

УДК 621.9.019

doi:10.20998/2413-4295.2021.02.02

ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ КООРДИНОВАНИХ ОТВОРІВ МАЛОГО ДІАМЕТРУ, ВИГОТОВЛЕНИХ З НАПРАВЛЕННЯМ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

В. М. БУРДЕЙНА, Г. С. ГРІНЧЕНКО, С. М. АРТЮХ, А. Р. ТРИЩ

кафедра Охорони праці, стандартизації та сертифікації, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, УКРАЇНА
*e-mail: hrinchenko@uipa.edu.ua

АНОТАЦІЯ Представлено розмірний аналіз вихідних параметрів координованих розмірів отворів. Розглядаються питання, пов'язані з оцінюванням точності розташування поверхонь глибоких отворів. Вивчаються вплив різних технологічних факторів на величину розсіювання координованих розмірів. Проведено експериментальні дослідження з використанням методики планування експерименту, для яких було використано зразки заготовок зі сталі 45, чавуну марки СЧ15, алюмінієвих сплавів. Дослідженню піддавалися такі фактори, як кут керніння, твердість оброблюваної заготовки, зусилля керніння та їх вплив на діаметр відбитка і його глибину. В результаті проведених експериментів виявлено незначний вплив зусилля керніння на діаметр та глибину відбитку. Разом з тим, виявлено, що кут керна призводить до прямо пропорційного збільшення діаметру відбитку та обернено пропорційно впливає на його глибину. Твердість матеріалу більш істотно впливає на діаметр відбитку, ніж на його глибину. Сумарний вплив керованих факторів значно впливає на діаметр відбитку. Запропоновано мінімальні кути свердла керніння для деяких матеріалів. Запропоновано математичну модель точності обробки координованих отворів на основі оцінювання коефіцієнтів рівняння регресії і знаходження шуканих математичних моделей полів розсіювання розмірів і відхилень. В якості факторів, що варіюються під час свердління координованих отворів, було взято: довжина кондукторної втулки, виліт інструмента, твердість оброблюваного матеріалу, діаметр інструмента. Виявлено, що зі збільшенням діаметра інструмента і довжини направляючої втулки зменшується величина розсіювання розмірів від бази і позиційних відхилень, а збільшення вильоту інструменту і підвищення фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу збільшують величину поля розсіювання розміру від бази та позиційне відхилення. Було введено додатковий фактор: зазор в поєднанні між ріжучим інструментом і кондукторною втулкою та отримано математичні залежності впливу факторів на точність розмірів при обробці глибоких отворів з напрямком ріжучого інструменту. Показано, що введення додаткового фактору – зазору, не змінило сутності процесу появи похибок на малих агрегатних верстатах, а зміна діаметрів не призводить до істотного збільшення полів розсіювання.

Ключові слова: наладка; ріжучий інструмент; координовані отвори; поля розсіювання

ESTIMATION OF ACCURACY OF COORDINATED SMALL DIAMETER HOLES WITH CUTTING TOOL DIRECTION

V. BURDEINAIA, H. HRINCHENKO, S. ARTIUKH, A. TRISHCH

Department of Labor Protection, Standardization and Certification, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT The dimensional analysis of the initial parameters of the coordinated dimensions of the holes is presented. Issues related to the assessment of the accuracy of the location of the surfaces of deep holes are considered. The influence of various technological factors on the magnitude of scattering of coordinated dimensions is studied. Experimental studies using experimental design methodology, which was used for sample preparations 45 steel, cast iron SCH15, aluminum alloys. Factors such as the cutting angle, the hardness of the workpiece, the cutting force and their effect on the diameter of the impression and its depth were studied. As a result of the experiments, a slight effect of the drilling force on the diameter and depth of the impression was found. However, it was found that the angle of the core leads to a directly proportional increase in the diameter of the imprint and inversely affects its depth. The hardness of the material has a more significant effect on the diameter of the imprint than on its depth. The total influence of controlled factors significantly affects the diameter of the imprint. Minimum core drilling angles are proposed for some materials. A mathematical model of the accuracy of machining coordinated holes is proposed on the basis of estimating the coefficients of the regression equation and finding the required mathematical models of the scattering fields of dimensions and deviations. As factors that vary during the drilling of coordinated holes, were taken: the length of the conductor sleeve, the departure of the tool, the hardness of the workpiece, the diameter of the tool. It is found that with increasing tool diameter and guide sleeve length decreases the amount of dimensional scattering from the base and positional deviations, and increasing tool departure and improving the physical and mechanical properties of the workpiece increase the size of the size scattering field from the base and positional deviation. An additional factor was introduced: the gap in the combination between the cutting tool and the conductor sleeve and obtained mathematical dependences of the influence of factors on dimensional accuracy when machining deep holes with the direction of the cutting tool. It is shown that the introduction of an additional factor - the gap, did not change the essence of the process of errors on small aggregate machines, and the change in diameters does not lead to a significant increase in scattering fields.

