

На графике представлены зависимости с различными входными параметрами:

- а) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 1 \text{ с.}$, $\tau = 100 \text{ мс.}$;
- б) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 1 \text{ с.}$, $\tau = 200 \text{ мс.}$;
- в) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 1 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- г) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 2 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- д) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 3 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- е) $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 5 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- ж) $T_{\text{stat}} = 2 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 2 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- з) $T_{\text{stat}} = 2 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 3 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$;
- и) $T_{\text{stat}} = 2 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 5 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$

Из графика видно, что время оптимизации минимально при одном повторном выходе в эфир. Однако это утверждение не справедливо для линий в, ж.

При $T_{\text{stat}} = 1 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 1 \text{ с.}$, $\tau = 300 \text{ мс.}$ время оптимизации максимально, это связано с высокой длительностью пакета и малым промежутком времени повторного выхода в эфир. Однако, если изменить параметры T_{stat} и T_{rand} , можно минимизировать время оптимизации. Это видно из графика (линии д, е, ж, з, и), из этих линий минимальное время оптимизации имеет модель с $T_{\text{stat}} = 2 \text{ с.}$, $T_{\text{rand}} = 5 \text{ с.}$

С увеличением временного интервала для повторного выхода в эфир модель принимает минимально возможное время оптимизации.

Данная имитационная модель может использоваться в производстве приемопередающих радиоустройств, а также для исследования имеющихся у пользователя группировок готовых образцов.

Список цитированных источников

1. Вишневский, В. М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. / В. М. Вишневский, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.
2. Берлин, А. Н. Цифровые сотовые системы связи. – М. : Эко-Трендз, 2007. – 296 с.

УДК 539.3:621.785.532

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ НОЖА КУТТЕРА В ANSYS

Кондратюк В. О., Старикевич М. О.

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь
Научный руководитель: Веремейчик А. И., канд. физ.-мат. наук, доцент

В перерабатывающих отраслях промышленности широкое применение получили установки для измельчения продуктов питания. Существующие технологии упрочнения режущего инструмента такого оборудования несовершенны с позиции ресурсосбережения, поэтому актуальной проблемой является комплексное повышение показателей надежности инструмента за счет разработки ресурсосберегающих технологий упрочнения. В качестве основных преимуществ поверхностного плазменного азотирования по сравнению с другими видами термической обработки следует отметить: локальность нагрева, при котором упрочняется только поверхностный слой, а сердцевина детали

остается вязкой, что обуславливает повышенное сопротивление износу и усталости; высокую твердость и износостойкость поверхности; небольшие деформации упрочняемых деталей благодаря локальности и кратковременности взаимодействия плазмы с поверхностью металла, что позволяет повысить точность их изготовления, снизить трудоемкость механической обработки.

Для определения оптимальных режимов процесса поверхностного плазменного азотирования ножа куттера для измельчения пищевых продуктов из стали 14X17H2 проведены теоретические исследования температурных полей, напряжений и деформаций, выполненные с применением конечно-элементного вычислительного комплекса ANSYS. В ходе вычислительного эксперимента разработана 3D-модель ножа, приведенная на рисунке 1.

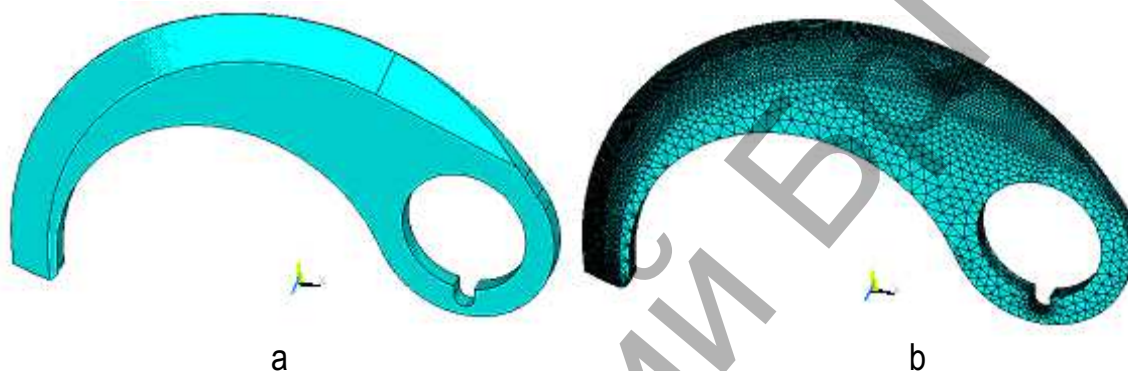


Рисунок 1 – Конечно-элементная 3D-модель ножа (а) и схема ее разбиения конечными элементами (б)

