

УДК 621.9.08

В. Саункін, канд. техн. наук; С. Онищук, канд. техн. наук

Донбаська державна машинобудівна академія

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБКИ ОБРОБКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЗАСОБІВ АКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

Резюме. Розглянуто питання визначення погрішності обробки на автоматизованому устаткуванні із використанням засобів активного контролю. Запропоновано методіку оцінювання випадкових і систематичних погрішностей обробки при врізному шліфуванні, пов'язані з погрішностями як використовуваного технологічного устаткування, так і погрішностей вимірювання засобів активного контролю в умовах автоматизованого виробництва.

Ключові слова: активний контроль, врізне шліфування, автоматизоване устаткування, випадкові погрішності, систематичні погрішності, точність обробки.

V. Saunkin, S. Onishchuk

RESEARCH OF AN ERROR OF PROCESSING AT USE OF AN IN-PROCESS GAUGING TECHNIQUE

The summary. Questions of definition of an error of processing on the automated equipment and use of an in-process gauging technique are considered. The technique of an estimation of casual and regular errors of processing is offered at mortise polishing, connected with errors both the used process equipment, and errors of measurement of an in-process gauging technique in conditions of the automated manufacture.

Key words: the active control, mortise polishing, the automated equipment, casual errors, regular errors, accuracy of processing.

Умовні позначення:

Δ_{nc} – середня квадратична похибка засобу активного контролю в статичних умовах;

Δ_{nd} – середня квадратична похибка засобу активного контролю в динамічних умовах роботи;

Δ_{oc} – середня квадратична похибка обробки в статичних умовах;

Δ_{od} – середня квадратична похибка обробки в динамічних умовах роботи;

t_n – середній час спрацьовування засобу активного контролю (регламентується паспортними даними);

Δ_v – середня квадратична похибка, що характеризує непостійність швидкості зміни розміру при припиненні обробки (визначається експериментально);

V – середня швидкість зміни розміру (визначається експериментально);

Δ_{tn} – середня квадратична похибка, що характеризує непостійність часу спрацьовування засобу активного контролю (регламентується паспортними даними);

t_c – середній час спрацьовування верстата (для більшості верстатів $t_c=0,15\dots0,25$ с);

Δ_{tc} – середня квадратична похибка, що характеризує непостійність часу спрацьовування верстата (регламентується паспортними даними);

Δ_{to} – середня квадратична похибка, залежна від температурних деформацій деталі;

Δ_{ϕ} – середня квадратична похибка вимірювання, що виникає унаслідок погрішності форми деталі (визначається експериментально);

Δ_{vto} – середня квадратична похибка, зумовлена температурною деформацією деталі й залежна від швидкості знімання припуску з деталі (визначається експериментально);

$\Delta_{\delta o}$ – середня квадратична похибка, зумовлена температурною деформацією деталі, залежна від величини припуску, ріжучої здібності круга (визначається експериментально).

Постановка проблеми. Застосування засобів активного контролю збільшує продуктивність праці, робить можливим багатостадійне обслуговування й комплексну автоматизацію виробничих процесів механічної обробки, дозволяє підвищити якість обробленої деталі, що забезпечує в свою чергу підвищення точності роботи, довговічності й надійності продукції.

Вельми важливо в машинобудівній промисловості використання контролю не як засобу розділення вже готової продукції на придатну і брак, а як засобу, що автоматично керує металорізальними верстатами з метою отримання необхідного розміру, якості обробленої поверхні, попередження і вилучення браку, а також для установки оптимальних режимів обробки, що забезпечують високу продуктивність при високій якості оброблюваної поверхні, відхилення форми в межах відповідних допусків. Такі вимірювальні засоби називають засобами активного контролю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Засіб активного контролю – технічний засіб, за допомогою якого за наслідками порівняння дійсного розміру оброблюваної поверхні із заданим розміром виробляє сигнал вимірювальної інформації у формі, необхідній для управління технологічним устаткуванням [1].

Проте застосування засобів активного контролю, як показують дослідження, призводить до додаткових похибок обробки деталей на верстатах [2, 3].

Метою роботи є визначення похибки обробки при використанні засобів активного контролю.

Роботу виконано згідно з координаційним планом Комітету з питань науки і техніки та Міністерства освіти і науки України з розділів “Машинобудування” та “Високоєфективні технологічні процеси в машинобудуванні” на 2010...2015 роки.

