Лекція 5. Точність процесів механічної обробки, категорії та види точності. Класифікація похибок при обробці різанням. Фактори, які впливають на похибки розмірів та форми деталей. Режими різання та нормування операцій розмірної обробки.

5.1 Точність процесів розмірного оброблення заготовок

Вирішуючи проблеми точності, технолог повинен забезпечити точність деталей, якої вимагає конструктор, при одночасному досягненні високої продуктивності й економічності їх виготовлення. Крім того, технолог має дослідити фактичну точність призначеного ТП і проаналізувати причини виникнення похибок оброблення.

Точність деталі – ступінь відповідності деталі вимогам креслення й технічних умов за розмірами, геометричною формою, шорсткістю, взаємним розташуванням оброблюваних поверхонь.

У виробничих умовах вирішують низку технологічних завдань, пов'язаних із різними *категоріями точності*:

– *задану* (*нормативну, конструкторську*) *точність* призначає конструктор під час розроблення креслень, спираючись на умови функціонування виробів; її можна досягти одним із двох принципово різних методів оброблення: методом пробних ходів і промірювань або методом автоматичного отримання розмірів на налагоджених верстатах;

– *дійсну* (*виробничу, одержану, реальну*) *точність* визначають вимірюванням геометричних параметрів деталі після оброблення;

– *очікувану точність* знаходять розрахунковим шляхом для оцінювання точності розроблюваної технології та проектованого або вибраного верстатного пристрою.

Граничним можливостям цієї операції відповідає *досяжна точність* оброблення, яку може одержати робітник високої кваліфікації на справному верстаті при необмежених витратах праці й часу.

Економічна точність технологічної операції – це точність, при якій витрати на оброблення поверхні конкретним способом будуть нижчими за витрати на оброблення тієї ж поверхні будь-яким іншим способом.

Проектуючи ТП, використовують довідкові дані з робіт [15, 22], де наведено класи точності й шорсткості, що є економічно доцільними для різних методів оброблення.

5.2 Види похибок оброблення з видаленням припуску

Оцінюючи точність, зазвичай кажуть не про відповідність параметрів реальної й заданої деталей, а про їх відмінність.

Чисельно точність можна виразити *похибкою* оброблення за конкретним параметром $\Delta = A_д - A_н$, де $A_д$ – реальне значення параметра; $A_н$ – задане номінальне значення параметра.

Одним із основних у технології машинобудування є положення про те, що вибрана для виготовлення деталі технологія повинна забезпечувати тільки той ступінь точності, який був заданий конструктором.

Суть і мета оброблення кожної поверхні полягають у послідовному уточненні параметрів заготовки до досягнення заданої для деталі точності.

Уточненням називають відношення похибки заготовки $\Delta_{заг}$ до похибки деталі $\Delta_{дет}$: $\varepsilon = \Delta_{заг} / \Delta_{дет}$.

Кожна операція оброблення даної поверхні повинна мати уточнення, більше за одиницю, тобто наступна операція ТП має забезпечувати більш високу точність оброблення, ніж попередня. Якщо уточнення дорівнює одиниці, або менше від неї, то така операція є зайвою.

Операційні похибки можуть бути систематичними й випадковими.

Систематичні похибки бувають двох видів:

– *постійні*, величина яких не змінюється в процесі оброблення;

– *змінні*, величина яких у процесі оброблення змінюється за певним законом, пов'язаним із механізмом дії кожного чинника.

У першому випадку похибку прийнято називати постійною систематичною похибкою, у другому – функціональною.

Основні первинні систематичні похибки оброблення:

- *Похибка верстата*. Залежить від точності виготовлення верстата, виявляється в процесі роботи верстата під навантаженням.
- *Похибка інструменту*. Впливає на точність оброблення мірним інструментом (свердлом, розверткою, мітчиком) і фасонним профільним інструментом (фасонним різцем фасону, фрезою, шліфувальним кругом), оскільки похибки їхніх розмірів безпосередньо переносяться на деталь.
- *Похибка пристрою*. Визначає точність установлення

оброблюваних деталей і впливає на точність оброблення як геометрична первинна похибка. Проектуючи пристрої, необхідно передбачати більш високу їхню точність, ніж точність виконуваної операції.

