

Е.К. ПОСВЯТЕНКО, д-р техн. наук,
Н.І. ПОСВЯТЕНКО, канд. техн. наук, Київ, Україна

ДО СТАНОВЛЕННЯ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЯК ПРІОРИТЕТНОГО НАПРЯМКУ МАШИНОБУДУВАННЯ

Проаналізовано в історичному аспекті розвиток основних складових методів інженерії поверхні: техніки, технології, інструменту, матеріалів. Розкрито механізм дії фізико-механічних та геометричних характеристик поверхні на службові властивості деталей машин.

Проанализировано в историческом аспекте развитие основных составляющих методов инженерии поверхностей: техники, технологии, инструмента, материалов. Раскрыт механизм действия физико-механических и геометрических характеристик поверхности на служебные свойства деталей машин.

*E.K. POSVJATENKO, N.I. POSVJATENKO
TO BECOMING ENGINEERING OF A MACHINES DETAILS SURFACE AS PRIORITY
DIRECTION OF MECHANICAL ENGINEERING*

Development of basic making methods of surfaces engineering is analysed in a historical aspect: technique, technology, instruments, materials. The mechanism of action of physico-mechanical and geometrical descriptions of surface is exposed on official properties of the details machines.

Як відзначається у роботі [1] у сучасному машинобудуванні в останні десятиліття склався пріоритетний напрямок – поверхневе зміцнення і нанесення зміцнюючих захисних покриттів, який отримав загальну назву «інженерія поверхні» (surface engeniring). Починаючи з 90-х років минулого століття Північна Америка, Японія і Західна Європа вкладають в цей напрямок щорічно порядку 50–100 млрд. дол. США. Застосування поверхневих зміцнюючих технологій дозволяє підвищити довговічність деталей машин у 2–100 раз. При цьому знижуються витрати палива і забезпечується можливість інтенсифікації багатьох виробничих процесів.

Згідно з уявленнями авторів фундаментальної праці [2], що узагальнює їх дослідження останніх десятиліть в галузі інженерії поверхні деталей машин (ІІІ), методи обробки або створення поверхневих шарів останніх поділяються за способом виконання на механічні, термомеханічні, термічні, хіміко-термічні, електрохімічні та хімічні, фізичні. В межах цієї класи-

фікації основними методами, що знайшли на сьогодні широке застосування, є: газотермічне напилення, вакуумне осадження, наплавлення, модифікування поверхні концентрованими потоками енергії, електроіскрове легування, деформаційне зміцнення, гальванічні процеси, хімічне осадження та дифузійне насичення.

У наших публікаціях [3, 7–9] також показано, що кількості відомих на сьогодні методів ІІІ деталей машин доцільно розділити на чотири класи: нанесення покриттів, модифікування поверхневого шару, технологічне забезпечення фізико-механічних властивостей і топографії поверхні та комбіновані («гібридні») методи. Дослідження показали, що набуття потрібних службових характеристик поверхнею деталі (зносостійкості, теплостійкості, корозійної стійкості, опору окисленню, втомної міцності, контактної жорсткості, опору адгезії, антифрикційних або фрикційних властивостей, герметичності з'єднань, ущільнення пар тертя, утримання мастила, а також декоративно-художніх, екологічних, електроізоляційних, теплоізоляційних, різальних та інших корисних властивостей) відбувається через низку геометричних та фізико-механічних характеристик поверхні. До останніх, зокрема, належать точність, шорсткість, твердість, мікротвердість, опорна площа, пористість, залишкові напруження, мікроструктура, мікрорельєф, макрорельєф, адгезія, текстура, міцність зчеплення з основою тощо.

Слід відзначити що, хоча вказаної систематизації, бурхливого розвитку і застосування у промисловості методи ІІІ набули лише в кінці минулого століття, ключові технічні та технологічні засади цього потужного науково-технічного напрямку були створені раніше, головним чином, починаючи з ІХ–ХІ століття н.е., особливо з другої половини ХVІІІ – до середини ХХ століття. Розглянемо деякі з них.