Keywords: adjusting; cutting tools; coordinated holes; scattering field

Вступ

Під точністю обробки, в найбільш загальному вигляді, розуміють ступінь відповідності форми, розмірів і взаємного розташування оброблених

поверхонь деталей, відповідним характеристикам, які указані у конструкторській документації. Загальна похибка механічної обробки поверхонь деталі являється наслідком впливу ряду технологічних

факторів. Кожен технологічний фактор сприяє утворенню характерних первинних похибок, до числа яких відносяться: похибки механічної обробки, що виникають в результаті пружних деформацій технологічної системи під впливом зусиль різання; похибки установки оброблюваної заготовки на верстаті; похибки, що виникають в результаті деформації заготовки та інших елементів технологічної системи; похибки обробки, що викликані розмірним зносом різального інструменту; похибки налаштування верстата; похибки обробки, викликані впливом температурних деформацій і багато інших.

При виготовленні координованих отворів мірним інструментом на налагоджених верстатах існує важливий фактор, що впливає на точність механічної обробки – кількість налаштувань технологічної системи. У такому випадку застосовують агрегатні верстати з використанням багатошпиндельних силових головок, що дозволяє зменшувати похибки налаштування, але появляються похибки кінематичної системи верстата, які додаються до сумарної похибки механічної обробки. Точність виготовлення отворів мірним інструментом вивчали ряд науковців, які, в своїх роботах [1-7] вивчали методи мінімізації похибки механічної обробки за рахунок проведення розмірного аналізу всіх конструкторських рішень.

Мета роботи

Отвори – це поверхні деталей, які, у більшості випадків, обробляються мірним різальним інструментом. Мається на увазі інструментом, розмір якого співпадає з розміром отвору. Найбільшу частку в технологічних процесах виготовлення отворів займають технології: свердління, зенкування, протягування. У роботах [2,5] вивчались розрахунково-аналітичні методи оцінювання точності механічної обробки координованих отворів, але вивчались технології без застосування кондукторних втулок. Тому, метою роботи являється провести комплекс досліджень з оцінювання точності розташування отворів відносно базової поверхні і точності розташування отворів між собою (позиційні відхилення).

Виклад основного матеріалу

У загальному вигляді точність механічної обробки отворів на агрегатних верстатах представляють у вигляді функціональної залежності [3]:

$$\omega = f(l_i, d_i, HB) \quad (1)$$

де ω - поле розсіювання координованих розмірів, l_i – величина вильоту інструменту за торець шпинделя, мм; d_i - діаметр інструменту, мм; HB -

твердість матеріалу деталі, що визначає його фізико-механічні властивості, МПа.

Поле розсіювання координованих розмірів (ω) складається з поля розсіювання розміру між поверхнею отвору і базовою поверхнею (ω_B) і позиційним відхиленням осей оброблюваних отворів (ω_O).

Для визначення складових величини поля допуску застосовується метод планування експерименту. При цьому необхідно перевірити вплив геометричних параметрів інструменту та їх жорсткості на точність механічної обробки.

При проведенні експериментів застосовувались такі матеріали: сталь 45 (HB - 2000-2200 МПа); сірий чавуну СЧ15В (HB 1000 - 1200 МПа); алюмінієвий сплав АЛ9 (HB - 500 - 600 МПа) [4,9,10].

