



К вопросу выбора технологии исследования напряжённого состояния в зоне сварного шва

Измерение напряжений является важной научно-практической проблемой, поскольку в большинстве конструкций имеются остаточные напряжения высокого уровня. Сварка является ключевой технологией при изготовлении конструкций и областью пиковых остаточных напряжений. Существующие методы оценки остаточных напряжений имеют свои положительные и отрицательные стороны, но не все из них пригодны для работы в зоне сварного шва. В работе перечислены особенности зоны сварного шва, ограничивающие возможность применения большинства методов. Среди механических методов оценки остаточных напряжений наиболее пригоден для работы в области сварного шва метод отверстия. Существует две версии использования метода отверстия: с использованием тензорезисторов и с оптическим измерением перемещения точек. Показано, что оптические методы более информативны и удобны при измерениях остаточных напряжений сварного шва. Созданный на базе оптических методов электронный спекл-интерферометр «ДОН-5Ц3» прошёл проверку работоспособности в лабораторных и полевых условиях.

A. A. Antonov¹, I. Ju. Utkin¹

On the issue of choosing a technology for studying the stress state in the weld zone

Stress measurement is an important scientific and practical problem, since most structures have high level residual stresses. Welding is a key technology in the manufacture of structures and an area of peak residual stresses. The existing methods for assessing residual stresses have their positive and negative sides, but not all of them are suitable for work in the weld zone. The paper lists the features of the weld zone that limit the applicability of most methods. Among the mechanical methods for assessing residual stresses, the hole method is most suitable for working in the area of the weld. There are two versions of using the hole method: using strain gages and with optical measurement of the movement of points. It is shown that optical methods are more informative and convenient for measuring the residual stresses of the weld. The DON-5Ts3 electronic speckle interferometer, created on the basis of optical methods, has been tested for operability in laboratory and field conditions.

Keywords: residual stresses, weld, hole-drilling strain-gage method, speckle interferometer

Сварка является в настоящее время ключевой технологией при изготовлении разнообразных конструкций. Преимущества сварки очевидны — оперативность, возможность получения сварного шва в различных пространственных положениях, возможность достижения равнопрочности с основным металлом, отработанность технологии и т.д. и т.п. В ряде случаев альтернативных сварке технологий просто не существует.

Однако, одним из существенных недостатков сварки плавлением (а это одна из наиболее часто применяемых технологий сварки), кроме возникновения различных дефектов в сварном шве, является ещё и наведение высокого уровня остаточных напряжений (ОН). Если говорить о дефектах, то в настоящее время существуют разнообразные методы неразрушающего контроля, ко-

торые позволяют с вероятностью 99,9% обнаружить практически любой дефект.

Роль ОН в дальнейшей судьбе сварной конструкции может оказаться существенной. ОН, складываясь с напряжениями от рабочих нагрузок (РН), могут привести к тому, что снизится допустимое значение РН. Поэтому при проведении предварительных расчётов дополнительно добавляется коэффициент запаса, что в итоге приводит к увеличению металлоёмкости и себестоимости конструкции. ОН являются непосредственной причиной возникновения холодных трещин, одной из главных причин возникновения коррозии под напряжением. Например, по данным ПАО «Газпром» за 1991–2005 годы [1] в 62% причиной аварий на линейной части магистральных газопроводов явилась коррозия под напряжением. При циклических нагрузках наличие

растягивающих напряжений приводит к кратному росту скорости развития трещинообразных дефектов (рис. 1) [2].

Если с отрицательным влиянием ОН на долговечность эксплуатации конструкций всё более-менее ясно, то с вопросом получения информации о напряжённо-деформированном состоянии (НДС) в конструкции всё не так просто. Методы экспериментальной оценки НДС (НДС) можно разделить на расчётные и экспериментальные.

На сегодняшний день объёмы применения расчётных методов постоянно увеличиваются. Возникают специальные программные комплексы, позволяющие получить информацию о трёх главных компонентах тензора напряжений в любой точке конструкции. Любое воздействие на конструкцию — механическое, термическое или иное — может быть описано математически, введено

Submitted 01.06.21
Accepted 21.06.21

Сотрудники Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, (Москва)

АНТОНОВ
Алексей Алексеевич

Заведующий кафедрой
робототехники и техни-
ческой механики, д.т.н.,
профессор



УТКИН
Иван Юрьевич

Доцент кафедры сварки
и мониторинга нефтегазо-
вых сооружений, к.т.н.



¹ National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow, Russia; Antonov.a@gubkin.ru