

УДК 621.185.532

А. В. Блохин, ассистент; С. Е. Бельский, доцент

**ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ КАК СТРУКТУРНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

This article deals with the methods of determining the resistance in aluminum alloys having the form of flat beams and a rectangular cross section. The authors shows the possibility of using resistance as structural and sensitive characteristics the construction material under fatigue tests.

В настоящее время в большинстве отраслей техники машины и агрегаты работают в условиях интенсивных механических колебаний в широком диапазоне частот. Интенсивные вибрационные нагрузки могут возникать как при стационарном режиме работы машин, так и при запуске, остановке, при изменении режима работы, что свойственно и для машин лесного комплекса. Известно, что ощутимая часть выходов из строя ответственных деталей машин и элементов конструкций, работающих в таких условиях, носит усталостный характер. Поэтому для повышения надежности проектируемых машин и конструкций необходима разработка и внедрение новых конструкционных материалов, а также использование в прочностных расчетах уточненных характеристик усталости с учетом реальных эксплуатационных факторов.

В качестве одной из физических величин, позволяющих выявить закономерности протекания процесса усталостного повреждения, была ранее предложена такая характеристика, как пороговые напряжения [1], т. е. величины циклических напряжений, ниже которых не наблюдается принятыми методами исследований на выбранной базе испытаний изменений исследуемой структурно-чувствительной характеристики. В работах [1, 2] в качестве такой характеристики была предложена микротвердость, как достаточно удобная для применения в экспериментальной практике и обладающая высокой чувствительностью к факторам нагружения. Для определения пороговых напряжений у металлических конструкционных материалов можно использовать электрическое сопротивление [3], которое также обладает высокой чувствительностью. Использование этой характеристики затруднено сложностью ее контроля. В данной работе предлагается методика контроля электросопротивления на отно-

сительно простой установке, центральным элементом которой является измеритель иммитанса Е7-20, выпускаемый отечественной промышленностью. Блок-схема установки приведена на рис. 1. К измерителю иммитанса подключается устройство присоединительное, входящее в комплект поставки прибора, и устройство контактное, к которому присоединяется измеряемый объект.

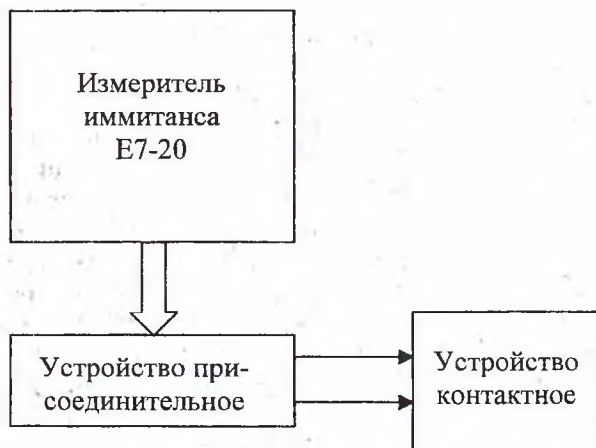


Рис. 1. Блок-схема установки

В основу работы измерителя иммитанса положен метод вольтметра-амперметра. Напряжение рабочей частоты от генератора подается на измеряемый объект. Преобразователь прибора формирует два напряжения, одно из которых пропорционально току, протекающему через измеряемый объект, другое – напряжению на нем. Отношение этих напряжений будет определять величину комплексной проводимости или величину комплексного сопротивления объекта с необходимой точностью. Удобство использования данного прибора заключается в том, что величину отношения напряжений определяет встроенный аппаратно-программный

логометр, результатом работы программной части которого является расчет величины электрического сопротивления (или проводимости) и отображение ее на дисплее.

Устройство контактное представляет собой шасси, выполненное из материала, не проводящего электрический ток, в основании которого установлено микрометрическое устройство для более точного позиционирования образца относительно подпружиненных контактных игл, закрепленных над образцом. Контактные иглы, а также контакты присоединительных проводов с целью уменьшения сопротивления покрыты слоем серебра. Для обеспечения постоянства усилия прижима контактных игл к поверхности исследуемого образца в конструкции предусмотрено устройство, позволяющее задавать определенную величину деформации прижимных пружин. С целью уменьшения влияния на результат измерения сопротивления цепей устройства контактного и устройства присоединительного коррекция нуля режима короткого замыкания прибора производилась путем при-

соединения к контактным иглам серебряной пластины.

