

# ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ СВАРНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

*Твардовский И.А., Гилодо А.Ю., Купченко Ю.В.  
(Одесская Государственная Академия Строительства и  
Архитектуры)*

В реальных условиях эксплуатации несущие элементы сварных стальных конструкций подвергаются влиянию как внешних нагрузок, так и разнообразных агрессивных сред. При этом присутствие напряжений в конструкции увеличивает скорость протекания коррозионных процессов.

Под влиянием нагрузок, температур, агрессивных сред значительно понижается надежность и долговечность несущих конструкций в результате химического или физико-химического взаимодействия агрессивных сред с металлом. Для стальных конструкций должны быть обеспечены длительная эксплуатация и продолжительный межремонтный период с учетом действия нагрузок, а так же влияния коррозионной среды. Такие условия эксплуатации требуют правильного выбора параметров конструкции.

В связи с повышением надежности и долговечности, понижением материалоемкости конструкций большое внимание необходимо уделять условиям их эксплуатации еще на стадии проектирования. В этой связи разработка новых алгоритмов расчета напряжено-деформированного состояния и долговечности конструкций, которые поддаются общему воздействию нескольких факторов, является актуальной задачей. Наибольший интерес представляет общий случай равномерной электрохимической коррозии, когда скорость коррозии есть функция напряжений  $V=f(\sigma;t)$ , которые, в свою очередь, изменяются со временем. За параметр, который характеризует коррозионный процесс, принимается глубина коррозии.

Математическую модель коррозионного влияния в обобщенной форме можно представить в следующем виде:

$$\frac{dh}{dt} = -v_0 \psi(\sigma),$$

где  $h$  – геометрический параметр сечения, который изменяется со временем;  $t$  – время;  $V_0$  – скорость коррозии при отсутствии напряжений;  $\sigma$  – напряжение,  $\psi(\sigma)$  – функция напряжения.

Полную картину работы сварных соединений с учетом фактора уменьшения рабочего сечения сварных швов в результате коррозионных процессов можно получить на базе экспериментальных исследований. Для изучения изменения во времени прочностных свойств сварных швов, подвергшихся коррозии, предусмотрено:

- определение прочностных свойств сварных швов, находящихся наряду с обычными условиями под воздействием различных агрессивных сред с определенным временным интервалом;
- установление соотношения резервов прочности несущих элементов и сварных швов под воздействием различных агрессивных сред.

В качестве воздействующих сред использовались:

- обычная вода, периодически смачивающая поверхность сварного соединения, включая соединяемые элементы;
- морская вода, периодически смачивающая поверхность сварного соединения, включая соединяемые элементы;
- кислотная среда (раствор соляной кислоты), также периодически смачивающая поверхность сварного соединения, включая соединяемые элементы;
- щелочная среда (каустическая сода), также периодически смачивающая поверхность сварного соединения, включая соединяемые элементы.

Для испытаний использовались сварные соединения арматурных стержней  $\varnothing 12$  мм и длиной по 250 мм на стальной пластине толщиной  $\delta=4$  мм и размером  $50 \times 100$  мм. Длина сварных швов была предварительно рассчитана на разрыв соединения по сварному шву.

Временные интервалы составляли:  $\Delta t=10$  суток;  $\Delta t=30$  суток;  $\Delta t=100$  суток; (эксперимент продолжается для временного интервала  $\Delta t=1000$  суток).

Полученные данные при разрыве опытных образцов, подверженных обработке агрессивными средами на протяжении  $\Delta t=10$  суток, существенных изменений не показали. При исследовании образцов, подверженных обработке на протяжении  $\Delta t=30$  суток, получено уменьшение прочностных свойств сварных швов, подверженных принудительной коррозии, по отношению к обычным

на 5...8%, а для временного интервала  $\Delta t=100$  суток уменьшение прочностных свойств составило уже 10...15%.

Определение резервов прочности соединяемых элементов и сварных швов определялось исходя из процента уменьшения площади рабочего сечения соответствующих элементов и сварных швов.

Методика определения процента уменьшения площади рабочего сечения для испытуемых образцов была основана на изучении состояния сечений, получаемых в результате механического среза.

Анализ результатов приведен в таблице 1.

