

## **METODE DE MĂSURARE A PARAMETRILOR UZURII LA CERCETAREA CUPLURILOR CINEMATICE APLICATE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI-UNELTE**

**Balanici Alexandru** (Universitatea de Stat „A. Russo”, Republica Moldova)

**Topala Andrian** (Universitatea „Dunărea de jos”, România)

În articol se face o analiză a metodelor de măsurare a parametrilor uzurii la cercetarea cuplurilor cinematice aplicate în construcția de mașini-unelte, se descrie tehnologia măsurărilor, se indică prioritățile și neajunsurile fiecărei metode în parte, se dau recomandări practice de utilizare a acestor metode.

Pentru aprecierea caracteristicilor de rezistență a materialelor la uzură, cât și pentru cercetarea experimentală a procesului de rodaj a organelor de mașini este importantă existența metodelor și mijloacelor corespunzătoare de măsură.

În prezent, există diverse metode de măsurare a parametrilor ce caracterizează mărimea uzurii. Din acest motiv, pentru un cercetător totdeauna este actuală problema alegerii unei metode optimale, care ar permite obținerea unui volum vast de informații cu cheltuieli minime de timp și care ar evidenția cât mai pe deplin caracterul și multiplele nuanțe ale desfășurării și dezvăluirii fizicii acestui proces. În acest scop, se aplică diferite metode, uneori chiar destul de complicate, dar precise și de înaltă sensibilitate.

În literatura de specialitate sînt descrise diferite metode de măsurare a parametrilor uzurii. Astfel, în lucrarea [1] se menționează că cercetările la uzură se

efectuează atât în condiții de laborator, prin intermediul mostrelor sau cuplurilor cinematice reale, cât și în condiții de exploatare normală a mașinilor. Uzura se apreciază după următoarele metode:

- după variația parametrilor geometrici ai corpurilor: a dimensiunilor liniare, a formei și a microgeometriei;
- după micșorarea masei probei supuse încercării (metodă valabilă pentru corpuri de dimensiuni mici, care nu se îmbiba cu ulei);
- după cantitatea produselor uzării;
- după micșorarea radioactivității stratului exterior activat;
- după micșorarea indicilor de lucru al cuplului: de exemplu, după creșterea scurgerilor de ulei, consumul de combustibil (metodă utilizată doar în cazul când se fac observații asupra decurgerii procesului de uzură în timpul exploatării mașinii-unelte sau a mecanismului cercetat).

O clasificare generală a metodelor de măsurare a uzurii este expusă și în lucrarea [2]. Conform acestei clasificări, deosebim trei grupe mari: de integrare, diferențiere și de apreciere a uzurii după parametrii de ieșire a mașinilor și mecanismelor.

În continuare, vom face o trecere în revistă a acestor metode, indicând prioritățile, neajunsurile, domeniile de utilizare, cât și unele recomandări practice de aplicare.

La metodele integrale se referă metoda gravimetrică, metodele analizei chimice și spectrale și metoda indicatorilor radioactivi.

Metoda gravimetrică (a cântăririi) se utilizează mai frecvent pentru aprecierea uzurii unor piese de dimensiuni mici sau mostre și constă în cântărirea acestora pînă și după încercări. În acest caz, determinarea uzurii liniare se efectuează după micșorarea masei, în baza presupunerii că uzura se distribuie uniform pe toată suprafața de frecare. Exactitatea acestei metode depinde de precizia aparatelor de măsură și de masa proprie a piesei. Utilizarea acestei metode prevede oprirea mașinii, demontarea ansamblurilor și curățarea minuțioasă a piesei înainte de cântărire. Această metodă nu poate fi utilizată dacă dimensiunile piesei se schimbă din cauza separării unor particule de material și a deformării plastice.

Metoda analizei chimice [2,3] constă în analiza conținutului chimic al cenușii obținute prin arderea unei mici cantități de ulei și determinarea cantităților de metal în ea. Cu toate că metoda presupune o sensibilitate înaltă, ea poate fi aplicată doar în cazul comparării vitezelor de uzare a elementelor mecanismelor, cu condiția că circulația uleiului reprezintă un sistem închis. Această metodă poate fi aplicată la cercetarea uzării cutiilor de viteze, cutiilor de avansări, dar nu și la cercetarea uzurii ghidajelor mașinilor-unelte, șurubului conductor etc.

În cazul analizei spectrale, se determină conținutul elementelor de aliere a materialelor pentru diferite piese în proba de ulei. Această metodă, de asemenea, este foarte sensibilă, însă ca și pentru cazul precedent, principalul neajuns constă în cheltuieli considerabile de timp și mijloace pentru realizarea ei.

