

О. В. Дерібо
Ж. П. Дусанюк
С. В. Репінський
Р. Ю. Басистюк
К. Ю. Казарян

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ОТВОРУ ОСТАТОЧНИМ РОЗТОЧУВАННЯМ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ З РУЧНИМ ТА ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто остаточну обробку отвору деталей на токарному верстаті з ручним керуванням та з числовим програмним керуванням. Проведено дослідження величини сумарної похибки остаточної обробки отвору на вказаних верстатах, їх порівняльний аналіз.

Ключові слова: деталь, обробка, отвір, розточування, верстат, сумарна похибка, фактори, аналіз.

Abstract

Considered the final processing of the hole parts on a lathe with manual control and with numerical control. The study of the total error of the final processing of the hole on these machines, their comparative analysis.

Keywords: detail, processing, hole, boring, machine, total error, factors, analysis.

Вступ

Одним з найважливіших показників якості деталей машин є точність їх обробки. Абсолютно точно виконати обробку поверхонь деталі неможливо, оскільки на процес механічної обробки залежно від конкретних технологічних умов впливає низка факторів, що призводять до появи похибок. До таких факторів відносять [1, 2]:

- похибку установавання заготовки деталі у верстатний пристрій ε_y ;
- похибку настроєння верстата ε_H ;
- похибку, що спричиняється пружними деформаціями технологічної системи під дією сили різання $\varepsilon_{пд}$;
- похибку, що зумовлена розмірним зносом різального інструмента ε_i ;
- похибку, що спричиняється геометричною неточністю верстата ε_B ;
- похибку, що викликана тепловими деформаціями технологічної системи ε_T .

Отже, сумарна похибка ε_{Σ} , що виникає під час обробки на попередньо настроєному верстаті, в загальному випадку можна записати у вигляді [1]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = f(\varepsilon_y, \varepsilon_H, \varepsilon_{пд}, \varepsilon_i, \varepsilon_B, \varepsilon_T). \quad (1)$$

При виконанні остаточної обробки умовою забезпечення роботи без браку є:

$$\varepsilon_{\Sigma} \leq T, \quad (2)$$

де T – допуск виконуваного розміру на даному переході механічної обробки.

При невиконанні даної умови необхідно провести аналіз складових сумарної похибки, виявити найбільші величини, запропонувати конкретні заходи для їх зменшення.

Мета роботи – дослідження точності (сумарної похибки) остаточної обробки розточуванням отвору на токарному верстаті з ручним керуванням (РК) та з числовим програмним керуванням (ЧПК), їх порівняльний аналіз.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися **завдання**:

- розробка технологічного процесу механічної обробки кожної із розглянутих деталей;
- встановлення величин складових сумарної похибки при остаточному розточуванні отвору на верстаті з РК та з ЧПК;
- дослідження величини сумарної похибки;
- порівняльний аналіз величини сумарної похибки при остаточній обробці отвору на верстаті з РК та з ЧПК;
- висновки по результатах проведених досліджень.

Результати дослідження

Для проведення роботи вибрано дві деталі:

- деталь «Корпус кулачків», матеріал сталь 45, маса деталі 1,76 кг, тип виробництва серійний, розмір партії деталей 215 шт., остаточна обробка розточуванням отвору $\varnothing 60H9^{(+0,074)}$ на токарному верстаті з РК – 16К20, з ЧПК – 1П420ПФ30;
- деталь «Ступиця», матеріал сталь 45, маса деталі 4,92 кг, тип виробництва серійний, розмір партії деталей 180 шт., остаточна обробка розточуванням отвору $\varnothing 50H9^{(+0,062)}$ на токарному верстаті з РК – 16К20, з ЧПК – 1П420ПФ30.

При визначенні елементарних складових і сумарної похибки остаточного розточування отворів на верстатах з РК враховувалися фактори, що приведені у формулі (1).

