

О.А. Гавриш, д.т.н., проф.
П.О. Киричок, д.т.н., проф.
А.П. Гавриш, д.т.н., проф.
Національний технічний університет
України «Київський політехнічний інститут»

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ У МАШИНОБУДУВАННІ

Робота присвячена питанням вивчення якості поверхонь деталей при оздоблювально-зміцнювальній обробці. Досліджено вплив технологічних факторів оброблення на миттєві контактні температури, складові сил різання, параметри шорсткості, глибину і степінь наклепу, величину напружень II-го роду і розмір блоків мозаїки при оздоблювально-зміцнювальній обробці робочими елементами.

Устаткування сучасних підприємств характеризується безперервним збільшенням потужностей машин, навантажень і швидкостей переміщень їх виконавчих органів, що потребує значного збільшення надійності роботи та довговічності функціонування їх в процесі експлуатації.

Як правило, причиною руйнування виробів при експлуатації є процеси, що здійснюються на поверхні та у поверхневому шарі: утворення натирів, задирів, зношування, перерозподіл залишкових напруг та їх концентрація, розвиток мікротріщин, вигорання легуючих елементів, знеміцнення тощо.

Для вирішення цих питань необхідне подальше вдосконалення конструкцій машин, раціональний вибір і застосування більш якісних матеріалів, розробка та застосування нових технологічних процесів, особливо тих, що зміцнюють поверхні деталей.

Раціональний вибір сучасних технологічних процесів зміцнення і впровадження їх у виробництво дозволяє значно підвищити параметри якості поверхні та при поверхневих шарів (геометричні параметри – макровідхилення, хвилястість, шорсткість; фізико-механічні – мікротвердість, залишкові напруги, структура), а отже й експлуатаційні властивості (зносостійкість, втомливу міцність, корозійну стійкість, контактну жорсткість, геометричність, міцність з'єднань та ін.).

Як відомо зміцнення металевих поверхонь деталей методами поверхневого пластичного деформування з утворенням регулярних мікрорельєфів отримало широке розповсюдження у машинобудуванні [1].

Зокрема, висока ефективність у виробництві та результати збільшення продуктивності праці у 5-8 разів отримані при застосуванні вібраційних методів обробки, при вібродинамічному накатуванні, накатуванні профільним роликком, вібраційному накатуванні (вібронакатуванні), вигладжуванні алмазом чи іншими надтвердими матеріалами на операціях обкатування та розкатування, формування отворів, дробоструменевого зміцнення та зміцнення карбуванням [1, 2].

Однією з фінішних операцій технологічного процесу виготовлення машин і приладів є нанесення лакофарбових покриттів, що надає готовій продукції привабливого товарного вигляду і відповідає безперервно зростаючим вимогам споживача.

Для підвищення зчеплюємості фарби з основою матеріалу виконують операції по очищенню поверхонь деталей від слідів корозії, бруду, подряпин і прижогів.

Високу якість очищення забезпечують методи термомеханічного очищення (ТМО) виробів дисковими сталевими щітками (ДСЩ), з допомогою яких формується необхідна якість поверхонь (шорсткість, глибина і степінь наклепу, величина і знак залишкових напружень) [3, 4].

Мета і задачі дослідження

Суттю термомеханічної очистки є поєднання у єдине ціле двох одночасно діючих процесів: механічної очистки тонким сталевим ворсом щітки і поверхневої руйнації тонких шарів бруду внаслідок дії мікроелектричних розрядів, які виникають між деталлю і поодиноким сталевим ворсом щітки. Мікроелектричний розряд виникає як результат підключення однієї фази електричного струму до оброблюваної деталі, а другої фази – до інструменту (сталевій щітці) [5]. Поєднання цих двох процесів значно підвищує продуктивність оброблення, що і стало чинником широкого розповсюдження тонкої термомеханічної очистки деталей.

На жаль, незважаючи на достатню розповсюдженість у виробництві процесів поверхневої очисно-зміцнюючої обробки (ПОЗО) з застосуванням ефекту термомеханічного оброблення (ТМО) і наявність значної кількості публікацій у цій галузі [1-10], питання надтонкої ПОЗО з використанням сталевих щіток з діаметром сталевих ворсу 0,01-0,25 мм. вивчено недостатню. У більшості випадків обробка вико-

нувалась з використанням ворсу $\varnothing 0,5-1,2$ мм. Досліджень же якості поверхонь і, зокрема, вивчення особливостей процесу ПОЗО ТМО з надтонким сталевим ворсом ($\varnothing 0,01-0,25$) взагалі немає.

Це приводить на практиці до появи найрізноманітніших технологічних процесів, які, у більшості своїй, є далеко не оптимальними і найчастіше вирішують поточні технічні задачі, що виникають під час виготовлення у виробництві різних за призначенням деталей.

