

Ж. П. Дусанюк, к.т.н., доцент,
О. В. Дерібо, к.т.н., доцент,
А. Ф. Кулик, студент

Вінницький національний технічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ФРЕЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З РУЧНИМ КЕРУВАННЯМ І НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Основною вимогою до операцій механічної обробки партії заготовок на настроєних верстах є забезпечення необхідної точності отримуваних розмірів. Ця вимога виконується, якщо поле розсіювання розмірів (сумарна похибка обробки) не перевищуватиме величини допуску розміру.

Згідно з [1], на величину сумарної похибки обробки впливає низка незалежних один від одного факторів (елементарних похибок).

Величини елементарних похибок залежать від умов виконання обробки зокрема від характеристик і технологічних можливостей металорізального обладнання. З цієї точки зору складає певний інтерес порівняння впливу величини цих похибок на точність обробки за умови її виконання на верстаті з ручним керуванням (РК) та на верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Об'єктом дослідження є технологічний процес механічної обробки заготовки корпусної деталі. Предметом дослідження є процес чистового торцевого фрезерування однієї з поверхонь заготовки деталі.

Мета роботи – виявлення і порівняння рівнів впливу елементарних похибок на сумарну похибку під час фрезерної обробки на верстаті з РК і на верстаті з ЧПК.

Задачі: визначення та порівняльний аналіз елементарних похибок, які виникають під час фрезерування на верстаті з РК і на верстаті з ЧПК; оцінення величини сумарної похибки та формулювання висновків.

Дослідження виконувалось на прикладі обробки корпусної деталі в умовах серійного виробництва. Схема обробки показана на рис. 1. Порівнювалися два варіанти виконання технологічної операції: **1 варіант** – чистове торцеве фрезерування на консольному вертикально-фрезерному верстаті підвищеної точності 6М13П і **2 варіант** – чистове торцеве фрезерування на багатоцільовому верстаті з ЧПК ТАJMAC-ZPS H500 (Чехія). Передбачалось, що на багатоцільовому верстаті буде виконуватись як попереднє (чорнове), так і остаточне (чистове) фрезерування.

Згідно з [1], для лінійних розмірів, що координують розташування оброблюваної площини відносно іншої площини (вимірювальної бази) сумарну похибку можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{\Sigma} = t \sqrt{(K_1 \varepsilon_y)^2 + (K_2 \varepsilon_n)^2 + (K_3 \varepsilon_{\text{пд}})^2 + (K_4 \varepsilon_i)^2 + (K_5 \varepsilon_b)^2 + (K_6 \varepsilon_T)^2},$$

де ε_y ; ε_n ; $\varepsilon_{\text{пд}}$; ε_i ; ε_b ; ε_T – похибки, що зумовлені відповідно: неточністю установаження заготовки у верстатний пристрій; неточністю налагодження верстата; пружними деформаціями елементів технологічної системи під дією сили різання; розмірним зносом різального інструмента; геометричною неточністю верстата; тепловими деформаціями технологічної системи; t –

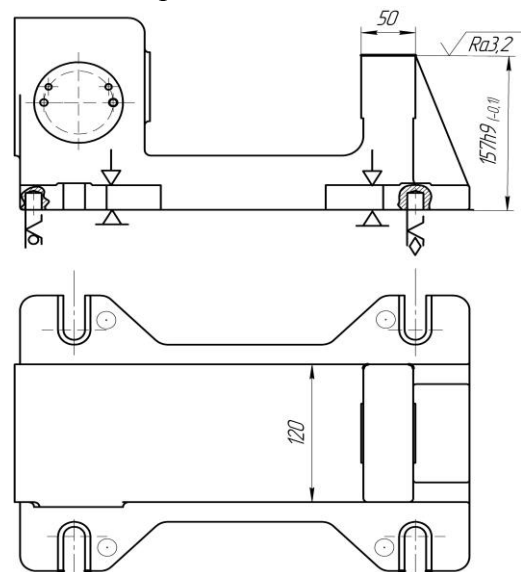


Рисунок 1 – Схема обробки площини корпусної деталі в розмір 157h9

коефіцієнт, який залежить від бажаної імовірності роботи без браку; $K_1 \dots K_6$ – коефіцієнти, значення яких залежить від виду закону розподілу відповідних елементарних похибок.

