

С. С. КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук,
О. В. МАЗУРЕЦЬ, Хмельницький, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСОБУ КОМПЛЕКСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МЕТАЛОРІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

У статті викладено аналіз можливості моделювання життєвого циклу металоріжучого інструменту як системи моделей, кожна з яких відповідає певному етапу життєвого циклу інструменту. Доведено, що моделювання процесу виконання наступних етапів життєвого циклу інструменту дозволяє значно зменшити потужність зворотних зв'язків і, відповідно, підвищити ефективність всього циклу та зменшити затрати на його реалізацію. Розглянуто особливості моделювання елементів життєвого циклу інструменту, сформовано необхідний методологічний апарат.

В статье проведено анализ возможности моделирования жизненного цикла металлорежущего инструмента как системы моделей, каждая из которых отвечает определенному этапу жизненного цикла инструмента. Доказано, что моделирование процесса выполнения последующих этапов жизненного цикла инструмента позволяет значительно уменьшить мощность обратных связей и, соответственно, повысить эффективность всего цикла и уменьшить затраты на его реализацию. Рассмотрены особенности моделирования элементов жизненного цикла инструмента, сформировано необходимый методологический аппарат.

In article analysis of the possibility of modeling of the life cycle of the instrument is stated as systems of the models, each of which corresponds to the certain stage of the life cycle of the instrument. It is proved, that modeling of the process of the execution following stage life cycle of the instrument allows vastly to reduce the power of the feedbacks and, accordingly, raise efficiency of the whole cycle and reduce the expenses on its realization. The considered particularities of modeling life cycle element of the instrument and is formed necessary set of the methods.

Вступ

Моделювання функціонування штучних систем у багатьох галузях науки допомагає підвищити їх ефективність та зменшити затрати на них. Особливо це відчутно у випадку, коли моделювання охоплює всі стадії життєвого циклу систем. Оптимізація життєвого циклу металоріжучого інструменту в машинобудуванні є однією з таких задач.

Проте сучасні роботи в даному напрямку присвячені або систематизації моделей [1, 2], або апроксимації функціональних аспектів

певних моделей до функціональних аспектів всієї системи [3, 4]. Відповідно, робота в означеному напрямку є актуальною.

З точки зору системного аналізу [5] моделювання функціонування штучних систем є найбільш ефективним тоді, коли моделювання охоплює весь її життєвий цикл. Однак у випадку із моделюванням життєвого циклу металоріжучого інструменту, яке є одночасно складною і комплексною задачею, системне моделювання, на думку авторів, найбільш ефективно розглядати як систему моделей. Кожна із таких моделей відповідає певному етапу життєвого циклу інструменту.

У попередніх публікаціях авторів було розглянуто класифікацію типів та методику вибору моделей [6], а також приклади й аналіз ефективності застосування ряду моделей процесів різання як елементів загальної системи для збільшення життєвого циклу металоріжучого інструменту [7]. Метою даної статті є аналіз життєвого циклу металоріжучого інструменту як композитної системи та опис моделей, які відповідають певним етапам життєвого циклу інструменту, та взаємозв'язків між ними.

Основна частина

Системний аналіз вимагає для повноцінної роботи із штучною системою розгляду всього її життєвого циклу, від ідеї концептуальної формалізації до повернення ресурсів у зовнішнє середовище [5]. Відповідно до цього, повний життєвий цикл інструменту складається з наступних етапів (Рисунок 1):

Цільова формалізація – заходи, що стосуються постановки завдання виробництва: визначення необхідності виробництва цільової продукції; експлуатаційні, технічні, технологічні та економічні вимоги до продукції, а також призначення, особливості застосування, терміни виробництва й ін.. У наступних етапах життєвого циклу інструменту елементи цільової формалізації виступають в якості обмежень відповідного характеру.

