

УДК 621.7

В. Москаленко, магістр гр. ПМ-23М-3

О. Скібінський, канд. техн. наук, доцент

Я. Скібінський, асистент

В. Селєхова, асистент

Центральноукраїнський національний технічний університет

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ЯКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ОТВОРІВ

В статті розглянуто суть обробки отворів фрезеруванням та стратегію гвинтової інтерполяції. Досліджено вплив на шорсткість оброблених фрезеруванням поверхонь отворів в алюмінієвій заготовці наступних параметрів режимів різання: радіальної подачі, осьової подачі, частоти.

фрезерування отвору, гвинтова інтерполяція, радіальна подача, осьова подача, крок, шорсткість

Постановка проблеми. Фрезерування – це один із найпоширеніших способів обробки металів різанням. Цей метод дозволяє виконувати обробку широкого спектру поверхонь: плоских, криволінійних, зубчастих, рифлених, а також створювати пази, уступи, отвори, кишені та контури. Кінцеві фрези застосовуються не лише для обробки прямолінійних і криволінійних поверхонь, але й для обробки отворів. Метод кінцевого фрезерування дозволяє виготовляти отвори фрезеруванням та розфрезеруванням.

Свердління є традиційним способом утворення отворів під час механічної обробки. Цей процес передбачає використання свердла, діаметр якого відповідає розміру необхідного отвору. Якщо потрібно просвердлити кілька отворів різних діаметрів під час механічної обробки деталі, для кожного діаметра необхідно підібрати відповідне свердло. Натомість, під час фрезерування отворів використовується одна фреза, яка дозволяє обробляти отвори в межах певного діапазону діаметрів, що пояснюється особливою траєкторією руху інструменту.

Фрезерування отворів виконується кінцевою фрезою методом інтерполяції. Метод гвинтової інтерполяції характеризується одночасним рухом фрези по трьох осях (X, Y та Z) та обертанням інструменту навколо власної осі. При фрезерній обробці отворів методом кругової інтерполяції рух відбувається лише по двох осях (X та Y), а поступова подача по осі Z забезпечує врзання на задану глибину після кожного проходу. Проте цей метод менш точний за метод гвинтової інтерполяції, оскільки на поверхні отвору залишаються сліди від кожного проходу різального інструменту.

У процесі обробки кінцева фреза зрізає шар металу як різальними кромками розташованими на периферії, так і торцевими. При цьому припуск знімається одночасно в двох взаємно перпендикулярних площинах: периферійні різальні кромки формують циліндричну поверхню отвору, а торцеві – його довжину або глибину.

Діаметр отвору при фрезеруванні визначається поєднанням діаметрів різального інструмента та його гвинтової траєкторії. Основними параметрами, які впливають на стратегію гвинтової інтерполяції є:

- діаметр фрези;
- подача;
- крок інтерполяції.

Діаметр фрези залежить від діаметрального розміру обробленого отвору. Важливо, щоб залишалось достатньо простору для видалення стружки із зони обробки під час фрезерування. Занадто малий діаметр фрези може знижувати жорсткість системи, що негативно позначається на точності та якості обробки. З метою уникнення проблем видалення стружки, а також для гарантування створення запрограмованої дуги інтерполяції, діаметр фрези має бути на 20–40% меншим за оброблюваний отвір.

Ще одним важливим параметром гвинтової інтерполяції є крок спіралі (a_p) – це відстань, на яку фреза заглиблюється вздовж осі Z за один оберт інтерполяції по дузі за координатами X та Y.

Фрезерування отворів є ефективною альтернативою традиційним методам, таким як свердління, точіння чи розгортання. Дослідження впливу режимів різання на якість обробленої поверхні залишається актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням фрезерної обробки отворів присвячено велику кількість наукових праць. В роботі [3] досліджено вплив подачі та швидкості різання на шорсткість обробленого фрезеруванням отвору та порівняно отримані значення параметрів шорсткості із шорсткістю просвердлених на тих же режимах різання отворів. В роботі [1] досліджено вплив на якість обробленої поверхні наступних параметрів режимів різання: частоти, радіальної та осьової подач. Визначення впливу режимів різання на якість оброблених фрезеруванням отворів також представлено в роботах світових вчених [2, 5]. Однак визначення впливу режимів різання на шорсткість поверхні при фрезеруванні отворів в алюмінієвих заготовках потребує додаткового дослідження.

Мета й завдання дослідження. Метою дослідження є визначення впливу режимів різання на якість, а саме, на шорсткість обробленої поверхні при фрезеруванні отворів.

