

шением надежности и ресурса деталей машин, работающих в условиях сочетания трения и динамических нагрузок, интенсификация процесса насыщения происходящая при использовании вводимых в расплав колебаний, обеспечивает сокращение времени выдержки деталей в расплаве солей, что снижает расход энергии. Дополнительному снижению времени насыщения в расплаве способствует предварительный подогрев обрабатываемых деталей в печах до 450–500°С.

В результате исследований установлены оптимальные параметры процесса жидкостной карбонитрации для различных материалов с применением механических колебаний частотой 18 кГц вводимых в расплав с помощью волновода грибкового типа.

Данная технология диффузионного насыщения использована для упрочнения ряда деталей трансмиссий лесовозных машин. Проведенные производственные испытания показали существенное повышение эксплуатационного ресурса деталей, что обеспечило сокращение числа ремонтов узлов трансмиссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский С.Е., Сурус А.И. Влияние параметров процесса диффузионного упрочнения на шероховатость поверхности обрабатываемых деталей и стабильность их размеров. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Мн, 2002. Вып. X. С.204–207.

2. Сурус А.И., Урбанек Ж.М., Пуровская И.И., Ольшевский А.Ф. Влияние частоты механических колебаний на содержание компонентов в расплаве азотсодержащих солей и диффузию азота в сталь при ХТО. // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. Мн, 1994. Вып. II. С. 158–161.

3. Бельский С.Е., Дулевич А.Ф., Сурус А.И. Влияние технологических параметров диффузионного насыщения легирующими элементами из жидких сред на циклическую прочность и износостойкость сталей. //4 международный симпозиум по трибофатике: сб. трудов. Т.1. Тернополь, 2002. С.674–677.

УДК 539.434

С.Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
Ф.Ф. Царук, доц., канд. техн. наук; А.В. Блохин, ассист.
(БГТУ, г. Минск)

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для разработки и создания высоконадежных машин и конструкций лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования,

инцистую работающего в условиях вибрационных нагрузок, необходимо знать влияние технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов на характеристики циклической прочности материалов их деталей.

Поэтому создание высоконадежных конструкций, работающих в условиях вибрационных нагрузок, связано с разработкой и внедрением новых конструкционных материалов с использованием в прочностных расчетах уточненных характеристик усталости и созданием оборудования и методик для ускоренных усталостных испытаний.

Однако существующие низкочастотные методы усталостных испытаний требуют значительных материальных и временных затрат. Особенно это проявляется при необходимости учета ряда дополнительных факторов, таких как свойства материала, его кристаллическая структура, качество поверхностного слоя образцов (шероховатость, химико-термическая обработка покрытия, физико-химическое состояние поверхностного слоя, остаточные напряжения и др.), температура, концентрация напряжений, вид напряженного состояния моделей, которые существенно усложняют физическую картину протекания процессов усталостного разрушения.

С целью снижения трудоемкости и значительного сокращения времени проведения усталостных испытаний, особенно при больших (10^8 и более циклов) базах, весьма перспективным является использование высоких частот механических колебаний, позволяющих за приемлемый промежуток времени обеспечить наработку заданного числа циклов. Так, для проведения испытаний на частоте 50 Гц и базе 10^8 циклов необходимо затратить 555 часов непрерывной работы (более 23 суток), а проведение этих же испытаний на частоте 20 кГц и той же базе — всего 1,3 ч. Однако широкое внедрение в практику такого метода испытаний в связи с отличием характеристик циклической прочности, получаемых при высоких и низких частотах, потребовало установления научно-обоснованных корреляционных зависимостей между параметрами выносливости и целым рядом структурно-чувствительных характеристик материалов.

На комплексе испытательного оборудования с необходимым приборным обеспечением [1] проведено исследование моделей из различных марок сталей и алюминиевых сплавов при нагружении продольными и изгибными колебаниями в диапазоне частот 0,2–44,0 кГц. Показано, что при соблюдении идентичности условий проведения испытаний повышение частоты приводит к монотонному росту пределов выносливости материалов. Также проведен анализ кинетики таких

структурно-чувствительных характеристик, как величина блоков, плотность дислокаций, электропроводность, величина микронапряжений и микротвердость.

