

ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ХОЛОДНИМИ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Посвятенко Н.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Рибак І.П., Національний транспортний університет, Київ, Україна, ilya.003@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2071-5754

IMPROVEMENT THE OPERATING PROPERTIES OF THE MACHINE PARTS BY THE COLD PLASTIC DEFORMATION

Posviatenko N.I., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Rybak I.P., National Transport University, Kyiv, Ukraine, ilya.003@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2071-5754

Постановка проблеми.

Матеріали та технології виготовлення виробів визначають у кінцевому результаті надійність і експлуатаційні властивості машин, причому рівень цих властивостей на 80% залежить від стану поверхні і поверхневого шару, а на 20% – від основи деталі [1 – 4]. Наші попередні дослідження показали, що серед багатьох методів інженерії деталей машин важливу роль відіграють методи модифікування матеріалу холодним пластичним деформуванням (ХПД) [3 – 5]. Перевагою цих методів, що включають процеси поверхневого та об'ємного деформування, а також обробку різанням лезовим та абразивним інструментом і різні комбінації цих процесів, слід у цілому вважати відсутність термічної дії на матеріал. Тобто «холодні» технологічні методи не супроводжуються виникненням короблення, сітки мікротріщин, окислення, поля потужних залишкових напружень тощо. Для реалізації методів ХПД не потрібні низькотемпературне відпускання і заключні процеси чорнкової або напівчистової механічної обробки [3].

Важливу роль у поліпшенні показників надійності та експлуатаційних властивостей деталей машин відіграють спеціально створені регулярні рельєфи поверхонь останніх [6 – 8]. Для реалізації ХПД у цьому випадку використовується серійне обладнання: верстати, преси, волочильні стани тощо. На відміну від інших способів модифікування, цей процес може бути формоутворювальним, тобто заготовка отримує нові потрібні розміри, які поєднуються з регулярними рельєфами поверхневого шару деталі.

Проблемі функцій рельєфів та технологій отримання останніх присвячено ряд робіт Шнейдера Ю.Г., Киричка П.О., Нахайчука О.В. та ін. науковців [7 – 9]. Проте ці дослідження слід вважати фрагментарними, оскільки вони стосуються, головним чином, поділу припуску перед обробкою різанням [7], або виготовлення трубчастих деталей з нанесенням рельєфу на поверхню отвору [8, 10]. Експлуатаційні властивості деталей машин частково розглянуті у роботах [8, 9], однак, ці праці не є системними стосовно проблеми рельєфів.

Виходячи із сказаного, нами визначена мета та завдання даного етапу дослідження, які полягають у наступному.

Мета і завдання дослідження – розробити методику експериментальних досліджень регулярних рельєфів, включаючи обладнання, інструмент і матеріал дослідних зразків; створити класифікацію регулярних рельєфів за призначенням; визначити механіку заглиблення лінійного індентора у металевий зразок; провести серію експериментів заглиблення лінійних інденторів з різними кутами та радіусом округлення при вершині; розробити технологічні рекомендації та дослідний інструмент.

Методика експериментальних досліджень.

Нормальна сила P , тобто сила, що діяла на лінійний індентор у напрямку формування канавки рельєфу, створювалась на гідравлічних пресах: лабораторному ($P_{\max} = 0,02\text{МН}$; рис.1) і випробувально-дослідницькому ($P_{\max} = 0,2\text{МН}$; рис. 2).

Лінійні індентори, що слугували для отримання одиничних канавок рельєфів, були виготовлені із швидкорізальної сталі Р18 (63 HRC; $\sigma_{\text{г}} = 320 \text{ кг/мм}^2$; ударна в'язкість $3,5 \text{ Дж/м}^2$;

теплостійкість 550 °С). Робоча поверхня інденторів шліфувалась і полірувалась до шорсткості $Ra \leq 0,02$. Подвійний кут при вершині становив: $\alpha = 60^\circ; 70^\circ; 80^\circ; 90^\circ$, радіус при вершині був рівним $\rho = 0,005; 0,02; 0,1; 0,5$ мм. Глибина канавок h мікро- і макрорельєфу знаходилась в межах 0,02 – 5 мм.