Результати досліджень. Похибки обробки залежать як від власних погрешностей вимірювального пристрою, так і від похибок заготовки й верстата (наявність зазорів, інерційності вузлів, вібрацій при роботі), пристосування, зносу інструменту, вибраних режимів обробки та інших технологічних особливостей.

Баланс точності системи слід проводити на основі складових цієї сумарної похибки. Окремо треба визначити власні похибки засобу активного контролю в статичних і динамічних умовах, а також складові сумарної похибки різними технологічними чинниками, що вносяться.

Необхідно мати на увазі, що похибки геометричної форми деталей, викликані недосконалістю окремих вузлів верстата, не компенсуються засобами активного контролю. Тому застосування навіть найточніших засобів активного контролю не гарантує отримання високої розмірної точності деталей, якщо який-небудь з елементів технологічної системи не відповідає певним вимогам.

Вони в першу чергу розповсюджуються на вимоги, що пред’являються до заготовок. Недостатньо висока якість виконання базових поверхонь заготовок може бути не тільки причиною викривлення геометричної форми деталей, але й причиною виникнення похибки контролю в процесі обробки.

Відхилення від правильної геометричної форми робочих поверхонь центральних отворів деталі призводить до того, що під дією сил різання відбувається зміщення оброблюваної заготовки відносно осі центру верстата.

В презиційному виробництві при обробці важливих деталей вводять спеціальну попередню операцію з доведення робочої частини центрального отвору з використанням спеціальних верстатів для шліфування та доведення центрових отворів.

Ширина робочої частини отвору визначається розмірами оброблюваної деталі. Надмірна ширина погіршує точність базування деталі в центрах верстата.

Твердість робочих кромek центрових отворів деталі повинна бути достатньо високою. Це виключає викривлення їх правильної геометричної форми та попереджує виникнення задирок у процесі обробки. Перед початком обробки центрові отвори деталі та центру верстата слід протерти й змастити.

При обробці деталей на плоско- та внутрішньошліфувальних верстатах, а також при обробці зовнішніх діаметрів деталей типу кілець і циліндрів треба контролювати базові та установочні поверхні, не допускаючи їх забруднення. Крім того, відхилення базової поверхні від її правильної геометричної форми також може бути причиною виникнення похибки обробки та контролю.

При нежорсткій системі овальність і конусоподібність заготовки, а також інші відхилення від правильної геометричної форми, що виникають на попередніх операціях, можуть бути не усунені в процесі остаточного, фінішного шліфування. Крім того, при контролі деталей з неправильною геометричною формою, що відрізняються від тієї, при якій налагоджувався вимірювальний прилад, з'являються додаткові динамічні похибки контролю.

Похибки геометричної форми остаточно обробленої деталі, що виникають через порушення геометричної форми заготовки, можуть бути зменшені шляхом зменшення допуску на форму на попередній операції, а також при використанні на фінішних операціях жорсткіших верстатів і вибором відповідних оптимальних режимів обробки.

Контроль довгих і нежорстких деталей має ряд специфічних особливостей. Постійність розміру по всій довжині деталі забезпечується точним виставлянням столів верстата, установкою люнетів та вибором відповідного циклу обробки.

При контролі нежорстких валів одноконтактними та двоконтактними вимірювальними приладами непостійне відтискання деталі під дією зусилля різання може призвести до значних випадкових похибок, які будуть тим більшими, чим більше зношення вимірювальних наконечників вимірювальних пристроїв. Непостійне відтискання деталей можливе також при неправильному регулюванні упорів люнетів.

Для контролю подібних нежорстких деталей доцільно використовувати триконтактні накидні скоби або скоби-наїзники, які самі орієнтуються на деталі.

Велике розкидання величини припуску на обробку може бути причиною виникнення похибок обробки. Різниця у величині шару металу, що видаляється, призводить до різного теплоутворення та відповідно до різних теплових деформацій оброблюваної деталі. Значні відхилення в твердості заготовок призводять також до різного теплоутворення в деталях у процесі обробки та відповідно до появи випадкової температурної похибки. Наприклад, деталь із великим припуском, що шліфується з достатньо фіксованими режимами різання на круглошліфувальному верстаті, оснащеному приладом активного контролю, після охолодження та відповідної температурної стабілізації буде мати менший розмір, ніж деталь із меншим припуском.

