

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

The different equipment for accelerated fatigue tests with different temperatures and range frequency of cyclic bending are given. Random load fatigue for heightened frequency equipment are represented.

Надежность и безопасность большинства современных машин и конструкций в значительной мере зависят от правильности проведения прочностных расчетов. Поскольку большая часть разрушений при эксплуатации связана с зарождением и развитием усталостных трещин, то очевидным является важное прикладное значение методов оценки характеристик сопротивления усталости при различных условиях эксплуатации. Физические процессы, определяющие развитие усталостного повреждения, весьма сложны, а способы их описания недостаточны и неточны для использования в прочностных расчетах. Поэтому основной путь разработки методов расчета на усталостную прочность – применение различных эмпирических зависимостей, полученных с использованием большого объема экспериментальных данных. Основным недостатком такого подхода является трудоемкость усталостных испытаний. Особенно это актуально при больших базах испытаний, когда речь идет о наработке сотен тысяч и миллионов циклов нагрузки.

Как показали ранее проведенные исследования, весьма перспективным для этих целей методом является использование высоких частот колебаний, позволяющих за короткий промежуток времени обеспечить наработку значительного числа циклов нагружения и установить закономерности влияния частоты деформирования на циклическую повреждаемость исследуемых металлов и сплавов [1, 2].

Для осуществления низкочастотного и высокочастотного нагружения был разработан, а позднее модернизирован комплекс магнитострикционных резонансных установок [3], позволяющий проводить испытания различных конструкционных материалов (как металлических, так и неметаллических) на больших базах испытаний в широком диапазоне частот (0.3 кГц; 2.8 кГц; 8.8 кГц; 18 кГц) и температур (300–1000°K).

Выбор магнитострикционных преобразователей (магнитострикторов) в качестве возбуждателей механических колебаний обусловлен их относительной простотой. Эти устройства используют свойство ряда материалов (никель, пермендюр, алфер и др.) изменять свои линейные размеры в соответствии с изменениями магнитного поля, в которое эти материалы помещены. Магнитострикционный преобразователь выполнялся в виде пакета О-образных пластин из никеля или пермендюра. Применение такого типа преобразователей наряду со стержневыми механическими усилителями-концентраторами позволяет упростить испытательный стенд, а также значительно снизить энергозатраты при проведении экспериментов (снижение этих затрат существенно увеличивается с ростом частоты).

Дальнейшее развитие комплекса оборудования для усталостных испытаний необходимо осуществлять по следующим направлениям: разработка и техническая реализация элементов, позволяющих учитывать многообразие факторов, существенно влияющих на процесс накопления усталости (параметры окружающей среды, режим нагружения и др.), совершенствование методов контроля и измерения параметров испытаний.

К эксплуатационным факторам, оказывающим значительное влияние на сопротивление усталости элементов конструкций, относятся такие параметры окружающей среды, как температура и ее состав. Если влияние атмосферной влаги или каких-либо агрессивных компонентов среды на эти элементы можно существенно ограничить (нанесение покрытий, применение специальных сплавов и др.), то их работа при температурах, отличных от нормальных, часто вызвана объективными причинами, что вносит изменения в развитие

процессов усталости. В связи с этим для учета влияния на усталостные характеристики повышенных температур испытательный комплекс был оборудован стационарными нагревательными печами с контрольно-измерительным оборудованием [3]. Однако большой интерес вызывает исследование усталостных свойств конструкционных материалов при низких температурах (менее 273°K). Для решения этой проблемы можно предложить модульное построение части комплекса, осуществляющей поддержание температурного режима испытаний (рис. 1).

