

УДК 681.5

Л.А. Кияшко, ст. преподаватель,

А.А. Ветрогон, доцент, канд. техн. наук,

В.Н. Торлин, профессор, д-р техн. наук

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

autosev@ukr.net

КОНЕЧНО–ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОРРЕКЦИИ ПРОЦЕССА ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Рассматривается методика расчета величины корректирующего воздействия, предназначенного для введения в управляющую программу обработки детали на токарном станке с ЧПУ, которая основана на конечно–элементном описании температурного поля и тепловых деформаций детали после черновых проходов.

Ключевые слова: *конечно–элементная модель, корректирующее воздействие, тепловые деформации.*

Постановка проблемы. При разработке управляющей программы для станка с ЧПУ невозможно учесть воздействие температуры резания на тепловые деформации элементов технологической системы, которые изменяют размерную настройку станка. Известно, что часть тепла, образующегося в зоне резания, уходит со стружкой, часть поступает в резец и часть нагревает деталь, при этом количество тепла, поступающего в резец на порядок меньше, чем в деталь. В связи с чем, нагрев детали, особенно после черновых проходов при обработке крупногабаритных поковок, вызывает существенное тепловое расширение заготовки, сравнимое по величине с размером поля допуска, что обуславливает необходимость учитывать это при настройке станка на чистовых проходах. Тепловым расширением резца, составляющим менее 1% от величины теплового расширения детали, можно пренебречь.

Анализ публикаций. В работе [1] рассматриваются математические модели процесса нагрева и теплового расширения деталей простых форм, что накладывает определенные ограничения на применение данных результатов на практике. В работе [2] рассмотрена методика расчета корректирующего воздействия, основу которой составляет измерение температуры резания в процессе черновой обработки, расчет температурного воздействия на деталь, нахождение температурного расширения детали и расчет корректирующего воздействия при переходе к чистовым проходам. В работе [3] рассмотрена задача синтеза системы управления, реализующая такую методику для объектов управления несложной конфигурации.

Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка методики расчета корректирующего воздействия, которое необходимо ввести в управляющую программу после черновой обработки детали сложной конфигурации и структуры системы коррекции, реализующей такую методику. Для решения задачи предполагается разработка конечно–элементной модели детали, как объекта управления, с помощью которой будет осуществляться расчет тепловых деформаций и величины корректирующего воздействия.

Материалы и результаты исследования.

Системы управления современных станков с числовым программным управлением позволяют организовать в процессоре вычислительные процедуры в ходе выполнения программы, т.е. непосредственно при обработке детали. Такая процедура должна быть основана на определении величины теплового расширения поверхности, которую необходимо будет обрабатывать на чистовых проходах. Для реализации такой процедуры необходимо с помощью любого средства, например с помощью термометра или дистанционного пирометра, измерить температуру резания и ввести результаты измерения в модель объекта управления.

В общем случае объект управления представляет собой массивное тело вращения – заготовку в виде поковки (рисунок 1) обрабатываемую на токарном станке.

Перед началом обработки партии подобных деталей составляется конечно–элементная модель объекта управления, с помощью которой осуществляются компьютерные эксперименты, моделирующие процесс чернового точения. Для проведения исследования использовался пакет ABAQUS. Геометрия детали была создана в виде 3–D модели, затем данная модель была разбита на элементы. В узлах элементов, расположенных на наружной поверхности, задавалась температура T , соответствующая температуре резания. Первая серия экспериментов заключается в решении задачи теплопроводности для данной конфигурации детали и дает в заданном диапазоне температур резания (от 500°C до 1200°C) для исследуемого материала параметры температурных полей, возникающих при выполнении данной операции. Вторая серия – решение соответствующих найденным температурным полям задач

термоупругости, которые дают величины термических расширений поверхностей детали, в том числе и тех, которые на последующих переходах будут подвергаться чистовой обработке (в данном случае – это центральное посадочное отверстие). Единичное решение задачи теплопроводности для i -ой температуры резания T_i дает i -е температурное поле детали (рисунок 2) в том числе распределение температур на поверхности центрального отверстия.