Для визначення регресійної моделі застосовували повний факторний експеримент (ПФЕ), при якому поєднуються фактори усіх рівнів. Згідно методики планування ПФЕ були визначені кодовані значення кожного фактора та здійснено перетворення з координатного простору факторів в координатний простір кодованих значень [5,11,12].

Дослідженню піддавалися наступні фактори: кут керніння (α) і твердість оброблюваної заготовки (HB). Досліджувався вплив зусилля керніння (P), кут керніння (α) і твердість матеріалу (HB) на діаметр ($d_{\text{відб}}$) відбитка і його глибину ($l_{\text{відб}}$).

Дослідження показали, що зусилля удару (P) надають незначний вплив як на величину $d_{\text{відб}}$, так і на величину $l_{\text{відб}}$ і становить від 21 до 13% відповідно. Кут керна прямо пропорційно впливає на збільшення $d_{\text{відб}}$ і його значення не перевищує 31%. Кут керна α впливає на глибину обернено пропорційно і становить - до 57%. Вплив твердості матеріалу теж істотний. Твердість матеріалу впливає на $d_{\text{відб}}$ (48%), а на його глибину (27%). Керовані фактори (P) і (α) впливають на $d_{\text{відб}}$ і становить до 57% і 72% відповідно [5,8].

Із результатів ПФЕ можна зробити висновок, що глибина керніння залежить від зусилля керніння і кута керна. Для різних матеріалів рекомендується такі оптимальні кути керніння:

- для алюмінієвих сплавів $\alpha_{\text{min}} = 60^\circ$;
- для сірого чавуну $\alpha_{\text{min}} = 60^\circ$;
- для сталі $\alpha_{\text{min}} = 70-75^\circ$.

Але, для якісного функціонування технологічного процесу і забезпечення якості координованих отворів важливо також забезпечити потрібний діаметр відбитка, що дозволить забезпечити орієнтацію інструменту під час операції свердління отворів.

Функціональна залежність зміни розсіювання розмірів від базової поверхні і відхилення осей отворів деталей при експериментальних дослідженнях можуть мати вигляд:

$$\omega_{B;O} = f(d_i, HB, l_{bm}, l_x), \quad (2)$$

де $\omega_{B;O}$ – величина поля розсіювання розміру від базової поверхні або позиційного відхилення отворів,

мкм; d_i – діаметр мірного інструменту (отвори); l_{BT} – довжина кондукторної втулки (направляючої частини), мм; l_x – величина вильоту інструменту за торець кондукторної втулки, мм.

Математичну модель точності обробки координованих отворів можливо отримати методом планування повного факторного експерименту типу 2^4 . При проведенні ПФЕ, кожна точка - це один досвід з визначення практичного поля розсіювання T_B або T_O . Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій T_B або T_O в кожній точці плану експерименту застосовувався статистичний критерій Кохрена, який і показав їх однорідність.

Наступним кроком було оцінювання коефіцієнтів рівняння регресії і знаходження шуканих математичних моделей полів розсіювання розмірів і відхилень. Величини факторів, що варіюються під час свердління координованих отворів показані в табл. 1.

Зі збільшенням діаметра інструмента d_i довжини направляючої втулки l_{BT} зменшується величина розсіювання розмірів від бази (В) і позиційних відхилень (О). Збільшення розміру вильоту інструменту та підвищення фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу збільшують значення ω_B та ω_O .

$$\lg \omega_B = 1,9431 - 0,0018 \lg d_i + 0,337 \lg HB - 0,187 \lg l_{BT} + 0,196 \lg l_x \quad (3)$$

$$\lg \omega_O = 3,066 - 0,04137 \lg d_i + 0,1531 \lg HB - 0,1165 \lg l_{BT} + 0,12 \lg l_x \quad (4)$$

Таблиця 1 - Варіювання факторів при свердлінні координованих отворів з напрямком ріжучого інструменту

