

УДОСКОНАЛЕННЯ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ АДАПТИВНИМ УПРАВЛІННЯМ, РЕЖИМАМИ І ГЕОМЕТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ТОРЦЕВОГО ЛЕЗОВОГО ІНСТРУМЕНТУ

Ефективні технологічні процеси характеризуються високою продуктивністю обробки (цільова функція для оптимізації) при виконанні вимог щодо якості поверхні, поверхневого шару і точності розмірів оброблюваних заготовок. Тому завдання пошуку ефективних технологічних процесів є завданням технологічної оптимізації.

Завдання забезпечення зазначених вище вимог вирішується на двох етапах життєвого циклу виробу: етапі технологічної підготовки виробництва і етапі власне виробництва.

Найбільш складно оптимізувати процес на етапі його виконання з урахуванням індивідуальних особливостей елементів технологічної системи і ситуації, що виникає при обробці.

Обробка на металорізальних верстатах протікає при безперервній зміні зовнішніх умов і параметрів динамічної системи верстату. Описи процесів, що проходять при обробці, отримані теоретично при використанні відповідних допущень чи емпірично на основі статистичної обробки результатів експериментів для найбільш типових випадків. Ці залежності не враховують всього різноманіття факторів, що діють в реальних умовах в кожний даний момент часу.

Наявність жорсткої програми, що передбачає виконання фіксованих траєкторій і режимів різання, часто веде до зниження продуктивності. Це відбувається через те, що програмуванні не можуть бути враховані особливості обробки кожної деталі і розрахунок ведеться по середньостатистичним даним, причому вихідні граничні умови повинні вибиратися по найгіршим варіантам. Нерідкі випадки, коли запрограмована технологія (режими різання і траєкторія переміщення інструменту) виявляється непридатною, наприклад, через поганий схід стружки; при цьому неможливо уникнути переробки програми.

Щоб подолати ці недоліки необхідна наявність системи керування, яка дозволить оптимізувати процес обробки кожної деталі завдяки використанню поточної інформації по параметрам, що визначають умови і якість процесу різання.

Завдання ситуаційного управління може бути успішно вирішене за наявності достовірної інформації про фактичні параметри процесу і кінцевих показників обробки. Це можна забезпечити двома шляхами: контролем процесу і контролем результату. Контроль результату (фактичні значення показників обробки) часто неможливий або трудомісткий. Тому виходом з положення може бути ефективний контроль процесу, в тому числі за проміжними параметрами, що визначають зазначені вище кінцеві показники (вимоги креслення). Ефективним методом вирішення цього завдання в умовах автоматизації виробництва є вбудована діагностика стану технологічної системи і адаптивне управління процесом обробки.

Ідея адаптивного управління, висловлена в 70-х роках минулого століття професором Балакшиним Б.С., полягає в забезпеченні необхідної точності заключної ланки - одержуваного розміру деталі на підставі наступного співвідношення:

$$A_{\Delta} = A_y + A_c + A_d ;$$

де A_y , A_c , A_d - розміри установки, статичного (без робочих навантажень на різучі кромки інструменту) і динамічного (додаткове переміщення різальних кромок щодо баз верстата або пристосування) налаштування.

На верстатах з ЧПК, тобто при мінімальній участі робітника в автоматизованому процесі, необхідна точність деталей повинна отримуватись автоматично. Це підкреслює впливає адаптивного управління саме на верстатах з ЧПК і обробляючих центрах. Стабілізація розміру установки A_y на цих верстатах забезпечується обробкою з найменшим числом установок, у кращому випадку, з однієї установки, причому номінал розміру A_y зазвичай дорівнює нулю.

