

**STUDII PRIVIND ETERMINAREA  
TOLERANȚELOR OPTIME  
FUNCȚIE DE CAPABILITATEA  
ECHIPAMENTELOR DE  
PRELUCRARE**

(Partea I)

**Constanța Rădulescu, Universitatea  
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**  
**Liviu Marius Cîrțînă, Universitatea  
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**

**ABSTRACT:** În această lucrare, structurată în două părți, este prezentat un studiu de caz privind determinarea toleranțelor optime ale dimensiunilor unei piese. Determinarea toleranțelor optime se face în funcție de capabilitatea mașinilor-unelte pe care se execută piesa. Modelul matematic are ca funcție obiectiv minimizarea costului de execuție, iar ca restricții: precizia de prelucrare și capabilitatea de prelucrare a mașinilor-unelte.

**KEY WORDS:** capabilitate, toleranță, cost

**1. INTRODUCERE**

Realizarea calității unei piese este determinată de concordanța dintre caracteristicile efective ale piese cu cele prezentate în desenul de execuție. Acești factori caracteristici sunt: natura materialului, tratamentul termic, forma geometrică, dimensiunile pieselor și calitatea suprafețelor. Toți acești factori impun anumite condiții tehnice care trebuie să apară pe desenul de execuție al piesei: condiții tehnice pentru material și pentru tratamentul termic; abateri de la dimensiuni; abateri de la forma geometrică; gradul de rugozitate al suprafețelor prelucrate, etc. Toate aceste condiții, abateri și rugozități sunt stabilite de către proiectant, lucru care nu este ușor de realizat.

Determinarea toleranțelor pentru diametrele arborilor și alezajelor este mai simplă deoarece lanțul de dimensiuni este alcătuit doar din trei elemente, iar condițiile de execuție a arborilor și alezajelor sunt cunoscute.

Determinarea toleranțelor pentru dimensiuni nediametrice, ale pieselor, care fac parte din lanțul de dimensiuni cu un număr mare de elemente este mult mai complexă,

**STUDIES ON THE  
ETERMINATION OF  
TOLERANCE  
OPTIMUM FUNCTION THE  
CAPABILITY PROCESSING  
EQUIPMENT**

(Part I)

**Constanța Rădulescu, Universitatea  
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**  
**Liviu Marius Cîrțînă, Universitatea  
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**

**ABSTRACT:** In this paper, structured into two parts, presents a case study on determining the optimal size of a piece tolerances. Determination of optimal tolerances is based on the capability of machine tools that are running piece. The mathematical model has the objective function to minimize the cost of execution, and that restrictions: Precision of processing and processing capability of machine tools.

**KEY WORDS:** capability, tolerances, cost

**1. INTRODUCTION**

Realization quality of parts is determined by the correlation between effective characteristics of the parts presented in production drawing. These factors are characteristics: nature of the material, heat treatment, geometric shapes, dimensions and surface quality parts. All these factors necessary some technical conditions that must appear on the drawings of the parts: material and technical conditions for heat treatment, deviations from dimensions, deviations from the geometric shape, degree of rugosity of the processed surfaces, etc.. All these conditions, deviations and roughness are determined by the designer, which is not easy.

Determination of tolerances for bore diameters of trees and is simpler because only chain size is composed of three elements and conditions of performance and bores trees is unknown.

Determination of tolerances for dimensions that are not diametrically, of parts, which are part of the chain dimensions with large numbers of elements is more complex

deoarece apar unele dificultăți precum: lipsa unor prescripții tehnice cantitative pentru subansamble, ansamble, mecanisme și mașini; dependența unor prescripții tehnice de un număr mare de parametri atât de exploatare cât și de fabricație; numărul variabil de elemente care participă în lanțurile de dimensiuni, etc.

În decursul timpului au apărut noi formule de calcul care ne-au ajutat la determinarea și alegerea corectă a toleranțelor dimensiunilor pieselor. Pe baza lucrărilor [1] și [2], unde s-a prezentat un model matematic non-liniar care ne-a ajutat la determinarea toleranțelor optime în funcție de capacitatea de prelucrare a echipamentelor de prelucrare, în această lucrare se va prezenta aplicarea în practică a modelului mai sus amintit.

## 2. DETERMINAREA FUNCȚIEI SCOP ȘI A RESTRICȚIILOR

Așa cum s-a prezentat în lucrarea [1], funcția obiectivă a problemei de optimizare este dată de relația:

$$\min C = \sum_{i=1}^n \xi \cdot c_i \quad (1)$$

unde:  $\xi_i$  - reprezintă factorul de influență relativ la cost;

$c_i$  - costul de execuție al dimensiunii de prelucrare  $i$ , respectiv  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$n$  - este numărul total al operațiilor.

