

УДК 004.9; 514.2

ВИЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ SOLIDWORKS ф. DELCAM plc

Вершков О. О.¹, к.т.н.,

e-mail: oleksandr.vershkov@tsatu.edu.ua

Леженкін О. М.¹, д.т.н.,

e-mail: oleksandr.lezhenkin@tsatu.edu.ua

Мацулевич Ю. О.¹, студентка,

e-mail: aaeemmaattss@gmail.com

¹*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Актуальність досліджень.

Сучасні технологічні процеси виготовлення деталей, які розробляються для нових високопродуктивних багатокоординатних металорізальних верстатів, в даний час вже розглядаються в розрізі стратегії їх обробки. Її суть зводиться до сталості знімання обсягу стружки в одиницю часу або постійної потужності різання. У приводах цих верстатів використовують електричне або електронне регулювання режимів роботи. При цьому постійно змінюються швидкості різання і величини подач впливатимуть на шорсткість оброблюваної поверхні. До такого обладнання, наприклад, можна віднести 5-ти координатний обробний центр (ОЦ) з ЧПУ відомої фірми С.В. Ferrari серії D. Електрошпинделі верстата можуть працювати в плавно змінюваному діапазоні 16-20 тис. об / хв. Межі частот шпинделя, що широко використовуються в багатоцільовому верстаті з ЧПУ IP-500MФ4 - 21,0- 3000 об / хв. Універсальний 5-ти осьовий вертикальний ОЦ ф. «Okuma» (Японія) може застосовуватися при швидкостях шпинделя від 8 до 35 тис. Об / хв. Вертикальні ОЦ MCV 750 RAPID і MCV 1270 RAPID «KOVOSVIT DS» (Чехія) можуть працювати при частотах обертання шпинделя до 24 тис. Об / хв.

У зв'язку з цим особливо важливо не тільки встановити ступінь впливу кожного з факторів на шорсткість оброблюваної поверхні, але і дати їй кількісну оцінку. Актуальним стає питання експрес-аналізу якості обробленої поверхні, зокрема, її шорсткості.

Аналіз досліджень і публікацій.

Відомо, що на якість оброблюваної поверхні впливають геометричні параметри ріжучої кромки інструменту, режими різання, опрацьований матеріал, технічний стан металорізального верстата та ін. Опубліковані результати досліджень впливу кожного із зазначених чинників. Особливе місце серед цих робіт займають дослідження впливу режимів різання на шорсткість оброблюваної поверхні. Встановлено, що вплив подачі і швидкості різання на шорсткість поверхні значно. За даними науково-технічної літератури встановлено, що в цих роботах не враховували залежність шорсткості оброблюваної поверхні від кожного фактора при зміні інших факторів. В роботі, присвяченій віртуальній комплексній оцінці параметрів шорсткості обробленої поверхні, не показано, як співвідносяться ці показники з реально вимірюваними величинами. Немає порівняльних даних результатів вимірювань шорсткості різними методами, пристроями і приладами.

Дослідження, виконані в Криворізькому технічному університеті, дозволили авторам експериментально отримати математичні моделі, які описують вплив режимів різання на шорсткість обробленої поверхні, дати його кількісну і якісну характеристику. При цьому встановлено ступінь впливу кожного з факторів і при їх взаємодії. Дано рекомендації по найбільш достовірним методам оцінки

шорсткості поверхні. У зазначеній роботі також не досліджені і не дано рекомендації щодо застосування експрес - методів оцінки шорсткості обробленої поверхні. Чи не розглянута можливість контролю шорсткості безпосередньо на верстаті без зняття деталі.

Постановка проблеми. Результати досліджень, викладені в цій статті, є продовженням роботи і мають на меті - визначення раціонального засобу швидкої та достовірної оцінки шорсткості обробленої поверхні з можливістю її контролю безпосередньо на металообробному верстаті без зняття деталі і, тому, є своєчасними і актуальними.

Основні матеріали дослідження.

Обробку експериментальних зразків із Сталі 40Х ГОСТ 4543-71 діаметром 30 мм (рис. 1) проводили згідно з планом експерименту на токарному верстаті з ЧПУ мод. NEF 400 фірми GILDEMEISTER (Німеччина) в умовах ЗАТ «Укренергоремонт». Геометричні параметри різця: головний кут в плані $\phi=45^\circ$, допоміжний кут в плані $\phi/=45^\circ$, радіус заокруглення різальної кромки $r=0,5$ мм.

