

BULETINUL INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN IAȘI

Publicat de

Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași,

Tomul XLX (LIV), Supliment I, 2004

Secția

CONSTRUCȚII DE MAȘINI

## APRECIEREA CALITĂȚII ORGANELOR DE MAȘINI LA ETAPA DE PREGĂTIRE TEHNOLOGICĂ A PRODUCȚIEI

ION BOSTAN, SERGIU MAZURU, MAXIM VACULENCO

**Cuvinte cheie:** calitate, precizie, eroare, rotă dințată.

**Rezumat:** În lucrare se prezintă o analiză a preciziei roților dințate, executate după procesul tehnologic care include operațiile termice și chimico-termice de prelucrare. O acțiune considerabilă la starea materialului are metoda și regimurile prelucrării mecanice și metoda tratamentului termic. O atenție deosebită prezintă legile distribuției a valorilor: varierea liniei normale comune, bătaia radială a flanșei roții dințate, abaterea grosimii dintelui.

### 1. Aspecte teoretice

Sub calitatea producției se subînțelege totalitatea proprietăților și indicilor, care determină corespunderea produsului pentru a satisface o oarecare cerință în corespundere cu destinația lui.

Sub destinația funcțională a mașinii se înțeleg obiectivele care maximal și minuțios formulează scopul pentru care a fost elaborată mașina. Indicii destinației funcționale a mașinii joacă un rol hotărâtor la aprecierea nivelului calității. Foarte acută este problema sporirii longivității mașinii, adică păstrării îndelungate a preciziei și fiabilitatea funcționării în procesul exploatării a tuturor pieselor mașinii. Rezolvarea acestui obiectiv este legată de cerințele sporite față de alt indice al calității – rezistență. Fiabilitatea și longivitatea mașinii este asigurată de rezistența unor piese prin duritatea suprafețelor de contact, rezistența la uzură și încovoiere, de forme constructive și dimensiuni. Într-o măsură mai mare rezistența piesei este influențată de materialul din care a fost executată. Toți indicii de precizie și rezistență a calității sunt asigurați de o tehnologie corespunzătoare. Precizia, ca regulă a suprafețelor de contact, rezistența la uzură și încovoiere, se asigură prin procedee termice și chimico-termice de îmbunătățire sau prin alte metode.

Problema preciziei în construcția de mașini ocupă un loc de frunte, ei se supun o serie de întrebări, examinate în tehnologia construcției de mașini: alegerea adaosurilor, bazelor, consecutivitatea prelucrării, metode de prelucrare ș.a. Mai puțin este studiată problema de precizie a altor operații al procesului tehnologic, inclusiv operația termică (cementare, normalizare, revenire, călire ș.a). De aceea precizia pieselor, executate după procesul tehnologic care include operațiile termice, chimico-termice de prelucrare, deseori sunt nedeterminate sau greu de determinat, mai ales în tehnologia pieselor, precizia cărora este caracterizată de o serie de parametri complicați. La astfel de piese se pot atribui roțile dințate, care simultan cer asigurarea unui ansamblu de indici de calitate-precizie și rezistență. Cele mai mari dificultăți apar la asigurarea preciziei indicate prin îmbunătățirea termică și chimico-termică.

Sursele principale ale erorilor la execuția roților dințate prin metodele date sunt următoarele:

1. Neuniformitatea absolută a variației dimensiunilor liniare și a volumului unor părți ale piesei la delatarea termică ( comprimare).
2. Rigiditatea insuficientă a piesei, care provoacă încovoierea ei sub acțiunea forței de greutate proprie în urma procesului de încălzire, cementare și călire.
3. Modificări de faze: varierea volumului relativ a miezului piesei; varierea volumului relativ a stratului exterior, ca urmare a cementării și formării la călire a martensitei; apariția unei anomalii sporite variabile a plasticității materialului; varierea adâncimii și volumului stratului cementat la suprafețe cu curbura diferită.
4. Erorile dimensiunilor și formei piesei după prelucrarea mecanică înainte de procedee de îmbunătățire.
5. Starea tensionată a materialului piesei înainte de îmbunătățire: adâncimea și gradul de ecrusare mecanică; relaxarea tensiunilor totală sau parțială, la semifabricat (forjat);

În practica prelucrării termice erorile pieselor se divizează în două tipuri:

1. erorile, apărute în urma variației volumului relativ a oțelului la modificările de fază, urmate de variația dimensiunilor piesei cu păstrarea aproximativă a formei geometrice până sau după tratament termic;

2. erorile, cauzate de tensiunile structurale și termice care provoacă abaterea formelor geometrice, încovoierea axelor, deplasarea unghiulară a unor elemente ale piesei, neuniformității variației dimensiunilor liniare ș.a.

