

Исследование кинетики износа упрочненных слоев показало (рис.2), что при проведении карбонитрации без использования колебаний (время обработки 2,5 часа) кривая износа имеет три участка, соответствующих стадиям приработки, установившегося износа и ускоренного разрушения поверхностного слоя.

При том же времени обработки, но с использованием колебаний кривая износа, сохраняя "классический" характер, отличается значительным сокращением периода приработки и более продолжительным участком установившегося износа. Электронно-микроскопическое исследование поверхностей позволило установить, что механизм изнашивания в данном случае можно характеризовать как окислительно-абразивный, т.е. один из наименее агрессивных видов износного разрушения.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности длительной стабильной работы деталей при сохранении их размеров в заданных пределах.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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, выпуск 2.- Мн.: 1994.- С.158-161.
2. Соверденко В.П., Степаненко А.В., Хан Дык Ким, Довгялло И.Г. О расчете волновода с преобразованием направления колебаний.//Прикладная механика, 1980, т.16, №5.-С.137-140.

УДК 621.185.532

И.Г. Довгялло, доц.;
А.Г. Капсаров, науч. сотр.;
С.Е. Бельский, доц.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СЛОЖНОАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

The results of experimental and theoretical study of the amplitude frequency parameters influence on the fatigue durability characteristics of the M1 copper, D16 aluminium alloy, 40X; and Ст 10 steel samples are represented.

Ряд ответственных элементов гидросистем лесозаготовительных машин и деревообрабатывающего оборудования в процессе эксплуатации подвергается воздействию как статических, так и циклических напряже-

ний, что вызывает их усталостное разрушение. Поэтому создание высоконадежных конструкций, работающих в условиях сложного напряженного состояния, связано как с разработкой и внедрением новых конструкционных материалов, так и с использованием в прочностных расчетах уточненных характеристик усталости, которые определяются, как правило, испытаниями на низких частотах нагружения ($\sim 10 \div 100$ Гц). Такие испытания при наработке больших баз ($10^8 \div 10^{10}$ циклов) характеризуются большой длительностью, трудоемкостью и энергозатратами. Полная замена подобных испытаний высокочастотными, позволяющими за приемлемый промежуток времени обеспечить наработку заданного числа циклов, проблематична, поскольку характеристики усталостной прочности, получаемые при разных частотах нагружения, существенно различаются между собой.

В связи с этим на основании анализа влияния частоты на усталостную долговечность конструкционных материалов, кинетику их структурно-чувствительных свойств (СЧС) и эволюцию дислокационной структуры нами разработана и научно обоснована методика ускоренного прогнозирования низкочастотной усталости сложнонагруженных деталей и элементов конструкций по результатам высокочастотных испытаний.

Для определения характеристик усталости и кинетики СЧС в условиях симметричного и асимметричного циклов нагружения создан комплекс испытательного оборудования с приборным обеспечением [1-4], позволяющий реализовать частоты от 0.15 до 44 кГц.

Испытательный комплекс работал в автоколебательном режиме и поддерживал заданные параметры колебаний образцов с помощью специального прибора стабилизации амплитуды (ПСА) [4]. Для реализации асимметричного цикла в элементах толстостенных трубопроводов создавалось трехосное напряженное состояние за счет внутреннего гидростатического давления до 60 МПа, получаемое с помощью созданного нами стенда высокого давления.

На основании проведенных комплексных исследований [5] доказано существование единой физической природы усталостной повреждаемости при действии высоких и низких частот нагружения.

С целью разработки научно обоснованной методики ускоренных усталостных испытаний нами установлены причины количественного различия характеристик усталости, полученных при разных частотах и схемах нагружения, для чего проведен теоретический анализ амплитудно-частотной зависимости эволюции дислокационной структуры на первых стадиях развития процесса циклической деформации материала. Оценка величины амплитуды циклического напряжения начала работы источника Франка-Рида и генерации дислокационных петель (что свидетельствует о развитии процесса усталостной повреждаемости материала) осуществля-

лась на основе модели Келера [6]. Выполненные теоретические исследования позволили получить частотную зависимость напряжений, ниже которых не отмечалось необратимых изменений СЧС материалов при неограниченно больших базах испытаний. Данные напряжения названы нами пороговыми циклическими напряжениями (σ_a^H). Их экспериментальное определение осуществлялось во всем исследованном диапазоне частот и дополнительного статического нагружения методами микротвердости, рентгеноструктурного и микроструктурного анализов, электросопротивления и магнитных характеристик (для ферромагнитных материалов). С превышением уровня пороговых напряжений отмечался резкий рост СЧС. Кривые частотных зависимостей σ_a^H (полученные как теоретически, так и экспериментально) и пределов выносливости исследуемых материалов (σ_{-1}), определенные при различных базах в условиях симметричного и асимметричного циклов, расположены эквидистантно. Тем самым установлено, что разность пределов выносливости и пороговых напряжений $\Delta\sigma$ для каждого материала в исследуемом диапазоне частот и давлений является величиной постоянной. На основании этого разработана методика прогнозирования, предполагающая проведение усталостных испытаний материала на возможно более высокой частоте (с соблюдением ограничений по температуре саморазогрева) и с одновременным определением величины высокочастотного порогового циклического напряжения ($\sigma_a^{ПВ}$). Параллельно высокочастотным усталостным испытаниям образцы подвергаются низкочастотному нагружению для определения низкочастотного порогового напряжения ($\sigma_a^{ПН}$), например, по измерению микротвердости. После завершения высокочастотных испытаний находится величина $\Delta\sigma$ на высокой частоте, используя которую, определяется предел низкочастотной выносливости:

$$\sigma_R^H = \sigma_a^{ПН} + \Delta\sigma .$$

Как видно из приведенного рисунка, сопоставление экспериментальных и прогнозируемых величин низкочастотных пределов выносливости стали 10 и меди М1, полученных по результатам испытаний на частоте 18 кГц в условиях симметричного и асимметричного нагружения, показало достаточно высокую точность.

В целом ошибка прогноза не превышает $\pm 8\%$, что подтверждает корректность принятой методики и позволяет рекомендовать ее для ускоренных усталостных испытаний широкой номенклатуры деталей, работающих в условиях сложного напряженного состояния.

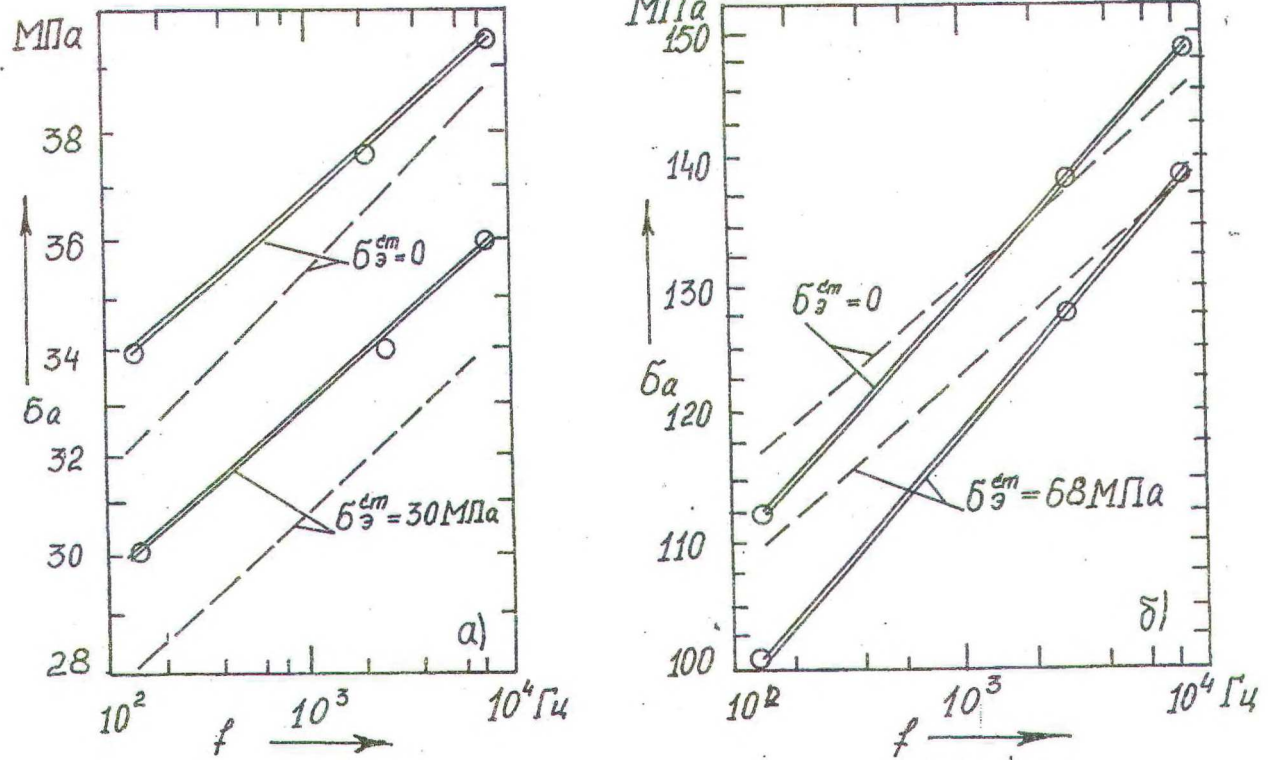


Рис. Сопоставление экспериментальных (-----) и прогнозируемых (-----) пределов выносливости меди МІ (а) и стали 10 (б) при разных величинах внутреннего гидростатического давления ($\sigma_3^{\text{ст}}$)

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1388759, СССР, 15.12.1987 г., авт. Борд В.И., Капсаров А.Г., Довгялло И.Г. и др.
2. А.с. № 1404886, СССР, 22.02.1988 г., авт. Капсаров А.Г., Довгялло И.Г., Борд В.И., Мишнев В.В.
3. А.с. № 1486870, СССР, 15.02.1989 г., авт. Борд В.И., Капсаров А.Г., Довгялло И.Г.
4. Капсаров А.Г., Довгялло И.Г., Борд В.И., Зайцев А.В. Комплекс устройств для ускоренных испытаний гидросистем на усталостную долговечность /Сб. научн. тр. Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Вып.6. Мн.: Вышэйшая школа, 1991.– С.19-24.
5. I. Dovgyallo, S. Belsky, V. Sobol, On the physical nature of frequency dependence of the cyclic strength of metallic materials.– creep and coupled processes, Bialystok, Poland, September 24-26, 1992, p.47-52.
6. I.S. Kohler. Imperfections in nearly perfect crystals, New York, 1952.– 197p.

УДК 620.179.17

С.А.Новиков, доцент

АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗАЩИТНЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ НИКЕЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

The feasibility of inspection of nickel-plated coatings on a copper alloy by the parameters of magnetic acoustic emission (MAE) has been shown.

Упрочняющие и защитные покрытия находят применение при изготовлении деталей машин и механизмов лесной и деревообрабатывающей промышленности. Высокое качество защитных покрытий обеспечивается не только технологией их нанесения, но и эффективными методами неразрушающего контроля структуры и дефектов покрытий.

В последнее время заметно возрастание интереса к акустической эмиссии при перемагничивании, или магнитоакустической эмиссии (МАЭ), как к методу неразрушающего контроля. Известны работы по применению магнитоакустической эмиссии для контроля остаточных напряжений [1], многоциклового усталости [2], величины магнитострикции [3]. В настоящей работе приведены результаты исследований возможности контроля по параметрам МАЭ отслоений защитных гальванических никелевых покрытий на немагнитной основе.