

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ

© 2012 Е. А. Тихомирова¹, Т. Н. Азизов², Е. Ф. Сидохин³

¹Открытое акционерное общество «КЛИМОВ», г. Санкт-Петербург

²Открытое акционерное общество «ММП имени В.В. Чернышева», г. Москва

³Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр «Экспертцентр», г. Москва

Предлагается устройство для термоциклических испытаний материалов.

Термическая усталость, термоциклические испытания, термическое расширение, жёсткость.

Способность материалов оказывать сопротивление термической усталости контролируют посредством термоциклических испытаний (ТЦ), в ходе которых образец подвергают периодически нагреву и охлаждению, ограничив его возможность к термической деформации. Степень стеснения регулируют жёсткостью связей закреплённого образца. Благодаря этому материал образца в процессе нагрева и охлаждения испытывает упругопластическую деформацию $\Delta\epsilon$, величина которой определяется создаваемой жёсткостью. В настоящее время термоциклические испытания с варьируемой жёсткостью выполняют на специальных стендах, принципиальная схема которых представлена на рис.1 [1]. Стенд имеет вид рамы, которая включает жёсткие стойки и массивные траверсы, соединенные с ними упругими связями, либо обоймы с упругими элементами. В качестве последних используют сменные

мембраны различной толщины. Стенды комплектуются системами регулирования температуры и измерения напряжений и упругопластической деформации. Нагрев образца в процессе испытаний производят различными способами, например, пропуская электрический ток [1, 2]. В зависимости от характера решаемой задачи образцы для испытаний имеют различную форму: цилиндрические сплошные или трубчатые, корсетные сплошные или трубчатые либо плоские [2].

В установке [1] для испытаний сопротивления материалов термической усталости (рис. 2) рама выполнена с возможностью изменения жёсткости по отношению к образцу благодаря тому, что стенки рамы, на которых располагаются захваты крепления головок образца, выполнены в виде упругих элементов (мембран) и предусмотрена возможность их смены.

