

УДК 620.1:539.4

МЕХАНИЗМ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Диана Юрьевна Стурова

студент

urasturov@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В этой статье рассмотрены вопросы механизма усталостного разрушения деталей почвообрабатывающих машин. Подчеркивается взаимосвязь усталостного разрушения с неоднородной структурой материалов и возникновением трещин в рамках проведенного исследования.

Ключевые слова: усталостное разрушение, циклическое нагружение, кривая выносливости, предел прочности, предел текучести.

Почвообрабатывающие машины играют ключевую роль в современном сельском хозяйстве, обеспечивая эффективное выполнение различных агрономических процессов, таких как вспашка, культивация и посев. Однако, несмотря на широкий спектр технологий и конструкций, с которыми работают современные почвообрабатывающие машины, они подвержены значительным механическим нагрузкам, которые могут привести к усталостному разрушению деталей. Усталостное разрушение является одной из основных причин выхода из строя машин, что в свою очередь приводит к увеличению эксплуатационных затрат, снижению производительности и, как следствие, негативно сказывается на общей эффективности аграрного производства [1, 2].

Проблема усталостного разрушения материалов и конструкций является актуальной как в теоретическом, так и в практическом аспектах. Усталостное разрушение характеризуется тем, что оно может происходить при значительных колебаниях нагрузок, которые часто не превышают предельных значений для статического разрушения. Это делает его особенно коварным, так как визуально определить предстоящее разрушение зачастую невозможно. В связи с этим, понимание механизмов усталостного разрушения и факторов, влияющих на усталостную прочность деталей, имеет решающее значение для повышения надежности и долговечности почвообрабатывающих машин.

Эффективность обработки земли тесно связана с конструктивными особенностями сельскохозяйственной техники и инструментов, которые, в значительной степени, диктуются параметрами и состоянием их рабочих элементов.

Эти элементы, находясь в агрессивной почвенной среде, подвержены абразивному износу, что со временем приводит к деформации и изменению размеров. Подобные изменения отрицательно влияют на агрономические и энергетические характеристики выполняемых почвообрабатывающих работ. Современные научные изыскания подчеркивают неразрывную связь усталостного разрушения с неоднородностью структуры материалов. Почвообрабатывающие машины, работая в условиях интенсивных

динамических нагрузок и абразивного износа, подвергаются усталостному разрушению. Этот процесс начинается с микротрещин, возникающих в зонах концентрации напряжений – сварные швы, отверстия, резкие переходы сечений [1]. Под воздействием циклических нагрузок микротрещины растут, постепенно ослабляя структуру материала. Факторы, ускоряющие усталость приведены ниже.

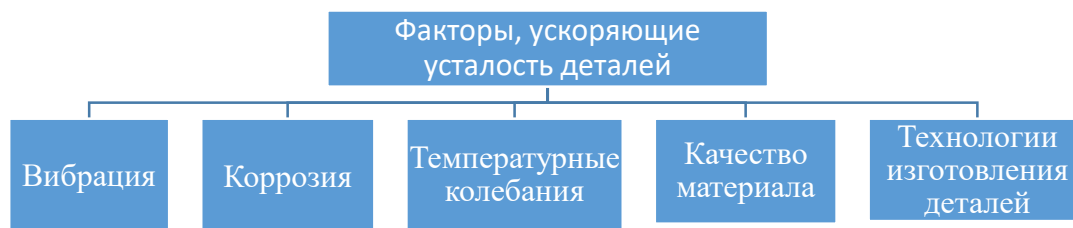


Рисунок 1 - Факторы, ускоряющие усталость.

Гранулизация не способна предотвратить зарождение раскола, однако изменение формы сдвига в зернах с неблагоприятной ориентацией может стать катализатором этого процесса. В случае ограниченного количества нагружений способны проявить себя деформации, при этом очаг напряжения возникает ближе к поверхности материала, что может служить началом процесса разрушения. Вариантом для снижения этого фактора и увеличения времени эксплуатации детали может являться своевременная обработка деталей. Наличие неравномерной структуры и других факторов приводит к сокращению срока службы деталей машин.

При использовании почвообрабатывающей техники происходит контакт между почвой и её рабочими элементами, имеющими различную форму – плоскую или изогнутую. В результате этого контакта почва подвергается сжатию, отделению слоев и дальнейшему смещению по поверхности рабочего органа. Величина давления, оказываемого почвой на эти элементы, обусловлена типом деформации, формой и размерами рабочих органов, скоростью движения агрегата, а также физическими и механическими характеристиками и текущим состоянием почвы.

