

CALITATEA AVANSATĂ DE PRELUCRARE A PIESELOR - MIJLOC DE SPORIRE A RESURSELOR DE FUNȚIONARE A MAȘINILOR



DR., CONF. UNIV. ILIE BOTEZ,



DR., CONF. UNIV. RADU CIOBANU,



DR., CONF. UNIV. OLEG CIOBANU

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

CERINȚELE PREVĂZUTE DE PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICARE A MAȘINILOR MAI DURABILE ȘI MAI TRAINICE POT FI SATISFĂCUTE NU DOAR PRIN MĂSURI TEHNICE ȘI UTILIZAREA MATERIALELOR MAI REZISTENTE, DAR ȘI PRIN MODIFICAREA STRATURILOR SUPERFICIALE ALE PIESELOR. CALITĂȚILE SUPRAFEȚELOR PIESELOR MAȘINILOR POT FI REMEDIATE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ: NETEZIRE, DURIFICARE Ș. A.

Stratul superficial al piesei prezintă o fâșie cu structura și compoziția chimică diferite de cele ale materialului de bază din care este confecționată piesa (Figura 1).

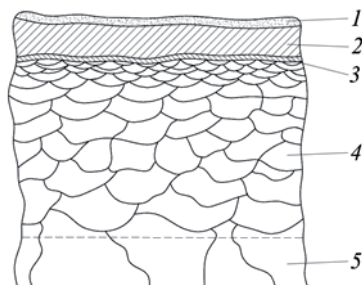


Figura 1. Schema stratului superficial al piesei

În stratul superficial al oricărei piese sunt prezente cinci zone:

1. Zona de molecule și substanțe neorganice absorbite de mediul ambiant. Grosimea zonei constituie $0,001 \dots 1,0 \mu\text{m}$;
2. Zona de producere a interacțiunilor chimice ale metalului cu mediul ambiant. Grosimea zonei constituie $1,0 \dots 10 \mu\text{m}$;
3. Zona marginală cu grosimea de câteva distanțe dintre atomi, care are altă structură cristalină decât materialul de bază;
4. Zona cu parametrii modificați în raport cu cei ai materialului de bază;
5. Zona cu structură și compoziție chimică care se constituie în timpul confecționării piesei și se modifică în procesul exploatării.

Grosimea și starea zonelor stratului superficial prezentate anterior se pot modifica în funcție de compoziția materialului, metoda de prelucrare, condițiile de exploatare ș. a.

Aprecierea stării reale a stratului superficial al piesei poate fi realizată cu metode de analiză chi-

mică, fizică, mecanică. Multitudinea de straturi superficiale și de metode de evaluare a acestora nu permite alegerea optimă a unui singur parametru pentru evaluarea calității stratului superficial al piesei. În practică calitatea piesei se determină după un șir de însușiri de evaluare a calității stratului superficial al pieselor, și anume: parametrii geometrici; starea fizică; compoziția chimică; starea mecanică ș. a.

Calitatea și proprietățile de exploatare ale pieselor mașinilor (fabricatorilor industriei constructoare de mașini), de regulă, sunt determinate de tehnologia fabricării lor. Influența determinantă în acest sens o are metoda de prelucrare și de finisare, în

procesul căreia se formează parametrii calității stratului superficial al lor.

O metodă nouă de prelucrare și de finisare a pieselor, comparativ cu rectificarea, polizarea, superfinisarea ș.a., este netezirea cu diamante. În funcție de regimurile procesului de netezire, se formează o suprafață cu macrogeometria și microgeometria calitativ noi (Figura 2, (b)), fapt ce duce la creșterea rezistenței la deformările plastice și la sarcinile ciclice de exploatare. Utilizarea în calitate de material pentru scule a diamantelor naturale sau sintetice permite prelucrarea practic a tuturor metalelor, inclusiv a celor călite [1, 2, 3].

