



АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТОЧНОСТІ І ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕРСТАТА НА ТЕХНОЛОГІЧНУ СОБІВАРТІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Дерібо Олександр Володимирович к.т.н., доцент

Дусанюк Жанна Павлівна к.т.н., доцент

Козиняtko Крістіна Володимирівна студентка

Вінницький національний технічний університет

Deribo O.

Dusanyuk G.

Cozineatco C.

Vinnytsia National Technical University

Анотація: за допомогою статистичного аналізу досліджено вплив точності і продуктивності токарного і круглошліфувального верстатів на технологічну собівартість остаточної обробки циліндричної поверхні заготовки деталі. Це дозволило сформулювати рекомендації щодо раціонального вибору верстата і способу обробки.

Ключові слова: механічна обробка, статистичний аналіз, тонке точіння, кругле шліфування, точність, криві розподілу, трудомісткість, технологічна собівартість.

Вступ і постановка задачі

В сучасному машинобудівному виробництві все ширшого застосування набуває використання для остаточної обробки зовнішніх циліндричних поверхонь і отворів тонкого точіння і розточування замість круглого і внутрішнього шліфування. Це зумовлено декількома факторами: створенням і широким використанням високоточних багатоцільових токарних верстатів, які дозволяють здійснювати попередню і остаточну обробку значної кількості поверхонь з одного установа; появою металорізальних інструментів з високою стійкістю (композитів на основі кубічного нітриду бора, мінералокераміки, штучних алмазів тощо), здатних тривалий час з необхідною точністю без піднастроювання обробляти як незагартовані, так і загартовані заготовки; помітно вищою продуктивністю точіння у порівнянні із шліфуванням. Разом з тим, на сьогодні шліфування залишається одним з основних методів обробки циліндричних поверхонь за 5 – 6 квалітетом точності. У зв'язку з цим, порівняння можливостей тонкого точіння і круглого шліфування з урахуванням сучасного стану машинобудування є актуальним.

У цій роботі на прикладі конкретної деталі (кришки гідромотора) виконаний порівняльний аналіз точності, трудомісткості і собівартості обробки однієї з циліндричних поверхонь тонким точінням на токарно-револьверному верстаті високої точності 160НТ (1 варіант) і врізним шліфуванням на круглошліфувальному верстаті з ЧПК 3М151Ф2 (2 варіант). Для цього розв'язані такі задачі:

- 1) проведений порівняльний статистичний аналіз точності механічної обробки з побудовою кривих розподілу і визначенням характеристик розподілу для обох варіантів;
- 2) визначені трудомісткості і технологічні собівартості обробки для обох варіантів.

Результати дослідження

Для визначення впливу випадкових похибок проведений статистичний аналіз точності остаточної обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 135h7$ мм партії заготовок деталей «Кришка гідромотора» (рис. 1) з використанням автоматичного отримання розмірів на настроєних верстатах. Допуск T розміру складає 40 мкм. Об'єми вибірок – 50 шт.

Розмір настроювання верстатів 160НТ і 3М151Ф2 вибирався приблизно рівним бажаному середньому розміру ($\varnothing 154,980$ мм). За результатами обробки поверхонь виконане вимірювання їх розмірів і побудована гістограма розподілу (рис. 2 і рис. 3). З використанням критерію Колмогорова встановлено, що для обох варіантів обробки ці характеристики близькі до закону нормального розподілу.

