

УДК 620.172.22

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Толкачев Т.А., курсант гр. 25-91, 2 курс

Научный руководитель: Тарасов Д.П., к.ф.-м.н., доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

г. Воронеж

Авиационные материалы – это материалы, применяемые в различных летательных аппаратах. Современные авиационные материалы по назначению подразделяются на конструкционные, определяющими характеристиками которых являются механические свойства, и материалы неконструкционного назначения, определяющими параметрами которых являются специфические физико-химические свойства.

Механические свойства характеризуют сопротивление материала деформации, разрушению и особенностью его поведения в процессе разрушения. Здесь можно выделить показатели прочности, жесткости (упругости), пластичности, твердости и вязкости.

Внутреннее трение в твёрдых телах – свойство твёрдых тел необратимо превращать в теплоту механическую энергию, сообщенную телу в процессах его деформирования, сопровождающихся нарушением в нём термодинамического равновесия [1].

Механическая энергия колеблющегося твердого тела очень быстро превращается в тепло, даже если тело полностью изолировано от окружающей среды. Это превращение энергии, а также последующее затухание колебаний, приписывают наличию внутреннего трения. Внутреннее трение является наиболее структурно-чувствительной физической характеристикой. Метод внутреннего трения нашел широкое распространение при исследовании различных процессов: рекристаллизации, закалки, дисперсионного твердения, пластической деформации.

Внутреннее трение в металлах, особенно в чистых, очень чувствительно к холодной деформации. Даже при весьма осторожном, манипулировании с чистым отожженным монокристаллом его внутреннее трение может увеличиться в несколько раз.

Основные характеристики и принципы действия установки для измерения внутреннего трения и упругого модуля авиационных материалов.

Установка внутреннего трения (ВТ) характеризуется следующими параметрами:

- а) тип колебаний образца – затухающие колебания;
- б) вид деформации образца – изгибные;

в) размеры образца – минимальные $(10 \times 2)^2$ мм², максимальные $(80 \times 20)^2$ мм²;

г) толщина образца – $0,3 \div 1,5$ мм;

д) диапазон рабочих частот – $5 \div 30$ Гц;

е) диапазон рабочих температур – $170 \div 900$ К.

Схема установки показана на рисунке 1. Установка состоит из оптико-механического устройства и радиоэлектронного блока. Оптико-механическая часть установки со снятой вакуумной трубой показана на рисунке 2.

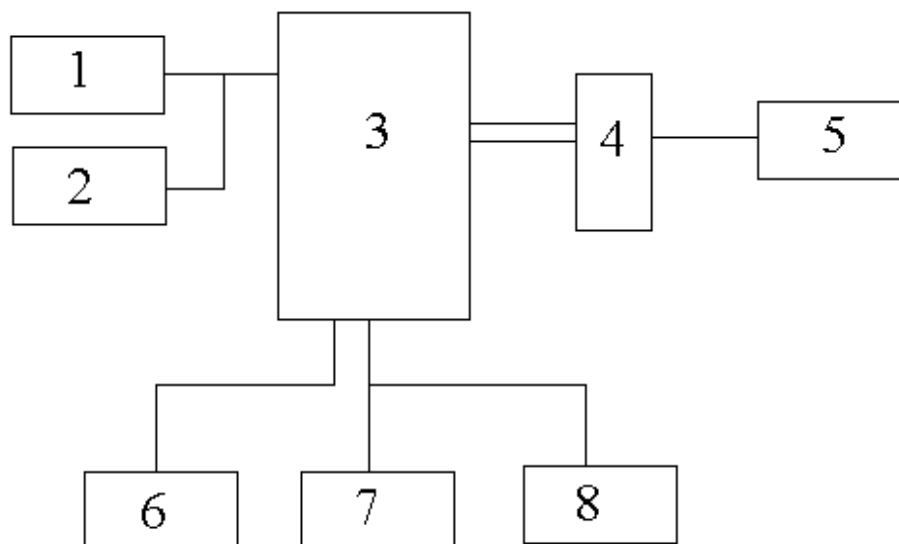


Рисунок 1 – Схема установки ВТ

1 – вакуумный насос; 2 – вакуумметр; 3 – оптико-механическая часть;
4 – радиоэлектронный блок; 5 – частотомер; 6 – блок питания;
7 – ноль термостат; 8 – вольтметр

Конструктивно оптико-механическая часть состоит из основания 1, стоек 2, зажимной планки 3 с винтовым зажимом 4, кварцевой трубы 5, узла электромагнитов 17, фоторегистрирующего узла 7. Измеряемый образец 8 крепится одной стороной в неподвижной цанге 9, другой в цанге, соединенной с подвижным маятником 10. Маятник выполнен в виде конусообразного стержня из нержавеющей стали с прикрепленной к нему пермаллоевой пластиной, которая используется для раскачки электромагнитами 17. Свет от электролампочки 16, на которую подается стабилизированное напряжение питания 24 В, попадает на дифференциальное сопротивление 15. Оно изготовлено на базе оптронов ОЭП-1 (удалены лампы накаливания, доработан корпус). Поочередное закрытие секторов фотосопротивления вырабатывает электрический сигнал, поступающий затем в радиоэлектронный блок.