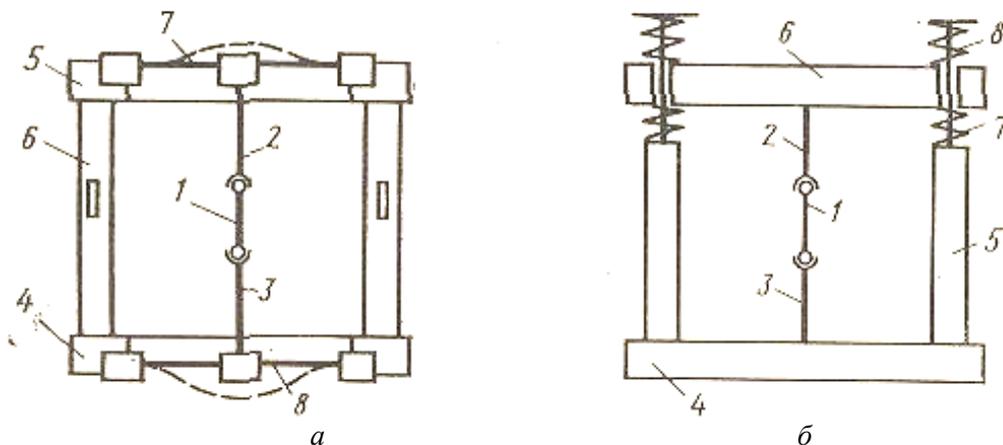


Рис.1. Принципиальные схемы установок для испытаний на термоусталость

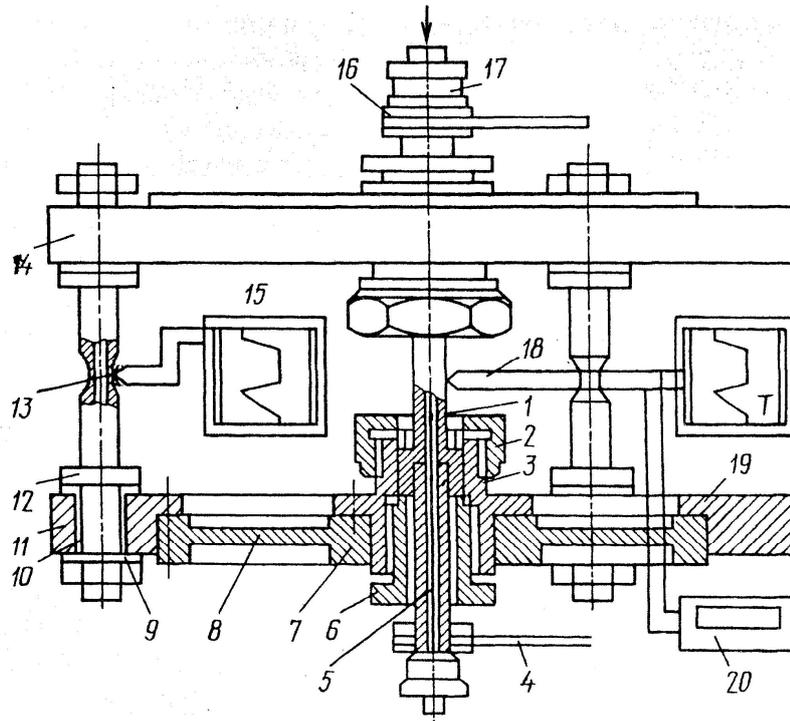


Рис.2. Установка для испытаний с варьируемой жёсткостью

При этом сама рама находится вне нагревательного устройства, а испытуемый образец, закреплённый в раме, помещён внутрь нагревательной камеры. Недостатком этого устройства является невысокая производительность контроля в связи с тем, что его работа осуществляется с каждым образцом индивидуально, а сам процесс исследования является достаточно продолжительным. Кроме того, устройство не позволяет производить какие-либо дополнительные исследования состояния образца, не прерывая процесс испытаний.

Другая отечественная установка (рис. 3), использующая в своей работе образец плоской формы, содержит массивное основание-раму 1, состоящее из двух блоков 2, 3, разделённых электроизоляционным материалом (слюдой), с ввёрнутыми в них стойками 4, 5, на которые надевается образец 6 и фиксируется гайками 7, 8. Основание помещено в теплоизолирующую камеру, которая вместе с введёнными внутрь и закреплёнными на основании токоподводами образует нагреватель, посредством которого производится нагрев образца пропускаемым через него электрическим током. Рама выполнена с абсолютной жёсткостью ($C \approx \infty$) по отношению к образцу. Благодаря этому термическая деформация образца $\epsilon_{\text{терм}}$, подвергаемо-

го термическому воздействию, полностью превращается в упругопластическую $\Delta\epsilon$. Варьирование $\Delta\epsilon$ производят, задавая величину упругопластической деформации как $\Delta\epsilon = \epsilon_{\text{терм}} = \alpha_{\text{ср}}(T_2 - T_1)$, где $\alpha_{\text{ср}}$ - средний коэффициент линейного расширения материала в интервале изменения температур ($T_2 - T_1$). С точки зрения испытаний на термическую усталость такой способ варьирования $\Delta\epsilon$ является значительным недостатком, т.к. материал, температурные свойства которого контролируют, оказывается при иных температурах в случае разных $\Delta\epsilon$.

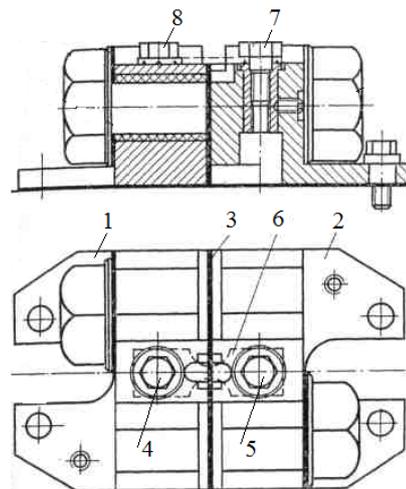


Рис.3. Установка для испытаний на термоусталость и металлографического исследования

Главная особенность этих стендов состоит в том, что в процессе испытаний нагреву и охлаждению подвергают только образец, тогда как температура нагружающей рамы остается неизменной. Это позволяет стенду быть достаточно вариативным в исследовании. Но имеются и недостатки. Первый из них – низкая производительность из-за очень продолжительного, как правило, времени испытания одного образца.