На основании приведенных результатов составлены графики изменения толщины коррозионного слоя в зависимости от опытного режима принудительного воздействия агрессивных сред; зависимости уменьшения площади рабочего сечения от толщины (глубины) коррозионного слоя - резерва прочности материала и резерва прочности сварных соединений.

Опытные данные по сварным швам.

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра воздействия	$\Delta t=10$ сут			$\Delta t=30$ сут			$\Delta t=100$ сут		
		$\frac{P_i}{P_0}$	$\delta$ , мм	$\frac{S_i}{S_0}$	$\frac{P_i}{P_0}$	$\delta$ , мм	$\frac{S_i}{S_0}$	$\frac{P_i}{P_0}$	$\delta$ , мм	$\frac{S_i}{S_0}$
1	Без воздействия агрессивной среды	1	-	1	1	-	1	1	-	1
2	Обычная вода	1	-	1	0,97	0,34	0,87	0,92	0,6	0,77
3	Морская вода	1	-	1	0,95	0,42	0,84	0,89	0,8	0,71
4	Соляная кислота	0,99	0,1	0,96	0,92	0,5	0,81	0,81	1,2	0,58

Примечание:

$P_i/P_0$  – отношение усилия разрыва в сварном шве, подвергнутом действию агрессивной среды, к усилию разрыва сварного шва в обычных условиях

$\delta$  – глубина коррозионного слоя

$S_i/S_o$  – соотношение рабочей площади сварного шва, подвергшегося действию агрессивной среды, к рабочей площади сварного шва в обычных условиях

