



ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКОСТЕННЫХ СПИРАЛЬНОШОВНЫХ ТРУБ

А. С. ПИСЬМЕННЫЙ, д-р техн. наук, **В. В. ПОЛУХИН**, канд. техн. наук, **Вл. В. ПОЛУХИН**, **Ю. В. ПОЛУХИН**, **А. С. ПРОКОФЬЕВ**, **В. Г. УДОВЕНКО**, инженеры (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрены особенности изготовления тонкостенных спиральношовных труб, их преимущества и области применения.

Ключевые слова: высокочастотная сварка, спиральношовные трубы, технология, оборудование, применение, изделия

С каждым днем экономия металла становится все более актуальной на фоне непрерывно растущих объемов его потребления и цены. Одним из примеров экономии металла является использование круглых тонкостенных труб и различных замкнутых тонкостенных профилей для создания всевозможных металлоконструкций и механизмов. Перспективным в этом направлении является использование тонкостенных спиральношовных труб, изготовленных с применением высокочастотной сварки [1–5], так как прямошовные или цельнотянутые трубы с малой толщиной стенки, отвечающие конструктивным требованиям, зачастую просто невозможно изготовить технологически. Кроме того, они несравненно дороже сварных труб, в том числе спиральношовных. Линии для производства спиральношовных труб с использованием ТВЧ позволяют производить особо тонкостенные трубы, у которых соотношение диаметра и толщины стенки может быть большим. На практике сегодня соотношение толщины стенки к диаметру в спиральношовной трубе составляет от 1:50 до 1:1200. Примером может служить труба диаметром 3200 мм с толщиной стенки 2,5 мм. По сути, это обечайки, которые на практике использовали в качестве наружной оболочки для изготовления легкопереносимых помещений при освоении труднодоступных районов. Наименьший диаметр спиральношовных труб, полученный в Институте электросварки им. Е. О. Патона, составляет 25 мм. Имеется опыт изготовления таких труб из специального немагнитного сплава, которые служат в качестве защитных корпусов микросхем.

ИЭС им. Е. О. Патона производит технологические линии для изготовления электросварных спиральношовных труб различного сортамента. Простота конструкции и обслуживания этих линий позволяет организовать изготовление труб в условиях неспециализированного трубного производства с возможностью легкой перенастройки их на изготовление труб различного диаметра и толщины стенки.

Возможности и преимущества тонкостенных спиральношовных труб. Для производства спи-

раальношовных труб с помощью токов высокой частоты применяются специальные установки. По сравнению с производством других видов труб, в том числе и электросварных прямошовных, производство спиральношовных труб имеет ряд преимуществ. Их производство более универсально и позволяет получать трубы различного диаметра из ленты одной ширины в очень широких диапазонах. На одной установке без всяких переналадок и замены элементов можно изготавливать трубы с различной толщиной стенки. Кроме того, из ленты различной ширины можно делать трубы одного типоразмера. Неточности по ширине в рулонах различных поставок легко компенсируются предусмотренными регулировками. Технологические линии для производства спиральношовных труб намного проще в обслуживании по сравнению с линиями для производства прямошовных труб.

Металлоемкость линий для производства спиральношовных труб меньше по сравнению с линиями для производства прямошовных труб примерно в 6...7 раз. Количество узлов, участвующих в формировке ленты в трубу, меньше примерно в 10 раз. Количество особо точных деталей, трудоемких в изготовлении, прежде всего формирующих валков, меньше примерно в 20 раз.

Протяженность линии для производства прямошовных труб диаметром 20...76 мм составляет около 50 м только в длину. Линия для производства спиральношовных труб помещается в цеху на площади 10×10 м. Благодаря несравненно меньшей металлоемкости их можно разместить на небольших производственных площадях, позволяя при этом легко вписывать их в существующие технологические процессы и не создавать дополнительные цеха, необходимые как для работы, так и для их обслуживания.