Второй – невозможность без ущерба для результата прерывать процесс для промежуточных исследований неразрушающими методами, например, металлографическими, рентгеновскими либо с помощью сканирующей микроскопии и др., или производить измерения. Аналогичная ситуация имела место в исследованиях релаксации напряжений, где решение проблемы было достигнуто с помощью колец Одингга или Давиденкова [3], которые представляют собой и образцы, и устройство для испытаний одновременно. Они дополнили стационарные установки и расширили возможности испытательной базы.

Предлагаемое устройство решает задачу таким же образом – дополняет возможности стационарных установок. Как и в стендах, устройство представляет собой жёсткую рамку по отношению к образцу, на двух противоположных стенках которой выполнены средства закрепления его головок. Рамка имеет габаритные размеры несколько больше размеров образца и может быть вместе с ним помещена в рабочее пространство печи, используемой для нагрева. Чтобы задать величину упругопластической деформации при ТЦ испытаниях, рамку следует изготовить из материала, отличающегося от материала испытываемого образца коэффициентом линейного расширения $\alpha_{\text{ср}}$.

Примеры возможных вариантов исполнения рамки с образцом показаны на рис. 4. Варианты рис. 4,б и рис.4,в особенно удобны для изготовления. В этом случае детали рамки просты и выполняются из разных материалов. Пластины, параллельные оси образца, должны быть изготовлены из материала с отличающимся от материала образца коэффициентом линейного расширения.

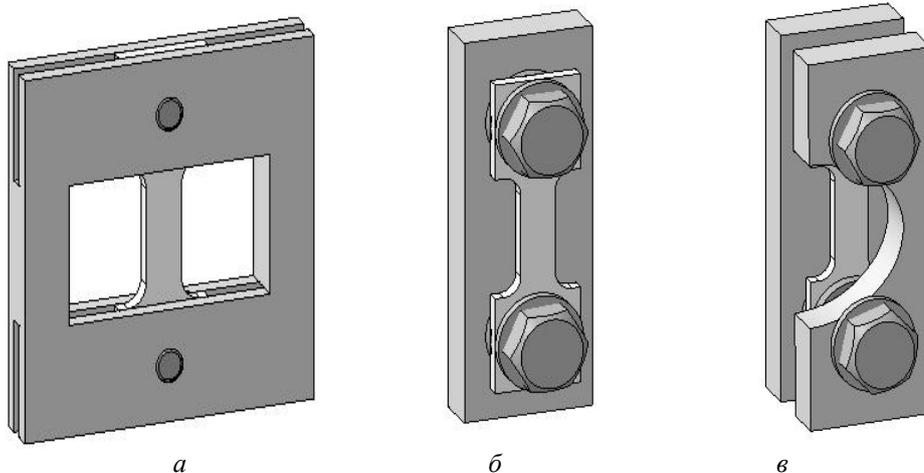


Рис.4. Варианты исполнения рамок для термоциклических испытаний

Температура образцов в процессе испытаний отслеживается и регистрируется с помощью термопар, приваренных к образцам или рамам. В определённые моменты, установленные программой испытаний, раму с образцом, не разгружая его, переносят в измерительный микроскоп для измерения текущей деформации или на столик металлографического микроскопа, либо в рентгеновский дифрактометр или в сканирующий микроскоп для выполнения структурных исследований. По завершении их раму с образ-

цом вновь возвращают в цикл испытаний для их продолжения.

Большим преимуществом является и то, что для осуществления испытаний с помощью этого устройства требуется всего лишь нагреватель и простой подающий механизм, при этом можно набирать рамки в кассеты и проводить одновременно испытание группы образцов по разным схемам, но в одних условиях. Простота самого устройства и возможность его изготовления в условиях предприятия, осуществляющего

контроль своей продукции, а также простота необходимых технических средств делает возможным проведение ТЦ испытаний в условиях заводских лабораторий, не привлекая для этого сложное специализированное дорогостоящее оборудование.

