează în rășină.<sup>[3]</sup>

Definirea plăcilor de cablaj imprimat (eng. PCB-Printed Circuit Board): sunt un element de bază în industria electronică și constituie suportul fizic al schemelor și componentelor electronice. Ele sunt constituite dintr-un substrat, uzual din sticlotextolit și o folie de câțiva microni grosime de cupru. Cablajul imprimat se găsește în comerț sub formă de plăci de diferite dimensiuni, cu o singură parte placată cu cupru (single-side) sau cu ambele fețe placate cu cupru(double-side).<sup>[4]</sup>

Pentru acest studiu de caz, nu va fi necesară plasarea componentelor, însă, în realitate componentele se plasează astfel încât să nu intre în coliziune cu capacul sau carcasa.

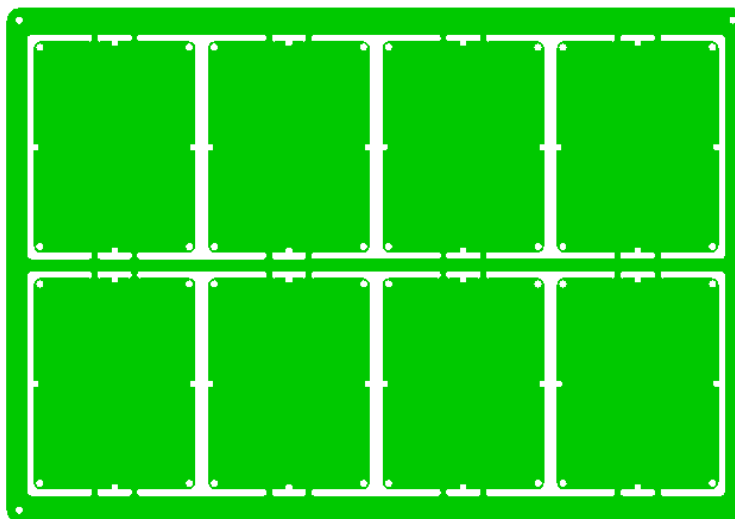
### **Materialul utilizat**

Sticlotextolitul FR4 este un laminat termo rigid pe bază de țesătură de sticlă și rășină expodică în clasa termică de izolație F (155 °C). Din clasa stratificatelor, sticlotextolitul are cele mai bune proprietăți electrice. Sticlotextolitul este utilizat atât ca material electroizolant la fabricarea de pene de crestătură, diverse mașini și echipamente, în special la acelea unde se cere o bună stabilitate dimensională, rezistență la temperatură ridicată, flamabilitate scăzută și o bună rezistență chimică. Sticlotextolitul poate fi de asemenea prelucrat mai ușor ca alte materiale, iar datorită rezistenței sale ridicate la temperatură, poate înlocui laminatele rigide pe bază de rășină siliconică. <sup>[5]</sup>



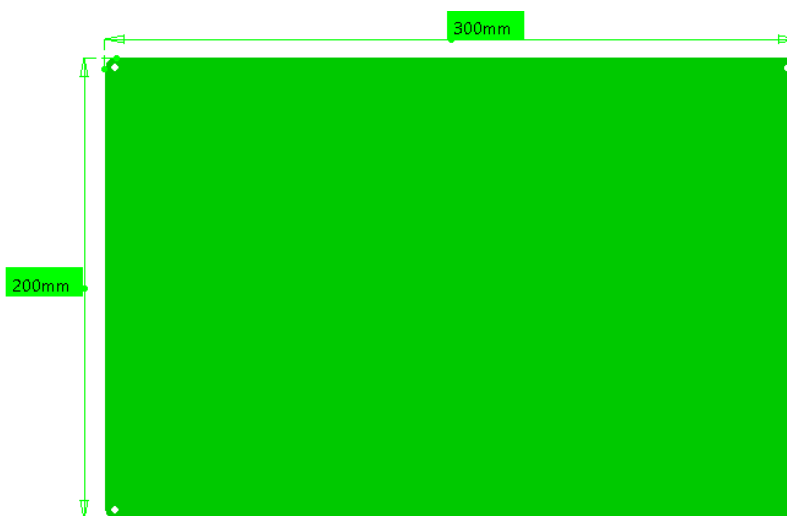
### ***Proiectarea plăcii ținând cont de regulile de proiectare pentru frezarea mecanică***

Pentru ca placa să fie asamblată, este nevoie de o anumită prelucrare. Aceste prelucrări sunt cele de aşchiere, asupra unui panou. În urma prelucrărilor efectuate asupra panoului, vor rezulta mai multe plăci de cablaj, precum în figura 3.2.



**Figura 3.2 Panou cu plăci de cablaj imprimat**

Pentru a ajunge la un panou cu plăci de cablaj imprimat precum în figura 3.2, s-au realizat prelucrări ce vor fi detaliate în următoarele rânduri. Se presupune că placa din figura 3.3 are dimensiuni găsite pe piață și asupra ei vor fi aduse modificări. Pentru a putea fi prelucrată, este necesar să fixăm placa. Pentru a realiza proiectarea panoului, este necesară colaborarea cu personalul din industrie.



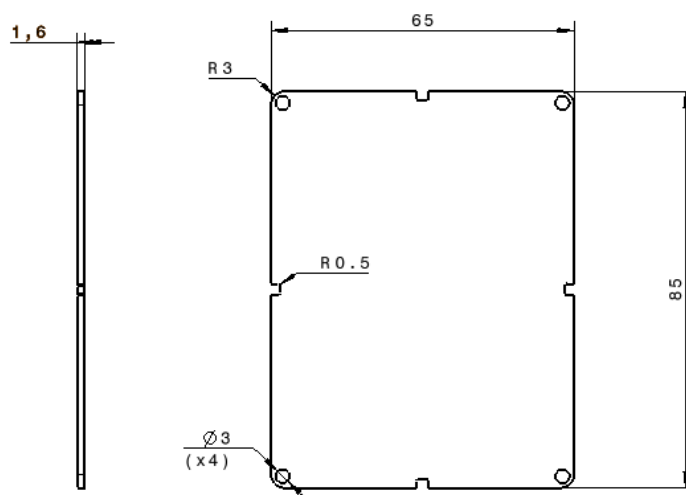
**Figura 3.3 Panoul fără prelucrări ulterioare**

Se vor executa prima dată găurile, cu ajutorul burghiului. În acest caz, avem 4 găuri de realizat, cu ajutorul cărora vom putea prinde placa de cablaj imprimat în carcasă, cu ajutorul șuruburilor. După această fază, va fi frezat conturul, după cum se observă în figura 3.2, iar dintr-un panou, vor rezulta 8 plăci de cablaj imprimat.

În acest studiu de caz, vom face diferența între două metode diferite de poziționare a plăcii în carcasă. Din această cauză, vom avea în vedere două cazuri.

### Cazul 1

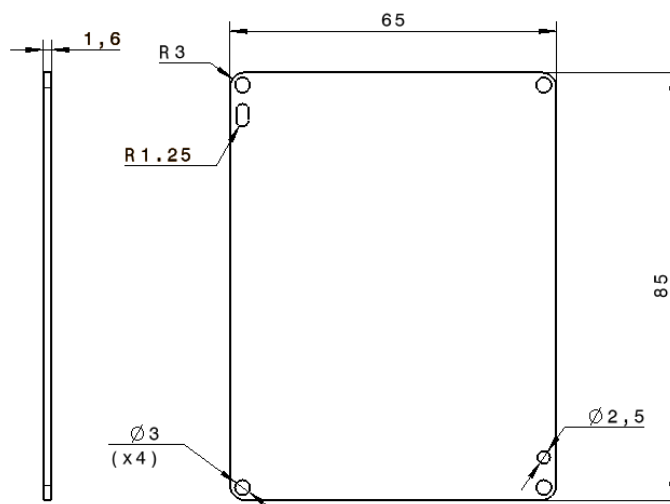
Pentru primul caz, este nevoie de îndepărtarea de material pentru patru locașe cu ajutorul cărora placa de cablaj va putea fi poziționată în carcasă. În vederea acestor prelucrări, trebuie să ținem cont de faptul că avem nevoie de precizie ridicată, ceea ce influențează viteza de lucru, iar aceste prelucrări duc la creșterea timpului în care piesă va ajunge în stare finită. Desenul de execuție este atașat acestei lucrări. După cum se observă, pentru a realiza locașele de poziționare, este nevoie de o freză cu diametrul foarte mic, deoarece razele au valoarea de 0.5mm. În figura 3.5 este prezentat desenul 2D al plăcii rezultate după ce are loc depanelarea.



**Figura 3.4 Placă cu 4 locașe de poziționare**

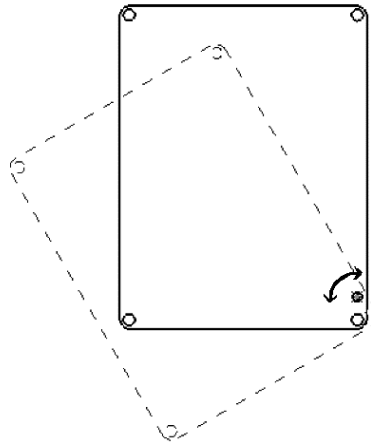
### Cazul 2

În acest caz, poziționarea în carcasă se va face cu ajutorul a 2 pini de centrare. O gaură de pin este rotundă, iar o gaură va fi alungită.



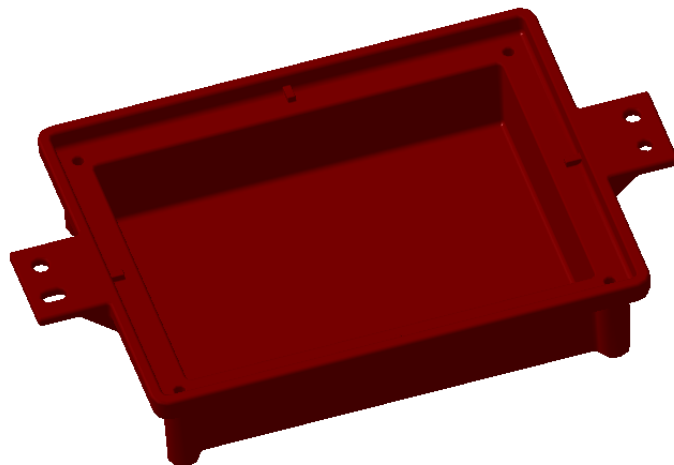
**Figura 3.5 Placă cu pini de centrare**

Folosirea pinilor de centrare în cele două cazuri este pentru a elimina cele șase grade de libertate. Cele șase grade de libertate sunt constituite de trei translații, de-a lungul axei X, Y și Z, și din trei rotații, în jurul celor trei axe. Ceea ce interesează este blocarea a două translații și a unei rotații, deoarece o translație și 2 rotații vor fi blocate în momentul asamblării. Pentru aceasta, în primul caz se folosește 4 pini de centrare, pentru a avea un joc mai mic al piesei și pentru a bloca gradele de libertate. În cel de-al doilea caz, prima gaură de diametru 2.5mm are rolul de a bloca două translații, însă mai rămâne o rotație de blocat, precum în figura 3.7 . Rotația rămasă este rotația în jurul axei găurii de diametru 2.5, iar pentru a elimina această rotație, se realizează o gaură alungită. Pe lângă aceste avantaje, realizarea unei găuri alungite face ca asamblarea să fie mai facilă. În cazul în care sunt realizate două găuri simple, de diametru 2.5mm, este nevoie de o precizie foarte mare la prelucrare și asamblarea va fi mai dificilă.



**Figura 3.6 Evidențierea ultimei rotații ce trebuie blocate**

### **3.2. Carcasa**



**Figura 3.7 Modelul 3D al carcasei**

#### ***Descriere***

**Descriere:** Carcasa este principala componentă care va susține întreg ansamblul. Pe carcasă va fi amplasată placa de cablaj, iar poziționarea se va face în primul caz cu 4 locașe de poziționare, iar în cazul 2 cu ajutorul a 2 pin ide centrare. Procedeu prin care se va realiza carcasa va fi cel de turnare al aliajului de aluminiu. În vederea procesului de turnare, se va ține cont de regulile de proiectare prezentate în capitolul 2.1 .

Materialul utilizat este AlSi12Cu care are proprietăți mecanice bune, precum și o rezistență la coroziune bună, datorită Titanului și Nichelului.

Compoziția aliajului, în conformitate cu DIN 1725 este după cum urmează

**Tabelul 3.1 Compoziție AlSi12Cu** [6]

<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Si</b>	<b>Fe</b>	<b>Ti</b>	<b>Ni</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Pb</b>	<b>Sn</b>	<b>Al</b>
1,0%	0.5%	11-11.3%	0.8%	0.2%	0.2%	0.5%	0.3%	0.2%	0.1%	Rest

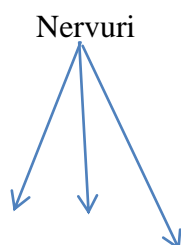
Pentru aplicațiile actuale se poate confirma că flanșele din aliaj de aluminiu fabricate pot fi utilizate la presiuni de până la 6 bari și o temperatură de 150°C [6]

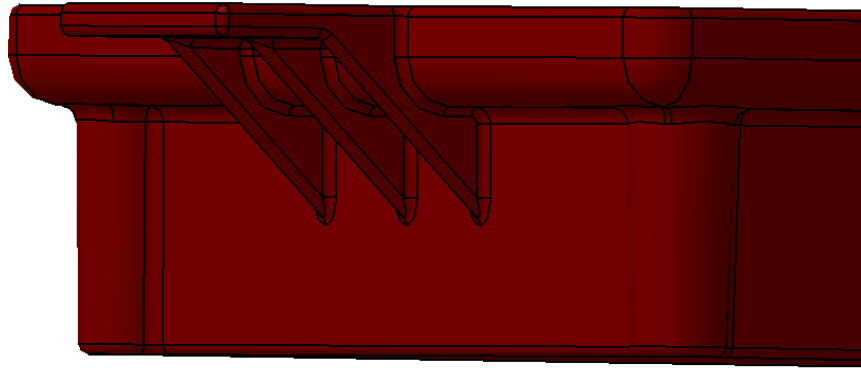
### ***Proiectarea carcasei pe baza regulilor de design***

. Pentru proiectarea carcasei s-a folosit CATIA, o soluție software ce poate acoperi întregul proces de dezvoltare plecând de la ideea de concept. Pentru proiectarea carcasei, se va ține cont de aspecte legate de tehnologia utilizată. În cazul prezentat, carcasa va fi realizată prin procesul de turnare, iar dimensiunile totale ale piesei sunt influențate de parametri precum dimensiunea plăcii de cablaj imprimat, locul în care va fi poziționat produsul, restricțiile primite de la client, modul în care va fi montat ansamblul pe mașină, etc.

Regulile de proiectare ce s-au folosit la realizarea carcasei și care au dus carcasa într-un punct în care poate fi realizată prin procesul de turnare sunt următoarele:

- Dimensiunea constantă a pereților și întărirea lor cu nervuri, dacă este necesar. S-a folosit întărirea cu ajutorul nervurilor a pereților ce ajută la prinderea pe mașină a întregului ansamblu, deoarece va fi locul în care se vor crea tensiuni mai mari.



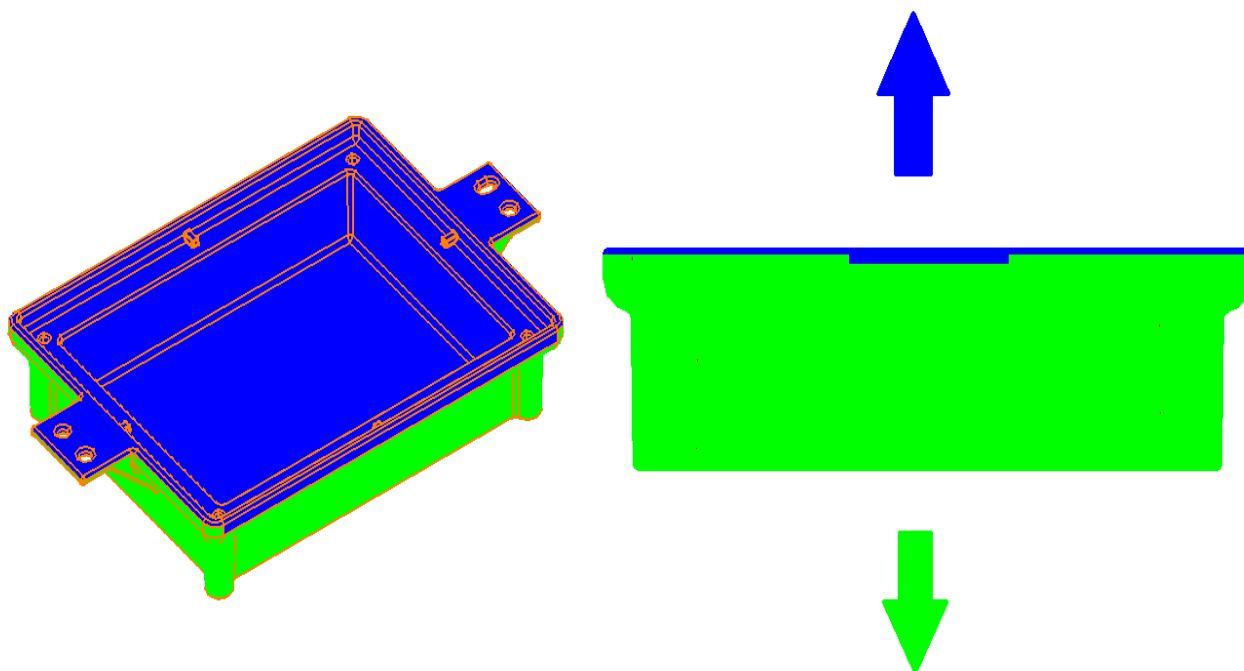


**Figura 3.8 Evidențierea nervurilor**

- Utilizarea razelor și eliminarea colțurilor pentru a preveni ruperile și pentru a facilita aruncarea piesei din matriță.
- Folosirea unghiurilor pentru pereți. Înclinarea pereților facilitează aruncarea din matriță a piesei.