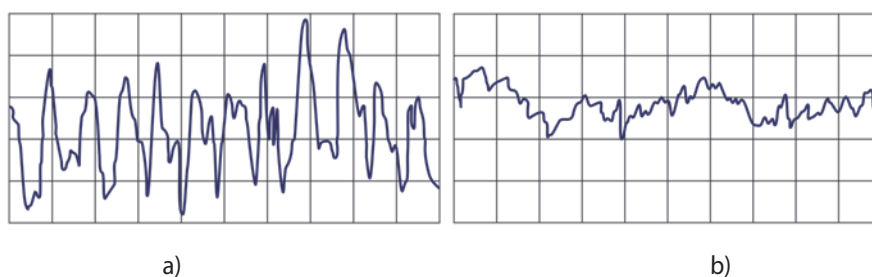


Figura 2. Exemple ale profilelor suprafețelor exterioare ale pieselor prelucrate: a) – prin strunjire; b) – prin netezire cu diamant (majorarea verticală de 2000; majorarea orizontală de 400)

Procesul de netezire a suprafețelor pieselor metalice cu diamante a fost propus de firma „General electric” (SUA) în anul 1962 și prezintă un procedeu comparativ nou și eficient de prelucrare și de finisare a pieselor – durificarea, procedeu care se utilizează pentru prelucrarea suprafețelor exterioare și interioare de rotație cu profil cilindric, conic sau profilat și, de asemenea, pentru prelucrarea suprafețelor frontale și plane. Durificarea permite micșorarea înălțimii microneregularităților suprafețelor, creșterea rezistenței pieselor la oboseală și la uzură. Acest proces se utilizează pe larg în industria de automobile, în cea de avioane, în construcția de mașini și în alte domenii.

În procesul netezirii cu diamant, în funcție de condițiile de prelucrare – finisare – durificare (metoda de netezire, regimuri, geometria sculei cu diamant – capul de netezit, proprietățile fizico-mecanice ale materialului prelucrat ș. a.), precizia formei piesei rămâne neschimbată sau se ameliorează ușor, iar dimensiunile variază

neînsemnat în limitele microneregularităților. Gradul de durificare a suprafețelor prelucrate constituie 10...30 % la adâncimea de 0,01 – 0,3 mm, iar valoarea tensiunilor remanente constituie aproximativ 500-700 Mpa. Structura metalului devine mai uniformă, iar rugozitatea suprafeței poate fi micșorată de la $Ra=1,5...0,6 \mu m$ până la $Ra=0,4...0,3 \mu m$.

Esența netezirii cu diamant constă în deformarea plastică a suprafeței prelucrate a semifabricatului în urma presiunii exercitate de scula de netezit cu diamant. Datorită alunecării sculei cu diamant pe suprafața piesei, microneregularitățile care au rămas de la prelucrarea precedentă se netezesc parțial sau complet. Are loc durificarea stratului superficial, în interiorul acestuia formându-se tensiuni remanente de strângere atât în direcție axială, cât și în direcție circulară, fapt care duce la creșterea limitei de durabilitate și a rezistenței piesei la oboseală.

Potrivit condiției de fixare a sculei la mașina unealtă, deosebim două procedee de netezire cu diamant: 1) rigid; 2) elastic.

Conform *procedeului rigid de netezire cu diamant*, indentorul se fixează la mașina unealtă ca și cuțitul de așchiat, astfel fiind asigurată legătura cinematică rigidă dintre scula de netezit și semifabricatul aflat în proces de prelucrare. Prelucrarea prin netezire cu diamant după acest procedeu este determinată în mare măsură de rigiditatea sistemului tehnologic.

Prioritățile procedeuului rigid de netezire constau în posibilitatea prelucrării suprafețelor întrerupte (intermitente) și în sporirea gradului de precizie al dimensiunilor diametrale și formei suprafeței prelucrate. Dezavantajul acestui procedeu constă în imposibilitatea asigurării rugozității stabile și stării necesare a stratului superficial al piesei pe toată lungimea prelucrată din cauza variației considerabile a forței de netezire, condiționată de bătaia radială a suprafeței prelucrate.