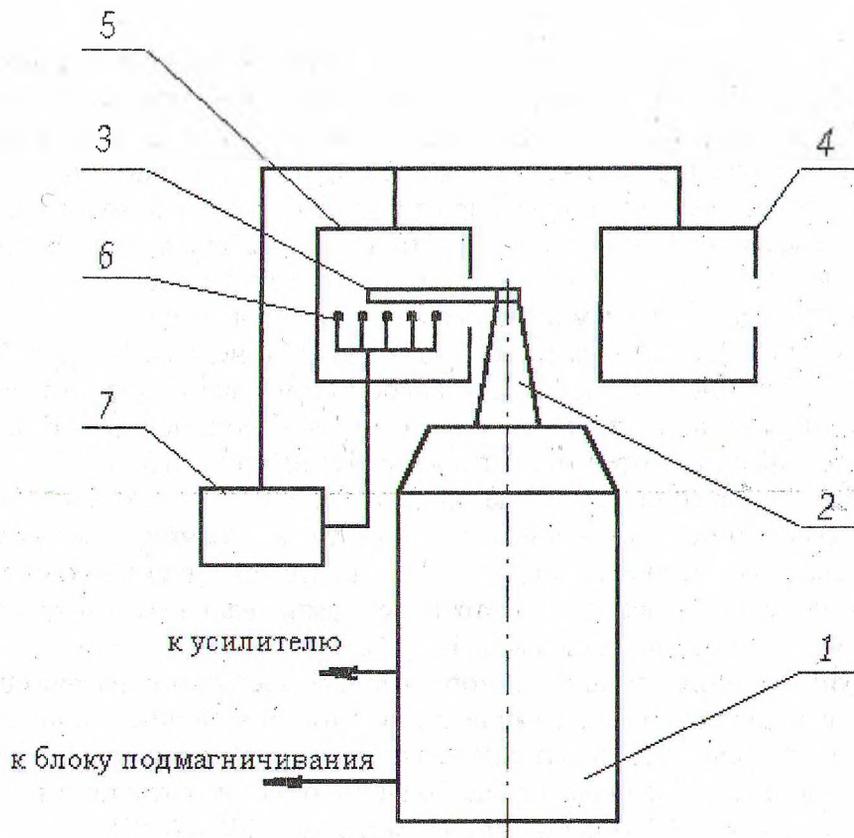


Рис. 1. Стенд для испытаний в широком диапазоне температур:

1 – вибратор; 2 – концентратор; 3 – образец; 4 – камера низких температур; 5 – камера высоких температур; 6 – блок датчиков температуры; 7 – блок контроля и регулировки температур

Режимам нагружения при усталостных испытаниях сегодня уделяется большое внимание. Метод испытаний на усталость при постоянной амплитуде нагружения долгое время был единственным методом воспроизведения эксплуатационных режимов. Если эксплуатационная нагрузка характеризуется переменностью амплитуд, такой метод является неудовлетворительным, поскольку до настоящего времени не существует достаточно надежного способа определения регулярного режима нагружения, эквивалентного эксплуатационному, что обусловлено погрешностями существующих гипотез накопления усталостных повреждений.

Случайное (или эксплуатационное) нагружение нашло широкое применение в низкочастотных установках с электродинамическим или электромагнитным силовозбуждением при низкочастотном (100–300 Гц) нагружении образцов. Эти установки, как правило, разделяют на две группы. К первой группе относятся установки [4, 5], блок-схема которых показана на рис. 2.

Для возбуждения циклических нагрузок используется резонансный режим колебаний образца. Возбуждение задается с помощью электронного генератора шума, сигнал которого фильтруется для ограничения частот возбуждающей силы достаточно узкой полосой,

содержащей резонансную частоту. Нагрузка представляет собой узкополосный случайный процесс; деформации в образце контролируются тензодатчиками, акселерометрами.

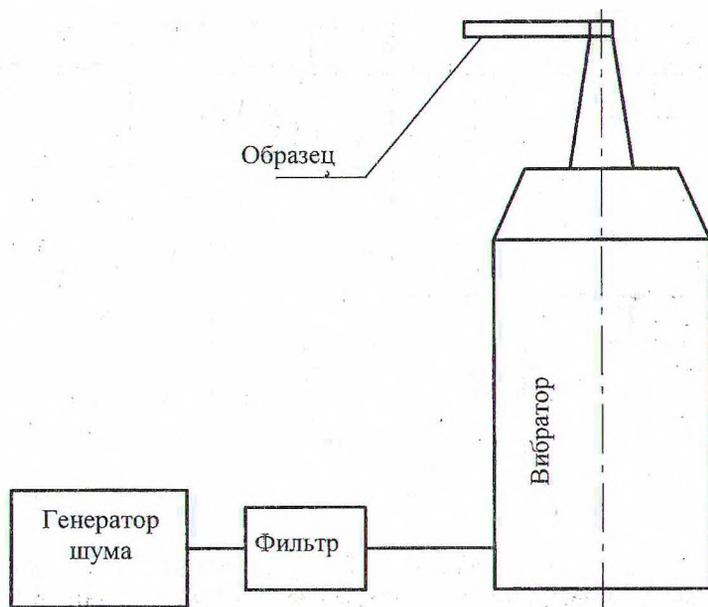


Рис. 2. Стенд испытательный низкочастотный

Ко второй группе относятся установки, отличающиеся тем, что режим испытаний не резонансный, один конец образца закреплен неподвижно, другой закреплен на вибраторе [6]. Нагрузка задается генератором шума и системой фильтров. Для улучшения воспроизведения заданной спектральной плотности и ее стабилизации применяется ЭВМ. Используются также сервогидравлические машины с обратной связью, которые считают наиболее универсальными для проведения усталостных испытаний.

Вышеприведенные схемы реализации случайного нагружения применялись для низкочастотных испытаний. Использование данного типа нагружения при высокочастотных усталостных испытаниях позволит изучить влияние случайных нагрузок, пиковых перегрузок и других факторов, свойственных реальным условиям эксплуатации, на усталостные характеристики, а также более точно прогнозировать усталостную долговечность при таких испытаниях различных конструкционных материалов. Блок-схема комплекса, позволяющего осуществить такое нагружение в широком диапазоне частот и температур, приведена на рис. 3.

