

Д. О. ДМИТРІЄВ

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-8200-351X

С. О. ЧУРСОВ

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0002-6746-530X

В. С. ОСАДЧУК

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-8326-8173

ПРОЦЕСИ КОНТУРНОГО ПОЛІРУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТЬ АВТОТРАНСПОРТУ

У статті розглянуто кластерну модель опису полірування неметалевих матеріалів стосовно лакофарбових покриттів, що наносять на поверхні складної геометрії. Зокрема, запропоновано технічні засоби контурного полірування покриттів неметалевих шарів елементів кузова автомобіля з застосуванням мехатронних модулів з ЧПК, які відтворюють рухи і режими полірування, що раніше виконувались вручну. На основі розгляду проблеми деструкції лакофарбових покриттів кузовів автомобілів та аналізу літератури по дослідженню фізико-механічних процесів формування поверхонь деталей з неметалевих матеріалів інструментом із застосуванням полірувальних паст і вивчення закономірностей цього процесу було досліджено полірувальну здатність різних полірувальних паст. Запропоновано геометричні критерії якості автополірування лакофарбових покриттів з формалізованим забезпеченням взаємозв'язку ширини штучної подрятини що наносилась алмазною чотирьохгранною пірамідою із глибиною та формою штучної подрятини до і після полірування. Розглянуто широкий діапазон швидкісних, силових, реологічних факторів полірування поверхонь кузова із подвійною кривизною, однак теплові і механо-хімічні процеси не встановлювались. Дані про ефективність полірувальних паст та якість відновлених лакофарбових покриттів автомобіля отримано в результаті виконання наукової послуги на замовлення підприємства ПП «ІнтерСклад» м. Херсон. Визначено зразки полірувальних паст фракції абразиву і склад розчинника що мають відповідати умовам ручного полірування та поставлено на виробництво відповідні автокосметичні засоби. Відпрацьовано методику випробування, що дозволяє визначити за короткий час ефективність і режими полірувальних сумішей для усунення механічних пошкоджень лакофарбового покриття автомобілів.

Ключові слова: полірування, процес, пошкодження, лакофарбове покриття.

D. O. DMITRIEV

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-8200-351X

S. O. CHURSOV

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-6746-530X

V. S. OSADCHUK

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-8326-8173

PROCESSES OF CONTOUR POLISHING OF VEHICLE PAINT SURFACES

The article considers the cluster model for describing the polishing of non-metallic materials in relation to paint coatings applied to surfaces of complex geometry. In particular, technical means of contour polishing of coatings of non-metallic layers of car body elements with the use of mechatronic modules from CNC are proposed, which reproduce the movements and modes of polishing, which were previously performed manually. On the basis of consideration of the problem of destruction of paint coatings of car bodies and analysis of the literature on the study of the physical and mechanical processes of forming the surfaces of parts from non-metallic materials with a tool using polishing pastes and studying the laws of this process, the polishing ability of various polishing pastes was investigated. The geometric criteria of the quality of self-polishing of paint coatings with a formalized provision of the interrelationship of the width of the artificial scratch applied by a diamond tetrahedral pyramid with the depth and shape of the artificial scratch before and after polishing are proposed. A wide range of speed, power, and rheological factors of polishing body surfaces with double curvature were considered, but thermal and mechano-chemical processes were not established. Data on the effectiveness of polishing pastes and the quality of restored paint coatings of the car were obtained as a result of the performance of a scientific service commissioned by the Kherson PE "InterSklad" enterprise. Samples of polishing pastes of the abrasive fraction and the composition of the solvent that must meet the conditions of manual polishing were determined, and the corresponding auto cosmetic products were put into production. A test methodology has been developed that allows you to determine in a short time the effectiveness and modes of polishing mixtures for the elimination of mechanical damage to the paintwork of cars.

Key words: polishing, process, damage, paint.

Постановка проблеми

З часом лакофарбові покриття автомобілів змінюють свої хімічні і фізичні властивості. На поверхні покриття від змін температури виникають місцеві напруження і мікротріщини. Такі тріщини зменшують блиск, збільшують пилонагромадження. Крізь мікротріщини проникає волога яка руйнує покриття. Тріщини ширшають, поглиблюються і досягають поверхні металу, починається корозія кузова автомобіля. Лакофарбове покриття зазнає й інших змін, які погіршують його якість, наприклад під дією ультрафіолетового випромінювання тонкий поверхневий шар плівки окиснюється з виділенням пігменту. Цей процес називають крейдуванням [1] змінюється колір, з'являються білястість, зменшується блиск, що в кінцевому підсумку погіршує декоративний вигляд лакофарбового покриття. Руйнування лакофарбового покриття посилює різні забруднення (тверді й рідкі матеріали, газ, пил, сажа, частинки асфальту, мінеральні масла і мастильні матеріали), які присутні на поверхні автомобіля, в процесі його експлуатації. У плівці покриття під дією кисню повітря, підвищеної температури і ультрафіолетового випромінювання відбуваються окисні процеси деструкція основного ланцюга макромолекул полімеру та хімічні зміни, втрачається еластичність покриття [1, 2]. Зменшення руйнування покриття і відновлення можна забезпечити правильним і кваліфікованим технічним обслуговуванням, виконуючі косметичні операції. Для цього використовують полірування суміші, які складаються з тонких абразивів, масел, воску, господарського мила, води, розчинника, та інших компонентів. Вважається що абразиви шліфують та полірують покриття, віск заповнює пори і мікроскопічні нерівності, а розчинник усуває залишки жирових плям та забруднень [1, 3].

