

Вступ

Наука «Теорія різання» за час свого існування мала період бурхливого розвитку і наразі можна констатувати поступове зменшення наукових досліджень саме у цій області. Такий хід розвитку цієї науки повністю відповідає розвитку машинобудування і зокрема металообробці різанням, тому що завжди практичні потреби стимулюють розвиток певної галузі знань.

На початку суттєвого підвищення ролі машинобудування у суспільному розвитку людства виникла потреба досконалого вивчення процесів, що відбуваються в процесі різання. Були проведені цілі серії досліджень, виникли нові наукові школи, завдяки роботам яких було усунуто багато білих плям з цієї галузі знань. Був досягнутий досить високий рівень вивчення процесу, отримані певною мірою адекватні математичні моделі багатьох його характеристик.

Були досліджені силові і теплові характеристики процесу різання для різних видів оброблення, складені математичні моделі утворення характеристик поверхневого шару деталі в залежності від геометричних параметрів інструменту, режиму різання, матеріалу заготовки тощо. Здебільше такі математичні моделі мають вигляд емпіричних залежностей, мають суттєві недоліки щодо точності представлення, адекватності і не мають універсального характеру, що затрудняє їх безпосереднє застосування на виробництві. Доречі, саме такий підхід і його вади примусили розробляти численні довідники, а для вимог виробництва - нормативи режиму різання для певної гами матеріалів і умов практичної реалізації.

Досить великий відрізок часу (можна вважати, до тепер) таке положення влаштовувало виробничників. Чому саме? По-перше, не було реальної можливості ураховувати всі досягнення теорії різання, навіть досить давні, а по-друге, не було нагальної потреби це робити. Металообробка різанням здійснювалась на універсальних, спеціальних або спеціалізованих верстатах, автоматах та автоматичних лініях. Часто знання режиму різання при обробленні різанням того чи іншого матеріалу було певним ноу-хау кожного виробництва. Таку ситуацію можна вважати цілком гармонічною, що відповідала певному етапу у розвитку металообробки і економіки. Розроблені нормативи використовувались на виробництві в основному при нормуванні робіт, а у довідниках навіть відсутні відомості про математичні моделі складових сили різання, не кажучи вже про температури при різанні.

З часом з'явилися верстати з ЧПУ, які спочатку майже нічого принципово не змінили у методиках та підходах до проектування технологічної підготовки виробництва і призначення режиму різання. Однак, з удосконаленням комп'ютерної техніки, систем приводів подач і головних рухів верстатів, з появою нових систем ЧПУ, коли верстат керується безпосередньо від комп'ютера, ситуація змінилась.

Таке нове покоління верстатів з ЧПУ може майже все: безперервне регулювання формоутворюючих рухів, безступінчасте регулювання швидкостей головного руху і подач тощо. Таким чином, реальні технічні можливості верстатів вже вимагають нових підходів до проектування технологічних процесів і окремих операцій.

Відомо, що будь-який комп'ютер потребує системної оболонки, наприклад Windows чи іншої. Без неї він – купа «заліза». Так само сучасний верстат з ЧПУ без САМ-системи (Computer Aided Manufacturing) вже не може бути ефективно

використовуваний на сучасному виробництві. Він також, як і звичайний комп'ютер, вимагає встановлення системи.

Такі САМ-системи були створені і наразі набули широкого використання. Однак, на жаль, першими розробниками таких систем були спеціалісти з програмування, нарисної геометрії і, в останню чергу, спеціалісти з металообробки. Такі системи блискуче вирішують завдання з проектування формоутворюючих рухів для виготовлення поверхонь майже будь-якої складності, але не враховують що така поверхня утворюється на верстаті в результаті процесу різання, який має силові, температурні збурення, зношування інструменту тощо.

Таким чином, склалася ситуація, коли з боку обладнання з'явилися можливості керування процесом різання у широкому діапазоні, а з боку систем управління такі можливості просто не використовуються. Таке протиріччя є рушійною силою подальшого розвитку металообробки різанням, теорії різання.

Взагалі існує три узагальнені принципи управління будь-яким процесом: за апріорною інформацією, за поточною та за апостеріорною інформацією. Перший передбачає управління процесом на базі наперед відомої математичної моделі. У теорії автоматичного управління він називається управлінням за збуренням і передбачає проектування таких управляючих впливів, які компенсують дію збурень і приводять до досягнення цілі управління. Зрозуміло, що ефективність такого методу цілком залежить від адекватності закладеної у ньому математичної моделі. Безумовною перевагою такого методу є можливість його використання на сучасному обладнанні з ЧПУ без будь-якої його модернізації, а управління виконується через САМ-систему технологічного підготовки виробництва.