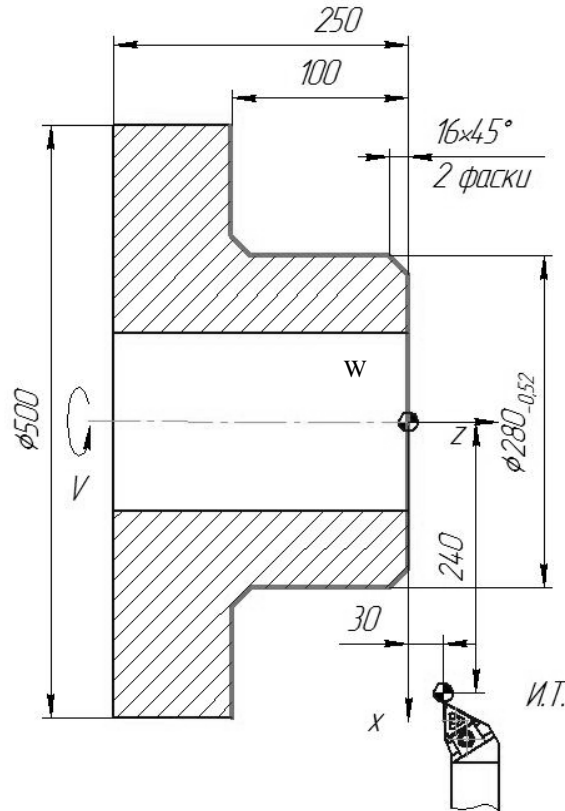


Рисунок 1 – Схема предварительной обработки исходной заготовки

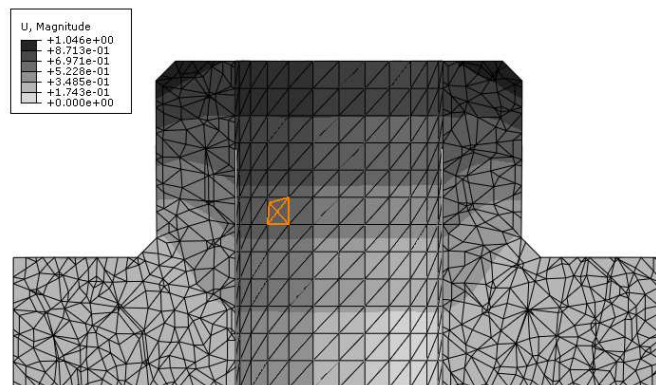


Рисунок 2 – Температурное поле детали

Единичное решение задачи термоупругости для i -го температурного поля (рисунок 3) дает искомое распределение температурных деформаций детали, в том числе и закон распределения перемещения, возникших в зоне интересующего нас отверстия.

Далее путем интерполяции результатов численных экспериментов получаем для данной детали следующую зависимость тепловых перемещений U_r по длине центрального отверстия от температуры резания T

$$U_r(z, T) = T_0 \cdot (a_0 + a_1 \cdot z + a_2 \cdot z^2 + a_3 \cdot z^3) \cdot e^{k \cdot T}, \quad (1)$$

где T – текущее значение температуры резания, $T_0, a_0, a_1, a_2, a_3, k$ – интерполяционные коэффициенты.

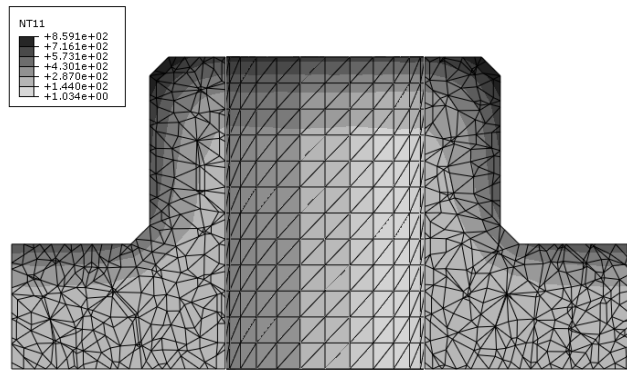


Рисунок 3 – Тепловые деформации детали

Для детали, представленной на рисунке 1, график функции (1) при $T=800^{\circ}\text{C}$ представлен на рисунке 4.

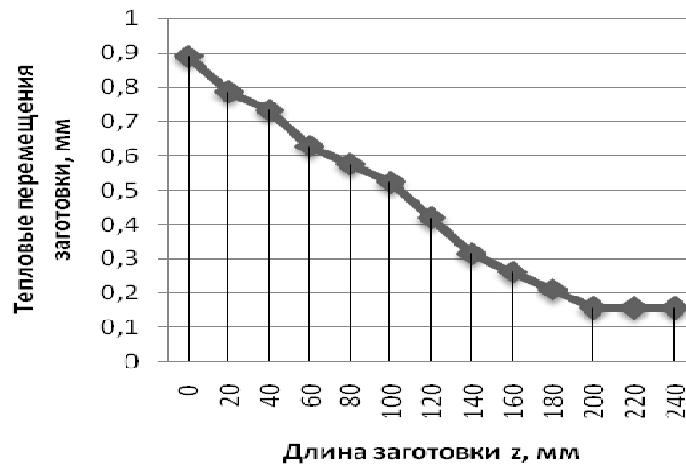


Рисунок 4 – Изменение U_r по длине детали

Максимальное значение $U_r(z,T)$ вносится в управляющую программу как величина коррекции. Разработанная методика была реализована в дополнительном контуре коррекции размера, показанном на рисунке 5.