Рівень варіювання	Незалежні фактори та їх логарифми							
	Довжина кондукторної втулки		Виліт інструмента		Твердість оброблюваного матеріалу		Діаметр інструмента	
	l_{BT} , мм	$\lg l_{BT}$	l_x , мм	$\lg l_x$	HB, МПа	$\lg HB$	d_i , мм	$\lg d_i$
Верхній (1)	18	1,26	3,5	0,5	1940	3,29	3,0	0,5
Нульовий (0)	13	1,09	2,5	0,4	1230	3,1	2,0	0,3
Нижній (-1)	7	0,85	1,5	0,18	570	2,7	1,0	0
Інтервал варіювання	-	0,21	-	0,18	-	0,3	-	0,24

Математичні залежності полів розсіювання можна отримати, методом потенціювання рівняння (3) та (4). В результаті потенціювання отримуємо такі залежності полів розсіювання при виготовленні

отворів методом з направленням ріжучого інструменту:

$$\omega_B = 19,6 \frac{l_x^{0,2} HB^{0,34}}{d_i^{0,02} l_{BT}^{0,19}} \quad (5)$$

$$\omega_O = 19,6 \frac{l_x^{0,12} HB^{0,15}}{d_i^{0,04} l_{BT}^{0,12}} 10^3 \quad (6)$$

Залежності (5) та (6) можна рекомендувати для розрахунку полів розсіювання в технологічних процесах з застосуванням кондукторних втулок. При цьому повинні виконуватись такі умови:

- довжина кондукторних втулок повинна знаходитись в діапазоні від 5мм до 20мм;
- величина вильоту інструменту за торець втулки в діапазоні від 1 мм до 5 мм;
- величина діаметрів в діапазоні $0,5\text{мм} \leq d_i \leq 3,5\text{мм}$;
- твердість оброблюваного матеріалу в діапазоні $500 \text{ МПа} \leq HB \leq 2500 \text{ МПа}$.

Обговорення результатів

В агрегатних верстатах середнього габариту [6] конструктивно-технологічні характеристики силових головок і технологічної оснастки практично рівнозначні з характеристиками верстатів мінімального розміру. Тому, прийнявши зазор в поєднанні між ріжучим інструментом і кондукторною втулкою для малих агрегатних верстатів $T_{S1 \min} = 10$ мкм; $T_{S1 \max} = 40$ мкм; $T_{S1} / 2 = 25$ мкм, а його питомий вплив для $\omega_B = 24\%$ і $\omega_O = 40\%$, розрахуємо емпіричні залежності з урахуванням впливу зазначеного зазору.

При збільшенні величин зазору S_1 і вильоту інструменту l_x збільшуються поля розсіювання, а застосування кондукторних втулок, навпаки зменшує поля розсіювання. В табл. 2 представлено результати впливу факторів на точність обробки координованих отворів. Сумарний вплив керованих факторів (l_{BT} , l_x і T_{S1}) істотно впливає на величини полів розсіювання координованих розмірів і становить відповідно 56% і 65%, що дає можливість регулювання технологічного процесу для отримання точності обробки координованих отворів на малих агрегатних верстатах.

Визначимо залежності позиційних відхилень для агрегатних верстатів в логарифмічному вигляді:

$$\omega_B = 1,534 - 0,025 \lg d_i + 0,357 \lg HB - 0,185 \lg l_{BT} + 0,206 \lg l_x + 0,202 \lg T_{S1} \quad (7)$$

$$\omega_O = 2,71 - 0,041 \lg d_i + 0,153 \lg HB - 0,117 \lg l_{BT} + 0,066 \lg l_x + 0,198 \lg T_{S1} \quad (8)$$

Потенціюючи вирази (7) і (8), отримаємо залежності для розрахунку полів розсіювання:

$$\omega_B = 34,2 \frac{T_{S1}^{0,2} l_x^{0,2} HB^{0,36}}{d_i^{0,03} l_{BT}^{0,19}} \quad (9)$$

$$\omega_O = 34,2 \frac{T_{S1}^{0,3} l_x^{0,07} HB^{0,15}}{d_i^{0,04} l_{BT}^{0,12}} \quad (10)$$

Таблиця 2 - Результати впливу керуючих факторів на величину полів розсіювання ω_0 і ω_B під час свердління з напрямком ріжучого інструменту