În cadrul *procedeului elastic de netezire* lipsește legătura cinematică rigidă dintre scula de netezit și suprafața semifabricatului. Indentorul cu diamant elastic este apăsat pe suprafața aflată în proces de prelucrare, adâncimea pătrunderii acestuia în suprafața semifabricatului menținându-se constantă datorită forței de netezire constante, creată de sistemul de suport. Sistemul de încărcare a suportului poate fi mecanic, magnetic, electromagnetic sau combinat ș. a.

În practică, cele mai răspândite sunt portsculele cu sistem mecanic de încărcare. Acestea se utilizează la prelucrarea suprafețelor interioare și exterioare. Mai dificil este procesul de netezire cu diamant a suprafețelor interioare.

Netezirea cu diamante se utilizează la durificarea fabricatelor din materiale dure și înlocuiește operațiile de rectificare fină, polizare, rodare, lepuire a suprafețelor pieselor. Metoda de netezire cu diamante este universală, fiind folosită și la prelucrarea pieselor călite și obișnuite din oțel, cu acoperiri superficiale și fără acoperiri, precum și a pieselor din metale colorate și aliajelor lor. Netezirea se realizează cu scule speciale, dotate cu elemente de deformat confecționate din aliaje sintetice extradure – carborund, hexan, elbor, diamant (natural sau sintetic) ș.a.

Netezirea cu diamante se utilizează la fabricarea instrumentelor, la prelucrarea coloanelor și bușelor de ghidare a ștanțelor, poansoanelor, cuzineților, dinților broșelor, suprafețelor de măsurat ale calibrelor ș.a. Rezistența la uzură a suprafeței netezite cu diamant este mai mare de 2...3 ori comparativ cu suprafața rectificată și cu 20...40 % comparativ cu suprafața lustruită.

Netezirea cu diamant a suprafețelor se realizează cu scule compuse din indentor, în montura căruia este fixat un cristal de diamant (natural sau artificial) cu masa de 0,5...1,0 carat. Această operație are loc dintr-o singură trecere și prezintă turtirea micronegularităților și realizarea ecruizării suprafeței prelucrate, consecință a alunecării pe ea a cristalului de diamant sub presiunea stabilită.

Suprafața utilă a diamantului are formă de semisferă și este de calitate superioară. Instalată rigid pe cărucior, indentorul cu diamant se deplasează în curmeziș și se apropie de piesa care se rotește. La deplasarea în continuare a căruciorului în direcție transversală se realizează o presiune a diamantului pe suprafața semifabricatului. În continuare, la deplasarea longitudinală a căruciorului, diamantul alunecă în lungul suprafeței semifabricatului.

Scula prezintă o frântură de diamant cristalin [5, 6, 9], fixat pe un indentor special și rectificat pe sferă cu raza de 0,6...4,0 mm. Rugozitatea suprafeței prelucrate cu diamant se poate micșora cu 2...3 clase, atingând 0,16...0,025 μm. Calitatea suprafeței influențează, de regulă, forțele de netezire și avans. Microduritatea suprafeței prelucrate crește cu 50...60 %.

Scula pentru netezire este compusă dintr-un vârf de diamant 1 și indentorul 2 (Figura 3). Suportul se fixează pe sania mașinii-unelte sau în păpușa mobilă. Mecanismele de lucru ale instalației sunt dotate cu elemente elastice (arcuri), care asigură contactul intermitent al diamantului cu suprafața prelucrată, antrenând o forță de netezire uniformă.

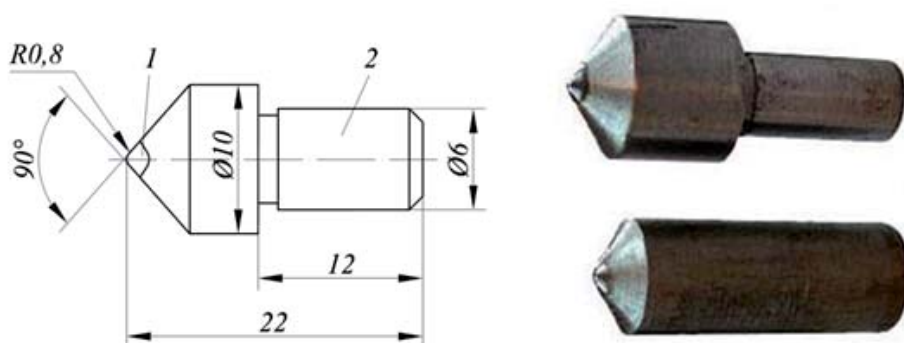


Figura 3. Scule pentru netezirea cu diamant a suprafețelor pieselor: 1 – vârf de diamant; 2 – indenter