Як правило полірування покриття автомобіля виконують вручну або із застосуванням ручних електро-механічних засобів, а геометрія кузова передбачає складні контурні дільниці подвійної кривизни (рис. 1,а). В таких умовах режими полірування обирають інтуїтивно і надалі використовують як необґрунтований досвід відновлення. Не витримування однакових умов полірування на пряму впливає на ефективність застосування того або іншого складу полірувальних паст і навпаки може завдати зайві пошкодження існуючому покриттю кузова. Тому важливо мати методологічну основу для спрямованого виробу як складу та компонентів полірувальних сумішей, так і режимів їх застосування з урахуванням властивостей покриття та геометрії поверхні, що обробляється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо, що при втомному зношенні твердого тіла відділення частинок зношення – результат нагромадження в поверхневому шарі ушкоджень від його знакозмінного деформування. Деформування кластера можна уявити як його коливання біля положення рівноваги, тобто розглядати тверде тіло як сукупність точкових мас, що коливаються. Енергія системи при цьому може набувати строго визначених значень [4].

Авторами [5] запропоновано і в подальшому розвинено [6, 8] кластерну модель опису полірування неметалевих матеріалів. Кластер це спеціальна агрегація частинок (фрагментів) матеріалу і інструменту, що активуються зовнішнім впливом (технологічними параметрами) і видаляються не тільки внаслідок знакозмінного деформування та ушкоджень у поверхневому шарі, а під впливом фізико-хімічних явищ на атомно-молекулярному рівні (адгезійне і втомне зношення, розриви хімічних зв'язків) [7].

Стосовно процесу полірування неметалевих поверхонь кузова автомобіля з огляду на кластерну модель можна розрахувати інтенсивність видалення об'єкту матеріалу що полірується.

$A + L \Rightarrow \left\{ \frac{A}{L} \right\}$ (A і L – кластери на поверхнях відповідно деталі і інструменту; символ \Rightarrow означає передачу енергії між кластерами, а символ $\{ \}$ – видалення кластеру).

Загальна кількість кластерів на одиниці поверхні оброблюваного матеріалу – a_i , а кількість не збуджених кластерів, (що не одержали енергії) – a_0 , кількість збуджених кластерів $a = a_i - a_0$.

Для оброблюваної поверхні ймовірність зносу $p(A)$ визначається як $p(A) = k_i(a_i - a_0)(k_i - \text{коєфіцієнт пропорційності}; U - \text{швидкість відносного переміщення поверхонь оброблюваної деталі й інструменту})$, а ймовірність відсутності зносу поверхні – $d(A) = k_2 a_0$ або $d(A) = k_3 V$ (V – об'єм вилученого матеріалу; k_2, k_3 – коєфіцієнти пропорційності).

З формули $a_0 = (k_3 / k_2) V$ при виконванні умови динамічної рівноваги $p(A) = d(A)$, можна визначити об'єм вилученого матеріалу:

$$V = \frac{k_1 a_i}{k_3 + \frac{k_1 k_3}{k_2} U}$$

$$\text{При цьому } U = \frac{1}{(\varphi_2 - \varphi_1)(\theta_2 - \theta_1)(l_2 - l_1)} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{l_1}^{l_2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \dot{E}_1 R \sin \theta d\theta = \frac{e_0 \dot{E}_1 r}{R \arcsin \left(\frac{r}{R} \right)}, \quad [5]$$

де: $\varphi_1, \varphi_2, l_1, l_2, \theta_1, \theta_2$ – межі, в яких змінюються координатні змінні; $\theta_{2,1} = \theta_1 \pm \arcsin \left(\frac{r}{R} \right), \theta_0 = \arcsin \left(\frac{e_0}{R} \right)$.

На основі попередніх досліджень [5, 6] планується використати методику для дослідження фізико-механічних процесів формування поверхонь деталей з неметалевих матеріалів інструментом з не зв'язаним полірувальним порошком і вивчення закономірностей і цього процесу за кластерною моделлю зношення поверхонь оброблюваної деталі під час полірування.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є визначення та порівняння здатності експериментальних зразів полірувальних паст К2, 242 та 212 для видалення дефектів лакофарбових покриттів кузовів автомобілів на замовлення підприємства ПП «ІнтерСклад» (м. Херсон), номер державної реєстрації 0121U114300. Тобто, постає задача у дослідженні цілеспрямованості застосування тих або інших полірувальних паст для видалення дефектів лакофарбових покриттів автомобільних кузовів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Кластерний підхід є ефективний метод дослідження у тих сферах, де і макроскопічний, і мікроскопічний підходи є нерезультативними, являється примітним і не лише тому, що оперує реальними, експериментально вивченими агрегаціями – кластерами, а і тому, що є методологію дослідження властивостей фізичних об'єктів у проміжному масштабі. Такий підхід доцільно використовувати для опису механізму процесу полірування скла, коли внаслідок фізико-хімічних явищ, що відбуваються на атомно-молекулярному рівні (адгезійне і втомне зношення, розриви хімічних зв'язків), відбуваються макроскопічні зміни структури і властивостей оброблюваної поверхні в умовах зняття оброблюваного матеріалу і зміни геометричних розмірів оброблюваної деталі.

У загальному вигляді кластерну модель зношення можна сформулювати так [5, 6].

- поверхня оброблюваного матеріалу (чи інструмент) складається з набору кластерів;
- у разі силової взаємодії поверхонь, що контактують, кластери починаються коливатися біля положення рівноваги;
- зношення поверхні – результат видалення (відриву) з неї кластерів.

На рис. 1, б [5] приведено схему обробки сферичної поверхні. Щоб розв'язати задачу про характер зношення інструменту (верхня ланка) уздовж колових зон, введемо сферичні координати, початок яких зберігається з центром сферичної поверхні оброблюваної деталі (нижня ланка). Тоді координати точки M , що знаходиться в коловій зоні інструменту r , можна подати так: $M = M(R, \varphi, \theta)$ (R – радіус кривини сферичних поверхонь інструменту і деталі; φ – кут (довгота) у площині xOy ; θ – кут (широта) у площині, перпендикулярній до xOy).