Значні відхилення в твердості заготовок призводять до різного теплоутворення в деталях у процесі шліфування, особливо в процесі силового шліфування, і відповідно до появи випадкової температурної похибки. Найбільш інтенсивно це виявляється при роботі із затупленим шліфувальним кругом. Треба також враховувати, що обробка деталей з підвищеною твердістю супроводжується інтенсивним зношуванням шліфувального круга та погіршенням його різальних властивостей.

В умовах масового виробництва заготовка на фінішну шліфувальну операцію іноді надходить безпосередньо з попередньої токарної або шліфувальної операції. Обробка на цих операціях виконується з інтенсивними режимами різання і відповідно з великим теплоутворенням. Деталі не встигають пройти процес температурної стабілізації. Виникають теплові деформації, що можуть збільшити похибку обробки великих масивних деталей. Тому стабілізація температури заготовок має важливу роль у забезпеченні високої точності оброблених деталей.

Сумарна похибка обробки включає систематичну і випадкову складові. Випадкова складова при автоматизованому виробництві з використанням засобів активного контролю складає велику частину сумарної похибки.

Необхідно відзначити, що ступінь впливу окремих збурень (збурюючих чинників) певною мірою позначається не тільки на стабільності отримання заданого рівня якості оброблюваного виробу, але й на зміні контрольованих параметрів у процесі обробки заданої деталі. Тому основна трудність створення подібних систем полягає у виділенні домінуючих збурюючих чинників, дії на які для управління

точністю обробки найефективніші.

У промисловості, особливо в серійному виробництві, застосовують самоналагоджувальні керуючі системи контролю з корекцією відхилення контролюючого параметра якості від заданого значення.

Такі системи з корекцією положення центру групування розмірів оброблених деталей компенсують тільки систематичний зсув розмірів оброблених деталей. Тому розглядатимемо лише випадкову складову сумарної похибки обробки, яка характеризується середньою квадратичною випадковою похибкою.

Розглянемо методику розрахунку похибок при чистових і остаточних операціях на прикладі круглого шліфування, оскільки саме на цих операціях остаточно формується розмір і якість обробленої поверхні.

При врізному шліфуванні середня квадратична похибка обробки, що визначає поле розсіювання розмірів у партії деталей, є результатом підсумовування таких складових:

$$\Delta_{\text{сум}} = \sqrt{\Delta_{nc}^2 + \Delta_{nd}^2 + \Delta_{oc}^2 + \Delta_{od}^2} . \quad (1)$$

Похибка Δ_{nc} регламентується паспортними даними засобу активного контролю, Δ_{nd} – залежить від часу t_n спрацьовування засобу активного контролю і швидкості V зміни розміру в момент формування остаточної команди, Δ_{oc} – залежить від часу t_o спрацьовування механізму відведення шліфувальної бабки і швидкості V зміни розміру у момент припинення обробки, Δ_{od} – залежить від температурних деформацій і некруглості оброблюваних у момент припинення обробки.

Похибка засобів активного контролю в динамічних умовах роботи

$$\Delta_{nd} = \sqrt{(t_n \Delta_v)^2 + (V \Delta_{in})^2} . \quad (2)$$

Похибка обробки в статичних умовах визначаємо виразом

$$\Delta_{oc} = \sqrt{(t_c \Delta_v)^2 + (V \Delta_{ic})^2} . \quad (3)$$

Похибка обробки в динамічних умовах роботи –

$$\Delta_{od} = \sqrt{\Delta_{to}^2 + \Delta_{\phi}^2} . \quad (4)$$

У свою чергу похибка, залежну від температурних деформацій, визначаємо виразом

$$\Delta_{to} = \sqrt{\Delta_{Vto}^2 + \Delta_{\delta to}^2} . \quad (5)$$

Як показали дослідження, на етапі зменшення швидкості спадання V , з деяким запізненням, температурна деформація збільшується. На етапі сталого спадання швидкість практично постійна, на етапі зростання швидкості спадання V , з деяким запізненням, температурні деформації зменшуються. Оскільки етап сталого спадання складає велику частину часу обробки, впливи температурної деформації призводить до незначного збільшення похибки.

На рисунку 1 зображена залежність сумарної похибки обробки $\Delta_{\text{сум}}$ від швидкості спадання припуску при обробці зовнішнього розміру $\varnothing 45$ мм.