Все оборудование, на котором можно производить трубы диаметром до 1000 мм, вместе с источником питания можно разместить в автомобильном прицепе и прямо там изготавливать трубы (рис. 1). Не представляет труда расположить это оборудование и на других транспортных средствах — железнодорожных платформах, баржах и др., а также использовать в труднодоступных районах, производя на месте трубы, и экономя огромные средства на их транспортировке (фак-

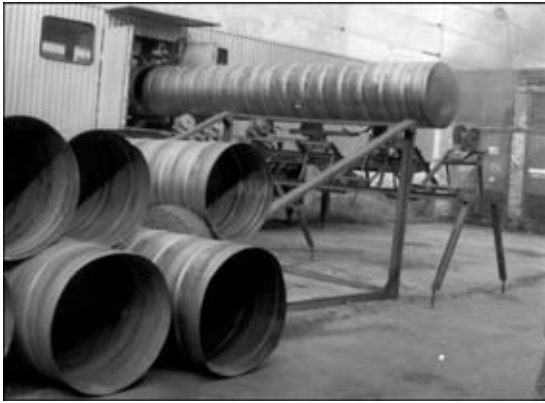


Рис. 1. Передвижной трубоизготовительный комплекс на базе полуприцепа длиной 13 м

тически на транспортировке воздуха) с трубосварочного завода.

Линии для изготовления спиральношовных труб позволяют сваривать трубы различного диаметра, толщины стенки и различных материалов. Линии обеспечивают непрерывную навивку ленты в трубу заданного диаметра с одновременным формированием сварного шва и автоматической порезкой на отрезки заданной длины. При этом не используются защитные газы, флюсы, присадочные материалы. Отсутствие флюсов и вредных испарений делает это производство совместимым с другими видами производств без изоляции друг от друга.

Кроме того, процесс производства спиральношовных труб является очень высокопроизводительным, полностью автоматизированным и весьма унифицированным, он исключает труд высококвалифицированных специалистов. Трубы, получаемые этим методом, могут использоваться в качестве трубопроводов для перемещения различных материалов и конструкционных элементов для всевозможных металлоконструкций.

Высокая точность спиральношовных труб является отличительной чертой их производства. Спиральношовные трубы, полученные способом высокочастотной сварки, характеризуются высокой точностью по диаметру в широком диапазоне типоразмеров. Точность изготовления их по диаметру находится в пределах 0,1 мм и выше (рис. 2).

Прочностные характеристики спиральношовных труб в большинстве случаев превосходят ха-



Рис. 2. Спиральношовные трубы диаметром 75×1,5 мм (а) и 152×1,5 мм (б) после токарной обработки

рактеристики труб, изготавливаемых по другим технологиям. Спиральношовные трубы в отличие от прямошовных обычно имеют более высокие прочностные характеристики и прямолинейность при изготовлении. Сварное соединение, выполненное высокочастотной сваркой, при изготовлении спиральношовных труб из малоуглеродистых сталей обычно имеет 100 % прочность по отношению к основному металлу.

Высокая прочность швов спиральношовных труб, применяемых в сосудах давления, объясняется тем, что спиральный шов практически располагается в направлении действия касательных напряжений, поэтому не работает на разрыв. Коэффициент запаса прочности спиральных швов по сравнению со швами, расположенными вдоль оси трубы, составляет 1,6...1,8 и зависит от ширины ленты, поэтому сосуды, изготовленные из спиральношовных труб, отличаются высокой прочностью. Высокая плотность металла шва обеспечивается соблюдением технологических параметров процесса сварки и формовки: перекрытия, нагрева, давления осадки. Соединение нагретых кромок при сварке сопровождается прокаткой. Термомеханическое упрочнение как неизбежная составляющая процесса высокочастотной сварки обеспечивает высокую прочность шва, которая обычно выше прочности основного металла.

