

**ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ ЛЕСНЫХ МАШИН**

**INCREASING THE FATIGUE CHARACTERISTICS OF MEDIUM-CARBON
STEELS FOR THE MANUFACTURE OF TRANSMISSION PARTS OF
FOREST MACHINES**

Сурус А.И., Блохин А.В., Лось А.М.

(Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск, Республика Беларусь)

Surus A.I, Blakhin A.V., Los A.M.

(Belarusian state technological university, Minsk, The Republic of Belarus)

В работе дана оценка влияния поверхностного упрочнения методом карбонитрации на характеристики усталости образцов из среднеуглеродистых сталей (сталь 40, сталь 38ХА, сталь 40ХФА). Было установлено, что наибольший рост характеристик усталости наблюдался при обработке образцов в течение 3 - 4 часа. Наибольший рост характеристик усталости наблюдался для стали 40.

The paper assesses the effect of surface hardening by carbonitration on the fatigue characteristics of samples from medium-carbon steels (steel 40, steel 38HA, steel 40HFA). It was found that the greatest increase in fatigue characteristics was observed when processing samples for 3 to 4 hours. The greatest increase in fatigue characteristics was observed for steel 40.

Ключевые слова: деталь, соединение, свойство, упрочнение

Key words: part, joint, property, hardening

На различные детали лесных машин оказывается воздействие динамических нагрузок и процессов, связанных с трением в подвижных соединениях, вопросы повышения усталостной прочности и износостойкости деталей были и остаются актуальными. Особенно это актуально для широкого перечня деталей трансмиссий лесных машин. Одним из путей повышения надежности и срока службы подобных деталей является использование различных способов их поверхностного упрочнения. Применяемые для этой цели процессы по возможности должны быть бюджетными, не требовать финишной механической обработки изделий. Обозначенным требованиям в значительной мере соответствует Низкотемпературная карбонитрация в расплаве азотсодержащих солей. Предложенный процесс поверхностного упрочнения не приводит к изменению размеров и короблению обрабатываемых деталей, а также оказывает минимальное влияние на параметры шероховатости поверхностей [1], что дает возможность использовать его, в том числе, в качестве финишного. Однако, недостаточная толщина, твердость и износостойкость поверхностного слоя ограничивают область его применения. Решение этой проблемы было предложено осуществить с помощью генерации в расплаве среды для ХТО механических колебаний различной частоты [2].

Целью данной работы было установить влияние предложенного метода упрочнения на усталостные характеристики объектов упрочнения.

Для этого использовались плоские образцы (рисунок 1) для испытаний в виде балочек прямоугольного поперечного сечения (2×6 мм) из стали 40, стали 38ХА и стали 40ХФА, которые впоследствии обрабатывались в расплаве кальцинированной соды и мочевины при температурах $550\text{--}570^\circ\text{C}$ и продолжительности процесса от 0,5 до 5 часов. Ультразвуковые колебания частотой 3 и 18 кГц генерировали в расплаве с помощью грибкового концентратора.

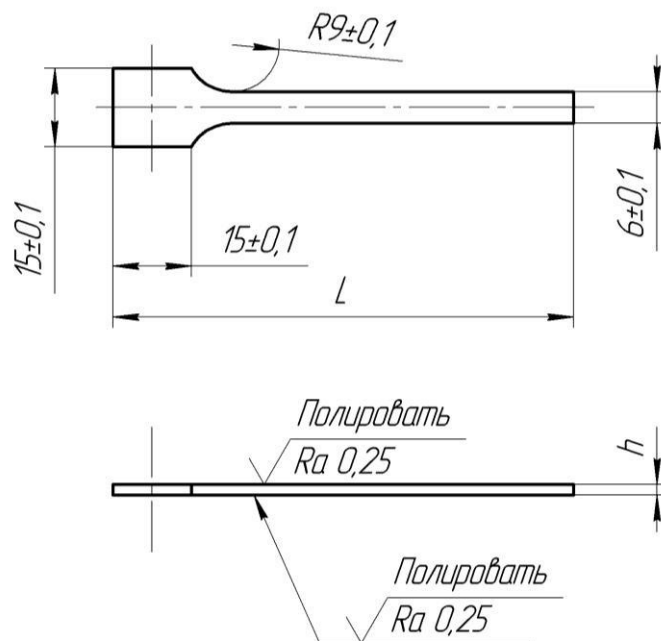


Рисунок 1 – Эскиз образца для нагружения

Для снижения длительности и трудоемкости усталостных испытаний использовались методики ускоренного определения характеристик усталости [3-5].