- *Спрацювання інструменту*. У процесі різання залежить від шляху різання і має три характерні зони: припрацьовування (до 3% шляху), нормального спрацьовування (від 95 до 99 % шляху) і катастрофічного спрацьовування (менше 1 % шляху). Темп нормального спрацьовування до заданого критерію стійкості інструменту визначає *питоме спрацювання інструменту* (спрацювання, віднесене до шляху в 1000 м), яке є довідковою величиною [23].
- *Похибка налагоджування верстата на розмір*. Суттєво впливає на точність оброблення. За методом *пробних проходів* похибку налагоджування визначають як систематичну похибку під час оброблення однієї деталі, за методом *автоматичного отримання розміру* – як систематичну похибку під час оброблення партії деталей.
- *Пружні деформації системи ВПІД*. Система ВПІД у цілому характеризується *жорсткістю* – відношенням складової сили різання, напрямленої за нормаллю до оброблюваної поверхні, до зсуву леза інструменту відносно деталі в тому ж напрямку. Жорсткість системи ВПІД впливає на точність оброблення, з одного боку, через деформації системи, з другого – через вібрації системи, що виникають. Для зменшення впливу жорсткості системи ВПІД на точність установлюють додаткові опори (люнети, віброгасники), змінюють геометрію різального інструменту й режим різання.
- *Теплові деформації інструменту*. Суттєво впливають на точність оброблення, залежать у першу чергу від режимів різання й умов оброблення; для заданих умов оброблення їх враховують як постійні систематичні похибки.
- *Похибки базування й закріплення*. Виникають під час установлення деталі на верстаті або у верстатному пристрої. Похибка базування виникає у разі автоматичного отримання розмірів унаслідок незбіжності встановлювальної й вимірювальної (конструкторської) баз, похибка закріплення – унаслідок деформації деталі під час закріплення.

Визначаючи операційну похибку, систематичні похибки підсумовують геометрично й зводять до напряму, нормального до оброблюваної поверхні.

Систематичні похибки лежать в основі розрахунково-аналітичного підходу до прогнозування точності, коли вивчають механізм дії конкретного чинника для того, щоб отримати аналітичні залежності для розрахунку похибок.

Випадкові похибки є результатом дії безлічі важко враховуваних випадкових чинників, що лежать в основі ймовірнісного підходу до розрахунку очікуваної точності.

5.3 Режим різання й нормування операцій оброблення з видаленням припуску

Терміни, визначення й позначення загальних понять стосовно обробки різанням наведено за ГОСТ 25762-83.

Режим різання – сукупність значень швидкості різання, подачі або швидкості руху подачі й глибини різання. Ці чинники залежать від матеріалу заготовки та його властивостей на конкретній операції оброблення, матеріалу й геометрії різального інструменту, виду й характеру обробки.

Швидкість різання v розраховують за емпіричними формулами для кожного виду обробки, які мають такий загальний вигляд:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_{mv} K_{nv} K_{uv} . \qquad (1.12)$$

Значення коефіцієнта C_v і показників степеня, а також періоду стійкості T інструменту, що використовується для конкретного виду обробки, наведено в довідковій літературі [22]. Поправкові коефіцієнти є спільними для різних видів обробки: K_{mv} ураховує якість оброблюваного матеріалу, K_{nv} – стан поверхні заготовки, K_{uv} – якість матеріалу інструменту.

Подача S – відношення відстані, яку проходить конкретна точка різальної кромки або заготовка вздовж траєкторії цієї точки в русі подачі, до відповідної кількості циклів іншого руху під час різання. Під циклом руху розуміють повний оберт, хід або подвійний хід різального інструменту.

Розрізняють такі види подач:

– *подача на оберт* S_0, мм – подача, що відповідає одному оберту інструменту або заготовки;

– *подача на зуб* S_z, мм – подача, що відповідає повороту інструменту або заготовки на один кутовий крок зубів інструменту;

– *хвилинна подача* S_m, мм/хв – величина переміщення інструменту за одиницю часу (є похідною величиною).

Хвилинну подачу для багатолезового інструменту обчислюють за формулою

$$S_m = S_z z \ n, \tag{1.13}$$

де z – кількість зубів інструменту; n – частота обертання, хв$^{-1}$.

Глибина різання t, мм – товщина шару припуску, який знімають за один робочий хід інструменту (вимірюється перпендикулярно до осі заготовки або до її поверхні).

Характеристики режиму різання залежать від конструкційного матеріалу, з якого виготовлено оброблювану заготовку.