

В-третьих, если мотив аффилиации (реализация потребности в общении и формировании социально значимых отношений с другими людьми) имеет стабильные показатели у студентов ФЭИС БрГТУ на протяжении всего времени обучения, то познавательный мотив и мотив самореализации занимают более высокие рейтинговые места и характеризуются стабильной динамикой возрастания от курса к курсу, то есть по мере становления студентов как будущих специалистов.

Список цитированных источников

1. Гордеева, Т. О. Психология мотивации достижения. – М.: Смысл-Академия, 2006. – 336 с.
2. Данилов, Ю. Д. Исследование мотиваций использования сети интернет студентами факультета электронно-информационных систем БрГТУ / Ю. Д. Данилов, О. П. Бурко // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 82–85.

УДК 539.3

Дорофеев П. Е., Лущик М. А.

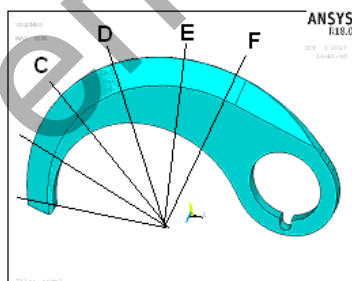
**Научные руководители: к. т. н., доцент Хвусевич В.М.,
к. ф.-м. н., доцент Веремейчик А. И.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖЕЙ КУТТЕРА

В перерабатывающих отраслях промышленности массовое применение получили установки для переработки и измельчения продуктов питания. Все типы режущих рабочих органов (ножи, ножевые решетки и пр.) наряду с высокой стоимостью обладают и низкими показателями надежности, связанными, прежде всего, с их конструктивно-технологическим несовершенством. Существующие технологии упрочнения режущего инструмента несовершенны с позиции ресурсосбережения, а изделия не удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к ним. Исходя из этого, актуальной научно-технической проблемой является комплексное повышение показателей надежности инструмента за счет разработки ресурсосберегающих технологий упрочнения.

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

а)



б)

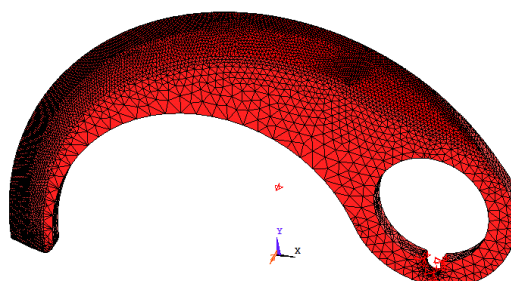


Рисунок 1 – Конечно-элементная 3D-модель ножа (а) и схема ее разбиения конечными элементами (б)

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) [1]. Модель разбивалась на 53572 ко-

нечных элемента. В соответствии со скоростью движения плазменной струи к узлам дискретной модели последовательно прикладывалась температурная нагрузка в виде конвекции. Во избежание оплавления максимальная температура на поверхности ножа должна быть на 3...5 % меньше температуры плавления стали. Конвекция задавалась на всех поверхностях модели, т. к. 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. Исходя из этого, на нагреваемой поверхности коэффициент конвекции задавался различным по ширине пятна нагрева в соответствии с законом нормального распределения. На рисунке 2 приведено распределение температуры по пятну нагрева, соответствующее нормальному распределению.

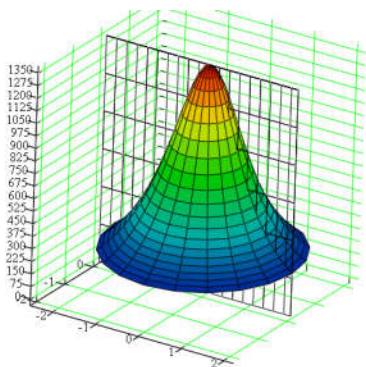


Рисунок 2 – Распределение температуры в зоне нагрева

Зависимости температуры и коэффициента конвекции от координат и времени задавались в следующем виде:

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

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

где $R=0,13$ м – радиус кривизны траектории движения плазменной струи, определяемый из геометрии режущей кромки ножа, v – скорость движения источника нагрева, $T_H=20$ °С – температура окружающей среды, $k_0=7000$ Вт/(м²·°С) – коэффициент конвекции в центре плазменной струи.