Геометричне моделювання – створення засобами САПР креслення розроблюваного інструменту, що відображає остаточний зовнішній вигляд та всі геометричні параметри інструменту. Вхідною інформацією для геометричного моделювання служить зведення цільової формалізації, а вихідною – креслення (звичайно цифрове) інструменту.

Технологічне моделювання – розробка засобами САПР ТП технологічного процесу виготовлення інструменту (що включає, у разі необхідності, процес складання). Основною вимогою при технологічному моделюванні є можливість виготовлення інструменту, спроектованого в

результаті геометричного моделювання, існуючими на підприємстві засобами та відповідність вимогам цільової формалізації. Вхідною інформацією для технологічного моделювання служить цифрове креслення інструменту, а вихідною – технологічний процес виготовлення інструменту.

Виробничий процес – виготовлення інструменту із заготовок у відповідності до розробленого технологічного процесу. Технологічний процес включає процес складання, якщо він передбачений на етапі технологічного моделювання. Вхідною інформацією для виробничого процесу є технологічний процес виготовлення інструменту, а вихідною – готова продукція.

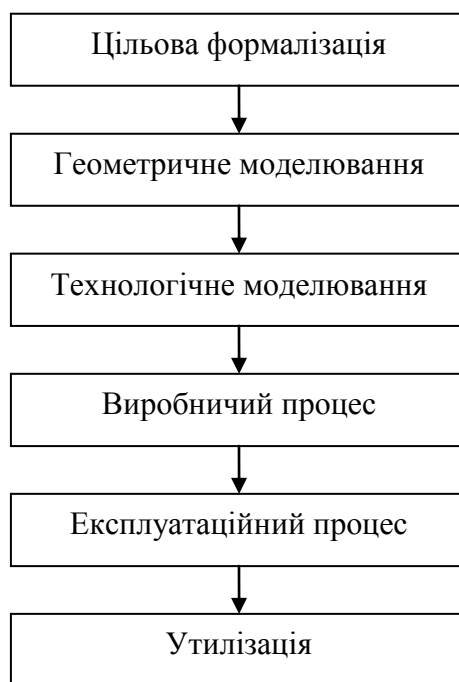


Рисунок 1 – Схема життєвого циклу інструменту

Експлуатаційний процес – основний і цільовий етап життєвого циклу інструменту, в ході якого інструмент використовується за призначенням. На початку експлуатаційного процесу визначено інструмент як готову продукцію, а завершення експлуатаційного процесу характеризується припиненням виконання інструментом функцій, відповідних його призначенню. Припинення функціонування інструменту може мати широкий спектр причин: технічне чи моральне старіння, остаточний фізичний знос, невідновна поломка та ін..

Утилізація – завершальний етап життєвого циклу інструменту, що характеризується припиненням існування інструменту як виробу й як

функціональної одиниці. При необхідності, процес утилізації включає процес розбирання. Вхідним матеріалом у процесі утилізації є інструмент, що підлягає утилізації, а також технологічні процеси утилізації й розбирання. Вихідним матеріалом є брухт, відходи та сировина.

Кожному з наведених етапів життєвого циклу інструменту характерні свої власні методи моделювання, призначені для оптимізації широкого спектру параметрів виробу.

Звичайно взаємозв'язки між етапами життєвого циклу інструменту є наступними: прямі послідовні; зворотні.

В рамках прямих послідовних зв'язків (Рисунок 1) на наступний етап передається інформація про результат виконання попередніх етапів і обмеження на виконання наступних.

Зворотні зв'язки виражають зворотну реакцію, що виникає при виконанні відповідного етапу, й переважно мають корективний характер.

