

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг-6

Наличие в конструкциях сварных швов существенно снижает характеристики сопротивления усталости материала изделия. Этому способствует ряд факторов, таких как концентрация напряжений, остаточные сварочные напряжения и т.д. Изучение влияний этих факторов на характеристики сопротивления усталости стали и сплавов имеет важное значение. Однако, как показал анализ литературных данных, опубликованные результаты порой противоречивы. В ряде работ показано, что остаточные напряжения в одних случаях не влияют на усталостную прочность сварных соединений, в других — значительно повышают или понижают их предел выносливости и долговечность. Такое различие вызвано тем, что действие остаточных напряжений проявляется, по-видимому, только при определенных условиях и зависит от вида материала, качества механической обработки поверхности сварного шва, его формы, характера распределения напряжений и т.д.

В связи с вышеизложенным, в настоящей работе было исследовано влияние сварки на характеристики сопротивления усталости алюминиевого сплава АМг-6 при регулярном нагружении растяжением — сжатием.

Так как процесс формирования сварного шва неразрывно связан с наведением в самом шве и его окрестности значительных остаточных напряжений, предварительно было исследовано напряженное состояние заготовок со сварным швом, из которых в последствии изготавливали образцы для усталостных испытаний.

Определение остаточных напряжений выполняли методом отверстий, основанном на предположении, что удаление части детали с остаточными напряжениями эквивалентно приложению к оставшейся части детали напряжений, обратных остаточным. Предполагалось, что материал пластины изотропен, все перераспределения напряжений происходят в пределах упругой работы материала.

Распределение остаточных напряжений исследовали вдоль оси сварного стыкового соединения листов толщиной 2,8 мм из сплава АМг-6. Длина шва составляла $l=600$ мм. Отверстия диаметром $2a=10$ мм сверлили с шагом 75 мм. Для измерения дополнительных деформаций, вызванных разгрузкой материала вблизи отверстия в результате его сверления, использовали фольговые тензорезисторы с базой $l_T=3$ мм. Что удовлетворяет требованию $a \geq 1,5 \cdot l_T = 3$ мм.

Исходные остаточные напряжения, имеющие место в окрестности сварного шва до сверления, определяли по измеренным дополнительным деформациям ϵ_x^a и ϵ_y^a , используя выражения:

$$\sigma_x = \frac{E}{(1-\nu)A} \cdot \frac{\epsilon_x^a + \epsilon_y^a}{2} + \frac{E}{(1+\nu)B} \cdot \frac{\epsilon_x^a - \epsilon_y^a}{2}, \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{(1-\nu)A} \cdot \frac{\epsilon_x^a - \epsilon_y^a}{2} - \frac{E}{(1+\nu)B} \cdot \frac{\epsilon_x^a + \epsilon_y^a}{2} \quad (2)$$

где A и B — соответственно осесимметричный и антисимметричный коэффициенты чувствительности метода отверстий.

Их назначения определяли в зависимости от относительной базы $\lambda = l_T / a$ и относительной координаты передней кромки тензорезистера. Эпюры остаточных напряжений для трех соединений представлены на рисунке 1.

Анализ полученных результатов показывает, что в сварном шве и в его окрестности имеют место значительные остаточные напряжения обоих знаков [1]. Эпюры напряжений σ_x (рисунок 1) имеют по всей длине один знак (растяжение). Эти напряжения уравновешиваются сжимающими остаточными напряжениями, действующими в сечениях, перпендикулярных оси шва на некотором удалении от его оси. Напряжения σ_y в начале и в конце шва сжимающие; они должны уравновешиваться растягивающими напряжениями, действующими в средней части сварного соединения. Некоторое несоблюдение данного условия связано с погрешностями эксперимента.

Исследование характеристик сопротивления усталости сварного стыкового соединения при растяжении-сжатии проводили на плоских образцах, содержащих в рабочей части сварной шов. Эти образцы вырезали из вышеуказанных сварных соединений.

Разрезка листа с наведенными остаточными напряжениями на полосы приводит к перераспределению этих напряжений, которое можно учесть расчетным методом по исходным эпюрам напряжений σ_x и σ_y в листе.