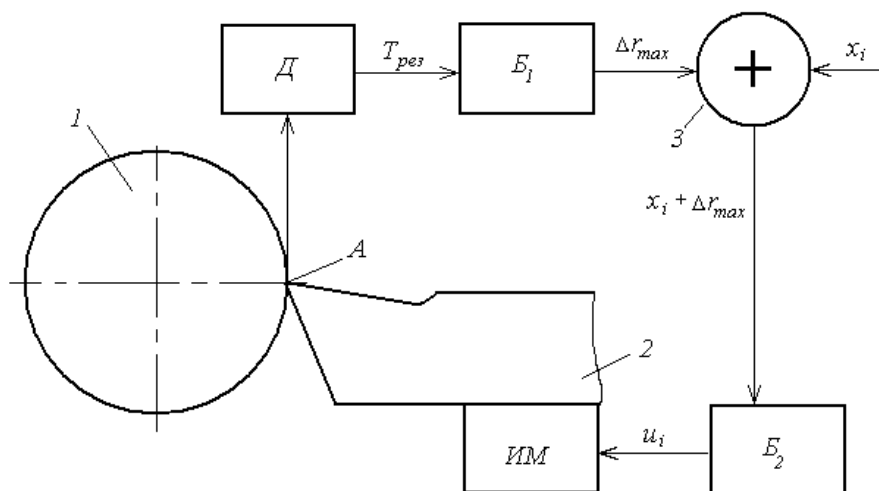


Рисунок 5 – Функциональная схема дополнительного контура коррекции размера

Схема работает следующим образом. В процессе обработки детали 1 резцом 2 температура резания в зоне обработки (точка А) контролируется датчиком Д. Цифровой сигнал $T_{рез}$ от датчика Д поступает в блок Б₁ управляющего компьютера, в котором осуществляется вычисление U_r по формуле (1) при изменении z от z_1 до z_2 ($z_2 - z_1 = l$ – длина прохода), при этом из массива U_r выбирается максимальное значение. Затем в сумматоре 3 эта величина складывается с номинальным размером x_i , в результате получается настроенный размер x_n

$$x_n = x_i + \Delta r_{\max}, \quad (2)$$

где Δr_{\max} – корректирующее воздействие.

Размер x_n в блоке Б₂ преобразуется в код u_i , поступающий в двигатель исполнительного механизма ИМ.

Выводы

1. Применение конечно–элементной модели объекта управления в системе коррекции процесса токарной обработки позволяет управлять процессом обработки деталей сложной конфигурации.
2. Разработанная методика позволяет повысить точность процесса обработки.

Направления дальнейших исследований. В дальнейшем необходимо исследовать возможность использования метода конечных элементов при составлении подпрограмм и процедур прямого программного управления механической обработкой на станках с ЧПУ.

Библиографический список использованной литературы

1. Кияшко Л.А. Разработка подпрограмм многопроходного точения с коррекцией управляющих параметров по величине температурной деформации детали / Л.А. Кияшко, В.Н. Торлин // Вестник СевГТУ. Сер. Автоматизация процессов и управление: сб. науч. тр. — Севастополь, 2004. — Вып. 57. — С. 82 – 86.
2. Кияшко Л.А. Расчет корректирующего воздействия в процессе программного управления обработкой деталей на станках с ЧПУ по температуре детали / Л.А. Кияшко В.Н. Торлин // Вестник СевГТУ. Сер. Автоматизация процессов и управление: сб. науч. тр. — Севастополь, 2007. — Вып. 83. — С. 105 – 107.
3. Кияшко Л.А. Синтез регулятора для стабилизации размерной настройки токарного станка с системой ЧПУ при обработке среднегабаритных деталей / Л.А. Кияшко // Вестник СевГТУ Сер. Автоматизация процессов и управление: сб. науч. тр. — Севастополь, 2007. — Вып. 83. — С. 86 – 88.

Поступила в редакцию 09.04.2013 г.

Кияшко Л.О., Вітрогон О.О., Торлін В.М. Кінцево-елементна модель об'єкту управління в системі корекції процесу токарної обробки

Розглядається методика розрахунку величини коректуючої дії, призначеного для введення в управляючу програму обробки деталі на токарному верстаті з ЧПК, яка заснована на кінцево-елементному описі температурного поля і теплових деформацій деталі після чорнових проходів.

Ключові слова: кінцево-елементна модель, коректуюча дія, теплові деформації.

Kiyashko L.A., Vetrogon A.A., Torlin V.N. Finite-element model of control object in system of machining correction

The method of calculation of the value of correcting influence intended for introduction to the control program of part machining on a lathe with CNC is examined, which is based on certainly–element description of the temperature field and thermal deformations of part after draft passage–ways.

Keywords: finite-element model, correcting influence, thermal deformations.