Крім того, в літературі відсутні хоч якісь відомості про очистку деталей з високолегованих сталей 38ХНЗМФА, 42ХЗСМФРУ, 35СХН2М і 3ОН4МФД, які використовуються для виготовлення деталей військової техніки.

Тому дослідження технологічних процесів надтонкого поверхневого очищення деталей з високолегованих сталей є актуальним питанням, що має як наукове, так і практичне значення.

Дослідження у цьому напрямку виконувались згідно Державного замовлення по тематиці поверхневого зміцнення деталей у відповідності з програмами робіт затверджених Постановою Кабінету Міністрів України №1180-0020 від 28.07.2000 р.

Кінцевою метою досліджень є отримання рекомендацій по очищенню деталей ДСЦ з забезпеченням мінімального наклепу.

Результати досліджень

У ряді технічних публікацій детально розглянуто механізм виникнення мікроелектричних розрядів і вплив його на формування шорсткості поверхні і залишкових напружень [10, 12].

Відомо, що мікроелектричні розряди супроводжуються виникненням у зоні поверхневого контакту сталеві щітки з оброблюємою деталлю значних по величині температур [13]. Але якщо у певній мірі висвітлено питання формування шорсткості поверхні, то залишається майже недослідженим питання про зв'язок температурних параметрів оброблення з величиною і знаком залишкових напружень. Зовсім не досліджено процес утворення наклепу, його параметрів і глибини розповсюдження у поверхневому шарі деталі, що оброблюється. Актуальним є також дослідження впливу режимних факторів термомеханічної обробки на параметри наклепу та розробка технологічних рекомендацій для виробництва.

Дослідження миттєвих контактних температур у зоні оброблення виконувалось за допомогою попередньо протарованих розімкнених хромель-алюмелевих термопар у відповідності з методикою, наведеною у роботі [14].

Слід звернути увагу на те, що, згідно сучасним уявленням, сили різання при обробці металів є джерелом виникнення високих температур у зоні різання і залишкових пластичних деформацій у поверхневих шарах виробу. Сили різання залежать від міцністних характеристик металу, що оброблюється, і режимів різання. Причому для виникнення стружки ріжуче лезо, яким і є поодинокий сталевий дріт дискової щітки, втискується у матеріал деталі і на поверхні оброблення утворюються канавки у напрямку руху сталеві щітки.

Згідно різним дослідженням процесу мікрорізання встановлено, що при малих глибинах упродження поодиноким сталевим ворсу відбувається пластичне деформування без зняття стружки – витискування матеріалу по сторонам риски від проходження ворсу; лише при глибині упродження 0,06-0,1 мкм починається процес утворення стружки попереду ріжучого сталевим ворсу. Так як ріжучі сталеві ворси у дисковій щітці знаходяться на значній відстані один від одного і для пружнопластичних матеріалів діаграми розтягу при однакових повторних навантаженнях співпадають з діаграмою розвантаження, то напружений стан металу можливо розглядати як результат силової дії поодиноким ворсу. Наклеп (зміцнення) поверхневого шару є результатом дії нормальної складової сили різання. Тому степінь наклепу приблизно може бути охарактеризована величиною нормальної складової сили різання, що перепадає на поодинокий ворс.

Тоді число ріжучих елементів m на площі контакту дискової щітки з виробом $F = L_k B$ дорівнює:

$$m = Fm' = \frac{L_k B}{l_\phi^2},$$

де B – ширина оброблення, мм; L_k – довжина дуги контакту, мм (для обробки площинних поверхонь - $L_k = D \cdot t$); l_ϕ – фактична відстань між поодинокими ворсами; m' - число ріжучих ворсів, що випадають на одиницю площі дискової щітки; D – діаметр щітки, мм; t - глибина натягу щітки (глибина різання) мм.

Відстань між поодинокими ворсами l_ϕ може бути встановлена експериментально. Вона залежить від конструкції щітки і діаметру ворсу; при $\varnothing 0,10$ мм, відстань - $l_\phi \cong 0,04$ мм, а для $\varnothing 0,05$ мм - $l_\phi \cong 0,03$ мм.

З урахуванням цього були виконані дослідження складових сил різання при обробці площинних поверхонь дисковою сталеву щіткою з застосуванням термомеханічного ефекту. Експериментальні дані наведені у таблиці 1.

Аналіз показує, що зі збільшенням глибини натягу нормальна і тангенційна складові сили різання закономірно зростають. Це може бути пояснено як зростанням навантаження, що перепадає на поодинокий ріжучий ворс, так і збільшенням кількості ворсу у зоні контакту дискової сталеву щітки з виробом.