На зламі цих століть (1794–1800 рр.) Генрі Модслі завершив побудову токарно-гвинторізного верстату з механічним супортом, за допомогою якого пов'язувався головний рух з двокоординатною подачею інструмента. Це технічне рішення розмежувало періоди ручної та машинної праці і стало основою для створення інших металорізальних верстатів і машин для нанесення покриттів.

У 1802 р. професор фізики із Санкт-Петербурга Василь Петров відкрив дуговий розряд, чим фактично започаткував еру електричного зварювання, відзначивши у своїх публікаціях у 1803 р., що дуговий розряд плавить метал. У 1882 р. М.М. Бенардосу вдалося вирішити майже усі технічні проблеми дугового зварювання. Таким чином, В.В. Петров, М.М. Бенардос та М.Г. Слав'янов, який уперше застосував плавкий елект-

род, створили науково-технічне підґрунтя електродугового зварювання плавленням, що пізніше стало основою нанесення покриттів наплавленням та напиленням електродуговою металізацією і за допомогою плазмових технологій.

У період з 50-х років XVIII ст. по 70-ті роки XIX ст. було уперше отримано у вільному стані ряд хімічних елементів, які пізніше стали використовуватись у різних методах ІІ як легуючі, розкислюючі, карбідоутворюючі тощо. Це: нікель, марганець, молібден, вольфрам, магній, кальцій барій, цирконій, алюміній, титан, берилій, ванадій.

У 1868 р. Д.К. Чернов відкрив фазові перетворення у сталі при її нагріванні і критичні точки (температури) поліморфних перетворень, що визначають структуру і властивості сталі, як основи металознавства, термічної та хіміко-термічної обробки.

У 1834–1837 рр. Б.С. Якобі уперше застосував у промисловості електрику як рушійну силу, сконструювавши перший двигун постійного струму, і розробив основи гальванопластики. Ці технічні рішення, а також винаходи І.Ф. Усагіна (трансформатор змінного струму, 1870 р.), М. Тесли (система двофазного струму: генератор, трансформатор, двигун, 1885 р.) і М.О. Доліво-Добровольського (трифазний генератор і трифазний трансформатор, 1888–1889 рр.) стали основою джерел живлення при електрозварюванні і напиленні, а також технологій отримання гальванічних покриттів.

У 1898–1900 рр. Ф. Тейлор та Уайт (США) винайшли склад та спосіб термічної обробки швидкорізальної сталі з оптимальним вмістом легуючих елементів: вольфрам – 18%; хром – 5,5%; ванадій – 0,3% при вмісті вуглецю 0,67%. Червоністькість цієї сталі перевищує 500 °С, що робить її унікальним матеріалом для теплостійких покриттів та інструментів.

У 1836 р. було вперше отримано ацетилен, спалювання якого у кисні утворює полум'я з температурою 3150 °С, досягти якої при використанні інших горючих не вдається. Тому на сьогодні цей газ разом з киснем широко застосовується в методах ІІ. У 1900–1905 рр. Муассан (Франція) та Вільсон (США) запропонували простий і ефективний спосіб отримання сировини для виробництва ацетилену – карбід кальцію з вапняку, що є основним і тепер.

В таблиці подано періодизацію окремих важливих технічних рішень та винаходів, що стали основою способів ІІ деталей машин. Таблицю складено на основі публікацій [1–9].