Розрахунок сумарної похибки, що виникає при остаточному розточуванні отворів на верстатах з ЧПК, крім складових, що вказані у формулі (1), включає ще декілька елементарних похибок. До цих похибок віднесено [3]:

- похибку позиціонування супорта $\varepsilon_{\text{пс}}$; за величиною вона прийнята рівною двом дискретам приводу подач по відповідній координаті;
- похибку повороту револьверної головки $\varepsilon_{\text{прг}}$; в сучасних верстатах з ЧПК вона не перевищує 6...8 мкм;

За наявності коректора з розрахунків може бути виключена систематична похибка, що спричинена розмірним зносом різця ε_1 , так як в програму вводиться періодична корекція положення його вершини.

Крім того, у зв'язку з більшою жорсткістю конструкцій верстатів з ЧПК податливість може бути прийнята в 2...4 рази меншою, ніж у верстатів з РК.

Отже формула для визначення похибки обробки заготовок на настроєному верстаті для діаметральних розмірів для розточування на верстатах з РК буде мати вигляд [3]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\text{пд}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{н}})^2 + (K_3 \varepsilon_1)^2 + (K_4 \varepsilon_{\text{в}})^2 + (K_5 \varepsilon_{\text{т}})^2}; \quad (3)$$

на верстатах з ЧПК:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_1 \varepsilon_{\text{пд}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{н}})^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{пс}})^2 + (K_4 \varepsilon_{\text{прг}})^2 + (K_5 \varepsilon_{\text{к}})^2 + (K_6 \varepsilon_{\text{в}})^2 + (K_7 \varepsilon_{\text{т}})^2}; \quad (4)$$

де $\frac{1}{K}$ – коефіцієнт, який залежить від бажаної імовірності роботи без браку, $\frac{1}{K} = 1$ (очікуваний брак складе 0,03%);

$K_1 \dots K_7$ – коефіцієнти, значення яких залежить від закону розподілу відповідних елементарних похибок; $\varepsilon_{\text{пд}}$, $\varepsilon_{\text{н}}$, $\varepsilon_{\text{пс}}$, $\varepsilon_{\text{прг}}$, $\varepsilon_{\text{к}}$ є випадковими похибками і їх розподіл підпорядковується закону Гаусса; $K_1 = K_2 = 1$ (формула 3); $K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = 1$ (формула 4); ε_1 , $\varepsilon_{\text{в}}$, $\varepsilon_{\text{т}}$

підпорядковуюються закону рівної імовірності, тому $K_3 = K_4 = K_5 = 1,73$ (формула 3); $K_6 = K_7 = 1,73$ (формула 4).

Дані та формули складових сумарної похибки прийняті згідно рекомендацій [1-5].

З урахуванням наведених пояснень проведено дослідження величин елементарних складових та сумарної похибки остаточної обробки розточуванням отворів для деталей «Корпус кулачків» ($\text{Ø}60\text{H}9^{(+0,074)}$ мм), «Ступиця» ($\text{Ø}50\text{H}9^{(+0,062)}$ мм).

Результати досліджень приведені в таблицях 1-2.

Таблиця 1 – Складові та сумарна похибка обробки на верстаті з РК 16К20

Оброблюваний розмір, мм	Розмір партії деталей, шт.	$\varepsilon_{\text{пд}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{н}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{і}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{в}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{т}}$, мкм	ε_{Σ} , мкм	T , мкм	Наявність браку
$\text{Ø}60\text{H}9^{(+0,074)}$	215	0,745	30	67	2,2	15	245	74	$\varepsilon_{\Sigma} > T$, наявний брак
$\text{Ø}60\text{H}9^{(+0,074)}$	31	0,745	30	9,64	2,2	6,4	72,55	74	$\varepsilon_{\Sigma} < T$, брак відсутній
$\text{Ø}50\text{H}9^{(+0,062)}$	180	0,745	30	67,5	3,2	15,2	247	62	$\varepsilon_{\Sigma} > T$, наявний брак
$\text{Ø}50\text{H}9^{(+0,062)}$	1	0,745	30	0,375	3,2	5,15	63,6	62	$\varepsilon_{\Sigma} > T$, наявний брак