Слід зазначити, що точність обробки на верстатах, налагоджених на розмір, як правило, забезпечується за рахунок їх кваліфікованого налагодження. Це дозволяє враховувати відхилення розміру A_d за рахунок трудомісткості попередньої перевірки, яку здійснює наладчик. Враховуючи, що наладчик досягає прийнятного результату на найбільш навантаженій (по силі різання) ділянці обробки заготовки (вносить корекцію в розмір A_d на цьому навантаженому ділянці), можна зробити висновок, що всі інші ділянки обробки заготовки будуть недовантажені. Це призводить до відхилення розміру і до низької продуктивності обробки. Причому, при стабілізації розміру A_d зменшення та збільшення величини припуску на обробку супроводжується, відповідно, збільшенням і зменшенням подачі. Крім

того, автоматичне керування пружними переміщеннями, наприклад, шляхом зміни подачі, завдяки рівномірному і більш постійному навантаженню в технологічній системі, підвищує розмірну стійкість різального інструменту. Таким чином, крім досягнення необхідної точності обробки, при наявності адаптивного управління обробка ведеться з найбільш високою продуктивністю, яка можлива в технологічній системі.

На етапі технологічної підготовки виробництва неможливо передбачити і оцінити вплив індивідуальних особливостей елементів технологічної системи на показники якості обробки. Також неможливо оцінити відповідність обраних режимів обробки умові їх максимальної продуктивності. Це можливо зробити шляхом контролю фактичних показників якості обробки і порівнянням їх з вимогою креслення. Це можна зробити шляхом контролю проміжних технологічних параметрів (наприклад, питомої роботи різання), якщо відомі зв'язки цих параметрів із зазначеними вище кінцевими показниками.

В цей же час, застосування адаптивних систем не дозволяє вирішити проблеми притаманні процесу торцевого фрезерування, а саме:

- нерівномірність шорсткості оброблюваної поверхні за її шириною через нестабільність сил різання викликану трохойдальною траєкторією руху формуютьючих елементів (змінна товщина стружки);

- процес видалення припуску на обробку є переривчастим;

- кількість формуютьючих елементів, що знаходяться одночасно в процесі різання, змінюється при врізанні в оброблювану поверхню і виході з неї від одного до половини їх кількості в торцевому багатолезовому інструменті з кратною кількістю і на один менше ніж половина в разі не кратності, якщо діаметр фрези дорівнює ширині оброблюваної поверхні;

- зміна сил різання в процесі обробки, що притаманне торцевому фрезеруванню, призводить до нестабільності шорсткості обробленої поверхні. При симетричному торцевому фрезеруванні оброблені поверхні прямокутної форми на різних ділянках має різну шорсткість (як на ділянках врізання і виходу формуютьючих елементів, так і за шириною обробленої поверхні). Кількість врізань – виходів формуютьючих елементів при виході торцевого лезового інструменту подвоюється, що змінює частоту вимушених коливань;

- при симетричному розташуванні торцевого інструменту відносно оброблюваної поверхні і співвідношенні відбувається одночасно зустрічне і попутне видалення припуску, що незворотно призводить до утворення різної шорсткості за шириною обробленої поверхні;

- відхилення від перпендикулярності вісі шпинделя до траєкторії поздовжнього руху стола верстата, а також пружні деформації обробленої поверхні в процесі видалення припуску створюють умови утворення слідів від повторного торкання формуютьючих елементів під час їх холостого ходу над обробленою поверхнею, що погіршує її шорсткість;

Уникнути появи цих недоліків практично неможливо через специфіку процесу торцевого фрезерування. Потрібно змінити кінематику руху формуютьючих елементів відносно оброблюваної поверхні, забезпечивши максимально можливу постійність сил різання (рівномірність процесу).

Перераховані вище проблеми дозволяють зробити висновок про необхідність розробки нових способів фрезерування, які б принципово відрізнялись від класичного способу обробки торцевим лезовим інструментом. Перш за все, це можлива відмова від трохойдальної траєкторії руху формуютьючих елементів, розробка нових конструкцій приводу робочих органів верстату, зміна геометричних параметрів різального інструменту.