Viteza de netezire cu diamant se alege în funcție de materialul piesei prelucrate: pentru aliaje din metale colorate – în limitele a 10...80 m/min, pentru piese călite – 200...250 m/min.

Procesul de netezire cu diamant se caracterizează printr-o suprafață mică de contact cu piesa prelucrată, de aceea poate fi utilizat la prelucrarea pieselor cu rugozitate scăzută din oțeluri aliate, oțeluri călite, metale neferoase ș. a. Prelucrarea piesei se realizează prin deformare plastică ca rezultat al alunecării indenterului cu diamant pe suprafața ei cu un coeficient de frecare scăzut (minimal).

La rotirea semifabricatului, vârful de diamant este apăsător pe suprafața lui și se deplasează axial față de el, netezind rugozitățile inițiale. În urma deformării plastice are loc (netezirea) formarea unui nou microrelief al suprafeței cu microneregularități (rugozitate) mult mai mici decât cele ale suprafeței inițiale. Mărimea și forma microneregularităților formate sunt influențate de rugozitatea și duritatea suprafeței semifabricatului, variația forței de netezire, care este provocată de bătaia radială a semifabricatului ș. a.

Microrelieful suprafeței finite este cauzat de următorii factori:

- cinematica procesului (direcția deplasării reciproce a semifabricatului și sculei);
- valoarea rugozității inițiale a semifabricatului;
- forma și dimensiunile părții utile a diamantului (sculei de prelucrat);
- adâncimea pătrunderii diamantului în suprafața semifabricatului;
- valoarea coeficientului de frecare (plastică) a materialului semifabricatului, care cauzează apariția rugozităților secundare;

- rugozitatea părții utile a diamantului (sculei);
- valoarea restabilirii elastice a suprafeței semifabricatului.

Formarea stratului superficial se realizează datorită deformării plastice a suprafeței piesei prelucrate sub acțiunea forțelor radiale, care acționează pe suprafața de contact. Dacă valoarea acestor forțe depășește limita de curgere a materialului, pe straturile superficiale ale semifabricatului apar deformări plastice. Rețeaua cristalină a suprafeței prelucrate se deformează.

Eficiența prelucrării prin netezire cu diamant a pieselor din diferite materiale depinde în mare măsură de structura lor inițială. În procesul de prelucrare a suprafeței lor, stratul superficial nu se înlătură (ca la așchiere), ci este supus unei deformări plastice sub presiune P_y . Forța optimă $P_y = 300 \dots 200$ N. La presiunea maximală $P_y = 300$ N grosimea stratului deformat crește și provoacă creșterea microdurității suprafeței prelucrate.

În Figura 4 sunt prezentate schemele de instalare a sculelor cu diamante la prelucrarea suprafețelor exterioare:

- sferică (a) – permite prelucrarea prin netezire și vibronetozire a suprafețelor exterioare, interioare și plane;
- cilindrică (b) – se utilizează pentru prelucrarea doar a suprafețelor cilindrice exterioare;
- toroidală (c) – se utilizează rar, fiindcă necesită diamante de dimensiuni mari care se întâlnesc foarte rar;
- conică (d) – prelucrarea se face cu suprafața mare a conului.