### **Analiza pereților înclinați**

În programe pentru proiectarea pieselor putem face o analiză a pereților înclinați pentru piesele create. Scopul este de a determina dacă pe o piesă există sau nu sub tăieri. Pentru a determina dacă direcția de extragere a piesei este bună, se definesc anumite culorile. În acest caz, se alege culoarea verde pentru o direcție de extragere a piesei din matriță și culoarea albastră pentru direcția opusă de extragere. În aceste două cazuri piesa se poate extrage din matriță, iar unghiurile sunt de cel puțin un grad, iar roșu dacă unghiurile sunt mai mici de un grad. Unghiul minim recomandat este de 0,5 grade, exceptând anumite cazuri în care nu pot fi impuse unghiuri mai mici. Pentru carcasă, s-a ales ca unghiul minim să fie de un grad pentru a putea extrage mai ușor piesa din matriță. După cum se poate observa în figura 3.8, nu avem culoarea roșie prezentă, extragerea piesei din matriță fiind posibilă.

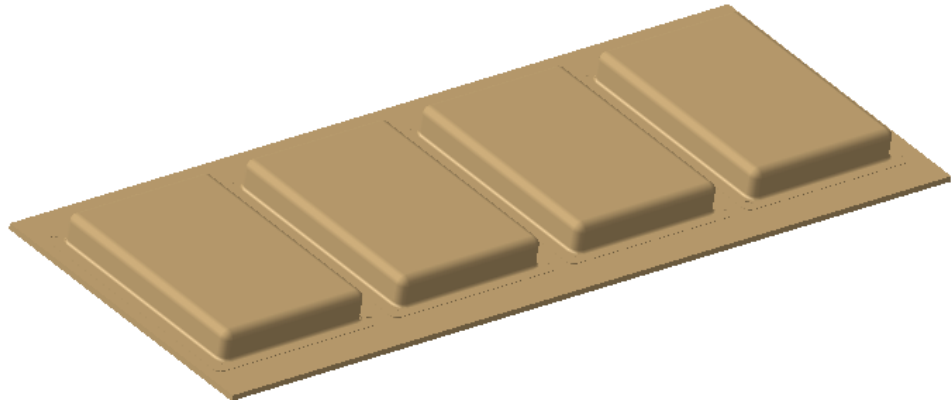


**Figura 3.9** Analiza pereților înclinați a carcasei

### **3.3. Capacul**

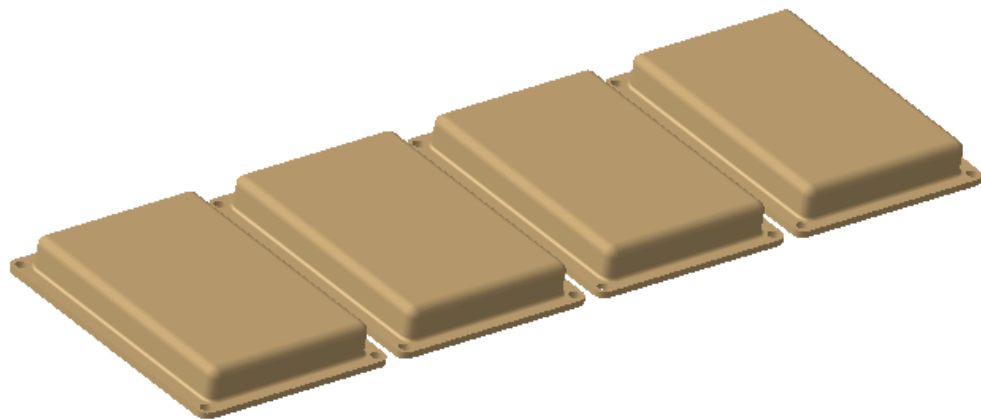
#### ***Descriere***

Capacul este componenta mecanică care are ca rol de protecție a componentelor și de fixare a plăcii de cablaj, în ansamblul asupra căruia se va realiza acest studiu de caz. Pentru a realiza capacul, se ia o bucată de tablă de grosimea dorită, iar asupra ei se fac prelucrările. Se presupune că vor fi realizate 4 semifabricate pe aceeași tablă, iar după ce se realizează ambutisarea, placa va arăta precum în figura 3.10.



**Figura 3.10** Tabla ambutisată din care vor fi obținute 4 semifabricate

După această etapă, vor fi realizate 4 găuri de trecere, care vor avea rol la asamblarea întregului produs. După efectuarea tuturor operațiilor, placa de tablă va fi decupată cu laser/ștanțată la dimensiunile ei de gabarit, iar cele 4 semifabricate vor arăta precum în figura 3.10.



**Figura 3.11** Semifabricate obținute după prelucrarea tablei

### **3.4. Asamblarea componentelor**

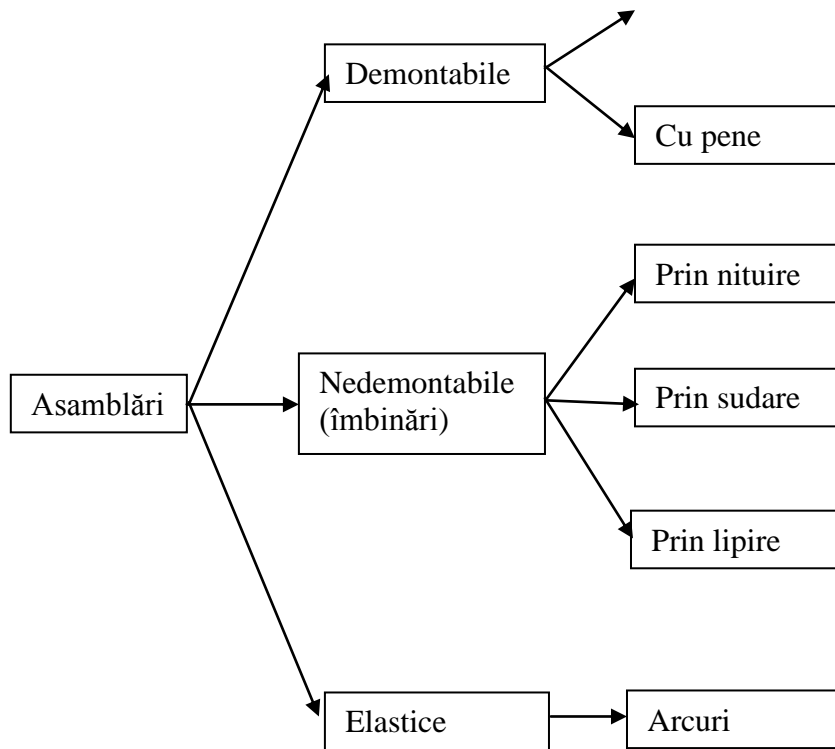
#### **Tehnologii de asamblare**

Rolul asamblării componentelor este de a împreuna părțile componente a pieselor, ale unui organ de mașină, a subansamblelor și ansamblelor.

Principalele feluri de asamblare și principalele procedee prin care se realizează asamblarea este prezentată în figura 3.10.

Cu șuruburi





**Figura 3.12 Feluri și procedee de asamblare** .[10]

Cele mai utilizate asamblări sunt cele demontabile, deoarece permit împreunarea și desfacerea componentelor fără a le deteriora, pe când cele nedemontabile nu permit acest lucru. Din categoria asamblărilor demontabile, se observă că sunt posibilități de asamblarea cu șuruburi și asamblarea cu pene. Pentru acest ansamblu, s-a ales o asamblare cu șuruburi, din această cauză se va insista asupra acestui tip de asamblare

**Desenul de ansamblu** este foarte important în elaborarea documentației unui produs tehnic. Desenul de ansamblu pune în evidență:

- *Componentele de tip subansamblu sau reper ce fac parte din ansamblu*
- *Modul de montare a componentelor*
- *Relația dintre componente*
- *Numărul componentelor*

Desenul de ansamblu oglindește principalele dimensiuni ale ansamblului, spațiul necesar pentru montare și pentru funcționare, posibilele raporturi cu ansamblurile învecinate. El poate conține informații grafice și negrafice având în vedere asamblarea sa.

Dacă desenul de ansamblu servește ca desen de execuție pentru toate reperle componentelor, atunci desenul de ansamblu trebuie să conțină toate dimensiunile necesare fabricării reperelor.

Desenul de ansamblu al unui produs existent este un desen de relevu ceea ce înseamnă ca poate fi util în modificarea ansamblului respectiv, în repararea, mutarea sau realizarea unor conexiuni noi, cu alte asamblări învecinate. Dacă desenul este al unui produs nou, aflat în faza de concepție, este desen de proiect. Acesta va servi la fabricarea ansamblului reprezentat și la detalierea desenelor de execuție ale componentelor.

Pentru reprezentarea unui produs în catalog, se utilizează desene de proiect sau catalog, ce includ numai informații esențiale precum:

- *Modul de conectare cu elementele învecinate din mediu de lucru*
- *Aspectul*
- *Gabaritul*
- *Forma geometrică globală*

Aceste desene sunt realizate în perspectivă și nu conțin toate informațiile unui desen de execuție. [3]

## **4. Toleranțe- considerații generale**

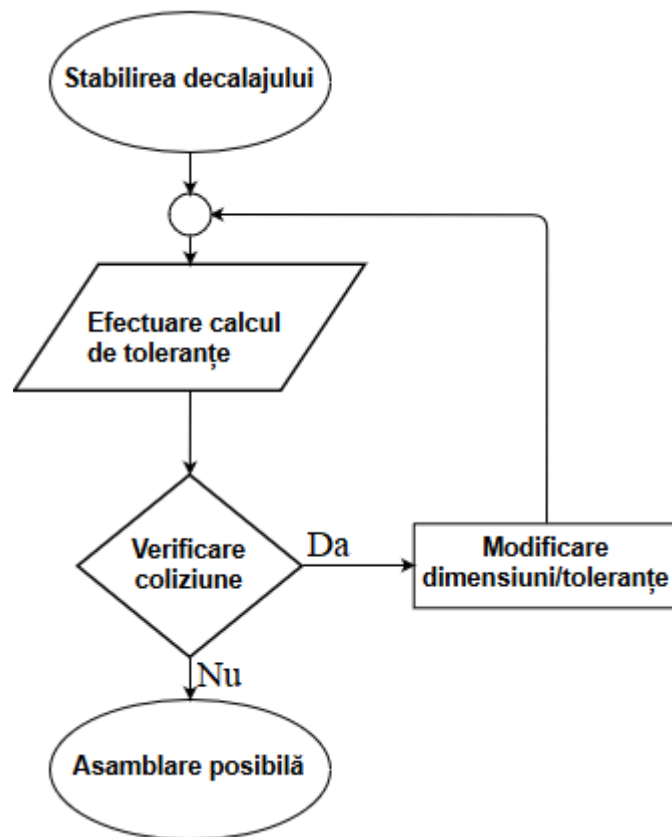
Înainte de toate, se va pleca de la faptul că nu există piesă perfectă. În urma prelucrării, fiecare dimensiune a piesei variază într-un câmp numit câmp de toleranțe. Pentru efectuarea unui calcul de toleranțe, este necesară înțelegerea următoarelor puncte: de ce este nevoie de aceste calcule, cum se interpretează anumite toleranțe, cum se pot controla, care este demersul de calcul și în ce mod influențează funcționalitatea. Avantajul unui inginer este că poate controla toleranțele încă din faza de proiectare, ceea ce aduce un avantaj, deoarece

poate elimina problemele dintr-un stadiu în care tot ceea ce trebuie investit este timpul. Pe lângă prelucrare, toleranțele sunt influențate și de material, temperatură și alte condiții.

Prin **lanț de toleranțe** înțelegem ansamblu de dimensiuni care legă între ele piese, formând un contur închis. Un lanț de dimensiuni poate avea cel puțin 3 dimensiuni, două primare și una de închidere. Înainte de a fi efectuat calculul, trebuie să se prezizeze influența fiecărei dimensiuni asupra dimensiunii rezultante, care în această lucrare va fi numită decalaj.

[16]

Lanțul de toleranțe se va calcula urmând schema din figura următoare:

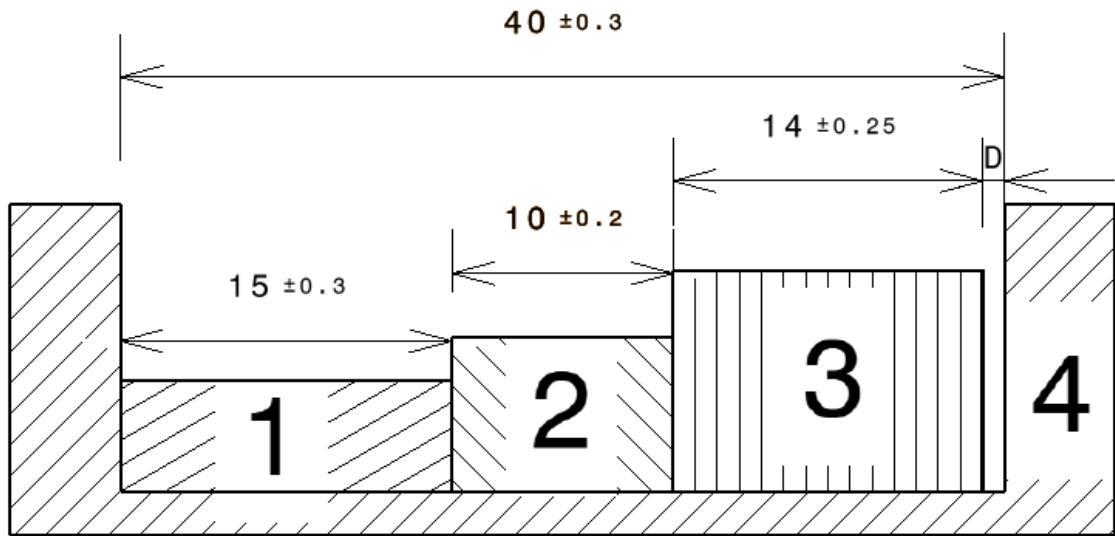


**Figura 4.1 Schemă logică pentru efectuarea calculului de toleranțe**

#### **Toleranțele Dimensionale, bilaterale $\pm$**

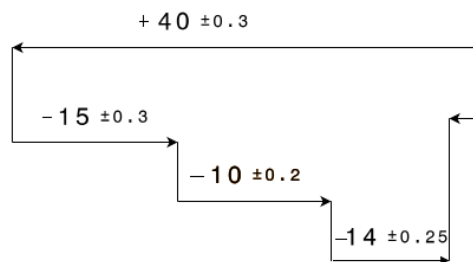
În următorul exemplu, sunt prezentate 3 blocuri (1,2,3), a căror lungime totală trebuie să fie mai mică decât cota de 40 a blocului 4. Scopul acestui calcul este de a preciza dacă

blocurile 1,2 și 3 vor intra în cavitatea blocului 4. Pentru aceasta, s-a defini decalajul, reprezentat în figura



**Figura 4.2 Toleranțe dimensionale**

În primul rând este nevoie să se precizeze influența blocurilor 1,2,3,4 asupra decalajului. În cazul în care blocurile 1,2,3 au dimensiunea mai mare, valoarea decalajului va scădea, iar dacă valoarea cavității blocului 4 va fi mai mare, valoarea decalajului se va mări. În acest mod, se precizează semnul fiecărei componente. Dacă componenta tinde să micșoreze valoarea decalajului, aceasta va avea semnul minus, iar dacă tinde să mărească valoarea decalajului, va avea semnul plus, precum în figura 4.3.



