

УДК 621.785.532

Ф. Ф. Царук, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА И ГРАФИТИЗИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ НА УСТАЛОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ НАГРУЖЕНИИ**

Показано использование высокочастотного циклического нагружения для определения характера изменения усталостных свойств алюминиевого сплава АК8МЗ с лазерным упрочнением. Также установлено влияние состава графитизированных сталей на изменение усталостных свойств. Выявлена степень влияния содержания углерода, кремния и меди на ограниченный предел выносливости данных сталей.

The equipment and techniques of accelerated fatigue tests allowed to determine an optimum iron content in the secondary aluminium alloy АК8МЗ strengthened by laser processing. The article dwells upon the application of high-frequency cycle loading for determination of graphitized steels chemical composition influence on fatigue characteristics changes. The degree of influence of carbon, silicon and copper content on the restricted limit of the given steels fatigue.

Введение. В настоящее время сплавы на основе алюминия благодаря наличию хороших служебных свойств по объему производства занимают в мире второе место после сплавов на основе железа. Весьма важной является задача всемерного увеличения использования вторичного алюминия, получение которого позволяет снизить энергозатраты до двадцати раз по сравнению с первичным при существенно меньшей экологической нагрузке на среду обитания [1]. Актуальным также является вопрос рационального применения графитизированных сталей. Комплекс свойств данной категории конструкционных материалов позволяет успешно использовать их в различных областях машиностроения.

Для снижения трудоемкости и сокращения времени проведения усталостных испытаний, особенно при больших (до 10^8 циклов) базах, весьма перспективным является использование высоких частот механических колебаний, позволяющих за приемлемый промежуток времени обеспечить наработку значительного числа циклов. Так, для проведения испытаний на частоте 50 Гц и базе 10^8 цикл. необходимо затратить 555 ч непрерывной работы (более 23 сут) испытательной установки, а проведение этих же испытаний на частоте 20 кГц – всего 1,3 ч, т. е. в 400 раз меньше времени. Особенно эффективным является использование данного метода исследований при проведении сравнительных испытаний [2].

Основная часть. Объектом исследований в данной работе являлись плоские балочные образцы толщиной 2,0 мм из вторичного алюминиевого сплава АК8МЗ с различным содержанием железа и разным состоянием поверхности [3]. Такой же вид имели стальные образцы с различным содержанием углерода, кремния и меди. Всего было исследовано 15 се-

рий по 10 образцов с содержанием углерода от 0,48 до 1,97%.

Нагружение образцов производилось на специально разработанной исследовательской установке, работавшей с резонансной частотой колебаний $f_{рез} = 18$ кГц.

Образцы колебались по второй собственной форме колебаний. Размеры и форма образцов были выбраны такими, что усталостное разрушение происходило в месте максимальных циклических напряжений, расположенных примерно посередине прямолинейного участка, что позволяло удобно исследовать изменение свойств материала и развитие усталостной трещины.

Кинетику повреждения образца оценивали по падению резонансной частоты колебаний с развитием усталостной трещины [4, 5]. После достижения определенной величины падения частоты испытания прекращались. Исследования полученной диаграммы распределения усталостных трещин по длине образцов позволили установить хорошее совпадение места появления усталостных трещин с местоположением максимума расчетной величины циклических напряжений для данной формы колебаний образца.

Влияние содержания железа в алюминиевом сплаве и лазерной обработки его поверхности на ограниченный предел выносливости показано на рис. 1.

Для анализа влияния содержания углерода на усталостные свойства графитизированных сталей был исследован характер поведения ограниченного предела выносливости для базы испытаний $N = 10^6$ цикл. (рис. 2).

Как можно заметить из представленных результатов, в исходном состоянии и при лазерном воздействии содержание железа существенно влияет на поведение предела выносливости трещина. Возможно установить оптимальную величину его процентного содержания в исследуемом

сплаве с точки зрения повышенного уровня его усталостных свойств, которую можно принять в пределах одного процента, с допустимой величиной отклонения не более половины процента Fe. Можно предположить, что данное влияние сохранится и для других видов обработки поверхности данного сплава.