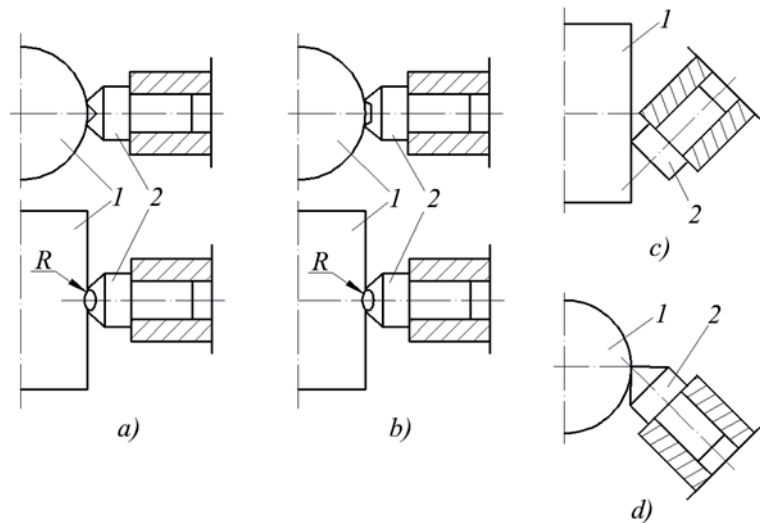


Figura 4. Scheme de instalare a vârfului de netezit la prelucrarea suprafețelor cilindrice, unde: 1 – piesa; 2 – scula cu diamant

Vibronetezirea. Vibronetezirea se realizează cu diamante cu suprafață utilă sferică. Piesa 1 se rotește și se deplasează du-te-vino, iar scula 2 se apasă pe suprafața piesei cu forța P și se deplasează de-a lungul suprafeței prelucrate cu viteza de avans S (Figura 5).

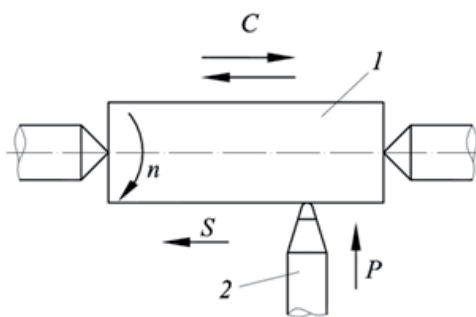


Figura 5. Schema procesului de vibronetezire cu diamant

Ca urmare a vibronetezirii, pe suprafața piesei se formează un canal sinusoidal. În timpul prelucrării, vârful de diamant alunecă pe suprafața semifabricatului, iar la fiecare cursă dublă se schimbă direcția de deplasare a sculei 2 față de piesa 1 (Figura 5) și arcul de contact al sculei cu suprafața prelucrată [3, 7, 8].

Microrelieful suprafeței prelucrate conform formei și densității canalelor sinusoidale poate fi de patru feluri (Figura 6):

a) canalele nu se ating unul de altul;

b) canalele se ating unul de altul;
c) canalele se intersectează;
d) canalele se suprapun.

Modalitatea formelor, dimensiunilor și așezării micronegularităților este determinată prin modificarea regimurilor de prelucrare ale:

- vitezei de rotație a piesei;
- avansului sculei;
- amplitudinii și frecvenței vibrațiilor;
- forței apăsării sculei pe suprafața piesei;
- razei suprafeței utile a diamantului.

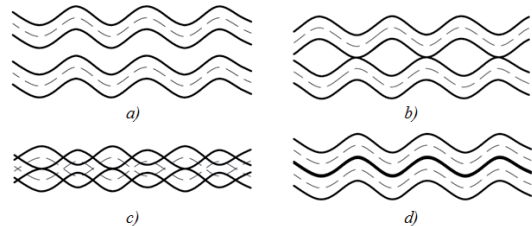


Figura 6. Microreliefuri realizate de vârful de diamant la vibronetezirea suprafețelor cilindrice ale pieselor

Prioritățile vibronetezirii față de netezirea cu diamant [3]:

- creșterea tensiunilor remanente de 1,3...1,7 ori;
- majorarea lungimii canalului de 1,5...2 ori;
- creșterea gradului de rezistență la uzură a piesei prelucrate de 1,5 ori;

- posibilitate de executare a oricărui microrelief pe suprafața prelucrată;
- posibilitate de acumulare a peliculei de lubrifianț în canalele piesei netezite.

