

РАСЧЕТ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РЕЗАНИИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

И.С. Болдырев

В статье приведен расчет распределения температуры в заготовке и режущем инструменте при свободном резании алюминиевого сплава AL 6061-T6 резцом из быстрорежущей стали с помощью метода конечных элементов в контактной постановке.

Ключевые слова: резание, механическая обработка, температура при резании, тепловые явления при резании, метод конечных элементов.

В настоящее время для моделирования процесса резания изотропных и анизотропных материалов и задач с этим связанных применяется метод конечных элементов в контактной постановке [1–3]. При этом в основном решается задача определения напряженно-деформированного состояния (напряжений, деформаций, сил резания) обрабатываемой заготовки и режущего инструмента. Точность таких расчетов пока не велика, так как используется ряд упрощений и допущений, не совершенен и сам метод расчета. Вместе с тем, известно, что в процессе резания важную роль играют тепловые явления. Метод конечных элементов позволяет учесть и их пу-

тем решения так называемых связанных задач, в которых тепловой и структурный расчет выполняются совместно, с учетом их взаимного влияния. Автором был рассчитан нагрев заготовки и инструмента и определена их температура в результате действия пластических деформаций. В данной статье приведены результаты такого расчета с помощью программы LS-Dyna.

Решалась задача свободного резания заготовки из алюминиевого сплава AL 6061-T6 инструментом из быстрорежущей стали. Механические свойства материала заготовки: плотность 2700 кг/м^3 , модуль упругости $90,1 \cdot 10^9 \text{ Па}$, коэффициент Пуассона $0,33$, удельная теплоемкость $920 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$, коэффициент теплопроводности $220 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Коэффициент трения между заготовкой и инструментом $0,3$. Скорость резания 50 м/с . Толщина срезаемого слоя 5 мм , длина заготовки 5 см , общая высота заготовки 4 см , ширина заготовки 2 см . Передний угол резца 25° , задний угол 15° . Материал резца – абсолютно упругий. Механические свойства материала резца: плотность 7850 кг/м^3 , модуль упругости $2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$, коэффициент Пуассона $0,3$, удельная теплоемкость $460 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$, коэффициент теплопроводности $46 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Были приняты следующие упрощения и допущения. Вся механическая работа по пластической деформации превращалась в тепло, теплотеря в окружающую среду нет.

В качестве модели материала заготовки была использована модель Джонсона-Кука в упрощенном виде без учета влияния температуры на механические свойства материала заготовки. Модель материала Джонсона-Кука имела следующие параметры: $A = 324,1 \text{ МПа}$, $B = 113,8 \text{ МПа}$, $N = 0,42$, $C = 0,002$, $M = 1,34$ [4]. Параметры модели разрушения материала по модели Джонсона-Кука: $D_1 = -0,77$, $D_2 = 1,45$, $D_3 = -0,47$, $D_4 = 0$, $D_5 = 1,6$ [4].

В результате расчета было определено напряженно-деформированное состояние заготовки и инструмента, распределение температур в зоне резания и инструменте и их совместное взаимодействие в каждый момент времени обработки. Картины распределения температуры в заготовке и инструменте приведены на рис. 1, 2. Распределения температуры в зоне резания заготовки имеют качественную сходимость с результатами других авторов. Количественные расхождения обусловлены принятыми упрощениями и допущениями. Расчетная температура получилась выше экспериментальных значений, так как не были заданы температурные граничные условия (не учитывался отвод тепла из зоны резания). При учете этого фактора расчетная температура должна быть ниже экспериментальной, так как наиболее нагретые элементы стружки и заготовки в результате расчета удаляются.

