

ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ХОЛОДНО-ДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ РАЗМЕРОМ 3,2x0,5 мм ДЛЯ КОМПРЕССИОННЫХ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Анкудинов С.В. – начальник лаборатории сварных и футерованных труб ЦЗЛ ОАО «ПНТЗ»,
Мухлынин К.В. – мастер участка производства труб для холодильников цеха № 15 ОАО «ПНТЗ»

В статье представлены этапы разработки мероприятий по созданию технологии производства электросварных холоднодеформированных труб нового размера 3,2x0,5 мм для компрессоров бытовых холодильников в цехе № 15 ОАО «ПНТЗ», приведен оптимальный 4-х проходный маршрут бухтового безоправочного волочения с расчетом коэффициентов вытяжки и усилий волочения. Статья составлена на 9 страницах, содержит 3 рисунка и 5 таблиц

Stages of measures to be taken in order to develop a production technology for electrically welded cold-deformed tubes of a new dimension 3,2x0,5 mm for compressors of domestic refrigerators produced in workshop No 15 of JSC PNTZ, the optimal route consisting of 4 die holes for coil sinking with calculation of reduction ratio and draw force are presented in the article.

The article is made up in 9 pages and contains 3 figures and 5 tables.

Трубоэлектросварочный цех № 15 ОАО «ПНТЗ», основанный 28 октября 1993 года, выпускает круглые и профильные электросварные трубы из углеродистых марок сталей, включая трубы для холодильников и для амортизаторов автомобилей. Кроме того, цех выпускает футерованные полиэтиленом трубы и соединительные элементы к ним. Ровно через год со дня официальной даты образования цеха - 28 октября 1994 года - запущен итальянский трубоэлектросварочный по производству труб для холодильников – ТЭСА 4-10. (рис. 1).



Рис.1. Запуск в эксплуатацию ТЭСА 4-10

11 ноября 2004 года параллельно поточной линии по производству труб для холодильников специалистами цеха и итальянской фирмы Marcegaglia Impianti был пущен в эксплуатацию новый автоматизированный ТЭСА 4-12 для производства труб с толщиной стенки 0,7-0,9 мм для холодильников и автомобильных топливопроводных систем (рис. 2).

В настоящее время на двух поточных линиях участка по производству труб для холодильников выпускают оцинкованные и неоцинкованные трубы диаметрами 4,0; 4,76; 6,35; 8,0 мм с толщиной стенки 0,65-0,7 мм из стали 08Ю.

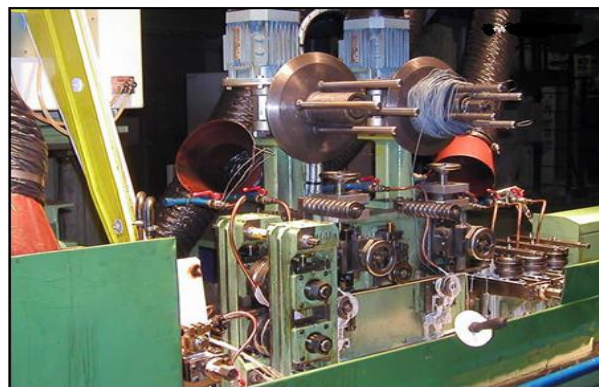


Рис.2. Трубоэлектросварочный стан 4-12 (ТЭСА №5)

Основными потребителями труб являются ведущие фирмы "Индезит" (г.Липецк), "Атлант" (г. Минск), "Норд" (г.Донецк), "Бирюса" (г.Красноярск), "Позис" (г.Зеленодольск) и другие российские заводы по производству холодильников.

Цех № 15 ОАО «ПНТЗ» имеет сертификат по системе качества EN ISO 9001-2000, выданный TUV (Германия), и сертификаты соответствия в системе добровольной сертификации ГОСТ Р на трубы электросварные, на трубы для амортизаторов автомобилей, на трубы для бытовых холодильников по ТУ 14-159-233-2006, выданные Органом по сертификации металлов и промышленной продукции УНИИМ (г. Екатеринбург).

В 2009 г в цех поступил запрос из Белоруссии от ЗАО «АТЛАНТ» Барановичского станкостроительного завода на изготовление электросварных холоднодеформированных труб размером 3,2x0,5мм для компрессоров холодильников нового поколения.

В таблице 1 приведены критерии приемки труб по ТУ 14-159-233-2006 «Трубы стальные электросварные холодно-деформированные для компрессионных бытовых холодильников».

