

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

ENERGY SAVING IN THE STUDY OF FATIGUE DURABILITY OF MACHINE PARTS OF THE FOREST COMPLEX

Блохин А.В., Сурус А. И., Лось А. М., Ярмолик С. В. (Белорусский государственный технологический университет, г.Минск, Республика Беларусь)

Blakhin A. V., Surus A. I., Los A. M., Yarmolik S. V. (Belarusian state technological university, Minsk, The Republic of Belarus)

Авторы работы показали возможность значительной экономии энергетических ресурсов при определении характеристик усталости. Это достигается при использовании высокочастотного нагружения.

The authors of the work have shown the possibility of significant savings in energy resources when determining fatigue characteristics. This is achieved by using high-frequency loading.

Ключевые слова: *энергосбережение, напряжения, усталость, цикл нагружения, частота*

Keywords: *energy saving, stress, fatigue, loading cycle, frequency*

Сегодня сплавы на основе цветных металлов находят широкое применение в самых разных отраслях машиностроения, в том числе для изготовления деталей машин лесного комплекса работающих как в условиях статического, так и динамического нагружения. Однако их широкое и эффективное применение требует проведения большого количества механических испытаний, в том числе, определение усталостных характеристик.

Исследование такого рода требует больших трудо- и энергозатрат, т. к. характеризуются большой длительностью. Выработка 1 кВт·ч электроэнергии на тепловых электростанциях приводит к выделению в окружающую среду 0,5–1 кг (и более) CO₂. Более точно выброс парниковых газов при проведении тех или иных мероприятий по энерго-сбережению можно определить по ТКП 17.09-01-2011 (02120) (Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии).

Для снижения энергозатрат, связанных с определением характеристик усталости, можно воспользоваться высокочастотным нагружением [1, 2]. Возможность использования ускоренных усталостных испытаний металлических материалов за счет повышения частоты нагружения показана в [3, 4].

Для проведения усталостных испытаний на высоких частотах нагружения (18 кГц) можно использовать магнитострикционные установки [5], работающие в резонансном режиме с образцами для испытаний. Для реализации такого нагружения рекомендуется использовать образцы для испытаний (рис. 1),

представляющих собой балочки прямоугольного поперечного сечения (соотношение высоты и ширины один к трем). Длина образца L определяется резонансной частотой нагружения.

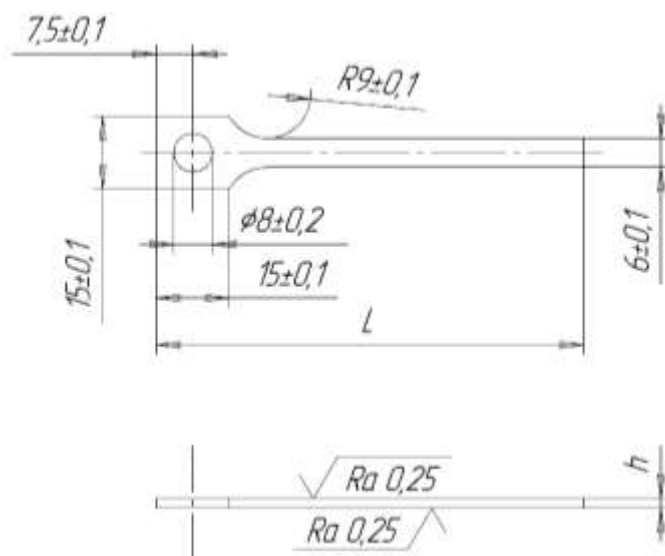


Рисунок 1 – Образец для испытаний

Важнейшим преимуществом использования высоких частот нагружения является, существенное сокращение времени испытаний, как следствие – энергозатрат на их проведение.

При проведении испытаний на многоцикловую усталость для металлов и сплавов, ординаты кривых усталости которых по всей длине непрерывно уменьшаются с ростом числа циклов (т.е. для материалов с базой испытаний $100 \cdot 10^6$ циклов по ГОСТ 25.502, к которым относятся широкий перечень сплавов цветных металлов) оценка снижения трудозатрат с использованием высокочастотного нагружения может быть проведена следующим образом. Приняв за максимально возможную частоту нагружения из диапазона от 10 до 300 Гц, где она не регламентируется (для обычных атмосферных условий и в отсутствии изменения механических свойств и разогрева рабочей части образцов выше 50°C (по ГОСТ 25.502)) 300 Гц, при условии непрерывности нагружения до достижения заданной базы испытаний одним образцом, получим время безостановочной работы испытательной машины 92,6 часов ($100 \cdot 10^6 / 300 \cdot 60 \cdot 60$) или 3,85 суток, при увеличении базы до $100 \cdot 10^7$ циклов (что часто необходимо для определения предела выносливости цветных сплавов) время работы испытательной машины увеличивается до 38,5 суток.

