

УДК 539.4:620.178

Н.А.Долбин, доц.;

Ф.Ф.Царук, асс.;

А.А.Будько, асп.

ВЛИЯНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ И ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЖЕНИЯ НА КИНЕТИКУ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Results of investigations of fatigue durability and physical and mechanical properties (PMP) of microhardness, electrical resistance, density of dislocations, size of blocks, microstresses, magnetic permeability, maximal induction threshold stresses on steel 20X13 and D16 alloy in the range frequency 0.3-18 kHz of cyclic bending are given.

Большая длительность и значительные трудовые затраты при проведении стандартных (низкочастотных) усталостных испытаний деталей и элементов конструкций лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования, работающего в условиях переменных нагрузок, предполагают разработку ускоренных методов, среди которых ведущее место занимает высокочастотное нагружение. Однако из-за отличия величин усталостных характеристик, получаемых на высокой частоте от низкочастотных, необходимо проведение широких исследований для выяснения физической сущности влияния скорости циклического нагружения на процессы усталостного повреждения.

В настоящей работе приведены результаты исследований усталостной долговечности и кинетики физико-механических свойств (ФМС) сплава Д16 и стали 20X13 при циклическом изгибе в диапазоне частот 0.3-18 кГц.

В качестве образцов использовались консольные балки прямоугольного сечения 2x6.0 и 1.3x6.0 мм, колеблющиеся на первой (0.3 кГц) и на второй (2.8; 8.8 и 18 кГц) собственной форме колебаний. Образцы подвергали шлифовке, полировке, вакуумному отжигу и на конечной стадии - электрополировке ($R_a=0.32$ мкм). Расчет напряженно-деформированного состояния испытываемых моделей и исследования осуществлялись по методике и на установках [1, 2]. С целью исключения сверхдопустимого уровня саморазогрева материала на высоких частотах применялось принудительное охлаждение образцов путем обдува их сжатым воздухом.

Для изучения физических аспектов влияния частоты нагружения на процесс накопления циклического повреждения наряду с ис-

следованием характеристик усталостной долговечности были проведены комплексные исследования таких структурно-чувствительных свойств, как микротвердость, электросопротивление, плотность дислокаций, размер блоков, а для стали 20X13 также магнитная проницаемость с одновременным определением пороговых напряжений G_p , в качестве которых нами была принята предельная величина циклических напряжений, ниже которой еще не обнаруживалось необратимых изменений вышеназванных характеристик.

Анализ полученных усталостных кривых показал, что при сохранении теплового режима характеристики выносливости как стали, так и сплава Д16 в исследуемом диапазоне частот имеют устойчивую тенденцию к монотонному росту, причем с увеличением числа циклов разница в значениях ограниченных пределов выносливости уменьшается.

Результаты исследований кинетики ФМС позволяют сделать вывод о том, что изменения структурно-чувствительных свойств, в отличие от характеристик усталостной долговечности, имеют немонотонный характер с наличием на кривых экстремумов которые сдвигаются с увеличением частоты вдоль оси числа циклов вправо с одновременным ростом значений пороговых напряжений.

Как можно видеть на примере изменения микротвердости H_m , с ростом числа циклов для всех частот нагружения характерно увеличение H_m на начальной стадии. Так, для стали 20X13 при уровне $G=267.8$ МПа такое насыщение H_m наблюдалось для базы примерно $6 \cdot 10^6$ цикл. (частота $f=8.8$ кГц), для сплава Д16 (уровень 62.5 МПа) база насыщения для частоты $f=18.0$ кГц составила примерно $1 \cdot 10^7$ цикл. Увеличение частоты нагружения в исследуемом диапазоне на базе $5 \cdot 10^6$ циклов привело к сдвигу максимумов микротвердости для стали 20X13 на $2 \cdot 10^6$ циклов ($G_a=297.5$ МПа). Достижение одинакового размера блоков $D=120\%$ ($G_a=62.5$ МПа) для сплава Д16 требовало для частоты 0.3 кГц наработки $N=6 \cdot 10^4$ цикл., для $f=2.8 - 1.6 \cdot 10^5$, для $f=8.8 - 4.3 \cdot 10^5$ цикл. и для 18 - $9 \cdot 10^6$ цикл.

