

Ю.В. Петраков, д-р техн. наук, проф., К.М. Паньків, ас
НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШАРУ ПРИПУСКУ,ЩО ЗРІЗУЄТЬСЯ, ПРИ 3-D ОБРОБЦІ

Рассматриваются методы определения, а также варианты расчета параметров срезаемого слоя припуска. Сравниваются разные методы по возможностям предоставления информации, необходимой для определения оптимальных законов управления процессом резания. На этом основании делаются выводы о необходимости создания отдельного программного продукта, который способен решать задачу управления процессом резания при любой схеме формообразования 3-d поверхностей.

The methods of determination, and also variants of calculation of parameters of layer of assumption which cutting, are examined, at 3-D treatment. Different methods are compared after possibility of grant of information, necessary for determination of optimum laws of process control of cutting. On such foundation drawn a conclusion about the necessity of creation of separate software product which is able to decide such task at any chart of machining of 3-D surfaces.

Актуальність проблеми

Сучасне машинобудування нероздільно з використанням машин і механізмів зі складними робочими поверхнями, що дозволяють найпростіше виконувати багатофункціональні завдання. Найбільш прогресивним методом обробки таких поверхонь є обробка на верстатах з ЧПУ. Використання сучасних програмних продуктів (САМ-систем) по створенню управляючих програм для верстатів з ЧПУ дозволяють без особливих проблем проектувати програми, що управляють верстатом при обробці складних 3-D поверхонь, задавати залежно від властивостей матеріалу, інструменту, устаткування, параметри режимів обробки. Проте, завдання режиму різання покладене на технолога і не передбачає втручання САМ-системи в управління процесом різання. У той же час відомо, що всі вихідні параметри процесу обробки і обробленої поверхні суттєво залежать від режиму різання.

При обробці 3-D поверхонь умови різання на різних ділянках можуть відрізнятися у декілька разів [1, 3], тобто процес є квазістаціонарним, що в принципі унеможливорює призначення постійних (оптимальних) значень складових режиму різання (швидкості, глибини, подачі) [2]. При ігноруванні таких особливостей процесу оброблення складних поверхонь єдиним рішенням є розрахунок за найбільш несприятливими умовами, що обов'язково приводить до зниження режиму різання на всіх інших ділянках оброблюваної поверхні. Цілком очевидно, що, знижуючи режими різання на всіх етапах обробки і, таким чином, забезпечуючи якість обробленої поверхні, звичайно суттєво програють в часі обробки. Тому не існує альтернативи перманентному управлінню режимом різання, витримуючи, таким чином, на всіх ділянках його оптимальні параметри. Таке завдання не в змозі вирішити технолог, бо воно вимагає формування певних законів управління, а існуючі САМ-системи, у своїй переважній більшості, не дають розв'язання цієї важливої проблеми.

Постановка задачі

Для вирішення цієї важливої проблеми, що значно стримує підвищення продуктивності процесів оброблення 3-D поверхонь, перш за все треба визначити формулювання завдання, виходячи з канонів системного підходу. Що це означає? По-перше необхідно визначити впливи, що управляють, тобто такі складові процесу різання, змінюючи які можна активно впливати на течію всього процесу зняття припуску на всіх етапах оброблення. Звичайно, таким універсальним впливом, що є дійовим при переважній більшості видів обробки (точіння, фрезерування, шліфування тощо) є подача за формоутворюючою траєкторією. По-друге, визначають мету управління якою безумовно є продуктивність. Йдеться про управління, що без зміни обладнання, інструменту та вихідних даних заготовки, вимог точності, якості забезпечить скорочення часу оброблення до можливого мінімуму і таким чином зменшить собівартість виробу.

Для вирішення такої комплексної задачі оптимізації, коли визначається не оптимальні установчі управляючі впливи, а функції управління, тобто по суті, вирішується варіаційна задача, необхідно розробити математичну модель процесу, що управляється. Причому математична модель повинна відображати залежності головних (а краще одного головного) збурень, за яким буде вираховуватись функція управління. Це є третім завданням розв'язання проблеми.

Така постановка задачі передбачає реалізацію управління за рахунок застосування єдино ефективного наразі методу управління за апріорною інформацією [3]. Такий метод у якості системи управління повинен використовувати САМ-систему, що створює управляючий файл для верстату з ЧПУ і не вимагає будь-якої модернізації діючого обладнання з ЧПУ.

Методи вирішення проблеми

Найважливішими параметрами, що повинні бути урахованими у математичній моделі процесу зрізання припуску є, безумовно, параметри шару припуску, що зрізається у кожен поточний момент часу, і визначають, наприклад, його об'єм. Визначення об'єму шару припуску, що зрізується, при 3-D обробці з можливістю передачі цієї інформації для використання при оптимізації режимів різання і проектування закону управління подачею є складним завданням, для вирішення якого можливо використовувати декілька варіантів рішення.

