

Научные тезисы

УДК 620.178.322.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПОВЕДЕНИЯ
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ РАЗНОРОДНОГО СВАРНОГО
СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЕЙ 30ХГСА–40ХМФА,
ПОЛУЧЕННОГО РОТАЦИОННОЙ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ

**Елена Александровна Кузьмина¹, Елена Юрьевна Приймак²,
Сергей Викторович Гладковский³, Дмитрий Иванович
Вичужанин⁴**

^{1,2} Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

² Завод бурового оборудования, Оренбург, Россия

^{3,4} Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ *kuzmina0902@yandex.ru*

Аннотация. Представлены результаты испытаний на растяжение образцов разнородных сварных соединений сталей 30ХГСА–40ХМФА после реализации различных режимов сварки. С помощью оптического метода корреляции цифровых изображений получены карты деформации, иллюстрирующие эволюцию пластического течения на различных стадиях растяжения образцов.

Ключевые слова: ротационная сварка трением (РСТ), сварные соединения, испытание на растяжение, метод корреляции цифровых изображений (КЦИ)

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90032.

Scientific theses

STUDY OF DEFORMATION BEHAVIOR DURING TENSION
OF DIFFERENT WELDED JOINTS OF 30HGSA–40KHMFA
STEELS OBTAINED BY ROTARY FRICTION WELDING

**Elena A. Kuzmina¹, Elena Yu. Priymak², Sergey V. Gladkovsky³,
Dmitry I. Vichuzhanin⁴**

^{1,2} Orenburg State University, Orenburg, Russia

² Drilling Equipment Plant, Orenburg, Russia

^{3,4} Institute of Mechanical Engineering of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

¹ *kuzmina0902@yandex.ru*

Abstract. The results of tensile tests of samples of dissimilar welded joints of steels 30KhGSA-40KhMFA after implementation of various welding modes are presented. Using the optical method of correlating digital images, deformation maps were obtained that illustrate the evolution of plastic flow at various stages of specimen tension.

Keywords: rotary friction welding (RFW), welded joints, tensile test, digital image correlation method (DIC)

Funding: the research was carried out with the financial support of the RFBR in the framework of scientific project No. 20-38-90032.

В настоящее время наиболее прогрессивным методом бурения в геологоразведке является метод бурения со съёмным керна-приемником (ССК), известный за рубежом как «*WireLine*». При изготовлении облегченной трубы для бурения методом ССК из трубной заготовки $\varnothing 89 \times 4$ мм зона сварного соединения заслуживает более пристального внимания при подборе параметров ротационной сварки трением по причине отсутствия опыта производства облегченных конструкций бурильных труб. Возникает необходимость тщательного исследования зоны сварного стыка, оценки его механического поведения под воздействием нагрузок, имитирующих эксплуатационные, выявление параметров сварки и послесварочной термической обработки, оказывающих влияние на уровень механических и эксплуатационных свойств зоны сварного шва для достижения их соответствия основному металлу трубной заготовки [1].

На основании предварительно проведенных исследований установлены оптимальные диапазоны варьируемых параметров ротационной сварки трением, обеспечивающих максимальные значения величины временного сопротивления в сварном стыке сталей 30ХГСА (тело трубы) и 40ХМФА (замковая часть), а именно: сила разогрева (трения) — 40...120 кН, сила проковки — 100...160 кН, частота вращения при разогреве — 700...1000 об./мин. Дальнейшему подробному исследованию подвергались 4 режима сварки из указанных диапазонов параметров, а именно:

1) сила разогрева (трения) = 40 кН, сила проковки = 160 кН, частота вращения при разогреве 800 об./мин;

2) сила разогрева (трения) = 80 кН, сила проковки = 160 кН, частота вращения при разогреве 800 об./мин;

3) сила разогрева (трения) = 120 кН, сила проковки = 160 кН, частота вращения при разогреве 800 об./мин;

4) сила разогрева (трения) = 80 кН, сила проковки = 100 кН, частота вращения при разогреве 800 об./мин.

Произведены испытания на статическое растяжение образцов, сваренных по вышеуказанным режимам, с фиксированием нагрузки и места разрушения относительно линии контакта привариваемых материалов.

Анализ полученных результатов показал, что разрушение образцов во всех случаях зафиксировалось по материалу 30ХГСА. Значения прочностных свойств после реализации режимов № 2, 3 и 4 находятся на уровне не ниже основного металла. Наибольшее значение временного сопротивления наблюдается после реализации режима с усилием разогрева 120 кН и усилия проковки 160 кН.

С помощью метода корреляции цифровых изображений (КЦИ) получены поля деформации на различных стадиях процесса растяжения образцов. Выявлено, что во всех образцах на начальных этапах растяжения деформация локализуется в районе сварного шва, затем распространяется на сталь 30ХГСА. При этом сталь 40ХМФА деформируется незначительно. На конечных стадиях растяжения деформация локализуется либо с образованием шейки в основном металле на стали 30ХГСА (режим № 2, 3, 4), либо в зоне термомеханического влияния (ЗТМВ) сварного соединения (режим № 1). Следует отметить, что на всех образцах в конечный момент растяжения имеют место развитые сдвиговые деформации, распространяющиеся под углом 45°.

Таким образом, после реализации режимов ротационной сварки трением № 2, 3 и 4 в разнородном сварном соединении сталей 30ХГСА–40ХМФА ЗТМВ вовлекается в пластическую деформацию при растяжении как единый структурный элемент, вследствие чего разрушение происходит по основному материалу стали 30ХГСА за пределами ЗТМВ сварного соединения, что свидетельствует о достаточном запасе его прочности.

Список источников

1. Применение ротационной сварки трением для изготовления геологоразведочных бурильных труб: промышленный опыт и исследования / Е. Ю. Приймак [и др.] // Черные металлы. 2020. № 4. С. 37–42.

References

1. The use of rotational friction welding for manufacture of exploration drill pipes: Industrial experience and research / E. Yu. Priymak [et al.] // Chernye Metally. 2020. No. 4. P. 37–42.