Рисунок 1 – Лабораторний прес
Hydraulic shop press
Figure 1 – Laboratory Hydraulic shop
press



Рисунок 2 – Гідравлічний прес ПММ–200
Figure 2 – Hydraulic press PMM–200

Досліджувані зразки, на котрі наносились канавки рельєфу, виготовлялись із матеріалів, механічні властивості котрих подано у табл. 1.

Таблиця 1 – Марка та механічні властивості матеріалів
Table 1 – Brand and mechanical properties of materials

Матеріал	Стан	Властивості				
		HB/HV10 кг/мм ² /МПа	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
Сталь 38ХН3МА, крупногабаритні відповідальні деталі	гартування + середнє відпускання	260/2700	790	620	11	33
Сталь 12Х18Н10Т, корозійностійка аустенітна	гартування, 1050 °С	170/1950	510	200	40	55
Бронза ливарна олов'яниста ОЦС 5–5–5	лиття у кокіль	60/700	160	100	6	10
Латунь деформівна Л62, деталі, отримувані холодним пресуванням	відпал	56/600	330	110	49	–
Дуралюмін Д16 (2117), за ДСТУ 11069–01	природно зістарений плакований	27/300	520	380	11	15
Титановий сплав ВТ6 (6% Al; 4% V); деталі високої питомої міцності	лиття у кокіль у захисній атмосфері + відпал	270/2900	900	770	10	30
Чавун сірий феритно- перлітний СЧ20; блоки і гільзи ДВЗ; станини верстатів	виливка шихти у вагранках та електропечах	230/2500	200	–	–	–
Чавун сірий феритний ковкий КЧ 33–8; фланці; картери редукторів; важелі	графітизуючий відпал білих доєвтектичних чавунів	160/1750	320	–	8	–

Що стосується алюмінієвого сплаву Д16(2117), то канавки регулярного рельєфу наносились і досліджувались також у зоні термічного впливу (ЗТВ) і зоні, власне зварювального шва. Попередньо пластини із цього сплаву зварювались автоматичним дуговим зварюванням у середовищі аргону за методом М.М.Бенардоса. Присадкою служив дріт із сплаву Д16 без захисного покриття.

У всіх експериментах використовувалась мастильно-охолоджувальна рідина (МОР) на основі ріпакової олії з протиадгезійними присадками.

Для приготування металографічних шліфів служила установка Beta Grinder–Polisher фірми Buehler. Перед утворенням рельєфів досліджувані матеріали шліфувались і полірувались за допомогою алмазних паст із синтетичними алмазами марок АСМ 5/3 і АСМ 3/1. Для вивчення мікроструктури використовувались стандартні травники, що рекомендуються окремо для кожного із матеріалів. Для дослідження мікроструктури застосовувались оптичні мікроскопи МИМ–7 і GX53. Корисні збільшення цих мікроскопів варіювались у межах $\times 200$ – $\times 1000$.

Зміна властивостей експериментальних зразків у зонах контакту з лінійним індентором, у основі канавки порівняно з властивостями матеріалу за межами дії пружно-пластичної деформації вивчалась за методами мікротвердості. Для цього використовувались мікротвердоміри ПМТ–3 і DuraScan–20.

Профіль канавки рельєфу (глибина, дійсний кут після індентування, область основи і напливи) досліджувались у залежності від глибини наступними методами. Для мікрорельєфів використовувався стандартний профілограф-профілометр «Калібр-ВЭИ». Макропрофілі безконтактним методом вивчались за допомогою подвійного мікроскопу. Використовувався також нутромір індикаторний, у якому голка була замінена на лезо.

Дослідження шорсткості поверхні проводилось також за допомогою приладу «MicronAlpha» конструкції Національного авіаційного університету. Деякі технічні характеристики приладу: роздільна здатність по горизонталі – 0,15мкм; вимір по вертикалі – до 50 мкм.

Результати дослідження.

На даному етапі досліджень у експериментах користувались аналогіями з методами заглиблення ділильного елемента при дискретному протягуванні і редукуванні на фасонній прямолінійній оправці. Ці методи є статичними, тому аналогії є виправданими.

Досліди показали, що при подвійному куті при вершині лінійного індентора $\alpha = 60^\circ$ і радіусі при вершині $\rho = 5$ мкм між силою заглиблення P у зразок із сталі 38ХНЗМА і глибиною канавки h спостерігається залежність $h/P = 0,075$, а при силі $P = 0,02$ МН формується канавка глибиною $h = 2$ мм.