Pentru costurile de execuție se aplica relațiile cost-toleranță. Pentru situații mai complexe, se poate folosi o relație cost-toleranță non-liniară:

$$C_i = A + \frac{B}{T_i^e} \quad (2)$$

unde:  $C_i$  - reprezintă costul de execuție;  $T_i$  - toleranța de proces a operației  $i$ , respectiv  $i = 1, 2, \dots, n$  și  $n$  este numărul total al dimensiunii de proces sau al operațiilor;  $A$  și  $B$  - sunt coeficienții pentru costul de execuție  $C_i$ ;  $e$  - este un exponent al toleranței.

Pentru diferite prelucrări și caracteristici de proiect, coeficienții  $a$  și  $b$  și exponentul  $e$  pot avea diferite valori.

În literatura de specialitate, de exemplu, se poate considera că :

-pentru suprafețe interioare tipice au

because there are some difficulties such as lack of quantitative technical prescriptions subassemblies, assemblies, mechanisms and machines; dependence of the technical requirements of a large number of parameters such as mining and manufacturing, variable number of elements participating in the chain size, etc.

Over time they appeared new formulas that help us determine dimensions and tolerances of parts right choice. In the work [1] and [2], where he presented a non-linear mathematical model that helped us to determine the optimal tolerances depending on the capability of processing equipment for controller in this paper will present the practical application of model mentioned above

## 2. DETERMINATION OF PURPOSE FUNCTION AND RESTRICTIONS

As shown in [1], the objective function of optimization the problem is given by:

$$\min C = \sum_{i=1}^n \xi \cdot c_i \quad (1)$$

where:  $\xi_i$  - influence is relative to the cost factor;

$c_i$  - execution cost of processing dimension  $i$ , respectively  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$n$  - is the total number of operations.

Execution for the costs apply cost-tolerance relations. For more complex situations, there may be a cost-tolerance relationship non-linear:

$$C_i = A + \frac{B}{T_i^e} \quad (2)$$

where:  $C_i$  - is the cost of execution;  $T_i$  - process tolerance of the operation  $i$ , respectively  $i = 1, 2, \dots, n$  and  $n$  is the total number of process or operations;  $A$  și  $B$  - are coefficients for the cost of execution  $C_i$ ;  $e$  - is an exponent of the tolerance.

For different processing and project characteristics, the coefficients  $a$  and  $b$  and the exponent  $e$  may have different values.

In the literature, for example, may be considered:

- for typical interior surfaces have the

următoarele valori:  $A=7,2$ ;  $B=0,015$  și  $e=1,727$ ;

- pentru suprafețele exterioare:  $A=3,5$ ,  $B=0,006$  și  $e=1,65$ .

Restricțiile preciziei de prelucrare se pot exprima ca:  $T_i \leq T_{max j}$ , unde:  $T_{max j}$  - reprezintă valoarea maximă a toleranței legată de prelucrare sau de scula mașinii. Pentru operații diferite, importanța și rolul funcțional pot fi diferite de la o piesă de prelucrat la alta. Prin urmare, indicele de capacitate de prelucrare  $C_{pi}$  se poate folosi la diferite nivele. De exemplu, pentru o aşchiere de degroşare,  $C_{pi}$  se poate seta la un nivel inferior, iar pentru o aşchiere de finisare  $C_{pi}$  se poate seta la un nivel mai ridicat. În baza acestui fapt, relația de restricție a capacității de prelucrare se poate exprima ca:

$$C_{pmin i} \leq C_{pi} \leq C_{pmax i}$$

unde:  $C_{pmin i}$  și  $C_{pmax i}$  - reprezintă valorile inferioară și superioară ale indicelui  $C_{pi}$ .

### 3. STUDIU DE CAZ

În lucrarea 2 s-a prezentat o piesă ce este prelucrată pe mașini-unelte cu comandă numerică. Operațiile și forma acesteia sunt prezentate în tabelul 1. Plecând de la datele problemei și ținând cont de forma lanțului de dimensiuni dar și de tehnologia de execuție a piesei se va determina toleranțele optime ale piesi în funcție de capacitatea de prelucrare mașinilor unelte. Pentru a deriva lanțurile toleranțelor de prelucrare se pot folosi informațiile date în tab.1. Folosind se pot obține în mod convenabil lanțurile toleranțelor ale operațiilor de prelucrare. Toleranțele lanțului de dimensiuni au fost obținute în baza faptului că toleranțele rezultate trebuie să fie mai mici sau egale cu acelea din specificațiile din desenul de execuție.

