

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ И ОРЕБРЕНИЯ

Синюков М.С.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, оребренные трубы, оксидная пленка, пайка алюминия, сварное соединение, окончательная обработка.

Аннотация. Рассматривается вопрос технологического обеспечения качества сварного соединения оребренных труб. Приведены методы выполнения соединения оребрения с гладкой трубой. Особое внимание уделяется образованию оксидной пленки в процессе пайки изделий из алюминия. Предлагается применение магнитно-абразивной обработки в качестве финишного метода обработки поверхностей перед пайкой.

TECHNOLOGICAL QUALITY ASSURANCE OF WELDED PIPE JOINTS AND FINS

Sinyukov M.S.

*Saint-Petersburg Petersburg Mining University of Empress Catherine II,
Saint-Petersburg*

Keywords: magnetic abrasive treatment, finned pipes, oxide film, aluminum soldering, welded joint, final processing.

Abstract. The issue of technological quality assurance of the welded joint of finned pipes is being considered. The methods of performing the connection of a fin with a smooth pipe are given. Special attention is paid to the formation of an oxide film in the soldering process of aluminum products. The use of magnetic abrasive treatment as a finishing method of surface treatment before soldering is proposed.

Оребренные плоскоовальные трубы используются в качестве воздушных конденсаторов, газоохладителей или газонагревателей. Также они могут охлаждать масло и др. вещества. Но в настоящее время производители плоскоовальных труб не обладают современными технологиями, которые будут достаточно энерго- и ресурсоэффективны. Для снижения себестоимости оребренных плоскоовальных труб необходимо внедрять в производство современные методы обработки поверхностей плоскоовальных труб [1, 2].

Плоскоовальная оребренная труба представляет собой сборку из двух деталей – гладкой плоскоовальной трубы и трубы-оребрения. Гладкая плоскоовальная труба предназначена для транспортировки рабочей среды и выполняется из различных материалов – сталей, чугунов, цветных металлов. Труба-оребрения проходит по внешней поверхности плоскоовальной гладкой трубы. Ребра предназначены для теплопередачи тепловой энергии в окружающее пространство. Оребрение выполняют, в основном, из металлов с высоким коэффициентом теплопроводности – алюминия, меди, латуни и др.

Оребрение может иметь различную форму в своем сечении. Конкретная форма и её применение в том или ином случае зависит от условий эксплуатации

теплообменного аппарата и выбирается заказчиком [3, 4]. От формы оребрения в сечении зависит площадь поверхности, которая находится в непосредственном контакте с окружающей средой, то есть от формы оребрения зависит эффективность теплообмена.

Оребренные плоскоовальные трубы получают несколькими способами.

Во-первых, плоскоовальная оребренная труба может выполняться из цельной заготовки. Очевидно, что выполненная цельной плоскоовальная оребренная труба будет иметь гораздо лучшие показатели прочности, надежности, эффективности и долговечности [5]. Место стыка оребренной части и гладкой трубы также будет обладать лучшими характеристиками по сравнению с составными плоскоовальными оребренными трубами. Но производство цельных плоскоовальных оребренных труб является дорогостоящим, поэтому используется лишь в отдельных редких случаях [6].

Во-вторых, плоскоовальная оребренная труба может выполняться составной – из оребрения и гладкой трубы, которые соединяются различными способами. Такие трубы называют биметаллическими, так как выполняются из двух металлов. Использование двух материалов при создании одной трубы позволяет использовать свойства каждого используемого материала. Такие трубы сочетают в себе механическую прочность гладкой трубы и свойства теплопроводности, антикоррозионные свойства оребрения. Гладкая труба может выполняться из сталей углеродистых, нержавеющей, латуни. Оребрение выполняют из меди или алюминия.

Соединение оребрения с гладкой трубой может выполняться несколькими методами.

Во-первых, разработаны методы навивки алюминиевой ленты, которая служит оребрением, на стальную трубу. При этом изначально стальная труба может иметь по своей наружной поверхности борозды и углубления, в которые затем навивается алюминиевая лента. Таким образом, соединение обеспечивает необходимую плотную фиксацию и эксплуатационную надежность. Также такое соединение характеризуется улучшенной теплопроводностью и коррозионной стойкостью. Навивание алюминиевой ленты может производиться и на круглый профиль стальной гладкой трубы.

Во-вторых, оребрение трубы может осуществляться с помощью шайбы, которая находится между оребрением и трубой. Такой метод является наиболее экономичным и малопродуктивным, поэтому его применение будем считать целесообразным лишь в некоторых случаях.

В-третьих, оребрение может осуществляться с помощью волков методом поперечно-винтовой прокатки. Такой метод является достаточно старым, но отличается высокой производительностью, экономичностью. В данном случае оребренная труба будет представлять собой цельную конструкцию. К недостаткам метода относят: высокую стоимость технологии, так как под различные конструкции оребрения и габариты труб необходимо изготавливать валки, прокатный стан, оправки, ролики. Также стенки труб получаются разными, а значит, вероятность возникновения дефектов в процессе эксплуатации повышается.

В-четвертых, оребрение соединяется с трубой посредством сварки. Общая схема процесса сварки оребрения и трубы представлена на рисунке 1.

