

УДК 699.017.07

Чигарев В. В., Коваленко И. В.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ БИМЕТАЛЛОВ ПРИ ОДНООСНОМ ИЗГИБЕ

Постоянное повышение требований к качеству продукции машиностроения и выполнению ремонтов металлургических агрегатов с применением сварки биметаллов, обуславливают появлением новых методов контроля их качества и состоянием механических свойств до начала процесса эксплуатации. В связи с этим, разработки в указанном направлении являются весьма актуальными [1].

Проведение испытаний по определению состояния и качества сварных образцов производится на установках и стендах, выпущенных во второй половине прошлого века. В связи с этим период эксплуатации оборудования данного профиля между диагностикой и ремонтом неуклонно сокращается. Уменьшить или частично устранить поломки и экстренные неполадки установок возможно за счет совершенствования методов испытаний и модернизации конструкций оборудования данного профиля [2, 3]. Новым направлением в этой области является применение электронных контроллеров, пневмоаппаратуры и системных датчиков, позволяющих проводить мониторинг состояния испытательного оборудования и исследуемого образца.

Целью данной работы является усовершенствование методики испытания биметаллических образцов при одноосном изгибе и модернизация конструкции установки УПИ-2, являющейся базовой для испытаний.

Для оценки влияния отдельных факторов на сопротивление малоциклового усталости гомогенных и композиционных материалов испытания проводили на образцах в виде консольной балки равного сопротивления (рис. 1).

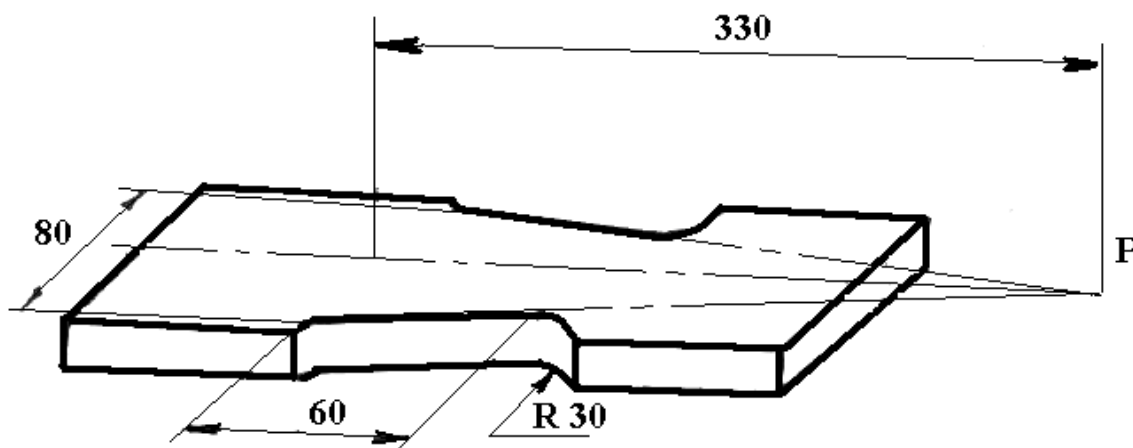


Рис. 1. Образец для проведения испытания малоциклового усталости

Длина зоны равных напряжений составляла около 60 мм, что позволяло измерить деформаций на поверхности этой зоны тензомером Гугенберга с базой 10 или 20 мм.

Использование образцов в виде балки равного сопротивления позволило получить значительный участок поверхности образца с равными напряжениями. Испытания таких

образцов проводили на специально доработанной в ОАО «ММК им. Ильича» и ПГТУ установке УПИ-2, предназначенной для одноосного повторно-статического нагружения изгибом образцов. На рис. 2 показана принципиальная схема конструкции установки УПИ-2.

Образец 1 жестко крепится к станине 2 с помощью болтов 3 и верхней плиты. Усилие прикладывается к переходной скобе, которая соединяет образец и гидроцилиндр 6 с помощью пальца 7. Гидроцилиндр шарнирно соединен со станиной 2. В процессе испытания заданный цикл нагружения поддерживается постоянным гидросистемой установки и пультом управления. Гидросистема позволяет осуществлять нагружения с частотой от 5 до 25 циклов в минуту. Насосная станция, размещаемая под станиной, способна обеспечить работу описанных установок, включаемых в блок. Выдержка образца под нагрузкой регулируется от нуля до тридцати секунд. Скорость нагрузки и разгрузки можно изменять с помощью регулируемых дросселей.