Линии для производства спиральношовных труб (рис. 3) имеют следующие технические характеристики:

диаметр производимых труб, мм	75... 460
точность по диаметру, мм	0,1... 0,3
толщина стенки трубы, мм	0,5... 3
ширина применяемой ленты, мм	100... 200
скорость выхода трубы, м/мин	5... 30
потребляемая мощность, кВт	170... 220

Технологический процесс. Процесс изготовления спиральношовных труб начинается с разматывания ленты подающей машиной, расположен-

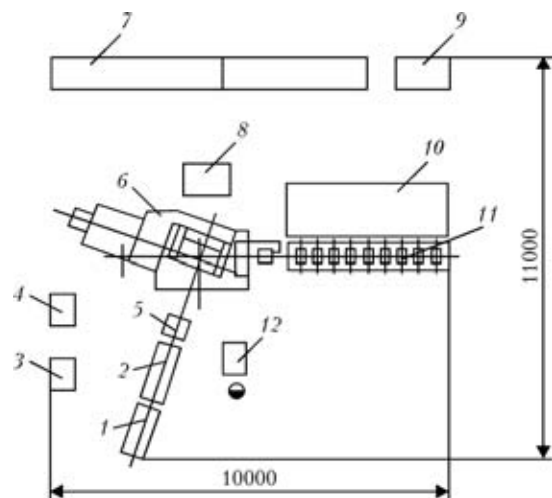


Рис. 3. Схема линии для производства спиральношовных труб: 1 — разматыватель; 2 — подающая машина; 3 — шкаф управления линии; 4 — шкаф управления плазморезки; 5 — стыковочное устройство; 6 — формовочно-сварочное устройство; 7 — генератор сварочный; 8 — сварочная головка; 9 — теплообменник; 10 — накопитель; 11 — приемный ролик с отрезным устройством; 12 — пульт управления

**Наиболее употребляемые типоразмеры диаметра и толщины стенки спиральношовных труб**

Диаметр трубы, мм	Толщина стенки, мм	Ширина ленты, мм
75...100	0,5...2,0	100
100...200	0,8...2,5	100
200...600	1,0...3,5	200
600 и выше	2,0...4,0	500 и выше

ной сразу за разматывателем. Далее располагается стыкосварочное устройство, используемое для стыковки рулонов во избежание перезаправки ленты в формовочно-сварочном устройстве и экономии на этом времени. Подающая машина, которая также при необходимости осуществляет рихтовку ленты, предназначена для плавной подачи ленты в формовочно-сварочное устройство и в основном применяется при использовании рулонов относительно большой массы и ленты толщиной более 2 мм или ее повышенной упругости.

Формовочно-сварочное устройство, являющееся основой в линии по изготовлению спиральношовных труб, выполняет функцию формовки ленты в трубу (рис. 4). Одновременно с формовкой происходит нагрев свариваемых кромок и их соединение. В зависимости от типа машины тем или иным способом осуществляется автоматическое поддержание заданного диаметра трубы.

Далее осуществляется автоматическая порезка свариваемой трубы на мерные отрезки без остановки процесса специальным следящим устройством, синхронизирующим скорость выхода трубы и скорость перемещения режущего механизма. Для резки в линии можно использовать различное оборудование. Одним из возможных вариантов является применение плазменной резки, что не исключает применение другого оборудования и способов, например, отрезных кругов различной конструкции и т. д. (рис. 5).

Для изготовления спиральношовных труб применяют установки двух типов, отличающиеся принципом поддержания заданного диаметра формуемой трубы, а именно:

тип «а» — оснащенный формующим элементом типа «улитка». Эти установки в основном применяются для изготовления труб диаметром до 400 мм;