Другий метод набув свого розвитку у 70-80 роки 20 століття (роботи школи Балакшина) і передбачає управління за помилкою, тобто фактична поведінка об'єкту, що управляється, весь час порівнюється з бажаною і помилка, що утворюється, використовується для управління так, щоб звести її до мінімуму. Ясно, що такий метод передбачає наявність зворотного зв'язку і звісно, модернізацію існуючого обладнання. І хоча в цьому разі можна обійтись без точного знання математичної моделі процесу, що управляється, значне ускладнення обладнання і відсутність надійних датчиків сигналів зворотного зв'язку для процесу різання, поки що стримують використання такого методу у виробництві. Третій метод також передбачає модернізацію всієї системи виробництва, з метою забезпечити автоматичне урахування досвіду обробки однієї деталі при виконанні обробки наступної. Складність організації таких зворотних зв'язків на діючому виробництві поки що гальмує його широке практичне використання.

Таким чином, єдиним найбільш ефективним методом управління процесом різання наразі є управління за апріорною інформацією з використанням у якості засобу управління САМ-системи. У такому напрямку ведуться роботи і набувається позитивний досвід. На кафедрі Технології машинобудування НТУУ «КПІ» такі роботи були розпочаті ще у 90 роках ХХ століття, а тепер можна побачити перші результати втілення таких ідей, на жаль, у закордонних розробках відомих фірм у галузі створення САМ-систем. Найбільш «просуненим» у такому напрямку є продукт фірми DelCAM, а саме, пакет MasterCAM.

Як вже пояснювалось, ефективність такого управління цілком залежатиме від адекватності математичної моделі, що закладена у програмне забезпечення. Тому з'являється нове замовлення виробничників до науковців: отримати більш адекватні математичні моделі процесів різання для різних видів і різних умов

оброблення. Тому саме зараз слід очікувати нового піку у дослідницьких роботах з теорії різання.

Цим посібником започатковуються такі роботи, які, спираючись на досвід попередників, використовуючи сучасні можливості широкого застосування чисельних методів завдяки обчислювальній техніці, представляють нові моделі різних видів оброблення, які роблять їх більш адекватними. Запропоновані підходи мали на меті якомога більше скоротити емпіричну частину математичних моделей процесів різання, яка складає майже 90% і ввести чисельні методи, які дозволяють проводити попереднє моделювання з метою формування подальших алгоритмів управління. Управління повинно проводитись за трьома напрямками послідовно: спочатку формується скоректована траєкторія формоутворюючого руху, яка підвищує точність обробки, потім формується закон управління керуючим впливом (найчастіше подачею) з метою стабілізації умов оброблення за всім циклом оброблення поверхні деталі, що забезпечує стабільну якість і, нарешті, проводиться оптимізація процесу різання з метою отримання максимальної продуктивності.

Проте, подальший розвиток і удосконалення запропонованих моделей та підходів безумовно вимагає проведення експериментальних досліджень, що дозволить нарешті отримати адекватні моделі реальних процесів різання.

Розроблений цикл лабораторно-комп'ютерних робіт з **моделювання процесів обробки матеріалів різанням** призначений для введення запропонованого нового підходу до моделювання процесів різання для різних видів оброблення зі зняттям стружки у навчальний процес підготовки кадрів майбутніх інженерів у галузі машинобудування, які будуть, якщо не розробниками, то точно користувачами нових САМ-систем для верстатів з ЧПУ.

Цикл включає 5 лабораторних робіт, кожна з яких у своїй теоретичній частині має викладення запропонованого підходу для створення математичної моделі того чи іншого процесу різання.

Лабораторна робота №1 «Дослідження силових характеристик при токарному обробленні» має у своїй основі одну, найбільш адекватну, емпіричну залежність складової P_z сили різання, а інші складові визначаються як складові розкладу вектора головної сили різання за обраною системою координат. Завдяки такому підходу вдалося усунути від подальшої емпірики і у той же час ввести у математичну модель вплив всіх геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання.

Лабораторна робота №2 «Дослідження силових характеристик при свердлінні та розсвердлюванні» побудована на математичній моделі процесу, яка дає можливість не тільки визначати осьову силу і крутячий момент при різних режимах і умовах різання, а й прогнозувати умови міцності інструменту.

Лабораторна робота №3 «Дослідження силових характеристик при циліндричному фрезеруванні та лабораторна робота №4 «Дослідження силових характеристик при торцевому фрезеруванні» визначають силові характеристики процесу за чисельним алгоритмом розрахунку миттєвого перетину шару припуску, що зрізується кожним зубом. Запропонований підхід дозволив отримати найбільш адекватну модель, яка має перспективи безпосереднього включення до сучасних САМ-систем технологічного підготовки таких операцій.

Лабораторна робота №5 «Дослідження силових характеристик при круглому врізному шліфуванні» в основі математичної моделі має чисельний метод розрахунку головного параметру будь-якого процесу шліфування – довжини лінії

контакту шліфувального круга і заготовки. Запропонований алгоритм має універсальний характер і надає можливість у подальших розрахунках силових характеристик використовувати найбільш адекватну характеристику процесу шліфування – швидкість зняття припуску.