При решении температурной задачи в ANSYS использовался термический конечный элемент SOLID70 (Brick 8node), который имеет одну степень свободы (температура в каждом узле), при исследовании НДС – восьмиузловой конечный элемент SOLID185 (Brick 8node). К узлам дискретной модели последовательно прикладывалась температурная нагрузка в виде конвекции в соответствии со скоростью движения плазменной струи. Во избежание оплавления максимальная температура на поверхности ножа должна быть на 3...5 % меньше температуры плавления стали. Конвекция задавалась на всех поверхностях модели с учетом того, что температура плазменной струи в центре составляет около $T_0=6000$ °С. Согласно [2], тепловой поток плазменной струи распределяется по ширине пятна нагрева по закону, близкому к кривой вероятности Гаусса, поэтому на нагреваемой поверхности коэффициент конвекции задавался различным по ширине пятна нагрева в соответствии с законом нормального распределения. Зависимости температуры и коэффициента конвекции от координат и времени задавались в следующем виде:

$$T(x, y, t) = \frac{T_0}{10^{-3} \left[\left(R \cdot \cos\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) + x \right)^2 + \left(R \cdot \sin\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) - y \right)^2 \right] + 1} + T_n, \quad (1)$$

$$k(x, y, t) = \frac{k_0}{10^{-3} \left[\left(R \cdot \cos\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) + x \right)^2 + \left(R \cdot \sin\left(\frac{v}{R}t - 0,122\right) - y \right)^2 \right] + 1},$$

где $R=0,13$ м – радиус кривизны траектории движения плазменной струи, v – скорость движения источника нагрева, $T_H=20$ °С – температура окружающей среды, $k_0=7000 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ – коэффициент конвекции в центре плазменной струи.

Удельная теплоемкость стали 14X17H2 принималась зависящей от температуры и при температурах до 1400 °С находилась в интервале $c=400...600 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ [3]. Время движения дуги определялось в зависимости от длины режущей кромки при скорости движения плазматрона $v=10$ мм/с. Коэффициент теплопроводности стали 14X17H2 принимался равным $\lambda=50 \frac{Вт}{К \cdot м}$, модуль Юнга $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu=0,28$.

Основой температурного анализа в ANSYS является уравнение теплового баланса, которое получается из закона сохранения энергии. Конечно-элементное решение заключается в получении значений узловых температур, на основе которых вычисляются остальные термические величины. После каждого шага нагружения проводится расчет температурных полей, возникающих в расчетной модели, результаты которого записывались в файлы с расширением LS. Для получения общего решения задачи теплопроводности выполнялось совместное решение по определенному количеству LS-файлов. В результате расчетов определены поля температур в различные моменты времени.

При решении задачи термоупругости нож «закреплялся» по нижней торцевой поверхности и по поверхности шпоночного паза. Для получения общего решения задачи термоупругости выполнялось совместное решение по определенному количеству LS-файлов, соответствующее всем шагам нагружения, полученным при выполнении теплового расчета.

Некоторые результаты теоретических исследований приведены на рисунках 2–4. В результате анализа результатов определены оптимальные режимы поверхностного плазменного азотирования, что позволило значительно повысить стойкость ножей.