Щоб визначити U вектор швидкості $\vec{E}_1 R \sin \theta$ (див. рис. 1, б), що завжди лежить у горизонтальній площині і спрямований вздовж дотичної до кола (колової зони), потрібно усереднити до координати змінними. Тоді:

На підставі результатів аналізу двох можливих схем, що застосовуються в наявному устаткуванні: нормальній схеми (верстати типу ШП), радіальної схеми (верстати типу LP), тиск в обох випадках можна знайти так:

$$p_a(r) = \text{const} \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R},$$

де const має розмірність тиску.

Інтенсивність зношення робочого шару інструменту вздовж колових зон радіусом r відповідно до прийнятих припущень з урахуванням граничних умов, що в центрі інструменту робочий шар є суцільним, визначають за формулою

$$\Delta S^p(r) = \frac{ar\sqrt{R^2 - r^2}}{R^2 \arcsin\left(\frac{r}{R}\right)} k_i(r).$$

Для забезпечення високої точності формоутворення необхідно, щоб відношення $\Delta S^p(r) / \Delta S(r)$ не залежно від r . З цього випливає, що коефіцієнт заповнення поверхні інструменту робочим шаром повинний змінюватись вздовж колових зон згідно з виразом [6]

$$k_i(r) = \text{const} \frac{\arcsin\left(\frac{r}{R}\right)}{\frac{r}{R}}.$$

Описуючі фазові переходи, критичні явища, коливання ґраток тощо, використовують кластерну модель, що дає змогу уявити будь-яку конфігурацію частинок у вигляді набору окремих кластерів. Кластер складається з I частинок (фрагментів), тісно пов'язаних одна з одною і здатних утворити щільну краплю, вільна енергія якої така сама як і основного тіла [5].

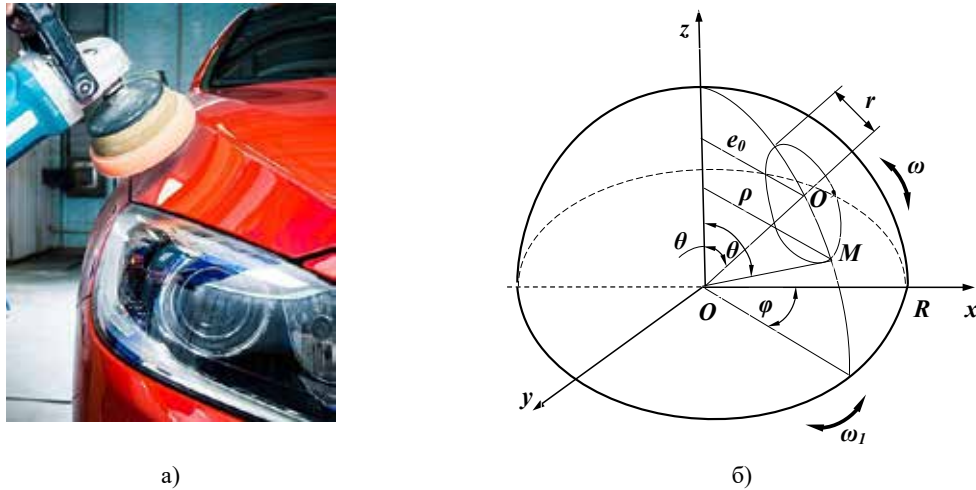


Рис. 1. Полірування лакофарбової поверхні:
а) – контурне полірування кузовів вручну; б) – розрахункова схема прецизійної обробки сферичної поверхні [5]

Представлені результати отримано під час виконання колективом кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки Херсонського національного технічного університету госпдоговору на замовлення підприємства ПП «ІнтерСклад» (м. Херсон) від 28.11.2021 р. номер державної реєстрації 0121U114300 в атестованій Лабораторії механічних випробувань та якості технологічного обладнання Херсонського національного технічного університету. Полірування проводили окремо для 200, 400, 600, 2000, 20 000 циклів (проходів) на трикоординатному маніпуляторі з повторенням огинаючих ліній частини кузова (рис. 2, а) [9, 10].

Полірування виконувалось циліндричним притиром діаметром 50 мм з пружною латексною основою жорсткістю 2,5-3,3 Н/мм, зовні якого оздоблено бавовняною тканиною. Замовником надано полірувальну пасту еталон з позначенням К2, і промисловий зразок пасту з позначкою 212. На випробувальні поверхні наносили штучні подряпини алмазною чотирикутною пірамідою Віккерса на приладі АІ2.280.005ПС методом склерометрії з навантаженням на індентор 1 кг, 0,5 кг, 0,3 кг, 0,15 кг, 0,1 кг (рис. 2, б).

Для визначення абразивної здатності різних полірувальних паст, на елемент кузова автомобіля наносились штучні подряпини, які потім піддавались поліруванню з їх застосуванням.

З частини кузова автомобіля було вирізано 4 зразки розміром 200x100 мм. Проведено полірування циліндричним притиром діаметром 50 мм з пружною основою жорсткістю 0.25-0,3 кг/мм, зовні якого оздоблено бавовняною тканиною (мікрофібра надано замовником).