Саме такий підхід використовує провідна фірма, розробник САМ-систем, американська компанія CGTech. САМ-системи цієї фірми (VeriCut 6.1) використовуються у найвідповідальніших виробництвах металообробних підприємств Росії, а в Україні на Краматорському заводі важкого машинобудування. Не зважаючи на значну вартість одного робочого місця (орієнтовно \$50 тис.), завдяки суттєвим перевагам, що кінцево полягають у підвищенні продуктивності оброблення на коштовному обладнанні, така система є самоокупною. Таким чином, одним із варіантів визначення величини об'єму шару припуску, що зрізується, може бути використання програмних продуктів САМ-систем, наприклад VeriCut 6.1. Проте, інтенсивний пошук у всіх джерелах інформації показав, що поки на ринку це є єдина САМ-система, яка декларує вирішення такого завдання.

На рис.1 представлений фрагмент, що пояснює принцип, на якому побудоване проектування оптимізованих управляючих програм. На кожному кроці моделювання розраховуються параметри шару 1 припуску, що зрізається при взаємодії інструменту 2 з заготовкою 3. Такий самий розрахунок проводиться і у перетині, паралельному напрямку формоутворюючої подачі S . Таким чином, стверджується, що визначаються всі необхідні параметри процесу зрізання припуску, на підставі чого проектується певний закон управління, який приводить до оптимізації процесу.

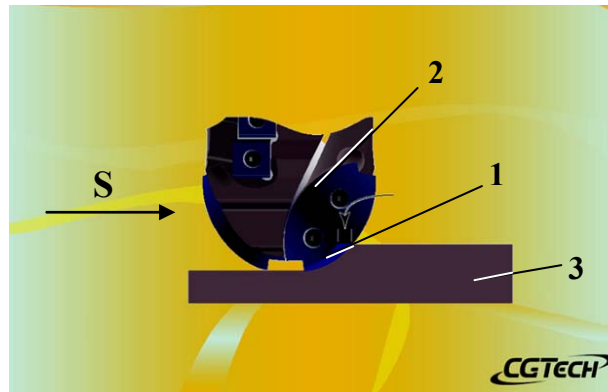


Рис.1. Визначення максимальної товщини стружки

Система надає можливість, за наявною управляючою програмою для верстата з ЧПУ, інструменту з відповідними геометричними параметрами, заготовки, креслення деталі провести візуалізацію обробки, і, за допомогою внутрішніх функцій системи, отримати інформацію про величину об'єму шару припуску, що зрізається.

Далі, на спеціальному інтерфейсі (рис.2) за допомогою графіків (лінія 1) візуально і по значеннях в потрібний момент часу та (або) траєкторії обробки визначити зміну величини об'єму шару припуску, що зрізається, та отримати значення згідно кожного етапу (траєкторії та (або) проміжку часу). Окрім величини об'єму шару припуску, можуть бути визначені параметри зміни режимів обробки згідно існуючих умов, що дозволить після оптимізації режимів обробки і повторного моделювання порівняти отримані результати з попередніми і відчувати різницю.

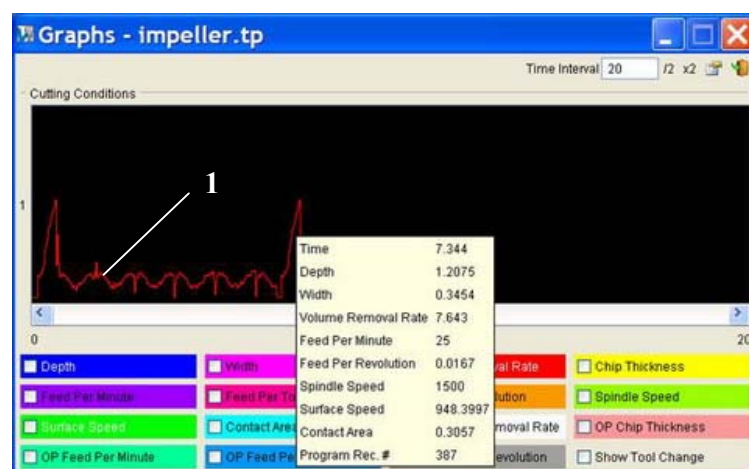


Рис.2. Графічне відображення зміни параметрів обробки

Оптимізація процесу обробки може відбуватись по одному з параметрів: подача, швидкість обертання, зміна траєкторії обробки. Траєкторії обробки поверхонь звичайно визначаються з урахуванням можливостей обладнання і задаються при розробці управляючої програми. Але при розробці управляючих програм для спеціальних верстатів, потрібна оптимізація обробки з урахуванням кінематичних можливостей спеціального верстата.

Аналіз підходу, що запроваджений у такій САМ-системі показує, що вона може бути використана для вирішення задач стабілізації умов оброблення 3-D поверхонь, однак, процедури, що використовуються є ноу-хау розробника і не відкриваються. Крім того, модуль оптимізації, що присутній у програмному продукті, викликає сумніви щодо вирішення класичної задачі оптимізації процесу різання, оскільки не вимагає від технолога-користувача введення необхідних для цього вихідних даних.

