

УДК 532.5:621.9.044

Золотонос Я.Д. – доктор технических наук, профессор

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Князева И.А. – аспирант

E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология изготовления и испытания пружинно-витых каналов

Аннотация

В данной статье рассматривается технология изготовления пружинновитых каналов теплообменных аппаратов с применением лазерной сварки. Рассмотрены результаты, полученные при проведении опытных работ по лазерной сварке пружинновитых каналов. Приведены методы контроля качества сварочных работ: контроля процесса сварки; контроля качества сварного соединения пружинновитого канала. Рассмотрены особенности проведения гидравлических испытаний, приведена функциональная схема пневмогидравлических испытаний.

Ключевые слова: пружинно-витой канал, технология изготовления, лазерная сварка, контроль качества, пневмогидравлические испытания.

Энергоэффективность и энергосбережение являются одними из главных направлений развития экономики РФ, так как энергоёмкость ВВП России примерно в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5-3,5 раза выше, чем во многих других странах [1]. Ограниченность и исчерпаемость сырьевых ресурсов давно уже определили остроту вопроса энергосбережения. Снижение энергоёмкости производства находится в сфере интересов самих производителей, так как это одно из направлений снижения себестоимости продукции, а значит увеличения прибыли.

Авторами данной работы разработан ряд конструкции теплообменных элементов, основой для которых служит пружинновитой канал.

Прямой пружинновитой канал представляет собой пружину круглого или эллиптического сечения, витки которой жестко соединены между собой посредством сварки. [2-5] Образец-свидетель пружинно-витого канала, закрепленный в трехкулачковом патроне представлен на рис. 1.



Рис. 1. Образец-свидетель пружинно-витого канала

При производстве теплообменных аппаратов технологический процесс сварки должен обеспечивать требуемые геометрические размеры сварных швов, высокое качество и необходимые механические свойства сварного соединения, а также минимальные усадочные напряжения и деформации свариваемых изделий

(теплообменные элементы, сварка труб в трубную доску, сварка кожуха теплообменника). Также применяемая технология сварки должна предоставлять возможность наложения швов преимущественно в нижнем положении, которое обеспечивает безопасные условия работы сварщика, и гарантировать получение соединения требуемого качества.

Основываясь на требованиях, предъявляемых к сварному соединению и технологии сварки при производстве теплообменных аппаратов, а также учитывая конструктивные особенности свариваемого узла, оптимальной технологией получения пружинно-витых каналов является технология лазерной сварки.

Технологические особенности лазерной сварки пружинно-витых каналов были описаны в работах [6-8]

На сегодняшний день проведены опытные работы по лазерной сварке пружинно-витых каналов непрерывным и импульсным лазерным излучением. Установка пружинно-витого канала в приспособлении показана на рис. 2.

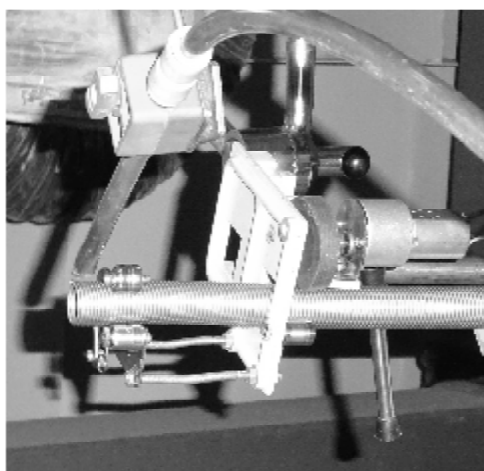


Рис. 2. Установка пружинно-витого канала в приспособлении

Корпус приспособления с роликами крепится к раме, где установлена лазерная головка, для синхронизации их движения.

Проведённые опытные работы по лазерной сварке пружинно-витых показали следующее:

1. Качество сварных соединений в высокой степени зависит от качества и точности изготовления пружины: колебания витков диаметра от прямолинейности по всей длине пружины, зазора между витками, качества зашлифовки крайних витков.