Для осуществления высокочастотного нагружения был использован комплекс магнестрикционных резонансных установок [4] (рисунок 2), позволяющий проводить испытания различных конструкционных материалов на больших базах испытаний в широком диапазоне частот ($0,3\text{--}18$ кГц) и температур ($300\text{--}1000^\circ\text{K}$). Учитывая специфику исследований и особенно резонансный режим нагружения, с целью уменьшения разброса результатов экспериментов особое внимание обращалось на качество и механические свойства материала заготовок. С целью исключения влияния разброса химического состава на результаты испытаний, образцы вырезались из металла одной поставки. Технология механической обработки предусматривала на заключительной стадии съем минимальной толщины слоя с целью предотвращения влияния технологической наследственности.

Использование при реализации знакопеременного изгиба в качестве образцов балочек постоянного сечения (рисунок 1) значительно облегчило проведение эксперимента, т.к. появлялась возможность на одном образце получать множество величин циклических напряжений.

При усталостных испытаниях с нагружением знакопеременным изгибом весьма актуальным является уточнение величины циклических напряжений, действующих в опасном сечении образца, действительная величина которых в значительной степени зависит от способа закрепления образцов, формы переходного участка и т.д. С помощью прикладных Cad-пакетов были произведены расчеты напряженно-деформированного состояния балочных образцов и проведена их проверка с использованием тензометрии для частот 0,3 и 2,8 кГц [6]. Разница в значениях напряжений не превышала обычных ошибок тензометрирования для нормальных условий измерений.

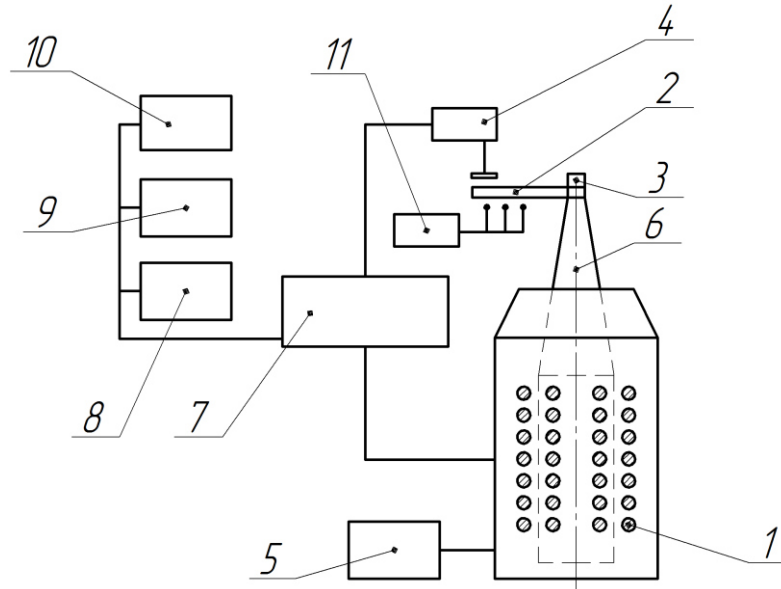


Рисунок 2 - Схема установки для нагружения знакопеременным изгибом (частота 18 кГц): 1 – магнитострикционный преобразователь; 2 – образец для испытаний; 3 – захват; 4 – виброметр; 5 – блок подмагничивания; 6 – концентратор-волновод; 7 – прибор стабилизации амплитуды; 8 – частотомер; 9 – осциллограф; 10 – ЭВМ; 11 – контроллер температуры