Таблиця 1 - Таблиця рівнів факторів

Рівні факторів	Фактори		
	x_1	x_2	x_3
	$n, \text{ об/хв } (V, \text{ м/хв})$	$S, \text{ мм/хв}$	$t, \text{ мм}$
Основний X_i^0	800 (75)	150	2,2
Крок варіювання h_i	200 (19)	50	1,0
Верхній рівень X_i^e	1000 (94)	200	3,2
Нижній рівень X_i^H	600 (56)	100	1,2
«Зіркова» точка $+\lambda$ (1,682)	1136 (106,9)	234	3,882
«Зіркова» точка $-\lambda$ (-1,682)	464 (43)	66	0,518

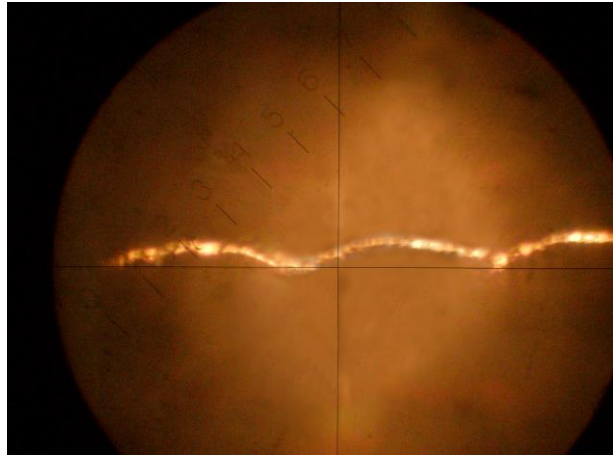


Рис. 1. Експериментальні зразки, оброблені на верстаті мод. NEF 400

Після обробки заготовок на верстаті проводили вимірювання шорсткості обробленої поверхні на подвійному мікроскопі МИС-11 (рис. 2), профілометри мод. 283 (рис. 3) з уніфікованою електронною системою типу А, група ІІ, ГОСТ 19300-73 і на 3D фрезерно-гравірувальному апараті MDX-20.



а



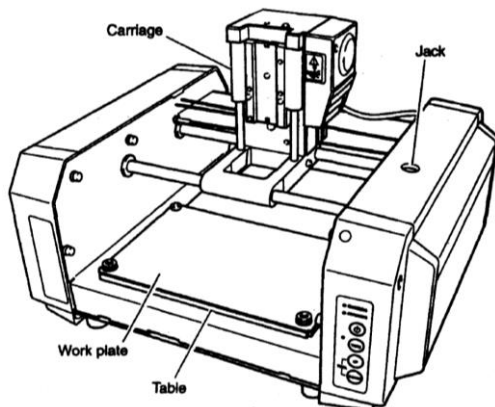
б

а – установка зразків на мікроскопі;
б – спостереження в окулярі

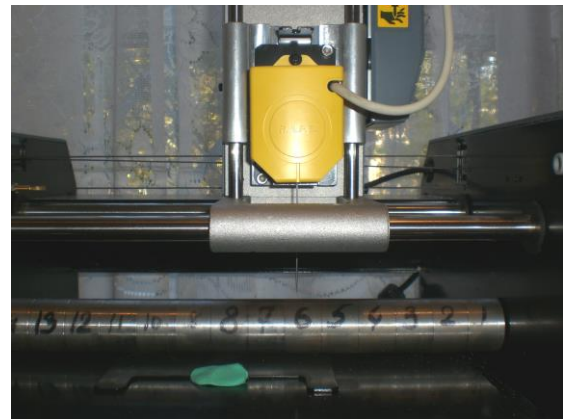
Рис. 2. Вимірювання шорсткості на мікроскопі МІС-11:

Діапазон вимірювання профілометра - 0,02 ... 10 мкм, що допускається межа систематичної складової - 10%, межа допуску середнього квадратичного відхилення випадкової складової - 2, довжина траси обмацування при вимірюванні - 1,5 і 4,8 мм, радіус кривизни вершини щупа - 6 мкм, швидкість трасування датчика - 0,25 і 0,8 мм / с, значення відсічення кроку - 0,25 і 0,8 мм.

В основу методики досліджень параметрів шорсткості з використанням програмного забезпечення СОРУСАД ф. Delcam plc покладено використання технологічних можливостей 3D фрезерно-гравірувального апарату MDX-20 виробництва ROLAND DG (Японія) (рис.3)



а



б

а – схематичне зображення верстата;
б – вимір шорсткості обробленої поверхні

Рис. 3. 3D фрезерно-гравірувальний верстат MDX-20:

Пакет Roland програмного забезпечення CD-ROM містить різні види програм, які можна встановити на верстаті MDX-20:

Драйвер Windows, що необхідно при посилці даних до MODELA з програми Windows. Програми MODELA версії Windows MODELA Player, MODELA 3D DESIGN, MODELA 3D TEXT, які не можуть бути встановлені окремо. MODELA Player встановлює необхідні параметри для різання просторових об'єктів і посилає дані різання до MODELA, MODELA 3D DESIGN дозволяє вибрати форму таку як циліндр або куля і видозмінювати її для створення тривимірного об'єкту. За рахунок цього можна створити просторовий об'єкт, використовуючи криві. Можна використовувати MODELA для різання просторових об'єктів і збереження тривимірних даних в файлах DXF. MODELA 3D TEXT дозволяє додавати товщину тексту для освіти тривимірних символів. Також можливе редагування тексту для створення повного, похилого або курсивного шрифту.