При термомеханічній обробці з використанням менших діаметрів сталеву ворсу (наприклад, \varnothing 0,05 мм) суттєво знижується величини тангенційної і нормальної складових сил різання. Це пояснюється більшою пружністю тоншого сталеву ворсу і фактичним зменшенням глибини натягу (різання).

Безумовно цікавим є розрахунок навантаження на поодинокий ворс. Було прийнято, що у процесі стужкоутворення приймає участь у середньому 0,1 всіх сталевих ворсів, що знаходяться на периферії щітки, тобто

$$m = \frac{0,1L_k B}{l_\phi^2}$$

Таблиця 1

Потомні сили різання при обробці дисковою щіткою площинної поверхні з діаметром сталеву ворсу \varnothing 0,10 мм, швидкості щітки $V=20$ м/с, повздовжній подачі $S=5$ м/хв, силі струму – 50 А

Глибина натягу t, мм	Оброблюємий матеріал					
	Сталь 38ХНЗМФА			Сталь 42ХЗНЗСМФРУ		
	P_z , Н/см	P_y , Н/см	P_y/P_z	P_y , Н/см	P_z , Н/см	P_y/P_z
0,01	35	65	1,86	25	20	0,8
0,02	65	112	1,86	35	40	1,14
0,05	100	185	1,85	70	80	1,14
0,10	130	240	1,85	90	95	1,06
0,20	195	370	1,90	145	160	1,10

З експериментальних даних (таблиця 2) виходить, що при очищенні навантаження, яке припадає на один ріжучий ворс ($P_{z(3)}$) зростає інтенсивно до глибини $\sim 0,012$ мм.

При подальшому зростанні глибини натягу щітки величина розрахункового навантаження змінюється незначно, тому подальше збільшення сил різання пов'язане, в основному, тільки зі зростанням кількості “ріжучих” ворсин у зоні контакту сталеву щітки з виробом.

Слід підкреслити, що застосування інструментів з меншим діаметром ворсу ($\sim 0,01-0,05$ мм) веде до зменшення степеню залежності питомих навантажень від глибини натягу (різання).

При поверхневій очисно-зміцнюючій обробці поверхонь щітками з діаметром ворсу \varnothing 0,01-0,02 мм значення $P_{z(3)}$ і $P_{y(3)}$ приблизно у 20-25 разів менші, ніж при обробці щітками з діаметром ворсу 0,05-0,10 мм. Таким значним зменшенням нормальної складової сили різання поодиноким ворсом і пояснюється, в основному, зниження степеню зміцнення поверхневого шару.

Для забезпечення мінімального рівня наклепаної зони велике значення має співвідношення процесів зміцнення і відпочинку [15].

Степінь після зміцнення в результаті дії силового поля залежить від температури нагріву і часу теплової дії. Таким чином, підвищення температури у зоні шліфування призначенням відповідних режимів обробки сприяє зменшенню наклепу.

Для встановлення оптимальних режимів термомеханічної поверхневої очистки були проведені численні експерименти по дослідженню миттєвих контактних температур у зоні контакту сталеву щітки з поверхнею оброблення. Дослідження теплових параметрів процесу виконувались згідно методики, наведеної у роботі [14].

Таблиця 2

Розрахункове навантаження на поодинокій ворс при термомеханічному обробленні площинних поверхонь дисковими сталевими щітками

Режими оброблення: швидкість – $V=20$ м/с, діаметр ворсу – $\varnothing 0,10$ мм, повздовжня подача – $S=5$ м/хв, сила стуму – $I=50$ А

Глибина на- тягу T , мм	Довжина дуги контакту L_k , мм	Матеріал, що обробляємо					
		Сталь 38ХНЗМФА			Сталь 42ХЗНЗСМФРУ		
		m	$P_{z(3)}$, Н	$P_{y(3)}$, Н	M	$P_{z(3)}$, Н	$P_{y(3)}$, Н
0,01	0,77	11	3,2	6,0	12	3,5	6,1
0,02	1,10	16	4,0	7,5	18	4,2	7,7
0,03	1,50	24	4,2	7,7	25	4,3	7,8
0,05	1,90	30	4,3	8,0	32	4,5	8,0
0,10	2,50	40	4,8	9,3	43	4,9	9,5

Деякі результати досліджень наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Миттєві контактні температури при оздоблювально-зміцнювальній термомеханічній обробці сталей

Марка Сталі	Глибина різання, мм	Температури °С при швидкості щітки, м/с		
		10	15	25
40Х	0,005	120	150	350
38ХНЗМФА	0,005	145	210	450
42ХЗНЗСМФРУ	0,005	165	235	520

Аналіз наведених у таблиці даних дозволяє зробити вельми важливі для практики висновки: оздоблювально-зміцнювальну обробку поверхонь деталей слід виконувати з найбільш можливою швидкістю, тому що це сприяє зростанню миттєвих контактних температур у зоні обробки, що, в свою чергу, сприяє зниженню зміцнення поверхневих шарів за рахунок явища відпочинку металу [16]. Крім того, покращується шорсткість поверхні внаслідок згладжування гострих вершин мікронерівностей під дією термоелектричних розрядів термомеханічної обробки [17].