Також слід зауважити, що, використання методів VeriCut дозволяє працювати в основному із стандартними типами деталей, інструменту і устаткування і ускладнює оптимізацію параметрів обробки при використанні верстатів з ЧПУ зі спеціальною схемою формоутворення. Наприклад, при обробці калібрів для станів холодної прокатки труб (ХПТ) (див. поверхню 1 на рис.3) шліфуванням, визначення величини шару припуску, що зрізується, є складним, але необхідним завданням для оптимізації процесу і не може бути реалізовано внутрішніми засобами системи VeriCut. В цьому випадку необхідне створення спеціальних програмних засобів для визначення величини об'єму шару, що зрізується.

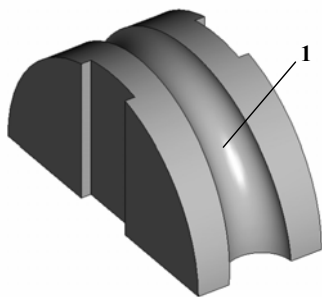


Рис.3. Калібр стану ХПТ

Як альтернативні можуть розглядатися методи вирішення такого завдання або при моделюванні чисельними методами через створення спеціального програмного забезпечення, або графоаналітичним шляхом з використанням зовнішнього графічного редактора. Графоаналітичний метод дозволяє отримати інформацію про процес обробки і, зокрема, про величину об'єму шару, що зрізується, в різні моменти обробки, але при цьому потрібна висока якість початкової інформації. Йдеться про, наприклад, геометрію заготовки і деталі, залучення додаткових програмних продуктів для перевірки початкових даних, що в решті-решт негативно впливає на кінцевий результат розрахунків і зменшує точність та швидкість розрахунку.

Для вивчення можливостей графоаналітичного методу був використаний графічний редактор T-flex (розробник ТОО-Систмеми, Москва). При моделюванні для підвищення якості розрахунку доцільно використовувати 3-D моделювання (рис.4). При цьому параметри шару припуску, що зрізується, можна визначати на кожному кроці, який характеризується координатами, що визначають взаємне розташування шліфувального круга 1 і заготовки 2. В результаті можна отримати графічне зображення сліду 3 взаємодії, який показує оброблену поверхню, площу контакту та

деякі інші параметри взаємодії двох тіл у просторі. Використання даного методу дозволяє візуально, а також в цифровому вигляді, за допомогою внутрішніх засобів графічного редактора визначити величину об'єму шару припуску, що зрізується, у будь-який момент часу.

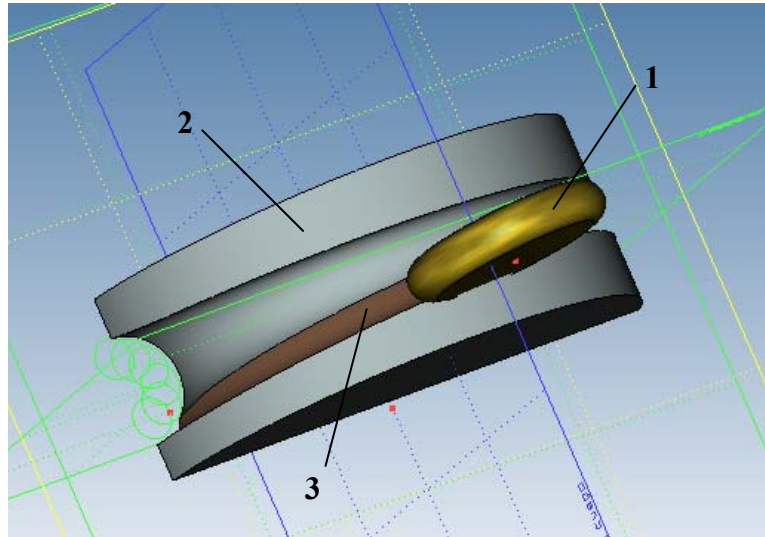


Рис.4. Графічне 3-D відображення взаємодії інструменту і заготовки

Проте, виходячи з того, що отримана інформація необхідна для формування закону управління, який повинен розраховуватись в автоматичному режимі спеціальним модулем оптимізації загальної САМ-системи проектування управляючої програми, цей метод не можна вважати таким, що повністю відповідає вимогам.

Висновки

На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Отримання інформації про величину об'єму шару припуску, що зрізується, в процесі обробки є необхідним для вирішення подальших задач оптимізації процесу обробки.

2. Залежно від виду і умов обробки, визначення об'єму шару припуску, що зрізується, може бути виконане двома методами: застосування графічних редакторів або моделюванням за спеціальними алгоритмами.

3. При обробці складнопрофільних деталей на спеціальних верстатах визначення величини об'єму шару припуску, що зрізується, необхідно проводити моделюванням чисельними методами; графоаналітичний метод дає можливість визначати необхідні параметри, але не адаптований до функціонування разом з оптимізаційним модулем проектування закону управління в автоматичному режимі.

Список літератури

1. Радзевич С. П. Формообразование поверхностей деталей (Основы теории). Монография – К.: „Растан”, 2001.- 592 с.
2. Интеллектуальные возможности современных САМ-систем // CAD/CAM/CAE Observer. №4.- 2002. С.2-7
3. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. - Київ: УкрНДІАТ, 2004.-383с.