**Figura 4.3 Influența componentelor asupra decalajului**

Decalajul se determină adunând sau scăzând dimensiunile nominale în funcție de influență. Toleranțele aferente fiecărei dimensiuni vor fi adunate și vor fi atribuite dimensiunii finale.

$$D=40(\pm 0.3)-15(\pm 0.3)-10(\pm 0.2)-14(\pm 0.25)$$

$$D=1(\pm 1.05)$$

Calculând limita superioară, se va determina valoarea ei ca fiind 2.05, iar limita inferioară având o valoare de -0.05. Pentru o mai ușoară înțelegere, se vor plasa limitele într-un tabel.

**Tabelul 4.1**

Limita superioară	Limita inferioară
2.05	-0.05

Din tabelul 4.1 se observă că valoarea limitei inferioare este negativă, în acest caz, cele 3 blocuri nu vor mai putea intra în cavitatea blocului 4. Pentru a reduce aceasta, vom preciza noi toleranțe, astfel încât să avem o limită inferioară pozitivă. Pentru o mai ușoară înțelegere, vom preciza modificările aduse cu ajutorul unui tabel.

**Tabelul 4.2**

Componenta Toleranța	Blocul 1
Toleranța generală	15(±0.3)
Toleranța impusă	15(±0.2)

- Următorul pas este reluarea efectuării calcului de toleranțe și se va verifica dacă a fost eliminată problema

$$D=40(\pm 0.3)-15(\pm 0.2)-10(\pm 0.2)-14(\pm 0.25)$$

$$D=1(\pm 0.95)$$

**Tabelul 4.3**

Limita superioară	Limita inferioară
1.95	0.05

După cum se observă în tabelul 4.3, ambele limite sunt pozitive, iar problema rezolvată.

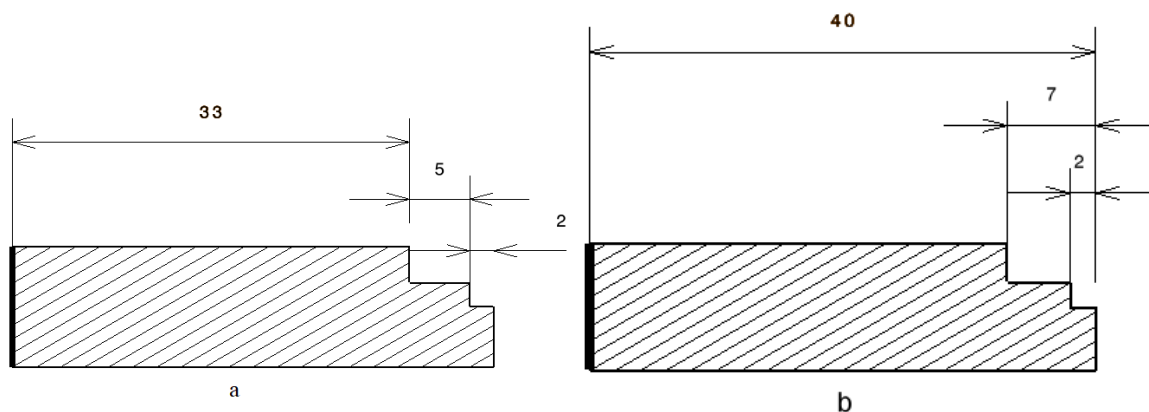
### **Toleranțele Dimensionale, bilaterale ± în conformitate cu standardul**

Acest tip de toleranțe nu sunt trecute pe desen, însă se specifică standardul din care sunt luate, în funcție de dimensiune. În tabelul 4.4 avem prezentate toleranțele conform cu standardul ISO 2768- mk, care va fi folosit pentru a evidenția două moduri diferite de cotare a desenului.

Dimensiunea nominală	0.5mm până la 3mm	3 mm până la 6mm	6mm până la 30mm	30mm până la 120mm
Toleranța	$\pm 0.1$	$\pm 0.1$	$\pm 0.2$	$\pm 0.3$

**Tabelul 4.4**

În figura 4.2-a, se va calcula dimensiunea de gabarit a piesei. Se va determina deviația liniei îngroșate și se va compara cu decalajul liniei îngroșate din figura 4.2-b.

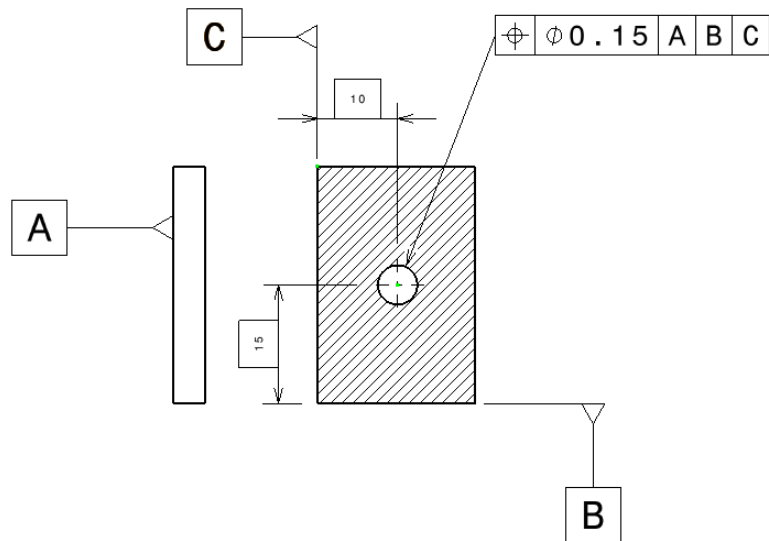


**Figura 4.4 Diferența de cotare desene**

$$2(\pm 0.1) + 5(\pm 0.1) + 33(\pm 0.3) = 40(\pm 0.5)$$

În primul caz, dimensiunea maximă a piesei va avea valoarea de 40.5mm, iar dimensiunea minimă va avea valoarea de 39.5mm. În variant b, toleranța dimensiunii de 40 va fi  $\pm 0.3$ , din standard. Modul de cotare a piesei influențează precizia. În cel de-al doilea caz avem o precizie mai bună.

**Toleranța de poziție** se plică, în general, la găuri, deoarece sunt importante la asamblare.



**Figura 4.5 Toleranța de poziție**

Toleranța de poziție precizează poziția axei găurii față de bazele de referință precizate. În cazul în care există semnul de diametru în fața toleranței, poziția găurii trebuie să fie încadrată într-un cerc cu diametrul de 0.15 și cu centrul la cotele precizate, în acest caz, la distanța de 10mm, respectiv 15mm.

În capitolele anterioare s-a discutat despre tehnologiile de prelucrare, însă trebuie precizat că abaterile admise pentru dimensiunile liniare sunt diferite, în funcție de tehnologie. Pentru cele 3 componente s-a ales:

- Pentru carcasă: DIN ISO 8062 DCTG5
- Pentru capac: DIN ISO 6930-2 m
- Pentru placa de cablaj imprimat: DIN ISO 2768 - mk

## 5. Aplicarea statisticii în efectuarea calculelor de toleranțe

### 5.1 Noțiuni introductive

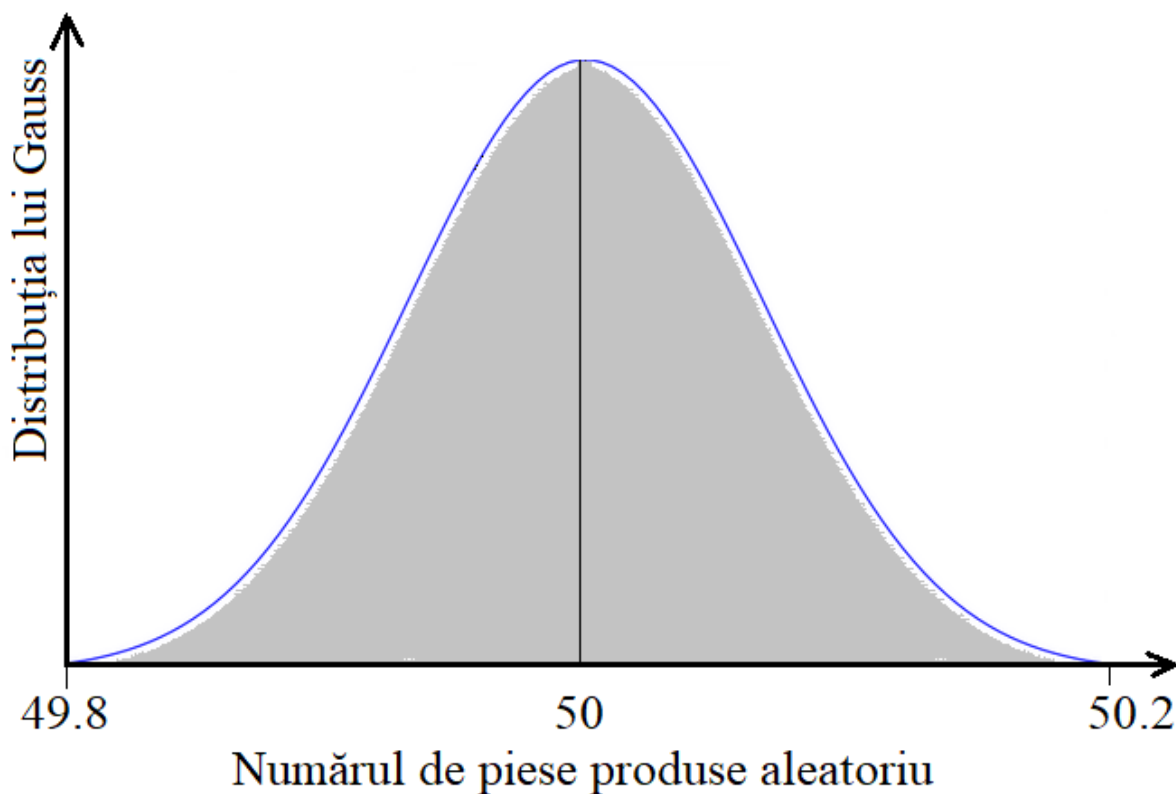
În industria constructoare de mașini, în urma prelucrărilor tehnologice, se poate aplica statistica cu scopul de a îmbunătăți calitatea produselor, la aprofundarea anumitor fenomene complexe sau la clarificarea lor. După prelucrarea tehnologică, se efectuează măsurători ale pieselor.

În cazul în care se dorește a calcula un lanț de toleranțe, poate fi avut în vedere fie cazul cel mai nefavorabil fie cazul statistic. Dacă efectuăm un calcul de toleranțe și avem în vedere cazul cel mai nefavorabil, fiecare dimensiune poate avea orice valoare cuprinsă între limita inferioară și limita superioară. Această metodă garantează asamblarea și funcționarea, indiferent de valoarea dimensiunii. Cu toate acestea, dezavantajul cel mare este cel al costului. Pentru a avea certitudinea că piesa este funcțională în orice condiții, uneori trebuie impuse toleranțe foarte precise. Un lanț de toleranțe precise duce la un preț al componentei foarte mare, acest lucru nefiind dorit.

Metoda statistică de calcul al unui lanț de dimensiuni se bazează pe calculul probabilității. Această metodă se bazează pe distribuția în formă de clopot al lui Gauss și presupune doar asamblarea parțială a componentelor, cu un procent mic de cazuri nefavorabile. Având valori mai mari a toleranțelor decât în cazul anterior, vom avea un preț al componentei mai mic. De obicei, această metodă este folosită în cazul produselor de serie. [12]

Frecvența cu care apare o anumită valoare individuală urmărește regulile statisticii, la care în majoritatea cazurilor este aplicată o distribuție normală. Aceasta distribuție este descrisă de curba lui Gauss care are forma precum curba prezentată în figura 6.1

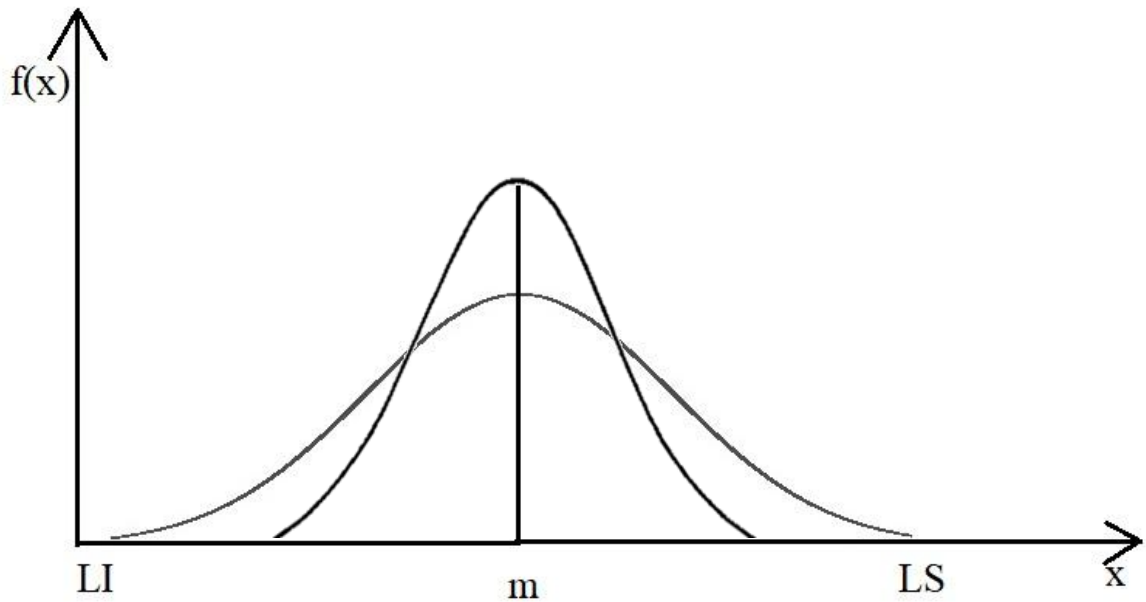




**Figura 6.1 Clopotul lui Gauss**

Vom nota cu ‘m’ media. Media reprezintă poziția în care apar cele mai multe valori. Spre exemplu dacă avem o dimensiune de 50mm cu limita inferioară de 0.2 și limita superioară de 0.4mm, la capetele curbei vom avea valoarea de 49.8 și 50.4, ceea ce rezultă că m va fi egal cu 50.1 , deoarece reprezintă media, și anume  $\frac{(49.8+50.4)}{2}$ .

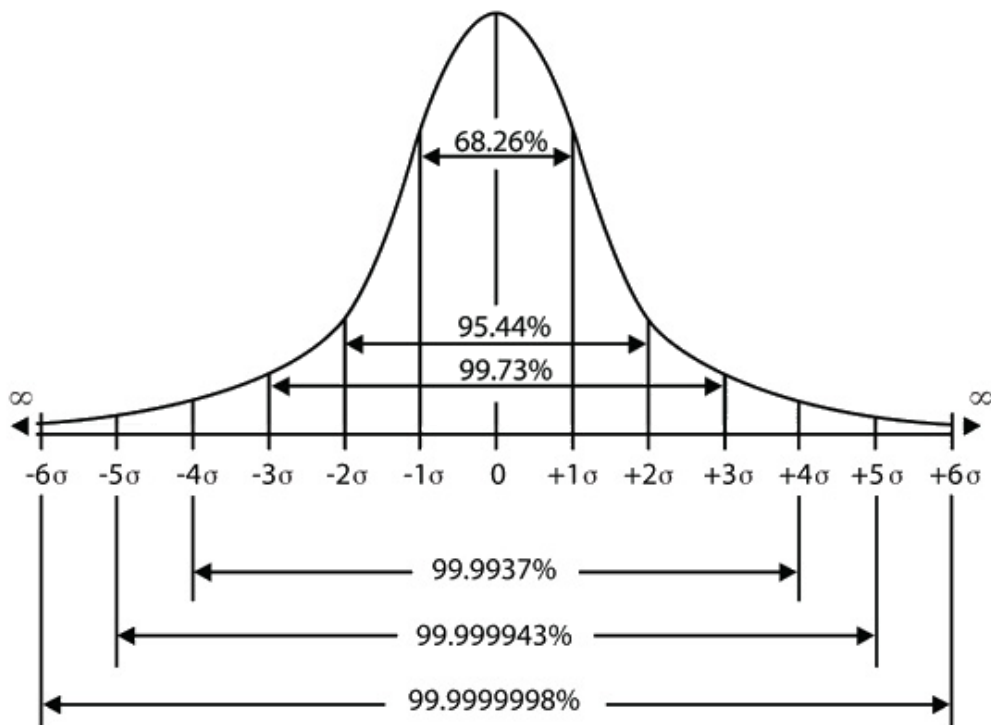
Cu litera ‘s’ sau ‘σ’ vom nota deviația standard. Deviația standard este o mărime cu ajutorul căreia putem controla calitatea. Spre exemplu, dacă valoarea deviației standard este mai mică, valorile rezultate vor fi grupate cât mai aproape de media ‘m’, iar cu cât valoarea deviației standard este mai mare, valorile vor fi mai îndepărtate față de media m. În figura 6.2, avem ca exemplu două exemple de curbe a lui Gauss pentru două valori diferite a lui Sigma. Observăm că o curbă este mai înaltă și are limitele mai apropiate de medie, pe când cea de-a doua curba este mai aplatizată și are limitele mai depărtate de medie.



