УДК 621.643.053: 621.791

О.Ф.ХАФИЗОВА, *аспирантка, khafizova2005@yandex.ru*
В.И. БОЛОБОВ, *д-р техн. наук, профессор, boloboff@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

O.F.KHAFIZOVA, *post-graduate student, khafizova2005@yandex.ru*
V.I.BOLOBOV, *Dr. in eng. sc., professor, boloboff@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Приведено описание разработанной экспериментальной установки, позволяющей проводить сварку конструкций из трубопроводных сталей с их одновременной вибрацией с заданной частотой, близкой к собственной частоте колебаний установки и свариваемых конструкционных элементов реальных трубопроводов.

***Ключевые слова*:** вибрационная обработка, механические свойства, сварка трубопровода, разнородные сварные соединения, частота вибрации.

EXPERIMENTAL SETUP FOR RESEARCH INFLUENCE OF VIBROMECHANICAL TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED JOINTS

The description of developed experimental setup for welding product that made of pipeline steels with application of applying vibration with intended frequency approximating to natural-vibration frequency of welded construction unit of pipelines during the welding cycle is presented.

***Key words*:** vibromechanical treatment, weld seam, mechanical properties, pipeline welding, dissimilar welded joint, vibration frequency.

Одним из перспективных направлений повышения качества сварных соединений является вибрационная обработка свариваемых конструкций, осуществляемая в процессе сварки. Причем, как в настоящее время установлено, виброобработка наиболее эффективна при частотах, приближающихся к собственной частоте колебаний свариваемой конструкции, т.е. в резонансном режиме.

Задачей настоящей работы являлась разработка экспериментальной установки, позволяющей проводить сварку с вибрацией листовых конструкций из трубопроводных сталей при частотах ν, приближающихся к частоте собственных колебаний ν_y^* установки, которая $\left(\nu_y^*\right)$, в свою очередь, должна быть близка к собственной частоте колебаний $\nu_{\text{фр}}^*$ свариваемых фрагментов реальных нефтегазопроводов.

Принципиальная схема разработанной установки представлена на рис.1.

Свариваемые листовые заготовки из анализируемых трубопроводных материалов жестко крепятся к крышке стола, вместе с которой подвергаются вынужденным колебаниям (вибрации) во время сварки относительно неподвижного массивного основания. Источником колебаний является закрепленный к крышке стола асинхронный электрический двигатель переменного тока, на валу которого находится дебаланс, перемещением центра массы которого можно изменять амплитуду a задаваемых колебаний ($a_{\max} = 60…62$ мкм). Частота вынужденных колебаний ν системы

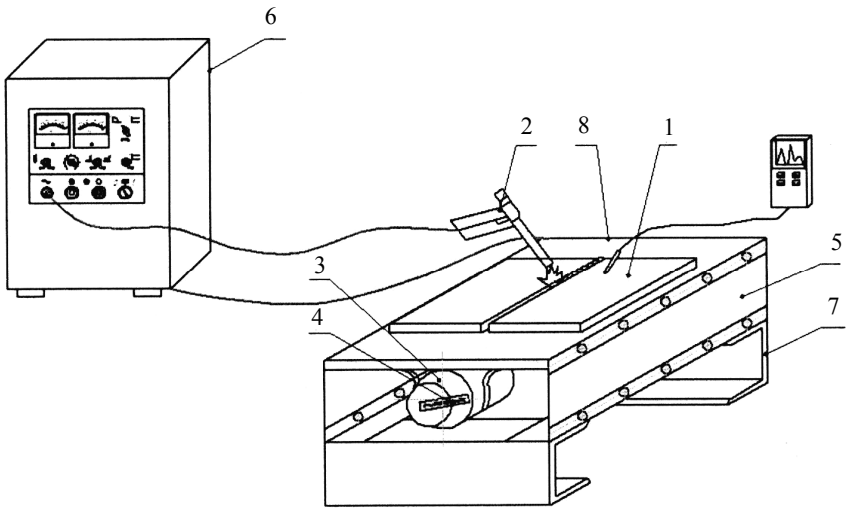


Рис.1. Схема экспериментальной установки по изучению влияния вибрационной обработки на качество сварных соединений из трубопроводных сталей

1 – свариваемые листовые заготовки; 2 – электрододержатель; 3 – электродвигатель; 4 – дебаланс; 5 – сменные стальные пластины толщиной 0,5 мм; 6 – выпрямитель сварочный; 7 – основание; 8 – крышка сварочного стола

(заготовок, крышки стола и электродвигателя) определяется частотой ω вращения вала с дебалансом использованного двигателя (ν = ω). Собственная частота колебаний v_y^* установки варьируется изменением ее жесткости, что достигается варьированием количества N пластин жесткости, соединяющих крышку стола с основанием.