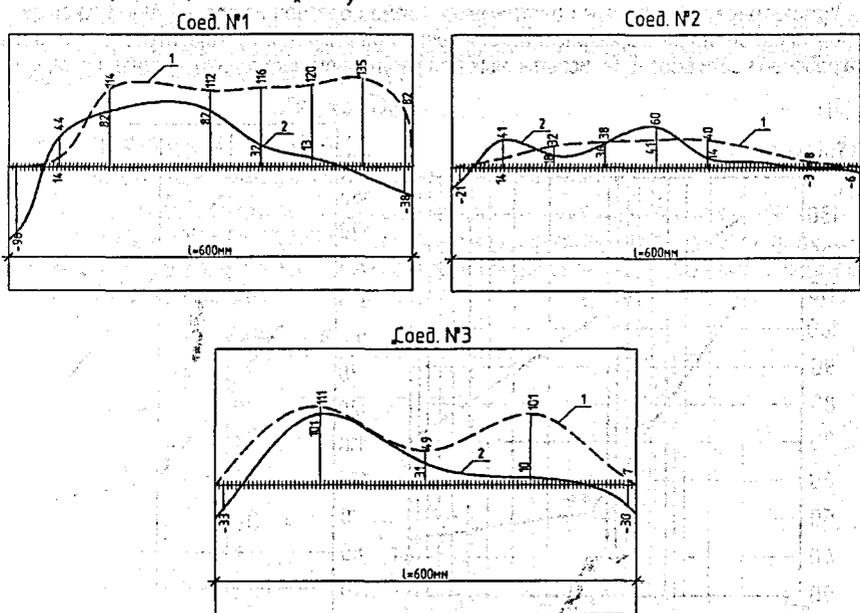


Рисунок 1 – Эпюры остаточных сварных напряжений σ_x (1) и σ_y (2) в сварных стыках соединениях листов из сплава АМг-6

Оценку остаточных напряжений σ_y^n после разрезки, совпадающих по напряжению с циклическими рабочими напряжениями, производили в начале и конце шва, используя выражение:

$$\sigma_y^n = \sigma_y - \nu \sigma_x \quad (3)$$

Для оценки напряжений σ_y^n в средней части сварного шва использовали тот факт, что эпюра напряжений σ_y^n самоуравновешена по длине шва, т.е.

$$\int_0^b \sigma_y^n(x) dx = 0, \quad (4)$$

где b – ширина рабочей части образца.

Из выражения (4), приняв аппроксимацию эпюры напряжений по параболическому закону, получим следующее выражение:

$$\sigma_y^n = -\frac{1}{5}(\sigma_{y1}^n - \sigma_{y2}^n), \quad (5)$$

где σ_{y1}^n и σ_{y2}^n – значения остаточных напряжений соответственно в начале и конце шва.

Расчеты с использованием выражений (3) и (5) показали, что, несмотря на частичную релаксацию остаточных напряжений в результате разрезки листа на полосы, их уровень остаётся достаточно высоким и достигает значений 50...60 МПа. Значение растягивающих остаточных напряжений, способствующих усталостному разрушению, от образца к образцу изменялись в пределах 10...48 МПа.

Усталостные испытания на растяжение-сжатие образцов из сплава АМг-6 со сварным швом проводили при регулярном нагружении при комнатной температуре (293К). Ширина рабочей части образцов, испытанных при регулярном нагружении, составляла 50 мм.

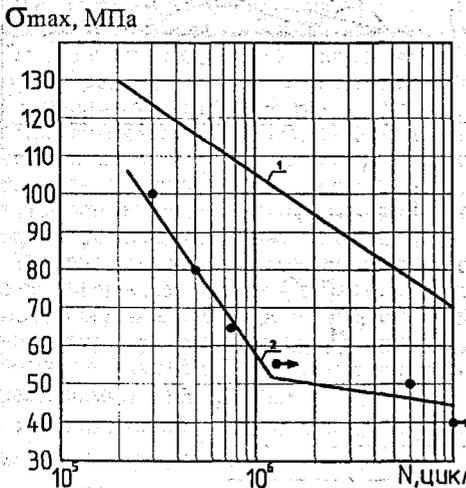


Рисунок 2 – Кривые усталости гладких (1) и образцов со сварным швом (2) из сплава АМг-6 при симметричном растяжении-сжатии

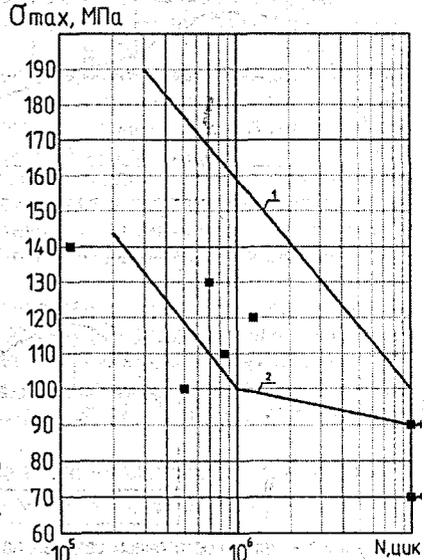


Рисунок 3 – Кривые усталости гладких (1) и образцов со сварным швом (2) из сплава АМг-6 при отнулевом растяжении-сжатии

Результаты испытаний на усталость при регулярном нагружении образцов со сварным швом представлены на рисунках 2 и 3. Они показывают, что наличие сварного шва и сплаве АМг-6 существенно снижает его характеристики сопротивления усталости как при симметричном, так и отнулевом циклах. Наибольшее снижение максимальных на-

пряжений σ_{\max} цикла наблюдается для долговечности 10^5 циклов и составляет 1,75 раза при $R=-1$ и 1,4 раза при $R=0$. Во всех случаях усталостная трещина зарождалась и распространялась по границе сплавления металла шва и основного металла. Пределы выносливости в максимальных напряжениях цикла образцов со сварным швом составляют 45 МПа при $R=-1$ и 90 МПа при $R=0$.