**Figura 6.2 Curba lui Gauss pentru 2 valori diferite a deviației standard**

În figura 6.2 observăm două notații: LS și LI. LS vom folosi pentru limita superioară, respectiv LI pentru limita inferioară.

de toleranțe.



**Figura 6.3 Randamentul pentru diferite valori a deviației**

În figura 6.3, este reprezentat randamentul pentru diferite valori a deviației. Spre exemplu, pentru o valoare a lui sigma de  $\pm 1$ , doar 68.26% din valori vor fi în câmpul de toleranță, pe când 31.74% din numărul total de valori vor fi în afara câmpului de toleranțe. Un alt exemplu, pentru o mai bună înțelegere, pentru  $\pm 4$  sigma. 99.9937% din valori vor fi în interiorul câmpului de toleranțe, pe când 0.0063% nu vor fi în afara câmpului de toleranțe.

După cum se poate observa, limita superioară este egală cu limita inferioară. În cazul în care toleranța inferioară nu este egală cu toleranța inferioară și dorim să determinăm ce procent din piesele realizate vor intra în câmpul de toleranțe, procedăm în felul următor:

1. Impunem/Determinăm valoarea lui sigma pentru limita superioară
2. Stabilim numărul de piese ce vor intra în câmpul de toleranțe, având în vedere doar distanța pe axa X de la medie până la limita superioară.
3. Reluăm cei doi pași pentru limita inferioară
4. Adunăm cele două procente și vom afla procentul total

## 5.2 Întocmirea unui tabel pentru calcularea lanțului de toleranțe și explicarea lui

Pentru a ușura efectuarea calcului de toleranțe, s-a întocmit un tabel bazat pe anumite formule de calcul. Cu ajutorul acestui tabel, vom putea vizualiza atât rezultatul calculelor pentru cel mai nefavorabil caz, dar și pentru cazul statistic. Cu toate că pentru a calcula cazul cel mai nefavorabil este simplă aritmetică, cu operații de adunare și scădere, putem întâmpina dificultăți în cazul unui calcul mai complex. Pentru calculul statistic, sunt utilizate formule mai complexe, însă acesta va fi explicat în următorii pași, pe baza unui exemplu.

Valori individuale							Valori a decalajului			
Denumirea Componentei	Semnul	Valoare Nominala	Toleranta Superioara (+)	Toleranta Inferioara (-)	Capabilitatea procesului	Individual Standard Deviation( $\sigma$ )	Sigma	Capabilitatea procesului	Toleranta statistica superioara(+)	Toleranta statistica inferioara(-)

Figura 6.4 Tabel pentru calcularea toleranțelor

Pentru a facilita înțelegerea conceperii tabelului, s-a luat ca exemplu cele trei componente, și anume: carcasa, capacul și placa de circuit imprimat (PCI). Ca valori impuse, am ales valori simple, aleatorii.



**Figura 6.5 Obținerea ieșirii prin prelucrarea datelor de intrare**

Pentru a ajunge la o anumită valoare de ieșire, este nevoie să existe ce puțin o intrare și, în acest caz, o funcție cu ajutorul căreia intrarea este prelucrată și va rezulta o valoare a ieșirii, precum în figura 6.2.

În cele ce urmează, va fi descris modul în care s-a conceput un tabel de calcul de toleranțe în programul Microsoft Office Excel.

### 1. Valorile individuale ale componentelor

Valori individuale ale componentelor						
Denumirea Componentei	Semnul (+ sau -)	Valoare Nominală [mm]	Toleranta Superioara [mm]	Toleranta Inferioara [mm]	Capabilitatea relativă la centrare(Cpk)	Abaterea standard efectivă a componente (σ <sub>e</sub> )
Carcasă	+	30	0.40	0.40	1.67	0.080
Capac	-	20	0.30	0.30	1.67	0.060
PCI	-	9	0.20	0.20	1.67	0.040

**Figura 6.6 Tabel pentru valorile individuale ale componentelor**

Denumirea componentei (1) - această coloană este o coloană de tip text, în care se introduce denumirea componentei și eventual anumite detalii cu ajutorul cărora ne putem organiza mai ușor. În cazul în care se revine asupra acestui calcul de toleranțe, este posibilă o identificare mai facilă a înțelegerii calculului. Această coloană nu va influența calculele de toleranțe.

Semnul (2) – în această coloană va fi trecut semnul fiecărei dimensiuni, în funcție de modul în care este influențat lanțul de toleranțe. Dacă dimensiunea va tinde să mărească valoarea decalajului, aceasta va avea semnul ”-”daca tine să micșoreze valoarea decalajului, aceasta va avea semnul “+”.

Valoarea nominală (3)- valoarea dimensiunii nominale. Față de această dimensiune vom stabili limita inferioară și limita inferioară din următoarele coloane.

Toleranța superioară [mm] (4)- Este o dimensiune ce are ca unitate de măsură milimetrul. Mai este denumită și abatere superioară și reprezintă abaterea limită de la valoarea nominală.

Toleranța inferioară[mm] (5) - Este o dimensiune ce are ca unitate de măsură milimetrul. Mai este denumită și abatere inferioară și reprezintă abaterea limită de la valoarea nominală. Trebuie precizat faptul că valorile toleranței inferioare și superioare pot fi simetrice dar și asimetrice.

Capabilitatea relativă la centrare ( $C_{pk}$ ) (6)- Acest indice este necesar pentru a putea asigura calitatea necesară. Pentru a înțelege capabilitatea relativă la centrare ( $C_{pk}$ ) este nevoie să înțelegem indicele de potențial al procesului( $C_p$ ), care este dat de următoarea ecuație:

$$C_p = \frac{ITS}{INT} = \frac{T_s - T_i}{L_s - L_i} \quad (6.1)$$

ITS reprezintă domeniul valorilor specifice ale caracteristicilor

INT reprezintă domeniul valorilor obținute natural ale caracteristicilor

$T_i$  și  $T_s$  reprezintă valorile extreme a domeniului valorilor specifice ale caracteristicilor

$L_i$  și  $L_s$  reprezintă valorile extreme a domeniului valorilor obținute natural ale caracteristicilor

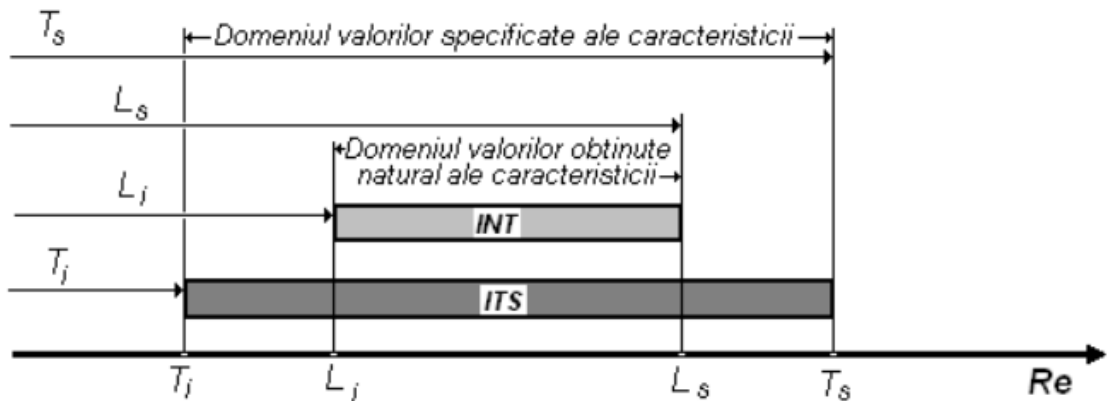


Figura 6.7 Evidențiere INT și ITS[15]

După cum se observă în figura 6.3, valoarea maximă pe axa X este de  $6\sigma$ , astfel,  $L_s - L_i = 6\sigma$ . Înlocuind în formula 6.1, obținem:

$$C_p = \frac{ITS}{INT} = \frac{T_s - T_i}{6\sigma} \quad (6.2)$$

Vom lua ca exemplu  $T_s = 5\sigma$  iar  $T_i = -5\sigma$ , dacă înlocuim în ecuația 6.2, vom obține:

$$C_p = \frac{ITS}{INT} = \frac{T_s - T_i}{6\sigma} = \frac{5\sigma - (-5\sigma)}{6\sigma} = \frac{10\sigma}{6\sigma} = 1.66666666667$$

Având în vedere acestea, în literatură de specialitate se admite că dacă valoarea  $C_p$  este mai mică decât 1, performanța procesului tehnologic este necorespunzătoare. Dacă valoarea indicelui de potențial al procesului este cuprinsă între 1 și 1,33 acesta are o performanță modestă, iar dacă este cuprinsă între 1,33 și 1,67 are o performanță bună. Procesul are o performanță foarte bună în cazul în care valoarea indicelui este cuprinsă între 1,67 și 2, iar pentru valori mai mari de 2, procesul are o valoare excelentă.

Dacă în cazul indicele de potențial al procesului ( $C_p$ ), Capabilitatea relativă la centrare ( $C_{pk}$ ) ține cont de valoarea medie. Este rezultatul obținut din ecuația 6.3

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{T_s - m}{3\sigma} \mid \frac{m - T_i}{3\sigma} \right\} \quad (6.3)$$

Revenind la tabel, în coloana respectivă putem selecta 4 valori pentru Cpk, ci anume 1 pentru  $3\sigma$ , 1.33 pentru  $4\sigma$ , 1.67 pentru  $5\sigma$  și 2 pentru  $6\sigma$ .

Abaterea standard efectivă a componentelor ( $\sigma_e$ ) – aceasta se aplică pentru fiecare componentă individual și este calculată cu ecuația 6.4

$$\sigma_e = \frac{T}{6 \cdot C_{pk}} \quad (6.4)$$

În figura 6.6, pentru carcasă, avem toleranța simetrică de 0.4, ceea ce rezultă un câmp de toleranțe de 0.8. Înlocuind în relația 6.4, obținem:

$$\sigma_e = \frac{T}{6 \cdot C_{pk}} = \frac{0.8}{6 \cdot 1.67} = 0.08$$

## 2. Valorile decalajului

Valori ale decalajului			
1	2	3	4
Abaterea standard efectivă pentru decalaj ( $\sigma_d$ )	Capabilitatea relativă la centrare ( $C_{pk}$ )	Toleranța statistică superioară [mm]	Toleranța statistică inferioară [mm]
0.107	1.67	0.54	-0.54

**Figura 6.7 Tabel pentru decalajului**

Abaterea standard efectivă pentru decalaj ( $\sigma_d$ ) – se aplică pentru decalaj, și are ca intrare valorile abaterilor standard a fiecărei componente în parte care influențează valoarea decalajului. Este calculată cu ecuația 6.5.

$$\sigma_d = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_d^2}$$

Trebuie luat în considerare faptul că distribuția nu respectă întotdeauna legile lui Gauss, deoarece există numeroși factori perturbatori (temperature, uzura uneltelor., vibrații, etc.) ce determină abaterea de la normalitatea reparației valorilor. Astfel, este acceptată o deviație a mediei de  $1.5 \sigma$ , precum în figura 6.8.

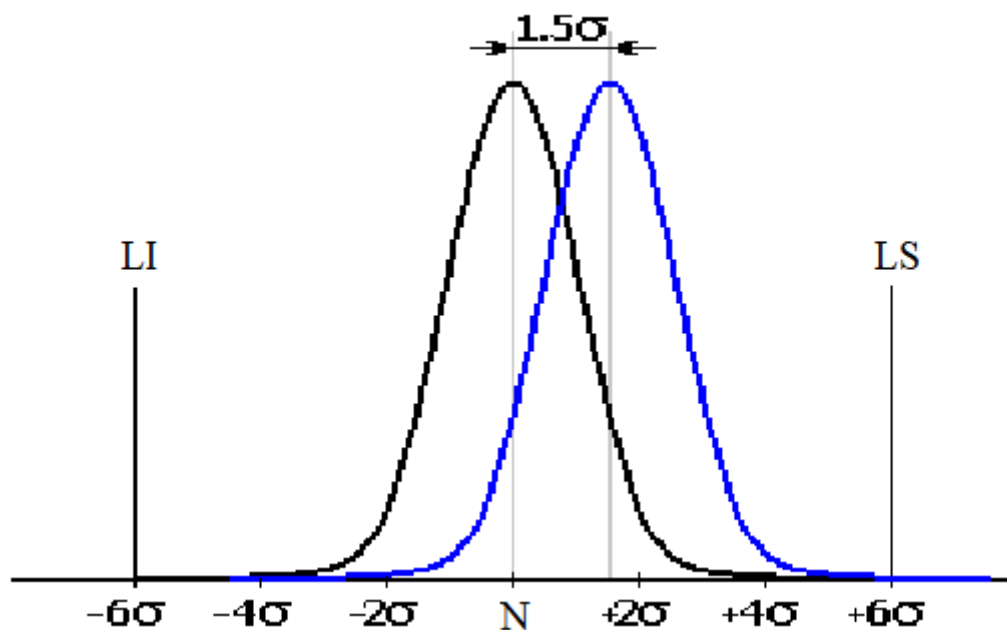


Figura 6.8 Deviația de  $1.5 \sigma$  a mediei

Capabilitatea relativă la centrare ( $C_{pk}$ ) (2) – dacă în cazul anterior a fost precizată pentru fiecare componentă în parte, în acest caz, va influența valoarea decalajului.

Toleranța statistică superioară [mm] (3) - este rezultată din relația:

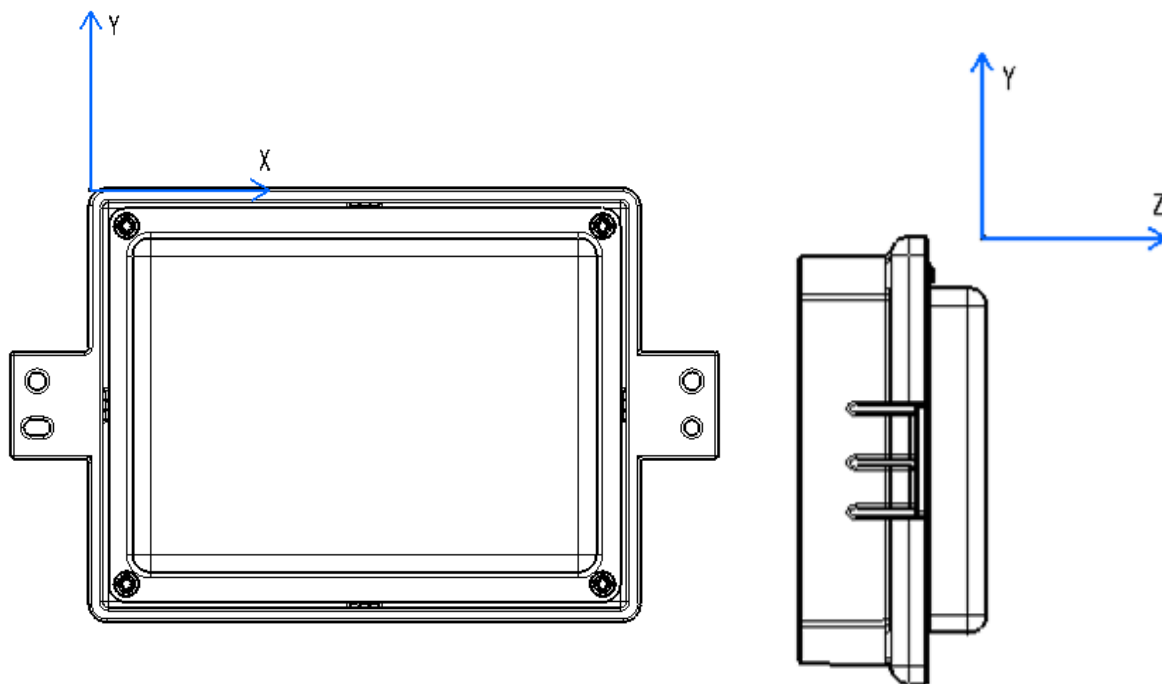
$$C_{pk} * 3 * \sigma$$

Toleranța statistică inferioară [mm] – este egală cu toleranța statistică superioară, dar cusemn opus



## 6. Efectuarea calculelor de toleranțe și metode de rezolvare a problemelor apărute

Pentru ca asamblarea unor piese să se efectueze în orice circumstanțe, este necesară efectuarea anumitor calcule de toleranțe. Definirea unui sistem de coordonate, precum în figura 6.1, va ajuta la înțelegerea modului în care se efectuează calculele.