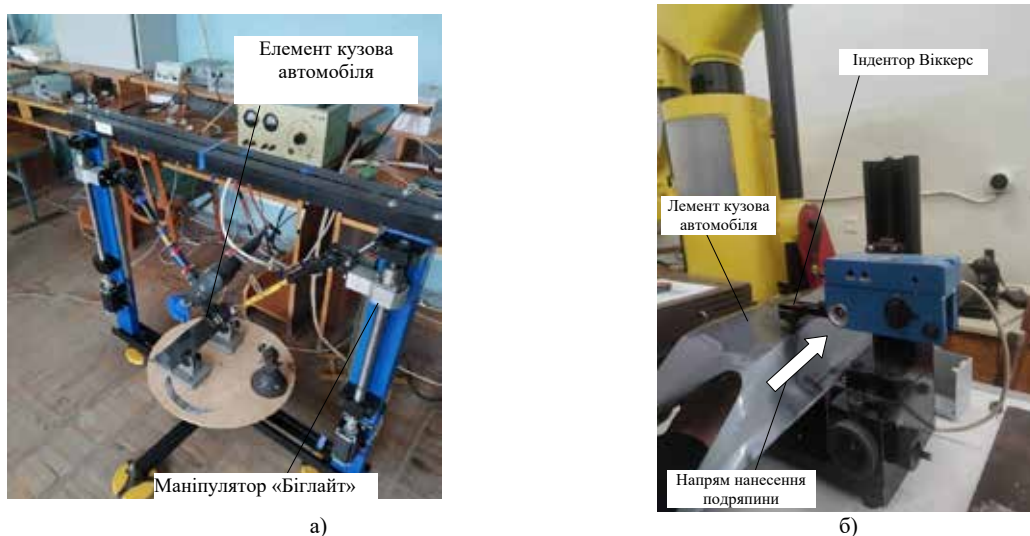


Рис. 2. Обладнання для випробування абразивної здатності полірувальних паст:
а) – трикоординатний маніпулятор; б) – мікротвердомір типу склерометр з індентором алмазною пірамідою (нанесення штучних подряпин)

Полірування проводили 2000 циклів на трикоординатному маніпуляторі з повторенням огинаючих ліній частини кузова. На випробувальні поверхні наносили штучні подряпини алмазною чотирикутною пірамідою Віккерса на приладі АИ2.280.005ПС методом склерометрії з навантаженням на індентор 1 кг, 0,5 кг, 0,3 кг, 0,15 кг, 0,1 кг. Подряпини оброблялись з режимами [9]:

- тиск притискання притиру до оброблюваної поверхні0,05-0,15 МПа
- частота обертання притиру480 об/хв.
- кутова швидкість полірування.....50 хв-1
- лінійна швидкість полірування на зовнішньому радіусі притиру...2,0 м/хв
- кількість подвійних ходів притиру за хвилину6

Додатково встановлено розмір лако-фарбового покриття і металевої основи у поперечному перетині (рис. 3)

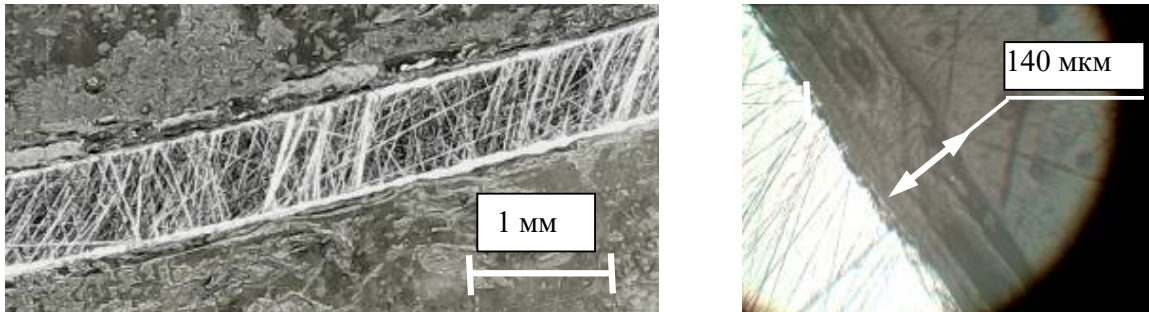


Рис. 3. Товщина лако-фарбового покриття

Критерії оцінки. Геометричні розміри профілю штучних подряпин до і після полірування. Продуктивність полірування Q, мкм/хв.

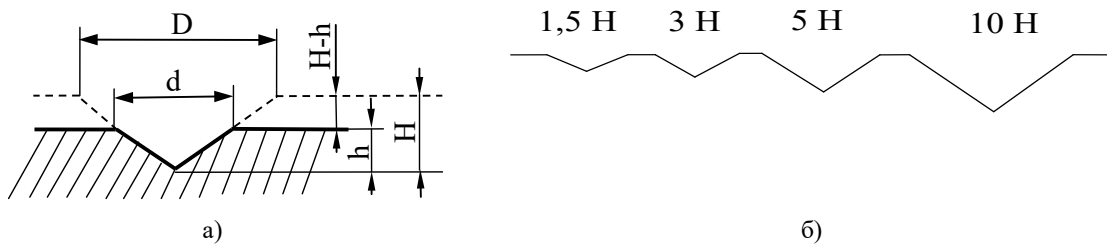


Рис. 4. Критерії оцінки продуктивності абразивної здатності полірувальних паст:
а) – схема профілю штучної подряпини (D – ширина до полірування, d – ширина після полірування, H – видалений поверхневий шар фарби); б) – схема профілю сітки подряпин нанесених з різним навантаженням на індентор

$$H = \frac{D}{2\sqrt{(2)tg \frac{\alpha}{2}}}$$

де
H – глибина штучно нанесеної подряпини алмазним індентором, мкм;
D – ширина канавки, мкм;
tg α – кут між ребрами піраміди індентора. (136°)

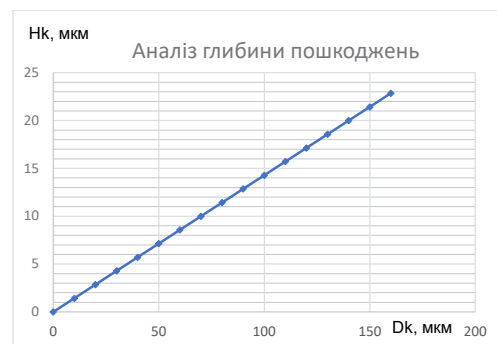


Рис. 5. Залежність і номограма глибини H штучної подряпини ребром алмазної чотиригранної піраміди від ширини D, виміряної мікроскопічними засобами

Результати вимірювань. Виконано по вимірювання по кожному зразку ширини і глибини подряпин до і після полірування. Всього 160 вимірювань [10].