La Universitatea Tehnică a Moldovei a fost elaborată și brevetată o instalație de vibronetezire cu diamant a suprafețelor exterioare ale pieselor cilindrice (Figura 7 (a-c)) [10].

Piesele cilindrice 5, prin jgheabul de alimentare și orientare 15, sunt antrenate în mișcare rectilinie de-a lungul axei prin intermediul rotelor de antrenare 9, fixate pe tija 13 de carcasă 14 spre cilindrul de antrenare 6, acționat de motor-reductorul 8 și prisma 2. Pe marginile prisme 2, paralel cu axa ei, sunt executate canale longitudinale în care sunt introduse corpurile de rostogolire (bilele) 1, cu ajutorul cărora piesele cilindrice sunt ghidate în timpul prelucrării prin vibronetezire. Suclele cu diamant 7, fixate în centrul prisme 2, contactează cu suprafețele exterioare ale pieselor cilindrice 5,

netezind stratul superficial. Prisma 2 se deplasează (oscilant) du-te – vino pe ghidajele 3 ca urmare a intervenției electromagnetului 12 cu miez 4 și arcurilor spirale 11. La varierea oscilațiilor electromagnetului 12 prin schimbarea tensiunii curentului electric care alimentează bobina, se obțin diferite microreliefuri ale suprafețelor exterioare ale pieselor cilindrice prelucrate. Cilindrul de antrenare 6, pe suprafața exterioară a căruia sunt executate caneluri elicoidale, se rotește în jurul axei sale prin acționarea motor-reductorului 8, antrenând în rotație și deplasare longitudinală de-a lungul axei piesele cilindrice 5, care sunt prelucrate uniform de către sculele cu diamant.

Instalația realizează vibronetezirea automată uniformă a pieselor cilindrice, obținând prin oscilarea sculelor cu diamante o creștere considerabilă a rezistenței la uzură a stratului superficial cu o gamă largă de microreliefuri, precum și a productivității și duratei de funcționare a pieselor cilindrice prelucrate.

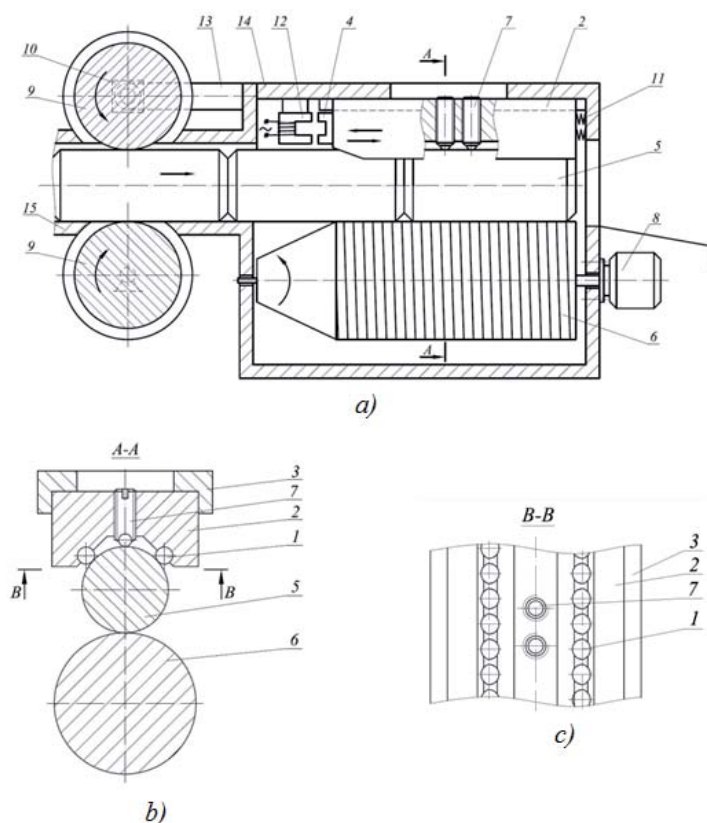


Figura 7. Instalația de vibronetezire cu diamant a suprafețelor exterioare ale pieselor cilindrice

