

А. В. Флоров, Москва, Россия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ РЕЗАНИИ

In this article we examine the necessity of creating more simple technique for calculation of temperatural field which will help to detect temperatural deformations in a tool and blank. Here it's offered a new methodical way of the temperatural field detection in material by the example of cutting tool.

Точность механической обработки сегодня является одной из приоритетных задач современного машиностроения. По ходу совершенствования оборудования, в том числе появления и развитие станков с числовым программным управлением (ЧПУ) изменяются приоритеты различных факторов, влияющих на точность обработки. На первый план выходят, ранее мало актуальные факторы и элементы. Одним из этих элементов является тепловая деформация (ТД) детали и инструмента. Пользуясь практическим опытом при работе на универсальном оборудовании, квалифицированный рабочий мог учитывать по мере необходимости ТД. С использованием станков ЧПУ такой учет стал возможным только с внесением коррекции в управляющую программу станка. Поэтому, становится актуальным создание математической модели для расчета температурного поля.

Существует большое количество математических моделей явления теплопроводности полученных различными путями: «классическим», исходя из положения термодинамики необратимых процессов, исходя из экспериментальных принципов, но в любом случае получаем одни и те же дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка с соответствующими краевыми условиями. Такие уравнения решаются численными методами, что требует создания сложного алгоритма. Поэтому, разработка простого и наглядного метода является актуальной задачей.

Рассмотрим общую постановку. Для конкретизации ее представления будем говорить о теле, которым является резец. Для исследуемого материала, в данном случае резца, с определенными поверхностями подвода тепла и его стоков «опытный глаз» определит направления градиентов температурного поля. Следуя направлениям «рисунка» градиентов резец можно разбить на фрагменты, в каждом из которых «пучок» градиентов будет более «компактным» по направлениям. Каждый фрагмент должен иметь плоскость входа и плоскости выхода градиентов, тогда температурное поле внутри фрагмента будет приближаться по форме к коническому, а, следовательно, к сферическому полю. Тепловой поток, описываемый законом Фурье, в сферическом поле интегрируется аналитически. Аналитическое описание температурного поля фрагмента здесь мы называем «интегральной заготовкой», которая имеет вид:

$$\theta = -\frac{Q}{\lambda \varphi R} \quad (1)$$

При заданном тепловом потоке и заданном на входе температурном поле можно вычислить температуру любой точки фрагмента, в том числе и на плоскостях-стоках фрагмента.

При таком описании теплового поля фрагментов входы и выходы ветвящегося теплового потока замыкаются друг на друга (выходы предыдущих фрагментов на входы последующих), соблюдая условия неразрывности температурного поля.

Система фрагментов, построенная на таком принципе, при заданном температурном поле на входе в блок материала позволяет определить тепловые потоки и температурное поле во всем блоке, в том числе и на плоскостях стоков. Здесь необходимо иметь в виду, что увеличение температурного поля на входе при неизменном тепловом потоке входа, увеличивает тепловой поток во внешнюю среду на плоскостях-стоках. Равенство потока на входе и потока во внешнюю среду говорит о том, что при данном температурном поле на входе устанавливается стационарный режим теплового процесса.

Такая задача алгоритмируется и решается минимизацией квадрата отклонения температурного потока на входах, от потока во внешнюю среду по температуре поля на входе. Эта задача может быть развита на переменное температурное поле на входе, что решается представлением названного квадрата отклонения как функции многих переменных от разных частей переменного температурного поля и минимизации этого квадрата отклонений как функции многих переменных и имеет вид:

$$\min_{\theta_0(x_0, y_0, z_0)} \{Q_{cm}[\theta_0(x_0, y_0, z_0), A] - Q_{umt}\}^2 \quad (2)$$

Методический подход, который представлен в настоящей работе, отличается от используемых сегодня подходов большей наглядностью представления процесса, передачи тепла в материале и меньшим временем вычислительной процедуры для получения необходимых конечных результатов. Последнее делает его более применимым на станках с ЧПУ для модельного сопровождения процесса непосредственной обработки с упреждением коррективки управляющей программы.

Список использованных источников: 1. Резников А.Н. Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты»: Машиностроение, 1990.-288 с.; 2. Резников А.Н. Теплофизика резания «Машиностроение», 1969.-288 с.; 3. А.С. Верещака, В.С. Кушнер. Резание материалов: Учебник/ - М.: Высш. Шк., 2009.-535 с. 4. Корсаков В.С Точность механической обработки. «МАШГИЗ» Москва 1961.-373 с. 5. Карслоу Г. и Егер Д. Теплопроводность твердых тел. Перевод со второго английского издания под редакцией проф. Померанцева А.А. М., Москва 1964.-488 с. 6. Коздоба Л.А. Методы решения нелинейных задач теплопроводности. Изд-во «Наука», Москва 1975.-227с.

Поступила в редколлегию 15.06.2012