Також необхідно звернути увагу на те, що з ускладненням лігатури сталей і, зокрема, з ростом змісту хрому (з 1,2-1,5% у сталі 38ХНЗМФА до 3-3,5% у сталі 42ХЗНЗСМФРУ) і, особливо, появою у складі останньої ванадію і бору, погіршуються параметри оброблюємості металу, побічним підтвердженням чого є значне зростання температур у зоні обробки (до 450-520°C).

Певно це пояснюється ускладненням утворення мікрорізу з поверхні деталі лезом сталевого ворсу щітки, а також погіршенням показників динамічної міцності при швидкостях деформування 10-25 м/с. Як відомо, характер таких змін – вельми суттєвий [18, 19].

Таким чином, поверхнева очисно-зміцнююча обробка деталей супроводжується виникненням у зоні обробки миттєвих контактних температур на рівні 150-450°C при механічній зачистці поверхонь сталевими щітками і 120-520°C – при термомеханічному обробленні. Стабільні результати по якості поверхні забезпечує обробка щітками з мінімальним діаметром ворсу (~ $\varnothing 0,01$ мм). З урахуванням отриманих даних було виконано комплексне дослідження залишкових напружень при обробці високолегованих сталей. Роботи проводились у відповідності з методикою наведеною у роботі [20].

Дослідження показали, що глибина залягання максимальних значень розтягу не перевищує 5-8 мкм.

Це можливо визначити по графіку, наведеному на рис. 1.

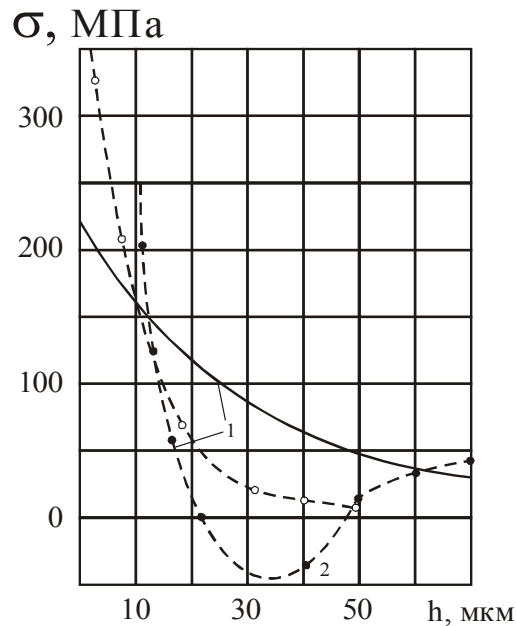


Рис. 1. Розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару сталі 38ХНЗМФА при термомеханічній очисно-зміцнювальній обробці:

- 1 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,10 мм;
- 2 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,05 мм;
- 3 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,010 мм.

При подальшому зменшенні діаметру ворсу (при зберіганні швидкостей обробки у межах 25-30 м/с) значення складової сили різання P_y зменшується, при цьому робота пластичної деформації одиничного сталевого ворсу зменшується і знижується величина залишкових напружень стиску. Застосування оздоблювальних сталевих щіток, у склад яких входять гнучкі робочі елементи, сприяє вирівнюванню значень товщини одиничного зрізу a_2 і також обумовлює зменшення значень максимальних залишкових напружень стиску (~ на 25-30%) і глибини їх залягання у порівнянні з їх значеннями, отриманими при обробці тих же матеріалів щітками з жорсткими робочими елементами.

Розподіл залишкових напружень при термомеханічній очисно-зміцнювальній обробці сталевими дисковими щітками з гнучкими робочими елементами показано на рис.2. Для порівняння наведені залишкові напруження у поверхневому шарі після очистки сталевими щітками з жорсткими робочими елементами і діаметром ворсу ~ 0,10 мм.

Аналіз експериментів показує, що максимальна величина і глибина залягання напружень стиску приблизно рівні їх значенням при термомеханічній очисно-зміцнювальній обробці сталевими щітками з діаметром ворсу ~ 0,10 мм.

Зменшення діаметру сталевих ворсів щіток дещо зменшує глибину залягання залишкових напружень стиску.

Узагальнення експериментів по залишковим напруженням дозволяє зробити висновок, що операція очистки поверхонь деталей є зміцнювальною операцією, а її введення для обробки виробів з різних марок легованих сталей виправдано з точки зору забезпечення необхідних рівней коефіцієнту зчеплення зачищеної поверхні з шаром лакофарбового покриття, що наноситься на оброблену поверхню на фінішних операціях технологічного процесу виготовлення виробів.