На рис. 3 дано загальний вигляд такої канавки.

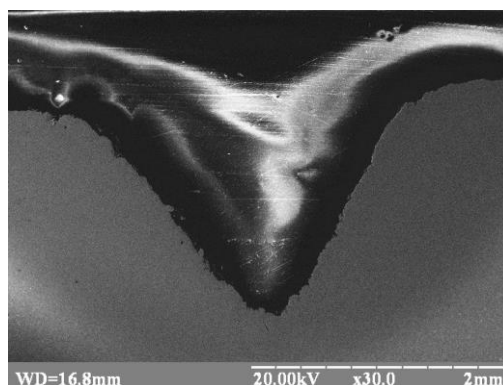


Рисунок 3 – Мікрофотографія канавки, отриманої заглибленням трикутного лінійного індентору
Figure 3 – Microphotograph of a groove obtained by immersion of a triangular linear indenter

У процесі досліджень розроблено також класифікацію регулярних мікро- та макрорельєфів за призначенням (функціями). При цьому розглядались лише рельєфи, що створювались методами ХПД та обробкою різанням. Класифікація подана на рис. 4.

Що стосується попереднього поділу осколочних корпусів боєприпасів, то більш детально це описано у нашій праці [11]. Проте відзначимо, що отримання канавок для поділу корпусів боєприпасів має переваги над відомими методами поділу, які полягають у високому ступені вичерпання пластичності металу біля основи канавки. Це забезпечує поділ порожнистої деталі при значно меншій затраті енергії ініціювання вибухової речовини.