2. При сварке непрерывным лазерным излучением образцов-свидетелей на оправке обнаружилось, что из-за возникших продольных, поперечных усадок и напряжений диаметр сваренной пружины уменьшается. Поэтому для получения заданного размера пружинно-витого канала необходимо учитывать данный эффект и увеличивать размер диаметра заготовки пружины. При сварке импульсным лазерным излучением тепловые вложения и, соответственно, остаточные напряжения меньше.

3. При лазерной сварке нагартованной пружины происходит значительное изменение её геометрических размеров, вследствие снятия остаточных напряжений.

4. Производительность лазерной сварки непрерывным лазерным излучением в 1,5 раза выше лазерной сварки в импульсном режиме.

По окончании сварочных работ необходимо проведение контроля качества сварных соединений. Качественный сварной шов при любом виде сварки должен иметь ровную, слегка чешуйчатую поверхность без свищей, раковин, трещин, подрезов, прожогов, наплывов.

Контроль качества сварочных работ делится на два этапа: контроль процесса сварки; контроль качества сварного соединения.

При подготовке и в процессе лазерной сварки проверяют следующие параметры: исправность сварочного оборудования, приборов и аппаратов для контроля качества сварных соединений; качество сварочных материалов, их соответствие требованиям ТУ и ГОСТов на их поставку и наличие сертификатов. При изготовлении пружинновитого канала проверяется чистота защитного газа – Аргона; правильность сборки – зазор между витками пружины = 0,1 мм; чистоту свариваемых кромок от окалины, ржавчины, краски, масла и т.п. Заготовка пружинно-витого канала поставляется на сварку после промывки и обезжиривания. Контроль сварных соединений включает в себя контроль наружных и внутренних дефектов сварных швов. Контроль наружных дефектов в сварных швах и околошовной зоне осуществляют путем внешнего осмотра (визуального или с применением лупы с шестикратным увеличением) и измерения их геометрических размеров. Визуальному осмотру с проведением необходимых измерений подлежат 100 % сварных швов.

По внешнему виду сварные швы не должны иметь скоплений или цепочек пор и шлаковых включений, кратеров, наплывов, прожогов, сужений, перерывов и подрезов.

Для контроля внутренних дефектов сварных швов пружинно-витых каналов (пор, трещин, непроваров) проводятся пневмогидравлические испытания. Общие методы испытаний на герметичность определены ГОСТ24054-80 и ГОСТ 25136-82. Метод испытаний пружинно-витых каналов осуществляется компрессорным способом без применения индикаторных масс наносимых на контролируемые сварные соединения.

Для проверки качества сварных швов пружинно-витой канал с приваренными патрубками погружают в ванну с водой, и заполняют его очищенным и осушенным воздухом, под давлением. О не герметичности сварных швов судят по появлению пузырьков газа, исходящих из пружинно-витого канала. Наибольшее давление воздуха, подаваемое в пружинно-витой канал $P_{max}=10$ атм.

Пневмогидравлические испытания пружинно-витого канала производят при нормальном атмосферном давлении, температуре окружающей среды $+17\div+35^{\circ}\text{C}$.

Функциональная схема стенда для пневмогидравлических испытаний показана на рис. 3.

