

УДК 621.185.532.

Ф.Ф. Царук, доцент; Г.А. Кроливец, студент

РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННОГО МЕТОДА УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАЛОСТИ

The method of acceleration of fatigue trials with use of a high-frequency loading is submitted designed on the basis of theoretical and experimental operations.

Детали лесных машин должны выполнять определенные функции при конкретных условиях работы и оставаться работоспособными в течение заданного срока службы. Основными причинами выхода их из строя являются износ, коррозия и усталостные повреждения. В связи с тем, что для большинства деталей машин главным критерием работоспособности является прочность (циклическая прочность), то разработка уточненных методов расчета при переменных нагрузках является весьма актуальной задачей. В связи со значительной сложностью процесса усталостного повреждения и бессистемностью характеристик требуется получение большого объема экспериментальных данных по усталостным свойствам материалов, которое невозможно без внедрения в исследовательскую практику ускоренных методов определения характеристик усталости. Одним из перспективных методов является использование высокочастотного циклического нагружения. Так, проведение испытаний на частотах 10-20 кГц, примерно на три порядка превышающих частоту обычных усталостных машин, дает возможность соответственно сократить время наработки заданного количества циклов нагрузки. База в 10^8 циклов нагрузки на частоте 10 кГц нарабатывается за 3 ч, тогда как при использовании усталостной машины традиционной конструкции с частотой 10-50 Гц для достижения такой же базы требуются месяцы непрерывной работы.

В связи с длительностью обычных усталостных испытаний в настоящее время затруднен выбор оптимального (по критерию усталостной прочности) технологического режима при разработке новых материалов, поверхностной обработке деталей, неразъемном соединении элементов и т.п. На промежуточных этапах разработок обычно проводятся лишь статические испытания, не всегда с достаточной полнотой выявляющие влияние технологии, химического состава и тому подобных факторов на усталостную прочность [1]. Применение высокочастотных усталостных установок для сравнительных испытаний даст возможность оперативно проверить влияние указанных факторов на способность материала или деталей машин сопротивляться воздействию циклических нагрузок и, таким образом, будет способствовать выпуску продукции минимальной массы и с повышенными параметрами надежности.

Зависимость усталостной прочности от частоты циклического нагружения – основная причина, сдерживающая широкое использование высоко-

частотного нагружения как метода ускоренных испытаний в решении прикладных вопросов. Однако только на основе высокочастотного циклического нагружения (при определенным образом разработанной методике проведения экспериментов) возможна разработка наиболее достоверных методов ускоренных усталостных испытаний, так как в процессе такого нагружения реально моделируется один из двух основных факторов, влияющих на циклическую прочность материалов: количество перемен знака нагрузки (циклов).

При высокочастотном нагружении обеспечивается наработка заданного количества циклов нагрузки и не выдерживается заданное время действия нагрузки. Во всех других ускоренных методах оба фактора не обеспечиваются. В связи с этим достоверность всех других ускоренных методов усталостных испытаний не может быть выше достоверности метода высокочастотных усталостных испытаний. Применение других ускоренных методов может быть более успешным лишь в результате дополнительных приемов, сочетающих циклическое нагружение с добавочными измерениями. Однако метод высокочастотных усталостных испытаний также может и должен использоваться в сочетании с дополнительными методиками, в связи с чем он представляется наиболее убедительным методом ускоренного определения выносливости циклически деформируемых материалов.

При высокочастотном нагружении в силу значительного сокращения длительности цикла напряжений некоторые временные процессы, сопутствующие явлению усталости и усугубляющие его (например, коррозия), не успевают получить заметного развития и поэтому более ярко проявляется собственно силовой фактор прикладываемой циклической нагрузки. Результаты соответствующих структурных исследований образцов материала, подвергающихся деформированию с несколькими резко различающимися частотами в процессе усталостных испытаний, и результаты слежения за изменением физико-механических свойств (ФМС) материала при этих испытаниях могут помочь выявить главные закономерности развития на микроуровне неупругих деформаций – фактора, считающегося основным в явлении усталости. Таким образом, вариация скорости циклического деформирования наряду с изменением других условий нагружения материала может служить эффективным методом исследования явлений усталости.

Для доказательства единой физической сущности низкочастотной и высокочастотной усталости были проведены комплексные исследования изменения ФМС широкой номенклатуры материалов в сопоставимых условиях при нормальных и повышенных температурах [2, 3]. В результате было установлено, что характер изменения структурно-чувствительных свойств исследованных материалов сохраняется с ростом частоты приложения переменных напряжений с ощутимым сдвигом экстремумов кривых в сторону большего числа циклов нагружения. Однако невозможность надежной идентификации экстремумов кривых ФМС для целей прогнозирования низкочас-

тотных свойств по результатам высокочастотных испытаний потребовала нахождения другого, более надежного критерия.