Как показали результаты испытаний, проведенных на частоте нагружения 18 кГц, применение диффузионного упрочнения существенно повышает усталостную долговечность по числу циклов N до полного разрушения образца. Усталостные характеристики улучшаются даже при непродолжительном времени обработки (0,5 ч). Применение колебаний, обеспечивает повышение числа циклов до разрушения образцов, изготовленных из исследованных материалов, на 10-30% при использовании частоты 18 кГц и на 10-25% при частоте 3 кГц (при оптимальном времени обработки 2-3 ч). При более длительной обработке, необходимой для получения поверхностных слоев повышенной толщины, введение колебаний в расплав препятствует снижению усталостной долговечности.

Следует отметить, что для образцов, изготовленных из слаболегированных сталей 38ХА и 40ХФА, был достигнут меньший прирост числа циклов до разрушения – 10-15%, а для стали 40 – прирост достигал 25-30%.

Полученные предварительные результаты показывают существенное повышение усталостных характеристик при использовании жидкостной карбонитрации в комбинации с возбуждением в расплаве колебаний частоты

той 18 кГц. Следует отметить, что лучший результат достигался при времени проведения химико-термической обработки 3–4 ч. Это может способствовать повышению надежности и ресурса деталей машин, в том числе лесного комплекса, работающих в условиях сочетания трения и динамических нагрузок. Процесс жидкостной карбонитрации наиболее целесообразно использовать для упрочнения деталей, работающих в условиях интенсивного трения скольжения, например, таких как шлицевые валы коробок передач, трансмиссионные валы с подвижными соединениями и иных деталей образующих подвижные шлицевые соединения.

Список использованных источников

1. Бельский С.Е. Влияние параметров диффузионного упрочнения на шероховатость поверхности обработанных деталей и стабильность их размеров // Труды БГТУ. Сер. II лесн. и деревообраб. пром-сти. 2002. Вып. X. С.204-207.
2. Довгялло И.Г. Влияние механических колебаний на качество диффузионного слоя стальных деталей при низкотемпературной карбонитрации / И.Г.Довгялло, Б.А.Каледин, А.И.Сурус, С.Е.Бельский // Труды БГТУ. Сер. II лесн. и деревообраб. пром-сти. 2000. Вып. II. С.207-213.
3. Блохин А.В. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования / А.В. Блохин, Ф.Ф. Царук, Н.А. Гайдук // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2002. Вып. X. С.213–215.
4. Belssky S. E. Equipment complex for ensuring the research of the characteristics of multi-cycle fatigue using high loading frequencies / Proceeding of BSTU, Forestry. Nature Management. Processing of renewable resources, No.2 (216) 2019, pp. 201–206.
5. Блохин А.В. Электросопротивление как структурно-чувствительная характеристика при усталостных испытаниях металлических конструкционных материалов / А. В. Блохин, С. Е. Бельский // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2006. Вып. XIV. С. 248–250.
6. Блохин А.В. Использование методов конечно-элементного моделирования для расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкций при циклическом изгибе /А.В.Блохин, А.М.Лось// Труды БГТУ. Сер. II лесн. и деревообраб. пром-сти. 2008. Вып. XVI. С.288-290.

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИКИ МАШИН И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЛОГИСТИКИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

APPLICATION OF MACHINE LOGIC AND SIMULATION FOR SOLVING LOGISTICS PROBLEMS IN THE FOREST COMPLEX

Цубикс В.О.¹, Долматов С.Н.², Колесников П.Г.³, Долматов З.С.⁴
(^{1,2,3}Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, г.Красноярск, РФ, ⁴МБОУ СОШ №10, г.Красноярск, РФ)

Tsubiks V.O., Dolmatov S.N., Kolesnikov P.G., Dolmatov Z.S. (^{1,2,3}Reshetnev Siberian State University of Science and Technology 31, Krasnoyarskii rabochii prospect, Krasnoyarsk, 660037, Russia; ⁴MBOU secondary school №10 Krasnoyarsk)

В лесопромышленном комплексе мероприятия, связанные с реализацией готовой продукции требуют особого внимания, так как для получения максимальной