Время движения дуги определялось в зависимости от длины режущей кромки для различных скоростей движения источника нагрева. Плотность стали 14X17H2 принималась равной $\rho=7750$ кг/м³ [3]. Зависимости физических параметров от температуры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость характеристик стали 14X17H2 от температуры

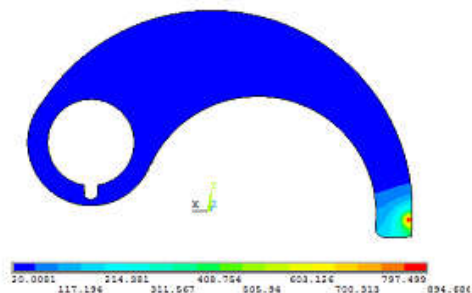
$T, ^\circ\text{C}$	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1300
$E, \text{ГПа}$	220	210	205	190	180	155	120	85	50	20	10	10	10
ν	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	462	486	498	511	519	528	552	584	602	599	595	590	585
$\alpha, 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$	9,8	9,8	10,6	10,8	11	11,1	11,3	11	10,7	11,4	11,5	11,5	11,5
$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$	21	22	23	24	24	25	26	27	28	30	30	30	30

Основой термического 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, возникаю-

щих в расчетной модели, результаты которого записывались в файлы с расширением LS. Для получения общего решения задачи теплопроводности необходимо выполнить совместное решение по определенному количеству LS-файлов, указав соответствующее количество шагов. В результате расчетов определены поля температур в различные моменты времени.

На рисунке 3 приведено распределение температурного поля на рабочей зоне ножа в различные моменты времени при скорости движения пятна нагрева $v=10$ мм/с.

а) $t=1$ с



б) $t=2$ с

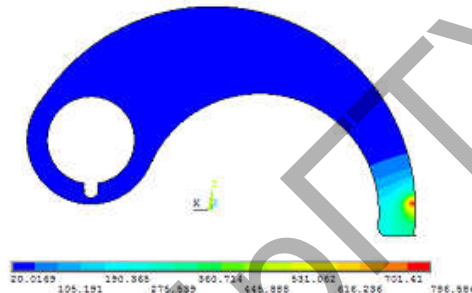
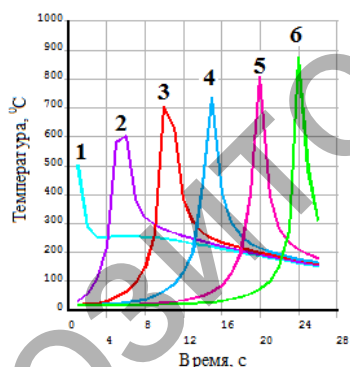


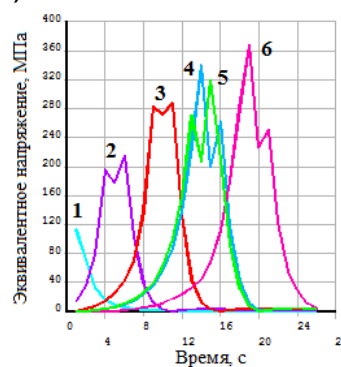
Рисунок 3 – Распределение температурного поля на поверхности ножа

При исследовании НДС нож закреплялся по нижней торцевой поверхности для ограничения перемещения в направлении, перпендикулярном плоскости ножа, и по поверхности шпоночного паза для ограничения перемещения в направлении, параллельном его опорной поверхности. На рисунке 4 приведены типичные распределения температуры и интенсивности напряжений на режущей кромке в различных сечениях (рисунок 1) от времени.