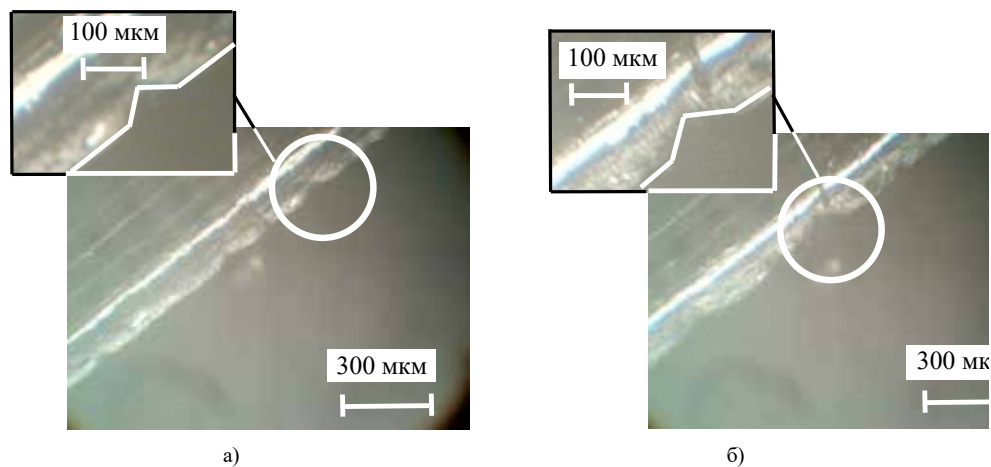


Рис. 6. Мікрофотографії профілю штучних подряпин на поверхні шару фарби (індентор Віккерс): а) – навантаження на індентор 3,0 Н; б) – навантаження на індентор 10 Н

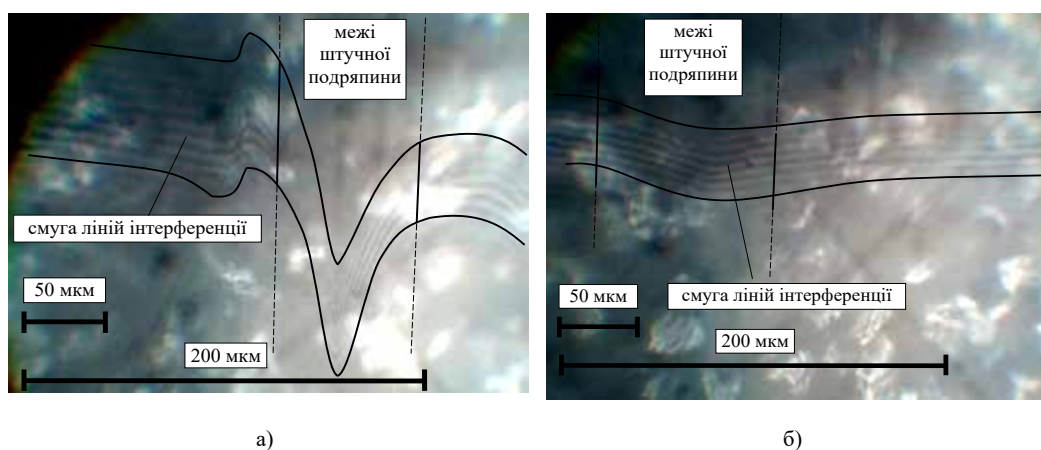
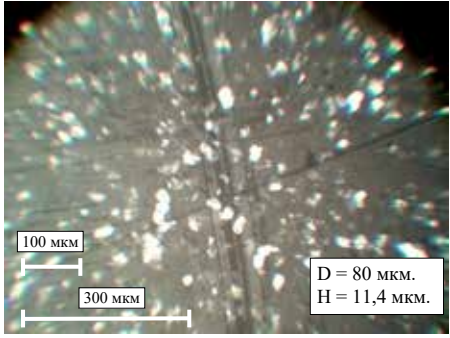
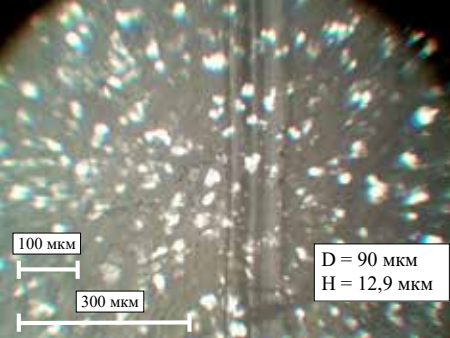
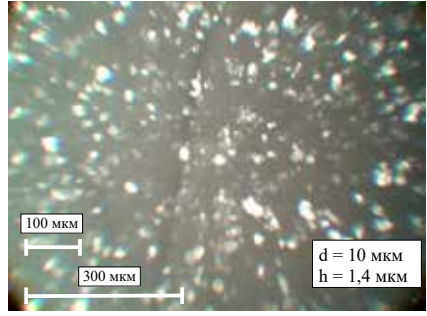
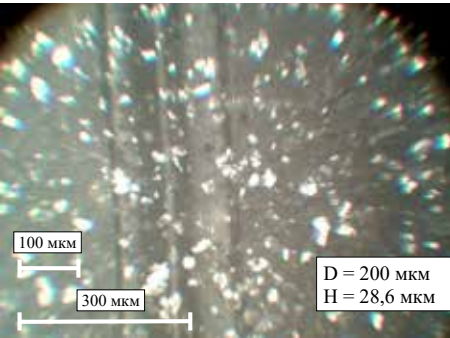
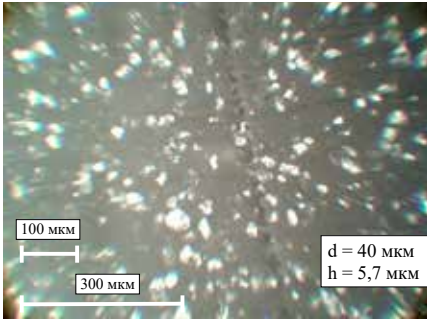
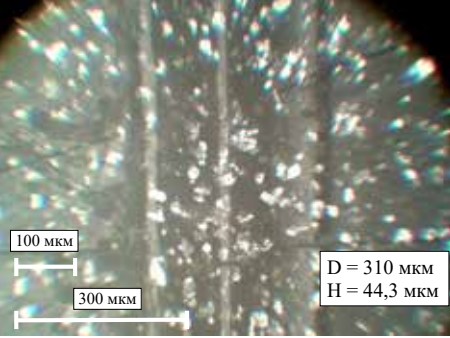
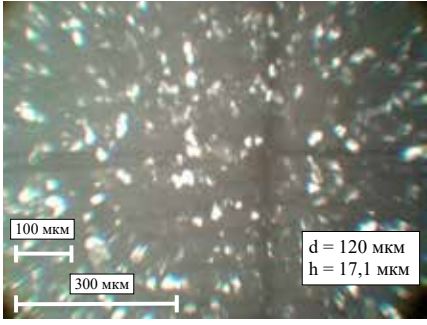