Теоретические исследования изменений дислокационной структуры металлических материалов помогли установить наличие некоторой величины циклических напряжений, соответствующих моменту старта источников Франка-Рида – моменту размножения дислокаций. Поэтому для целей прогнозирования было предложено использовать пороговое напряжение – т.е. максимальную величину циклических напряжений, ниже которых не наблюдалось на выбранной базе испытаний закономерных изменений исследуемой структурно-чувствительной характеристики. Результаты исследований данной характеристики показали монотонный ее рост с увеличением частоты, а также, что весьма ценно, существование постоянной разности между ней и величиной ограниченных пределов выносливости во всем исследованном диапазоне частот для каждого материала. Как наиболее удобная для применения в экспериментальной практике и чувствительная к факторам нагружения для определения пороговых напряжений может быть избрана такая широкоизвестная структурно-чувствительная величина, как микротвердость.

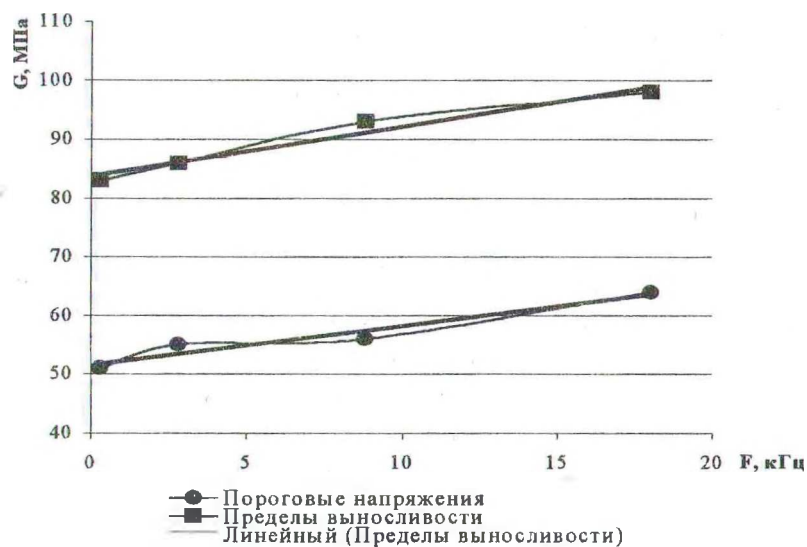


Рис.

Данные обстоятельства позволили предложить физически обоснованную методику ускоренного прогнозирования низкочастотных характеристик циклической прочности конструкционных материалов. Методика прогнозирования предполагает определение усталостных характеристик материала на возможно более высокой частоте с соблюдением ограничений по температуре саморазогрева и одновременным определением величины высокочастотного порогового напряжения $\sigma_{пв}$ (например, по результатам исследования микротвердости). Одновременно испытаниям подвергаются образцы на низ-

кой частоте с целью определения низкочастотного порогового напряжения $\sigma_{\text{пн}}$. По завершению высокочастотных испытаний определяется величина $\Delta\sigma$ – разность между ограниченным пределом выносливости на высокой частоте $\sigma_{\text{лв}}$ и величиной порогового циклического напряжения $\sigma_{\text{пв}}$. Затем с помощью величины $\Delta\sigma$ находится искомый предел низкочастотной выносливости как $\sigma_{\text{лн}} = \sigma_{\text{пн}} + \Delta\sigma$. На рисунке в качестве примера приведены экспериментальные данные по изменению пороговых напряжений и пределов выносливости сплава АМг2 в условиях комнатных температур на базе 10^7 циклов.

Дальнейшая экспериментальная проверка данной методики прогнозирования на разных материалах показала ее достаточную точность при значительном сокращении длительности и трудоемкости определения усталостных характеристик [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения/ Под ред. В.А. Кузьменко. – Киев: Наук. думка, 1979.
2. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N., Dovgyallo A. 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.
3. Довгялло И.Г., Царук Ф.Ф., Новицкий А.В., Рудченко Д.Н. Влияние высокочастотных колебаний на изменение усталостных характеристик сплава АМг2 в условиях повышенных температур. // Труды БГТУ, Вып. 7.- Минск: БГТУ, 1999. - С. 145-148.
4. F. Tsaruck, A. Novitskiy. 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.

УДК 539.434

И.Г. Довгялло, доцент; С.Е. Бельский, доцент; А.Г. Капсаров, инженер

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДОВ

Results of investigation of physical and mechanical properties of tubular specimens from the steel 10, D16 aluminium alloy and M1 copper in the range frequency 0,15-18,0 kHz of cyclic bending are given.

Многие операции в технологии лесозаготовок выполняются специальными машинами, рабочие органы которых приводятся в движение с помощью гидроприводов. При эксплуатации такой техники неизбежно возникает сочетание статических нагрузок с вибрацией различной интенсивности и