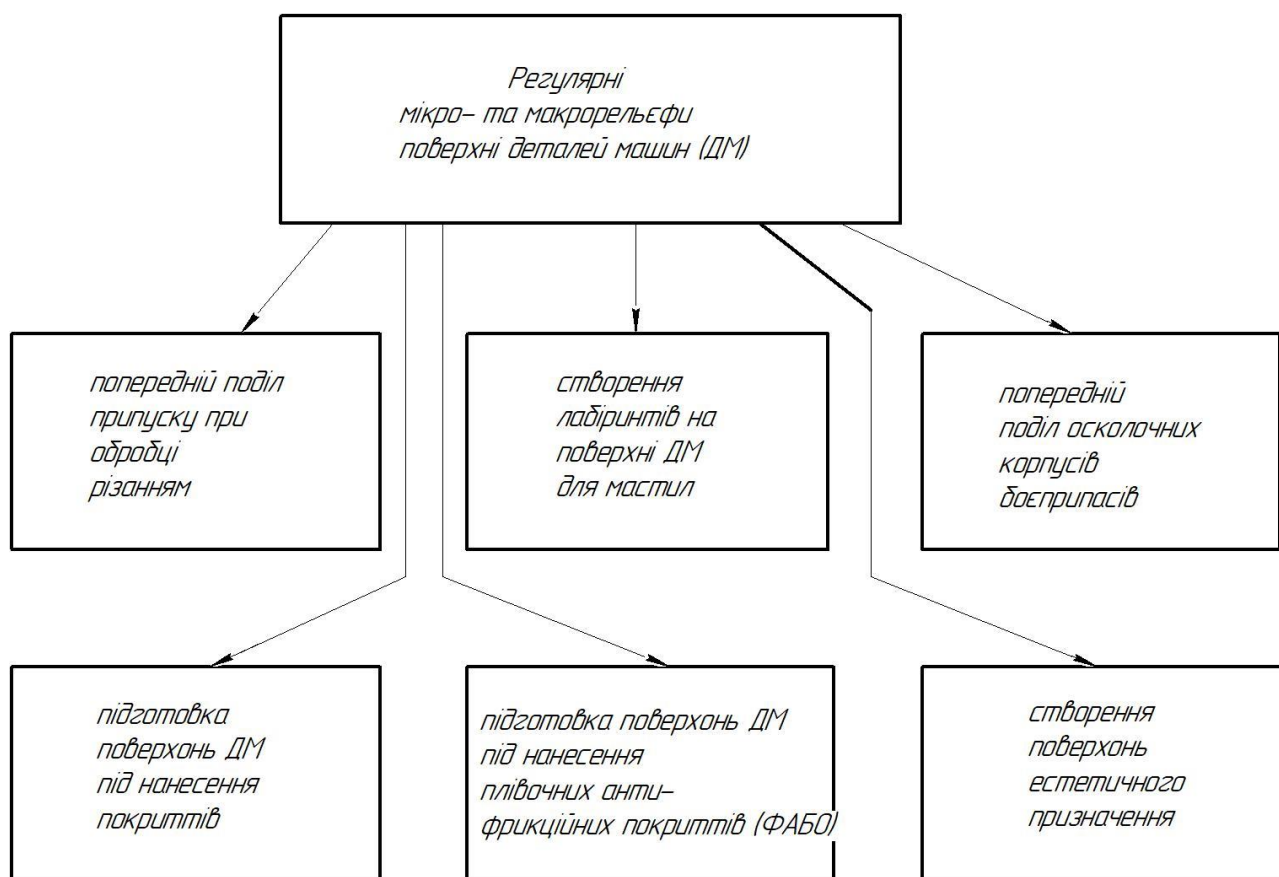


Рисунок 4 – Класифікація регулярних рельєфів за призначенням
Figure 4 – Classification of regular reliefs by destination

На рис. 5 показана схема дії сили P заглиблення лінійного індентора у металевий зразок. При розробці цієї схеми за основу була прийнята схема проф. Давиденкова Н.Н. (Некоторые проблемы механики материалов. Ленинград, 1943). На рис.5: h – глибина заглиблення; α – кут при вершині індентора; ρ – радіус округлення вершини індентора; h_1 – висота виступів матеріалу після заглиблення індентора; A – площа цих виступів; B – площа поперечного перерізу утвореної канавки.

Проекція елементарної нормальної сили dN на напрямок дії зовнішньої сили P дорівнюватиме:

$$dN = \sigma_N \sin \frac{\alpha}{2} dF, \quad (1)$$

де σ_N – контактне напруження; dF – площа елементарної площадки.

Проекція дотичного напруження $d\tau$:

$$d\tau = \eta \sigma_N \cos \frac{\alpha}{2} dF, \quad (2)$$

де η – коефіцієнт тертя (за законом Амонтона–Кулона).

Таким чином:

$$P = \int_0^F \left(\sigma_N \sin \frac{\alpha}{2} + \eta \sigma_N \cos \frac{\alpha}{2} \right) dF, \quad (3)$$

або після інтегрування:

$$P = \pi h^2 \sigma_N \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \eta \right), \quad (4)$$

чи:

$$h = \sqrt{\frac{P}{\pi \sigma_N \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \eta \right)}}. \quad (5)$$

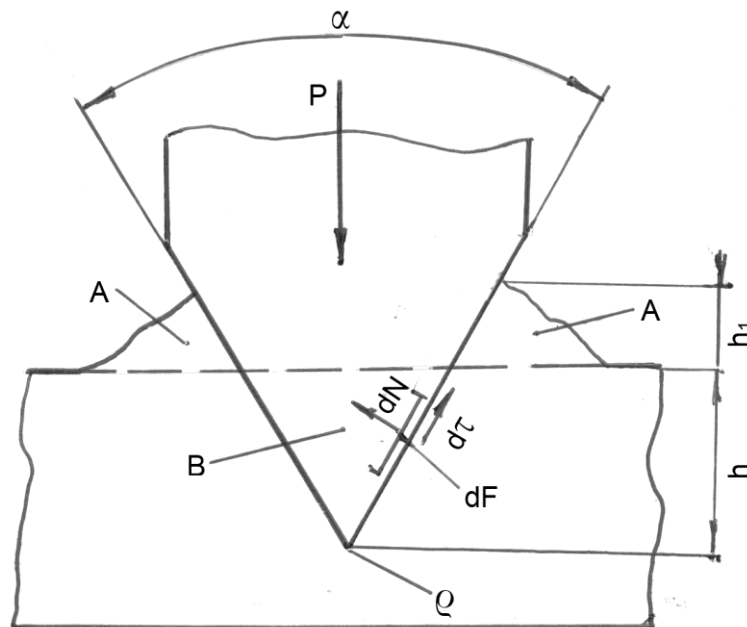


Рисунок 5 – Схема дії сили заглиблення на елементарну площадку твірної індентора
Figure 5 – Scheme of action of the deepening force on the elementary site of the generating indenter

Для визначення глибини h канавки за залежністю (5) слід знати значення середнього коефіцієнта тертя η та контактного напруження σ_N . Приймаємо середні значення для заглиблення лінійного індентора у всі матеріали $\eta \approx 0,3$. Контактне напруження σ_N можна визначити із залежності (4), знаючи силу P і глибину канавки h .