Влияние частоты (скорости деформирования) на характер изменения ФМС объясняется тем, что при высокой скорости приложений механической нагрузки в каждом цикле напряжений необратимые процессы изменения в микрообъемах материала запаздывают по сравнению с условиями низкочастотного нагружения, что подтверждается сдвигом максимумов характеристик вправо вдоль оси абсцисс.

Наблюдаемая зависимость ФМС от числа циклов циклической нагрузки определяется эволюцией дислокационной структуры (размножением, перемещением, взаимодействием, аннигиляцией и т.д. дислокаций [3]).

Благодаря рационально выбранным формам колебаний для каждой из частот нагружения представлялась возможность без особых затруднений проследивать изменение структурно-чувствительных характеристик вдоль образцов. Полученные данные позволяли на графиках методом касательных определить величину пороговых напряжений для выбранной базы испытаний.

На величину пороговых напряжений сильное влияние оказывает частота колебаний, приводящая к их монотонному росту в исследованном диапазоне. Так, изменение скорости нагружения для алюминиевых образцов привело к увеличению пороговых напряжений с 78 (частота 0.3) до 88 МПа (18.0 кГц), или на 13%, для стали 20Х13 для того же диапазона частот выявлено еще большее изменение $\sigma_{ар}$ на 35.5% (с 155 до 210 МПа).

Проведенные исследования свойств материалов позволило также установить, что разница между пределами выносливости и пороговыми напряжениями для всех частот практически одинакова, т. е. наблюдается эквидистантность этих кривых. Данное обстоятельство позволяет по найденным теоретическим зависимостям, исходя из значений пороговых напряжений и пределов выносливости для высокой частоты нагружения, с большой степенью достоверности прогнозировать величину пределов низкочастотной выносливости, что значительно сокращает объем и трудоемкость усталостных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение физико-механических свойств сплава Д1604АТ15 в процессе усталости на разных частотах нагружения/И.Г.Довгялло, Ф.Ф.Царук, Н.А.Долбин и др.//Проблемы прочности.- 1989. - N10. - С.31-34.
2. Долбин Н.А., Довгялло И.Г., Царук Ф.Ф. Влияние частоты изгибных колебаний на кинетику свойств алюминиевого сплава при усталости//Проблемы ползучести материалов: Доклады II Межд. Симпозиума в т. проблем ползучести материалов. - Белосток, 1989. - С.107-114.
3. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N., Dovgyallo A. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive

characteristics of 20x13 steel// The 4Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. Bialostok, 1992.- P.57-63.

УДК 621.185.532

И.Г.Довгялло, доц.;

С.Е.Бельский, асс.;

Ф.Ф.Царук, асс.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАЛОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ И ЕГО ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

The results of experimental and theoretical study of the amplitude frequency parameters influence on the fatigue durability characteristics of the M1 copper, D16 aluminium alloy and 20X13 steel samples are represented.

Для разработки и создания высоконадежных машин и конструкций лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования, зачастую работающего в условиях вибрационных нагрузок, необходимо знать влияние технологическо-конструктивных и эксплуатационных факторов на характеристики циклической прочности материалов их деталей. Существующие низкочастотные методы усталостных испытаний требуют значительных затрат времени, трудо- и энергоресурсов, поэтому актуальной задачей является применение ускоренных методов испытаний, основанных на использовании высоких частот. В связи с отличием характеристик усталости, получаемых при высоко- и низкочастотных нагружениях, представляется необходимым установление закономерностей поведения материалов при циклических воздействиях широкого диапазона частот, разработка физической модели влияния частотного фактора на кинетику изменения структурно-чувствительных свойств и развитие процесса усталостной повреждаемости, и создание научнообоснованной методики прогнозирования низкочастотной усталостной долговечности по результатам высокочастотных испытаний.

В работе на созданном комплексе испытательного оборудования с необходимым приборным обеспечением проведено исследование моделей из сталей 20X13, 10 и 40X, алюминиевых сплавов Д16 и АМг2Н, меди М1 при нагружении как изгибными, так и продольными колебаниями в диапазоне частот 0,2-18 кГц. Установлено, что при соблюдении идентичности условий проведения испытаний на вы-