**Figura 6.1: Atribuirea sistemului de coordonate la ansamblu**

În ceea ce urmează, se va evidenția modul în care vor fi efectuate calculele a unui lanț de toleranțe, în cazuri diferite. În primul rând, se va face o diferență între cele două metode de calcul, și anume metoda celui mai nefavorabil caz și metoda statistică. La final se vor avea concluziile și vom determina dacă metoda statistică este favorabilă și de ce. În al doilea rând va fi determinată metoda de centrare a plăcii de cablaj mai precisă. Se vor efectua calcule de toleranțe pentru ambele cazuri, în cele trei direcții și se vor compara cele două metode. Cazul 1 este poziționarea cu ajutorul celor 4 pini de poziționare, iar cel de-al doilea caz este

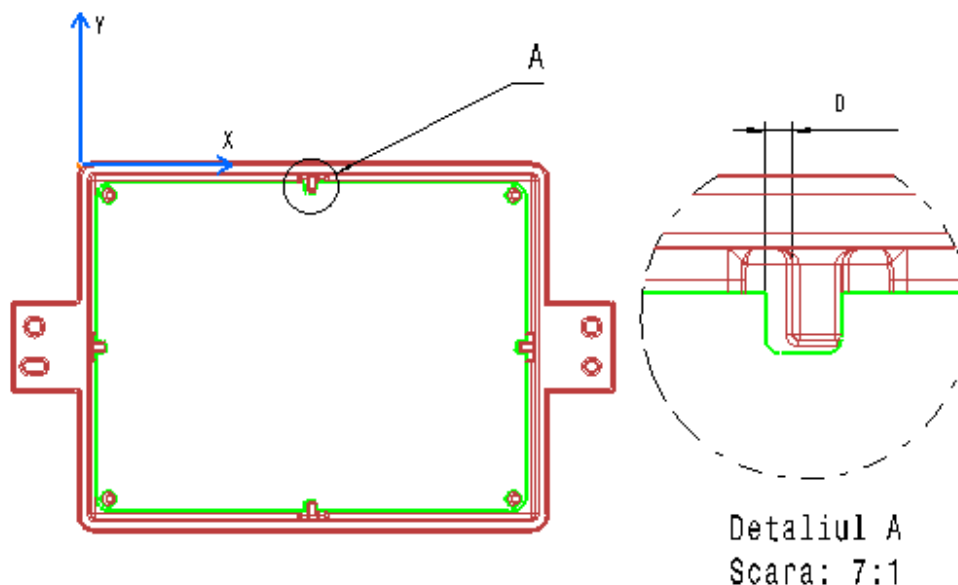
poziționarea cu ajutorul a 2 pini de centrare. Calculul statistic va fi făcut cu un  $C_{pk}$  de 1.67, ceea ce înseamnă că un procent de 99.99994% din totalul de componente vor respecta cerințele, restul de 0.00006% vor fi rebuturi.

### 6.1. Determinarea decalajului dintre gaura de pin a plăci cu cablaj imprimat și pinii carcusei

#### Calcul de toleranțe pe direcția X

##### Cazul 1

Primul calcul de toleranțe constă în determinarea decalajului dintre gaura de pin a plăcii de cablaj imprimat și pinii carcusei. În efectuarea calcului de toleranțe, vom lua în considerare toate cotele ce influențează dimensiunea decalajului pe direcția axei X. Pentru a evita coliziunile, limitele decalajului obținut trebuie să fie o valoare pozitivă.



**Figura 6.2 Reprezentarea decalajului între pinul carcusei și gaura de pin a plăcii de cablaj pe direcția X**

➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -38.9(\pm 0.3) + 41.1(\pm 0.3) - 40.8(\pm 0.26) + 39.2(\pm 0.24)$$

$$D = 0.6(\pm 1.1)$$

În urma efectuării calcului de toleranțe, limita superioară și limita inferioară reies din adunarea, respectiv scăderea toleranței din valoarea nominală și sunt reprezentate în tabelul 6.1.

**Tabelul 6.1**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.6	0.55	-0.55	1.15	0.05
Cazul cel mai nefavorabil		1.10	-1.10	1.70	-0.50

În tabelul 6.1, se observă că din punct de vedere statistic limitele vor avea valori pozitive, iar pentru cazul cel mai nefavorabil, valoarea limitei inferioare este negativă. Având în vedere faptul că toleranțele sunt conform standardului, putem impune noi toleranțe. În acest mod,

Toleranțe le fiind mai	Componenta	PCI	PCI	Carcasă	Carcasă
	<b>Toleranța generală</b>		41.1(±0.3)	38.9(±0.3)	39.2 (±0.24)
<b>Toleranța impusă</b>		41.1(±0.1)	38.9(±0.1)	39.2 (±0.1)	40.8 (±0.1)

precise, putem elimina riscul de a avea probleme. Rezultatul nominal de 0.6 fiind afectat de 4 dimensiuni, vom modifica toleranțele din standard și vom impune toleranțe de poziție. Așadar, toleranțele modificate sunt cele prezentate în tabelul 6.2.

**Tabelul 6.2**

➤ Reluarea calcului de toleranțe

$$D=41.1(\pm 0.1)-38.9(\pm 0.1)+39.2 (\pm 0.1)-40.8 (\pm 0.1)$$

$$D=0.6(\pm 0.4)$$

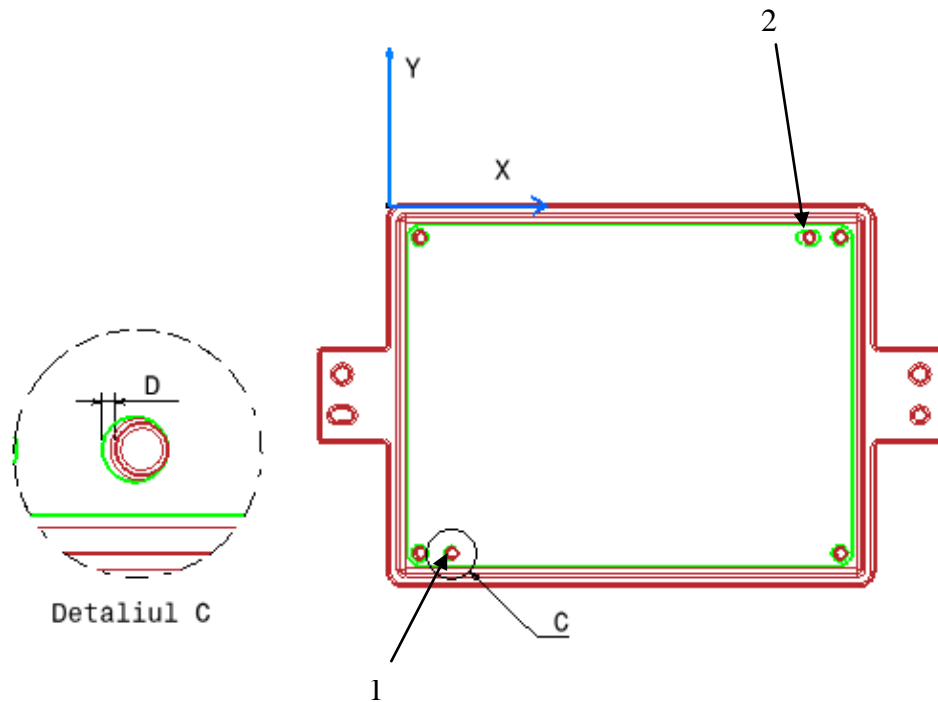
**Tabelul 6.3**

Limita superioară	Limita inferioară
1	0.2

Din tabelul 6.3 reiese că ambele valori sunt pozitive. Prin impunerea anumitor toleranțe am redus posibilitatea de a exista coliziune, mărind limita inferioară și implicit reducând

limita superioară. În acest moment, nu vor exista probleme nici din punct de vedere al celui mai nefavorabil caz.

**Cazul 2.** Pentru cel de-al 2-lea caz se va avea în vedere dacă pinii carcusei vor intra întotdeauna în găurile de pin a plăcii de cablaj(Figura 6.3). În acest sens, pe direcția X, o gaură de la placa de cablaj este alungită(2), pentru a face posibilă o asamblare mai ușoară, iar mișcarea de-a lungul axei X este limitată de prima gaură(1).



**Figura 6.3** Reprezentarea decalajului între pinul carcusei și gaura de pin a plăcii de cablaj pe direcția X

➤ Efectuarea calculului de toleranțe:

$$D=2.5(\pm 0.1)-2(\pm 0.18)$$

$$D=0.5(\pm 0.28)$$

**Tabelul 6.4**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.5	0.21	-0.21	0.71	0.29
Cazul cel mai nefavorabil	0.5	0.28	-0.28	0.78	0.22

Se poate observa că în ambele cazuri nu sunt probleme, iar pinii carcusei vor intra întotdeauna în găurile de pini de la placa de cablaj imprimat.

**Calcul de toleranțe de direcția Y**

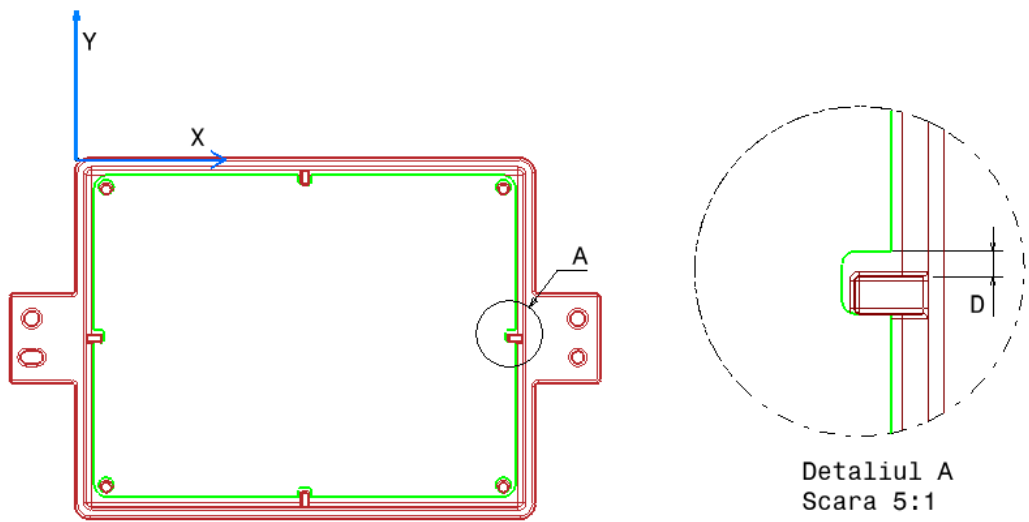
**Cazul 1**

Calculul este reluat după aceeași metodă, însă valorile sunt schimbate datorită axei Y, iar în figura 6.4 este reprezentat decalajul.

➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D=31.1(\pm 0.3)-28.9(\pm 0.2)+29.2(\pm 0.24)-30.8(\pm 0.24)$$

$$D=0.6(\pm 0.98)$$



**Figura 6.4 Reprezentarea decalajului între pinul carcusei și gaura de pin a plăcii de cablaj pe direcția Y**

În urma efectuării calcului de toleranțe, limita inferioară și limita superioară pentru cazul cel mai nefavorabil reies din adunarea, respectiv scăderea toleranței din valoarea nominală și sunt reprezentate în tabelul 6.5. Limita inferioară are valoare negativă, din acest motiv este nevoie de impunerea unor toleranțe mai precise. Se observă faptul că din punct de vedere statistic nu sunt probleme.

**Tabelul 6.5**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.6	0.50	-0.50	1.10	0.10
Cazul cel mai nefavorabil	0.6	0.98	-0.98	1.58	-0.38

Toleranțele modificate sunt cele prezentate in tabelul 6.6.

**Tabelul 6.6**

Componenta / Toleranța	PCI	PCI	Carcasă	Carcasă
<b>Toleranța generală</b>	31.1(±0.3)	28.9(±0.2)	29.2 (±0.24)	30.8 (±0.24)
<b>Toleranța impusă</b>	31.1(±0.1)	28.9(±0.1)	29.2 (±0.1)	30.8 (±0.1)

➤ Reluarea calcului de tolerante

$$D=31.1(\pm 0.1)-28.9(\pm 0.1)+29.2 (\pm 0.1)-30.8 (\pm 0.1)$$

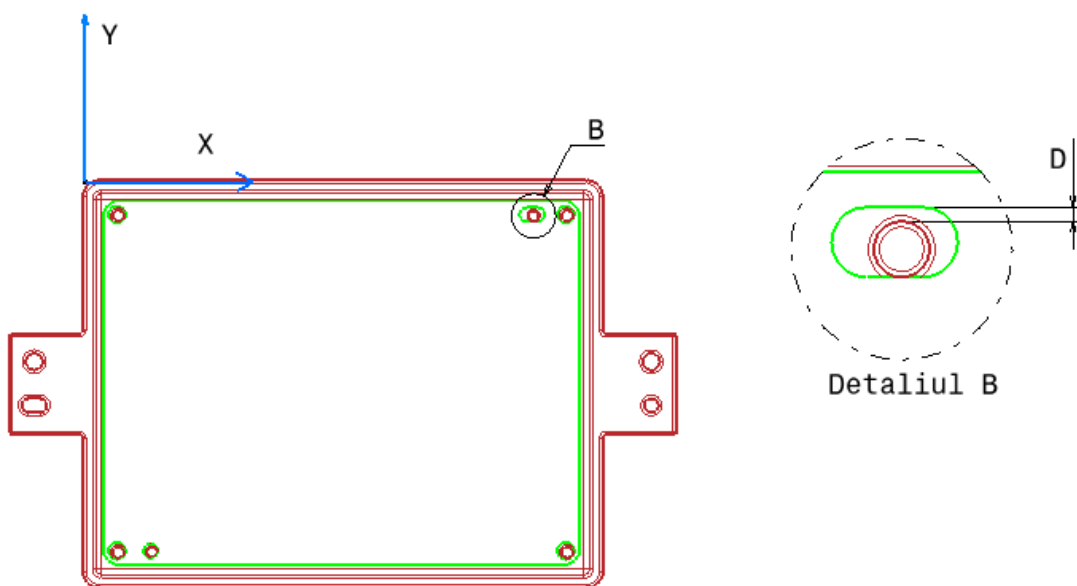
$$D=0.6(\pm 0.4)$$

**Tabelul 6.7**

Limita superioară	Limita inferioară
1	0.2

### Cazul 2

De-a lungul axei Y, este nevoie să calculăm decalajul pentru pinul de la carcasă și gaura de pin alungită de la cablaj.



**Figura 6.5 Reprezentarea decalajului între pinul  
carcasei și gaura de pin a plăcii de cablaj pe direcția Y**

➤ Efectuarea calculului de toleranțe:

$$D=61.25(\pm 0.3)+1.25(\pm 0.05)-1(\pm 0.09)-60(\pm 0.26)-1(\pm 0.09)$$

$$D=0.5(\pm 0.79)$$

**Tabelul 6.8**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.5	0.33	-0.33	0.83	0.17
Cazul cel mai nefavorabil		0.79	-0.79	1.29	-0.29

Se observă că din punct de vedere statistic nu sunt probleme, însă pentru cazul cel mai nefavorabil limita inferioară este negativă, ceea ce înseamnă că poate exista coliziune, iar asamblarea să nu fie posibilă. Pentru a evita această situație, vor fi impuse anumite toleranțe.

**Tabelul 6.9**

<b>Componenta</b>	<b>PCI</b>	<b>PCI</b>	<b>Carcasa</b>
<b>Toleranța generală</b>	61.25(±0.3)	58.75(±0.3)	60(±0.26)
<b>Toleranța impusă</b>	61.25(±0.1)	58.75(±0.1)	60(±0.1)

➤ Reluarea calculului de toleranțe

$$D=61.25(\pm 0.1)+1.25(\pm 0.05)+1(\pm 0.09)-60(\pm 0.1)-1(\pm 0.09)$$

$$D=0.5(\pm 0.43)$$

**Tabelul 6.10**

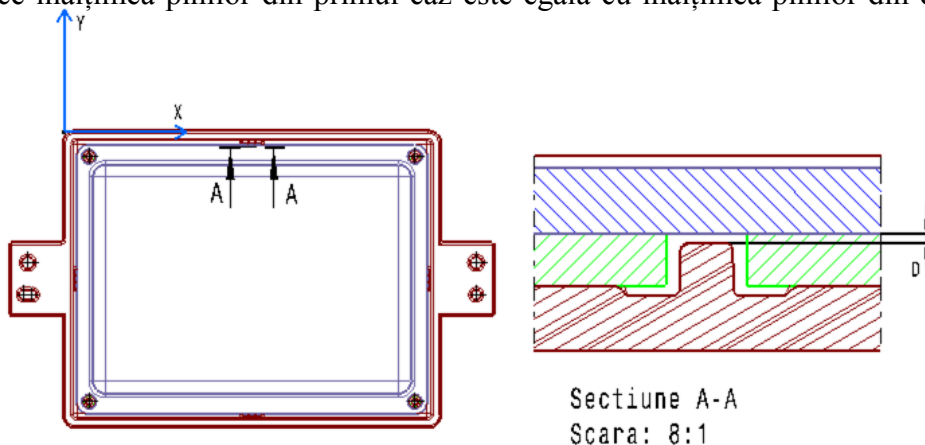
Limita superioară	Limita inferioară
0.93	0.07

După cum se observă în tabelul 6.10, limita inferioară are o valoare pozitivă, astfel s-au remediat problemele și din punctul de vedere al celui mai nefavorabil caz.