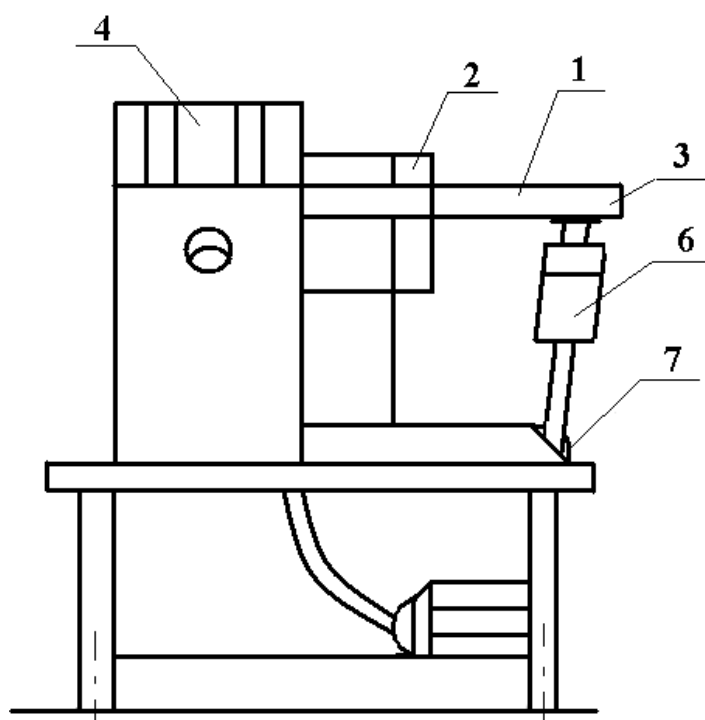


Рис. 2. Установка для одноосного повторно-статического испытания образцов

Испытание образцов можно производить как на воздухе, так и в 3 % растворе NaCl при мягком нагружении с отнулевым пульсирующим циклом.

Однако, для испытания образцов, имитирующих условия деформирования лакирующего слоя, необходимо испытание проводить в жестком, знакопеременном цикле нагружения.

Заданный цикл нагружения в этом случае можно получить значительной модернизацией схемы управления установки УПИ-2. Для этого необходимо вместо электроконтактного манометра установить два микровыключателя, которые срабатывают при заданном прогибе образца в полциклах растяжения и сжатия, что значительно повышает ресурс работы узлов и механизмов установки [8].

При испытании образцов, имитирующих цикл нагружения лакирующего слоя, необходимо, чтобы при заданном размахе деформации образец возвращался при разгрузке в исходное положение, т. е. показания тензомера должны возвращаться к нулю. Однако, поскольку образец деформируется за пределами упругой области, при первом нагружении после снятия нагрузки он будет иметь остаточный прогиб [5]. На величину этого прогиба

необходимо вернуть образец обратным нагружением. Такой цикл нагружения позволяет проводить испытания в условиях, максимально приближенных к условиям деформирования «мягкого» плакирующего слоя при работе в составе композиции.

Заданный цикл нагружения образца поддерживается постоянным в процессе испытания гидросистемой установки и пультом управления.

Электрогидросхема пульта управления позволяет осуществлять нагружение с заданной частотой в указанных пределах и выдержкой образца под максимальной нагрузкой от 0 до 5 минут.

Управление гидросистемой осуществляется автоматически по сигналу электроконтактного манометра. Пульт управления смонтирован в виде щита со съемными блоками.

Перед нагружением производили ориентировочный расчет по предполагаемым деформациям на поверхности центральной части образца при заданном уровне напряжений, исходя из закона Гука [2] для плоского напряженного состояния:

$$e_1 = \frac{1}{E}(s_1 - \mu s_2), \quad (1)$$

где ε – относительная деформация; σ – рабочие напряжения, Па; E – модуль упругости, Па; μ – коэффициент Пуансона.

При выбранной схеме нагружения на установке УПИ-2 в центральной части образца деформации $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$, следовательно:

$$e = \frac{s(1 - \mu)}{E}. \quad (2)$$

Требуемое давление под образцом ориентировочно рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{8sh^2}{3(3 + \mu)b^2}, \quad (3)$$

где h – толщина образца, см; b – радиус, опоры, см.

Перед установкой рабочего давления производится корректировка давления по расчетным деформациям. В случае, если при нагружении образца расчетным давлением полученная деформация не соответствует расчетной величине, давление подбирается таким образом, чтобы деформация на поверхности центральной части образца соответствовала расчетной [7]. На образцах с гладкой поверхностью расчетные параметры обычно совпадают с полученными при эксперименте. Такая методика расчета справедлива для однородного материала [6].