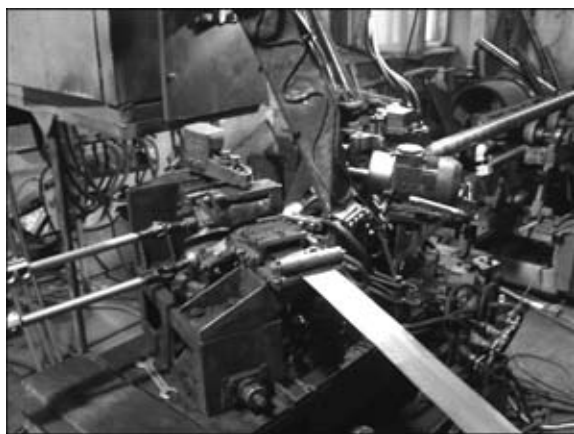


Рис. 4. Формовочно-сварочное устройство для производства спиральношовных труб

тип «б» — неоснащенный формующим элементом, но с устройством автоматического поддержания заданного диаметра в зоне формовки. Эти установки, применяемые для изготовления труб диаметром более 400 мм, несколько сложнее, но позволяют получать трубы неограниченно большого диаметра и при этом обеспечивают высокую чистоту поверхности трубы и соблюдения ее формы.

Кроме основных типов установок, изготавливаемых в ИЭС им. Е. О. Патона, выпускаются также установки по индивидуальным заказам, которые учитывают требования заказчика к качеству и типоразмеру трубы. Все установки практически обслуживают один оператор.

Номенклатура производимых спиральношовных труб. Толщина стенки спиральношовных труб, наиболее часто применяемых в машиностроении, обычно составляет от 0,5 до 2,5 мм. Наиболее востребованными являются трубы диаметром от 76 до 250 мм с толщиной стенки от 1 до 2 мм. В большинстве случаев при этом используется лента шириной 100 и 200 мм. При изготовлении труб диаметром более 400 мм целесообразно применение ленты шириной 500 или 700 мм.

Соотношения толщины стенки и диаметра спиральношовных труб могут изменяться в широком диапазоне (таблица).

Основной способ сварки, используемый при изготовлении труб из малоуглеродистой стали, — это высокочастотная сварка, возможно применение и аргонодуговой сварки. Другие способы соединения можно применять, если не требуется высокая производительность. Источники питания дуговых аппаратов намного дешевле, меньше по размерам, хотя не проще в эксплуатации. Дуговые способы сварки более применимы для изготовления труб из специальных сталей и алюминиевых сплавов или там, где нет необходимости в производстве больших объемов труб.

Применение спиральношовных труб. Тонкостенные спиральношовные трубы нашли широкое применение в различных отраслях благодаря простоте их изготовления и широкого спектра типоразмеров.

Вентиляционные системы. Возможность изготовления труб из ленты малой толщины с одновременной накаткой спирального гофра создает до-



Рис. 5. Отрезной механизм в работе

полнительные возможности экономии металла (за счет снижения толщины) благодаря увеличению жесткости трубы. Это в свою очередь позволяет изготавливать отсасывающую вентиляцию из металла гораздо меньшей толщины, чем было принято ранее, и не применять для этих целей дорогие толстостенные трубы. Например, толщину стенки отсасывающей вентиляционной трубы диаметром 820 мм можно снизить до 2 мм. Большое количество металла экономится за счет отсутствия закатного шва, как принято делать по технологии «Nokia». Применение телескопического соединения труб, благодаря высокой точности их геометрии, позволило отказаться от традиционной сборки воздуховодов с применением фланцев (рис. 6), а применение оцинкованной и алюминированной ленты для этих труб дает хорошую защиту от коррозии. При этом коррозионные свойства шва остаются на уровне основного металла (рис. 7).

Тара, бочки. Особо тонкостенные спиральношовные трубы нашли применение при изготовлении тары для лакокрасочной и химической промышленности. Из обечаек диаметром 300 мм изготавливают бочки для краски, а трубы диаметром 560 мм используют для производства бочек емкостью 200 л для хранения и перевозки горючесмазочных материалов.

Опоры. Из тонкостенных спиральношовных труб были изготовлены железобетонные опоры (колонны). Испытания показали, что прирост прочности таких колонн на 100 % превышал расчетный.

Крепежные столбы для шахт также могут изготавливаться из спиральношовных труб. Испытания на сжатие показали, что спиральношовная труба оказывается прочнее цельнотянутой или сварной прямошовной. Это объясняется склонностью спиральношовной трубы во время сжатия скручиваться, на что затрачивается дополнительная работа.

В ряде регионов дорожные знаки устанавливают на столбах из спиральношовных труб.