Ținând cont de tipul mașinii presupunem că precizia de prelucrare a operațiilor este dată:

- la 0,005 mm pentru strunjire, respectiv pentru frezare,
- la 0,002 mm pentru operația de rectificare ;
- la 0,01 mm pentru procesul tratamentului termic.

following values:  $A=7,2$ ;  $B=0,015$  și  $e=1,727$ ;  
- for exterior surfaces:  $A=3,5$ ,  $B=0,006$  și  $e=1,65$ .

Restrictions processing accuracy can be expressed as:  $T_i \leq T_{max j}$ , where:  $T_{max j}$  - is the maximum tolerance for processing or machine tool.

For different operations, the importance and functional role may be different from one workpiece to another. Therefore, the processing capability index  $C_{pi}$  processing capability index can be used at different levels. For example, for a roughing cutting,  $C_{pi}$  can be set at a lower level, and for a finishing cutting  $C_{pi}$  can be set at a higher level.

On this basis, the relationship of restriction of processing capability can be expressed as:

$$C_{pmin i} \leq C_{pi} \leq C_{pmax i}$$

where:  $C_{pmin i}$  și  $C_{pmax i}$  - represent upper and lower values of the index  $C_{pi}$ .

### 3. CASE STUDY.

In the work [2] presented a piece that is machined on CNC machine tools. The operations and its form are presented in Table 1. Starting from the problem and considering the size and shape chain execution technology piece will determine optimal tolerances of parts depending on the processing capability of machine tools. Tolerances to separate processing chains can use the information data in the table 1.

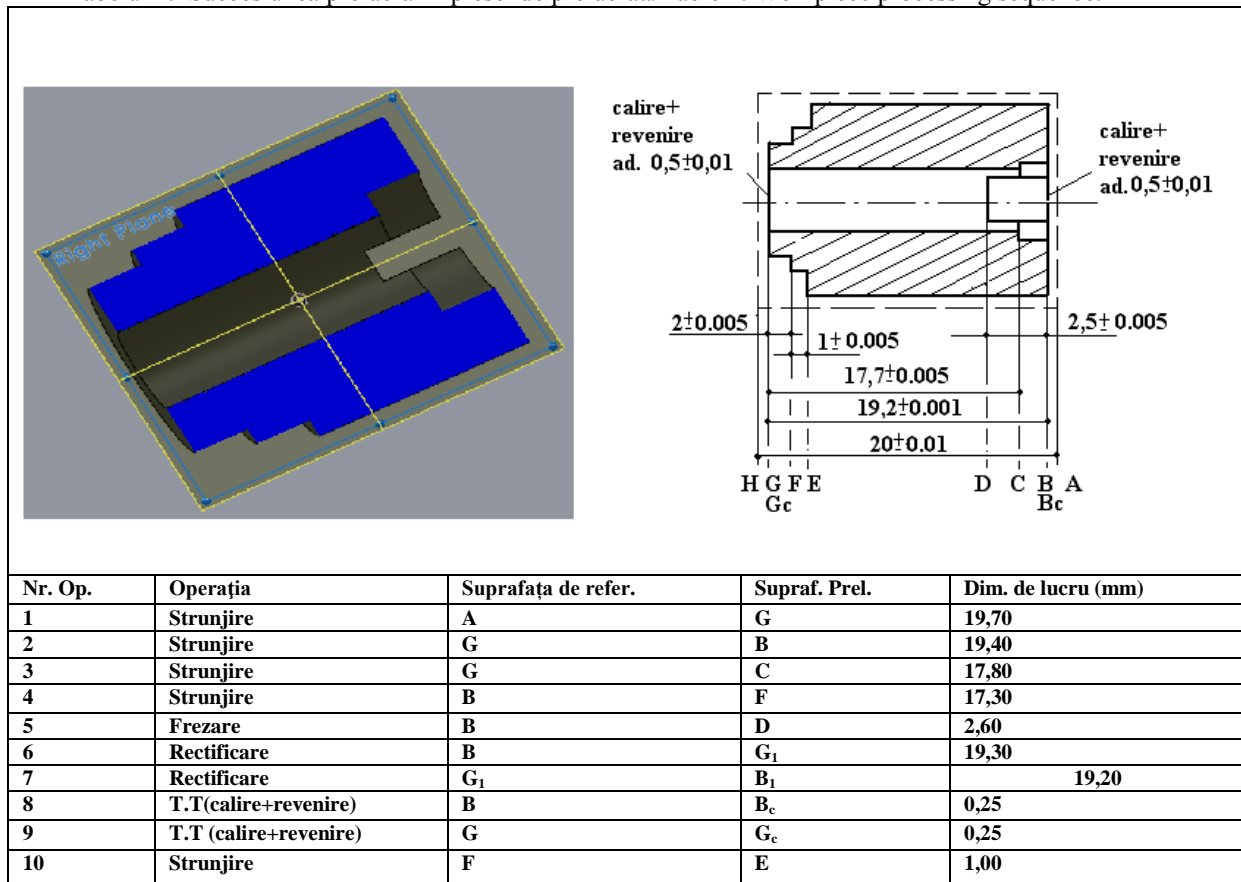
Using conveniently may be obtained tolerances chains of processing operations. Tolerances chain dimensions were obtained on the basis that the tolerances results must be less than or equal to those of the specifications in drawings. Using conveniently may be obtained tolerances chains of processing operations. Tolerances chain dimensions were obtained on the basis that the tolerances results must be less than or equal to those of the specifications in drawings.