Toate acestea contribuie la abaterea dimensiunilor axiale și diametrale (comprimarea, delatarea), modificând forma piesei. Erorile dimensiunilor și formelor pieselor după prelucrarea mecanică, ca regulă se sumează cu erorile indicate mai sus. O parte din eroarea totală se introduce de dimensiunile care apar de la starea tensionată a metalului înainte de durcisare. O acțiune considerabilă la starea metalului are metoda și regimurile prelucrării mecanice și metoda tratamentului termic.

Astfel, calitatea majorității pieselor, obținute într-un proces tehnologic complicat, sunt rezultatul unui șir de factori cu legături reciproce: constructive, procedeele de prelucrare, materialului, întărirea (deseori termică sau chimico-termică) și control. La proiectarea procesului tehnologic încă la etapa pregătirii producerii se cere să se determine erorile, care vor apărea la prelucrare. Determinarea erorii sumare într-un proces complicat cere studierea legilor de distribuție a erorilor. În baza legilor determinate sunt elaborate metodele de determinare a erorilor sumare.

La moment nu există destulă informație despre legile distribuirii erorilor în procese unde există operații, care nu prevăd schimbări de dimensiuni, ca operații termice și chimico-termice de întărire. Cunoașterea acestor legi este necesară pentru calcule tehnologice.

Pentru rezolvarea acestui obiectiv este necesar de a determina numărul minimal de piese din lot după măsurarea cărora se vor ridica curbele practice de distribuire, care reflectă legile actuale de distribuție a parametrilor cercetați ale roților dințate care permit cu o precizie destul de ridicată a determina caracterul de distribuire. Din statistica matematică se știe că, eroarea medie la determinarea abaterii practice empirică

$S$  la alegerea dintr-un volum  $n$  va fi  $q = \pm \frac{S}{\sqrt{2(n-1)}}$ . Pentru calcule practice valoarea

$S$  poate fi determinată cu o eroare  $\pm 10\%$ ,  $q_x = 0,1S$ . Atunci, egalând relația

$0,1S = \frac{S}{\sqrt{2(n-1)}}$  și rezolvând față de  $n$ , obținem  $n \approx 50$ . De aceea numărul minim a roților dințate la cercetare a constituit 50 buc.

Aprecierea apropierea distribuției empirice față de cea teoretică poate să se efectueze după criteriul Pirson ( $\chi^2$ ). Mai întâi se verifică ipoteza normalității. Cu acest scop se determină constantele statistice: eroarea medie aritmetică  $x$ , abaterea medie pătratică  $S$ , asimetria  $A$ , excesul  $E$  distribuției empirice și erorilor lor. Calculul constantelor statistice se realizează prin intermediul momentelor de distribuție.

Ca să ne determinăm, că alegerea lotului de piese este reprezentativă se efectuează aprecierea valorii apropierea distribuției empirice către cea teoretică.

Rezultatele măsurărilor roților dințate  $Z = 22$ ,  $d_d = 150$  mm danturate la mașina unealtă model 55A30P, sunt următoarele:

$$\bar{X} \pm \sigma_{\bar{x}} = 54,877 \pm 0003 \text{ mm}; S \pm \sigma_s = 25,84 \pm 2,36 \mu\text{m}; n = 80; 0,5 \leq P(\chi^2) \leq 0,7$$

Calculul au arătat că erorile lungimii normalei se supun legii distribuției normale. Ce denotă faptul că procesul de prelucrare a roților dințate stabil pe mașina-unealtă reglată iar rezultanta erorii de prelucrare prezintă prin sine suma majorității erorilor de care depind precizia mașinii-unelte, dispozitivului, sculei și semifabricatului.

În acest caz, funcția diferențială teoretică a distribuitorului erorii lungimii normalei

$$(1) \quad f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right]$$

Legea integrală a distribuției normale se exprimă prin funcția

$$(2) \quad F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right] dx,$$

unde  $x$  - valoarea mărimii probabilă măsurată  $X$ ;

$\mu$  - generală medie;

$\sigma$  - abaterea generală medie patratică..