Использование высокочастотного нагружения с частотой 18 кГц позволяет достичь той же базы всего за 92 минуты, или 1,5 часа ($100 \cdot 10^6 / 18000 \cdot 60 \cdot 60$) работы испытательного стенда для базы испытаний $100 \cdot 10^6$ циклов и 15 часов – для базы испытаний $100 \cdot 10^7$ циклов.

Таким образом, очевиден большой эффект использования высокой частоты нагружения для ускорения усталостных испытаний.

Длительность испытаний оценивалась исходя из следующих требований ГОСТ 25.502:

– база испытаний для определения пределов выносливости для легких сплавов и других металлов и сплавов ординаты кривых усталости которых по всей длине непрерывно уменьшается с ростом числа циклов принимается $N=1 \cdot 10^8$ циклов;

– для определения предела выносливости соответствующего вероятности разрушения 50% в интервале напряжений 0,95-1,05 от предела выносливости, соответствующего вероятности разрушения 50%, должны быть испытаны не менее трех образцов, при этом не менее половины из них не должны разрушиться до базы испытаний;

– для оценки среднего значения предела выносливости испытывают серии объемом не менее 10 одинаковых образцов, на каждом уровне напряжения.

Длительность нагружения t , часов, одного образца для определения предела выносливости на базе N циклов определяться по зависимости:

$$t = \frac{N}{60 \cdot 60 \cdot f}, \quad (1)$$

где f – частота испытаний.

Длительность нагружения t_n , часов, одного образца на базе N_n циклов для определения пороговых напряжений определяется по зависимости:

$$t_n = \frac{N_n}{60 \cdot 60 \cdot f}, \quad (2)$$

Суммарное время нагружения требуемого числа образцов при проведении усталостных испытаний на низкой частоте нагружения ($f=0,3$ кГц):

$$t_{0,3} = n \cdot t = \frac{n \cdot N}{60 \cdot 60 \cdot f}, \quad (3)$$

Суммарное время нагружения требуемого числа образцов при проведении усталостных испытаний с использованием высокой частоты нагружения ($f=18$ кГц) предлагаемым методом:

$$t_{18} = n \cdot t + t_{n0,3} + t_{n18} = \frac{n \cdot N}{60 \cdot 60 \cdot f_{18}} + \frac{N_n}{60 \cdot 60 \cdot f_{0,3}} + \frac{N_n}{60 \cdot 60 \cdot f_{18}}, \quad (4)$$

где $t_{n0,3}$ – время затрачиваемое на низкочастотное нагружение образца для определения пороговых напряжений на заданной базе, t_{n18} – время затрачиваемое на высокочастотное нагружение образца для определения пороговых напряжений на заданной базе.

При изменении требуемой базы испытаний при определении пороговых напряжений от $3 \cdot 10^7$ до $7 \cdot 10^7$ суммарное время нагружения составляет:

$t_{п0,3}=370$ часов, $t_{п18}= 35-70$ часов, – при определении предела выносливости соответствующего вероятности разрушения 50%;

$t_{п0,3}=926$ часов, $t_{п18}= 44-80$ часов, – при оценке среднего значения предела выносливости.

Если принять (для упрощения расчетов), что установочная мощность оборудования для проведения нагружения образцов при исследовании усталостных характеристик, как на низких, так и на высоких частотах нагружения составляет 1 кВт, то не сложно установить, что повышение частоты нагружения с 0,3 Гц до 18 кГц позволяет экономить 300–850 кВт·ч электрической энергии. Или снизить выбросы CO₂ на 150 –1700 кг, при условии, что электроэнергия получена на тепловых электростанциях.

Таким образом, показано, что за счет использования высоких частот нагружения образцов для испытаний при определении характеристик усталости можно повысить экологическую безопасность проведение такого рода исследований.

Список использованных источников

1. Блохин А.В. Развитие комплекса оборудования для усталостных испытаний конструкционных материалов // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2004. Вып. XII. С.263–266.

2. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения / Под ред. В. А. Кузьменко. Киев.: Наукова думка, 1979. 335 с.

3. Влияние амплитудно-частотных параметров циклического нагружения на кинетику физико-механических характеристик конструкционных материалов / С.Е. Бельский [и др.] // Трибофатика: тр. IV междунар. симпозиума, Тернополь, 23–27 сент. 2002 г.: в 2 т. / Тернополь. гос. техн. ун-т им. Ивана Пулюя; редкол.: В.Т. Трощенко [и др.]. Тернополь, 2002. Т.1. С.407–410.

4. Довгялло И.Г., Бельский С.Е., Царук Ф.Ф. Разработка метода ускоренного определения характеристик усталости металлов и сплавов и его физическое обоснование // Труды БГТУ, вып. II, Мн., 1994. С.80–85.

5. Блохин А.В., Царук Ф.Ф., Гайдук Н.А. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования // Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообр. пром-сть. Мн., 2002. Вып. X. С.213-215.