Вивчення закономірностей утворення наклепу (з урахуванням висновків отриманих при дослідженні питомих сил різання і миттєвих контактних температур) було виконано згідно методики наведеної у роботі [16]. Дослідження проведені з допомогою металографічного і рентгеноструктурного аналізів, а також методом високочастотного зондування.

Вимірювались ширина лінії рентенограм у перерізах (111) і (311) – $B_{(111)}$ мм і $B_{(311)}$ мм, спотворення II роду $\Delta a/a \cdot 10^4$, розміри блоків мозаїки DA° , мікротвердість Hq кг/мм², степінь наклепу $K = \frac{H_g}{H_{ET}}$ (H_{ET} – мікротвердість відпаленого зразку), а також глибина наклепу h .

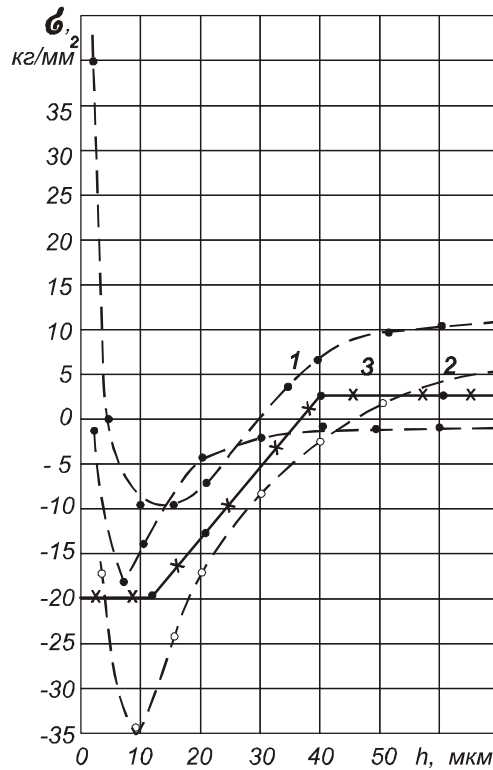


Рис. 2. Розподіл залишкових напружень по глибині поверхневого шару після термомеханічної обробки сталі 38ХНЗМФА:

- 1 – обробка сталевими щітками з жорсткими робочими елементами з діаметром ворсу 0,010 мм;
 2 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,05 мм;
 3 – обробка сталевими щітками з діаметром ворсу 0,10 мм;
 xxx – розрахункові значення.

Деякі експериментальні дані дослідження параметрів наклепу і впливу на них режимних факторів оброблення наведені у таблицях 4-9.

Аналіз таблиць 4-9 показує, що на параметри наклепу суттєво впливає швидкість обертання сталеві щітки. Збільшення швидкості веде до зростання наклепу. Це, безумовно, пояснюється зростанням силової дії на мікроблоки стружки, що зрізаються поодиноким сталевим ворсом, внаслідок збільшення складової сили різання P_z . У той же час збільшення швидкості веде до зростання миттєвих контактних температур у зоні оброблення (табл. 3). Але силова дія, яка веде до утворення наклепу, переважає фактор відпочинку металу від дії теплового джерела. Слід ще раз наголосити на тому, що при обробці одночасно відбувається два тісно пов'язаних один з одним процеси: зміцнення поверхневого шару під дією силового поля і відпочинок внаслідок впливу теплового поля. Результуючі параметри визначають кінцевий результат – остаточні значення наклепу.

Таблиця 4

Залежність параметрів наклепу від швидкості обертання сталеві щітки

Швид- кість щі- тки V, м/с	Параметри наклепу							
	Сталь 38ХНЗМФА				Сталь 42ХНЗСМФРУ			
	Ширина лінії $V_{(311)}$, мм	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Розмір блоків, Д, A°	Мікро- твердість H_q , кг/мм ²	Ширина лінії, $V_{(311)}$, мм	Напружен- ня II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Розмір блоків, Д, A°	Мікро- твердість H_q , кг/мм ²
10	54,9	13,0	1830	170	56,0	13,3	1860	180
15	57,3	13,3	1370	180	61,2	15	1320	190
20	61,1	17	1050	320	65,3	18	910	310
30	68,2	19	600	340	70,4	20	590	350
Еталон	25,0	–	1950	140	28	–	2010	165

Від того, який з факторів на даний момент переважає, залежить як степінь зміцнення поверхні (наклеп), так і глибина його розповсюдження.

Аналіз також показує, що на глибині 15 мкм параметри наклепу практично дорівнюють їх значенням безпосередньо після обробки (табл. 9).