Исследование кинетики изменений электросопротивления образцов включало в себя измерение исходного сопротивления и сопротивления после нагружения определенным числом циклов на заданной частоте. Образцы изготавливались в виде балочек прямоугольного поперечного сечения из различных алюминиевых сплавов (Д16, АМг2Н, литейный сплав типа АЛ4), основные геометрические параметры которых, механические характеристики и параметры термообработки приведены в работе [4]. Для возбуждения изгибных колебаний в образцах на низких частотах (до 0,3 кГц) использовался электродинамический вибростенд, а на высоких частотах (9 и 18 кГц) применялись установки, основным узлом которых является магнитострикционный преобразователь [5]. По результатам эксперимента были построены зависимости изменения электрического сопротивления от базы испытаний (рис. 2, 3, 4).

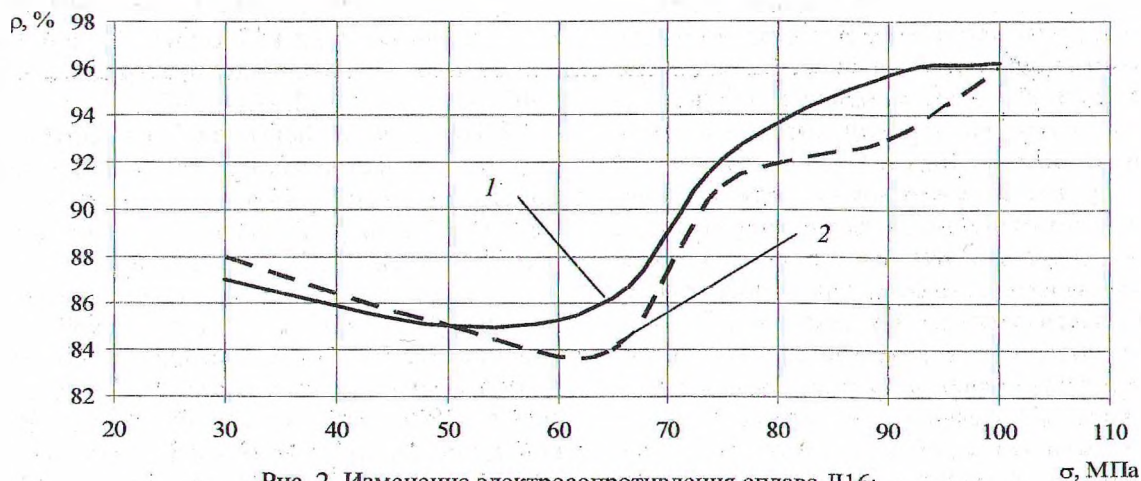


Рис. 2. Изменение электросопротивления сплава Д16:
1 – частота 0,3 кГц; 2 – частота 18 кГц ($N = 1 \cdot 10^6$)

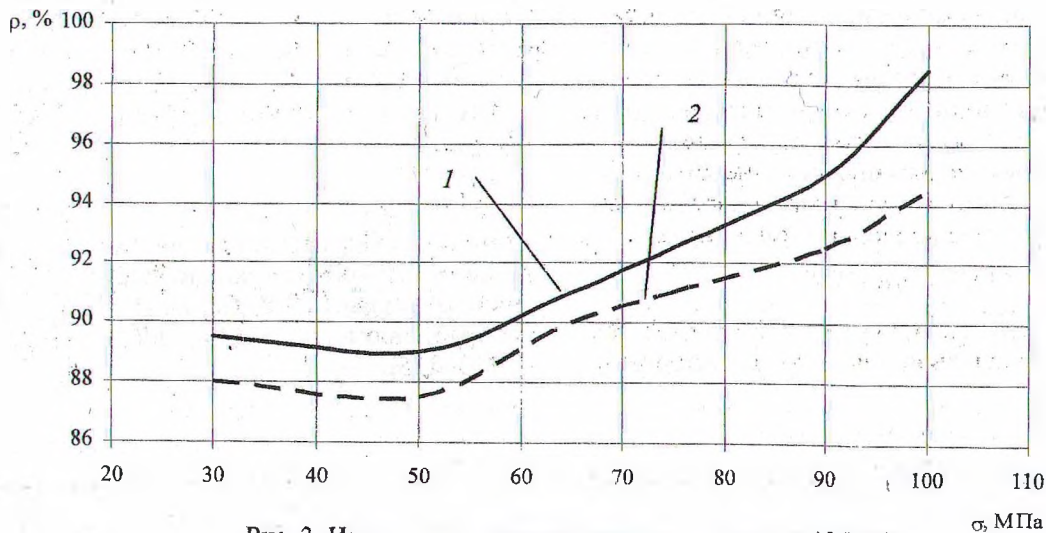


Рис. 3. Изменение электросопротивления сплава АМг2Н:
1 – частота 0,3 кГц; 2 – частота 18 кГц ($N = 1 \cdot 10^6$)