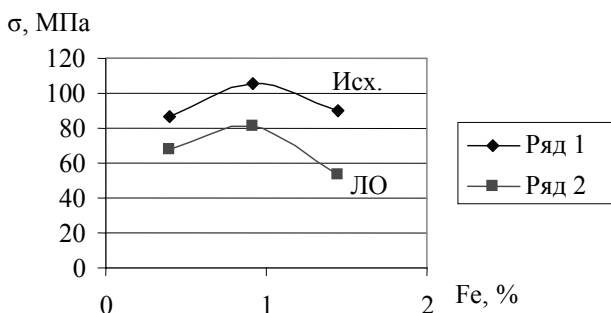


Рис. 1. Влияние содержания железа в сплаве АК8МЗ и лазерной обработки поверхности на ограниченный предел выносливости на базе $N = 2 \cdot 10^6$ цикл. Исх. – исходное состояние; ЛО – лазерная обработка

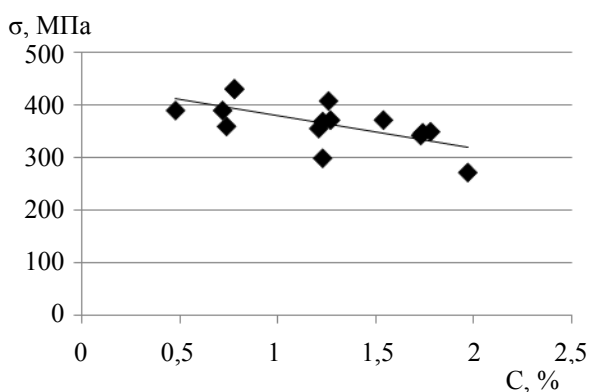


Рис. 2. Влияние углерода на предел выносливости

В отличие от алюминиевого сплава, где можно установить оптимальную величину содержания железа, для графитизированных сталей углерод вызывает монотонное снижение высокочастотного предела выносливости с уровня от 400 МПа до 300 МПа.

Выводы. 1. Использование высокочастотного нагружения позволяет проводить сравнительные испытания конструкционных материалов с существенным ускорением процесса исследований и с повышенной достоверностью результатов за счет большего количества испытанных объектов при приемлемом уровне трудозатрат и экономии энергоресурсов.

2. Экспериментально установлена оптимальная величина процентного содержания железа в исследуемом сплаве с точки зрения повышенного уровня его усталостных свойств, которую можно принять в пределах одного процента, с допустимой величиной отклонения не более половины процента Fe. Можно предположить, что данное влияние примеси железа сохранится и для других видов обработки поверхности данного сплава.

3. Графитизированные стали показывают отсутствие оптимального содержания не только углерода, но и других легирующих элементов (кремния и меди) с точки зрения повышенного уровня усталостных свойств данных металлических сплавов.

4. Результаты данной работы являются хорошей иллюстрацией эффективного применения метода высокочастотного нагружения [5] для оперативного выявления дефектов, привносимых либо исследуемой технологией или же нарушением традиционной упрочняющей технологии, которые существенно влияют на усталостные характеристики конструкционных материалов.

Литература

1. Ефименко, Г. Г., Михеева И. Г., Павлышин Т. Н. Сталь и альтернативные материалы. Проблемы экономики и экологии // *Металл и литье Украины*. 1997. № 8–9. С. 3–8.
2. Кузьменко В. А Усталостные испытания на высоких частотах нагружения / Киев: Наук. думка, 1979. 336 с.
3. Царук Ф. Ф., Бельский С. Е. Влияние содержания железа и лазерной обработки на высокочастотные усталостные свойства сплава АК8МЗ // *Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть*. 2010. Вып. XVII. С. 323–326.
4. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20x13 steel / I. Dovgyallo [et al.] // *The 4Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes*. Bialostok, 1992. P. 57–63.
5. 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*. China; 2000. Hunan University Press. P. 193–195.

Поступила 27.02.2014