Точнісні характеристики	Питома вага факторів,%				
	керованих		некерованих		
	геометричні		точнісні	Задані кресленням	
	l_{BT}	l_X	T_{S1}	НВ	d_i
Розмір від бази до осі отвору обробки	16	16	25	39	4
Позиційне відхилення осі отвору	16	8	40	29	7

Порівнюючи показники ступенів математичних моделей в формулах (5) і (6), при змінюваних факторах l_X , НВ, l_{BT} і d_i з результатами, отриманими в імітаційних моделях (9) і (10) можна встановити, що дуже схожі між собою і, практично, співпадають. Отже введення в модель додаткового фактора, як зазору T_{S1} не вплинуло на величини полів розсіювання координованих розмірів при виготовленні отворів на малих агрегатних верстатах. Також дослідження показали, що на величину полів розсіювання координованих отворів не значною мірою впливає фактор діаметру інструменту.

Висновки

В результаті проведених досліджень з планування експерименту отримані такі результати та можна зробити наступні висновки:

- поєднання двох керованих чинників, як мінімальна (T_{S1min}) та максимальна довжина направляючої частини кондукторної втулки (l_{BT1max}) дають можливість зменшити поля розсіювання координованих розмірів ω_B в 1,6 рази, а ω_0 - в 2,6 рази;

- мінімальний виліт l_X між торцем кондукторної втулки і поверхнею оброблюваної деталі може зменшити розсіювання координованих розмірів при сприятливому поєднанні керованих факторів (T_{S1min} , l_{BT1max} , l_{Xmin}) в порівнянні з несприятливим їх поєднанням (T_{S1max} , l_{BT1min} , l_{Xmax}) від 1,85 рази для ω_B і до 2,7 разів для ω_0 ;

- поєднання чинників, що визначають зазор в поєднанні інструмент - отвір втулки при T_{S1min} , і l_{BTmax} збільшує точність отворів в 1,6 рази для ω_B і 2,6 рази для ω_0 в порівнянні з використанням втулок з T_{S1max} , l_{BT1min} .

Список літератури

1. Carlos G. *Analysis and Design of Marine Structures*. New York : CRC Press, 2009. 321 p.

2. Бурдейная В. М., Пашченко Э. А. Точность координированных размеров при обработке отверстий без направления режущего инструмента. *Машинобудування*. 2013. №12. С. 125–129.

3. Бурдейна В. М., Артиух С. М. Забезпечення точності обробки координованих отворів в системах без напрямку ріжучого інструменту. *Машинобудування*. 2020. № 25. С. 99-106. doi: 10.32820/2079-1747-2020-25-99-106.

4. Бурдейна В. М., Артиух С. М. Основні особливості оптимізації показників якості розмірів координованих отворів при різних видах обробки. *Вісник Національного технічного університету "ХПИ". Серія : Нові рішення в сучасних технологіях*. 2018. № 16 (1292). С. 16-21. doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.03.

5. Cong W. L., Xiatian Z., Deines T. W. Rotary ultrasonic machining of carbon fiber reinforced plastic composites: An experimental study on cutting temperature. *Journal of reinforced plastics and composites*. 2012. 22. 31. P. 1516-1525. doi: 10.1177/0731684412464913.

6. Livia Dana Beju, Brîndaşu P. D. A generalized approach of the holder systems for cutting tools. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*. 2011. No. 9(2). P. 12-17.

7. Klocke F., Brumm M., Staudt J. Quality and surface of gears manufactured by free form milling with standard tools. *International Gear Conference, Lyon, France, 2014*, 26–28. doi: 10.1533/9781782421955.506.

8. Biermann D., Bathe T., Rautert C. Core Drilling of Fiber Reinforced Materials using Abrasive Tools. *CIRP*, 2017. № 66, P. 175-180. doi: 10.1016/j.procir.2017.03.304.

9. Gaizka Gómez Escudero, Pablo Fernández De Lucio, Haizea Gonzalez, Michael Bartoň. Definition of tailor made cutting tools for machining of complex surfaces based on final surface shape. *2020 International Conference on Mathematics and Computers in Science and Engineering (MACISE)*, 2020. doi: 10.1109/MACISE49704.2020.00031.