Завданнями, що слугують досягненню поставленої мети є:

- задання факторів експерименту – параметрів, які матимуть вплив на параметр, що досліджується;
- визначення меж варіювання факторів;
- виконання обробки отворів фрезеруванням;
- обробка експериментальних даних.

Об'єктом дослідження є фрезерна обробка отворів в заготовках із алюмінієвого сплаву.

Предметом дослідження є вплив режимів різання на якість обробки при фрезеруванні отворів методом гвинтової інтерполяції.

Виклад основного матеріалу. Встановлено, що при фрезеруванні отворів в заготовці із алюмінію, шорсткість обробленої поверхні покращується при збільшенні як осьової подачі, тобто кроку гвинтової інтерполяції, так і швидкості різання [3]. В дослідженні [1] виконано фрезерування отворів в заготовці із магнієвого сплаву та визначено, що на покращення якості обробленої поверхні отвору впливає: збільшення кроку гвинтової інтерполяції та частоти обертання шпинделя, а також зменшення радіальної подачі.

З метою встановлення впливу режимів різання на якість оброблених фрезеруванням отворів при обробці заготовки із алюмінієвого сплаву, було виконано експериментальні дослідження.

В якості заготовки обрано пластину 200 мм × 200 мм товщиною 10 мм з алюмінієвого сплаву АК12М2. В якості різального інструменту обрано цільну кінцеву фрезу діаметром 16 мм виготовлену із твердого сплаву UF10. Виконували фрезерування отворів діаметром 20 мм методом гвинтової інтерполяції на вертикально-фрезерному з ЧПУ верстаті моделі VF-3DHE, максимальна частота обертання якого сягає 8000 об/хв.

Параметри, що варіювались під час проведення експерименту:

- радіальна подача $f_z = 0,04-0,1$ мм/зуб;
- осьова подача (крок) $a_p = 0,4-1,2$ мм/об.;
- частота $n = 1500-4500$ об/хв.

Шорсткість фрезерованих отворів вимірювалась на профілометрі, результати

експериментів оброблювались в програмі Statgraphics.

Залежність впливу величини подач радіальної та осьової, а також частоти обертання на показники шорсткості, що були визначені експериментальним шляхом, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Матриця плану з результатами експериментів

№ п/п	Replicate	X1 (f_z , мм/зуб)	X2 (a_p , мм/об)	X3 (n , об/хв)	Y (R_a , мкм)
1	1	0,1	0,8	1500	1,0
2	1	0,04	1,2	3000	0,35
3	1	0,07	0,8	1500	0,9
4	1	0,07	0,8	3000	0,63
5	1	0,1	1,2	1500	0,97
6	1	0,1	0,4	1500	1,16
7	1	0,04	0,8	3000	0,48
8	1	0,07	0,8	4500	0,42
9	1	0,04	0,8	1500	0,76
10	1	0,1	0,4	3000	0,86
11	1	0,07	0,4	1500	1,1
12	1	0,04	0,4	1500	0,91
13	1	0,07	0,4	3000	0,73
14	1	0,07	1,2	4500	0,33
15	1	0,04	0,4	4500	0,72
16	1	0,04	0,4	3000	0,55
17	1	0,1	0,8	3000	0,73
18	1	0,04	0,8	4500	0,43
19	1	0,1	1,2	4500	0,42
20	1	0,1	1,2	3000	0,79
21	1	0,07	1,2	3000	0,42
22	1	0,07	0,4	4500	0,6
23	1	0,04	1,2	1500	0,58
24	1	0,07	1,2	1500	0,68
25	1	0,1	0,4	4500	0,8
26	1	0,1	0,8	4500	0,51
27	1	0,04	1,2	4500	0,24

Згідно із результатами, значущими факторами, що мають найбільший вплив на шорсткість обробленої поверхні є величина радіальної подачі f_z та частота n . Осьова подача a_p має незначний вплив.

На рисунку 1 представлена поверхня відгуку впливу радіальної подачі та частоти обертання на шорсткість оброблених отворів.