З урахуванням того, що на кожному з елементарних похибок впливають декілька факторів, виконано аналіз впливу цих факторів і визначені їх кількісні значення для обох варіантів обробки з використанням формул [1–6].

Зміст розрахунку елементарних та сумарної похибки обробки на верстатах з ЧПК принципово не відрізняється від розрахунку на верстатах з РК. Але на сумарну похибку впливає дещо більша кількість елементарних похибок [2]. Для випадку фрезерної обробки на багатоцільовому верстаті з ЧПК до додаткових похибок можуть бути віднесені: похибка позиціонування (розмірного переміщення) пінолі шпинделя; похибка відпрацювання корекції положення інструмента.

Похибка установа та її складові для обох варіантів визначались за формулами [3, 4]. Але різниця полягає в тому, що на верстаті з ЧПК з одного установа виконується не тільки остаточне, але й попереднє (чорнове) фрезерування під час якого через збільшення глибини різання і подачі, значно збільшується сила різання. Тому запропоновано у верстатному пристрої для верстата з ЧПК використати рифлені опори замість гладких. Це дозволяє помітно зменшити силу затискання і, відповідно, похибку закріплення.

Під час визначення ε_n для верстата з РК вважалось, що фреза встановлюється на розмір обробки за допомогою еталону. Для верстата з ЧПК ε_n визначалась з урахуванням того, що для точної обробки можна використати двоступеневе настроювання [2], яке полягає в тому, що різальний інструмент попередньо налаштовується на розмір обробки поза верстатом, а вже після цього остаточна встановлюється на розмір обробки з використанням методу спробних заготовок. Це помітно зменшує величину ε_n .

За прийнятих умов жорсткість технологічної система достатньо висока, тому для обох варіантів похибка $\varepsilon_{пд}$ є несуттєвою. Оскільки обидва верстати мають клас точності П, а розміри оброблюваної поверхні відносно невеликі, то похибка ε_v також є незначною.

Розмірний знос зубів фрези і, відповідно, похибка ε_i для верстата з ЧПК може бути частково компенсована введенням корекції положення фрези, тому ця похибка є помітно меншою, ніж для верстата з РК.

Похибка ε_T під час обробки на сучасних багатоцільових верстатах з ЧПК зазвичай менша, ніж на верстатах з ручним керуванням завдяки використанню ясного охолодження оброблюваної заготовки у закритій робочій зоні верстата.

За результатами розрахунків побудовані діаграми величин полів елементарних похибок і сумарної похибки, які виникають під час фрезерування заготовки на верстаті з РК (рис. 2) і на верстаті з ЧПК (рис. 3).

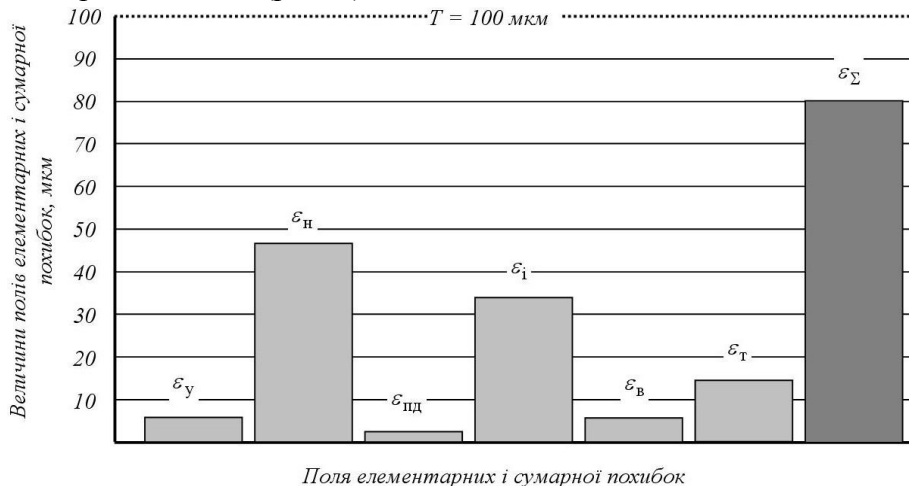


Рисунок 2 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки, які виникають під час фрезерування заготовки на верстаті з РК