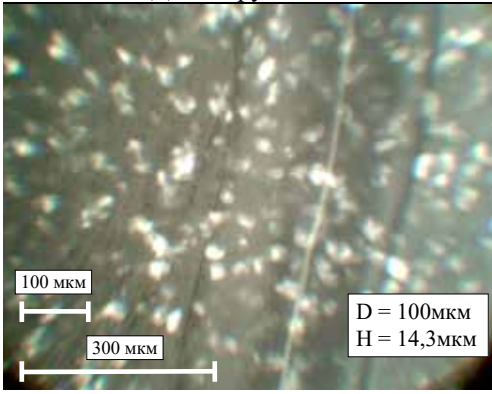
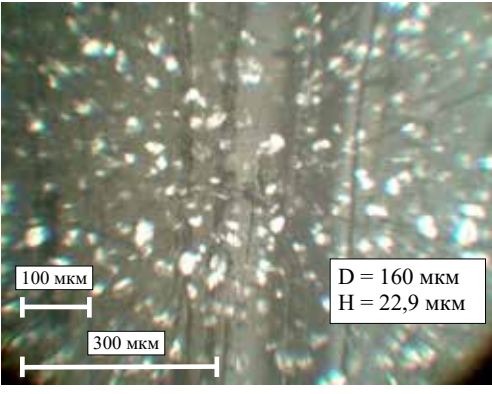
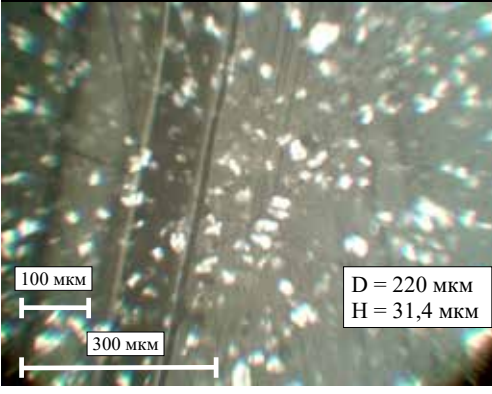
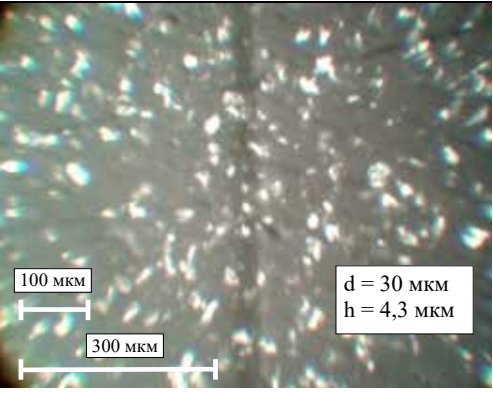
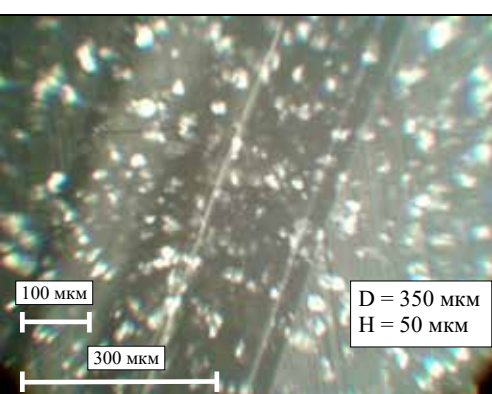
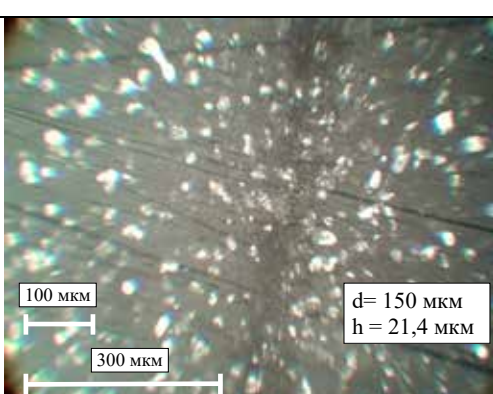
Рис. 7. Мікрофотографії поверхні з накладеною інтерференною грамою до (а) і після (б) полірування лакофарбового покриття [10]

Встановлено центри групування дійсних розмірів, мінімальні і максимальні значення ширини подряпин для кожного зразка після обробки полірувальною пастою при 2000 циклів (проходів), 10000 циклів, 20000 циклів. Результати наведено в таблиці 1 і таблиці 2, на рис. 8, рис. 9.