Що стосується виступів A металу, які утворюються при заглибленні лінійного індентора, то з великою точністю їх площа буде рівнятися поперечній площі канавки, тобто

$$A \approx \frac{B}{2}. \quad (6)$$

На рис. 6 подано приклади наших експериментів по отриманню канавок при заглибленні лінійного індентора, причому на позиції (а) – досліджуваний зразок – сталь 38ХН3МА; $h = 3$ мм; $\rho = 0,02$ мм; $\alpha = 70^\circ$; на позиції (б) – досліджуваний зразок – бронза ОЦС 5–5–5; $h = 1$ мм; $\rho = 0,5$ мм; $\alpha = 90^\circ$.



а)



б)

Рисунок 6 – Поперечний переріз канавок, які отримано у зразках зі сталі 38ХН3МА (а) і бронзи ОЦС 5–5–5 (б) при заглибленні лінійного індентора

Figure 6 – Cross-section of the grooves obtained in the samples of steel 38 ХН3МА (a) and bronze ОЦС 5-5-5 (b) when deepening the linear indenter

На рис. 7 показано зразок розробленого нами на основі теоретичних та експериментальних досліджень інструменту (вставки – індентори сталь Р18; $\alpha = 90^\circ$; діаметр вершини інденторів – 60 мм) та фрагмент досліджуваного зразка із дуралюмінію Д16 після індентування цим інструментом.



Рисунок 7 – Дослідний інструмент (зліва) та фрагмент зразка після індентування (дуралюмін Д16, справа)

Figure 7 – Test tool (left) and fragment of the sample after indentation (duralumin D16, right)

Обговорення результатів дослідження.

У процесі досліджень уперше розроблено класифікацію регулярних рельєфів за призначенням, причому розглядалися тільки рельєфи, які створювались лише методами ХПД та обробкою різанням. Створена класифікація розширює інформацію про експлуатаційні та технологічні властивості рельєфів і дозволяє знайти нове використання останніх та упорядкувати їх застосування. Регулярні мікро- та макрорельєфи слід використовувати: як технологічні (для попереднього поділу припуску при обробці різанням), для створення лабіринтів на поверхні деталей під мастила, для підготовки поверхні під нанесення покриттів, для попереднього поділу осколочних корпусів боеприпасів, а також як естетичні.

Розроблена схема дії сили заглиблення дозволяє знайти глибину канавки при заданих куті трикутного лінійного індентора та радіусі округлення його вершини. Коефіцієнт тертя прийнято для усіх випадків заглиблення приблизно рівним 0,3, виходячи з умови, що тертя відбувається за законом Амонтона–Кулона. Контактне напруження визначається при відомих силі заглиблення індентора і глибині канавки. Сумарна площа виступів, що утворюються при заглибленні у поперечному перерізі приблизно дорівнює площі отриманої канавки.

Проведені експерименти на дослідних зразках усіх груп матеріалів підтвердили результати, що отримані теоретично.

На основі результатів дослідження розроблено та випробувано зразок інструменту, який оснащено 19-ма лінійними інденторами. Випробування на трубчастих деталях із дуралюмінію Д16 (2117) показали перспективність використання отриманих результатів у виробництві та навчальному процесі спеціальностей «Прикладна механіка» і «Матеріалознавство».

Висновки.

У результаті проведеного дослідження встановлено наступне.

На основі аналізу науково-технічної літератури з проблем формування мікро- та макрорельєфів поверхні деталей машин визначено холодне пластичне деформування лінійним індентором як основний метод отримання канавок трикутної форми глибиною до 3 мм з радіусом округлення у основі 0,005 – 0,5 мм. Розроблено методику досліджень, що передбачає використання двох гідропресів, інструменту із швидкорізальної сталі з кутом при вершині 60° – 90° і зразків із характерних сталей, чавуну, бронзи, латуні, алюмінієвого та титанового сплавів. У дослідженнях застосували оптичні та електронні мікроскопи, твердоміри та мікротвердоміри, профілографи і профілометри традиційних та сучасних марок.