Умови обробки: $V_{\text{різ}} = 60$ м/с; $n = 360$ хв⁻¹; цикл шліфування – урізування з подачами 1; 1,5; 5; 10; 15; 20 мкм/с.

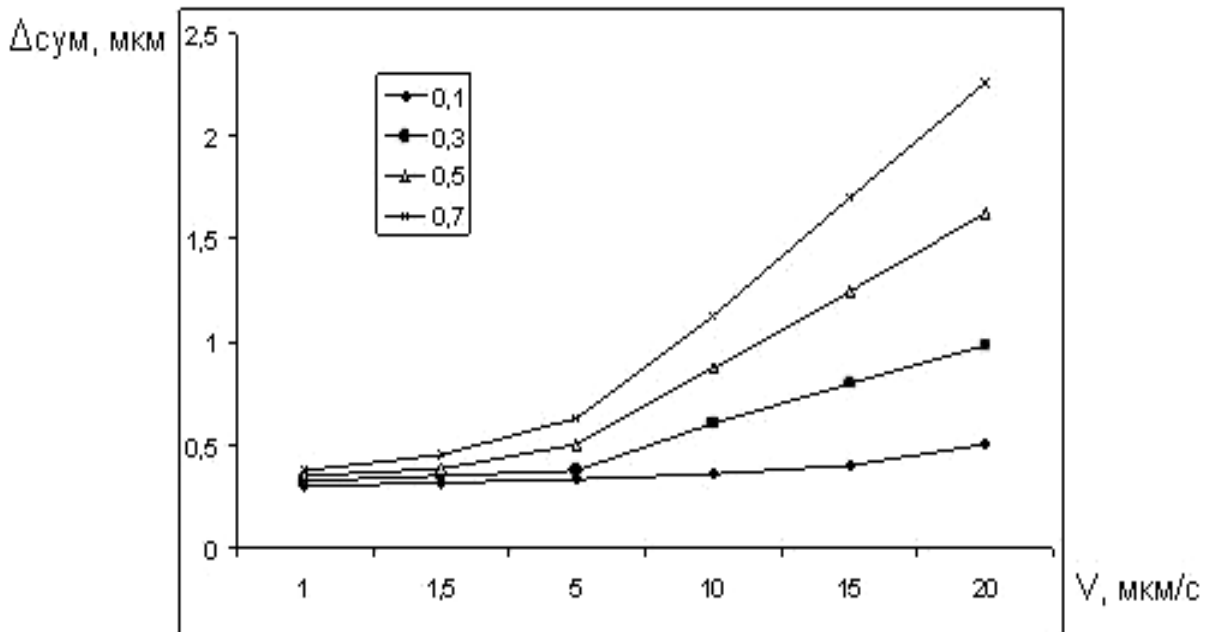


Рисунок 1. Залежність похибки обробки $\Delta_{\text{сум}}$ від швидкості V спадання припуску при різних нестабільностях швидкості спадання $\Delta V/V$

Як бачимо з графіка сумарна похибка дещо зростає зі збільшенням швидкості спадання і нестабільності швидкості спадання припуску. Однакову точність можна одержати при обробці зі швидкостями спадання 1 і 20 мкм/с. Проте, якщо в першому випадку допустима нестабільність швидкості до 0,7, що зазвичай виконується на практиці, то в другому випадку нестабільність не повинна перевищувати значення 0,1. Реалізація цієї вимоги на практиці пов'язана з труднощами.

Висновки. Дослідження показали, що похибки обробки залежать як від власних похибок вимірювального пристрою, так і від похибок заготовки й верстата.

Проведені дослідження підтверджують впливи технічних чинників на похибок обробки і вказують на необхідність стабілізації режимів різання на шліфувальних верстатах, призначених для високоточної і продуктивної обробки.

Література

1. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С.А. Зайцев, О.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. – М.: Академия, 2002. – 464 с.
2. Капустин Н. М. Автоматизация машиностроения: учебник для вузов / Н. М. Капустин, Н. П. Дьячкова, П. М. Ковалев. – М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.
3. Повышение производительности и точности контроля деталей / В.Т. Саункин, С.Г. Онищук, С.Л. Миранцов, В.И. Тулупов // Вестник ДГМА. – 2008. – Вып. 1. – С. 162–165.

Отримано 20.09.2010