На рисунку 2 наведено приклад можливих зворотних зв'язків, що виникають внаслідок корекційного впливу критичних ситуацій при експлуатаційному процесі. Нехай в процесі експлуатації різця виявилось, що при контакті заготовки й ріжучої кромки відбувається критичний перепад навантаження (Рисунок 3,а) на ріжучий інструмент під час врізання внаслідок виникнення лінійного контакту заготовки й ріжучої кромки [7]. Корекційний вплив при цьому буде наступним. Генеральний зворотний вплив буде спрямований на етап геометричного моделювання: при зміні профілю різця із прямого на радіальний критичний перепад навантаження на ріжучий інструмент буде усунуто (Рисунок 3,б). Однак зміна геометричних параметрів різця буде мати наслідком корекцію техпроцесу його виготовлення (вплив на технологічне моделювання), що внесе зміни у виробничий процес, аж після чого експлуатаційний процес буде оптимізовано. При цьому змінений продукт може мати відкориговану область застосування (вплив на цільову формалізацію) та дещо інший процес утилізації.

В залежності від особливостей критичних ситуацій, генеральний зворотний вплив може бути спрямований на різні етапи життєвого циклу інструменту, однак загальний вплив є звичайно глобальним в рамках всіх етапів.

Основною рисою зворотних зв'язків є те, що вони направлені на виправлення допущених на попередніх етапах помилок. Моделювання процесу виконання наступних етапів дозволяє значно зменшити потужність зворотних зв'язків і, відповідно, підвищити ефективність всього циклу та зменшити затрати на його реалізацію. Адже встановлено,

що виправлення помилки при моделюванні наступного етапу має на порядок меншу вартість, ніж виправлення помилки шляхом зворотної корекції на один крок назад.

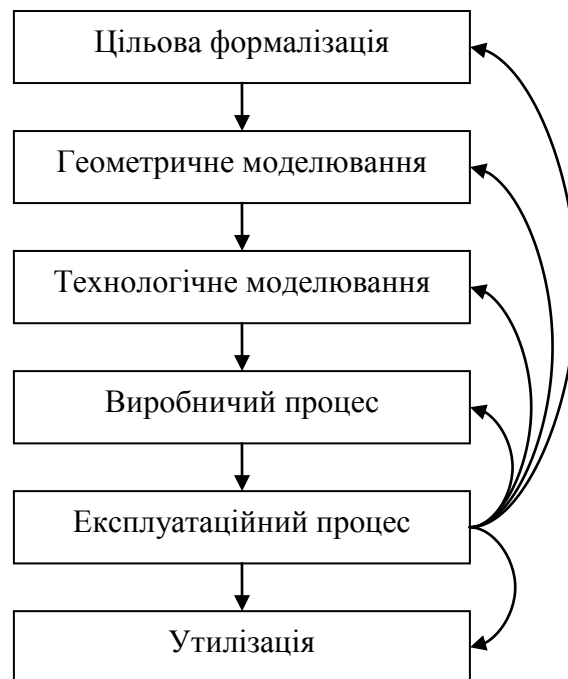
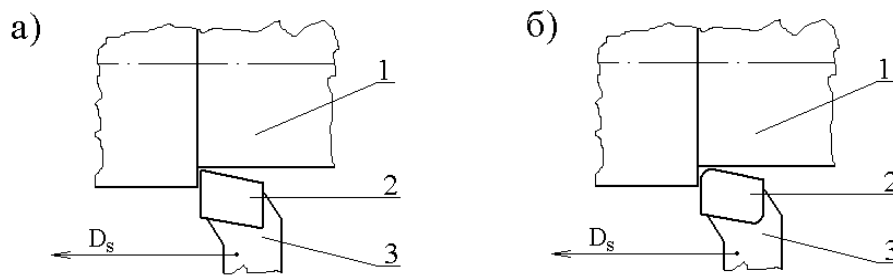


Рисунок 2 – Можливі зворотні зв'язки від експлуатаційного процесу

Моделювання є дослідженням об'єктів на їхніх моделях, тобто побудова й вивчення моделей реально існуючих предметів й явищ. У розглядуваній області застосування найбільш прийнятним є моделювання аналогове – один з видів моделювання, заснований на ізоморфізмі процесів, що мають різну природу, але описуваних однаковими математичними моделями. З огляду на специфіку процесів, що мають моделюватися, оптимальним способом моделювання є емуляція, тобто імітація роботи однієї системи засобами іншої без втрати функціональних можливостей і спотворень результатів. Емуляція звичайно виконується програмними засобами, тому можна зробити висновок, що всі етапи життєвого циклу металоріжучого інструменту можуть бути змодельованими за допомогою ЕОМ.