Таблиця 2 – Складові та сумарна похибка обробки на верстаті з ЧПК 1П420ПФ30

Оброблюваний розмір, мм	Розмір партії деталей, шт.	$\varepsilon_{\text{пд}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{н}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{пс}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{прг}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{к}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{в}}$, мкм	$\varepsilon_{\text{т}}$, мкм	ε_{Σ} , мкм	T , мкм	Наявність браку
$\text{Ø}60\text{H}9^{(+0,074)}$	215	0,46	12	10	7	10	0,88	6,05	44,9	74	$\varepsilon_{\Sigma} < T$, брак відсутній
$\text{Ø}50\text{H}9^{(+0,062)}$	180	0,46	12	10	7	10	1,28	6,11	45,2	62	$\varepsilon_{\Sigma} < T$, брак відсутній

Висновки

1. На точність остаточного розточування отвору на верстаті з РК (16К20) найбільший вплив мають такі складові сумарної похибки – похибка настроєння верстата $\varepsilon_{\text{н}}$ та похибка, що зумовлена розмірним зносом різця $\varepsilon_{\text{і}}$. Якщо обробляти всю партію заготовок без піднастроювання різця, то точність обробки не забезпечується, оскільки сумарна похибка ε_{Σ} значно перевищує допуск розміру деталі T , тобто не забезпечується робота без браку ($\varepsilon_{\Sigma} = 245$ мкм $>$ $T = 74$ мкм). Тому потрібно значно зменшити кількість заготовок, що обробляється між піднастроюваннями різця. Для деталі «Корпус кулачків» вона повинна складати не 215 шт., а лише 31 шт. Тоді $\varepsilon_{\Sigma} = 72,55$ мкм $<$ $T = 74$ мкм. Для деталі «Ступиця» навіть за піднастроювання різця після обробки кожної заготовки точність не забезпечується, так як $\varepsilon_{\Sigma} = 63,6$ мкм, а $T = 62$ мкм. Для даної деталі потрібно вибрати верстат з РК вищої точності, у якого похибка настроєння інструмента на розмір обробки $\varepsilon_{\text{н}}$ буде

меншою (не 30 мкм як у верстата 16К20) за рахунок зменшення похибки регулювання ε_p положення різця, яка в даному випадку є визначальною і складає 25 мкм (ціна поділки лімба).

2. При використанні верстата з ЧПК (1П420ПФ30) всі складові сумарної похибки є порівняно невеликими і тому сумарна похибка остаточного розточування отвору ε_{Σ} менша допуску розміру деталі T . Таким чином, забезпечується точність обробки без браку для всієї заданої партії деталей без під настроювання різця (для обох деталей, що розглядаються).

3. Похибка настроєння верстата з ЧПК є значно меншою, ніж верстата з РК за рахунок зменшення похибки регулювання положення вершини різця.

4. Під час точіння і розточування на верстаті з ЧПК похибка, спричинена розмірним зносом різця, може бути суттєво зменшена завдяки введенню автоматичної корекції положення його вершини.

5. За необхідності забезпечення заданої точності остаточного розточування отвору слід використовувати верстат з ЧПК або верстат з РК високої точності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
3. Збірник задач і вправ з технології машинобудування : навчальний посібник / В. І. Аверченков, О. О. Горленко, В. Б. Ільцький [та ін.] – Житомир : ЖІТІ, 2001. – 314 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1 / В. Б. Борисов, Е. И. Борисов, В. Н. Васильев [и др.] ; под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Маталин А. А. Технология машиностроения. Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Дерібо Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: deriboov@ukr.net;

Дусанюк Жанна Павлівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Репінський Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Басистюк Роман Юрійович – студент групи ІПМ-18м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Казарян Кирило Юрійович – студент групи ІПМ-18м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Deribo Oleksandr V. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: deriboov@ukr.net;

Dusaniuk Zhanna P. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Repinskyi Serhii V. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Basystiuk Roman Yu. – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Kazarian Kyrylo Yu. – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.