În baza acestor calcule se ridică curbele diferențiale și integrale teoretice și practice de distribuție, care permit vizual să observăm că valorile date sunt foarte apropiate (cea teoretică de cea practică).

Analogic sau efectuat calcule pentru alți parametri și dimensiuni a piesei. Majoritatea distribuțiilor practice sunt foarte apropiate de cele teoretice. Ne corespunderea curbelor practice de distribuție a legii normale la unele piese poate fi explită prin insuficiența rigidității la prelucrarea mecanică, care depinde mai mult de construcția piesei și metoda de fixare pe m-u.

Această concluzie are o valoare practică pentru cercetări de producere, unde poate fi utilizată metoda laturilor mici la cercetarea cauzelor dereglării procesului tehnologic, și organizarea controlului statistic în producția de masă.

O interes deosebit prezintă legile distribuției valorilor: varierea liniei normalei comune, bătaia radială a flanșei roții dințate, abaterea grosimii dintelui ș.a. În unele surse de literatură se acceptă distribuția acestor erori după legile lui Maxwell (excentricității) ori diferenței de modul.

Legile obținute a distribuției normale a varierii lungimii normalei se pot explica prin abaterea considerabilă a centrului de grupare față de zero din cauza erorilor sistematice, care pot fi calculate după dependențele cunoscute.

Abaterile lungimii normale sunt cauzate de erorile tangențiale la danturare. Erorile tangențiale în urma danturării apar ca rezultat al formării erorilor de rulare a sculei și semifabricatului în mașinile-unelte, care lucrează după principiul rulării. Sursele acestor erori sunt erorile lanțului cinematic al mașinilor-unelte și în special a perechii melcate. Aceste erori au o valoare destul de considerabilă. Valoarea dată este centrul de grupare a tuturor erorilor posibile în procesul de așchiere.

Erorile întâmplătoare, se grupează lângă valoarea constantă a abaterii lungimii normale, în majoritatea sa sunt întâmplătoare deoarece erorile mai mici decât erorile, (formând partea din stângă și cea din dreapta a curbei de distribuție) cauzate de erorile sistematice, partea din dreapta a curbei practic deseori nu ajunge la zero. După forma sa curba practică de distribuție a acestor erori se apropie de curba distribuției normale, adică are dependențele (1) și (2).

Urmează următoarea concluzie practică. La indicarea toleranței tehnologice la parametrii piesei în procesul prelucrării este necesar ca calculul toleranței să se efectueze de la centrul de grupare a erorilor în direcția pozitivă. În cazul dat câmpul de dispersare  $\omega$  pozitive a erorilor pozitive se calculează după formula

$$(3) \quad \omega = \bar{x} + 3 S,$$

unde  $\bar{x}$  - valoarea erorii mediei aritmetice, poate fi calculată din condiția dependenței funcționale.

După execuția pieselor care se întăresc termic este necesar de a cunoaște legile distribuției erorilor după tratament. Piese sunt executate din oțel 20XH2A și supuse cementării revenirii înalte, călire și revenirii joase. În rezultatul analizei sa determinat că 92 % a roților dințate măsurate au o lege normală de distribuție după parametrii cercetați. În majoritatea cauzelor se schimbă valoarea mediei aritmetice și valoarea medie pătratică. Varierea acestor valori ne vorbește despre deformații considerabile a roților dințate care au loc în procesul prelucrării chimico-termice.

O valoare considerabilă o are forma și dimensiunile roții, și precizia prelucrării mecanice. Cercetarea legilor distribuției erorilor executării roților până și după tratamentul termic arată, că în majoritatea cauzelor are loc legea distribuției normale. De aceea putem utiliza pentru aprecierea erorilor de producere în dependența de factorii constructivi și cei tehnologici legea distribuției normale.

### References

1. N.Djonson, F. Lion. – Statistica și planificarea experimentului în știință și tehnică. Metode de prelucrare a datelor. În: Mir, M. .1980.

*Received March 20<sup>th</sup> 2004*

*Technical University of Moldova  
Department of Machine Manufacturing*

### ESTIMATION OF THE QUALITY OF MACHINE PARTS IN THE STAGE OF THE TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION

(Abstract)

Work presents the analysis of accuracy of the gear wheels, prepared on the technological processes with that including thermal and thermo-chemical operations workings. Great influence on the state of material has a method and regimes of mechanical processing and the method of heat treatment. Special attention the laws of distribution of the parameters present: deviation of common normal line, radial runout of gear wheels, deviation of the thickness of tooth.