



Рис.2. Диаграммы предельных напряжений:
 1-4 - сплав Д16; 5-8 - сталь 40X; а - $\nu = 17,8 \text{ кГц}$; б - $\nu = 2,8 \text{ кГц}$; 1,5 - согласно критерию Серенсена; 2,6 - согласно критерию Писаренко-Лебедева; 3,7 - комбинированный критерий; 4,8 - значения эксперимента

Проведенные исследования позволяют рекомендовать комбинированный критерий для оценки пределов усталости элементов трубопроводов, испытывающих асимметричное циклическое нагружение, вызванное дополнительной гидроднагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, 1968.
2. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. - Киев: Наукова думка, 1976.
3. Серенсен С.В. Об условиях прочности при переменных нагрузках для плоского и объемного напряженного состояния // Инженерный сборник, Т I, вып. 1, 1941.

УДК 539.434

И.Г.Довгялло, доцент;
 Ф.Ф.Царук, ассистент;
 С.А.Аленичев

РАЗРАБОТКА И НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Results of investigations of fatigue durability and physical and mechanical properties of steel 20X13, copper M1 and Д16, Amr2H alloy in the range frequency 0.3-18 kHz of cyclic bending are given. Then researches permit to offer the based technique of forecasting of characteristics low-frequency fatigue on results

of high-frequency tests, that considerably reduces the time on their execution. The comparison of experimental and calculated values of limited limits of durability of investigated materials has shown that the given technique gives the error not more than 10%.

Для снижения трудоемкости и существенного сокращения времени усталостных испытаний, особенно при больших базах, весьма перспективным является использование высоких (звуковых и ультразвуковых) частот нагружения.

Широкому внедрению в практику такого метода испытаний препятствует отличие характеристик циклической прочности, получаемых при высоких и низких частотах. Для решения данной проблемы требуется установление научно обоснованных корреляционных зависимостей между параметрами выносливости и целым рядом структурно-чувствительных свойств (ФМС) материалов. Данные результаты могут быть получены на основе комплексных исследований кинетики физико-механических характеристик большой номенклатуры металлов и сплавов при воздействии знакопеременных вибраций широкого амплитудно-частотного диапазона.

В работе исследовалось влияние амплитудно-частотных параметров нагружения на характеристики усталости циклически деформируемых изгибными колебаниями балочных образцов (2x6 мм) из алюминиевых сплавов Д16, АМг2Н, меди М1 и стали 20Х13 в диапазоне частот 0.3-18 кГц. В качестве испытательных стендов на низкой частоте (0.3 кГц) использовался вибростенд типа СЭВИДЖ, на высоких (2.8-18 кГц) - специально созданные магнитострикционные установки, работающие в автоколебательном режиме. Колебания образцов осуществлялись на первой (частота 0.3 кГц) и второй (частота 2.8, 8.8 и 18.0 кГц) собственной форме.

Проведенные комплексные исследования усталостной долговечности и кинетики микротвердости, электросопротивления, плотности дислокаций, микронапряжений позволили установить, что повышение частоты нагружения приводит к монотонному увеличению пределов выносливости и сдвигу вправо экстремумов кривых изменения кривых ФМС вдоль оси числа циклов. Кроме того, проведенные теоретические и экспериментальные исследования по физической сущности влияния частоты нагружения на кинетику свойств металлических материалов позволили установить, что критическое напряжение (G_{ak}) старта размножения дислокаций совпадает с напряжениями, ниже которых не наблюдается необратимых изменений структурно-чувствительных свойств. Эти напряжения (G_{ap}) были названы пороговыми и показали высокую чувствительность в отношении частоты нагружения. Установлено, что кривые G_{ap} для различных частот располагаются эквидистантно кривым усталости, а разность между пределами

усталостной долговечности и G_{ap} является постоянной величиной для данного материала и различных частот нагружения в исследуемом диапазоне.