Таблица 1

Критерии приемки неоцинкованных труб 3,2x0,5 мм по ТУ 14-159-233

Контролируемый параметр	допускаемые отклонения
Наружный диаметр $D_H = 3,2$ мм	+0,05\ -0,08
Толщина стенки $s = 0,5$ мм	+0,05\ -0,10
Длина бунтов, м	3000-4500
Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Не более 400 (41)
Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Не более 300 (31)
Относительное удлинение δ_5 , %	Не менее 25
Твердость по Супер-Роквеллу, HRT 30, ед	Не более 55
Консервационное покрытие	Без смазки

Для освоения производства электросварных холодноотянутых неоцинкованных труб 3,2x0,5 мм использовалась холоднокатаная лента второй группы по качеству отделки поверхности, поставляемая в рулонах в соответствии с ГОСТ 9045 - 80 из стали 08Ю толщиной 0,5 мм. Схема технологического процесса изображена на рис. 3.

Химический состав и механические свойства ленты принимаются по сертификату завода-изготовителя. Они должны соответствовать требованиям ГОСТ 9045 - 85. Химический состав и механические свойства стали марки 08Ю приведен в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав стали 08Ю

Массовая доля элементов, %					
Углерод	Марганец	Сера	Фосфор	Кремний	Алюминий
0,07	0,35	0,025	0,02	0,03	0,02 – 0,07
Механические свойства по ГОСТ 9045–80 для особосложной вытяжки II группы					
Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа, не более				195	
Предел прочности σ_B , МПа,				250 – 350	
Относительное удлинение δ_5 , %, не менее				34	
Твердость по Супер-Роквеллу, HRT 15, ед, не более				76	