Розроблена класифікація рельєфів за призначенням: технологічні (для попереднього поділу припуску перед зрізанням та підготовки поверхні під нанесення покриттів); експлуатаційні (для створення лабіринтів під мастильно-охолоджувальні матеріали); поділу осколочних корпусів на фрагменти при ініціюванні вибухових речовин; декоративні.

Розроблена механіка заглиблення лінійного індентора у металевий зразок, що об'єднує значення сили заглиблення з геометричними параметрами індентора, коефіцієнта тертя, контактним напруженням та глибиною канавки.

Експерименти на 8-ми типових представниках конструкційних матеріалів підтвердили теоретичні положення механіки заглиблення.

На основі отриманих наукових результатів дослідження розроблено та випробувано зразок інструменту на трубчастій деталі з дуралюміну Д16 (2117).

Процес поліпшення експлуатаційних властивостей деталей машин за рахунок нанесення рельєфів рекомендується здійснювати у такий послідовності основних операцій: підготовка поверхні під індентування; заглиблення лінійного індентора; видалення виступів металу різанням. Для отворів порожнистих деталей останнім може бути різальне протягування.

Передбачаються подальші експериментальні дослідження у даному науково-технічному напрямку та підтвердження їх практичного застосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 2860:1994. Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ, Держстандарт України, 1995. 26 с.
2. ISO 14577–3:2015. Metallic materials. Instrumented indentation test for hardness and materials parameters. Part 3: Calibration of reference blocks. Geneva, ISO Publ, 2015. 8p.
3. Континуальная и дискретно-континуальная модификация поверхностей деталей: монография / Н.А. Ткачук, С.С. Дьяченко, Э.К. Посвятенко и др. Харьков, «Планета-Принт», 2018. 259 с.
4. Influence of material and the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings / E. Posviatenko, N. Posviatenko, R. Budyak and other. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2018, № 5/12 (95). P. 48 – 56.
5. Інженерія деталей, оброблених протягуванням: монографія / Посвятенко Е.К., Немировський Я.Б., Шейкін С.Є. та інші. Кропивницький, 2021. 466 с.
6. ГОСТ 24773-81. Поверхности с регулярным микрорельефом: классификация, параметры и характеристики. Москва, Государственный комитет СССР по стандартам. 1981. 13 с.
7. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом: Монография / Ю.Г. Шнейдер. Л.: Машиностроение, 1982. 248 с.
8. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: посібник / І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Киричок та ін. Житомир: Житомирський інженерно-технологічний ін-т, 2001. 516 с.
9. Нахайчук О.В. Исследование механики внедрения плоского штампа в жесткопластический материал с использованием метода конечных элементов / О.В. Нахайчук // Физика и техника высоких давлений. 2004. Т.14. № 1. С. 71–78.
10. Посвятенко Е.К. Формування регулярного макрорельєфу поверхонь отворів деталей комбінованим протягуванням / Е.К. Посвятенко, Ю.Б. Паладійчук // Вісник Національного технічного ун-ту України «Київський політехн. ун-т». К: Машинобудування, 1999. Вип.37. С. 256–261.
11. Інноваційні технології композиційного зміцнення поверхні елементів виробів для оборонної та енергетичної галузей / А.П. Марченко, М.А. Ткачук, О.В. Соболев, Е.К. Посвятенко та ін. // Механіка та машинобудування: наук.-техн. журнал. Х.: НТУ «ХП», 2017. № 1. С. 234–245.
12. Посвятенко Е.К., Посвятенко Н.І., Рибак І.П. Підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин рельєфами поверхні // Вісник Національного транспортного ун-ту: Серія технічні науки. К.: НТУ, 2021. Вип. 1 (48). С.270–282.