Таблиця 1

Код пасти	Навантаження подряпини, кг	Ширина D, глибина H подряпини (мікрофото)		Примітка
		До полірування	Після полірування	
K2	1,0	 <p>D = 80 мкм. H = 11,4 мкм.</p>	НЕ ВИЗНАЧЕНО*	* повністю заполіровано
	3,0	 <p>D = 90 мкм. H = 12,9 мкм.</p>	 <p>d = 10 мкм. h = 1,4 мкм.</p>	
	5,0	 <p>D = 200 мкм. H = 28,6 мкм.</p>	 <p>d = 40 мкм. h = 5,7 мкм.</p>	
	10	 <p>D = 310 мкм. H = 44,3 мкм.</p>	 <p>d = 120 мкм. h = 17,1 мкм.</p>	

продовження таблиці 1

Код пасти	Навантаження подряпини, кг	Ширина D, глибина H подряпини (мікрофото)		Примітка
		До полірування	Після полірування	
212	1,0	 <p>D = 100 μm H = 14,3 μm</p>	НЕ ВИЗНАЧЕНО*	*повністю заполіровано
	3,0	 <p>D = 160 μm H = 22,9 μm</p>	НЕ ВИЗНАЧЕНО*	*повністю заполіровано
	5,0	 <p>D = 220 μm H = 31,4 μm</p>	 <p>d = 30 μm h = 4,3 μm</p>	
	10	 <p>D = 350 μm H = 50 μm</p>	 <p>d = 150 μm h = 21,4 μm</p>	

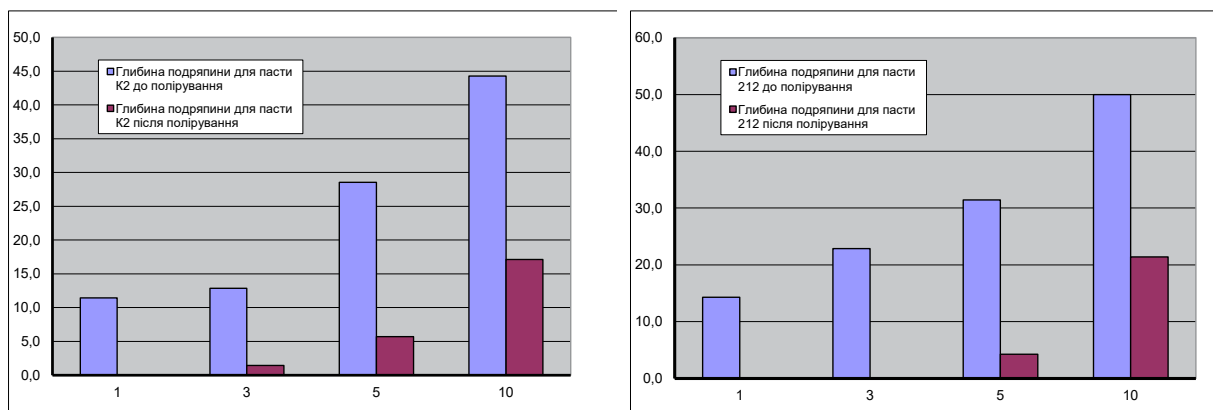


Рис. 8. Оцінка абразивної здатності полірувальних паст в залежності від глибини пошкодження і видалення матеріалу після 2000 циклів

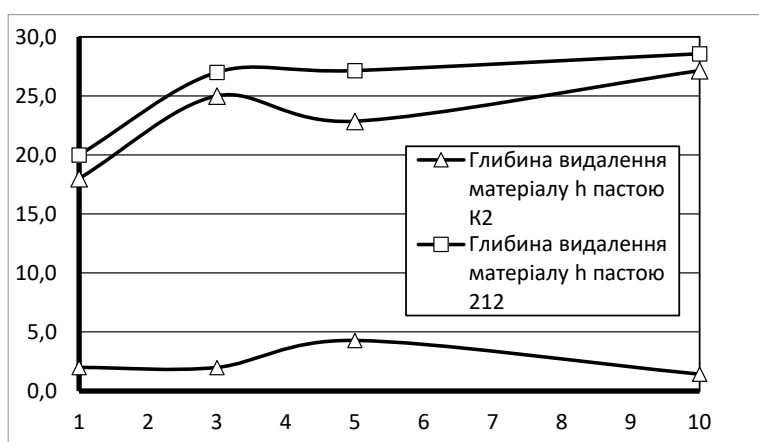


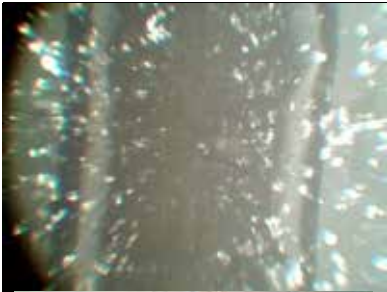
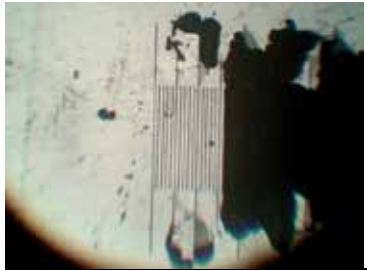
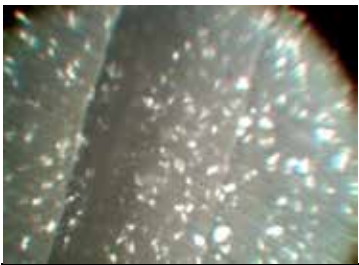

Рис. 9. Порівняння ефективності полірувальних паст за різницею абразивної здатності при 2000 циклів

Таблиця 2

Результати продуктивності полірування після 20000 циклів

№	Штучна подряпина 10 Н до полірування	Штучна подряпина 10 Н після полірування	Різниця Н-н, мкм	Продуктивність, Q, мкм/хв
Полірувальна паста K2			32	0,25

продовження таблиці 2

№	Штучна подряпина 10 Н до полірування	Штучна подряпина 10 Н після полірування	Різниця Н-н, мкм	Продуктивність, Q, мкм/хв
	Полірувальна паста 212			
Полірувальна паста 212	 	 	38	0,30

Висновки

Встановлено, що абразивна здатність пасты 212 проявляється після 2000 проходів у порівнянні з пастою K2 і більше на 16-20%. Однак середньоарифметична дефектність після тривалого полірування (20 000 циклів) у пасты 212 перевищено і складає 2-7 мкм/см² у порівнянні з K2. Застосування пасты 212 буде ефективним для дрібних пошкоджень глибиною від 10 мкм до 25 мкм з невеликим зусиллям притискання. Пошкодження глибиною більше 30 мкм видаляються з залишком регулярної дефектності більшої ніж при застосуванні пасты K2. Профіль штучних подряпин у поперечному перетині після полірування пастою 212 має округлі симетричні бокові межі і плавне округлення дна подряпини. Рекоменується не тривале полірування з пастою 212 до 10 хвилин ручного полірування з метою усунення не глибоких пошкоджень.