Given the type of car we assume that the accuracy of processing operations is given by:

- at 0,005 mm for turning, milling, respectively,

- to 0,002 mm for grinding operation;
- 0.01 mm for the heat treatment.

Tabelul 1. Succesiunea prelucrării piesei de prelucrat./Table 1. Workpiece processing sequence.



NOTĂ : În tabel nu este respectată ordinea operațiilor procesului tehnologic./ The table is not complied with the order of operations of the technological process.

Folosind se pot obține în mod convenabil lanțurile toleranțelor ale operațiilor de prelucrare. Toleranțele lanțului de dimensiuni au fost obținute în baza faptului că toleranțele rezultate trebuie să fie mai mici sau egale cu acelea din specificațiile din desenul de execuție Ținând cont de tipul mașinii presupunem că precizia de prelucrare a operațiilor este dată:

- la 0,005 mm pentru strunjire, respectiv pentru frezare,
- la 0,002 mm pentru operația de rectificare ;
- la 0,01 mm pentru procesul tratamentului termic.

Pe baza figurii, s-au stabilit legăturile maxime bilaterale de toleranță ale proceselor de prelucrare și ale sculelor mașinii unelte. Deviațiile standard ale proceselor depind de tipul suprafeței de prelucrat, dimensiunea de

Using conveniently may be obtained tolerances chains of processing operations. Tolerances chain dimensions were obtained on the basis that the tolerances results must be less than or equal to those of the specifications in drawings.

Using conveniently may be obtained tolerances chains of processing operations. Tolerances chain dimensions were obtained on the basis that the tolerances results must be less than or equal to those of the specifications in drawings.

Given the type of car we assume that the accuracy of processing operations is given by:

- at 0,005 mm for turning, milling, respectively,
- to 0,002 mm for grinding operation;
- 0.01 mm for the heat treatment.

In the figure, links were established bilateral

prelucrat și scula mașinii care este folosită. De exemplu, din literatura de specialitate, deviațiile standard ale operațiilor implicând rectificarea,  $\sigma_6$  și  $\sigma_7$ , trebuie să fie mai mici egale 0,0008 mm, decât acelea pentru alte operații. În baza acestor considerații, deviațiile standard au fost obținute ca:  $\sigma_1=0,002$  mm,  $\sigma_2=\sigma_3=0,001$ mm,  $\sigma_4=\sigma_5=0,0008$  mm,  $\sigma_6=\sigma_7=0,0003$ ,  $\sigma_8=\sigma_9=0,003$ mm,  $\sigma_{10}=0,0008$  mm.

Limitele superioară și inferioară a indicelui de capacitate de prelucrare sunt date ca:

$$C_{pmin} = 2/3 \text{ și } C_{pmax} = 1,0.$$

Pentru a minimaliza costul total de execuție al celor mai precise operații, acestora trebuie să li se acorde cea mai mare importanță. În plus, operațiile de același tip trebuie să aibă același factor de influență. În baza considerațiilor de mai sus, factorii de influență se consideră a fi  $\xi_5 = 1,5$  pentru operația de frezare,  $\xi_8 = \xi_9 = 3,0$  pentru operația tratamentului termic și  $\xi_6 = \xi_7 = 2,0$  pentru operația de rectificare.