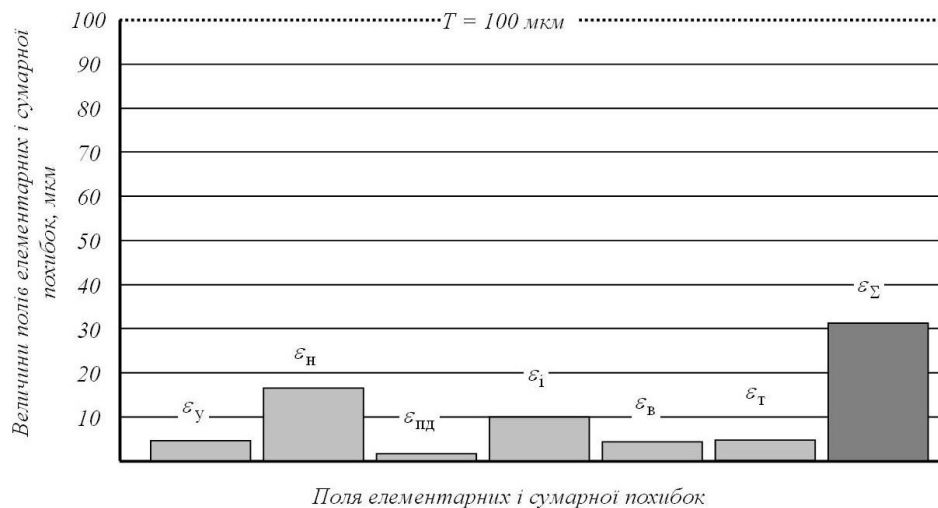


Рисунок 3 – Поля елементарних похибок і сумарної похибки, які виникають під час фрезерування заготовки на верстаті з ЧПК

Висновки

1. На прикладі обробки корпусної деталі на вертикально-фрезерному верстаті з РК і на багатоцільовому верстаті з ЧПК проведений порівняльний аналіз з виявлення елементарних похибок, які мають домінуючий вплив на сумарну похибку остаточної фрезерної обробки партії заготовок.

2. Показано, що найсуттєвіший вплив на точність обробки на верстаті з РК мають похибка настроєння і похибка, що зумовлена розмірним зносом різального інструмента (торцевої фрези).

3. Обробка на верстаті з ЧПК забезпечує меншу сумарну похибку обробки завдяки, перш за все, зменшенню похибки настроєння. Похибка, що зумовлена розмірним зносом різальної кромки зубів фрези, завдяки використанню програмованої корекції інструмента може бути зменшена до рівня похибки позиціювання робочого органу верстата.

4. Обробка на верстаті з РК і обробка на верстаті з ЧПК забезпечують задану точність розміру $157h9(-0,1)$ мм. Але сумарна похибка обробки на верстаті з ЧПК виявилась помітно меншою у порівнянні з обробкою на верстаті з РК (у 2,6 рази).

5. Результати роботи можуть бути використані для аналізу наявних та проектування нових технологічних процесів механічної обробки у машинобудівному виробництві та у навчальному процесі.

Література

1. 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.
2. Комиссаров В. И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов / В. И. Комиссаров, В. И. Леонтьев. – М. : Машиностроение, 1985. – 224 с.
3. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В. С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1974. – 288 с.
4. Антонюк В. Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений / В. Е. Антонюк, В. А. Королев, С. М. Башеев. – Минск : Беларусь, 1969. – 392 с.
5. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
6. Маталин А. А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.