а)



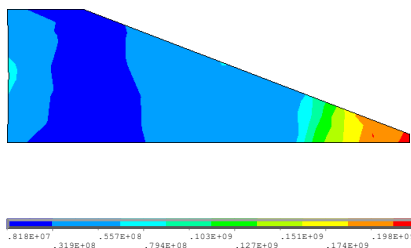
б)



1 – сечение А; 2 – сечение В; 3 – сечение С; 4 – сечение D; 5 – сечение Е; 6 – сечение F
Рисунок 4 – Зависимость температуры (а) и эквивалентных напряжений по Мизесу (б) на режущей кромке от времени в различных сечениях

На рисунке 5 приведено типичное распределение эквивалентных напряжений (а) и суммарных перемещений (б) в сечении ножа при скорости движения пятна нагрева $v=10$ мм/с.

а)



б)

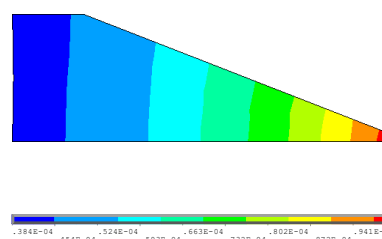


Рисунок 5 – Распределение эквивалентных напряжений (а) и суммарных перемещений (б) в сечении ножа при нахождении источника тепла в сечении А

Для осуществления процесса поверхностного плазменного азотирования в комплексе с плазменной установкой был разработан специальный манипулятор, при помощи которого осуществляется перемещение детали с заданной скоростью относительно плазменной дуги. Упрочняемая деталь располагалась на столике манипулятора горизонтально. Осуществлен процесс поверхностного плазменного азотирования ножей. По результатам экспериментов определены оптимальные параметры процесса поверхностного плазменного азотирования: скорость движения пятна нагрева $v=10$ мм/с, расход аргона $Q_{Ar}=1,2$ л/мин, расход азота $Q_{N_2}=3,6$ л/мин, ток дуги $I=28$ А [4].

В результате экспериментальных исследований микротвердость поверхности детали увеличена до 466–600 HV_{0,1}. Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями 0,4 мм между их осями. Наибольшая глубина упрочненного слоя достигается при $v = 10$ мм/с, а уменьшение скорости движения плазменной дуги приводит к увеличению глубины упрочненного слоя.

Список цитированных источников

1. Чигарев, А. В. ANSYS для инженеров / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. – М.: Машиностроение. – 2004. – 510 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.
4. Веремейчик, А. И. Разработка основ технологии локального плазменного поверхностного упрочнения рабочей поверхности измельчителей пищевых продуктов / А. И. Веремейчик, М. И. Сазонов, В. М. Хвисевич, А. А. Лазарук // Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении: матер. V Дальневост. конф. с междунар. участ., Комсомольск-на-Амуре, 18-21 сентября 2018 г. / редкол.: А. И. Евстигнеев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2018. – С. 96–100.

УДК 629.3

Карпинчик А. В.

Научный руководитель: ст. преподаватель Омесь Д. В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ AUTODESK INVENTOR

Введение. Студенты машиностроительных специальностей при изучении инженерной графики получают навыки построения твердотельных моделей по заданным чертежам, создания чертежей деталей и сборочных чертежей изделий по их твердотельным моделям. Курс деталей машин посвящен конструированию изделий, входящих в состав различных машин и механического оборудования. Курсы теоретической механики и механики материалов готовят студентов к проведению инженерных расчетов деталей на прочность, жесткость и других видов нагрузений. На стыке этих дисциплин стоят такие системы автоматизированного проектирования (САПР), как Inventor, Компас-3D, SolidWorks, Solid Edge, T-flex и пр.

Современные системы автоматизированного проектирования позволяют не только строить трехмерные модели и плоские чертежи, но и решать задачи инженерного проектирования, выполнять расчеты, симуляции, создавать анимации и визуализировать объекты. Трехмерное моделирование узлов и механизмов позволяет оценить приемлемость конструкции, исследовать взаимодействие деталей, выявить ошибки проектирования до запуска изделия в производство.