Plecând de la relația 1, modelul matematic optim complet se poate deriva astfel:

$$\min C \sum_{i=1}^{10} \xi_i c_i, \text{ unde: } \xi_1=\xi_2=\xi_3=\xi_4 = w_{10} = 1,0, \xi_5 = 1,5, \xi_8 = \xi_9 = 3,0 \text{ și } \xi_6 = \xi_7 = 2,0.$$

În baza relației 2, relațiile cost-toleranță au fost date ca:

$$\begin{aligned} c_1 &= 3,5 + 0,006/T_1^{1,87}; c_2 = 3,5 + 0,006/T_2^{1,87} \\ c_3 &= 7,2 + 0,015/T_3^{1,727}; c_4 = 3,5 + 0,006/T_4^{1,87} \\ c_5 &= 7,2 + 0,015/T_5^{1,727}; c_6 = 3,5 + 0,006/T_6^{1,87} \\ c_7 &= 3,5 + 0,006/T_7^{1,87}; c_8 = 9,5 + 0,020/T_8^{1,65} \\ c_9 &= 9,5 + 0,020/T_9^{1,65}; c_{10} = 3,5 + 0,006/T_{10}^{1,87} \end{aligned}$$

Pe baza deviațiilor standard obținute anterior:

$$\begin{aligned} 6 \times 0,002 C_{p1} = T_1; 6 \times 0,001 C_{p2} = T_2; 6 \times 0,001 C_{p3} = T_3; 6 \times 0,0008 C_{p4} = T_4 \\ 6 \times 0,0008 C_{p5} = T_5; 6 \times 0,0003 C_{p6} = T_6; 6 \times 0,0003 C_{p7} = T_7; 6 \times 0,003 C_{p8} = T_8 \\ 6 \times 0,003 C_{p9} = T_9; 6 \times 0,0008 C_{p10} = T_{10} \end{aligned}$$

Optimizarea este supusă următoarelor restricții:

maximum tolerance machining processes and machine tools tools. Standard deviations of processes depend on the processed surface, the size of the machine tool which is processed and used

For example, literature, standard deviations of operations involving rectification,  $\sigma_6$  and  $\sigma_7$ , must be equal to 0.0008 mm smaller than those for other operations. Based on these considerations, the standard deviations were obtained:  $\sigma_1=0,002$  mm,  $\sigma_2=\sigma_3=0,001$ mm,  $\sigma_4=\sigma_5=0,0008$  mm,  $\sigma_6=\sigma_7=0,0003$ ,  $\sigma_8=\sigma_9=0,003$ mm,  $\sigma_{10}=0,0008$  mm.

Upper and lower process capability index are given as:

$$C_{pmin} = 2/3 \text{ și } C_{pmax} = 1,0.$$

To minimize the total cost of the precise execution of operations, they must be given highest importance. In addition, the operations of the same type must have the same factor of influence. Based on the above considerations, the factors of influence is considered to be  $\xi_5 = 1,5$  for milling the operation,  $\xi_8 = \xi_9 = 3,0$  for heat treatment the operation and  $\xi_6 = \xi_7 = 2,0$  for grinding operation.

Building on a relationship (1), completely optimal mathematical model can derive the following:

Based on the relationship (2), cost-tolerance relations were given as

Based on the standard deviations previously obtained:

Optimization is subject to the following

1. Restricțiile toleranțelor de prelucrare sunt:

restrictions:

1. Restrictions processing tolerances are:

$$\begin{aligned}
 3(0,003 C_{p9} + 0,001 C_{p2} + 0,0003 C_{p6}) &\leq 0,01 & (T_{BP1}/2) \\
 3(0,0008 C_{p5} + 0,0003 C_{p6} + 0,0003 C_{p7}) &\leq 0,005 & (T_{BP2}/2) \\
 3(0,001 C_{p3} + 0,001 C_{p6} + 0,0003 C_{p7}) &\leq 0,005 & (T_{BP3}/2) \\
 3(0,0008 C_{p4} + 0,0003 C_{p6}) &\leq 0,005 & (T_{BP4}/2) \\
 3(0,0003 C_{p7}) &\leq 0,001 & (T_{BP5}/2) \\
 3(0,003 C_{p8} + 0,0003 C_{p6} + 0,0003 C_{p7}) &\leq 0,01 & (T_{BP6}/2) \\
 3(0,0008 C_{p10}) &\leq 0,002 & (T_{BP7}/2)
 \end{aligned}$$

2. Restricțiile preciziei de prelucrare sunt:

2. Precision processing restrictions are:

$$\begin{aligned}
 3 \times 0,002 C_{p1} &\leq 0,005 \text{ - (strunjire); } & 3 \times 0,001 C_{p2} &\leq 0,005 \text{ - (strunjire)} \\
 3 \times 0,001 C_{p3} &\leq 0,005 \text{ - (strunjire); } & 3 \times 0,0008 C_{p4} &\leq 0,005 \text{ - (strunjire)} \\
 3 \times 0,0008 C_{p5} &\leq 0,005 \text{ - (frezare); } & 3 \times 0,0003 C_{p6} &\leq 0,002 \text{ - (rectificare)} \\
 3 \times 0,0003 C_{p7} &\leq 0,002 \text{ - (rectificare); } & 3 \times 0,003 C_{p8} &\leq 0,01 \text{ - (călire+revenire)} \\
 3 \times 0,003 C_{p9} &\leq 0,01 \text{ - (călire+revenire); } & 3 \times 0,008 C_{p10} &\leq 0,005 \text{ - (strunjire)}
 \end{aligned}$$