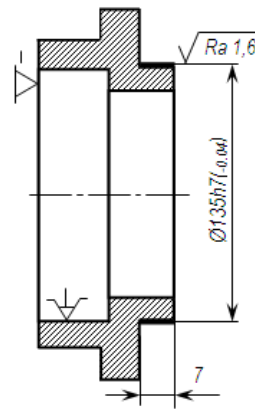


Рис. 1. Ескіз остаточної обробки поверхні $\varnothing 135h7$ мм

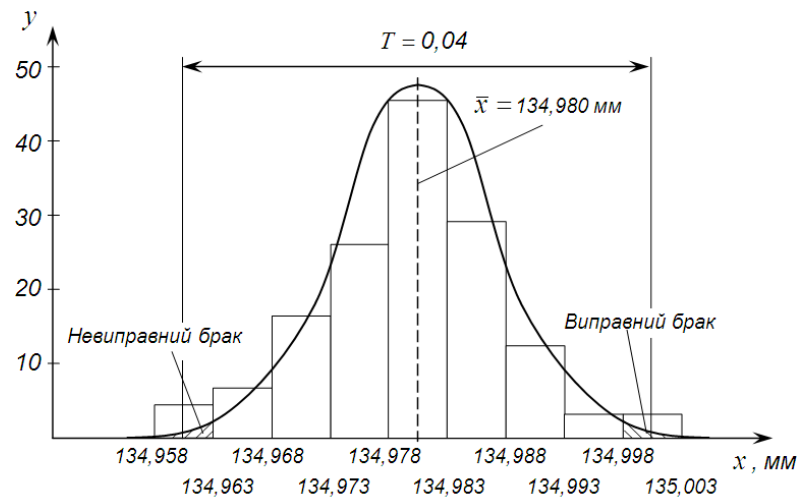


Рис. 2. Графіки емпіричного і теоретичного розподілів дійсних розмірів поверхні $\varnothing 135h7(-0,04)$ мм після тонкого точіння на верстаті 160НТ

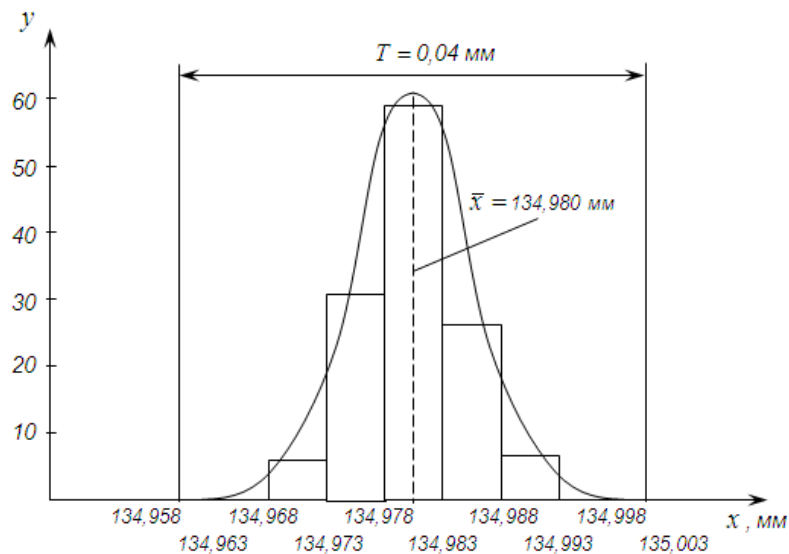


Рис. 3. Графіки емпіричного і теоретичного розподілів дійсних розмірів поверхні $\varnothing 135h7(-0,04)$ мм після врізного шліфування на верстаті 3М151Ф2

Для обох вибірок розраховані середні розміри та середньоквадратичні відхилення за формулами [1]



$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

де n – об'єм вибірки;

x_i – дійсний розмір обробленої поверхні i -ї заготовки.

Характеристики розподілів виявились такими:

- для першого варіанту: $\bar{x}_1 = 134,980$ мм; $\sigma_1 = 0,0087$ мм;

- для другого варіанту: $\bar{x}_2 = 134,980$ мм; $\sigma_2 = 0,0064$ мм.

З використанням отриманих статистичних параметрів побудовані графіки теоретичних кривих розподілу (див. рисунки 2 і 3). Точки для побудови кривих визначались за формулою кривої нормального розподілу [1]

$$y(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

У першому варіанті обробки поле розсіювання розмірів ($\delta_1 = 6\sigma_1 = 0,052$ мм) є більшим за поле допуску, тобто за таких технологічних умов брак є практично неминучим. У другому варіанті поле розсіювання розмірів менше за поле допуску, тобто за правильного налаштування верстата брак є малоімовірним.

Детальніше розглянемо обробку тонким точінням. За налаштування верстата, яке відповідає рис. 2, імовірно є поява як виправного, так і невиправного браку. Очевидно, що верстат 160НТ може бути настроєний таким чином, щоб в результаті обробки всі дійсні розміри гарантовано були більші або рівні за мінімально допустимий (в даному випадку цей розмір складе $\varnothing 134,96$ мм). Це забезпечить отримання справних деталей і певний, заздалегідь визначений обсяг виправного браку. Поверхні деталей, розміри яких є більшими за потрібні, мають бути в подальшому для виправлення браку оброблені на круглошліфувальному верстаті або на токарному верстаті особливо високої точності. Такий підхід розглянутий в роботі [2].