Системы орошения. Использование спиральношовных труб в системах орошения в несколько раз снизило металлоемкость последних. При этом сроки службы этих систем не снижаются, так как для изготовления трубопроводов может применяться оцинкованная или алюминированная лента.

Теплотрассы, трубопроводы. Перспективно применение тонкостенных спиральношовных труб для теплотрасс и водопроводов. Подсчитано, что применение эмалированных тонкостенных труб

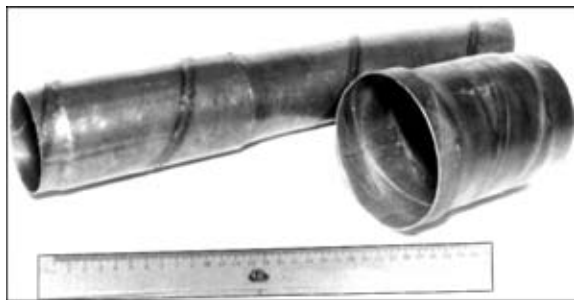


Рис. 6. Спиральношовные трубы, изготовленные с раздочей диаметра в концевой части

экономически значительно выгоднее, чем укладка толстостенных изолированных труб с учетом их возможной коррозии. Особо тонкостенные спиральношовные трубы здесь же могут применяться для защиты (оболочки) теплотрасс. Из труб, с накатанным во время изготовления гофром, можно делать термокомпенсаторы.

В сельскохозяйственном машиностроении тонкостенные спиральношовные трубы в первую очередь нашли применение в качестве корпусов шнеков зерноуборочных комбайнов (Херсонский завод сельхозмашиностроения). В мукомольной промышленности — это мукопроводы и зернопроводы.

Емкости, ресиверы, баллоны, огнетушители. Корпуса некоторых видов огнетушителей изготавливают из спиральношовных труб. Огромная потребность в них обуславливает высокую эффективность такого производства.

Многослойные сосуды высокого давления выдерживают нагрузку большую, чем однослойные из толстого металла той же толщины, что и суммарная толщина многослойных сосудов. Поэтому особый интерес могут представлять многослойные емкости высокого давления, изготовленные из набора спиральношовных труб. Возможность изготовления спиральношовных труб высокой точности позволяет собирать (вставлять друг в друга) отдельно сваренные трубы с термическим натягом и со смещением швов. Внутреннюю часть такого многослойного сосуда можно делать из коррозионностойкой стали и применять такие сосуды для хранения и транспортировки агрессивных веществ, экономя на дорогих нержавеющей сталях.

Полотнища и оболочки. Спиральношовные трубы могут использоваться для изготовления различных полотнищ и оболочек с последующим их профилированием или без него. Например, спиральношовные трубы диаметром 3200 мм и длиной 10 м являлись оболочками круглых домов (ЦУБов), предназначенных для освоения труднодоступных районов. Если такую трубу разрезать вдоль, получается металлическое полотнище площадью 100 м².

Балки, профили, фермы. Новое в применении тонкостенных спиральношовных труб — это из-



Рис. 7. Спиральношовные трубы, изготовленные из оцинкованной и алюминированной стали

