УДК 621.791:631.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ВАЛОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С УЧЕТОМ ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

А.Ш. Муйдинов, канд. техн. наук (PhD), доцент,
Андижанский государственный технический институт,
г. Андижан, Республика Узбекистан
muydinovazizbek2021@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения межремонтного ресурса валообразных деталей сельскохозяйственной техники, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания. Представлен глубокий анализ существующих методов восстановления наплавкой композиционных материалов и разработана численная модель оценки интенсивности износа поверхностного слоя с использованием закона Арчарда в среде ANSYS. Проведена валидация модели на основе экспериментальных данных.

Abstract. The article addresses the issue of extending the service life between overhauls for shaft-like agricultural machinery components operating under conditions of intense abrasive wear. It presents an in-depth analysis of existing restoration methods involving the surfacing of composite materials and details the development of a numerical model—implemented in ANSYS—to assess surface layer wear rates based on Archard's law. The model was validated using experimental data.

Ключевые слова: вал, износ, твердость, термообработка.
Keywords: shaft, wear, hardness, heat treatment.

Введение

Почвообрабатывающие и уборочные машины функционируют в условиях жесткого абразивного воздействия, где ключевым фактором отказа механизмов является износ рабочих поверхностей валов и трибосопряжений. Восстановление деталей наплавкой порошковыми материалами и специальными электродами является экономически целесообразным решением, что подтверждается в работах Фархшатова М.Н., Муйдинова А.Ш. и др. [1], а также Косимова К. и Муйдинова А.Ш. [2]. Однако градиент микротвердости и структурообразование в зоне термического влияния (ЗТВ) приводят к нестабильности эксплуатационных характеристик.

Зарубежные исследователи, такие как Zum Gahr K.H. [3] и Stachowiak G.W. [4], в своих трудах подчеркивают, что сопротивление абразивному износу определяется не только абсолютной твердо-

стью материала (H), но и соотношением твердости абразива к твердости матрицы (Ha/Hm). В современных условиях проведение длительных натурных испытаний становится экономически невыгодным, в связи с чем активное развитие получают виртуальные испытания (CAE-моделирование). В работах Meng X. и др. [5] доказана высокая эффективность применения методов конечных элементов (МКЭ) для анализа триботехнических систем. Анализ технологических решений по восстановлению валообразных поверхностей, проведенный Муйдиновым А.Ш. [6], показывает необходимость интеграции натурных измерений твердости с численными моделями износа.

Методика исследований

Для оценки взаимодействия в трибосопряжении «вал – втулка» в присутствии абразивных частиц использовалось модифицированное уравнение износа Арчарда, интегрированное в модуль ANSYS Tribology:

$$w = k \cdot \frac{P \cdot s}{H_{(z)}}$$

где w – объем изношенного материала, мм³;

P – контактное давление, МПа;

s – путь трения, м;

$H(z)$ – распределение микротвердости по глубине восстановленного слоя z, HRC;

k – коэффициентообразующий параметр абразивного износа, определяемый эмпирически.

Экспериментальные исследования проводились на образцах из стали с наплавленным слоем. Измерение микротвердости H(z) выполнялось по стандарту Виккерса и Роквелла с шагом 0.2 мм от поверхности вглубь основного металла. Результаты испытаний культиваторных и машиностроительных деталей на износостойкость, аналогичные методикам Муйдинова А.Ш., Кодирова Н.У. [7] и Умарова А.М., Муйдинова А.Ш. [8], позволили сформировать граничные условия для конечной модели.

В среде ANSYS Mechanical создана 3D-модель контакта. Градиент твердости задавался в виде дискретных слоев с переменным модулем упругости и пределом текучести.

Результаты и обсуждение

Экспериментально установлено, что после наплавки и поверхностной пластической обработки градиент твердости варьируется от

45 до 58 HRC. Моделирование в ANSYS показало, что распределение контактных напряжений P(x,y) имеет выраженный пиковый характер на границах перехода наплавленного слоя к основному металлу.