Жесткость системы f – коэффициент пропорциональности между величиной внешней силы, приложенной к крышке стола, и величиной ее перемещения относительно неподвижного основания – для различного количества пластин N определяли экспериментально. Для этого при заданном числе пластин N к крышке стола прикладывали последовательно возрастающие усилия P и замеряли соответствующие ее перемещения Δl. Из вида зависимости $\Delta l = f(P)$ определяли тангенс угла наклона прямой $\mathrm{tg}\alpha = \Delta P/\Delta l$, величину которого и принимали за жесткость системы f. Зная величину f и суммарную массу m_Σ крышки стола, пластин и двигателя (m_Σ = 3,5 кг), рассчитывали собственную частоту колебаний установки

$$v_y^* = (f/m_\Sigma)^{0,5}/2\pi. \qquad (1)$$

Перед отладкой установки по придании ей заданных рабочих параметров необходимо было оценить уровень частот собственных колебаний $v_{\text{фр}}^*$ свариваемых фрагментов реальных нефтегазопроводов. Расчет производился для фрагментов трубопроводов различного типоразмера, подвешенных на крючьях на время сварочных работ, которые проводятся в средней части фрагмента с вибрацией. Фрагмент моделировали балкой, жестко защемленной с обоих концов, подвергаемой в средней части внешнему воздействию. Для этого случая частота собственных колебаний системы определяется из выражения

$$v_{\text{фр}}^* = v_n^2 (EJ/\rho)^{0,5}/l^2\,2\pi, \qquad (2)$$

где v_n – спектр характеристических чисел, первое из которых v_1 = 4,73, E – модуль нормальной упругости, принимаемый для стали, как материала трубопровода, равным 210 ГПа, J – осевой момент инерции сечения трубы выбранного типоразмера $J = \pi(D^4 - d^4)/64$, D и d – наружный и внутренний диаметры, ρ – масса единицы длины трубопровода, l – расстояние между местами защемления балки (длина фрагмента).

Как показали проведенные расчеты, значения $v_{\text{фр}}^*$ фрагментов в зависимости от типоразмера трубопровода и длины l нахо-

дятся в интервале частот от несколько десятков до несколько сотен герц.

В качестве рабочих были выбраны параметры установки (число пластин $N = 2$, скорость вращения вала электродвигателя $\omega = 3000$ об/мин = 50 об/с), при которых частоты ее вынужденной вибрации ($v = 50$ Гц) и собственных колебаний ($v_y^* = 8{,}3$ Гц) близки к частоте собственных колебаний фрагмента ($l = 10$ м) трубопровода 820×7 мм – типоразмера, широко применяемого при прокладке магистральных нефтегазопроводов. В соответствии с расчетом (2) значение частоты $v_{\text{фр}}^*$ такого фрагмента составляет 53 Гц ($J = 1{,}47 \cdot 10^{-3}$ м^4, $\rho = 139$ кг/м).

Результаты динамометрических испытаний и расчетов по формуле (1) приведены в таблице и на рис.2.

Результаты динамометрических испытаний и частота собственных колебаний установки v_y^* при $N = 2$

Нагрузка, Н	Перемещение $\Delta l\, 10^3$, м	Tgα = f, кН/м	ν_y*, Гц
1,0	0,11	9,5	8,3
1,5	0,14		
2,0	0,19		
10,0	1,20		
11,0	1,40		

Сконструированная установка опробована при выбранных значениях параметров ($N = 2$, $a = 60$ мкм, $v = 50$ Гц, $v_y^* = 8{,}3$ Гц) при сварке с вибрацией пластин из разно-

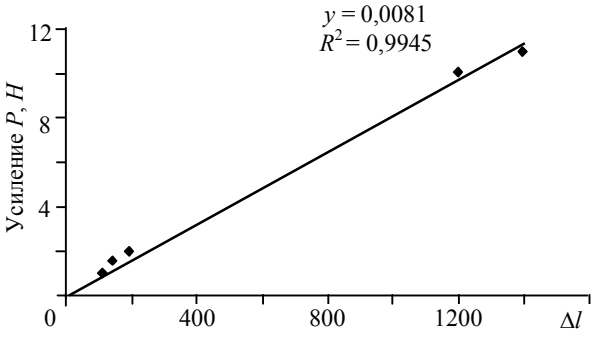


Рис.2. График зависимости перемещений системы Δl от приложенной нагрузки P для числа пластин жесткости $N = 2$

родных трубопроводных сталей и показала высокую работоспособность. Оформляется патентная заявка на ее конструкцию.

Выводы

1. Сконструирована и опробована экспериментальная установка, позволяющая осуществлять вибрацию листовых конструкций во время их сварки с частотой v, близкой к частоте собственных колебаний установки v_y^* и свариваемых фрагментов $v_{\text{фр}}^*$ реальных нефтегазопроводов.

2. Как показано проведенными расчетами, частота собственных колебаний $v_{\text{фр}}^*$ указанных фрагментов в зависимости от типоразмера трубопровода и длины l фрагмента изменяется в интервале от несколько десятков до несколько сотен герц.