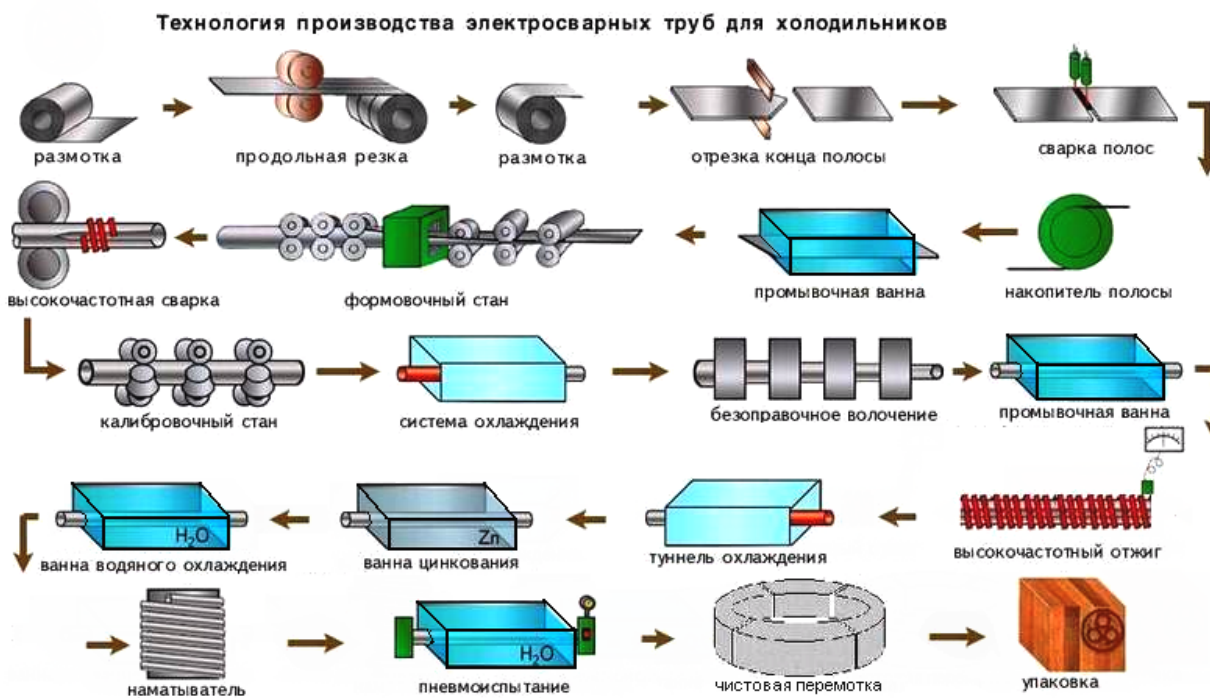


Рис. 3 Схема технологического процесс

Технологический процесс производства на агрегате резки ленты состоит в следующем. Рулоны стальной ленты со склада металла поштучно электромостовым краном подаются на тележку загрузки подвижного разматывателя. На разматывателе рулон закрепляется с помощью прижимного ролика, снятие обвязки с рулона производится вручную, там же производится обрезка конца ленты с помощью ножниц поперечной резки. Далее рулон направляется в дисковые ножницы, где в режущем блоке происходит продольная резка ленты на полосы заданной ширины и обрезается кромка. Обрезки ленты (обрезь) наматываются в мотки в сборнике отходов. В петлеобразователе образуется запас ленты, обеспечивающий нормальную смотку порезанных полос. Равномерное натяжение порезанных полос ленты на моталке при смотке и разделение порезанной ленты на полосы обеспечивается прижимным роликом. После смотки рулоны порезанной полосы толкателем подаются в поворотный накопитель, где они обвязываются по периметру стальной лентой при помощи ручного приспособления для обвязки.

Порезанные рулоны электромостовым краном с рычага поворотного накопителя передаются на место складирования.

С помощью консольного крана сварщик ленты надевает порезанную полосу металла на барабан разматывателя. После окончания размотки предыдущей полосы и отвода упора поворотный стол двух барабанного разматывателя разворачивается на 180° и устанавливается загруженный барабан в линию размотки ленты, а свободный барабан – под загрузку новой полосы консольным краном.

Заматые и окисленные концы рулонов отрезаются гильотинными ножницами и сбрасываются в короб для металлоотходов. Выровненные концы ленты фиксируются при помощи пневматических зажимов и свариваются в стыкосварочной машине, работающей по методу оплавления головного и хвостового конца ленты. После сварки электросварщик листов и лент с помощью шлифовальной машинки зачищается грат без утонения толщины ленты. Состыкованная лента с помощью роликов подается в барабанный накопитель, который обеспечивает непрерывность технологического процесса. Состыкованная лента подается из накопителя через устройство очистки ленты для удаления остатков консервационной смазки с поверхности металла в формовочный стан.

Формовочный стан состоит из шести приводных формовочных клеток и пяти эджерных клеток. Сварка продольного шва труб производится индукционным способом с применением тока частотой 440 КГц. Для повышения КПД мощности сварки внутри свариваемой трубы установлен на штанге ферритовый магнитопровод, охлаждение которого производится газообразным азотом.

При сварке труб наружный грат должен быть оплавленный, непрерывный и не раздвоенный. Он удаляется с помощью резца - гратоснимателя и накапливается на приводной гратомоталке. В случае износа резца к трубе подводится резец

второго гратоснимателя и заменяется изношенный. Наружный грат должен быть удален заподлицо без утонения стенки. Для предотвращения искривления трубы, налипания грата на движущуюся трубу и на валки сварочного узла, трубоформовочного и калибровочного станов подается эмульсия. Для охлаждения индуктора внутрь него подается вода. Для предотвращения увода сварного шва из-под резца гратоснимателя используются три горизонтальные шовоудерживающие клетки.

Заготовка для безоправочного волочения – электросварная труба – проходит через компенсатор, который служит для синхронизации скорости движения трубы на входе в первую фильеру и скорости трубы на выходе из калибровочного стана. Перед проведением трубы в фильеру первого волочильного блока конец трубы забивается с помощью ротационно-ковочной машины для получения конуса и наматывается на волочильный барабан.

После холодного волочения труба очищается от масла и других загрязнений. Очищенная и сухая труба из установки очистки автоматически подается в установку высокочастотного отжига с целью удаления наклепа металла после волочения и выравнивания микроструктуры сварного шва и основного металла трубы. В установке отжига труба нагревается до температуры 720 – 750 °С. Охлаждение трубы до температуры 250 – 340 °С производится в туннеле с защитной атмосферой. После охлаждения в воде и на воздухе труба непрерывно подается на наматывающее устройство со скоростью до 250 м / мин.

Бунты труб устанавливаются на площадку промежуточного склада.

Для проведения пневмоиспытаний бунт трубы с промежуточного склада с помощью консольного крана устанавливается над ванной для пневмоиспытаний, концы трубы зажимаются в эксцентриковые зажимы, расположенные на краях ванны. Внутрь трубы подается газообразный азот под давлением 50 бар, после чего бунт неоцинкованной трубы погружается в ванну с водным раствором триэтаноламина. При обнаружении непроваров и несплошностей по утечкам сжатого газообразного азота производится с помощью машины точечной сварки локализация каждого дефектного участка на трубе.

