

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

*Н.В. Рокало, Н.А. Савчук – студенты 3 курса БГАТУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент Д.Н. Колоско*

Долговечность – свойство технического объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния в течение всего периода эксплуатации при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Циклическая долговечность характеризует работоспособность материала в условиях многократно повторяющихся нагружений. При знакопеременной нагрузке разрушение может происходить постепенно при напряжениях значительно меньших, чем предел текучести σ_T .

Процесс разрушения заключается в том, что на расположенных в наиболее нагруженной зоне детали концентраторах напряжений (пазы, отверстия, места изменения размеров или формы детали) возникают микродеформации. Такие микродеформации приводят к зарождению и развитию трещин усталости. В результате опасное сечение детали непрерывно уменьшается, пока не происходит мгновенное хрупкое разрушение.

Усталостное разрушение носит статистический характер и зависит от индивидуальных особенностей поликристаллического строения каждого образца. В однородных условиях испытаний образцы из одного материала разрушаются при различных количествах циклов. Разброс количества разрушающих циклов может достигать двух и более порядков. Величина разброса увеличивается с уменьшением уровня максимальных напряжений и увеличением количества циклов, необходимых для разрушения образца.

Вероятностные методы расчетов на прочность при переменных во времени напряжениях основаны на оценке рассеяния усталостных характеристик материала, определяемых путем испытания большой партии совершенно идентичных образцов на различных уровнях максимальных напряжений цикла. Логарифмы разрушающих чисел циклов N для образцов, испытанных на каждом уровне максимальных напряжений σ_{\max} , располагаются в возрастающем порядке.

Вероятность разрушения p при данном $\lg N$ определяется

$$\delta = \frac{i - 0,5}{n}, \quad (1)$$

где i – число образцов, разрушившихся при числе циклов, меньшем $\lg N$;

n – число всех образцов испытываемой партии.

Полученная зависимость представляется в виде построенных для различных вероятностей разрушения кривых усталости (рис. 1).

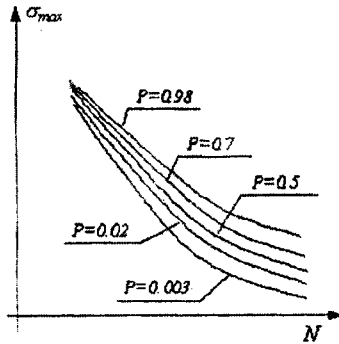


Рис. 1. Усталостные кривые при различных вероятностях разрушения

При расчетах на ограниченную выносливость уравнение усталостной прочности имеет вид

$$N\sigma^m = N_0\sigma_r^m = const. \quad (2)$$

По значению предела выносливости σ_r и базового числа циклов N_0 определяется долговечность при заданном напряжении

$$N = N_0 \left(\frac{\sigma_r}{\sigma} \right)^m, \quad (3)$$

где m – характеристика кривизны наклонного участка усталостной кривой.

В математическом пакете MathCAD проведена обработка данных усталостных испытаний для серий образцов из сталей марок 45, 40X и 50XН диаметрами 6; 7,5 и 9,5 мм. Результаты расчетов циклической долговечности приведены в табл. 1.

Сталь 45 – сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества с содержанием углерода 0,45%.

40X – конструкционная легированная сталь с содержанием углерода 0,4% и хрома до 1,5%.

50XH – конструкционная легированная сталь с содержанием углерода 0,5%, никеля и хрома до 1,5%.

Таблица 1

Интервалы изменения циклической долговечности

Марка стали	Ø 6 мм	Ø 7,5 мм	Ø 9,5 мм
45	$4,802 \cdot 10^4 \div 1,967 \cdot 10^8$	$8,251 \cdot 10^3 \div 2,506 \cdot 10^6$	$3,799 \cdot 10^4 \div 2,395 \cdot 10^8$
40X	$5,418 \cdot 10^5 \div 2,99 \cdot 10^8$	$6,18 \cdot 10^5 \div 2,918 \cdot 10^9$	$1,358 \cdot 10^5 \div 5,412 \cdot 10^7$
50XH	$4,673 \cdot 10^5 \div 7,766 \cdot 10^7$	$1,371 \cdot 10^5 \div 4,507 \cdot 10^7$	$3,422 \cdot 10^7 \div 2,005 \cdot 10^{11}$

Графические зависимости найденных значений циклической долговечности от соответствующих разрушению напряжений для серий образцов диаметром 7,5 мм показаны на рис. 2.

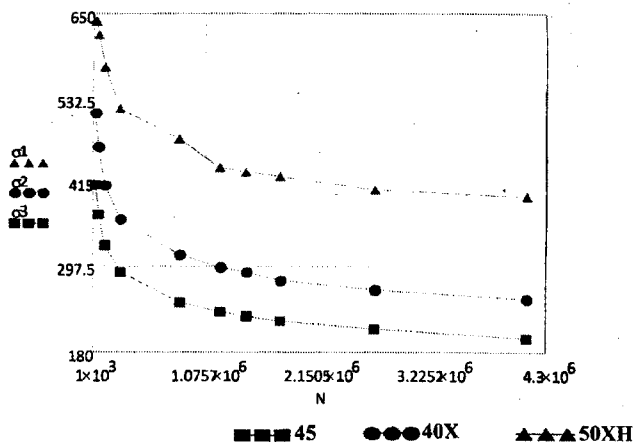


Рис. 2. Зависимости циклической долговечности от напряжений для сталей

Разброс данных усталостных испытаний по долговечности значительно превышает разброс по напряжениям. Обеспечение надежности и долговечности элементов конструкции является основополагающей задачей на этапе конструирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров Г.Е. Сопротивление материалов на базе Mathcad / Г.Е. Макаров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 512 с.