Блок управления 11 представляет собой ЭВМ и систему ЦАП и АЦП, осуществляющих взаимодействие с генератором 10, датчиком 12, и блоком 7. Блок контроля и регулировки температуры принимает сигналы от датчиков 6 (термопары или терморезисторы) и передает информацию об уровне сигнала блоку 11. Поскольку взаимодействие данных элементов двустороннее, то после обработки сигнала ЭВМ подает регулирующий сигнал в соответствии с условиями испытаний блоку 7, который с помощью автоматических регуляторов задает необходимую температуру в камере 5 или 4. Аналогичное взаимодействие предусмотрено для датчика 12 и блока управления 11. Генератор 10 задает основную частоту испытаний, а также получает управляющий сигнал от блока 11, который наряду с поддержанием амплитуды колебаний образца 3 задает случайные нагрузки. Блок подмагничивания 8 обеспечивает необходимый уровень колебаний магнитоотрикатора 1 и концентратора 2, которые вместе с образцом 3 колеблются в резонансном режиме. Осциллограф 13 и частотомер 14 предназначены для независимого контроля за формой и частотой колебаний образца. Возможна замена автоматических регуляторов на регуляторы с цифровым интерфейсом, что позволит несколько упростить конструкцию комплекса.

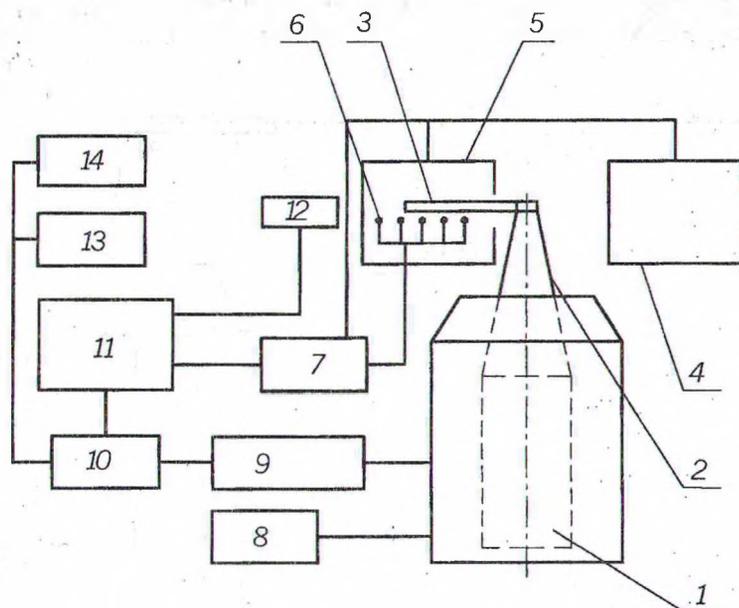


Рис. 3. Схема принципиальная комплекса, осуществляющего нагружение в широком диапазоне частот и температур: 1 – магнитоистриктер; 2 – концентратор; 3 – образец; 4 – камера для низких температур; 5 – камера для высоких температур; 6 – блок датчиков температуры; 7 – блок контроля и регулировки температуры; 8 – блок подмагничивания; 9 – усилитель; 10 – управляемый генератор; 11 – блок управления; 12 – бесконтактный датчик-виброметр; 13 – осциллограф; 14 – частотомер

Данный комплекс позволит моделировать испытания в широком диапазоне частот, температур, реализовать разнообразные случайные нагрузки, свойственные реальным условиям эксплуатации, а различные обратные связи позволят осуществлять контроль за разнообразными параметрами испытаний (температура образца, частотный спектр, амплитуда колебаний и др.) в реальном времени, их замер и анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20X13 steel // The 4 Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. – Bialostok, 1992. – P. 57–63.
2. Tsaruck F., Novitskiy A.. Method of the accelerated prediction of fatigue properties of metals at normal and heightened temperatures by results of high-frequency tests, Proceedings of III international symposium on tribo-fatigue ISTF 2000, Hunan University Press, China. – P. 193–195.
3. Блохин А.В., Царук Ф.Ф., Гайдук Н.А. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. пром-сть. – Мн., 2002. Вып. X. – С. 213–215.
4. Рязанцев В.Н., Федосеев В.А., Шавыриков В.Н. Усталостная долговечность сварных соединений при нагружении непостоянной амплитудой // Пробл. прочности. 1980. № 8. – С. 89–92.
5. Broch J.T. Peak-distribution effects in random load fatigue, – In: Effects of environment and complex load history on fatigue life, 1970. – P. 105–126 (ASTM Spec. Techn. Publ. N 462).
6. Ежов В.Г., Шеффер Л.А. Установки для исследования долговечности материалов при случайном нагружении. // Тр. Челябин. политехн. ин-та. 1975. № 159. – С. 122–127.