Те же результаты, представленные в координатах: амплитудное значение напряжений цикла σ_a – логарифм числа циклов до разрушения образцов N_p (рисунок 4) показали, что среднее напряжение цикла практически не влияет на характеристики сопротивления усталости образцов со сварным швом при $N > 10^6$ циклов. В обоих случаях предел выносливости составил 45 МПа. Наличие сварного шва в большей степени снижает характеристики сопротивления усталости материала при симметричном цикле нагружения и в меньшей – при отнулевом.

Отсутствие влияния среднего напряжения цикла σ_m на сопротивление усталости сплава АМг-6 можно объяснить наличием в сварном шве остаточных напряжений, которые в начальной стадии нагружения частично релаксируют и принимают установившееся значение, определяемое выражением [2]:

$$\sigma_{ocm} = \sigma_T - \alpha_\sigma \sigma_{\max} \quad (6)$$

где σ_T – предел текучести материала;

α_σ – теоретический коэффициент концентрации напряжений.

Расчеты показывают, что почти для всех испытанных образцов первоначальный уровень остаточных напряжений превышает значения напряжений, полученные с помощью выражения (6), обеспечивающие независимость предельной амплитуды цикла от среднего напряжения внешнего нагружения.

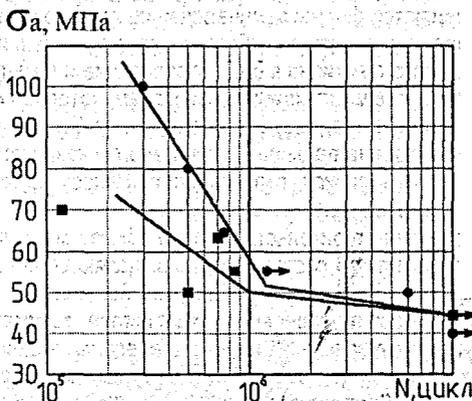


Рисунок 4 – Кривые усталости в координатах $\sigma_a - \lg N$ образцов из сплава АМг-6 со сварным швом при $R=-1$ (1) и $R=0$ (2)

Для исследования влияния концентрации напряжений, вызванной наличием сварного стыкового шва, была проведена оценка значений теоретического коэффициента концентрации напряжений α_σ . Максимальные его значения на границе сплавления основного

металла и металла шва составили $\alpha_{\sigma} = 1,3 \dots 1,4$. Испытания проводили на образцах с боковыми выточками, имеющими $\alpha_{\sigma} = 1,4$. Полученные экспериментальные точки ложатся в пределах разброса данных кривых усталости гладких образцов при одинаковых значениях коэффициента асимметрии цикла. Это свидетельствует о том, что при $\alpha_{\sigma} = 1,4$ сплава АМг-6 не чувствителен к концентрации напряжений и последней нельзя объяснить снижение характеристик сопротивления усталости сплава при наличии сварного шва.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что наличие сварного шва приводит к снижению характеристик трещиностойкости материала. Это снижение нельзя объяснить влиянием концентрации напряжений того уровня, который наблюдается у исследованного сварного соединения. Влияние остаточных напряжений у сварного шва связано с изменением асимметрии цикла напряжений в околошовной зоне.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петин, С.В. Основы инженерных расчетов усталости судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1990. – 224 с.
2. Троценко, В.Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов / В.Т. Троценко, Л.А. Сосновский – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с.

УДК 728.83(476.7)

Буйко Е.М., Божик С.С.

Научный руководитель: зав. кафедрой АПиР Власюк Н.Н.

УСАДЕБНОЕ ЗОДЧЕСТВО БЕРЕТЕЙЩИНЫ

Исторические корни усадеб уходят в глубокую древность. Первоосновой их возникновения и развития являются формы землевладения. Активное освоение земель, их перераспределение и переход в частную собственность начались в первой четверти XIV в. с присоединения Полесского региона к ВКЛ. Становление и развитие имений региона было связано с особым новым шляхетским сословием, которое составляли должностные лица при дворе князя, и лица, несущие военную службу. С имениями господарскими, магнатов, шляхты и духовенства была связана многовековая история усадебного зодчества Брестчины и всей Беларуси, включая эпохи Ренессанс, барокко, а также классицизм, романтизм и время эклектики.

При выборе места для строительства усадеб важное значение придавалось природно-ландшафтным условиям. В составе усадеб выделяются следующие основные функциональные зоны: жилая, парковая, въездная, хозяйственная.

Жилая зона, включающая усадебный дом, флигеля, занимала обычно центральное положение в планировке усадьбы. К ней вела въездная аллея. В составе жилой зоны ряда усадеб располагались церкви (костел) или каплица, например, в усадьбах Дубой (Пинский р-н), Закозель (Дрогичинский р-н), Волчин (Каменецкий р-н) и др.

Парковая зона располагалась обычно рядом с жилой и была с ней планировочно и композиционно взаимосвязана. Усадебные парки отличались большим разнообразием приемов планировки и формирования парковых композиций, малых архитектурных форм. Площадь, занимаемая усадебными парками, колеблется от 1 га в усадьбе Лишки в Берестовицком р-не до 65 га в усадьбе Бельмонты в Браславском р-не.