10. Hongqi Liu, Hai Lin, Xinyong Mao, Bin Li. Surface roughness optimal estimation for disc parts turning using Gaussian-process-based Bayesian combined model. *Journal of Mechanical Engineering Science*. 2018. P. 203-210. doi: 10.1177/0954406218809116.

11. İynen Oğur, Şahinoğlu Abidin, Özdemir Mustafa, Yılmaz Volkan. Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Surface Roughness Value in the Machining of AISI 4140 Steel with Taquchi Method. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2020. №10(4). P. 2840-2849. doi: 10.21597/jist.736802.

12. Aladwani A. N., Mohamed S. S., Khalil T. A., Gaafer A. M. Effect Of Cutting Tool Coating And Cutting Parameters On Surface Quality And Material Removal Rate In Turning Of Stainless Steel 304. *Engineering Research Journal*. 2019. Vol. 1, No. 39, P. 32-38.

References(transliterated)

1. Carlos G. *Analysis and Design of Marine Structures*. New York. CRC Press, 2009. 321 p.

2. Burdeina V. M., Pashchenko E. A. Tochnost koordynirovannykh razmerov pry obrabotke otverstiy bez napravleniya rezhushchego ynstumenta. *Mashynobuduvannia*, 2013, 12, pp. 125–129.

3. Burdeina V. M., Artiukh S. M. Zabezpechennia tochnosti obrobky koordynovanykh otvoriv v systemakh bez napriamku rizhuchoho instrumentu. *Mashynobuduvannia*,

- 2020, 25, pp. 99-106, doi:10.32820/2079-1747-2020-25-99-106.
- Burdeina V., Artyuh S. The main features of optimizing the sizes of coordinated holes for different types of processing. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, 16 (1292), 16-21, doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.03.
 - Cong W. L., Xiatian Z., Deines T. W. Rotary ultrasonic machining of carbon fiber reinforced plastic composites: An experimental study on cutting temperature. *Journal of reinforced plastics and composites*, 2012, 22, 31, pp. 1516-1525, doi: 10.1177/0731684412464913.
 - Livia Dana Beju, Brîndașu P. D. A generalized approach of the holder systems for cutting tools. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 2011, 9(2), pp. 12-17.
 - Klocke F., Brumm M., Staudt J. Quality and surface of gears manufactured by free form milling with standard tools. *International Gear Conference, Lyon, France*, 2014, pp. 26–28, doi: 10.1533/9781782421955.506.
 - Biermann D., Bathe T., Rautert C. Core Drilling of Fiber Reinforced Materials using Abrasive Tools. *CIRP*, 2017, 66, pp. 175-180, doi: 10.1016/j.procir.2017.03.304.
 - Gaizka Gómez Escudero, Pablo Fernández De Lucio, Haizea Gonzalez, Michael Bartoň. Definition of tailor made cutting tools for machining of complex surfaces based on final surface shape. *2020 International Conference on Mathematics and Computers in Science and Engineering (MACISE)*, 2020, doi: 10.1109/MACISE49704.2020.00031.
 - Hongqi Liu, Hai Lin, Xinyong Mao, Bin Li. Surface roughness optimal estimation for disc parts turning using Gaussian-process-based Bayesian combined model. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 2018, pp. 203-210, doi: 10.1177/0954406218809116.
 - İynen Oğur, Şahinoğlu Abidin, Özdemir Mustafa, Yılmaz Volkan. Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Surface Roughness Value in the Machining of AISI 4140 Steel with Tauchi Method. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2020, 10(4), pp. 2840-2849, doi: 10.21597/jist.736802.
 - Aladwani A .N., Mohamed S. S., Khalil T. A., Gaafer A. M. Effect Of Cutting Tool Coating And Cutting Parameters On Surface Quality And Material Removal Rate In Turning Of Stainless Steel 304. *Engineering Research Journal*, 2019, 1, 39, pp. 32-38.