Virtual MODELA моделює рух інструменту перед здійсненням різки з MODELA. Цей драйвер можна використовувати для перевірки кінцевої форми обробленої поверхні, так само як і для перевірки глибини різання і визначення часу різання.

Dr. Engrave використовується для проектування табличок і передачі даних гравіювання до MODELA. 3D Engrave додає товщину до двомірної графіку для створення рельєфу. За рахунок цього можна додати товщину для виразності зображення. Dr. PICZA сканує форму просторового об'єкта з MODELA і створює тривимірні дані.

Порядок виконання досліджень

1. Визначали і встановлювали параметри зони сканування. Ці параметри визначали виходячи з технічних можливостей верстата і його програмного забезпечення. Для круглих і циліндрових деталей враховували відсутність ковзання скануючої голки під час її торкання поверхні сканування.

2. Виробляли безпосереднє сканування обробленої поверхні і фіксували скановану поверхню на екрані монітора.

3. Імпортували відскановане зображення в програмне забезпечення «Компас 3D», проектували зображення сканованою поверхні на нормальну площину і отримували 2D зображення. Вимірювали висоту мікронерівностей за допомогою програмного забезпечення «Компас 2D».

4. Визначали чисельні значення розрахункового коефіцієнта в обраних точках матриці моделювання. Виконували порівняння даних, отриманих на профілометри мод. 283 і мікроскопі МИС-11. Розраховували середнє значення розрахункового коефіцієнта для умов проведення експериментів.

5. Виконували статистичну обробку результатів вимірювання. Виробляли оцінку рівноточних вимірювань та достовірності отриманих даних. Оцінювали достовірність розрахункового коефіцієнта для визначення середньої величини мікронерівностей оброблюваної поверхні.

Розрахунковий коефіцієнт в точках матриці планування експерименту визначали за формулою:

$$K_p = \frac{R_a}{R_{ax}}, \quad (1)$$

де R_a – параметри шорсткості, які були визначені відомим способом, - на профілометри мод. 283 і на мікроскопі МИС-11;

R_{ax} – непряме вимірювання шорсткості за допомогою 3D фрезерно-гравірувального апарату MDX-20.

Середнє значення розрахункового коефіцієнта для всіх умов експерименту:

$$\bar{K}_p = \frac{\sum_{i=1}^N K_{pi}}{\sum_{i=1}^N n_i}, \quad (2)$$

де K_{pi} – значення розрахункового коефіцієнта для всіх відповідних умов його проведення;

N – кількість вимірювань.

Рівноточність обчислених кількісних значень розрахункового коефіцієнта визначали за критерієм Кохрана:

$$G_{\text{внч}} = \frac{\sigma_{\max}^2 \{y\}}{\sum_{u=1}^m \sigma_u^2 \{y\}}, \quad (3)$$

де $\sigma_u^2 \{y\} = \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{y}_u - y_{ui})^2}{m-1}$ – дисперсія в кожній точці матриці моделювання,

складеної для визначення розрахункового коефіцієнта K_p ;

$\sigma_{\max}^2 \{y\}$ – найбільше значення дисперсії чисельного значення розрахункового коефіцієнта для обраних умов проведення експерименту.

Результати експериментальних досліджень.

Оброблений зразок встановлювали на столі верстата MDX-20 (рис. 3, б) і фіксували за допомогою гумки. З урахуванням технологічних і технічних параметрів апарату MDX-20 встановлювали зону сканування (рис. 4):