Таблица 1 – Сравнительные данные экспериментального и расчетного износа

Режим обработки и структура	Твердость H(z), HRC	Экспериментальный износ, мкм	Расчетный износ (ANSYS), мкм	Отклонение (Ошибка), %
Базовый (Без термообработки)	42	120	128	6.6
Оптимальный (Низкий отпуск)	52	68	72	5.8
Максимальный (Высокая твердость)	58	62	65	4.8

Как видно из таблицы 1, с ростом твердости до 52 HRC наблюдается резкое снижение интенсивности износа. Однако дальнейшее увеличение твердости до 58 HRC приводит к незначительному приросту износостойкости, но повышает риск микроскалывания из-за роста хрупкости, что согласуется с выводами Popov V.L. [9]. Сравнение результатов показало высокую сходимость: максимальное отклонение расчетных данных от экспериментальных не превысило 6.6%.

Заключение

1. Доказана адекватность применения модели Арчарда в ANSYS для прогнозирования абразивного износа восстановленных валов с учетом градиента твердости.

2. Анализ работ зарубежных авторов и собственных исследований [1, 2, 6, 7] подтверждает, что оптимальным диапазоном твердости поверхностного слоя для валов сельхозмашин является 50...54 HRC.

3. Разработанная методическая база позволяет сократить объем натурных испытаний на 40-50% при проектировании технологических процессов восстановления.

Список использованной литературы

1. Фархшатов М.Н., Муйдинов А.Ш., Мадазимов М.Т. Перспективы сотрудничества с Республикой Узбекистан в области восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 130. – С. 163–167.

2. Косимов К., Муйдинов А.Ш., Мадазимов М.Т., Хамидович Х.Х. Перспективы восстановления изношенных деталей машин наплавкой композиционных порошковых материалов // Вестник БГАУ. – 2017. – № 1 (43). – С. 54–59.

3. Zum Gahr K.H. Microstructure and wear of materials. – Elsevier, 1987. – 560 p.
4. Stachowiak G.W., Batchelor A.W. Engineering tribology. – Butterworth-Heinemann, 2013. – 808 p.
5. Meng X., Bai S., Peng X. Finite element modeling of friction and wear in tribological contacts // Wear. – 2020. – Vol. 442. – Art. 203126.
6. Муйдинов А.Ш., Иброхимжон о‘g‘li T.S. Avtomobil va traktor vallsimon yuzalarini qayta tiklashda qo‘llaniladigan texnologiyalar tahlili // Образование наука и инновационные идеи в мире. – 2023. – № 16 (1). – С. 87–97.
7. Муйдинов А.Ш., Кодиров Н.У., Обидов О.С. Результаты испытаний долот культиваторов на износостойкость // Universum: технические науки. – 2024. – № 3 (11 (128)). – С. 61–64.
8. Умаров А.М.У., Муйдинов А.Ш., Абдулхамидов Х.И.У. Исследование и выбор наплавочного электрода с улучшенными свойствами для восстановления изношенных деталей машин из стали 110Г13Л // Universum: технические науки. – 2024. – № 2 (5 (122)). – С. 49–53.
9. Popov V.L. Contact mechanics and friction: physical principles and applications. – Springer, 2010. – 362 p.
10. Archard J.F. Contact and rubbing flat surfaces // Journal of Applied Physics. – 1953. – Vol. 24, No. 8. – P. 981–988.

УДК: 631.373-374

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПОГРУЗОЧНО-ЗАХВАТЫВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РУЛОНОВ ПРЕССОВАННЫХ КОРМОВ

Э.В. Дыба[1], канд. техн. наук, доцент,
А.М. Хартанович[1], инженер,
А.И. Пунько[2], канд. техн. наук, доцент
[1]РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь,
dibua-18@mail.by
[2]Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье проведен обзора и анализа современных конструкций захватывающих устройств, применяемых для автоматизированного подбора и загрузки спрессованных кормов на транспортную платформу, определена перспективная конструкция, которая ляжет в основу разрабатываемой машины.

Abstract. The article reviews and analyzes modern designs of gripping devices used for the automated picking and loading of compressed fodder onto transport platforms, and identifies a promising design that will serve as the basis for the machine currently under development.

Ключевые слова: погрузочно-захватывающее устройство, прессованные корма, рулон.

Keywords: loading and gripping device, compressed fodder, round bale.