Граф корекційного впливу модельованих етапів життєвого циклу металоріжучого інструменту є повнозв'язним, тобто зміна параметрів однієї моделі може мати вплив на стан інших моделей. Таким чином, кількість ітерацій при моделюванні життєвого циклу металоріжучого інструменту є близькою до нескінченності, й відповідно задача оптимізації життєвого циклу інструменту не має ідеального розв'язку. Замість цього пропонується застосування методу генетичних алгоритмів, який у

залежності від кількості пройдених поколінь дасть можливість отримати набори параметрів відповідного рівня оптимальності для кожного з етапів.



1) заготовка; 2) ріжуча пластина; 3) різцетримач.

Рисунок 3 – Приклади варіантів врізання

Висновки

Таким чином, у статті викладено аналіз можливості моделювання життєвого циклу металоріжучого інструменту як системи моделей, кожна з яких відповідає певному етапу життєвого циклу інструменту. Доведено, що моделювання процесу виконання наступних етапів життєвого циклу інструменту дозволяє значно зменшити потужність зворотних зв'язків і, відповідно, підвищити ефективність всього циклу та зменшити затрати на його реалізацію. Розглянуто особливості моделювання елементів життєвого циклу металоріжучого інструменту, сформовано необхідний методологічний апарат.

Список літератури: 1. Пономарев Л.Д. Диагностирование – как системный подход к управлению // Збірник наукових праць „Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем”, Випуск 13. Краматорськ – Київ – 2003. – С.126-131. 2. Силин Р.И. Человек и Вселенная. – Хмельницький: ХНУ, 2007. 133с. 3. Юрчишин І.І., Винник В.В., Винник Т.В. Застосування агрегатно-модульного принципу побудови складального обладнання // Інформатизація та нові технології. - 1995, N 3-4. - С. 33 - 34. 4. Фролов В.В. Применение принципа изоморфизма при построении структуры процесса механической обработки.// Вестник ХГПУ.– 2000.– №80 – С.65–67. 5. Старіш О.Г. Системологія. – Київ: Центр навчальної літератури, 2005. – 232с. 6. Ковальчук С.С., Мазурець О.В. Системний підхід до використання спеціалізованих баз знань як засобу комплексної структуризації простору рішень технологічних задач // Збірник наукових праць за матеріалами третьої всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми комп'ютерних технологій 2009» – Хмельницький – ХНУ, 2009. – С.62–68. 7. Ковальчук С.С., Мазурець О.В., Рибак Л.П. Врахування критеріїв надійності роботи інструменту при автоматизованому проектуванні техпроцесів // Международный научно-технический сборник „Резание и инструмент в технологических системах”. Харьков НТУ «ХПИ» – 2007. – С.112–118.

J. KUNDRÁK, DSc, *G. SZABÓ*, *GY. VARGA*, PhD, Miskolc, Hungary

FINITE ELEMENT MODELLING OF SHEAR IN HARD TURNING

Вирішено найважливішу проблему вибору оптимальної фінішної операції при обробці внутрішніх поверхонь загартованих сталей. Запропоновано параметри, за допомогою яких представляється можливим здійснювати вибір оптимальної операції точіння або шліфування. Порівняльний аналіз ефективності застосування цих операцій показав, що операція точіння внутрішніх отворів, у яких відношення довжини до діаметра не перевищує 1,1 є кращою.