Бунты труб, прошедшие пневмоиспытания, сушат и передают на узел размотки перематывающего устройства. С узла размотки перематывающего устройства через петлеобразователь трубы сматываются в бунты. Готовые бунты труб для холодильников упаковывают в контейнеры из бумаги с летучими ингибиторами коррозии.

Для производства труб 3,2x0,5 мм на ТЭ-СА 4-12 был использован следующий инструмент:

- валки формовочного и калибровочного станов для изготовления электросварных труб Ø 10,2 мм из ленты шириной 34,5 мм;
- 2 импортные алмазные фильеры Ø 6,8 и 4,87 мм, а также 2 фильеры из сплава ВК-8 Ø 4,0 и 3,2 мм для 4-х проходного безоправочного волочения по маршруту: 10,2→6,8→4,87→4,0→3,2 мм.

Однако, в ходе опытной работы возникли проблемы – обрывы трубы в первом волочильном блоке. При волочении трубы с размера 10,2 мм на размер 6,8 мм происходило повреждение трубы о неполированную поверхность входной зоны первой алмазной фильеры, имеющей недостаточный угол наклона образующей канала рабочей зоны.

Было принято решение изменить маршрут волочения, тем самым уменьшить степень деформации в первом волочильном блоке.

Для этого была рассчитана калибровка валков формовочного и калибровочного станов для изготовления электросварных труб Ø 8,3 мм.

Ширина ленты определяется формулой:

$$ВЛ = \pi (DT + \Delta DK + \Delta DP - S) + k \cdot S,$$

где DT – наружный диаметр готовой трубы; ΔDK – обжатие по диаметру в калибровочном стане (принимается $\Delta DK = 0,7$); обжатие по диаметру в редуцирующем стане ($\Delta DP = 0$); S – толщина стенки готовой трубы; k – коэффициент, зависящий от наружного диаметра труб ($k = 1,7$).

Коэффициент k учитывает затраты металла на выдавливаемый грат, на формовку и калибровку трубы. Большие значения коэффициента относятся к большому диаметру.

$$ВЛ = \pi (8,3 + 0,7 - 0,5) + 0,5 \cdot 1,7 = 27,52 \text{ мм.}$$

В таблице 3 расчет коэффициента вытяжки проводится по следующей формуле:

$$\mu_i = \frac{S_{i-1}(D_{i-1} - S_{i-1})}{S_i(D_i - S_i)}, \quad \text{где } D_{i-1}, S_{i-1}, D_i,$$

S_i – соответственно диаметр и толщина стенки трубы до и после прохода.

Таблица 3

Маршрут безправочного волочения трубы 3,2x0,5 мм

Проходы, мм	Коэффициенты вытяжки
8,7x0,5→6,8x0,5	1,279
6,8x0,5→4,87x0,5	1,396
4,87x0,5→4,00x0,5	1,218
4,00x0,5→3,20x0,5	1,25

Для производства труб 3,2x0,5 мм был использован следующий инструмент:

- валки формовочного и калибровочного станов для изготовления электросварных труб Ø 8,3 мм из ленты шириной 27,5 мм;

- 2 импортные алмазные фильеры Ø 6,8 и 4,87 мм, а также 2 фильеры из сплава ВК-8 Ø 4,0 и 3,2 мм для 4-х проходного безправочного волочения по маршруту: 8,7→6,8→4,87→4,0→3,2 мм.

Однако, в ходе опытной работы возникли проблемы – обрывы трубы в четвертом волочильном блоке.

Определяем напряжение разрыва в 4 блоке:

$$\sigma_{\text{раз}} = P / F_T,$$

где P – усилие волочения, Н;

F_T – площадь поперечного сечения трубы, мм².

$$\sigma_{\text{раз}} = 1124,49 / 4,24 = 265,2 \text{ Н/мм}^2$$

Определяем допускаемое напряжение:

$$[\sigma] = \sigma_B / n,$$

где σ_B – предел прочности, Н/мм²;

n – запас прочности;

$$\sigma_B = 400 \text{ Н/мм}^2, \quad n = 1,4 \div 2.$$

$$[\sigma] = 400 / 1,4 = 285,7 \text{ Н/мм}^2$$

$$[\sigma] = 285,7 > 265,2 = \sigma_{\text{раз}}$$

Исходя из сравнения, делаем вывод, что труба должна выдерживать приложенную к ней нагрузку.