Таблиця 5

Залежність параметрів наклепу від глибини різання (величини натягу сталеві щітки)

Глибина різання, Т, мм	Параметри наклепу					
	Сталь 40Х		Сталь 38ХНЗМФА		Сталь 42ХЗНЗСМФРУ	
	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²
0,05	14,1	155	13,3	150	13,7	175
0,10	15,0	210	16,1	215	17,4	295
0,15	18,5	290	19,1	280	21,1	320
Еталон	–	145	–	140	–	165

Таблиця 6

Залежність параметрів наклепу від повздовжньої подачі щітки

Подача, S, мм/хв	Параметри наклепу					
	Сталь 40Х		Сталь 38ХНЗМФА		Сталь 42ХЗНЗСМФРУ	
	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²
2	13,3	160	13,5	165	14,1	170
5	14,2	165	14,3	170	15,0	180
10	15,7	170	16,1	180	17,4	210
15	18,4	175	19,1	205	20,1	240
Еталон	–	145	–	140	–	165

Таблиця 7

Залежність параметрів наклепу від сили струму при термомеханічному обробленні сталевими щітками

Сила струму, А	Параметри наклепу					
	Сталь 40Х		Сталь 38ХНЗМФА		Сталь 42ХЗНЗСМФРУ	
	Ширина лінії В ₍₃₁₁₎ , мм	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Ширина лінії В ₍₃₁₁₎ , мм	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Ширина лінії В ₍₃₁₁₎ , мм	Мікротвердість Нq, кг/мм ²
50	55,1	155	54,9	170	56,0	180
70	56,2	153	55,1	169	54,7	175
100	57,6	150	58,3	163	54,2	171
Еталон	26	145	25	140	28	165

Таблиця 8

Залежність параметрів наклепу від діаметру ворсу сталеві щітки

Діаметр ворсу, мм	Параметри наклепу								
	Сталь 40Х			Сталь 38ХНЗМФА			Сталь 42ХЗНЗСМФРУ		
	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Ємкість Ср, мкф	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Ємкість Ср, мкф	Напруження II роду $\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	Мікротвердість Нq, кг/мм ²	Ємкість Ср, мкф
0,01	11,7	159	58,0	11,4	165	57,3	12,1	170	58,1
0,05	12,5	170	59,1	12,3	169	59,2	13,8	175	60,3
0,10	16,1	177	61,8	15,0	185	62,1	16,9	191	63,0
Еталон	–	145	–	–	140	–	–	165	–

Таблиця 9

Залежність параметрів наклепу від глибини травлення (обробка з режимами $V=20$ м/с, $S=5$ мм/хв, $t=0,10$ мм, $I=50$ А, діаметр ворсу - $\varnothing 0,10$ мм)

Стравлено, мкм	Параметри наклепу									
	Сталь 38ХНЗМФА					Сталь 42ХЗНЗСМФРУ				
	$V_{(311)}$, мм	Ср, мкф	Hq , кг/мм ²	Д, А°	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$	$V_{(311)}$, мм	Ср, мкф	Hq , кг/мм ²	Д, А°	$\Delta a/a \cdot 10^{-4}$
Після очистки (вихідні дані)	61,1	59,1	180	1050	16,9	65,3	59,2	190	910	18,0
5	60	56,3	165	870	14,5	57,7	58,7	180	830	15,1
10	51,7	53,1	155	650	13,3	47,6	47,6	171	710	14,7
15	18,1	48,0	149	470	10,6	19,0	45,3	167	510	12,1

Слід звернути увагу і на те, що серед режимних факторів обробки (окрім швидкості V) деякий вплив на параметри наклепу мають і інші режимні фактори, а саме, повздовжня подача S , глибина різання t і сила електричного струму I (табл. 4-9). Але вплив цих факторів – менший, ніж швидкість обертання сталеві щітки.

Суттєво впливає на параметри наклепу діаметр сталевих ворсу (табл. 8). Зростання діаметра ворсу обумовлює збільшення абсолютно усіх параметрів наклепу. Це також може бути пояснено збільшенням перерізу елементів мікростружки, що знімаються поодиноким сталевим ворсом дискової щітки і, як наслідок, відповідним зростанням складової сили різання P_z .

Дослідження параметрів шорсткості R_a поверхонь при тонкій ПОЗО ТМО виконувались на зразках зі сталей 38ХНЗМФА, 42ХЗНЗСМФРУ, 35СХН2М, 30Н4МФД, отриманих електрошлаковим переплавом. Деякі основні результати наведені в таблицях 10-12.