Нагрев образца осуществляется молибденовым терморadiационным нагревателем 12, изготовленным из молибденовой проволоки диаметром 1,2 мм и укрепленным на изолированных токовводах 13. Крепления нагревателя

12 позволяют устанавливать его в горизонтальном положении при установке образца, и в вертикальном в рабочем режиме. Охлаждение осуществляется за счет поглощения теплового излучения образца жидким азотом, заливаемым в специальный резервуар 14.



Рисунок 2 – Оптико-механическая часть установки со снятой вакуумной трубой

Температура образца контролируется с помощью дифференциальной термопары 11 хромель-алюмель, один из спаев которой располагается рядом с образцом, а второй помещен в сосуд с тающим льдом. Для уменьшения влияния атмосферного воздуха на затухание колебаний маятника с образцом, устранения конденсации влаги на последнем, он вместе с маятником, нагревателем и термопарой помещен в кварцевый цилиндр 5, в котором создается вакуум до 10 Па.

Структурная схема радиоэлектронной части установки ВТ показана на рисунке 3.

Величина внутреннего трения определяется по формуле

$$Q^{-1} = \frac{1}{\pi N} \ln \frac{A_1}{A_N}, \quad (1)$$

где N – число колебаний образца при изменении амплитуды от A_1 до A_N [2].

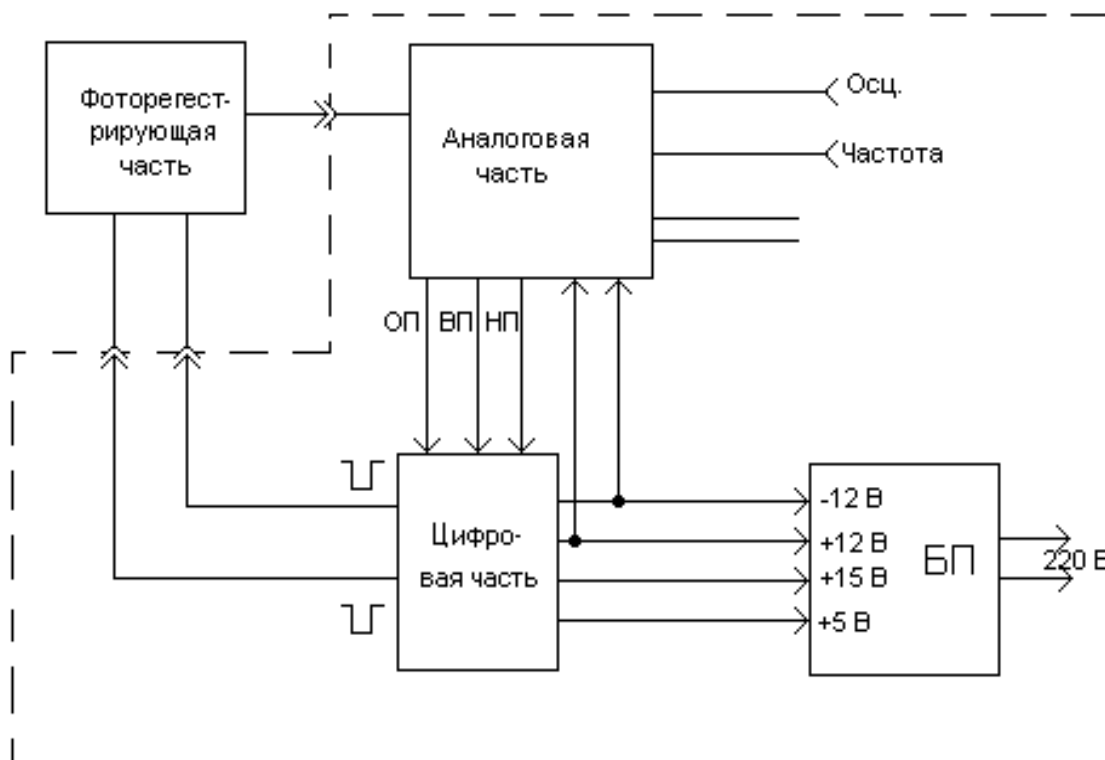


Рисунок 3 - Структурная схема радиоэлектронной части установки ВТ

Для измерения частоты колебаний использовался частотомер, показания которого служили для определения модуля упругости $G = \kappa f^2$.

Внутреннее трение может вызываться рядом процессов в твердом теле, и каждый такой процесс показывает свой максимум на графике зависимости Q^{-1} от частоты колебаний образца f . Эти максимумы составляют спектр ВТ. Измерение внутреннего трения может использоваться для изучения вызывающих его процессов в различных авиационных материалах и дает уникальную информацию о диффузии, дефектах кристаллического строения, дислокационной структуре, границах зерен и т.д.

Список литературы:

- 1 Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.: Metallurgy, 1974. 352 с.
- 2 Блантер М.С., Пигузов Ю.В. и др. Метод внутреннего трения в металловедческих исследованиях. М.: Metallurgy, 1991. 247 с.