Metoda indicatorilor radioactivi, elaborată în laboratoarele Universității Tehnice de Stat „N.Bauman” din Moskova [4], presupune introducerea în materialul piesei a unor izotopi radioactivi. Această metodă se bazează pe prezența unui  $\gamma$ -emițător și permite efectuarea măsurilor prin pereții mașinii fără oprirea și demontarea acesteia, cu o precizie pînă la fracțiuni de microni. Despre mărimea uzurii se judecă după micșorarea activității radioactive a piesei sau a creșterii activității radioactive a probelor de ulei. Datorită faptului că se utilizează izotopi de activitate joasă, această metodă este inofensivă. Neajunsul principal al metodei constă în complexitatea măsurărilor și posibilitatea realizării doar în laboratoare speciale.

Metodele integrale se folosesc pentru simplificări sau aprecieri generalizate despre uzura organelor de mașini, în unele cazuri, pentru determinarea caracteristicilor de rezistență la uzură a materialelor de construcție.

Aceste metode, de altfel ca și metodele de apreciere a uzurii după variația parametrilor de ieșire a mașinilor (care permit obținerea unei imagini indirecte despre mărimea uzurii) nu posedă precizie înaltă și se utilizează doar atunci cînd nu pot fi folosite alte metode. Ele, practic, nu sunt utilizate pentru cercetarea decurgerii procesului de uzură a cuplurilor cinematice (spre exemplu, ghidajele mașinilor-unelte).

Pentru cercetarea decurgerii procesului de uzură mai eficiente sunt metodele diferențiale, dintre care: măsurările micrometrice, metoda bazelor artificiale și metoda activizării superficiale.

Metoda măsurărilor micrometrice include cîteva subgrupe, principale fiind cele ce se bazează pe determinarea mărimii uzurii după diferența a două dimensiuni a piesei, măsurate pînă și după experimentare, cu ajutorul diferitor aparate pentru măsurări micrometrice. În acest caz, valorile uzurii pot fi determinate în diferite puncte ale suprafețelor de fricțiune. Un neajuns al acestei metode este precizia ei nu prea înaltă, datorată erorilor bazării și mijloacelor de măsură, deformațiilor termice etc., precum și necesitatea opririi mașinii și demontării cuplului cinematic.

Obținerea profilogramelor reprezintă o varietate a metodei măsurărilor micrometrice. În acest caz, se scoate profilograma unui sector al piesei supus uzurii și se determină modificarea acesteia în raport cu o bază fixă, efectuată, de exemplu, sub formă de șanțuleț sau cavitate specială pe suprafața de frecare.

Această metodă este convingătoare, deoarece oferă posibilitatea observării modificărilor la nivelul formei suprafeței uzate și a variației parametrilor rugozității.

Neajunsurile acestei metode sînt complexitatea profilografierii și imposibilitatea obținerii profilogramelor în una și aceeași secțiune, fapt care micșorează considerabil precizia. În afară de aceasta, nomenclatura pieselor ce pot fi măsurate este limitată, fiind necesară și demontarea cuplului cinematic pentru măsurări.

A treia variantă a metodei măsurărilor micrometrice o constituie metoda măsurării uzurii cu ajutorul captoarelor inductive [5], montate în piesele supuse uzurii, la o anumită adîncime față de suprafețele de frecare. În procesul uzurii

piesei, de captor se apropie piesa conjugată care joacă rolul de indus mobil. Aceasta duce la variația inductanței, după care se poate judeca despre mărimea uzurii. Neajunsul acestei metode constă în influența deformațiilor de contact și variația grosimii stratului de ulei asupra preciziei măsurărilor.

Metoda bazelor artificiale constă în aprecierea mărimii uzurii liniare după schimbarea dimensiunilor secțiunii unei adâncituri de o anumită formă, efectuată pe suprafața supusă uzării. Axa adânciturii trebuie să fie normală pe suprafața de frecare. De-a lungul acestei axe se măsoară uzura liniară.

Deosebim câteva variante ale acestei metode: metoda amprentelor, a mulajelor și a scobiturilor. Cea mai precisă dintre ele este metoda scobiturilor, propusă de savanții M.M. Hrușciiov și E.S.Bercovici [6].

Metoda amprentelor prevede formarea unor adâncituri de o anumită formă pe suprafață. În acest scop, se aplică, frecvent, o piramidă patrulaterală, cu unghiul de la vîrf, dintre laturile opuse, de  $136^{\circ}$ . O astfel de piramidă se aplică în dispozitivele de determinare a microdurității, de tipul ПМТ-3. Piramida se introduce prin apăsare pe suprafața cercetată și se măsoară diagonala amprentei ( $d_0$ ). După o anumită perioadă de uzare se măsoară din nou diametrul amprentei ( $d_1$ ) și după diferența lor se judecă despre mărimea uzurii:

$$U = \frac{d_0 - d_1}{\operatorname{tg} \alpha / 2}.$$

Diagonala amprenteii se măsoară cu ajutorul dispozitivului optic de măsurare a microscopului instalat pe dispozitivul ПМТ-3. Această metodă are și careva neajunsuri. La apăsarea piramidei, în jurul amprenteii se produce o bombare a materialului, prin urmare, se distorsionează forma amprenteii. Pe de altă parte, după înlăturarea sarcinii, are loc o restabilire a adânciturii, modificându-se forma inițială.