Таблиця 10

Залежність шорсткості поверхонь деталей від швидкості обертання комбінованого інструменту

№ п/п	Швидкість руху інструменту v , м/с	Параметри шорсткості R_a , мкм			
		Матеріал			
		38ХНЗМФА	42ХЗНЗСМФРУ	35СХН2М	30Н4МФД
1	10	0,542	0,561	0,535	0,537
2	15	0,613	0,623	0,601	0,612
3	20	0,687	0,693	0,653	0,667
4	25	0,752	0,782	0,724	0,735
5	30	0,811	0,845	0,799	0,786

Швидкість інструменту – 2-10 м/с
Глибина натягу – 0,05-0,10 мм
Сила струму – 50 А
Діаметр сталевих ворсу – 0,05-0,10 мм

Таблиця 11

Залежність шорсткості поверхонь деталей від повздовжньої подачі комбінованого інструменту

№ п/п	Повздовжня по- дача, S , м/хв	Параметри шорсткості R_a , мкм			
		Матеріал			
		38ХНЗМФА	42ХЗНЗСМФРУ	35СХН2М	30Н4МФД
1	2	0,545	0,565	0,540	0,547
2	5	0,610	0,625	0,631	0,645
3	10	0,710	0,730	0,740	0,753

Швидкість інструменту – 10 м/с
Глибина натягу – 0,05-0,10 мм
Сила струму – 50 А
Діаметр сталевих ворсу – 0,05-0,10 мм

Залежність шорсткості поверхонь деталей від швидкості обертання
комбінованого інструменту

№ п/п	Діаметр ворсу, Ø, мм	Параметри шорсткості R_a , мкм			
		Матеріал			
		38ХНЗМФА	42ХЗНЗСМФРУ	35СХН2М	30Н4МФД
1	0,01	0,545	0,562	0,575	0,580
2	0,03	0,587	0,595	0,610	0,625
3	0,05	0,620	0,640	0,680	0,690
4	0,10	0,680	0,715	0,790	0,810
5	0,25	0,910	0,930	0,945	0,950

Швидкість інструменту – 15 м/с

Повздовжня подача – 2 м/хв

Сила струму – 50 А

Глибина натягу – 0,07 мм

Аналіз наведених даних показує, що при ТМО параметр шорсткості R_a залежить від режимних факторів оброблення. Для всіх марок високолегованих сталей показник R_a суттєво зростає з підвищенням швидкості обертання сталевих щіток v , повздовжній подачі S , глибини натягу (різання) t , сили струму I та діаметру сталевго ворсу щітки. Найбільший вплив на параметр R_a має швидкість різання v та діаметр сталевго ворсу щітки.

Це пояснюється зростанням перерізу a_z мікростружки, що знімається з поверхні оброблення поодиноким ворсом, а також зростанням у зоні різання миттєвих контактних температур внаслідок збільшення впливу мікроелектричних розрядів, які утворюються на кінцях сталевго ворсу інструменту.

Звертає увагу на себе та обставина, що з появою у складі лігатур сплавів ванадію у всіх випадках відмічено деяке зниження параметру шорсткості поверхні оброблення R_a . Це може бути пояснено тільки тим, що ці сплави мають дещо кращі показники оброблюємості методами механічної обробки різанням, що відповідно покращує умови стружкоутворення, сприяє зменшенню питомих сил різання у зоні контакту сталевго ворсу з деталлю, що забезпечує, так би мовити, більш плавну і легку обробку поверхні.

Висновки

1. Обробку деталей необхідно виконувати з режимами, які забезпечують виникнення мінімальних параметрів наклепу, шорсткості поверхні і залишкових напружень у поверхневих шарах деталей, а саме – швидкості обертання сталевго щітки v у межах 10-25 м/с, повздовжній подачі – 2-10 м/хв, глибини різання – 0,05-0,10 мм, силі струму – 50 А, діаметрі сталевго ворсу - Ø 0,05-0,10 мм.

2. Виконання отриманих рекомендацій по режимам очищення деталей гарантує задану якість поверхні оброблення і, що особливо важливо, глибина наклепу не перевищує 10-15 мкм.

3. Запропоновані методи поверхневої очисно-зміцнювальної обробки впроваджені у виробництво, забезпечивши підвищення продуктивності праці у 5-8 разів.

Література

1. Гавриш А.П., Киричок П.О., Підберезний М.П. Зміцнення металевих поверхонь деталей машин та механізмів. Київ, Наукова думка, 1995, 176 с.

2. Афтаназів І.С., Киричок П.О., Мельничук П.П., Гавриш А.П. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням. Житомир, вид. Житом, інж.-технол. ін-ту, 2001. 51с.

3. Гавриш О.А. Поверхнева очисно-зміцнююча обробка деталей. Зб.: "Вестник национального технического университета Украины "Киевский политехнический институт" (Машиностроение), № 43, 2002, с. 97-102.

4. Гавриш О.А., Комнацький О.Л., Киричок П.О. Нові конструкції інструменту для поверхневої оздоблювально-зміцнюючої обробки деталей у машинобудуванні: Зб.: "Мир техники и технологий", вид. Промінь, м. Харків, № 1, 2003, с. 56-58.