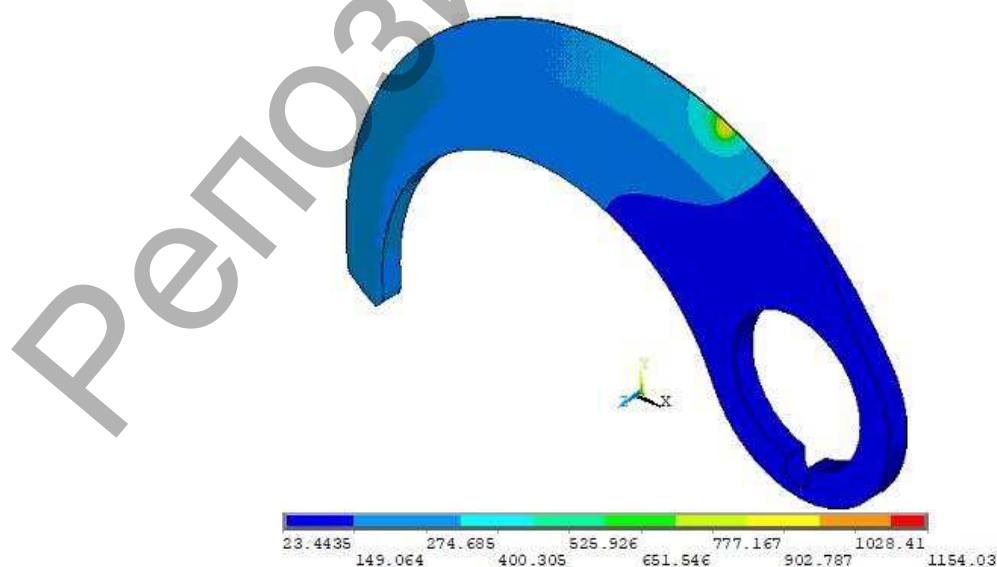


Рисунок 2 – Распределение температурных полей на верхней поверхности ножа

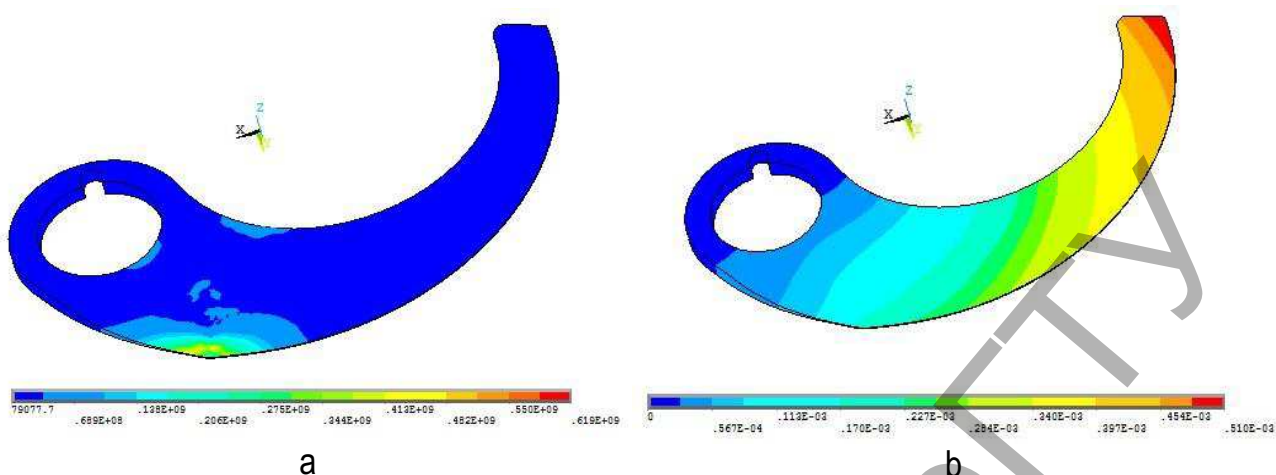


Рисунок 3 – Интенсивность напряжений (а) и суммарные перемещения (b) на рабочей зоне ножа при $t=26$ с

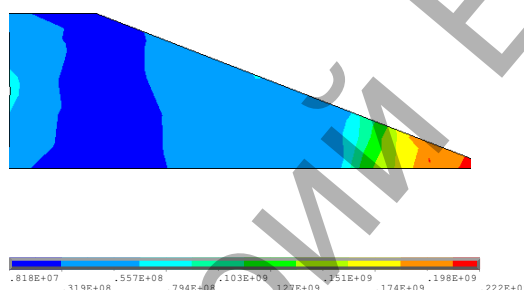


Рисунок 4 – Распределение эквивалентных напряжений в сечении в момент времени $t=1$ с

Список цитированных источников

1. Кундас, С.П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей: монография / С.П. Кундас. – Минск : Бестпринт, 2005. – 313 с.
2. Балановский, А.Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов / А.Е. Балановский. – Иркутск : ИргТУ, 2006. – 180 с.
3. Таблицы физических величин: справочник / Под ред. И.К. Кикоина. – М. : Атомиздат, 1976. – 1008 с.

УДК 623.462.22

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Лопухов А. В.

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Система управления зенитной управляемой ракетой (СУ ЗУР) есть совокупность элементов, которые обеспечивают подготовку, старт и наведение ракеты на цель (рисунок 1) [1].

СУ ЗУР состоит из:

измерительного устройства (ИУ) предназначенного для измерения координат цели и ракеты или координат ракеты относительно цели;