Таблиця – Окремі важливі технічні рішення та винаходи

№ п/п	Нове технічне або технологічне рішення в галузі ІП, установка, інструмент, матеріал для реалізації способів ІП	Дата оприлюднення або початок застосування	Автор, держава
1	2	3	4
1.	Цементация поверхневого шару виробів з кричної сталі у твердому карбюризаторі	ІХ–Х ст. н.е.	Ремісничі цехи у містах Київської Русі
2.	Виготовлення порошків шляхом розпоршення рідкого металу стиснутим повітрям за допомогою міхів	Х–ХІ ст.н.е.	Ремісничі цехи у містах Київської Русі
3.	Зміцнення маловуглецевої сталі (криці) наклепом (холодною пластичною деформацією)	Х ст. н.е.	Ремісничі цехи у містах Київської Русі
4.	Синтез високовуглецевої (С 1–1,5 %) сталі з вихідних матеріалів – маловуглецева (крична) сталь і сірий чавун	1727 р.	Реомюр, Франція
5.	Отримання у вільному стані низки хімічних елементів (легуючих, шлакоутворюючих, розкислюючих, карбідо- і нітридоутворюючих тощо): Ni, Mn, Mo, W, Mg, Ca, Ba, Ti, Al, Zr, Be, V	50-ті рр. ХVІІІ ст. – 70-ті рр. ХІХ ст.	Промислово розвинуті держави
6.	Побудова першого токарно-гвинторізного верстату з механічним супортом	1794–1800 рр.	Генрі Модслі, Англія
7.	Відкриття електричної дуги	1802 р.	В.В. Петров, Росія
8.	Розробка основ гальванопластики та двигуна постійного струму	1834–1837 рр.	Б.С. Якобі, Росія
9.	Синтез ацетилену з температурою спалювання в кисні 3150°C	1836 р.	Англія, Франція
10.	Відкриття фазових перетворень у сталі при її нагріванні та критичних точок поліморфних перетворень	1868 р.	Д.К. Чернов, Росія
11.	Винайдення трансформатора змінного струму	1870 р.	І.Ф. Усагін, Росія
12.	Перше застосування дугового розряду для електрозварювання металів: розробка способу зварювання з вугільним неплавким електродом	1882 р.	М.М.Бенардос, Росія
13.	Розробка способу дугового зварювання металевим плавким електродом	1888 р.	М.Г. Славянов, Росія
14.	Розробка трифазного генератора і трифазного трансформатора	1888 –1889 рр.	М.О. Доліво-Добровольський, Росія

	2	3	4
15.	Перше застосування флюсу (подрібненого скла) для захисту зварювальної ванни	1890 р.	М.Г. Славянов, Росія
16.	Винайдення складу та способу термічної обробки швидкорізальної сталі	1898–1900 рр.	Ф. Тейлор, Уайт, США
17.	Зародження газової техніки напилення порошків за допомогою тепла спалюваних горючих газів та транспортування нагрітих порошків стиснутим повітрям	Рубіж XIX–XX ст.	Промислово розвинуті держави
18.	Розробка способу отримання сировини для виробництва ацетилену – карбіду кальцію	1900–1905 рр.	Муассан, Франція; Вільсон, США
19.	Розробка першого апарату для напилення, що поєднував порошковий живильник з пристроєм для нагнітання повітря	1902 р.	С. Терстон, США
20.	Створення першої промислової тигельної установки для напилення порошків	1909 р.	Макс Ульріх Шооп, Швейцарія
21.	Створення першого дводротового електричного апарату для дугової металізації розпиленням	1917 р.	Макс Ульріх Шооп, Швейцарія
22.	Створення металокерамічних твердих сплавів на основі карбіду вольфраму (наповнювач) та кобальту (зв'язка)	1927 р.	Карл Шрьотер, Німеччина
23.	Започаткування використання техніки та технології напилення для відновлення спрацьованих деталей машин	Рубіж 20-х – 30-х рр. XX ст.	Промислово розвинуті держави
24.	Системне застосування джерел змінного струму для наплавки	Початок 30-х рр. XXст.	СРСР
25.	Застосування електротехніки (дуги та струмів високої частоти) як енергетичної бази для процесів газотермічного напилення	Кінець 30-х рр. XX ст.	СРСР, інші промислово розвинуті держави
26.	Перше застосування газотермічного напилення порошків для відновлення та зміцнення деталей машин	1936 р.	Німеччина

Слід відзначити, що у даній роботі охоплено лише окремі технічні та технологічні рішення, що стали основою методів ІІІ. Тому подальше вивчення інших технічних рішень в даному напрямку вимагає окремого дослідження.

Список використаних джерел: 1. Харламов Ю.А., Будагьянц Н.А. Физика, химия и механика поверхности твёрдого тела. – Луганськ: вид-во СУДУ, 2000. – 624 с.
2. Інженерія поверхні: Підручник / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М.