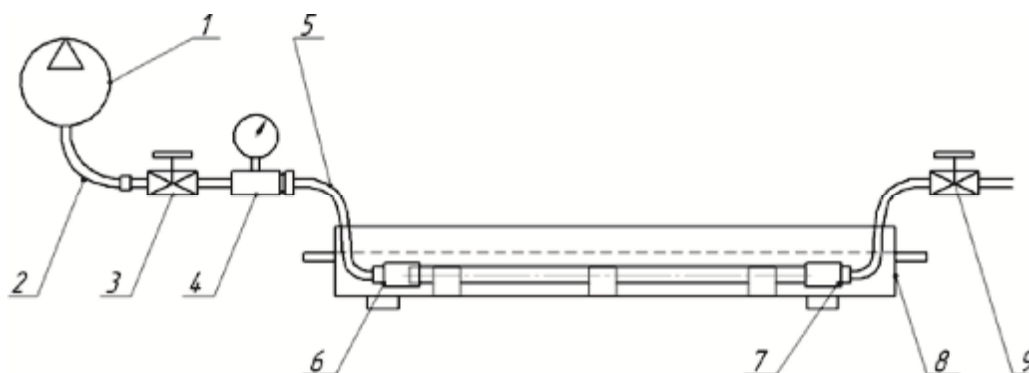


Рис. 3. Функциональная схема пневмогидравлических испытаний пружинно-витого канала:
1 – компрессор высокого давления, 2, 5 – шланг высокого давления, 3, 9 – вентиль, 4 – манометр,
6, 7 – муфта типа «ГЕВО», 8 – ванна, заполненная водой

Пробный газ (вещество) используемое для испытаний на герметичность не должно вредно воздействовать на пружинно-витой канал и людей. Подготовка пружинно-витого канала к испытаниям на герметичность должно предусматривать устранение последствий случайного появления течей в сварном соединении после хранения и транспортировки.

Для испытания на герметичность следует использовать аппаратуру, оборудованную специальными присоединительными и установочными деталями в соответствии с техническими условиями на пружинно-витой канал.

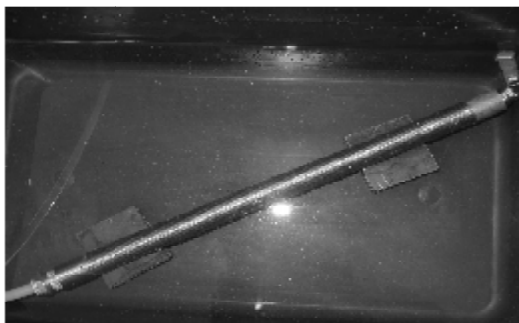


Рис. 4. Гидравлические испытания пружинно-витого канала

Отсутствие пузырьков воздуха, говорит о том, что сварное соединение пружинно-витого канала имеет высокое качество

Прочность сварных швов определяют механическими испытаниями на растяжение и изгиб (ГОСТ 6996-66).

На базе пружинно-витого канала возможна организация производства прямых теплообменных элементов, змеевиковых теплообменных элементов с широким диапазоном конструктивных особенностей.

Список библиографических ссылок

1. Задачи энергосбережения и повышения энергоэффективности. URL: <http://minenergo.gov.ru/activity/energoeffektivnost/problem/>.
2. Чирков А.М., Князева И.А., Багоутдинова А.Г., Золотонос Я.Д. Применение лазерной сварки для производства кожухотрубчатых теплообменных аппаратов нового поколения на базе пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (21). – С. 120-126.
3. Багоутдинова А.Г., Золотонос Я.Д. Геометрическое моделирование сложных поверхностей пружинно-витых каналов теплообменных устройств // Известия КГАСУ, 2011, № 4 (18). – С. 185-192.
4. Багоутдинова А.Г., Золотонос Я.Д., Мустакимова С.А. Энергоэффективные теплообменные аппараты на базе теплообменных элементов в виде пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2012, № 3 (21). – С. 86-95.
5. Золотонос А.Я., Золотонос Я.Д., Князева И.А., Багоутдинова А.Г. Змеевиковый теплообменник: пат. 133596 на пол. мод. Рос. Федерация. № 2013113048/06; заявл. 22.03.2013; опубл. 20.10.2013.
6. Чирков А.М., Князева И.А., Золотонос Я.Д. Технологические особенности лазерной сварки пружинно-витых каналов теплообменных аппаратов // Известия КГАСУ, 2012, № 4 (22). – С. 240-244.
7. Князева И.А., Золотонос Я.Д., Багоутдинова А.Г. Выбор математической модели для описания теплового процесса лазерной сварки пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2013, № 3 (25). – С. 67-72.
8. Чирков А.М., Князева И.А., Золотонос Я.Д., Багоутдинова А.Г. Применение лазерной сварки для производства кожухотрубчатых теплообменных аппаратов нового поколения на базе пружинно-витых каналов // Известия КГАСУ, 2013, № 1 (23). – С. 154-158.