Невиправний брак можна усунути, якщо токарно-револьверний верстат настроїти зі зміщенням дійсного середнього розміру вибірки (центру групування) відносно бажаного середнього розміру в сторону збільшення на величину Δ . Для гарантованої відсутності браку зміщення Δ має враховувати і похибку настроєння ε_H (рис. 4). Величина ε_H у випадку, що розглядається, прийнята рівною 0,003 мм.

Згідно з рис. 4, величину Δ можна визначити за формулою

$$\Delta = \frac{1}{2}(6\sigma - T) + \varepsilon_H. \quad (4)$$

У випадку, що розглядається, $\Delta = 0,009$ мм.

З використанням відомих формул [3] можна знайти імовірний відсоток виправного браку. В даному випадку імовірний виправний брак складе 10%.

Порівняємо варіанти обробки за приведеними витратами. Технологічна собівартість операції механічної обробки визначалась за формулою [4]

$$C_0 = \frac{C_{п-з} T_{ш-к}}{60k_B} \quad (5)$$

де $C_{п-з}$ – цехові приведені годинні витрати, грн/год;

$T_{ш-к}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

k_B – коефіцієнт виконання норм (в машинобудуванні $k_B = 1,3$).

Штучно-калькуляційний час визначався за наближеною формулою [5]:

$$T_{ш-к} = \varphi_K T_0 \quad (6)$$

де φ_K – коефіцієнт, який залежить від типу верстата і типу виробництва; T_0 – основний час.

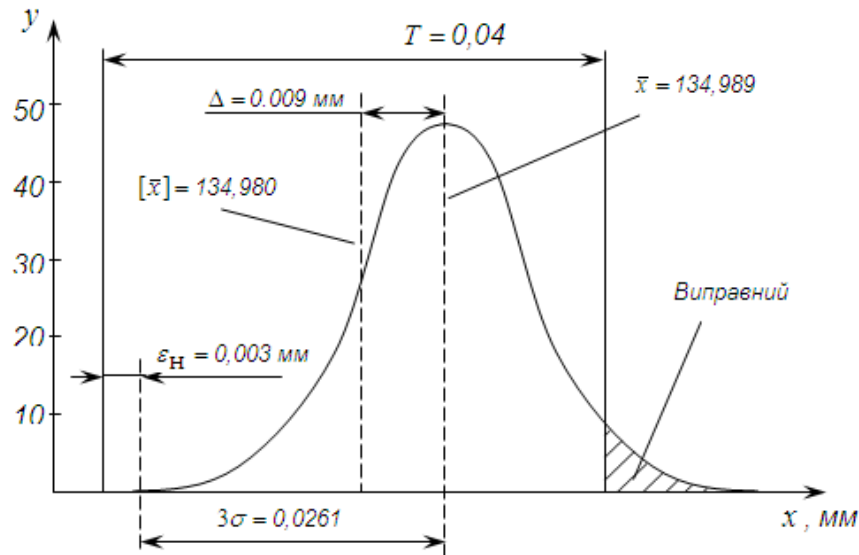


Рис. 4. Схема, що пояснює настроєння верстата 160НТ для обробки лише з виправним браком

Основний час знаходився за наближеними формулами [6]:

- для 1 варіанту (тонке точіння):

$$T_{O1} = 0,000052 D l ; \quad (7)$$

- для 2 варіанту (кругле врізне шліфування):

$$T_{O2} = 0,0068 D , \quad (8)$$

де D, l – відповідно діаметр і довжина оброблюваної поверхні, мм.

Підставивши розміри оброблюваної поверхні в (7) і (8), отримаємо $T_{O1} = 0,049$ хв, $T_{O2} = 0,918$

хв.

З урахуванням того, що $\varphi_{K1} = 1,3$, $\varphi_{K2} = 1,4$ [6], за формулою (6) визначено штучно-калькуляційний час для обох варіантів обробки:

$$T_{Ш-K1} = 0,064 \text{ хв.}; T_{Ш-K2} = 1,392 \text{ хв.}$$

Отриманий результат показує, що трудомісткість обробки тонким точінням суттєво менша (приблизно в 20 раз), ніж круглим врізним шліфуванням.

Технологічні собівартості обробки однієї заготовки знаходились за залежністю (5) з урахуванням наближених значень $C_{П-3}$, визначених за [6]: $C_{П-31} = 42,5$ грн/год; $C_{П-32} = 42$ грн/год.

Таким чином, ці собівартості склали: $C_{O1} = 0,04$ грн., $C_{O2} = 0,75$ грн.