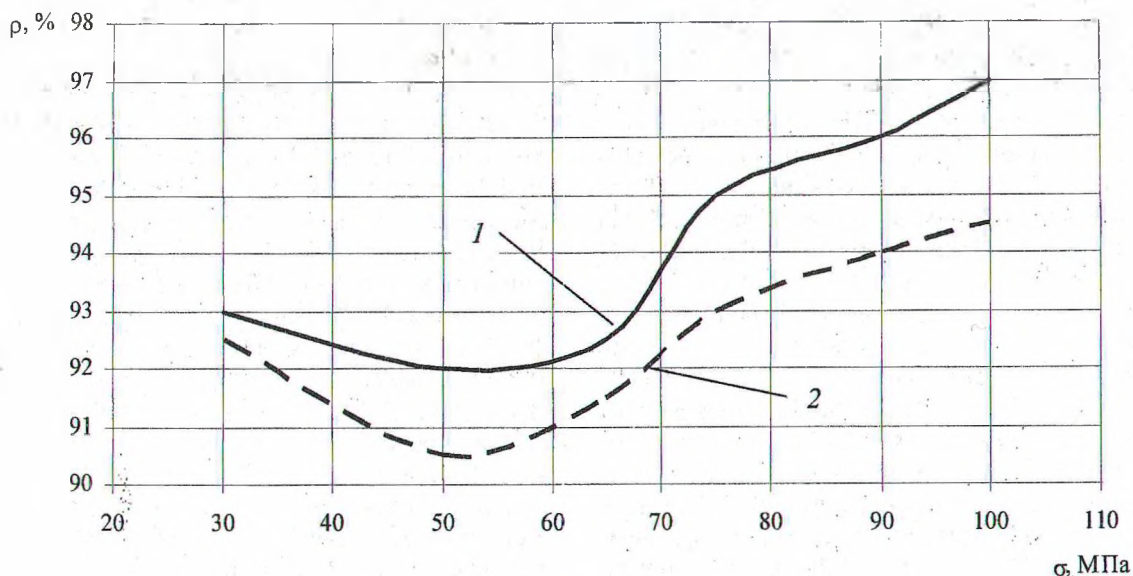


Рис. 4. Изменение электросопротивления вторичного литейного сплава:
1 – частота 0,3 кГц; 2 – частота 18 кГц ($N = 1 \cdot 10^6$)

Из анализа полученных данных можно отметить, что графики кинетики электросопротивления для всех исследованных материалов показывают немонотонное изменение данной характеристики с ростом величины циклических напряжений, причем в начале с ростом напряжений происходит некоторое снижение величины электрического сопротивления, потом до определенного уровня напряжений практически не происходит изменений исследованной характеристики, после которого отмечается значительный рост, вплоть до разрушения. Частота испытаний не влияла на характер поведения данной характеристики, однако ее увеличение приводило к смещению кривых в область более высоких напряжений, что отмечалось для всех исследованных материалов. Аналогичные зависимости были получены и на других базах испытаний (10^5 , 10^7 циклов).

Закономерное изменение электрического сопротивления в зависимости от величины напряжений и базы испытаний наряду с удобством контроля данной характеристики с помощью измерителя иммитанса позволяет использовать ее, как и микротвердость, для определения значения величины пороговых напряжений и дальнейшего исследования процесса усталостного повреждения металлических конструкционных материалов.

Литература

1. Бельский С. Е., Царук Ф. Ф., Блохин А. В. Пороговые напряжения – важная характеристика

сопротивления усталости конструкционных материалов // Современные методы проектирования машин. Расчет конструирования и технология изготовления: Сборник трудов. – Мн., 2002. – Вып. 1. – Т. 2. – С. 213–215.

2. Царук Ф. Ф., Бельский С. Е., Блохин А. В. К методике исследования усталостных свойств конструкционных материалов // Труды БГТУ. Серия II. Лесная и деревообраб. пром-сть. – Мн., 2003. – Вып. XI. – С. 233–236.

3. Бельский С. Е., Царук Ф. Ф., Соболев В. Р., Блохин А. В. К физической модели влияния частоты механических колебаний на сопротивление усталости материалов // Современные методы проектирования машин: Расчет конструирования и технология изготовления. Сборник трудов. – Мн., 2002. – Вып. 1. – Т. 2. – С. 412–414.

4. Блохин А. В., Бельский С. Е., Царук Ф. Ф. Определение степени циклической поврежденности алюминиевых сплавов по изменению резонансной частоты колебаний системы // Труды БГТУ. Серия II. Лесная и деревообраб. пром-сть. – Мн., 2005. – Вып. XIII. – С. 213–215.

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