3. Restricția indicelui capabilității de prelucrare este:  $2/3 \leq C_{pi} \leq 1,0$  unde:  $i = 1, 2, \dots, 10$

3. Restriction processing capability index is:  $2/3 \leq C_{pi} \leq 1,0$  where:  $i = 1, 2, \dots, 10$

După stabilirea relației de calcul cost-toleranță și a restricțiilor impuse se trece la stabilirea toleranțelor și respectiv a costului acestora. We will replace the restrictions set specific tolerances processing capability of each operation and thus we have:

After establishing the cost-tolerance relationship and account restrictions and tolerances proceed to question their cost. We will replace the restrictions set specific tolerances processing capability of each operation and thus we have:

$$\begin{aligned}
 \frac{T_9}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_6}{2} &\leq \frac{T_{pd1}}{2}; & \frac{T_5}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} &\leq \frac{T_{pd2}}{2}; & \frac{T_3}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} &\leq \frac{T_{pd3}}{2} \\
 \frac{T_4}{2} + \frac{T_6}{2} &\leq \frac{T_{pd4}}{2}; & \frac{T_7}{2} &\leq \frac{T_{pd5}}{2}; & \frac{T_8}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} &\leq \frac{T_{pd6}}{2}; & \frac{T_{10}}{2} &\leq \frac{T_{pd7}}{2}
 \end{aligned}$$

Din aceste relații se pot determina prin compensare toleranțele, astfel:

From these relations can determine by offsetting tolerances as follows:

$$\frac{T_{10}}{2} \leq 0,002$$

$$T_{10} \leq 2 \cdot 0,002, \text{ alegem } T_{10} = 0,004 \text{ mm, atunci } t_{10} = 0,002 \text{ mm}$$

$$C_{p10} = \frac{T_{10}}{6\sigma_{10}} = \frac{0,004}{6 \cdot 0,008} = 0,833$$

Pentru toleranța  $T_7$ :

$$\frac{T_7}{2} \leq 0,001$$

$$T_7 \leq 2 \cdot 0,001 \text{ alegem } T_7 = 0,002 \text{ mm, atunci } t_7 = 0,001 \text{ mm}$$

$$C_{p7} = \frac{T_7}{6\sigma_7} = \frac{0,002}{6 \cdot 0,0003} = 1,11$$

$$\text{alegem } T_7 = 0,0018 \text{ mm}$$

$$t_7 = 0,0009 \text{ mm si } C_{p7} = \frac{T_7}{6\sigma_7} = \frac{0,0018}{6 \cdot 0,0003} = 1$$

Pentru toleranțele  $T_5$  și  $T_6$ :  $\frac{T_5}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} \leq 0,005mm$ , atunci  $\frac{T_5}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,005mm$

Alegem:  $T_5 = 0,0048mm$  și  $T_6 = 0,0018mm$

$$Cp_5 = \frac{T_5}{6\sigma_5} = \frac{0,0048}{6 \cdot 0,0008} = 1 \text{ și } Cp_6 = \frac{T_6}{6\sigma_6} = \frac{0,0018}{6 \cdot 0,0003} = 1$$

$$\frac{T_5}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} = \frac{0,0048}{2} + \frac{0,0018}{2} + \frac{0,0018}{2} = 0,0024 + 0,0009 + 0,0009 = 0,0042 \leq 0,005$$

$$t_5 = 0,0009mm; \quad t_6 = 0,0009mm; \quad t_7 = 0,0024mm$$

$$\frac{T_3}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} \leq 0,005$$

$$\frac{T_3}{2} + \frac{0,0018}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,005$$

Alegem  $T_3 = 0,0042mm$

Pentru toleranța  $T_3$ :

$$Cp_3 = \frac{T_3}{6\sigma_3} = \frac{0,0042}{6 \cdot 0,001} = 0,7$$

$$\frac{T_3}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} = \frac{0,0042}{2} + \frac{0,0018}{2} + \frac{0,0018}{2} = 0,0021 + 0,0009 + 0,0009 = 0,0039 \leq 0,005$$

$$t_3 = 0,0021mm$$

$$\frac{T_4}{2} + \frac{T_6}{2} \leq 0,005$$

Pentru toleranța  $T_4$ :  $\frac{T_4}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,005$ ; alegem  $T_4 = 0,0048mm$

$$\frac{0,0048}{2} + \frac{0,0018}{2} = 0,0024 + 0,0009 \leq 0,005;$$

$$Cp_4 = \frac{T_4}{6\sigma_4} = \frac{0,0048}{6 \cdot 0,0008} = 1, \text{ iar } t_4 = 0,0024mm$$

$$\frac{T_8}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} \leq 0,01$$

$$\frac{T_8}{2} + \frac{0,0018}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,01; \quad \text{Alegem } T_8 = 0,0164mm$$