Припустимо, що партія деталей, які підлягають виготовленню, складає 100 шт. Технологічна собівартість обробки заготовок партії тонким точінням поверхні $\varnothing 154,980$ мм становитиме 3,5 грн, а круглим врізним шліфуванням – відповідно 75 грн. Додаткові затрати на усунення виправного браку (10 заготовок) круглим врізним шліфуванням, розраховані за формулою (5) складуть

$$C_o = \frac{42 \cdot 1,392}{60 \cdot 1,3} \cdot 10 = 7,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, технологічні затрати на остаточну обробку поверхні $\varnothing 154,980$ мм партії заготовок за 1 варіантом з урахуванням затрат на усунення виправного браку складуть 11 грн. Це суттєво менше (приблизно в 7 разів), ніж обробка всієї партії круглим врізним шліфуванням.

Висновки

За результатами проведених досліджень показано, що:

- трудомісткість обробки на токарних верстатах суттєво менша, ніж на круглошліфувальних верстатах;



- технологічна собівартість остаточної обробки точної поверхні деталі «Кришка гідромотора» на токарно-револьверному верстаті високої точності 160НТ з урахуванням витрат на усунення виправного браку на круглошліфувальному верстаті 3М151Ф2 в 7 разів менша, ніж обробка всієї партії круглим шліфуванням.

- на токарно-револьверній операції можуть бути оброблені з одного установа ще декілька поверхонь (як зовнішніх, так і внутрішніх), що неможливо здійснити на круглошліфувальному верстаті.

Список літератури

1. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения / Солонин И.С. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
2. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов / Маталин А.А. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин: лабораторний практикум / [Дерібо О.В., Дусанюк Ж.П., Миронко О.М. та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 119 с.
4. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / Под общ. ред. К.М. Великанова Л. : Машиностроение, 1990. – 448 с.
5. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В.В., Шкред В.А., Кривко Г.П., Медведев А.И.]; под ред. В.В. Бабука. — Минск : Высшая школа, 1987. — 255 с.
6. Дерібо О.В. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник / О.В. Дерібо, Ж.П.Дусанюк, В.П. Пурдик. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 123 с.

References

1. Solonin I.S. Matematicheskaya statistika v tehnologii mashinost-roeniya / Solonin I.S. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 216 s.
2. Matalin A.A. Tehnologiya mashinostroeniya : uchebnik dlya mashino-stroitelnykh spetsialnostey vuzov / Matalin A.A. – L. : Mashinostroenie, 1985. – 496 s.
3. Teoretychni osnovy tekhnolohiyi vyrobnytstva detaley ta skladannya ma-shyn: laboratornyy praktykum / [Deribo O.V., Dusanyuk Zh.P., Myroneko O.M. ta in.]. – Vinnytsya: VNTU, 2006. – 119s.
4. Raschetiy ekonomicheskoy effektivnosti novoy tehniky: Spravochnik / Pod obsch. red. K.M. Velikanova – L. : Mashinostroenie, 1990. – 448 s..
5. Proektirovanie tehnologicheskikh protsessov mehanicheskoy obrabotki v mashinostroenii / [Babuk V.V., Shkred V.A., Krivko G.P., Medvedev A.I.]; pod red. V.V. Babuka. — Minsk : Vyisheyshaya shkola, 1987. — 255 s
6. Deribo O.V. Tekhnolohiya mashynobuduvannya. Kursove proektuvannya: navchal'nyu posibnyk / O.V. Deribo, Zh.P.Dusanyuk, V.P. Purdyk. – Vinnytsya: VNTU, 2013. – 123 s.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ СЕБЕСТОИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация: с помощью статистического анализа исследовано влияние точности и производительности токарного и круглошліфувального станков на технологическую себестоимость окончательной обработки цилиндрической поверхности заготовки детали. Это позволило сформулировать рекомендации относительно рационального выбора станка и способа обработки.

Ключевые слова: механическая обработка, статистический анализ, тонкое точение, круглое шлифование, точность, кривые распределения, трудоемкость, технологическая себестоимость.

ANALYSIS OF INFLUENCE OF EXACTNESS AND PRODUCTIVITY MACHINE-TOOL ON TECHNOLOGICAL PRIME PRICE TOOLING

Summary: by means of statistical analysis influence of exactness is investigational and productivity lathe and plain grinder on the technological prime price of final treatment of cylindrical surface of purveyance of detail. It allowed to set forth recommendations in relation to the rational choice of machine-tool and method of treatment.

Keywords: tooling, statistical analysis, thin sharpening, round шлифу-вання, exactness, distribution curves, labour intensiveness, technological prime price.