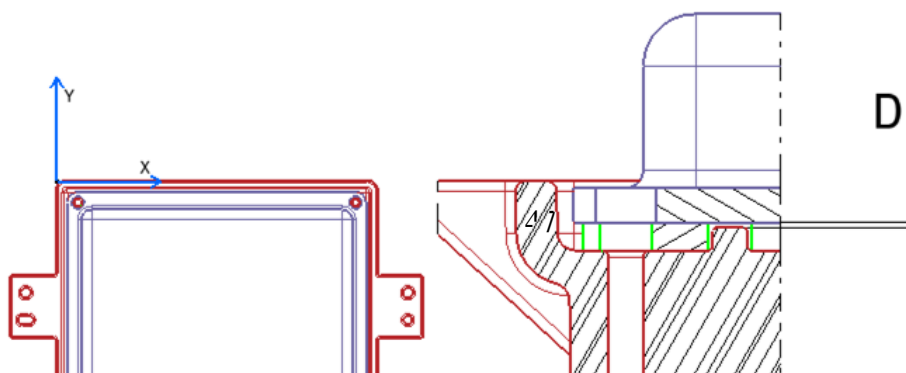
## 6.2. Determinarea decalajului între înălțimea pinului de la carcasă și suprafața de contact între capac și placa de circuit imprimat

### Cazul 1 și 2

Al doilea calcul de toleranțe constă în determinarea decalajului între înălțimea pinului de la carcasă și suprafața de contact între capac și placa de circuit imprimat. Acest calcul de toleranță determină dacă există contact între pinul carcasei și capac. În cazul în care există contact, capacul se va așeza pe carcasă, ceea ce va determina un anumit joc a plăcii de cablaj pe direcția Z. Acest joc va duce la funcționarea necorespunzătoare și la deteriorarea anumitor componente. Decalajul este reprezentat în figura 6.3 pentru primul caz, iar pentru cazul al 2-lea va fi reprezentat în figura 6.4. Efectuarea calculului de toleranțe pe direcția Z va fi același, deoarece înălțimea pinilor din primul caz este egală cu înălțimea pinilor din cel de-al doilea caz.



**Figura 6.6** Reprezentarea decalajului înălțimii pinului de la carcasă și suprafața de contact a plăcii de cablaj pentru primul caz





**Figura 6.7 Reprezentarea decalajului înălțimii pinului de la carcasă și suprafața de contact a plăcii de cablaj pentru cazul 2**

➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D=1.6(\pm 0.16)-1.3(\pm 0.18)$$

$$D=0.3(\pm 0.34)$$

**Tabelul 6.11**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.3	0.24	-0.24	0.54	0.06
Cazul cel mai nefavorabil		0.34	-0.34	0.64	-0.04

În urma calcului de toleranțe, din tabelul 6.7 se observa că din punct de vedere statistic nu există coliziune, însă pentru cazul cel mai nefavorabil limita inferioară este negativă. În acest caz este posibil să existe contact între carcasă și capac. Pentru a elimina acest lucru, este nevoie de modificarea anumite toleranțe de pe desen. Având în vedere faptul ca toleranța plăcii de cablaj este 10% din valoarea ei nominală, singura opțiune este modificarea toleranței înălțimii pinului.

**Tabelul 6.12**

Componenta	Carcasa
<b>Toleranța</b>	
<b>Toleranța generală</b>	1.3 (±0.18)
<b>Toleranța impusă</b>	1.3 (±0.1)

➤ Reluarea calcului de tolerante cu tolerantele

$$D=1.6(\pm 0.16)-1.3(\pm 0.1)$$

$$D=0.3(\pm 0.26)$$

**Tabelul 6.13**

Limita superioară	Limita inferioară
0.56	0.04

În tabelul 6.9 sunt reprezentate limitele. Se observă că ambele valori sunt pozitive, posibilitatea de a exista coliziune fiind eliminată.

### 6.3. Determinarea decalajului existent după introducerea capacului în carcasă

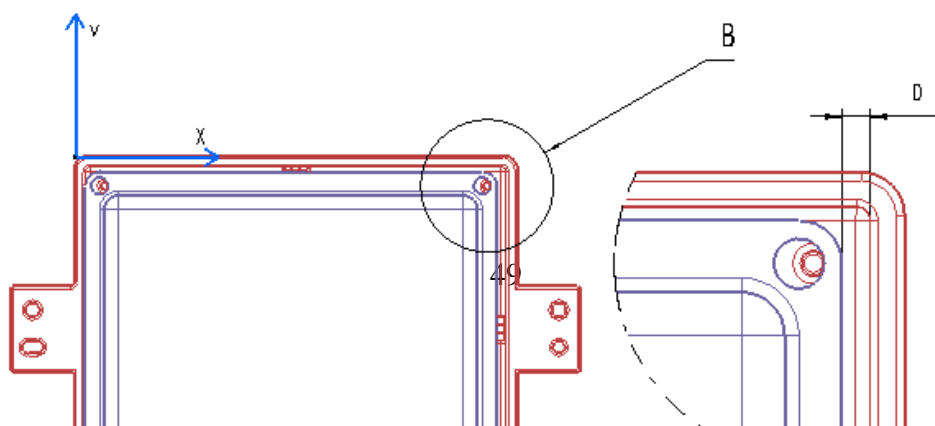
Următorul calcul constă în determinarea posibilității de a exista coliziune în momentul asamblării capacului cu carcasa pe direcția X și Y pentru ambele cazuri, deoarece nu este influențată de modul de poziționare al plăcii de cablaj imprimat. În figura 6.4 este reprezentată mișcarea pe direcția Z, în momentul asamblării.



**Figura 6.8 Mișcarea pe direcția Z a capacului, în momentul asamblării**

În urma calcului de toleranțe, marginile capacului nu vor trebui să intre în coliziune cu marginile de la carcasă.

#### **Calcul de toleranțe de direcția X**



**Figura 6.9 Evidențierea decalajului dintre marginea exterioara capacului si marginea interioară de la carcasa pe direcția X**

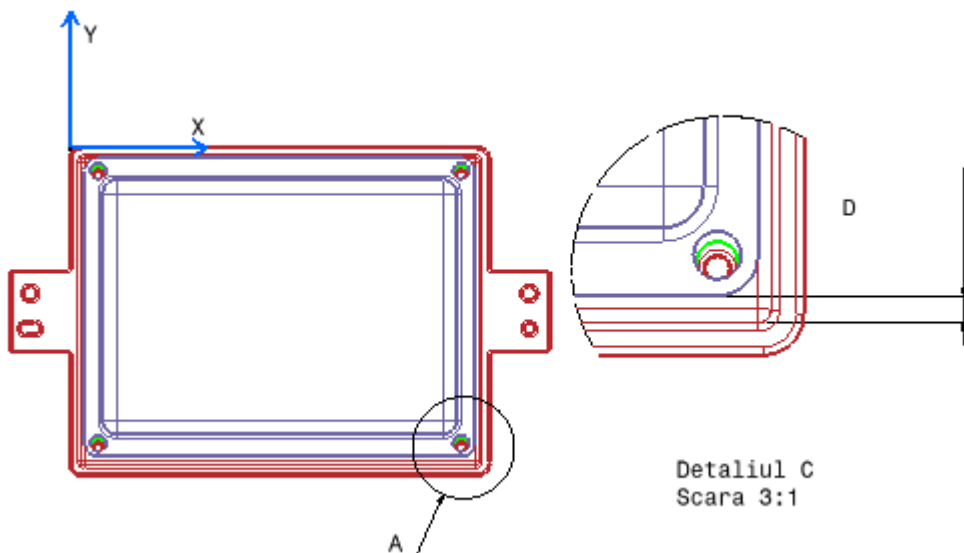
➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -83(\pm 0.3) - 3(\pm 0.1) + 4(\pm 0.18) + 84(\pm 0.28) = 2(\pm 0.86)$$

**Tabelul 6.14**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	2	0.46	-0.46	2.46	1.54
Cazul cel mai nefavorabil	2	0.86	-0.86	2.86	1.14

**Calcul de toleranțe de direcția Y**



**Figura 6.10 Evidențierea decalajului dintre marginea exterioara capacului si marginea interioară de la carcasa pe direcția Y**

➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -63(\pm 0.25) - 3(\pm 0.1) + 4(\pm 0.18) + 64(\pm 0.28)$$

$$D = 2(\pm 0.81)$$

*Tabelul 6.15*

Limita superioară	Limita inferioară
2.81	1.19

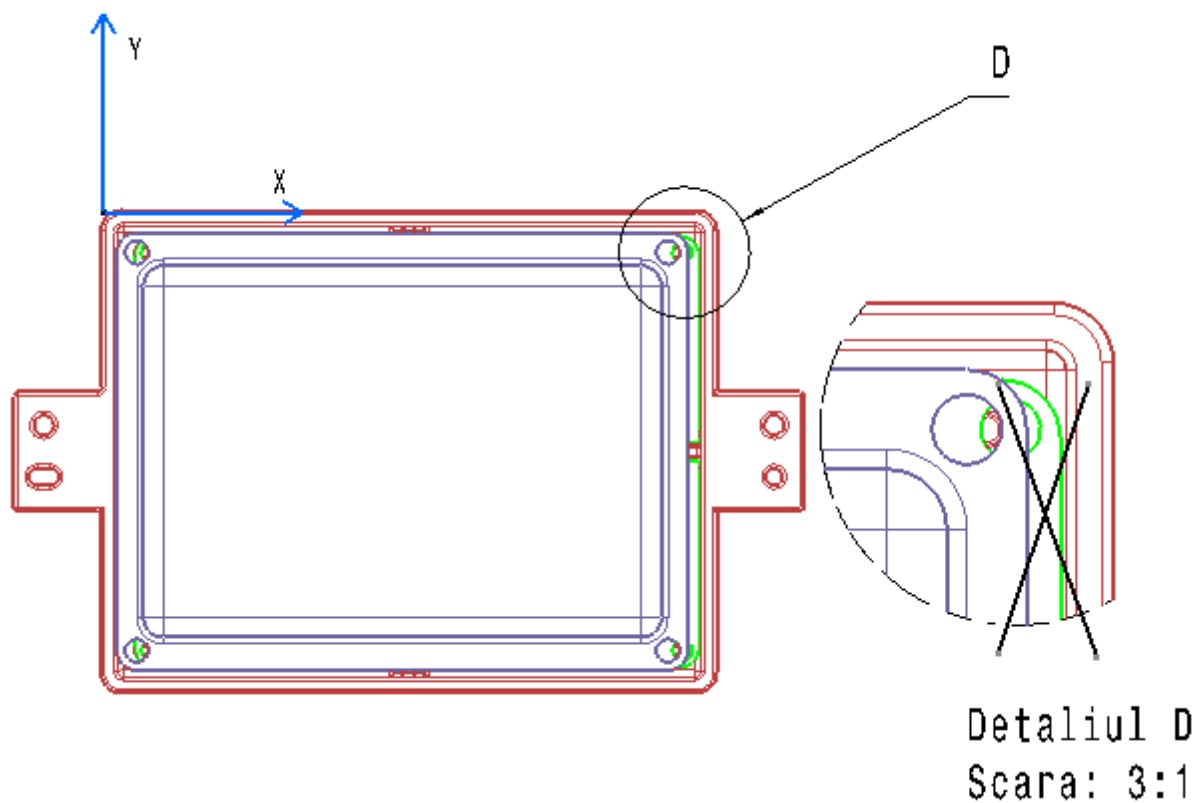
Din tabelele 6.14 și 6.15 se poate observa că ambele valori sunt pozitive și rezultă că nu va exista avea coliziune, indiferent de valorile toleranțelor ce reies în urma procesului de fabricație.

#### **6.4. Determinarea vizibilității plăcii de cablaj**

##### *Calcul de toleranțe de direcția X*

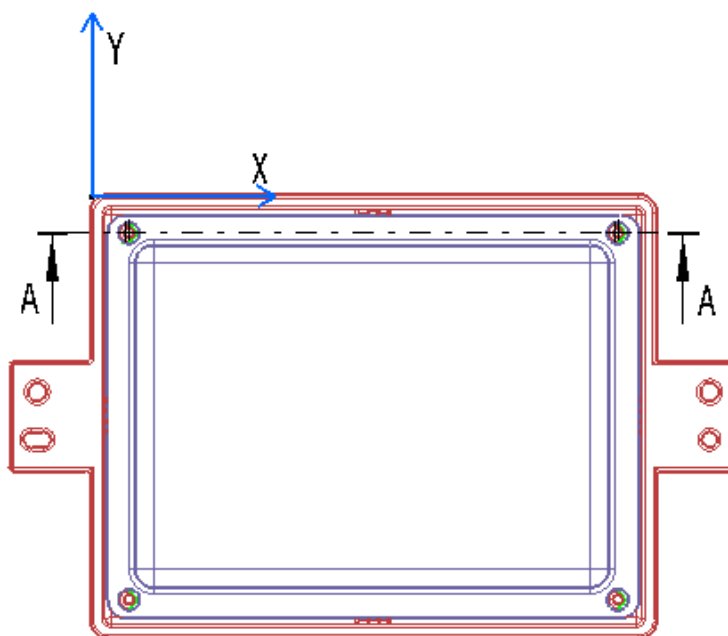
##### **Cazul 1**

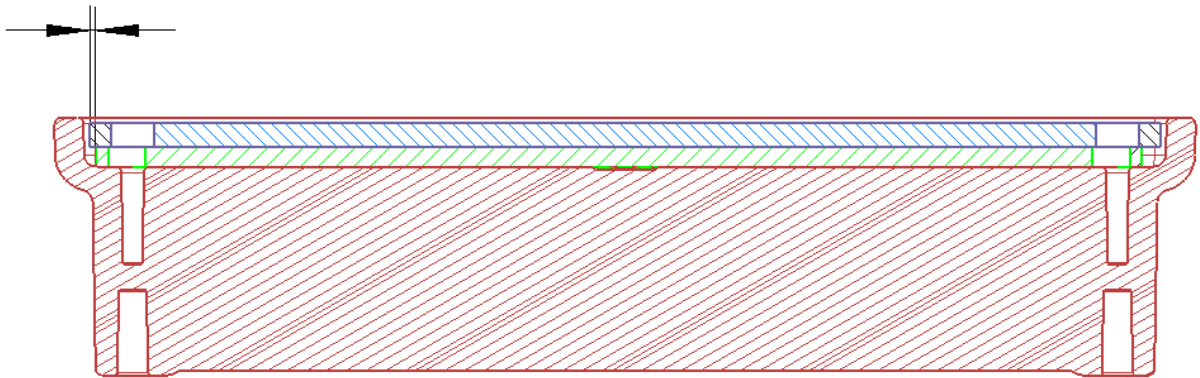
Conform anumitor cerințe, placa de cablaj nu trebuie să fie vizibilă după ce are loc asamblarea. Vom considera o vedere a ansamblului pe direcția Z.



**Figura 6.11 Vedere pe direcția Z a ansamblului, placa de cablaj fiind vizibilă**

Calculul de toleranțe este unul complex, deoarece se ia în considerare toate cele 3 componente: capacul, carcasa și placa de cablaj. Se va calcula decalajul plăcii de cablaj în comparație cu decalajul capacului, precum în figura 6.8. Calculul se va face având în vedere cel mai nefavorabil caz, pentru a elimina probleme precum: funcționarea necorespunzătoare, coliziune între componentele hardware și componentele mecanice, neasamblare, etc.





**Figura 6.12: Evidențierea decalajului dintre marginea carcasei și marginea plăcii de cablaj**

➤ Efectuarea calculului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 41.1(\pm 0.1) + 40.8(\pm 0.1) - 84(\pm 0.28) + 83(\pm 0.3) + 3(\pm 0.1)$$

$$D = -0.8(\pm 0.98)$$

**Table 6.16**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioara	Limita inferioara
Statistica	-0.8	0.35	-0.35	-0.45	-1.15
Cazul cel mai nefavorabil	-0.8	0.98	-0.98	0.18	-1.78

Atât din punct de vedere statistic, cât și din punct de vedere al cazului cel mai nefavorabil, este posibil să avem coliziune. Valoarea limitei inferioare, din tabelul 6.16, de -1.78 reprezintă faptul că în unele cazuri, în urma asamblării, placa de cablaj va fi vizibilă, mai precis 1.78 mm. Pentru a respecta această cerință, nu este suficient diminuarea toleranțelor, ci este nevoie de modificarea anumitor dimensiuni ale pieselor.

Trebuie luat în considerare faptul că:

- modificarea anumitor cote, poate duce la respectarea acestei cerințe, însă poate afecta alte calcule de toleranțe într-un mod negativ.
- în cazul în care vom recurge la adăugare de material, aceasta poate avea o influență negativă, la producerea în serie. Adăugarea de material poate produce creșteri ale costurilor.