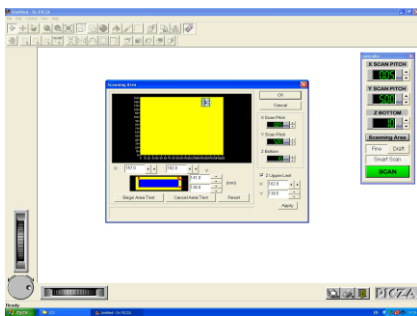


Рис. 4. Встановлення і визначення зони і параметрів сканування

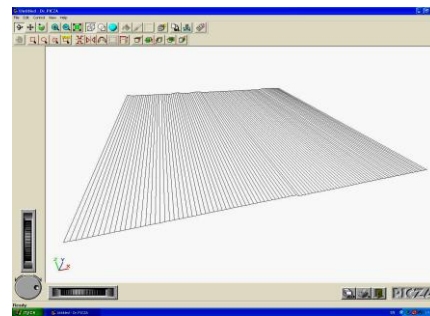


Рис. 5. Зображення сканованою поверхні

Отримане 3-D зображення сканованої поверхні (рис. 5) імпортували в програмне забезпечення «Компас 3-D». Після проєктування зображення на нормальну площину було отримано 2-D зображення і за допомогою програмного забезпечення «Компас 2-D» проводили вимірювання висоти мікронерівностей.

Результати обчислень розрахункового коефіцієнта K_p (2); наведені в табл. 2

Таблиця 2 – Порівняння результатів вимірювання шорсткості і визначення коефіцієнта Кр

№	Кодоване позначення факторів [6]			Проф.	МИС-11	DelCam, мк	Проф./ DelCam	МИС/ DelCam
	$x1(n)$	$x2(S)$	$z(t)$					
1	1	1	1	3,61	6,53	33,49	0,108	0,195
2	-1	1	1	7,3	10,12	48,42	0,151	0,209
3	1	-1	1	1,97	4,52	21,9	0,089	0,206
4	-1	-1	1	3,25	5,96	28,25	0,115	0,211
5	1	1	-1	3,47	5,78	28,3	0,123	0,204
6	-1	1	-1	5,9	9,3	42,3	0,139	0,219
7	1	-1	-1	1,77	4,3	21,5	0,082	0,200
Середнє значення							0,115	0,206

Результати статистичної обробки даних досліджень наведені в табл. 3

Таблиця 3 – Статистична обробка результатів досліджень

№ п/п	Проф./ DelCam	МИС/ DelCam	D {Y} (Проф./ DelCam)	D{Y} (МИС/ DelCam)	Проф./ DelCam	Грасч (Проф./ DelCam)	Грасч (МИС/ DelCam)
1	0,108	0,195	0,0001	0,0001	0,108	Гтабл = 0,727	0,1842
2	0,151	0,209	0,0228	0,0437	0,151		
3	0,089	0,206	0,0079	0,0424	0,089		
4	0,115	0,211	0,0132	0,0445	0,115		
5	0,123	0,204	0,0151	0,0416	0,123		
6	0,139	0,219	0,0193	0,0480	0,139		
7	0,082	0,20	0,0067	0,0400	0,082		
Сума	0,807	1,444	0,0852	0,2603	0,807		
Середнє	0,115	0,206	0,2677	0,1842	0,115		

Висновки. За результатами отриманих в роботі результатів можна стверджувати, що найбільш достовірними є результати визначення розрахункового коефіцієнта в порівнянні з даними вимірів на мікроскопі МИС-11. Встановлено, що для підвищення точності вимірювань шорсткості оброблюваної поверхні за допомогою пристосувань типу 3D фрезерно-гравірувальний апарат MDX-20 бажано в програмному забезпеченні передбачити зменшення кроку сканування, а скануючу голку потрібно виготовляти з більш твердого матеріалу HRC 32...40, а радіус заокруглення її кінцевої частини зменшити до 10 ... 15 мкм. Ці рекомендації дозволять виробляти експрес-аналіз шорсткості обробленої поверхні з використанням програмного забезпечення COPYCAD ф. DELCAM PLC і отримувати більш достовірні дані сканування безпосередньо на металообробному верстаті без зняття деталі, що має велике практичне значення.

Список використаних джерел:

1. Филоненко С. Н. Резание металлов. М.: Техника, 1975. 232 с.
2. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. 344 с.
3. Аралкин А. С., Гальченко А. В., Готовец Т. А., Аралкина К. А. Экспериментальные исследования влияния режимов резания на шероховатость обрабатываемой поверхности. *Вісник Криворізького технічного університету*. Кривий Ріг, 2009. Вип. 24. С. 76-81.
4. Пихтеева І. В., Антонова Г. В. Алгоритм до знаходження верхньої граничної траєкторії на лемішно-відвальній поверхні. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19(3). С. 308-315.
5. Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А., Івженко О. В., Найдиш А. В. Технологія моделювання поверхонь складних технічних виробів за заданими умовами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 19(2). С. 257-263.
6. Пихтеева І. В., Дмитрієв Ю. О., Антонова Г. В., Спиринцев В. В. Методика моделювання плоских обводів дугами парабол при виконанні лабораторних робіт здобувачами вищої освіти ТДАТУ. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матер: матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С.271-275.