Износ контактирующих деталей обусловлен действием сил трения. Под влиянием этих сил происходит постоянная деформация участков, находящихся в контакте, их упрочнение и разупрочнение, выделение тепла, изменение структуры материала, развитие усталостных процессов, окисление и другие явления.

Сила трения, как и коэффициент трения f (отношение силы трения к нормальной нагрузке N), является важной характеристикой трения.

$$f = F/N$$

Трение между деталями, даже при оптимальных условиях смазки, приводит к их износу, что проявляется в повреждении поверхностного слоя. Скорость износа коленчатых валов можно достаточно точно выразить следующим образом:

$$VdSdt = C + KS$$

где V – скорость изнашивания сопряжения (мкм/час)

S – зазор в сопряжении (мм);

$50 t$ – наработка сопряжения (часы, км и т. д.);

C, K – постоянные для данного сопряжения.

Улучшение характеристик поверхностного слоя достигается как традиционными технологиями при определенной настройке параметров, так и специализированными методами упрочнения. Использование упрочняющих технологий увеличивает срок службы механизмов, снижает затраты материалов, позволяет уменьшить размеры и вес компонентов за счет повышения допустимых нагрузок, а также сокращает издержки на производство и обслуживание оборудования.

В процессе эксплуатации лезвия почвообрабатывающих элементов теряют свою функциональность из-за абразивного износа, что требует восстановления для устранения повреждений, восстановления их работоспособности и, следовательно, увеличения срока службы.

Существующие подходы к поддержанию работоспособности ориентированы на снижение скорости износа путем использования более

устойчивых к износу материалов или разработки самозатачивающихся лезвий. Еще в 1926 году изобретатель А. М. Игнатьев предложил многослойное лезвие. Этот метод нашел применение в машиностроении, особенно после разработки индукционного метода наплавки порошковыми твердыми сплавами [3-6].

Однако, из-за значительной сложности и высокой стоимости твердых сплавов, данная технология пока не получила широкого распространения в сельскохозяйственном производстве для восстановления рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Исходя из вышеизложенного, следует сказать, что механизм усталостного разрушения деталей почвообрабатывающих машин является сложным многофакторным процессом, требующим комплексного подхода к его изучению и предотвращению. Устойчивость и надежность работы почвообрабатывающих машин зависят как от правильного выбора материалов и технологий, так и от учета эксплуатационных условий и регулярного контроля состояния деталей. Важно продолжать исследования в этой области, разрабатывать новые методы анализа и профилактики, а также внедрять современные технологии, которые помогут улучшить характеристики почвообрабатывающих машин и снизить риск усталостного разрушения. В итоге, успешное решение этих задач будет способствовать повышению эффективности сельского хозяйства и улучшению качества жизни людей, использующих эту технику.

Список литературы:

1. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин // М.: Изд-во АПМ. 472 с.
2. Фролова О.А. Особенности разрушения конструкционных материалов при различных условиях нагружения: учебное пособие // Оренбург: ОГУ. 2019. 91 с.
3. Манаенков К.А., Колдин М.С. Подготовка инженерных кадров для реализации программ научно-технического развития АПК // Интеллектуальные

технологии и техника в АПК. Материалы международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 г. Мичуринск: Изд-во «БИС». 2016. С. 26-37.

4. Хубаева А. Е., Бородкина С.В., Колдин М.С. САПР в компьютерно - интегрированном производстве (КИП) // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN: UDJEBZ

5. Хубаева А. Е., Бородкина С.В., Колдин М.С. Применение САД-систем при проектировании деталей машин на примере пакета КОМПАС-3D // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2. EDN: ZSZRGL

6. Хубаева А.Е., Колдин М.С., Ланцев В.Ю. Роль САПР в жизненном цикле продукта // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. EDN: BAABHP

UDC 620.1:539.4

THE MECHANISM OF FATIGUE FAILURE OF PARTS

Mikhail S. Koldin

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

Diana Yu. Sturova

student

urasturov@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. This article provides an overview of the mechanism of fatigue failure of parts. The interrelation of fatigue failure with the heterogeneous structure of materials and the occurrence of cracks under the action of variable loads and certain stress values is emphasized. The endurance curve, determination of the endurance limit and cycle characteristics are also considered. In addition, it is indicated how the parameters of the endurance curve are determined.

Keywords: fatigue failure, cyclic loading, endurance curve, tensile strength, yield strength.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.