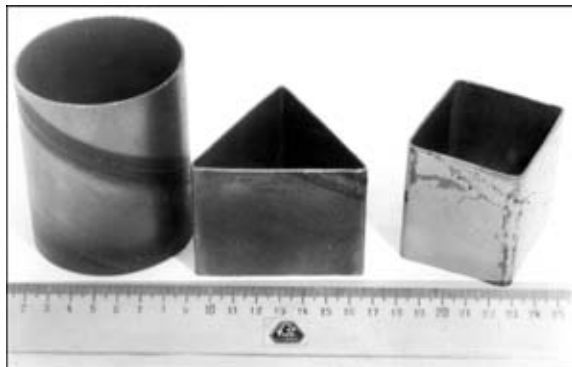


Рис. 8. Перепрофилированные спиральношовные трубы

готовление из них различных профилей, являющихся как элементами металлоконструкций, так и элементами различных балок или ферм. Спрофилированная в треугольник, квадрат, прямоугольник или другую форму труба будет иметь повышенную жесткость в нужном направлении (рис. 8). Из таких труб можно делать оконные и дверные рамы. Необходимо также учесть, что профили, изготовленные из труб, будут иметь замкнутое сечение, что повышает их жесткость и устойчивость к коррозии. Различные варианты сопряжения предварительно спрофилированных труб (рис. 9), дают новые возможности для проектирования и использования их в металлоконструкциях. Особенно это эффективно в сочетании с антикоррозионной металлизацией конструкции, что в комплексе даст возможность осуществлять их полную сборку в заводских условиях. Низкий удельный вес таких конструкций удешевит их доставку в труднодоступные районы.

Сегодня в селе спиральношовные трубы используются в качестве различных трубопроводов, тары, емкостей, элементов машиностроения, элементов

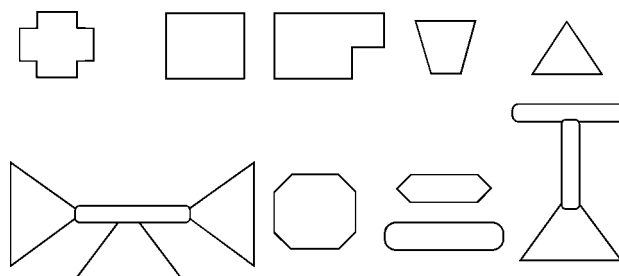


Рис. 9. Схематическое изображение балок и профилей, полученных путем перепрофилирования круглой трубы и их сочетания

строительных конструкций (как самостоятельных балок, так и составных частей ферм). Установки для изготовления этих труб являются универсальным оборудованием, так как могут производить трубы различного сортамента.

Для получения более подробной информации просьба обращаться по адресу: Украина, 252650, Киев-5, ГСП, ул. Боженко 11, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отдел 43 «Электротермии». Тел./факс: (044) 289-10-89; (044) 220-10-89; (044) 287-42-20. E-mail: pismenny@paton.kiev.ua.

1. Шапов А. Н., Лукин И. В., Иванов В. Н. Высокочастотная сварка металлов. — Л.: Политехника, 1991. — 240 с.
2. Pismenny A. S. High-frequency welding of metals. — Amsterdam: Harwood Acad. publ., 1997. — 150 p.
3. Высокочастотная сварка спиральношовных труб со стыковым соединением кромок / Ю. Н. Скачко, В. Ф. Мошкин, Р. И. Гаркалюк и др. // Автомат. сварка. — 1970. — № 1. — С. 63-65.
4. Скачко Ю. Н., Мошкин В. Ф., Попов Н. В. Высокочастотная сварка спиральношовных труб с косым стыком // Там же. — 1972. — № 7. — С. 70, 71.
5. Анализ сближения кромок при формовке и высокочастотной стыковой сварке спиральношовных труб / Ю. Н. Скачко, Н. В. Попов, В. Ф. Мошкин, Ю. Д. Кручинин // Там же. — 1975. — № 6. — С. 30-32.

Features of manufacturing thin-walled spirally-welded pipes, their advantages and applications are considered.

Поступила в редакцию 23.03.2005

ЭЛЕКТРОДЫ ЭПС-АН1 ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ

Предназначены для сварки под водой на глубине до 20 м металлоконструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей с пределом текучести до 350 МПа во всех пространственных положениях. Обеспечивают получение механических свойств на уровне (не менее): $\sigma_T = 330$ МПа, $\sigma_B = 420$ МПа, $\delta = 12\%$, $KCV_{-20} = 25$ Дж/см². Соответствуют требованиям класса В Классификации по подводной сварке ANSI/AWS D3.6.

Область применения. Ремонт судов на плаву, трубопроводов, портовых сооружений, заварка свищей и трещин на трубах тепломагистралей без слива горячей воды и т. п.

Контакты: 03680, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 18
Тел./факс: (38044) 287 31 84
E-mail: maksimov@paton.kiev.ua