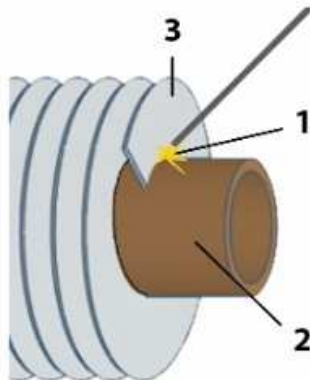


Рис. 1. Общая схема сварки оребрения и трубы: 1 – место вара; 2 – гладкая труба; 3 – оребрение [составлено автором]

Обеспечение качества неразъемного соединения плоскостей двух изделий является сложной технологической задачей. Сварка алюминия требует наличия специального оборудования, зачастую имеющего высокую стоимость и требующую наличия большого опыта у сварщика. Альтернативным методом является использование технологии пайки, метод является менее энерго- и ресурсозатратным, более экономически выгодным. Для равномерного контакта плоскостей после пайки необходимо обеспечить плоскостность поверхностей перед тем, как нанести припой, для чего необходимо подвергнуть их фрезерованию. Поверхность можно считать абсолютно ровной тогда, когда все точки измерений располагаются в одной плоскости.

Пайка изделий из алюминия и его сплавов также осложняется наличием оксидной пленки на поверхности изделий, которая имеет температуру плавления в несколько раз выше самого металла и остается в качестве неметаллических включений в корне шва. Когда только что обработанная на фрезерном станке алюминиевая поверхность взаимодействует с атмосферой, она сразу покрывается оксидной пленкой, которая имеет свойство восстанавливаться. Для создания надежного сварного соединения необходимо тщательно подходить к выбору операции предварительной подготовки изделий перед сваркой.

Обеспечение плоскостности и качества алюминиевых поверхностей перед пайкой для создания качественного неразъемного соединения. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: разработать технологию фрезерования для обеспечения плоскостности изделий и разработать способ предварительной обработки поверхностей перед пайкой, позволяющий обеспечить уменьшение толщины оксидной пленки.

Во время фрезерования заготовки из алюминия подвергаются влиянию высокой температуры, вследствие чего образовывается оксидная пленка, а также трещины, выступы, дефекты обработки, впадины и т.д. Для уменьшения толщины оксидной пленки используются холодные методы обработки, таким методом является магнитно-абразивная обработка. Магнитно-абразивная обработка является передовым методом, который, применяя щадящие усилия с использованием гибких магнитных абразивов для удаления неровностей

поверхности, обеспечивает микро-, нано- диапазон бездефектной обработки поверхности [7,8].

Научный руководитель: д.т.н., профессор Максаров Вячеслав Викторович.

Список литературы

1. Chawla Gagandeep, Kumar Vinod, Kumar, Anish. Investigation and Optimization of Parameters in Micro-Finishing of Hybrid Al/SiC/B₄C MMCs by Novel MAFM Process through RSM // Silicon. 2022, vol. 14. DOI: 10.1007/s12633-020-00838-y.
2. Chawla Gagandeep, Kumar Vinod, Sharma Rishi. Neural Simulation of Surface Generated During Magnetic Abrasive Flow Machining of Hybrid Al/SiC/B₄C-MMCs // Journal of Bio- and Tribo-Corrosion. 2021, vol. 7, p. 153. doi.org/10.1007/s40735-021-00587-4.
3. Cheng Ken-Chuan, Chen Kuan-Yu, Tsui Hai-Ping, Wang A-Cheng. Characteristics of the Polishing Effects for the Stainless Tubes in Magnetic Finishing with Gel Abrasive // Processes. 2021, vol. 9, p. 1561. doi.org/10.3390/pr9091561.
4. Cui T., Zhang G., Cui Y., Jiang L., et al. Effect of atomizing rapid solidification spherical abrasive finishing on the surface quality of copper-nickel alloy // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2021, vol. 235, iss. 12, pp. 2004-2014. DOI: 10.1177/09544054211007993.
5. Jiang L., Chang T., Zhu P., Zhang G., Du J., Liu N., Chen H. Influence of process conditions on preparation of CBN/Fe-based spherical magnetic abrasive via gas atomization // Ceramics International. 2021, vol. 47(22), pp. 31367-31374. doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.08.010.
6. Jiang L., Zhang G., Du J., Zhu P., Cui T., Cui Y. Processing performance of Al₂O₃/Fe-based composite spherical magnetic abrasive particles // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2021, vol. 528, p. 167811. doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.167811.
7. Пантелеенко Ф.И., Максаров В.В., Петришин Г.В., Максимов Д.Д. Повышение производительности магнитно-абразивной обработки использованием диффузионно-легированных порошков // СТИН. – 2023. – № 3. – С. 12-16.
8. Максаров В.В., Минин А.О., Захарова В.П. Технологическое обеспечение качества расточных поверхностей изделий из алюминиевого сплава АМц на основе высокочастотного волнового воздействия // Цветные металлы. – 2023. – № 4. – С. 90-95. – DOI: 10.17580/tsm.2023.04.12.

Сведения об авторе:

Синюков Михаил Сергеевич – магистрант.