REFERINȚE

1. ODINCZOV, L.G. *Finishnaya obrabotka detalej almazny'm vy'glazhivaniem*. M. Mashinostroenie. 1972. 105 s.
2. ODINCZOV, L. G. *Uprochnenie i otdelka detalej poverxnostej plasticheskim deformirovaniem*. Spravochnik. M. Mashinostroenie. 1987. 328 s.
3. STEPANOVA, T. Yu. *Texnologiya poverhnostno-go uprochneniya detalej mashin*. Ivanovo. 2009. 64 s.
4. DIBNER, E., BOTEZ, I. ș. a. *Dispozitiv de vibrone-tezire cu diamant. Brevet de invenție URSS, nr. 876397, 1981* (Ustrojstvo dlya obrabotki czilindricheskix de-talej).
5. SULIMA, A. M., SHULOV, V. A., YAGODKIN, Yu. D. *Poverxnostny'j sloj i e`kspluataczionny'e svojstva detalej mashin*. M.: Mashinostroenie, 1988. – 240s. – ISBN 5-217-00060-0.
6. TORBILO, V. M. *Almaznoe vy'glazhivanie*. M.: Mashinostroenie, 1972, 105 s.
7. SIDOROV, M.I. *Razrabotka matematicheskoj modeli dlya opredeleniya raczional`ny'x uslovij obra-botki na operacziyah olmaznogo vy'glazhivaniya pri izgotovleniya detalej aviaczionnoj tehniki*. Vestnik Samarkogo Gos. Ae'rokosmicheskogo Universiteta. – 2006 - №2. ch.2. s. 96-100.
8. SKOBLO, T.S., RIDNY'J, R. V. *Vliyanie almaznogo vy'glazhivaniya na sheroxovatost` poverxnosti deta-lej vosstanovlenny'h naplavkoj i podvergnuty'x upro-chyayushhemu tocheniyu*. Vestnik Har'kovskogo Instituta im. P. Vasilenka. – 2013 – Vy'pusk 133. s. 180-185.
9. <http://expertmeet.org/topic/17138-almaznoe-vyglazhivanie/> (accesat 05.01.2017).
10. STOICEV, P., BOTEZ, A., CIOBANU, R., CIOBANU, O., BOTEZ, D., Hotărâre pozitivă nr. 8559 din 07.12.2016 MD. CIB B24B 39/04. *Instalație de vibronetezire cu diamant a suprafețelor exterioare ale pieselor*. Nr. depozit a 2016-0100; Data depozit 12.09.2016.

REZUMAT

Calitatea avansată de prelucrare a pieselor - mijloc de sporire a resurselor de funcționare a mașinilor. Articolul prezintă procesul de prelucrare mecanică a suprafețelor cilindrice ale pieselor prin netezire cu diamant. Suprafețele prelucrate devin mai rezistente la uzură, la deformațiile plastice și la sarcinile de exploatare, sporind durata de funcționare a mașinilor.

Autorii propun o instalație automată pentru vibronetezirea cu diamant a suprafețelor cilindrice ale bolțurilor, care este simplă în construcție și are productivitate avansată.

ABSTRACT

Advanced Quality of Parts – A Means of Increasing Machine Operation Resources. The process for machining of cylindrical surfaces of parts with diamond smoothing is presented. After machining the parts becomes more wear-resistant, resist to plastic deformations and cyclic loads.

The authors propose an automatic installation for vibration smoothing of cylindrical surfaces of pins, which has a simple design and high productivity.

РЕФЕРАТ

Высокое качество обработки деталей – способ увеличения ресурсов эксплуатации машин. Представлен процесс механической обработки цилиндрических поверхностей деталей алмазным выглаживанием. После обработки детали становятся более износостойкими, сопротивляются пластическим деформациям и циклическим нагрузкам.

Авторы предлагают автоматическую установку для вибровыглаживания цилиндрических поверхностей пальцев, которая имеет простую конструкцию и высокую производительность.