Полученные результаты, а также литературные данные [2–5] позволили сделать вывод, что основные признаки усталостного процесса при рассматриваемой вариации частоты в основном сохраняются. Так, остается неизменной форма усталостной кривой в координатах $\sigma - N$, оказываются сопоставимыми значения ограниченных пределов выносливости, особенно при одинаковом общем времени действия максимальных напряжений цикла. Остается неизменной в исследуемом диапазоне частот нагружения ориентация зарождающихся и распространяющихся усталостных трещин по отношению к направлению действия максимальных нормальных и касательных напряжений [2]. Частота оказывает качественно одинаковое влияние на амплитудно-временные зависимости рассеяния энергии, микротвердость, кинетику дислокационной структуры, электросопротивление, микродеформацию. Таким образом, можно утверждать о существовании единой физической природы усталостной повреждаемости при действии высоких и низких частот.

Для выявления причин количественного различия характеристик усталости, полученных при разных частотах нагружения и определения пределов низкочастотной выносливости по результатам высокочастотных испытаний, нами предпринята попытка теоретического анализа частотной зависимости эволюции дислокационной структуры на первом этапе развития процесса усталостной повреждаемости. Нами введено понятие «пороговые напряжения» — σ_0'' , представляющие собой такие циклические напряжения, ниже которых не обнаруживаются необратимых изменений структурно-чувствительных свойств [6].

Установлено, что для изучаемых материалов частотные зависимости пределов выносливости σ_{-1} и пороговых напряжений σ_0'' располагаются эквидистантно; таким образом их разность $\Delta\sigma$ для каждого материала в рассматриваемом диапазоне частот одинакова.

Методика прогнозирования представляется следующей. Проводятся усталостные испытания материала на возможно более высокой частоте с соблюдением ограничений по температуре саморазогрева и одновременно определяется величина высокочастотного порогового напряжения σ_0'' каким-либо достаточно чувствительным и доступным методом (например, используя данные по изменению микротвердости).

Параллельно высокочастотным усталостным испытаниям подвергаются низкочастотному нагружению образцы для определения

низкочастотного порогового циклического напряжения σ_0^n . После завершения высокочастотных усталостных испытаний определяется $\Delta\sigma$ – разность между пределом выносливости $\Delta\sigma_{-1}^b$ на высокой частоте и величиной порогового напряжения σ_0^n для той же частоты.

Используя эту разность, можно определить предел низкочастотной выносливости σ_{-1}^b как $\sigma_{-1}^b = \sigma_0^n + \Delta\sigma$.

Относительная ошибка прогноза данной методики находится в пределах обычных ошибок экспериментального определения пределов выносливости.

Таким образом, предлагаемая методика обеспечивает многократную экономию трудо- и энергозатрат на проведение испытаний, значительно сокращает сроки разработки новых металлических материалов и элементов конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блохин А.В., Царук Ф.Ф., Гайдук Н.А. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования // Труды БГТУ. Лесная и деревообр. пром-сть. 2002. Вып. X. С. 213–216.
2. Писаренко Г.С., Степаненко В.А., Маковецкая И.А. Разрушение сплавов ОУЧ1 и Д16Т при циклическом нагружении в широком диапазоне частот. // Проблемы прочности. – 1974. – № 3. – С. 8–13.
3. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. – М.: Металлургия, 1976.
4. Почтенный Е.К. Прогнозирование долговечности и диагностика усталости машин. – Мн.: Наука и техника, 1983.
5. Смирнов Б.И. Дислокационная структура и упрочнение металлов. – Л.: Наука, 1981.
6. Царук Ф.Ф., Бельский С.Е., Соболев В.Р., Блохин А.В. К физической модели влияния частоты механических колебаний на сопротивление усталости материалов // Современные методы проектирования машин. Расчет, конструирование и технология изготовления: Сборник научных трудов. Вып. 1. Т 3. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – С. 409–411.