Bombarea amprenteii se înlătură prin netezirea preventivă a mostrelor sau a cuplurilor cinematice, însă restaurarea elastică a amprenteii nu se poate evita, implicînd, astfel, o eroare neesențială la măsurarea uzurii.

Metoda bazelor artificiale nu necesită mari cheltuieli și, în același timp, este esențial mai precisă decît metoda măsurărilor micrometrice.

Totodată, pentru determinarea uzurii prin această metodă, este necesară demontarea cuplului cinematic, fapt care face dificilă cercetarea dinamicii desfășurării procesului de uzură.

După cum s-a menționat, rezultatul procesului de uzare a cuplurilor cinematice poate fi apreciat și după parametrii de ieșire a mașinilor și mecanismelor [7]. Ca regulă, parametrii de ieșire caracterizează precizia mișcării subansamblurilor destinate generării suprafețelor și estimează abaterile de la traiectoriile ideale, pentru care mașina-unealtă nu influențează precizia de prelucrare. În calitate de parametri ai traiectoriei se pot alege: întinderea traiectoriei (distanța maximă dintre coordonatele traiectoriei în direcția axei X); coordonata începutului traiectoriei (caracterizează poziția traiectoriei în raport cu axa Z); coordonata sfîrșitului traiectoriei (determină precizia poziționării); panta liniei medii a profilului în raport cu axa Z (caracterizează conicitatea suprafețelor

cilindrice, sau abaterea de la planitate a suprafețelor plane); pasul și amplitudinea traiectoriei, în cazul când acestea au caracter ondulatoriu etc. Pentru determinarea preciziei deplasării saniei longitudinale sau transversale, se utilizează interferometrul, autocolimatorul, capul de măsurat. Măsurările efectuate de autocolimator sau interferometru sunt universale, mai precise și, moment important, pot fi automatizate și aplicate după un anumit program. Această metodă însă nu permite cercetarea procesului de uzură a fiecărui element în parte, ci doar a cuplului cinematic în întregime.

Pentru a alege corect metoda de măsurare a uzurii e necesar să se țină cont de următoarele cerințe:

- posibilitatea determinării valorii uzurii în punctul dat;
- determinarea distribuirii uzurii pe suprafața de frecare;
- măsurarea valorilor mici ale uzurii (1-2 $\mu$ m);
- cercetarea uzurii suprafețelor inaccesibile ale pieselor fără demontarea cuplurilor cinematice;
- controlul neîntrerupt al uzurii cuplului (pieselor);
- cercetarea schimbării microgeometriei suprafețelor de lucru în procesul uzurii;
- simplitatea metodei;
- promovarea metodei în mod autonom, independent de alte organizații și laboratoare.

### Bibliografia

1. *Машины и стенды для испытания деталей*, Под ред. Д.Н. Решетова.- М.:Машиностроение, 1979-343с.
2. Крагельский, И.В., *Трение и износ*. М.: Машиностроение, 1968, 480с.
3. Костецкий, Б.И., *Трение, смазка и износ в машинах*. Киев, Техника, 1970. 396с.
4. *Метод поверхностей активации в промышленности*, Под ред. В.И. Постникова. М.: Атомиздат 1975, 152с.
5. *Тензометрия в машиностроение*. Справочное пособие, под ред. Р.А. Макарова. М.: Машиностроение, 1975, 287с.
6. Проников, А.С., *Надёжность машин*. Москва: Машиностроение, 1978, 592 стр.
7. Проников, А.С., *Программный метод испытания металлорежущих станков*. М.: Машиностроение, 1985, 288с.

## **METHODS OF WEAR PARAMETERS MEASUREMENT IN THE STUDY OF KINEMATIC COUPLES APPLIED IN MACHINE TOOLS CONSTRUCTION**

**Balanici Alexandru** (Universitatea de Stat „A. Russo”, Republica Moldova)

**Topala Andrian** (Universitatea „Dunărea de jos”, România)

The article offers an analysis of the methods of wear parameters measurement in the study of kinematic couples applied in machine tools construction, describes measurement technology, indicates the priorities and drawbacks of each method, and gives practical recommendations concerning the use of the these methods.

Prezentat la redacție la 6.11.07