Pentru toleranța  $T_8$ :  $Cp_8 = \frac{T_8}{6\sigma_8} = \frac{0,0164}{6 \cdot 0,003} = 0,911$

$$\frac{T_8}{2} + \frac{T_6}{2} + \frac{T_7}{2} = \frac{0,0164}{2} + \frac{0,0018}{2} + \frac{0,0018}{2} =$$

$$0,0082 + 0,0009 + 0,0009 = 0,01 \leq 0,01$$

$$t_8 = 0,0082mm$$

$$\frac{T_9}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_6}{2} \leq 0,01$$

Pentru toleranța  $T_9$ :  $\frac{T_9}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,01$  Alegem  $T_2 = 0,004mm$

$$Cp_2 = \frac{T_2}{6\sigma_2} = \frac{0,004}{6 \cdot 0,001} = 0,667$$

$$\frac{T_9}{2} + \frac{0,004}{2} + \frac{0,0018}{2} \leq 0,01$$

$$\frac{T_9}{2} \leq 0,01 - 0,0009 - 0,002; \text{ rezultă: } \frac{T_9}{2} \leq 0,0071$$

$$\text{Alegem } T_9 = 0,0142$$

$$Cp_9 = \frac{T_9}{6\sigma_9} = \frac{0,0142}{6 \cdot 0,003} = 0,789$$

$$\frac{T_9}{2} + \frac{T_2}{2} + \frac{T_6}{2} = \frac{0,0142}{2} + \frac{0,004}{2} + \frac{0,0018}{2} = 0,0071 + 0,002 + 0,0009 = 0,01 \leq 0,01$$

$$t_2 = 0,002 \text{ mm}; \quad t_9 = 0,0071 \text{ mm}$$

$$C = \sum_{i=1}^{10} \xi_i c_i = \xi_1 c_1 + \xi_2 c_2 + \xi_3 c_3 + \xi_4 c_4 + \xi_5 c_5 + \xi_6 c_6 + \xi_7 c_7 + \xi_8 c_8 + \xi_9 c_9 + \xi_{10} c_{10} =$$

$$\begin{aligned} & 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_1)^{1,87}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_2)^{1,87}} \right] + 1 \cdot \left[ 7,2 + \frac{0,015}{(T_3)^{1,727}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_4)^{1,87}} \right] + 1 \cdot \left[ 7,2 + \frac{0,015}{(T_5)^{1,727}} \right] + \\ & + 2 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_6)^{1,87}} \right] + 2 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_7)^{1,87}} \right] + 3 \cdot \left[ 9,5 + \frac{0,02}{(T_8)^{1,65}} \right] + 3 \cdot \left[ 9,5 + \frac{0,02}{(T_9)^{1,65}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(T_{10})^{1,87}} \right] = \\ & = 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,01)^{1,87}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,004)^{1,87}} \right] + 1 \cdot \left[ 7,2 + \frac{0,015}{(0,0042)^{1,727}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,0048)^{1,87}} \right] \\ & + 1 \cdot \left[ 7,2 + \frac{0,015}{(0,0048)^{1,727}} \right] + 2 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,0018)^{1,87}} \right] + 2 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,0018)^{1,87}} \right] + 3 \cdot \left[ 9,5 + \frac{0,02}{(0,0082)^{1,65}} \right] \\ & + 3 \cdot \left[ 9,5 + \frac{0,02}{(0,0082)^{1,65}} \right] + 1 \cdot \left[ 3,5 + \frac{0,006}{(0,0071)^{1,87}} \right] = 4439,36 \end{aligned}$$

Funcția obiectiv se obține ca  $C = 4439,36$  cu  $t_1 = 0,005$  mm,  $t_2 = 0,002$  mm,  $t_3 = 0,0021$  mm,  $t_4 = 0,0024$  mm,  $t_5 = 0,0024$  mm,  $t_6 = 0,0009$  mm,  $t_7 = 0,0009$  mm,  $t_8 = 0,00819$  mm,  $t_9 = 0,00710$  mm și  $t_{10} = 0,002$  mm.

Objective function is obtained as  $C = 4439,36$  cu  $t_1 = 0,005$  mm,  $t_2 = 0,002$  mm,  $t_3 = 0,0021$  mm,  $t_4 = 0,0024$  mm,  $t_5 = 0,0024$  mm,  $t_6 = 0,0009$  mm,  $t_7 = 0,0009$  mm,  $t_8 = 0,00819$  mm,  $t_9 = 0,00710$  mm și  $t_{10} = 0,002$  mm.