- dacă este posibilă îndepărtarea de material pot fi reduse costurile, însă necesită o foarte mare atenție asupra celorlalte calcule de toleranțe.
- uneori sunt întâmpinate anumite situații în care suntem nevoiți să alegem între a modifica o dimensiune și a face o toleranță mai precisă.

Efectuăm următoarele modificări conform tabelului 6.17.

**Tabelul 6.17**

Componentă	Capac	Carcasă	Capac
<b>Toleranța/Dimensiune</b>			
<b>Toleranța/dimensiune actuală</b>	3	84(±0.28)	83(±0.3)
<b>Toleranța/dimensiune impusă</b>	3.75	84(±0.1)	83.75(±0.1)

➤ Următorul pas este reluarea efectuării calcului de toleranțe.

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 41.1(\pm 0.1) + 40.8(\pm 0.1) - 84(\pm 0.1) + 83.75(\pm 0.1) + 3.75(\pm 0.1)$$

$$D = 0.7(\pm 0.6)$$

**Tabelul 6.18**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	0.7	0.20	-0.20	0.90	0.50
Cazul cel mai nefavorabil		0.60	-0.60	1.30	0.10

După cum se observă, valoarea maxima a rezultatului este de 1.3, iar valoarea minimă este de 0.1 . Din aceste două, rezultă că nu mai sunt probleme, iar datorită modificărilor aduse, s-a reușit eliminarea vizibilității circuitului imprimat. Cu toate acestea, modificările dimensiunilor necesită reluarea calcului de la capitolul 6.3.

➤ Reluarea calcului de toleranțe de la capitolul 6.3:

$$D = -83.75(\pm 0.1) - 3.75(\pm 0.1) + 4(\pm 0.18) + 84(\pm 0.1) = 0.5(\pm 0.48)$$

**Tabelul 6.19**

Limita superioară	Limita inferioară
-------------------	-------------------

0.98	0.02
------	------

## Cazul 2

- Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 6(\pm 0.1) - 1.25(\pm 0.05) + 1(\pm 0.09) + 6(\pm 0.18) - 84(\pm 0.28) + 83(\pm 0.3) + 3(\pm 0.1)$$

$$D = -0.75(\pm 1.2)$$

**Tabelul 6.20**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	-0.75	0.25	-0.25	-0.50	-1.00
Cazul cel mai nefavorabil		1.20	-0.80	0.45	-1.55

Pentru acest caz, limita inferioară este negativă și este necesar să modificarea anumitor cote și toleranțe conform tabelului 6.21.

**Tabelul 6.21**

Componentă	Capac	Carcasă	Capac	Carcasă
<b>Toleranța/dimensiune actuală</b>	3	84(±0.28)	83(±0.3)	6(±0.18)
<b>Toleranța/dimensiune impusă</b>	3.75	84(±0.1)	83.75(±0.1)	6(±0.1)

- Reluarea efectuării calcului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 6(\pm 0.1) - 1.25(\pm 0.05) + 1(\pm 0.09) + 6(\pm 0.1) - 84(\pm 0.1) + 83.75(\pm 0.1) + 3.75(\pm 0.1)$$

$$D = 0.75(\pm 0.74)$$

**Tabelul 6.22**

<b>Limita superioară</b>	<b>Limita inferioară</b>
1.49	0.01



Limita inferioară, respectiv limita superioară fiind pozitive, s-a eliminat posibilitatea de a avea coliziune.

**Calcul de toleranțe de direcția Y**

**Cazul 1**

Se vor relua calculele de toleranțe și vor fi efectuate modificările, în cazul în care este necesar, pe același principiu:

➤ Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 31.1(\pm 0.1) + 30.8(\pm 0.1) - 64(\pm 0.28) + 63(\pm 0.25) + 3(\pm 0.1)$$

$$D = -0.8(\pm 0.93)$$

Limitele rezultante fiind:

**Tabelul 6.23**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	-0.8	0.30	-0.30	-0.50	-1.10
Cazul cel mai nefavorabil		0.93	-0.93	0.13	-1.73

Din tabelul 6.23 se observă că placa de cablaj imprimat va fi vizibilă pentru ambele metode. Modificările aduse asupra dimensiunilor și toleranțelor sunt cele conform tabelului 6.24.

**Tabelul 6.24**

Componentă	Capac	Capac	Carcasa
<b>Toleranta/Dimensiune</b>			
Toleranta/dimensiune actuală	63(±0.25)	3	64(±0.28)
Toleranta/dimensiune impusa	63.75(±0.1)	3.75	64(±0.1)

➤ Reluarea efectuării calcului de toleranțe.

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 31.1(\pm 0.1) + 30.8(\pm 0.1) - 64(\pm 0.1) + 63.75(\pm 0.1) + 3(\pm 0.1)$$

$$D=0.7(\pm 0.6)$$

**Tabelul 6.25**

Limita superioară	Limita inferioară
1.3	0.1

- Reluarea calcului de toleranțe de la capitolul 6.3:

$$D = -63.75(\pm 0.1) - 3.75(\pm 0.1) + 4(\pm 0.1) + 64(\pm 0.1)$$

$$D = 0.5(\pm 0.4)$$

**Tabelul 6.26**

Limita superioară	Limita inferioară
1.3	0.1

### Cazul 2

- Efectuarea calcului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 1.25(\pm 0.05) + 1(\pm 0.09) - 64(\pm 0.28) + 63(\pm 0.3) + 3(\pm 0.1)$$

$$D = -0.75(\pm 0.92)$$

**Tabelul 6.27**

	Valoare nominala	Toleranta Superioara	Toleranta Inferioara	Limita superioară	Limita inferioară
Statistica	-0.75	0.14	-0.14	-0.61	-0.89
Cazul cel mai nefavorabil		0.92	-0.92	0.17	-1.67

Pentru acest caz, limita inferioară este negativă și este nevoie de modificarea toleranțelor precum în tabelul 6.28.

**Tabelul 6.28**

Componentă	Capac	Capac	Carcasa
Toleranta/Dimensiune			
Toleranta/dimensiune actuală	63(±0.25)	3	64(±0.28)
Toleranta/dimensiune impusa	63.75(±0.2)	3.75	64(±0.2)

➤ Reluarea calcului de toleranțe:

$$D = -2.5(\pm 0.1) - 1.25(\pm 0.05) + 1(\pm 0.09) - 64(\pm 0.2) + 63.75(\pm 0.2) + 3.75(\pm 0.1)$$

$$D = 0.75(\pm 0.74)$$

*Tabelul 6.29*

Limita superioară	Limita inferioară
1.44	0.01

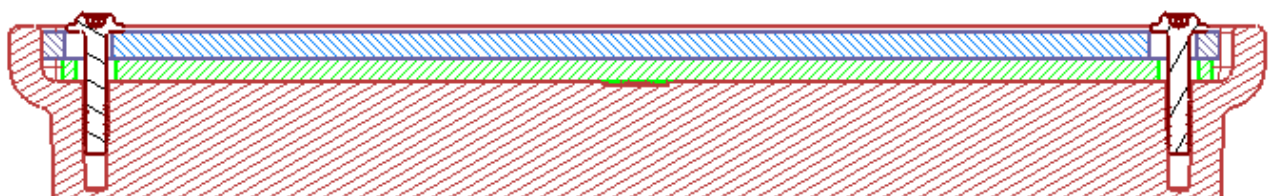
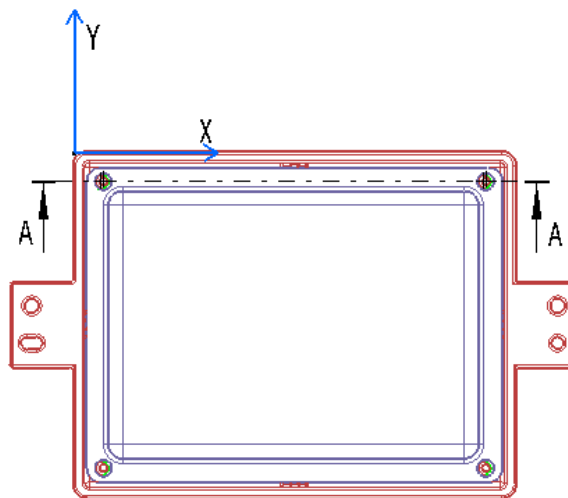
Ambele limite fiind pozitive, am redus posibilitatea de a exista coliziune.

## 6.5. Determinarea trecerii șurubului prin cele 3 componente

### Calcul de toleranțe de direcția X

#### Cazul 1

Asamblarea este formată din cel puțin 2 componente: Șurubul și piulița. În cazul acesta, piulița este parte integrată în carcasă. Pentru ca asamblarea să poată avea loc, este nevoie ca șurubul să treacă prin gaura de capac, gaura circuitul imprimat, iar în cele din urmă să poată fi posibilă înfiletarea lui în carcasă.



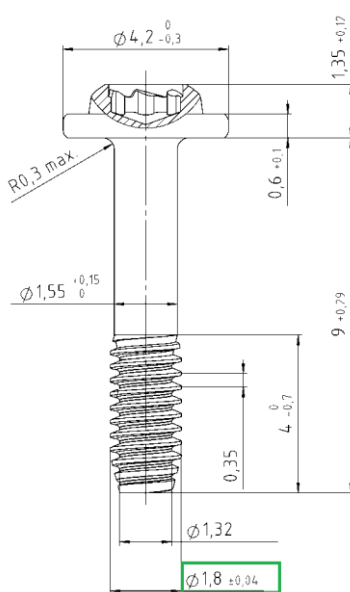
### Figura 6.13 Trecerea șurubului prin cele trei componente

În primul rând, va fi efectuat calcul de toleranțe pe direcția X. Ca să putem demonstra dacă șurubul trece prin cele 3 componente, sunt în vedere efectuarea a 3 calcule de toleranțe:

- Carcasă - Placă de circuit imprimat
- Carcasa - Capac
- Capac - Placă de circuit imprimat

Este suficientă demonstrarea a 2 din cele 3 cazuri, pentru că asamblarea poate avea loc. Desenul tehnic al șurubului este atașat acestui document. În figura 6.14 avem datele ce ne interesează cu privire la trecerea șurubului, și anume cota de  $\varnothing 1.8(\pm 0.04)$  pentru a determina dacă trece șurubul prin găuri.

În acest sens, vom compara rezultatul decalajului cu această dimensiune. Decalajul trebuie să fie mai mare decât dimensiunea de 1.84mm.

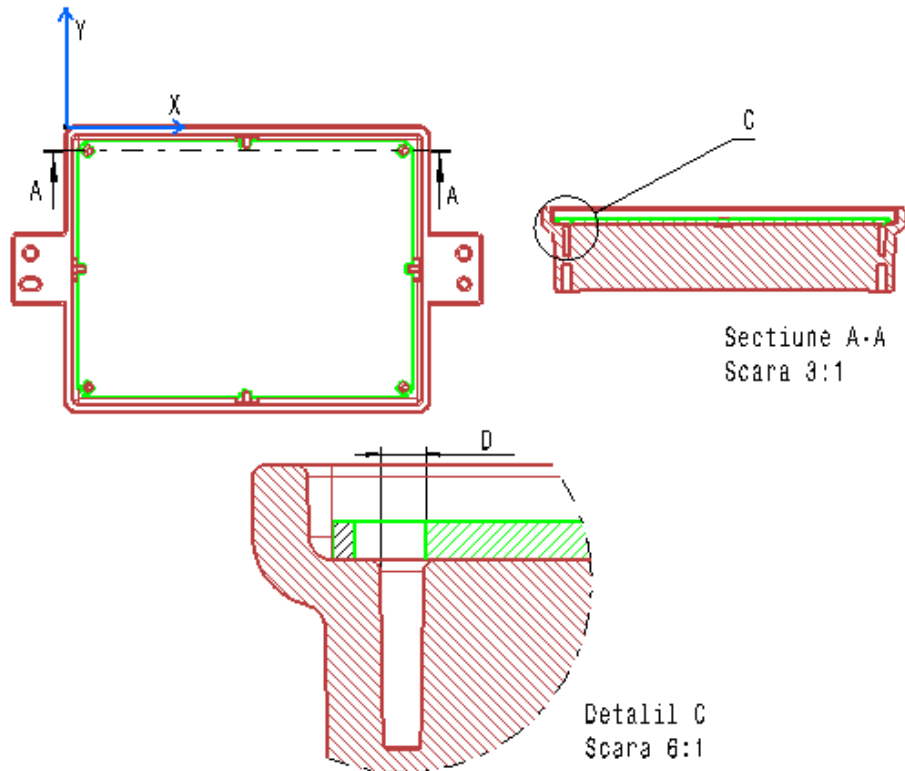


**Figura 6.14: Desenul 2D al șurubului. Evidențierea cotelor ce influențează calculul de toleranțe**

➤ Pentru a determina dacă șurubul trece prin cele 3 componente, am ales efectuarea a 2 calcule de toleranțe:

- carcasă și capac
- carcasă și circuit imprimat.

Efectuarea calculului de toleranțe între carcasă și circuitul imprimat (figura 9.10)



**Figura 6.15: Evidențierea decalajului între carcasa și placa de cablaj, corespunzător trecerii șurubului pentru primul caz**

➤ Efectuarea calculului de toleranțe

➤  $D = 1(\pm 0.09) - 39.2(\pm 0.1) + 38.9(\pm 0.1) + 1.5(\pm 0.05) = 2.2(\pm 0.34)$

**Tabelul 6.30**

Limita superioară	Limita inferioară
2.54	1.86

Trecerea șurubului necesită ca valoarea decalajului să fie mai mare decât diametrul maxim al filetului șurubului. Valoarea decalajului fiind 1.86, este mai mare decât valoarea diametrului maxim al filetului șurubului de 1.84, rezultând posibilitatea de a asambla componentele.

Efectuarea calculului de toleranțe între carcasă și capac.

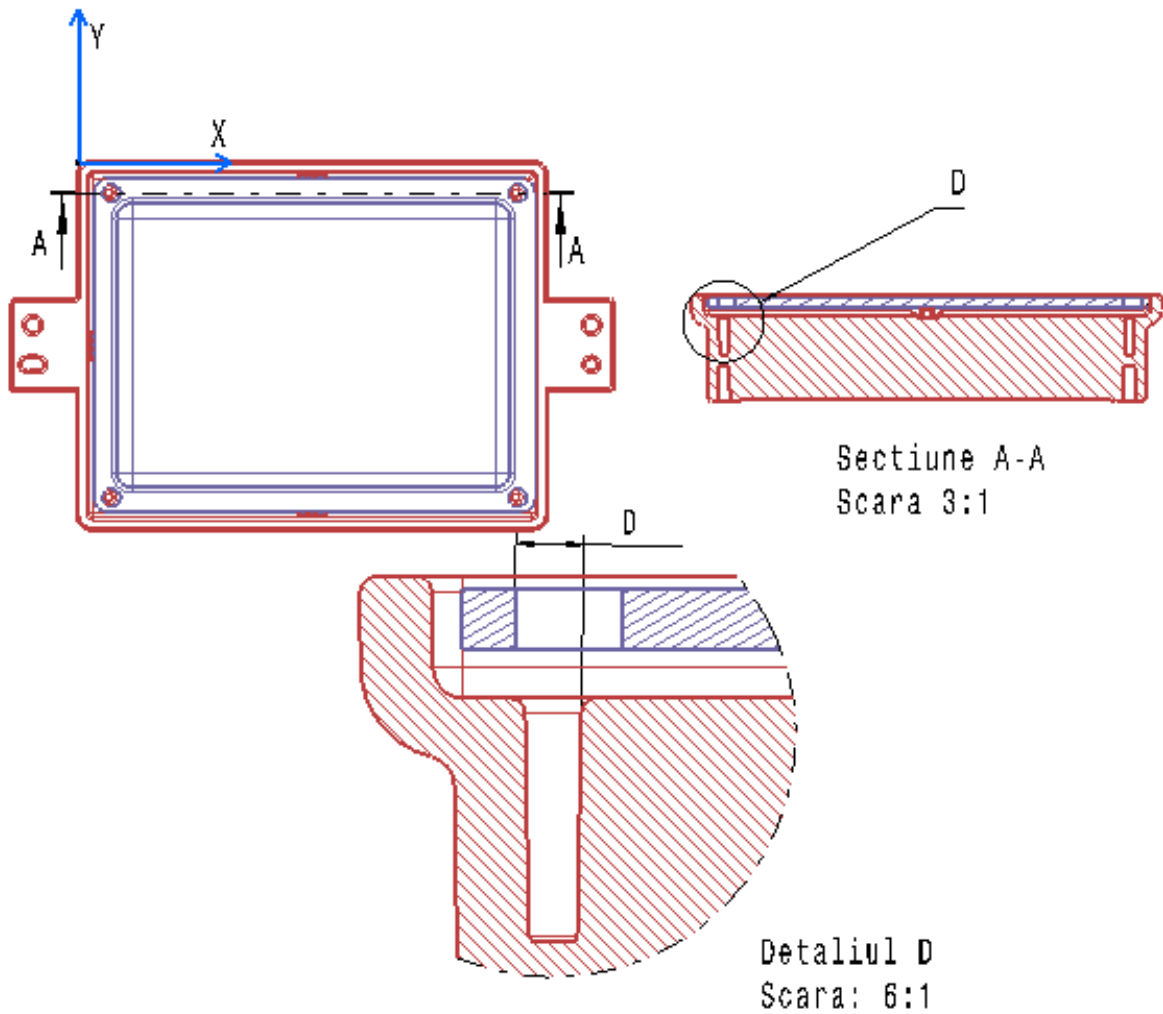


Figura 6.16: Evidențierea decalajului, între carcasa și capac, corespunzător trecerii șurubului

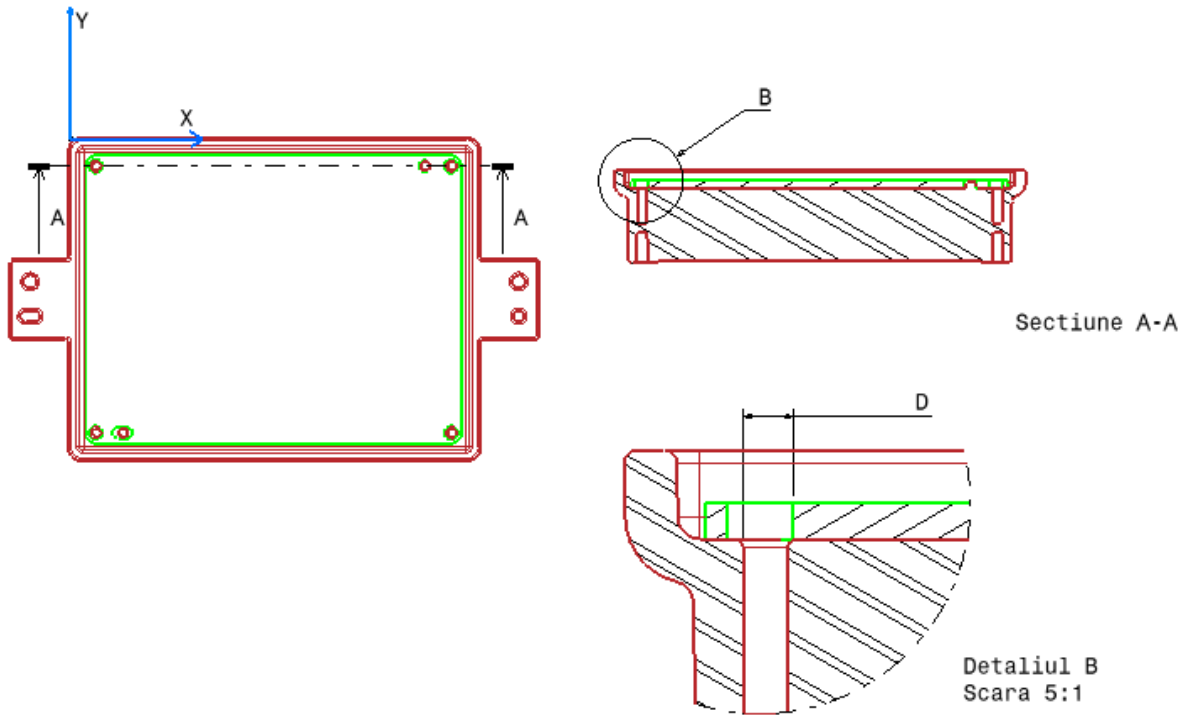
➤  $D = 1(\pm 0.09) - 84(\pm 0.1) + 83.75(\pm 0.1) + 1.75(\pm 0.05) = 2.5(\pm 0.34)$

Limita superioară	Limita inferioară
2.84	2.16

Tabelul 6.31

Diametrul maxim al filetului este de 1.84mm, iar valoarea limitei inferioare este de 2.16mm, ceea ce înseamnă că șurubul va trece prin cele 2 componente.

**Cazul 2**



**Figura 6.15: Evidențierea decalajului între carcasa și placa de cablaj, corespunzător trecerii șurubului pentru cazul doi**

- Efectuarea calculului de toleranțe
- $D = 1(\pm 0.09) - 6(\pm 0.18) + 1(\pm 0.09) - 1.25(\pm 0.05) + 6(\pm 0.1) + 1.5(\pm 0.05) = 2.25(\pm 0.56)$

**Tabelul 6.32**

Limita superioară	Limita inferioară
2.81	1.69

Trecerea șurubului necesită ca valoarea decalajului să fie mai mare decât diametrul maxim al filetului șurubului. Valoarea decalajului fiind 1.69, este mai mică decât valoarea diametrului maxim al filetului șurubului de 1.84, rezultând imposibilitatea de a asambla componentele.

**Tabelul 6.33**

	<b>Componentă</b>	<b>Carcasă</b>	<b>Carcasă</b>
--	-------------------	----------------	----------------

<b>Toleranta/Dimensiune</b>		
<b>Toleranta/dimensiune actuală</b>	$\varnothing 2(\pm 0.18)$	$6(\pm 0.18)$
<b>Toleranta/dimensiune impusa</b>	$\varnothing 2(\pm 0.1)$	$6(\pm 0.1)$

- Reluarea efectuării calculului de tolerante
- $D = 1(\pm 0.05) - 6(\pm 0.1) + 1(\pm 0.5) - 1.25(\pm 0.05) + 6(\pm 0.1) + 1.5(\pm 0.05) = 2.25(\pm 0.4)$

**Tabelul 6.34**

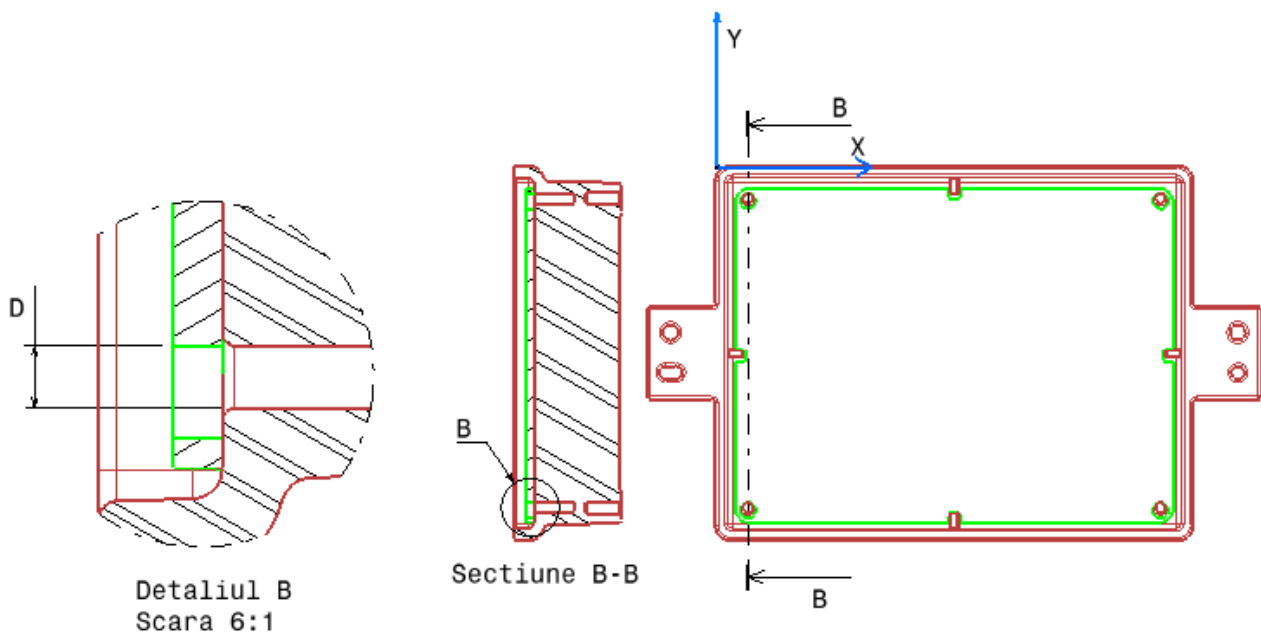
Limita superioară	Limita inferioară
2.65	1.85

Limita inferioară este mai mare decât valoarea de 1.84, ceea ce rezultă că șurubul va trece prin cele două componente.

#### ***Calcul de toleranțe de direcția Y***

Calcularea decalajului pe direcția Y se efectuează după același principiu, însă cu valori diferite. În următoarea figură avem reprezentat decalajul,





**Figura 6.13: Evidențierea decalajului între carcasa și placa de cablaj, corespunzător trecerii șurubului pe direcția Y, cazul 1**

➤ Efectuarea calculului de toleranțe

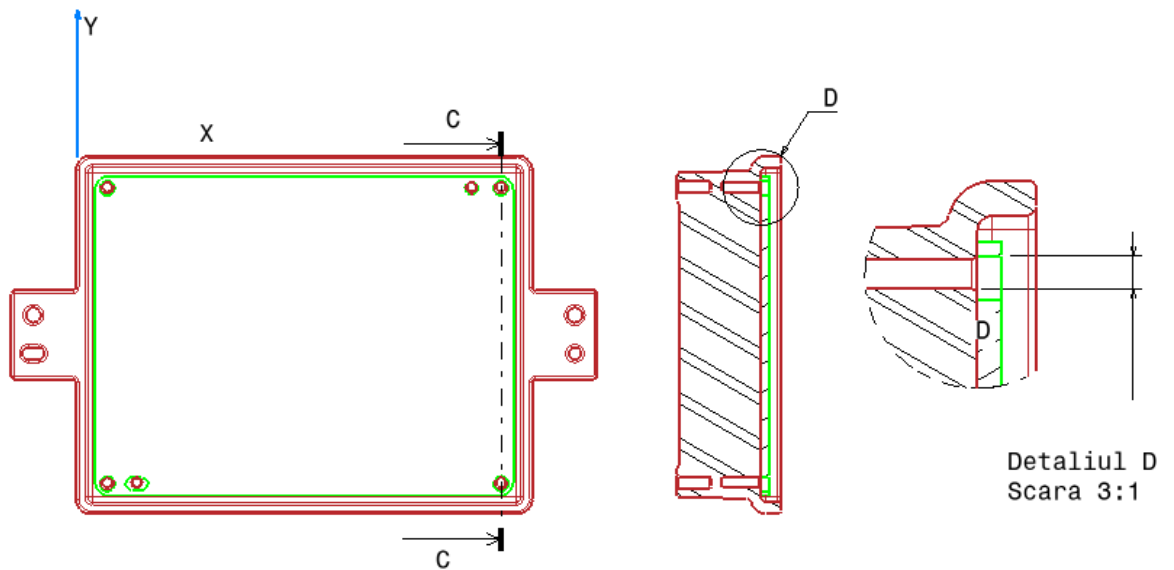
$$D = \varnothing 2/2(\pm 0.09) + 29.2(\pm 0.1) - 28.9(\pm 0.1) + \varnothing 3/2(\pm 0.05) = 2.8(\pm 0.34)$$

**Tabelul 6.35**

Limita superioară	Limita inferioară
3.14	2.46

Diametrul maxim al șurubului fiind de 1.84mm, în cazul limitei inferioare, șurubul va trece în cazul cel mai nefavorabil.

### **Cazul 2**



**Figura 6.13: Evidențierea decalajului între carcasa și placa de cablaj, corespunzător trecerii șurubului pe direcția Y, cazul 2**

- Efectuarea calculului de toleranțe
- $D = 1(\pm 0.09) + 1(\pm 0.09) - 1.25(\pm 0.05) + 1.5(\pm 0.05) = 2.25(\pm 0.28)$

**Tabelul 6.32**

Limita superioară	Limita inferioară
2.53	1.97

Trecerea șurubului necesită ca valoarea decalajului să fie mai mare decât diametrul maxim al filetului șurubului. Valoarea decalajului fiind 1.97, este mai mare decât valoarea diametrului maxim al filetului șurubului de 1.84, rezultând asamblarea componentelor.

## 7. Concluzii

În urma efectuării fiecărui calcul de toleranțe, s-a precizat dacă există coliziune din punct de vedere statistic și din punct de vedere al celui mai nefavorabil caz. Astfel, s-a ajuns la concluzia că dacă acceptăm faptul că vom avea 0.000006% piese ca rebut, nu va fi nevoie să impunem toleranțe, iar acest lucru influențează prețul de cost. Astfel, **metoda statistică ne oferă avantajul prețului de prelucrare mic, în cazul unei producții în masă**, însă această metodă nu ne oferă avantaj în cazul unei producții mici.

După efectuarea calculelor de toleranțe, se observă că în cazul metodei de poziționare a plăcii de cablaj imprimat cu 4 locașe, este nevoie de impunerea a 13 toleranțe pentru a ne asigura că asamblarea poate fi efectuată Indiferent de toleranțele rezultate în urma procesului de fabricație. În cazul în care centrarea se va face cu 2 pini de centrare, va fi nevoie de impunerea a 9 toleranțe. Pe de altă parte, se poate observa faptul că, deși în cel de-al doilea caz au fost impuse mai puține toleranțe, câmpul toleranțelor este mai mic, ceea ce rezultă că avem o precizie mai mare și un control mai bun. **Concluzia la care s-a ajuns este că metoda de centrare cu ajutorul a doi pini ne oferă un control mai bun al toleranțelor și este o metodă mai precisă.**

## Bibliografie

[1] Aeromold- <http://www.aeromold.ro/produse-si-aplicatii/1/matrite-de-turnare-sub-presiune.html> (Accesat 15 ianuarie,2017)

[2] Dynacast: <https://www.dynacast.com/> Global die Castng | Metal injection (Accesat 22 februarie,2017)

[3] **Lia Dolga, Marian Dănăiață, Mihai Revencu-** *Desen tehnic pentru electrotehnica*, Timișoara, Editura Politehnica, 2002.

[4]Kovacsfam  
[http://yo2kqk.kovacsfam.ro/concurs\\_pet/Amalia.Cucu.Palatul.Copiilor.Deva.pdf](http://yo2kqk.kovacsfam.ro/concurs_pet/Amalia.Cucu.Palatul.Copiilor.Deva.pdf) (Accesat 22 februarie,2017)

[5] Cesivo  
[http://www.cesivo.ro/uploads/Fisa\\_Tehnica\\_Placa\\_Sticlotextolit\\_clasa\\_F\\_verde.pdf](http://www.cesivo.ro/uploads/Fisa_Tehnica_Placa_Sticlotextolit_clasa_F_verde.pdf) (Accesat 25 februarie 2017)

[6] Thechdocs [http://techdocs.heco.de/techdocs2/heco-AF\\_\\_-06913-en.pdf](http://techdocs.heco.de/techdocs2/heco-AF__-06913-en.pdf)

(Accesat 04 martie, 2017)

[7] **Sef. Lucr. Ing. Ana Josan-** *Tehnologia formării și turnării a aliajelor*, Timișoara. Editura Politehnica, 2002.

[8] <http://www.scrib.com> (Accesat 23 mai, 2017)

[9] **Conf.dr.ing Marius ARDELEAN, Conf.dr.ing. Ana SOCALICI,Conf.r.ing. Erika ARDELEAN, Prof.dr.ing Teodor HEPUȚ-** *Tehnologia materialelor*, Timișoara, Editura Politehnica, 2015.

[10] **Prof.dr.ing Mihai Crăciun Nica, Șef. Lucr.Dr.ing Mihaela Crețu- Nica, Șef. Lucr.dr.ing Cristian Turc-** *Timișoara, Editura Politehnica, 2001.*

[11] Efundu [http://www.efunda.com/processes/machining/mill\\_design.cfm](http://www.efunda.com/processes/machining/mill_design.cfm) (Accesat 02 mai, 2017)

[12] **Dumitru Dragu, George Bădescu, Aurel Sturzu, Constantin Militaru, Ioan Popescu**- *Toleranțe și măsurători tehnice, București, Editura didactică și pedagogică,,1980.*

[13] Mitcalc <http://www.mitcalc.com/doc/tolanalysis1d/help/en/tolanalysis1d.htm>  
(Accesat 15 martie, 2017)

[14] SlotBlog [http://slotblog.net/uploads/monthly\\_02\\_2016/post-3754-0-81284900-1454484935.jpg](http://slotblog.net/uploads/monthly_02_2016/post-3754-0-81284900-1454484935.jpg) (Accesat 22 mai, 2017)

[15] Sinuc <http://www.sinuc.utilajutcb.ro/SINUC-2009/SECTIA--I/9.I.23.pdf> (Accesat 22 mai, 2017)

[16] Rasfoiesc <http://www.rasfoiesc.com/inginerie/tehnica-mecanica/LANTURI-DE-DIMENSIUNI-Clasific86.php> 21/06/2017 (Accesat 24 mai, 2017)