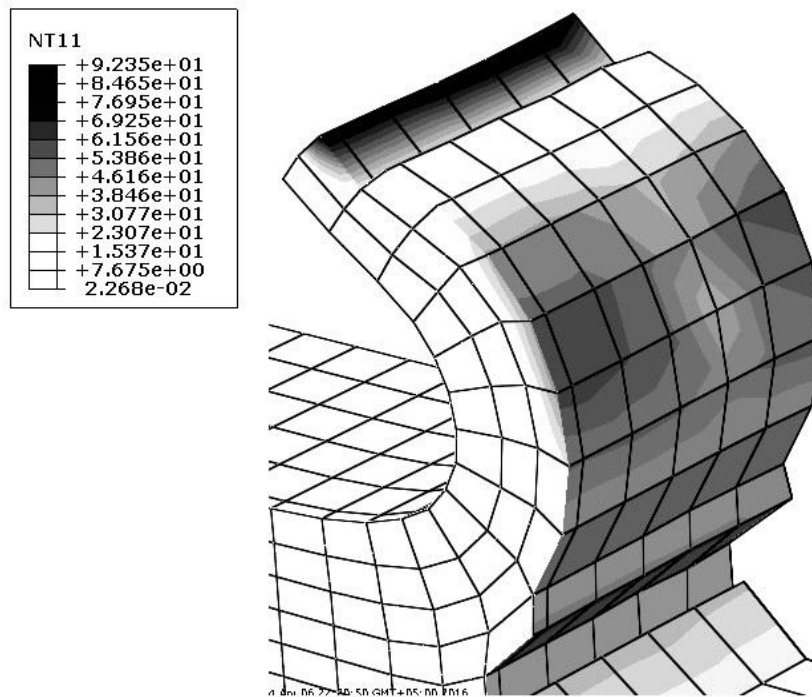


Рис. 1. Расчетное распределение температуры в стружке, °С

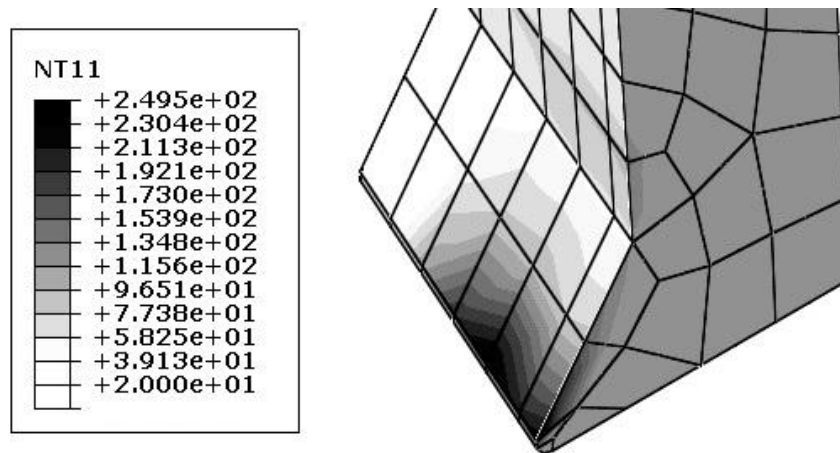


Рис. 2. Расчетное распределение температуры
в режущем инструменте, °С

Библиографический список

1. Щуров, И.А. Расчет сил резания методом конечных элементов / И.А. Щуров, И.С. Болдырев // СТИН. – 2004. – № 1. – С. 14–16.
2. Щуров, И.А. Моделирование процесса резания заготовок из композитных материалов с применением метода конечных элементов / И.А. Щуров, И.С. Болдырев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 143–147.

3. Щуров, И.А. Моделирование на основе SPH метода стружкообразования при резании заготовки из однонаправленного волокно-армированного композита / И.А. Щуров, А.В. Никонов, И.С. Болдырев, Д.В. Ардашев // СТИН. – 2016. – № 3. – С. 36–40.

4. Schwer, L.E. Aluminum plate perforation: comparative study using Lagrange with erosion, multi-material ALE and smooth particle hydrodynamics // 7th European LS-DYNA conference.

[К содержанию](#)