Tabelul 2. Toleranțe de prelucrare./ Tabelul 2. Manufacturing tolerances.

Nr.	$C_{pi}$	$z_i$	$\sigma_i$ (μm)	$t_i$ (μm)
1	0,833	2,5	2	5
2	0,667	2,0	1	2,0
3	0,700	2,1	1	2,1
4	1,000	3	0,8	2,4
5	1,000	3	0,8	2,4
6	1,000	3	0,3	0,9
7	1,000	3	0,3	0,9
8	0,911	2,73	3	8,19
9	0,789	2,37	3	7,1
10	0,833	2,5	0,8	2,0

Tabelul 2 prezintă toleranțele de prelucrarea finală  $t_i$ . Rezultatele de mai sus demonstrează că metoda propusă a asigurat, în general, îmbunătățiri față de metodele existente. În particular, metoda propusă poate, în general, să mărească probabilitatea prelucrării acceptabile a piesei de prelucrat, datorită ratelor scăzute de rebut.

Table 2 presents the final processing tolerances  $t_i$ . The above results demonstrate that the proposed method provided generally improvements over existing methods. In particular, the proposed method can generally increase the likelihood of acceptable processing of the workpiece due to low scrap rates.



#### 4. CONCLUZII

Modelul teoretic practic prezentat este avantajos în termeni de simplitate, deoarece rezultatele se pot obține mai convenabil și mai rapid. Utilizarea modelului nu afectează investigarea caracteristicilor de distribuție a densității probabilității toleranțelor de prelucrare. În plus, determinarea factorului de influență a costului este o sarcină dificilă și valoarea sa are unele efecte asupra soluției finale optime a toleranțelor de prelucrare dar implicit a costului de realizare a acestor toleranțe.

Toleranțele de prelucrare au influență nu doar asupra costurilor de execuție, ci și asupra realizării specificațiilor cerute de un produs.

Modelul propus, a optimizat toleranțele procesului de execuție pe baza indicilor de capacitate de prelucrare a mașinilor unelte. În plus, au fost utilizate legăturile toleranțelor economice ale sculelor mașinilor unelte, pentru a permite o compensare de îmbunătățire a toleranței.

Rezultatele au demonstrat că toleranțele de prelucrare obținute erau foarte consistente și abordarea propusă este foarte stabilă.

#### 5. BIBLIOGRAFIE

1. Rădulescu C., Cîrțina, L.M. Theoretical studies regarding optimization of technological tolerances depending on the capacity of the processing. *Analele Universității „Constantin Brâncuși”*, nr.4/NOV.2010, pag 217, ISSN 1842-4856.
2. C., Radulescu, L.M., Cîrțină, C., Militaru - Scheme analysis tree dimensions and tolerances processing-4th, symposium with international participation, Durability and Reliability of Mechanical Systems, SYMECH 2011, pag.63-66 Târgu-Jiu, May, 20-21, 2011.
3. Lee C.L., Tang G.R. - Tolerance design for products with correlated characteristics. *Mech Mach Theory* 35: 1675-1678, 2000

#### 4. CONCLUZII

The model practical theory presented is advantageous in terms of simplicity, because the results can be obtained more conveniently and faster. Using the model does not affect the investigation of the probability density distribution characteristics of manufacturing tolerances. In addition, determining the cost factor of influence is a difficult task and its value has some effect on the final solution optimal machining tolerances but implicit in the cost of achieving these tolerances.

Manufacturing tolerances have influence not only on the cost of execution, but also to achieve a required product specifications.

The model proposed, tolerances optimized execution process capability indices based on processing machine tools. In addition, links were used machine tool tolerances economic tools to allow compensation to improve tolerance.

The results obtained showed that manufacturing tolerances were very consistent and stable approach is proposed.

#### 5. REFERENCES

1. Rădulescu C., Cîrțina, L.M. Theoretical studies regarding optimization of technological tolerances depending on the capacity of the processing. *Analele Universității „Constantin Brâncuși”*, nr.4/NOV.2010, pag 217, ISSN 1842-4856.
2. C., Radulescu, L.M., Cîrțină, C., Militaru - Scheme analysis tree dimensions and tolerances processing-4th, symposium with international participation, Durability and Reliability of Mechanical Systems, SYMECH 2011, pag.63-66 Târgu-Jiu, May, 20-21, 2011.
3. Lee C.L., Tang G.R. - Tolerance design for products with correlated characteristics. *Mech Mach Theory* 35: 1675-1678, 2000