Решена важнейшая проблема выбора оптимальной финишной операции при обработке внутренних поверхностей закаленных сталей. Предложены параметры, с помощью которых представляется возможным осуществлять выбор оптимальной операции точения или шлифования. Сравнительный анализ эффективности применения этих операций показал, что операция точения внутренних отверстий, у которых отношение длины к диаметру не превышает 1,1 является предпочтительной.

The major problem of a choice of optimum finishing operation is solved at processing internal surfaces tempered of steels. Parameters by means of which it is obviously possible to carry out a choice of optimum operation turning or grindings are offered. The comparative analysis of efficiency of application of these operations has shown, that turning operation internal apertures at which the attitude of length to diameter does not exceed 1,1 is preferable.

1. INTRODUCTION

Nowadays, because of the increased loads, engineering industrial products require better and better accuracy, quality (e.g. wear resistance, etc.). One fulfilment method of this requirement can be solved by the increase of the number of hard, hardened surfaces (>45 HRC) on the components. As conventional finish machining, grinding has a tested, well established technology, although it can be noted that the material removal rate and the possibility of concentration of operations are relatively low. The appearance and spread of super hard tool materials (e.g. PCBN) opened way to finish machining (e.g. hard turning) of hardened steels by cutting tools having single point cutting edges. Because of the characteristics (e.g. strength, etc.) of the material of workpiece and the material of the PCBN tool, the process of chip removal is entirely different from conventional turning. The mechanism of chip removal in hard turning can be explained by mechanic and thermo dynamic processes. By

the Finite Element (FEM) simulation we wish to prove, on the base of scientific literature [2, 3, 11], the special shape of the chip and the mechanism of chip removal [3].

2. CHIP REMOVAL IN HARD TURNING

In hard turning chips with special morphology can be removed. The shape of the chip removed, according to the scientific literature, can be seen in Figure 1 [2].

The shape of the removed chip is segmented (like a saw-tooth), the formation mechanism of which can be explained on the base of Figure 2 as well [3]. The chip removal begins with shearing from point B' being at the tip of the tool and it is accomplished along the B'D' line. While the tool reaches point A from B', there is a thermal tempering for a while, later this interval gets back to its original strength and along the BE interval it bonds into the direction of the flank of the tool. The extent of bulge of the tooth shape depends on values of Ψ [3]. As the Ψ changes periodically, according to the designation in Figure 2, in case of $\Psi < \Psi'$ point C is situated on interval DD', while in case of $\Psi > \Psi'$ it remains on BD interval according to the designation in Figure 2.

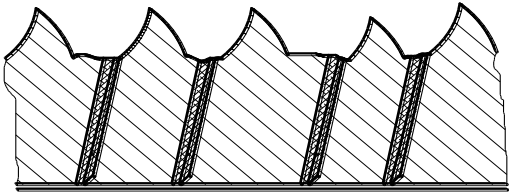


Figure 1 – Shape of chip can be removed at hard turning [2]

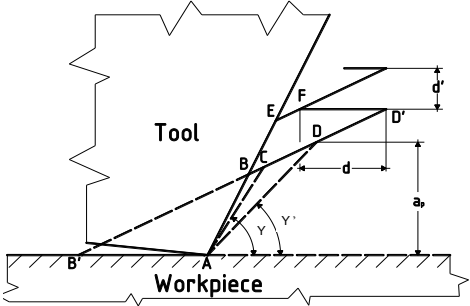


Figure 2 – A supposed mechanism of chip formation in hard turning [3]

3. MODELLING OF CHIP FORMATION IN HARD TURNING

Nowadays, one of the most effective analysing, simulation procedures of physical processes is the Finite Element Method (FEM). For investigation of plastic strain rates at the root of the chip we have the 2D version of the Third Wave AdvantEdge™ 5.3 program package, which is optimised for cutting processes. By this program package we can examine the process characteristics in orthogonal cutting, that is why the input data have to satisfy these requirements. That is, the geometrical data of the cutting tool need to be defined in the tool-orthogonal plane. The program starts from the Johnson-Cook equation for calculation of the strain and strain rate [4, 6]: