

УДК 621.185.532.

И. Г. Довгялло, доц.;
Ф. Ф. Царук, ст. преп.;
С. Е. Бельский, доц.;
А. Г. Капсаров, научн. сотр.

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

The results of experimental study of the amplitude frequency parameters influence on the fatigue durability of the M1 copper, 20X13 and 40X steels are presented.

Большинство деталей лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования в процессе эксплуатации подвергается как статическому воздействию, так и циклическим напряжениям различных типов колебаний широкого амплитудно-частотного диапазона. Обеспечение необходимого уровня надежности и технико-экономической эффективности подобных изделий невозможно без получения достаточного объема достоверной информации о физико-механических характеристиках (ФМХ) материалов при разных схемах циклического нагружения, поскольку усталостные разрушения занимают значительную долю от всех причин катастрофического выхода конструкций из строя.

Для снижения трудоемкости и существенного сокращения времени проведения усталостных испытаний, особенно при больших базах, весьма перспективным является использование высоких частот, позволяющих за приемлемый промежуток времени обеспечить наработку заданного числа циклов. Однако отличие характеристик усталостной долговечности при низких и высоких частотах механических колебаний требует установления научно обоснованных корреляционных зависимостей между схемой, параметрами нагружения и структурно-чувствительными свойствами металлов и сплавов.

Для установления частотной зависимости усталостной долговечности материалов при циклическом нагружении нами разработаны и реализованы испытательные комплексы с частотами изгибных и продольных колебаний 0,15; 3; 9 и 18 кГц [1, 2]. Для получения высоких частот использовались магнестрикционные преобразователи, питание высокочастотным током которых производилось либо от усилителя типа УПВ-5 (частоты 3 и 9 кГц), либо от генераторов УЗГ2-4М (частота 18 кГц). Принципиальная схема стендов приведена на рис. 1.

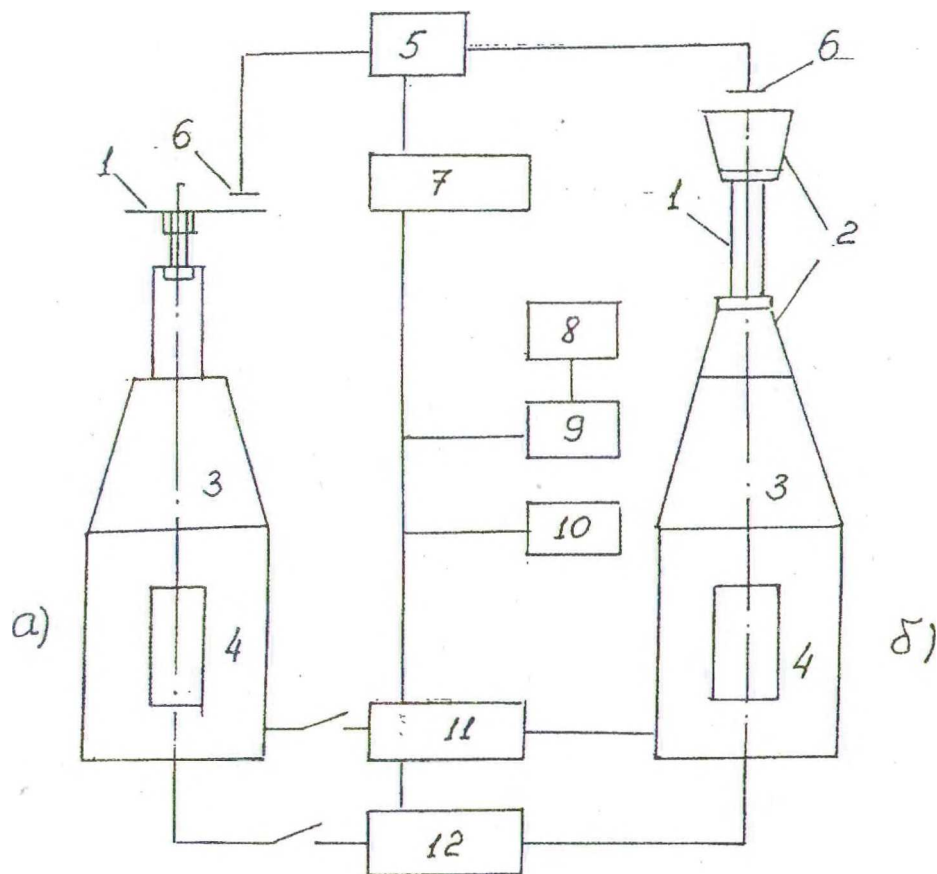


Рис. 1. Принципиальная схема высокочастотных испытательных стенов для изгибных и продольных колебаний:

а) – стенд для изгибных колебаний; б) – стенд для продольных колебаний; 1 – образец; 2 – согласующий элемент (для продольных колебаний); 3 – концентратор; 4 – магнитострикционный преобразователь; 5 – виброметр МРТИ; 6 – датчик виброметра; 7 – прибор стабилизации амплитуды (ПСА); 8 – цифropечатающее устройство Ф30; 9 – частотомер ЧЗ-35; 10 – осциллограф С1-64; 11 – усилитель УПВ-5 для частот 3 и 9 кГц, генератор УЗГ-2-4М для частоты 18 кГц; 12 – блок подмагничивания

Все элементы колебательных систем выполнялись с одинаковой собственной частотой, что позволяло при работе установок на данной резонансной частоте получить в образце максимальные значения амплитуды циклических напряжений. Для проведения усталостных испытаний на низкой частоте была создана испытательная установка на базе электродинамического вибростенда типа ВЭ; питание переменным током его активных катушек осуществлялось от усилителя типа

SAVAGE. Испытательные комплексы работали в автоколебательном режиме и поддерживали заданные параметры колебаний образцов с помощью специального прибора стабилизации амплитуды (ПСА) [2]. Образцы, расчет которых осуществлялся по методикам [3, 4], представляли собой полые толстостенные многоступенчатые цилиндры для продольных и пластины для изгибных колебаний.

Испытаниям подвергались материалы с различными свойствами и типом кристаллической решетки - стали 40X и 20X13, а также медь М1. Стали 40X и 20X13 изучались в связи с их широким использованием в автотракторном и химическом машиностроении для изготовления ответственных сложнагруженных деталей машин, сосудов давления и других элементов конструкций. В качестве модельного материала изучалась медь М1 в связи с ее однородностью, хорошей изученностью свойств, а следовательно, пригодностью для выявления физической стороны происходящих в процессе усталости изменений.

Оценка влияния частоты нагружения на характеристики циклической прочности исследуемых материалов осуществлялась по кривым усталости, построенным в координатах $\sigma_a - \lg N$.

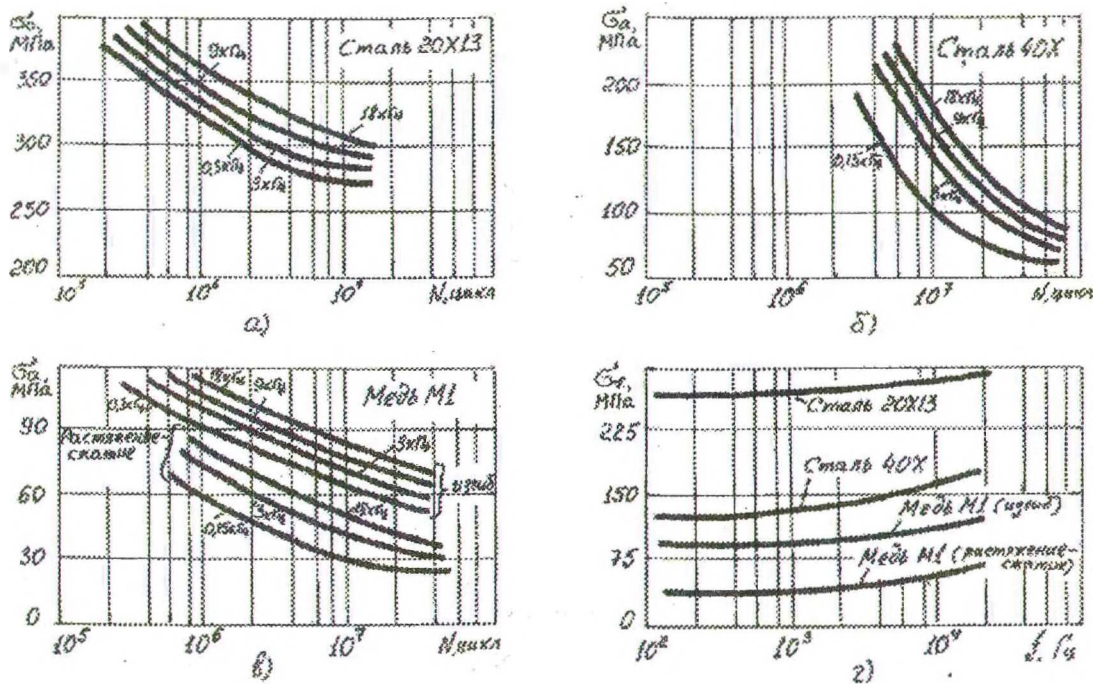


Рис. 2. Кривые усталости при знакопеременном изгибе (а, в) и растяжении-сжатии (б, в) и пределы ограниченной выносливости (г) исследованных материалов

Экспериментальные данные (рис. 2) показывают, что для всех исследуемых материалов характерно монотонное увеличение усталостной долговечности с ростом частоты нагружения, причем долговечность при изгибе, как видно на примере меди, на 20-25% выше, чем при растяжении-сжатии.

Пределы ограниченной выносливости σ_{-1} также возрастают с повышением частоты (рис. 2, г). Так, рост частоты от 0,15 до 18 кГц при испытаниях на растяжение-сжатие моделей из стали 40Х на базе 10^7 циклов привел к повышению σ_{-1} от 125 до 187 Мпа, или на 50%. Это может быть объяснено тем, что величина пластической деформации в процессе каждого цикла изменения нагрузки при высоких частотах меньше, чем при низких, поскольку пластическая деформация за цикл не успевает произойти в такой же мере, как при низкочастотном деформировании из-за малого времени пребывания материала под нагрузкой. Кроме того, с повышением частоты уменьшаются и объемы деформируемого материала. В наибольшей мере влияние скорости циклического нагружения сказывается на пределах ограниченной выносливости сталей, в меньшей степени на величине σ_{-1} цветных металлов [5]. С увеличением числа циклов разница в значениях σ_{-1} уменьшается.

Однако повышение частоты не изменяет форму кривых усталости, располагающихся как при знакопеременном изгибе, так и при растяжении-сжатии практически эквидистантно. Кривые пределов ограниченной выносливости при различных типах колебаний также носят одинаковый характер. Таким образом, полученные результаты показывают единую физическую природу усталостного разрушения металлических материалов при разных частотах и схемах испытаний, что создает предпосылки для разработки методики прогнозирования низкочастотной усталости по результатам высокочастотных испытаний и количественной оценки влияния частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капсаров А. Г., Борд В. И., Довгялло И. Г. Создание устройств для исследования высокочастотной усталости материалов и элементов конструкций с различными коэффициентами асимметрии цикла // Сб. докл. II Симпозиума н.-т. проблем ползучести материалов. – Белосток, 1989. С. 211-218.
2. Капсаров А. Г., Довгялло И. Г., Борд В. И., Зайцев А. В. Комплекс устройств для ускоренных испытаний трубопроводов гидросистем на усталостную долговечность // Сб. научных трудов.

Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. С. 19-24.

3. Мартыненко М. Д., Довгялло И. Г. Расчет продольно-колеблющихся многоступенчатых стержней. В сб. докладов II Всес. семинара "Прочность материалов и элементов конструкций при звуковых и ультразвуковых частотах нагружения. – Киев: Наукова думка, 1980. С. 374-379.
4. Немцов В. Б., Долбин Н. А., Царук Ф. Ф., Довгялло И. Г., Кондеев Ю. Н. К расчету напряженного состояния пластин, колеблющихся на низких ультразвуковых и звуковых частотах // Теоретическая и прикладная механика. Вып. 16. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. С. 113-117.

УДК 621.785.532

И. Г. Довгялло, доц.;
А. И. Сурус, асс.;
С. Е. Бельский, доц.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ АЗОТИРОВАНИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРОЧНЕННОГО СЛОЯ

Influence of mechanical vibrations under low-temperature nitriding on the characteristics of hardening layer of steels of various levels of alloying is examined.

Одним из путей повышения надежности машин по определенным показателям является использование упрочняющих технологий на стадиях изготовления и ремонта.

Применение таких технологий в отраслях, где проблематичны вопросы усталостной прочности, износо- и коррозионной стойкости, дает большой экономический эффект, который может быть непосредственно связан как с увеличением ресурса работы машин и механизмов, так и с возможностью замены материалов на менее дефицитные и более дешевые.

Для машин и механизмов лесной промышленности в силу специфических условий их эксплуатации эти вопросы являются наиболее актуальными.

На кафедре деталей машин и ПТУ БГТУ проводятся исследования с целью разработки эффективных методов поверхностного упрочнения сложнонагруженных деталей машин путем диффузионного на-