Представляется, что оно может быть успешно применено для заводских испытаний покрытий. Придавая рамке и образцу определенную расчётную форму, можно моделировать в испытаниях работу реальных изделий (рис. 5) или их участков и подвергать испытаниям сами изделия.

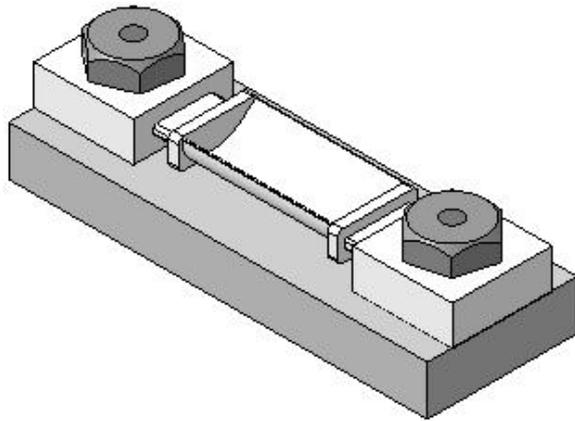


Рис.5. Принципиальная схема устройства для испытания макетных образцов и реальных изделий

Устройство позволяет производить ТЦ испытания в необычном режиме: растяжение при нагреве и сжатие при охлаждении.

Заключение

Предложено устройство для термоциклических испытаний материалов, основанное на различии термического расширения материалов образца и удерживающей его рамы. Устройство позволяет в ходе испытаний варьировать упругопластическую деформацию посредством подбора для рамы материала с надлежащим коэффициентом линейного расширения.

Библиографический список

1. Дульнев, Р.А. Термическая усталость металлов [Текст] / Р.А. Дульнев, П.И. Котов. - М.: Машиностроение, 1980. - 200 с.
2. Сопротивление термической усталости монокристаллического сплава [Текст] / Л.Б. Гецов, Н.И. Добина, А.И. Рыбников [и др.] // Проблемы прочности. - 2008. - №5. - С.54-71.
3. Хенкин, М.Л. Размерная стабильность металлов и сплавов в точном машиностроении и приборостроении [Текст] / М.Л. Хенкин, И.Х. Локшин.- М.: Машиностроение, 1974. - С.17.
4. Ориентационная зависимость термической усталости монокристаллов никелевого сплава [Текст] / Р.А. Дульнев, И.Л. Светлов, Н.Г. Бычков [и др.] // Проблемы прочности. - 1988. - №11. - С. 3-9.

INSTRUMENT TO MEASURE MATERIAL RESISTANCE TO THERMO-MECHANICAL FATIGUE

© 2012 E. A. Tikhomirova¹, T. N. Azizov², E. F. Sidokhin³

¹JSC «KLIMOV», S.-Peterburg

²JSC «MMP name V.V. Chernishova», Moscow

³«NTC Expertcentre» JSC, Moscow

The instrument is used for material thermo-cyclical testing.

Thermal fatigue (thermo-mechanical fatigue), thermo-cyclical testing, linear thermal expansion, rigidity, stiffness.

Информация об авторах

Тихомирова Елена Александровна, инженер, Открытое акционерное общество «КЛИМОВ», г. Санкт Петербург. Область научных интересов: металловедение жаропрочных сплавов.

Азизов Тахир Наилевич, кандидат технических наук, главный металлург, Открытое акционерное общество «ММП имени В.В. Чернышева», г. Москва. Область научных интересов: металловедение жаропрочных сплавов.

Сидохин Евгений Федорович, инженер, Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр «Экспертцентр», г. Москва. E-mail: esidohin@yandex.ru. Область научных интересов: физика металлов.

Tikhomirova Elena Aleksandrovna, Engineer, JSC “KLIMOV”, S.-Peterburg. Area of research: The metallurgy of high resistance alloys.

Azizov Takhir Nailevch, candidate of technical sciences., chief metallurgist, JSC «MMP name V.V. Chernishova», Moscow. Area of research: The metallurgy of high resistance alloys.

Sidokhin Evgeni Fedorovich, Engineer, “NTC Expertcentre” JSC, Moscow. E-mail: esidohin@yandex.ru. Area of research: the physic of metals.