

Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М.

(УО «БрГТУ», г. Брест, Беларусь)

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НОЖЕЙ КУТТЕРА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

E-mail: vai_mrtm@bstu.by

Ножи, использующиеся при измельчении продуктов на универсальных установках-куттерах, изготовлены из хромистой жаропрочной нержавеющей стали 14X17H2 и упрочнялись объемной закалкой, твердость детали достигала величины 42...48 HRC. В процессе эксплуатации ножи подвергались кавитационному, механическому и коррозионному изнашиванию и имели короткий срок эксплуатации. Долговечность ножей не превышала трех месяцев. Анализ показал, что ввиду наличия высокоинтенсивных нагрузок разрушение материала является малоцикловым. Визуальные обследования изношенных ножей показали ряд типичных дефектов – поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки, разрушение полотна детали, отламывание кусков в периферийной зоне. Установлено, что из-за высоких градиентов напряжений в процессе эксплуатации ножей появляются трещины на глубину до 3,7 мм.

Для определения оптимальных режимов процесса поверхностного плазменного азотирования и разработки рекомендаций по оптимизации геометрии детали проведено исследование температурных полей, напряжений и деформаций, выполненное с применением конечно-элементного вычислительного комплекса ANSYS. В ходе проведения вычислительного эксперимента разработана трехмерная модель ножа, которая разбивалась на конечные элементы. В соответствии со скоростью движения плазменной струи к узлам дискретной модели пошагово последовательно прикладывалась температурная нагрузка в виде конвекции. Тепловой поток плазменной струи распределяется по ширине пятна нагрева по закону, близкому к кривой вероятности Гаусса, исходя из чего на нагреваемой поверхности коэффициент конвекции задавался различным по ширине зоны нагрева, соответствующим нормальному распределению. Разработанная модель позволяет учитывать зависимость свойств материала от температуры. При решении задачи термоупругости нож закреплялся по нижней торцевой поверхности для ограничения перемещения в направлении, перпендикулярном поверхности ножа, и по поверхности шпоночного паза для ограничения перемещения в направлении, параллельном его поверхности. Получены типичные зависимости распределения температур, эквивалентных напряжений и суммарных перемещений на рабочей зоне ножа при различных скоростях движения пятна нагрева.

Для осуществления процесса поверхностного плазменного азотирования в комплексе с вакуумно-плазменной установкой был разработан специальный манипулятор, при помощи которого осуществляется перемещение детали относительно плазменной дуги с заданной скоростью (частота вращения стола манипулятора может регулироваться в пределах 0,5...180 об/мин). Упрочняемая деталь располагалась на столике манипулятора горизонтально. Осуществлен процесс поверхностного плазменного азотирования ножей путем нанесения дорожек с шагом 1,5 мм на рабочую поверхность детали. По результатам экспериментов определены оптимальные параметры процесса плазменного азотирования. В результате микротвердость поверхности детали увеличена до 460...600 HV0,1. Экспериментально подтверждена возможность азотирования при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями 0,4 мм между их осями.

По результатам исследований износостойкости ножей построены графики относительного износа их элементов после упрочнения объемной закалкой и плазменным поверхностным азотированием. Результаты показали, что износостойкость ножей, упрочненных путем поверхностного плазменного азотирования после объемной закалки, в 2,3 раза выше, чем лишь после объемной закалки.