REFERENCES

1. *Nadiynist' tekhniky. Terminy ta vyznachennya* [Reliability of technology. Terms and definitions]. (1995) DSTU 2860:1994. Kiev: Derzhstandard Ukraine. 26 c. [in Ukrainian].
2. *Metallic materials. Instrumented indentation test for hardness and materials parameters. Part 3: Calibration of reference blocks.* (2015) ISO 14577–3:2015. Geneva, ISO. 8p.
3. Tkachuk N.A., Diachenko S.S., Posviatenko E.K. (2018) *Kontinual'naya i diskretno-kontinual'naya modifikatsiya poverkhnostey detaley* [Continual and discrete-continual modification of surfaces of parts: monograph]. Kharkov: «Planeta–Print». 259p. [in Russian].
4. *Influence of material and the technological factors on improvement of operating properties of machine parts by reliefs and film coatings* / E. Posviatenko, N. Posviatenko, R. Budyak and other. Eastern-European journal of enterprise technologies, 2018, № 5/12 (95). P. 48 – 56.
5. Posviatenko E.K., Nemyrovskiy Ya.B., Sheykin S.Ye. and et. (2021) *Inzheneriya detaley, obroblynykh protyahuvalnyam: monohrafiya* [Engineering of details processed by drawing: monograph]. Kropyvnytskyi. 466 p. [in Ukrainian].

6. *Poverkhnosti s regul'yarnym mikrorel'efom: klassifikatsiya, parametry i kharakteristiki* [Surfaces with a regular microrelief: classification, parameters and characteristics]. (1981) GOST 24773-81. Moscow: USSR State Committee for Standards. 13 p. [in Russian].
7. Shneider, Yu. G., (1982) *Ekspluatatsionnyye svoystva detaley s regul'yarnym mikrorel'yefom*. [Operational properties of parts with regular microrelief]. Leningrad: Mashinostroenie. 248 p. [in Russian].
8. Aftanaziv, i.S., Gavrish, A.P., Kyrychok, P.O. (2001) *Pidvyshchennya nadiynosti detaley mashyn poverkhnevym plastychnym deformuvannyam*. [Improving the reliability of machine parts by surface plastic deformation]. Zhytomyr: Zhytomyrs'kyi inzhenerno-tehnologichnii institut. 516 p. [in Ukrainian].
9. Nahaichuk, O.V. (2004) *Issledovaniye mekhaniki vnedreniya ploskogo shtampa v zhestkoplasticheskiy material s ispol'zovaniyem metoda konechnykh elementov* [The study of the mechanics of embedding a flat die in a rigid plastic material using the finite element method]. Fizika i tekhnika vysokikh davleniy – Physics and technique of high pressures. Vol. 14/1. P.71 – 78. [in Russian].
10. Posviatenko, E.K., Paladiichuk, Yu. B., (1999) *Formuvannya rehulyarnoho makrorel'yefu poverkhon' otvoriv detaley kombinovanyim protyahuvalnyam* [Formation of a regular macro-relief of the surfaces holes of the parts by combined stretching]. Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universitetu Ukraini»Kyiv's'kyi politekhnichnii institut» – Bulletin of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic University». Issue 37. P. 256–261. [in Ukrainian].
11. Marchenko, A.P., Tkachuk, M.A., Sobol, O.V., Posviatenko, E.K. (2017). *Innovatsiyni tekhnolohiyi kompozytsiynoho zmitsnennya poverkhni elementiv vyrobiv dlya oboronnoyi ta enerhetychnoyi haluzey* [Innovative technologies of composite hardening of the surface of elements of products for the defense and energy industries]. Mekhanika ta mashinobuduvannia – Mechanics and machine building. Kharkiv: NTU«KhPI». 1, PP. 234–245. [in Ukrainian].
12. Posviatenko, E.K., Posviatenko, N.I., Rybak, I.P. (2021) *Pidvyshchennya ekspluatatsiynykh vlastyvostey detaley mashyn rel'yefamy poverkhni* [Increasing the operating properties of the machine parts by the surface reliefs]. Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu: Seriya tekhnichni nauky. – Visnyk National Transport University: Technical sciences. Scientific and Technical Collection. Kyiv: NTU. Issue 1 (48). P. 270–282. [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Посвятенко Н.І. Поліпшення експлуатаційних властивостей деталей машин холодним пластичним деформуванням / Н.І. Посвятенко, І.П. Рибак // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 1 (51).

В статті розглядається напрям поліпшення експлуатаційних властивостей деталей машин холодним пластичним деформуванням.

Мета роботи: розробити методику експериментальних досліджень регулярних рельєфів, включаючи обладнання, інструмент і матеріал дослідних зразків; створити класифікацію регулярних рельєфів за призначенням; визначити механіку заглиблення лінійного індентора у металевий зразок; розробити технологічні рекомендації та дослідний інструмент.