Корж. – К.: Наук. думка, 2007. – 559 с. **3.** *Посвятенко Е.К., Посвятенко Н.І.* Становлення техніки та технології методів інженерії поверхні деталей машин на початок ХХ століття // Інженерія поверхності і реновація izdelij: Матер. 11-й междунар. науч.-техн. конф., 23-27 мая 2011 г., г. Ялта. – К.: АТМ України, 2011. – С.167–168. **4.** Теорія і практика нанесення захисних покриттів / *П.А. Витязь, В.С. Ивашко, А.Ф. Ільющенко і др.* – Мн.: Беларуская навука, 1998. – 583 с. **5.** *Полонський Л.Г.* Техніка напилення газотермічних покриттів (машинна стадія розвитку, XVI–XX ст). – Житомир: ЖДТУ, 2004. – 266 с. **6.** *Тверитникова О.Є.* Зародження і розвиток науково-технічної школи електротехніки професора П.П. Копняєва (1885–1950 рр.): Монографія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. – 212 с. **7.** *Посвятенко Э.К.* Гибридные процессы инженерии поверхности деталей машин // Інженерія поверхності і реновація izdelij: Матеріали 8-й междунар. науч.-техн. конф., 27–29 мая 2008 г., г.Ялта. – К.: АТМ України, 2008. – С.195–198. **8.** Посвятенко Н.І. Формування взаємовпливу складових технологічної системи в обробці матеріалів різанням у XVIII–XXI сторіччях // Вестник Национального технического университета "ХПИ". – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2008. – № 34. – С. 78–91. **9.** Посвятенко Е.К., Посвятенко Н.І. Роль технологічної системи в основному та ремонтному виробництві деталей транспортних засобів // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах. – К.: НТУ, 2008. – Вип.17. – Ч.1. – С.22–29.

Bibliography (transliterated): 1. Harlamov Ju.A., Budag'janc N.A. Fizika, himija i mehanika poverhnosti tvjordogo tela. – Lugans'k: vid-vo SUDU, 2000. – 624 s. 2. Inzhenerija poverhni: Pidruchnik / K.A. Juwenko, Ju.S. Borisov, V.D. Kuznecov, V.M. Korzh. – K.: Nauk. dumka, 2007. – 559 s. 3. Posvjatenko E.K., Posvjatenko N.I. Stanovlen-nja tehniki ta tehnologii metodiv inzhenerii poverhni detalej mashin na pochatok HH stolittja // Inzhenerija poverhnosti i renovacija izdelij: Mater. 11-j mezhdunar. nauch.-tehne. konf., 23-27 maja 2011 g., g. Jalta. – K.: ATM Ukrainy, 2011. – S.167–168. 4. Teo-rija i praktika nanesenija zawitnyh pokrytij / P.A. Vitjaz', V.S. Ivashko, A.F. Il'ju-wenko i dr. – Mn.: Belaruskaja navuka, 1998. – 583 s. 5. Polons'kij L.G. Tehnika napi-lennja gazotermichnih pokrittiv (mashinna stadija roz-vitku, XVI–XX st). – Zhitomir: ZhDTU, 2004. – 266 s. 6. Tveritnikova O.Є. Zarodzhennja i rozvitok naukovo-tehnichnoї shkoli elektrotehniki profesora P.P. Kopnjaeva (1885–1950 rr.): Monografija. – H.: NTU «HPI», 2010. – 212 s. 7. Posvjatenko Je.K. Gibridnye processy inzhenerii po-verhnosti detalej mashin // Inzhenerija poverhnosti i renovacija izdelij: Materialy 8-j mezhdunar. nauch.-tehn. konf., 27–29 maja 2008 g., g.Jalta. – K.: ATM Ukrainy, 2008. – S.195–198. 8. Posvjatenko N.I. Formuvannja взаємовпливу складових технологічної системи в обробці матеріалів різанням у XVIII–XXI storichchjah // Vestnik Nacional'nogo tehni-cheskogo universiteta "HPI". – Har'kov: NTU "HPI". – 2008. – № 34. – S. 78–91. 9. Posvja-tenko E.K., Posvjatenko N.I. Rol' tehnologichnoї sistemi v osnovnomu ta re-montnomu virobniцtvi detalej transportnih zasobiv // Visnik Nacional'nogo trans-portnogo universitetu: V 2-h chastinah. – K.: NTU, 2008. – Vip.17. – Ch.1. – S.22–29.