Выявление закономерности влияния частоты на характер циклической повреждаемости металлов, а также теоретические исследования в области эволюции дислокационной структуры и влияния скорости деформации на начало работы источника Франка-Рида (пороговых напряжений) позволили разработать и научно обосновать методику прогнозирования характеристик низкочастотной циклической усталости по результатам, полученным на высоких частотах нагружения. Благодаря рационально выбранным формам колебаний для каждой из частот нагружения представлялась возможность без особых затруднений исследовать изменение структурно-чувствительных характеристик вдоль оси образцов при различных циклических напряжениях.

Методика прогнозирования представляется следующей. Для этого проводятся усталостные испытания материала с неизвестными характеристиками усталости на возможно более высокой частоте с соблюдением ограничений по температуре саморазогрева и одновременно определяется величина высокочастотного порогового циклического напряжения G_{ap}^B каким-либо достаточно чувствительным и доступным методом (например методом измерения микротвердости).

Параллельно высокочастотным усталостным испытаниям подвергаются образцы низкочастотному нагружению для определения низкочастотного порогового циклического напряжения G_{ap}^H . После завершения высокочастотных усталостных испытаний находится величина циклических напряжений dG - разность между ограниченным пределом выносливости G_{-1}^B на высокой частоте и величиной порогового циклического напряжения G_{ap}^B для той же частоты.

Используя величину dG , можно определить предел низкочастотной выносливости G_{-1}^H по результатам высокочастотных испытаний по выражению

$$G_{-1}^H = G_{ap}^H + dG.$$

Например, для меди М1 на базе $N = 1 \times 10^7$ циклов $G_{ap}^H = 15.0$ Мпа ($f = 0.3$ кГц), $G_{ap}^B = 24.0$ Мпа ($f = 18.0$ кГц), $G_{-1}^B = 135.8$ Мпа ($f = 18.0$ кГц),

$$dG = G_{-1}^B - G_{ap}^B;$$

$$dG = 135.8 - 24.0 = 111.8 \text{ Мпа};$$

тогда

$$G_{-1}^H = G_{ap}^H + dG = 111.8 + 15.0 = 126.8 \text{ Мпа}.$$

Результаты экспериментальной проверки изложенной методики для некоторых материалов приведены в таблице.

Данные прогнозирования усталостной долговечности по результатам усталостных испытаний на частоте 18 кГц

Частота f, кГц	Пороговое напряжение $\sigma_{ар}$, МПа	Предел выносливости G_{-1} , МПа	Разность dG , МПа	Прогноз G_{-1}' , МПа	Ошибка, %
Сплав Д16					
0.3	58	114.5	56.5	104	9.17
2.8	60	117	57	106	9.40
8.8	72	119	47	118	0.84
18.0	75	121	46	-	-
Сплав Амг2Н					
0.3	51	111	60	118	-6.31
2.8	55	120	65	122	-1.67
8.8	56	125	69	123	1.60
18.0	64	131	67	-	-
Медь М1					
0.3	15	120	105	126.8	-5.67
2.8	16.5	125.8	109.3	128.3	-1.99
8.8	21.5	131.7	110.2	133.3	-1.21
18.0	24	135.8	111.8	-	-
Сталь 20Х13					
0.3	155	371	216	340	8.36
2.8	165	380	215	350	7.89
8.8	180	388	208	365	5.93
18.0	210	395	185	-	-

Сравнение экспериментальных и расчетных значений ограниченных пределов выносливости материалов в принятом диапазоне частот показывает, что методика определения циклической прочности по пороговым напряжениям дает погрешность не более 10%. Следовательно, время проведения усталостных испытаний можно значительно сократить за счет высокой частоты нагружения, в частности при использовании 18 кГц.

СОДЕРЖАНИЕ

А.П.Матвейко. МАЛООТХОДНЫЕ И БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	3
И.В.Турлай. ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРОВ ЛЕСОСЕК.....	6
А.В.Жуков, А.С.Федоренчик, В.А.Коробкин, А.Р.Гороновский. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕМЕЙСТВА ЛЕСНЫХ МАШИН НА БАЗЕ ТРАКТОРОВ МТЗ.....	9