При испытании плакированного металла расчетное определение деформаций и давления под образцом осложняется тем, что отдельные слои металла могут отличаться между собой по механическим характеристикам. Поэтому амплитуда рабочего давления под образцом определялась экспериментально по результатам тензометрирования, задаваясь величиной деформаций наружной поверхности образца в процентном отношении к деформации предела текучести основного слоя композиционного материала [3].

$$e = Be_{02}(1 - \mu), \quad (4)$$

где B – коэффициент уровня нагрузки (для большей части образцов $B = 0,7$).

В тех случаях, когда металл плакирующего слоя имеет сравнительно низкий предел текучести ($\epsilon_{02ПЛ} < \epsilon_{02осн}$), первое нагружение вызывает появление пластических деформаций, наблюдается существенное изменение условий последующего нагружения.

Определение величины деформации производили с помощью тензодатчиков сопротивления с базой 10 мм и рычажного тензометра Гугенбергера [3]. Тензодатчики наклеивали на предварительно отшлифованный участок поверхности образца. Кроме тензодатчиков для дублирования их показаний параллельно одному из них, находящемуся в центральной части образца, устанавливали рычажный тензометр. Дополнительно к измерениям распределения деформаций определяли максимальный прогиб образца в процессе циклического нагружения с помощью индикатора, закрепленного на опорной скобе.

При выборе рабочей нагрузки [4] на сварной образец со стыковым швом исходили из тех соображений, что в крупногабаритных конструкциях влияние жесткости, создаваемой усилием шва, не велико и в расчетах не учитывается. Поэтому требуемое давление подсчитывали как в случае испытания пластины основного металла без шва для $\sigma_\varphi = 0,7\sigma_{02}$. В то же время, представляет большой интерес определение действительных величин максимальных деформаций и влияние жесткости шва на распределение деформаций в центральной части образца.

С этой целью было выполнено тензометрирование сварных образцов с помощью рычажного тензометра Гугенбергера с базой 20 мм и тензодатчиком сопротивления с базой 10 мм сопротивлением 10 Ом. Тензодатчики сопротивления наклеивались на шов и на основной металл в направлении радиуса диска, расположенного перпендикулярно шву. Измерение деформаций производили во взаимно перпендикулярных направлениях.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что испытание крупногабаритных образцов в условиях одноосного изгиба является эффективным методом оценки качества свойств основного металла и металла шва. Метод может быть применен для широкого использования в промышленности.
2. Предложенные элементы доработки конструкции испытательной установки увеличивают ресурс ее работы до проведения профилактического ремонта в 1,2 раза.
3. Приведенные доводы и тезисы о доработке методики испытаний позволяют прогнозировать дальнейшее состояние сварного соединения и ресурс его работоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земзин В. Н. Сварные соединения разнородных сталей / В. Н. Земзин. – Л. : Машиностроение, 1966. – 190 с.
2. Мовчан Б. А. Микроскопическая неоднородность в литых сплавах / Б. А. Мовчан. – К. : Гостехиздат УССР, 1968. – 230 с.
3. Бакиш О. А. Влияние механических неоднородностей на работоспособность сварочных соединений при различных деформациях и разном характере нагружения / О. А. Бакиш // Свариваемость термически упрочнённых сталей. – М. : Наука, 1967. – С. 83–86.
4. Борисов В. Т. Физика металлов и машиноведение / В. Т. Борисов, В. М. Голиков, Г. В. Щербинский. – М. : Наука, 1961. – 426 с.
5. Готальский М. Б. Сварка разнородных сталей / М. Б. Готальский. – К. : Техника, 1981. – 382 с.
6. Цыпкин Я. З. Стохастические дискретные системы с внутренними моделями // Проблемы управления и информатики. – 1999. – № 1/2. – С. 21–26.
7. Оперативное определение остаточных напряжений с использованием электронной спекл-интерферометрии / Л. М. Лобанов, В. А. Пивторак, В. В. Савицкий и др. // В мире неразрушающего контроля. – 2005. – № 1. – С. 10–13.
8. Красовский А. Я. Оценка остаточного ресурса сварных швов трубопроводов первого контура АЭС, поврежденных межкристаллитной коррозией / А. Я. Красовский, И. В. Орыняк // Автомат. сварка. – 2000. – № 9/10. – С. 57–65.