Абразивна здатність пасты 242 нижче порівняно з зразком K2 у 10-ть раз. За даними інтерференнограм форма профілю подряпин після полірування пастою 242 у поперечному перетині не симетрична, має менший радіус округлення. Рекоменується не тривале полірування з пастою 212 до 10 хвилин ручного полірування з метою усунення не глибоких пошкоджень глибиною до 40 мкм. В якості висновку можна визначити наступне. Застосовано методику випробувань контурного полірування для елементів кузовів автомобілів в рівних умовах для достовірного визначення ефективності абразивних сумішей різних рецептур з використанням автоматизованої «руки», яким є полірувальний маніпулятор замкненої кінематичної структури типу «біглайд» з поворотним столом. Опрацьовано послідовність нанесення і оцінки розмірів та форми рельєфу штучних подряпин, що є основним критерієм визначення абразивної здатності досліджуваних полірувальних сумішей.

Список використаної літератури

1. Дауиотас А.М. и др. Химические средства в помощь автомобилистам / Дауиотас А.М., Жуйкова Г.Д., Воверене О.И. – М.: Транспорт, 1980 с.
2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.: іл.
3. Крамаренко Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей / Г. В. Крамаренко – М.: Транспорт, 1983. – 448 с.
4. Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Инструменты и технологические процессы в прецизионной финишной обработке. В 6 т. [под общей ред. Н.В. Новикова] / [под ред. В.В. Рогова]. – К.: ИСМ НАНУ, 2006. – 608 с.
5. Ю.Д. Філатов, В.І. Сідорко, О.Ю. Філатов, С.В. Ковальов Фізичні засади формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів: Монографія. – Київ : Изд-во «Наукова думка», 2017. – 247 с.

6. Філатов Ю.Д. Моделювання процесів механічної обробки матеріалів: [навч. посіб.] / Ю.Д. Філатов. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 176 с.
7. Поперенко Л.В. Технологія обробки оптичних поверхонь: [навч. посіб.] / Л.В. Поперенко, Ю.Д. Філатов. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2004. – 165 с.
8. Філатов Ю. Д., Сідорко В.І., Ковальов В.А., Юрчишин О.Я. Продуктивність полірування полімерних оптичних матеріалів // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 "Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів", 28-30 травня 2022 р. Луцький національний технічний університет. – С. 207-210.
9. Дмитрієв Д.О. Питайло О.Ю. Випробування абразивних сумішей при поліруванні покриттів автотранспорту із застосуванням мехатронного модулю // X Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів і систем», м. Чернігів, ЧНТУ, 2022. – С. 53-54.
10. Дмитрієв Д.О., Питайло О.Ю., Чурсов С.О. Контурне полірування поверхонь лакофарбових покриттів автотранспорту мехатронними модулями // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів», 28-30 травня 2022 р. Луцький національний технічний університет. – С. 67-70.

References

1. Dauiotas A.M. etc. Chemical means to help motorists/Dauiotas A.M., Zhuykova G.D., Voverene O.I.-M.: Transport, 1980 p.
2. Ludchenko O.A. Technical operation and maintenance of cars: Technology: Textbook. – K.: Vyshcha shk., 2007. – 527 p.: ill.
3. Kramarenko G. V. Technical operation of cars / G. V. Kramarenko – M.: Transport, 1983. – 448 p.
4. Superhard materials. Obtaining and using. Tools and technological processes in precision finishing. In 6 volumes [under general editorship. N.V. Novikova] / [ed. V.V. Rohova]. – K.: ISM of the National Academy of Sciences, 2006. – 608 p.
5. Yu.D. Filatov, V.I. Sidorko, O.Yu. Filatov, S.V. Kovalev Physical principles of forming precision surfaces during mechanical processing of non-metallic materials: Monograph. – Kyiv: Scientific Thought Publishing House, 2017. – 247 p.
6. Filatov Yu.D. Modeling of processes of mechanical processing of materials: [study. manual] / Yu.D. Filatov. – K.: NTUU “KPI”, 2012. – 176 p.
7. Poperenko L.V. Optical surface processing technology: [learning. manual] / L.V. Poperenko, Yu.D. Filatov. – K.: VOC “Kyiv University”, 2004. – 165 p.
8. Filatov Y.D., Sidorko V.I., Kovalev V.A., Yurchyshyn O.Ya. Productivity of polishing of polymer optical materials // Materials of VII International scientific and technical conference on problems of higher education and science TK-2022 “Progressive directions of development of automatic technological complexes”, May 28-30, 2022. Lutsk National Technical University. – P. 207-210.
9. Dmitriev D.O. Pitailo O.Yu. Testing of abrasive mixtures during polishing of vehicle coatings using a mechatronic module // 10th International Scientific and Practical Conference “Comprehensive Quality Assurance of Technological Processes and Systems”, Chernihiv, ChNTU, 2022. – P. 53-54.
10. Dmytriev D.O., Pitailo O.Yu, Chursovs S.O. Contour polishing of the surfaces of motor vehicle paint coatings with mechatronic modules // Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference on Problems of Higher Education and Science TK-2022 “Progressive directions of development of automatic technological complexes”, May 28-30, 2022. Lutsk National Technical University. – P. 67-70.