Zolotonosov Ya.D. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: zolotonosov@mail.ru

Knyazeva I.A. – post-graduate student

E-mail: iraida_knyazeva@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The technology of manufacture and testing of a spring-twisted channels

Resume

The article discusses the features of the production of a new generation of heat exchangers based on spring-twisted channels using laser welding technology. Laser welding is used to secure the hard turns tightly wound spring together.

There were marked features of laser welding spring-twisted channels.

These include:

- The quality of welded joints is highly dependent on the quality and accuracy of manufacture of the spring: the diameter fluctuation of turns from straightness over the entire length of the spring, the gap between the turns, the end turns quality scuffing.

- When welding a continuous laser witness samples on the mandrel was found that because of some of the longitudinal, transverse shrinkage stress and reduced diameter welded spring. Therefore, for a given size coiled spring-channel must consider this effect and to increase the diameter of the spring preform. When welding pulsed laser radiation and thermal attachment, respectively, residual stress is less.

- Laser welding cold-worked spring is a significant change in its geometric dimensions due to stress relief.

- Performance continuous laser welding laser is 1,5 times higher laser welding in pulsed mode.

The paper also addressed the issue of quality control of welding, which is divided into two stages: the control of the welding process; quality control of welded joints.

To control internal defects welds spring-twisted channels (pores, cracks, lack of fusion) held pneumohydraulic test. To check the quality of welds spring-twisted the channel with welded pipes immersed in a water bath and fill it with purified and dried air, under pressure. Oh no integrity welds are judged by the appearance of gas bubbles coming from the spring-coiled channel. The greatest pressure of air supplied to the spring-twisted channel $P_{\max} = 10$ atm.

Keywords: spring-twisted-channel, manufacturing technology, laser welding, quality control, testing pneumohydraulic.

Reference list

1. The objectives of energy conservation and energy efficiency. URL: <http://minenergo.gov.ru/activity/energoeffektivnost/problem/>.
2. Chirkov A.M., Knyazeva I.A., Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D. The use of laser welding for the production of shell and tube heat exchangers on the basis of a new generation spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2011, № 3 (21). – P. 120-126.
3. Bagoutdinova A.G., Zolotonosov Ya.D. Geometrical modelling of difficult surfaces of spring-twisted channels of heat exchange devices // News of the KSUAE, 2011, № 4 (18). – P. 185-192.
4. Bagoutdinova A.G, Zolotonosov Ya.D., Mustakimova S.A. Energy-efficient heat-exchange devices based on heat-exchange elements in the form of a spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2012, № 3 (21). – P. 86-95 .
5. Zolotonosov A.Ya., Zolotonosov Ya.D., Knyazeva I.A., Bagoutdinova A.G. Coiled heat exchanger: patent 133596 Russian Federation. № 2013113048/06; It is declared 22.03.2013; it is published 20.10.2013.
6. Chirkov A.M., Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D. Technological features laser welding spring-twisted-channel heat exchangers // News of the KSUAE, 2012, № 4 (22). – P. 240-244.
7. Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D., Bagoutdinova A.G. Selecting a mathematical model to describe the heat of the laser welding spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2013, № 3 (25). – P. 67-72.
8. Chirkov A.M., Knyazeva I.A., Zolotonosov Ya.D, Bagoutdinova A.G Laser welding for the production of shell and tube heat exchangers on the basis of a new generation spring-twisted channels // News of the KSUAE, 2013, № 1 (23). – P. 154-158.