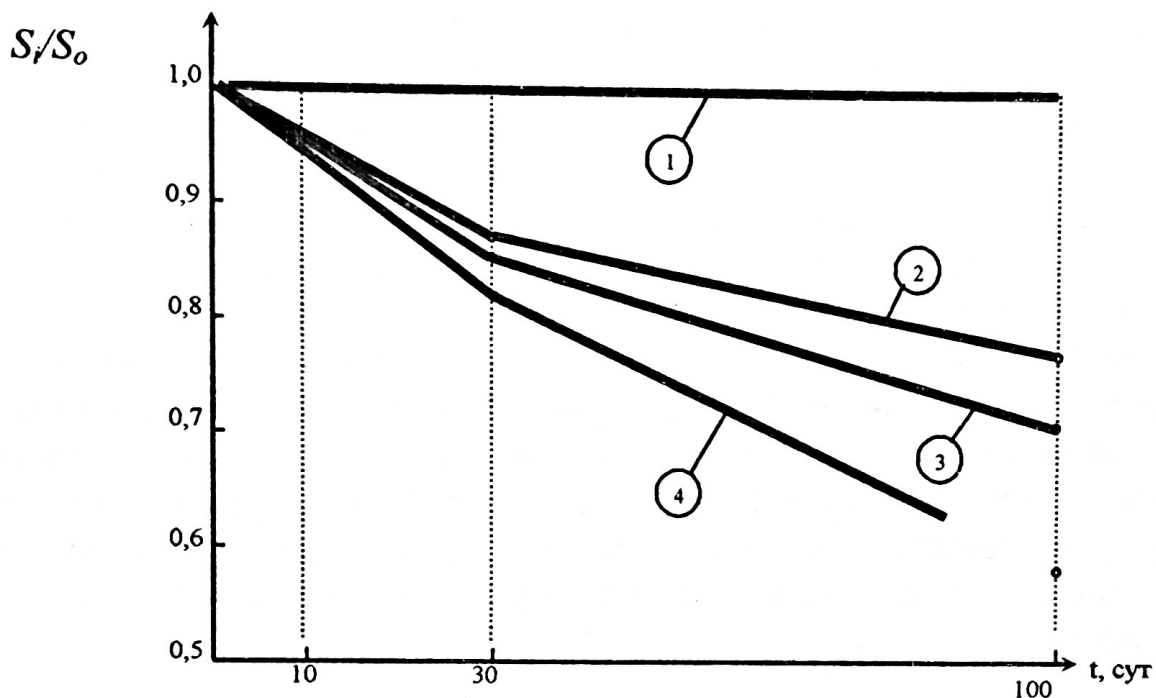


График зависимости  $S_i/S_o$  от времени  $t$

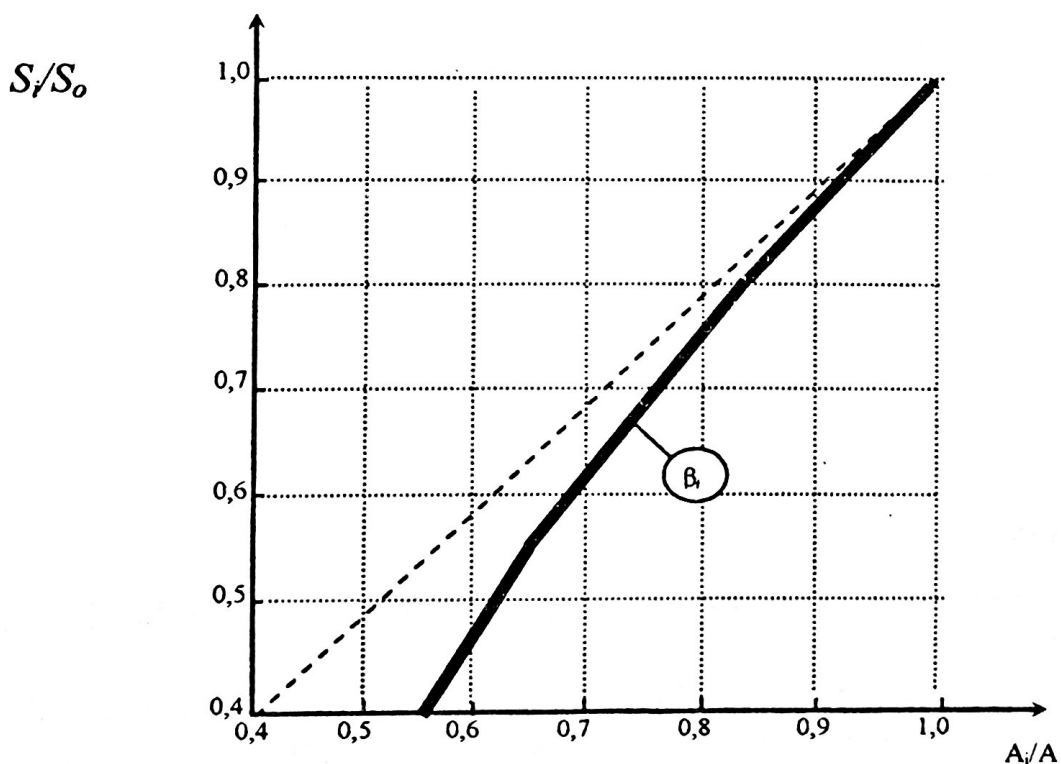


График изменения параметра соотношения уменьшения прочностных свойств сварного шва по отношению к уменьшению прочностных свойств свариваемых элементов

Согласно данным последнего графика видно, что, например, при соотношении рабочей площади арматурного стержня, подвергшегося действию агрессивной среды, к рабочей площади арматурного стержня в обычных условиях  $A_i/A_o = 0.56$  показатели коррозионного износа сварных швов  $S_i/S_o = 0.4$  (соотношение рабочей площади сварного шва, подвергшегося действию агрессивной среды, к рабочей площади сварного шва в обычных условиях). Т.е. уменьшение площади поперечного сечения сварных швов происходит более интенсивно, чем уменьшение площади основных несущих элементов.

**Вывод:** Скорость протекания коррозионных процессов безусловно важный фактор, однако не является решающим при определении соотношения резервов прочности свариваемых элементов и самих сварных швов. Резерв прочности соединяемых элементов и сварных швов определяется исходя из процента уменьшения площади рабочего сечения соответствующих элементов и сварных швов, при этом уменьшение площади поперечного сечения сварного шва происходит значительно интенсивней, чем основного несущего элемента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г.А. Николаев, В.А. Винокуров Сварные конструкции. - М., Высш. шк., 1990. - 446 с.
2. Е.В. Горохов, Я. Брудка, М. Лубиньски и др.; Под ред. Е.В. Горохова. Долговечность стальных конструкций в условиях реконструкции – М.: Стройиздат, 1994. – 488 с.
3. В.П. Королев Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность. Научные труды ДГАСА. Вып. 1-95. - Макеевка, 1995, 110 с.