Об'єкт дослідження – регулярні рельєфи на поверхні деталей машин.

Вибрано методику і пристрої для проведення експериментів: гідрофіковані преси, лінійні індентори, оптичні мікроскопи, мікротвердоміри, досліджувані матеріали, прилади та вимірювальний інструмент. Матеріалами служили легована та нержавіюча сталі, сірий та ковкий чавуни, бронза і латунь, алюмінієвий та титановий сплави.

Розроблено класифікацію рельєфів за призначенням, що здійснюється холодним пластичним деформуванням і різанням.

Розроблена механіка заглиблення лінійного індентора у металевий зразок, що об'єднує значення сили заглиблення з геометричними параметрами індентора, коефіцієнта тертя, контактним напруженням та глибиною канавки.

Експерименти на 8-ми типових представниках конструкційних матеріалів підтвердили теоретичні положення механіки заглиблення.

На основі отриманих наукових результатів дослідження розроблено та випробувано зразок інструменту на трубчастій деталі з дуралюмініу Д16 (2117).

Запропоновано такий процес поліпшення експлуатаційних властивостей деталей машин: підготовка поверхні під індентування; заглиблення індентора; видалення виступів металу різанням.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РЕГУЛЯРНИЙ РЕЛЬЄФ, ХОЛОДНЕ ПЛАСТИЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ, ЛІНІЙНИЙ ІНДЕНТОР, ПОВЕРХНЯ ДЕТАЛІ, МЕХАНІКА ЗАГЛИБЛЕННЯ.

ABSTRACT

Posviatenko N.I., Rybak I.P. Improvement the operating properties of the machine parts by the cold plastic deformation Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 1 (51).

The article discusses the direction of improving the operational properties of machine parts by the cold plastic deformation.

Purpose – to develop methods of experimental research of regular reliefs, including equipment, tools and material of prototypes; to create a classification of regular reliefs by purpose; to determine the mechanics of deepening of the linear indenter in the metal sample; to develop technological recommendations and research tools.

The object of research – regular reliefs on the surface of machine parts.

Methods and devices for conducting experiments were selected: hydrogenated presses, linear indentors, optical microscopes, microhardness testers, research materials, instruments and measuring instruments. The materials were alloy and stainless steel, gray and malleable cast iron, bronze and brass, aluminum and titanium alloys.

The classification of reliefs by purpose, obtained by cold plastic deformation and cutting, has been developed.

The mechanics of deepening of a linear indenter into a metal sample has been developed, which combines the values of the depth of indentation with the geometrical parameters of the indenter, friction coefficient, contact stress and groove depth.

Experiments on 8 typical representatives of structural materials confirmed the theoretical principles of the mechanics of deepening.

Scientific results allowed to develop and test a sample of the tool on a tubular part made of duralumin D16 (2117).

The following process of improvement of operational properties of details of cars is offered: preparation of a surface under indentation; indenter deepening; removal of metal protrusions by cutting.

KEYWORDS: REGULAR RELIEF, COLD PLASTIC DEFORMATION, LINEAR INDUCTION, SURFACE OF PARTS, MECHANICS OF DEEPING.

АВТОРИ:

Посвятенко Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 226, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Рибак Ілля Петрович, аспірант, Національний транспортний університет, аспірант кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: ilya.003@ukr.net, тел. +380442808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 101а, orcid.org/0000-0002-2071-5754.

AUTHOR:

Posviatenko Natalia.I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road vehicles, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. 044-280-97-73, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenko str. 1, of.226, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Rybak Ilya P., post-degree student, National Transport University, post-degree student, department of production, repair and materials science, e-mail: ilya.003@ukr.net, tel. +380442808203, Ukraine, 01010, Kyiv, st. Omelianovycha-Pavlenko, 1, r. 101a, orcid.org/0000-0002-2071-5754

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Клименко С.А., член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України НАН України, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Klimenko S.A., vice-academician National Academy of Sciences of Ukraine, Ph.D. Engineering (Dr.), professor, Deputy Director for Scientific Work of Institute Superhard Materials named V.N. Bakul NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Mateichik V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of Environment and Safety, Kyiv, Ukraine.