Відомості про авторів (About authors)

Бурдейна Вікторія Михайлівна – кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-0026-1900; e-mail: zamorskavika@ukr.net

Vykoryia Burdeina – Scientific Degree (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Labour Protection, Standardization and Certification Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 000-0002-0026-1900; e-mail: zamorskavika@ukr.net

Грінченко Ганна Сергіївна– кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-6498-6142; e-mail: hrinchenko@uipa.edu.ua

Hanna Hrinchenko – Scientific Degree (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Labour Protection, Standardization and Certification Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-6498-6142; e-mail: hrinchenko@uipa.edu.ua

Артюх Світлана Миколаївна– кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0003-0804-6313; e-mail: artyhsn@gmail.com

Svitlan Artiukh a– Scientific Degree (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Labour Protection, Standardization and Certification Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0003-0804-6313; e-mail: artyhsn@gmail.com

Трищ Андрій Романович– Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри Охорони праці, стандартизації та сертифікації; м. Харків, Україна; ORCID: 0000-0002-0012-4690; e-mail: trich_@ukr.net

Andrii Trishch – graduate student, Department of Labour Protection, Standardization and Certification Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv, Ukraine; ORCID: 0000-0002-0012-4690; e-mail: trich_@ukr.net

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Бурдейна В. М., Грінченко Г. С., Артюх С. М., Трищ А. Р. Оцінювання точності координованих отворів малого діаметру, виготовлених з направленням різального інструменту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2021. № 2 (8). С. 9-14. doi:10.20998/2413-4295.2021.02.021.

Please cite this article as:

Burdeina V., Hrinchenko H., Artiukh S., Trishch A. Estimation of accuracy of coordinated small diameter holes with cutting tool direction. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2021, no. 2 (8), pp. 9-14, doi:10.20998/2413-4295.2021.02.021.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Бурдейная В. М., Гринченко А. С., Артюх С. Н., Трищ А. Р. Оценивание точности координированных отверстий малого диаметра изготовленных с направлением режущего инструмента. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2021. № 2 (8). С. 9-14. doi:10.20998/2413-4295.2021.02.02.

АННОТАЦИЯ В статье представлены размерный анализ исходных параметров координированных размеров отверстий. Рассматриваются вопросы, связанные с оценкой точности расположения поверхностей глубоких отверстий. Изучаются влияние различных технологических факторов на величину рассеивания координированных размеров. Проведены экспериментальные исследования с использованием методики планирования эксперимента, для которых были использованы образцы заготовок из стали 45, чугуна марки СЧ15, алюминиевых сплавов. Исследованию подвергались такие факторы, как угол кернения, твердость обрабатываемой заготовки, усилия кернения и их влияние на диаметр отпечатка и его глубину. В результате проведенных экспериментов выявлено незначительное влияние усилия кернения на диаметр и глубину отпечатка. Вместе с тем, установлено, что угол керна приводит к прямо пропорциональному увеличению диаметра отпечатка и обратно пропорционально влияет на его глубину. Твердость материала более существенно влияет на диаметр отпечатка, чем на его глубину. Суммарное влияние управляемых факторов оказывает значительное влияние на диаметр отпечатка. Предложено минимальные углы сверла кернение для некоторых материалов. Предложена математическая модель точности обработки координированных отверстий на основе оценки коэффициентов уравнения регрессии и нахождения искомым математических моделей полей рассеяния размеров и отклонений. В качестве факторов, варьируемых при сверлении координированных отверстий, были взяты: длина кондукторной втулки, вылет инструмента, твердость обрабатываемого материала, диаметр инструмента. Выявлено, что с увеличением диаметра инструмента и длины направляющей втулки уменьшается величина рассеивания размеров от базы и позиционных отклонений, а увеличение вылета инструмента и повышения физико-механических свойств обрабатываемого материала увеличивают величину поля рассеяния размера от базы и позиционное отклонение. Было введено дополнительный фактор: зазор в сочетании между режущим инструментом и кондукторной втулкой и получены математические зависимости влияния факторов на точность размеров при обработке глубоких отверстий с направлением режущего инструмента. Показано, что введение дополнительного фактора - зазора, не изменило сущности процесса появления погрешностей на малых агрегатных станках, а изменение диаметра не приводит к существенному увеличению полей рассеяния.

Ключевые слова: наладка; режущий инструмент; координированные отверстия; поля рассеяния.

Надійшла (received) 02.05.2021