5. Гавриш О.А. Теоретичні основи процесу термомеханічного оброблення інструментами з гнучкими робочими елементами. Зб.: "Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту", Житомир, №23, 2002, с. 79-87.

6. *Пуховский Е.С., Гавриш А.П., Грищенко Е.Ю.* Обработка высокопрочных материалов. Київ, Техніка, 1983,134 с.
7. *Киричок П.О.* Зміцнюючи-оздоблювальна обробка у машинобудуванні. Київ вид. „Знання”, 1990,46с.
8. *Одинцов Л.Г.* Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник, М., Машиностроение, 1987,328 с.
9. *Папшев Д.Д.* Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. Справочник, М., Машиностроение, 1978,152 с.
10. *Куліченко А.Я.* Термомеханічна поверхнева очисно-зміцнююча обробка металу. Львів, вид. „Кобзар”, 1997,216 с.
11. *Броун М.Я., Погодин Г. И.* Термическая теория электросварочной дуги. М., Машгиз, 1951,124с.
12. *Головин Г.Ф.* Остаточные напряжения, прочность и деформация при поверхностной закалке токами высокой частоты. Ленинград, Машиностроение, 1973, 144с.
13. *Лесков Г.И.* Электрическая сварочная дуга. М., Машиностроение, 1970,335 с.
14. *Киричок П.А., Гавриш О.А., Гавриш А.П.* Экспериментальное исследование тепловых явлений при очистно-упрочняющей обработке поверхностей деталей. 36.: „Мир техники и технологи”, „Промінь”, Харків, №5, 2003, 56-58 с.
15. *Гавриш А.П., Солдатенко Л.А.* Наклеп поверхностного слоя при шлифовании магнитомягких материалов кругами из кубонита. 36.: "Высокие технологии в машиностроении" (Труды Харьковского государственного политехнического института), м. Харків, 1998, с. 69-70.
16. *Гавриш А.П., Киричок П.О., Гавриш О.А.* Дослідження параметрів наклепу поверхневих шарів деталей при очисно-зміцнюючій обробці сталевими щітками. 36.: "Резание и инструмент в технологических системах", вид. Харків, національн. технічн. університету, Харків, №1,2003, с. 99-107.
17. *Гавриш О.А.* Експериментальне дослідження впливу технологічних параметрів процесу на шорсткість поверхні при термомеханічному обробленні сталевими щітками. "Прогрессивные технологии и системы машиностроения" (Сборн. научн. труд. Донецк. национ- технич. ун-та), вып. 1,2003, с. 42-50.
18. *Соколов Л.Д.* Влияние скорости на сопротивление металлов пластической деформации. "Журнал техн. физики", №16, вып. 4,1946, с. 32-42.
19. *Соколов Л.Д.* Исследование зависимости сопротивления пластическому деформированию металлов и аморфных тел от скорости деформации и температуры опыта. "Журнал технич. физики", №17, вып. 5,1947, с. 23-32.
20. *Гавриш О.А.* Остаточные напряжения очистно-упрочняющей обработки в поверхностных слоях деталей. 36.: "Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала", изд. Укр. информ. центра, Киев, 2003, 54-58.

ГАВРИШ Олег Анатолійович – доктор технічних наук, ст. науковий співробітник, заступник декана факультету менеджменту та маркетингу Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

- фінішні процеси обробки деталей у машинобудуванні.

Україна, Київ-056, проспект Перемоги, 37, тел. 241-77-06 (сл.).

КИРИЧОК Петро Олексійович – доктор технічних наук, професор, декан поліграфічного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

- оздоблювально-зміцнююча обробка матеріалів.

Україна, Київ-056, проспект Перемоги, 37, тел. 241-86-61 (сл.).

ГАВРИШ Анатолій Павлович – доктор технічних наук, професор кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:

- алмазно-абразивна обробка високолегованих важкооброблюємих матеріалів і автоматизація машинобудівного виробництва.

Україна, Київ-056, проспект Перемоги, 37, тел. 241-96-57 (сл.).

Подано 10.03.2005

О.А. Гавриш, П.А. Киричок, А.П. Гавриш. Инновационные технологии отделочно-упрочняющей обработки в машиностроении.

Рассмотрены вопросы обеспечения качества поверхности материалов стальными щетками с гибкими рабочими элементами в процессах обработки и назначения рациональных режимов резания, характеристик инструмента и технологических факторов.

O.A. Gavrish, P.A. Kiricshok, A.P. Gavrish. The innovation technology thermal mechanical treatment in the machinebuilding.

The work is devoted questions of the increase quality surface layer materials by steel brushes by flexible business elements in processing of expense of rational choice cutting regime, characteristics tool and technology factors.