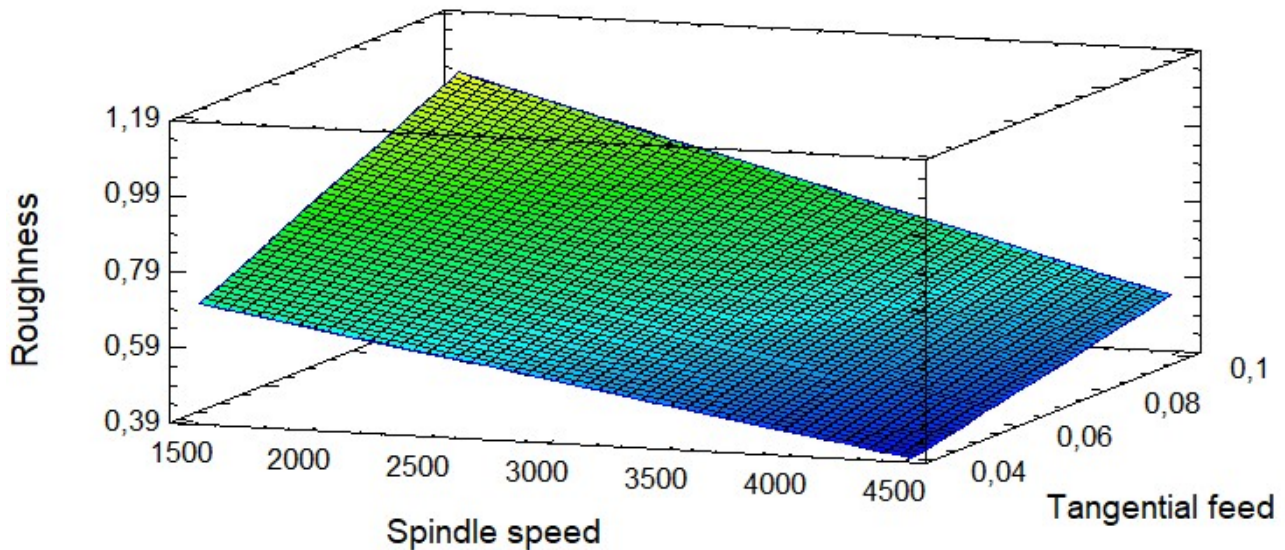


Рисунок 1 – Поверхня відгуку впливу частоти та радіальної подачі на шорсткість обробленої поверхні

Висновки. В статті розглянуто сутність обробки отворів фрезеруванням, траєкторію руху інструменту під час обробки та стратегію гвинтової інтерполяції. Досліджено вплив на шорсткість оброблених фрезеруванням поверхонь отворів в алюмінієвій заготовці таких параметрів режимів різання: радіальної подачі, осьової подачі, частоти. Експериментальним шляхом встановлено, що найбільший вплив на шорсткість обробленої поверхні має величина радіальної подачі f_z та частота n . Осьова подача a_p має незначний вплив на якість поверхні отвору. Досягаємі показники шорсткості свідчать про те, що фрезеруванням можна виконувати чистову обробку отворів, та застосовувати його, як альтернативу свердлінню, точінню, розточуванню та розгортанню отворів.

Список літератури

1. Adhikari R. Machinability and surface integrity investigation during helical hole milling in AZ31 magnesium alloy / R. Adhikari, G. Bolar, R. Shanmugam, U. Koklu // *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*. – 2023. – Vol. 6. – P. 149-164.
2. Amini S. Enhancing dimensional accuracy and surface integrity by helical milling of carbon fiber reinforced polymers / S. Amini, M. Baraheni, E. Hakimi // *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*. – 2019. – Vol. 2. – P. 362-372.
3. Bolar G. Drilling and helical milling for hole making in multi-material carbon reinforced aluminum laminates / G. Bolar, A. K. Sridhar, A. Ranjan // *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*. – 2022. – Vol. 5. – P. 113-125.
4. Denkena B. Helical milling of CFRP–titanium layer compounds / Denkena B., Boehnke D., Dege J.H. // *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. – 2008. – Vol. 1. – P. 64–69.
5. Fernández-Vidala S.R. Analysis of the effects of tool wear on dry helical milling of Ti6Al4V alloy / S.R. Fernández-Vidala, P. Mayueta, A. Riverob, J. Salgueroa, I. del Sola, M. Marcosa // *The Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC. Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 132. – P. 593-599.
6. Qin X.D. Comparative Study on Helical Milling and Drilling of Ti-6Al-4V / X.D. Qin, X.T. Sun, Q. Wang, S.M. Chen, H. Li // *Trans Tech Publications, Switzerland*: 2012. – P. 1-6.
7. Zhongqunab L. Cutting force modeling and simulation for hole-making operation by helical milling / L. Zhongqunab, L. Qiangb, P. Chongb, S. Xiaoa // *Fourth International Seminar on Modern Cutting and Measurement Engineering*. – 2011. – Vol. 7997. – P. 1-6.