По технологии, при начале сварки, образуется несваренный участок трубы. В связи с тем, что обрывность происходила по несваренным участкам, было принято решение изменить маршрут волочения, тем самым уменьшить степень деформации в четвертом волочильном блоке:

$$8,7 \rightarrow 6,8 \rightarrow 4,87 \rightarrow 3,77 \rightarrow 3,2 \text{ мм.}$$

После замены фильеры Ø 4,0 на Ø 3,77 мм из сплава ВК-8 обрывность трубы была исключена. Кроме того, для уменьшения количества обрывов по несваренным участкам при запуске линии ТЭСА использовался металл толщиной 0,65 мм в качестве «поводка» с последующей стыковой сваркой проката толщиной 0,5 мм, но на поверхности труб наблюдались задиры на выходе из третьей и четвертой фильер, свидетельствующие о том, что рабочая поверхность фильер повреждена.

Чтобы выполнить все требования ТУ 14-159-233, для четырёхпроходного безправочного волочения были приобретены 4 алмазные фильеры Ø 6,8; 4,87; 4,13 и 3,2 мм (см. таблицу 4).

Задиры на поверхности и обрывность трубы 3,2 x 0,5 мм были исключены.

Таблица 4

**Оптимальный маршрут безоправочного волочения трубы 3,2 мм
для комплекта алмазных фильер**

Проходы, мм	Коэффициенты вытяжки
8,7х0,5→6,8х0,5	1,279
6,8х0,5→4,87х0,5	1,396
4,87х0,5→4,13х0,5	1,179
4,13х0,5→3,2х0,5	1,29

Проведен расчет усилий волочения по формуле Э. Зибеля:

$$P_B = \sigma_B \cdot F_T \cdot (f \cdot \mu + (f/\alpha) \cdot \ln \mu + 2 \cdot \alpha/3),$$

где μ - коэффициент вытяжки, $\mu = F_0/F_1$;
 $f = 0,01$ - коэффициент трения;

$\alpha = 0,06$ – полуугол волоки.

Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5

Расчет усилий волочения

Размер заготовки, мм	Размер готовой трубы, мм	Степень деформации, %	Нчальн. предел прочности, кгс/мм	Конечн. предел прочности, кгс/мм	Коэффициент вытяжки	Ср. усилие волочения, Н	Ср. усилие волочения, кН
8,7х0,5	6,8х0,5	23,1707	37,00	56,5123	1,2794	2341,588	2,3
6,8х0,5	4,87х0,5	30,6349	37,00	60,2006	1,3963	2232,179	2,2
4,87х0,5	4,13х0,5	16,9336	37,00	53,0646	1,1792	949,6699	0,9
4,13х0,5	3,2х0,5	25,6198	37,00	57,7665	1,2906	1124,492	1,1

В результате проведенных работ получены трубы размером 3,2 х 0,5 мм с требуемыми предельными отклонениями по диаметру и толщине стенки. Трубы полностью соответствуют требованиям ТУ 14-159-233-2006.

Подобран оптимальный маршрут безоправочного волочения труб 3,2 х 0,5 мм из холоднокатаного рулонного проката марки стали 08Ю толщиной 0,5 мм с использованием новых алмазных фильер для волочения во всех четырех волочильных блоках ТЭСА 4-12. В период с апреля 2011 года по август 2012 года на БСЗ ЗАО «Атлант» (г.Барановичи, Беларусь) было отправлено 1 млн. 276 тыс.700 м неоцинкованных труб нового размера 3,2х0,5 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биск М.Б., Грехов И.А., Славин В.Б. Холодная деформация стальных труб: т.1. Ср. – Уральское кн. изд – во. Свердловск, 1976. 231с.
2. Биск М.Б., Грехов И.А., Славин В.Б. Холодная деформация стальных труб: т.2. Ср. – Уральское кн. изд – во. Свердловск, 1977. 231с.
3. Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Тропотов А.В. Расчет маршрутов изготовления холоднодеформированных труб: Учебное пособие. Свердловск: УПИ, 1989. 116 с.
9. Богатов А.А., Тропотов А.В., Власов В.М. Сварные холоднодеформированные трубы. М.: Металлургия, 1996, 144 с.
10. Рымов В.А., Полухин П.И., Потапов И.Н. Совершенствование производства сварных труб. М.: Металлургия, 1983. 312 с.