

ОАО «ВТЗ»

1. СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА БЕСШОВНЫХ ТРУБ

**Описывается патентом на изобретение Российской Федерации
№ 2221875 «Способ производства бесшовных труб из углеродистой или
низколегированной стали повышенной коррозионной стойкости»**

Изобретение относится к способам изготовления бесшовных труб для трубопроводов, работающих под давлением и в контакте с агрессивными средами и позволяет повысить коррозионную стойкость труб при сохранении прочности, вязкости, хладостойкости не увеличивая при этом себестоимость трубы.

В электропечи выплавляют сталь, выпускают её из печи, отсекая шлак и проводя рафинирование. После этого на установке печь-ковш проводят внепечную обработку стали с введением ферросплавов и продувкой аргоном. Полученная сталь должна быть следующего состава, масс. %:

углерод – 0,05-0,30

марганец – 0,35-1,50

кремний – 0,15-1,00

хром – 0,005-0,500

никель – 0,005-0,500

медь – 0,005-0,500

сера не более 0,010

фосфор не более 0,020

алюминий – 0,01-0,05

остальное железо и неизбежные примеси.

Причем содержание углерода и марганца должно соответствовать условию

$$[C] = (0,29-0,15[Mn])\pm 0,05,$$

где [C] и [Mn] содержание углерода и марганца соответственно, выраженное в масс. %. Кроме того, в сталь может быть дополнительно введён ниобий для обеспечения его содержания в стали 0,01-0,06 масс. %, а также во время внепечной обработки, после достижения требуемого содержания серы, сталь может быть модифицирована кальцием при температуре не ниже 1600°C, при этом содержание кальция в стали должно быть 0,0008-0,0020 масс. %. Ферросплавы в процессе внепечной обработки вводят при содержании алюминия не менее 0,015 %. После того, как будет получена сталь необходимого состава осуществляют разливку стали на трубную заготовку. Полученную заготовку прокатывают и термически обрабатывают. Термическая обработка труб представляет собой закалку и отпуск или нормализацию.

Примеры конкретного выполнения способа

Бесшовные трубы из шести углеродистых или низколегированных сталей были получены при использовании различных технологических режимов. Стали были выплавлены в 150-тонной электропечи ОАО "Волжский трубный завод". Нераскисленный расплав выпускали в ковш с отсечкой окислительного шлака. В процессе выпуска и доводки стали на установке печь-ковш осуществляли рафинирование стали с продувкой аргоном и введением требуемых компонентов. После завершения внепечной обработки стали были разлиты в трубные заготовки диаметром 196 мм, которые затем прокатывали на бесшовные трубы размерами 114 x 9 мм. Трубы подвергали нормализации при температуре 900-930°C или закалке от той же температуры с последующим отпуском при температуре 650°C.

Были опробованы следующие варианты.

Вариант 1 - бесшовные трубы были изготовлены из углеродистой стали, содержащей 0,20% углерода, 0,32% кремния, 0,52% марганца, 0,009% фосфора, 0,004% серы, 0,09% хрома, 0,10% никеля, 0,10% меди, 0,02% алюминия, при содержании углерода, попадающего в интервал значений в соответствии с выражением (1): 0,16-0,26% (для конкретного содержания марганца - 0,52%), в процессе рафинирования при внепечной обработке при содержании алюминия в стали 0,025% в сталь были введены ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца и кремния, затем проводили десульфурацию до получения содержания серы в стали 0,004%, после чего осуществляли разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде закалки и отпуска .

Вариант 2 - бесшовные трубы были изготовлены из углеродистой стали, содержащей 0,21% углерода, 0,36% кремния, 0,49% марганца, 0,010% фосфора, 0,005% серы, 0,13% хрома, 0,10% никеля, 0,11% меди, 0,03% алюминия, кроме того, в сталь вводили ниобий в количестве 0,04%; содержание углерода соответствовало интервалу значений, полученному по выражению (1): 0,17-0,27% (для содержания марганца 0,49%); при рафинировании в процессе внепечной обработки при содержании алюминия 0,04% в сталь были введены ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца, кремния и ниобия, затем проводили десульфурацию до содержания серы 0,005%, после чего осуществляли разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде нормализации.

Вариант 3 - бесшовные трубы были изготовлены из углеродистой стали, содержащей 0,18% углерода, 0,33% кремния, 0,60% марганца, 0,008% фосфора, 0,004% серы, 0,15% хрома, 0,08% никеля, 0,11% меди, 0,015% алюминия, кроме того, в сталь

вводили ниобий для обеспечения его содержания в стали 0,05% и кальций для обеспечения его содержания в стали 0,001%; содержание углерода соответствовало интервалу значений, полученному по выражению (1): 0,15-0,25% (для содержания марганца 0,6%), при рафинировании в процессе внепечной обработки при содержании алюминия 0,02% в сталь вводили ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца, кремния и ниобия, затем проводили десульфурацию до содержания серы 0,004%, модифицирование кальцием, после чего осуществляли разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде нормализации.

Вариант 4 - бесшовные трубы изготовлены из низколегированной стали, содержащей 0,09% углерода, 0,60% кремния, 1,4% марганца, 0,008% фосфора, 0,004% серы, 0,14% хрома, 0,10% никеля, 0,12% меди, 0,02% алюминия, 0,0015% кальция, содержание углерода соответствовало выражению (1): 0,03-0,13% для содержания марганца 1,4%; при рафинировании в процессе внепечной обработки при содержании алюминия 0,027% вводили ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца и кремния, затем проводили десульфурацию до содержания серы 0,004%, после чего осуществляли модифицирование кальцием и разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде нормализации.

Вариант 5 - бесшовные трубы были изготовлены из низколегированной стали, содержащей 0,13% углерода, 0,61% кремния, 1,5% марганца, 0,010% фосфора, 0,003% серы, 0,11% хрома, 0,10% никеля, 0,14% меди, 0,005% алюминия, содержание углерода было выше, чем требовалось в соответствии с выражением (1): 0,02-0,12% для содержания марганца 1,5%; при рафинировании в процессе внепечной обработки при содержании алюминия 0,015% вводили ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца и кремния, затем проводили десульфурацию до содержания серы 0,003%, после чего осуществляли разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде закалки и отпуска (не соответствует формуле изобретения по содержанию алюминия и содержанию углерода для конкретного содержания марганца).

Вариант 6 - бесшовные трубы изготовлены из низколегированной стали, содержащей 0,09% углерода, 0,60% кремния, 1,4% марганца, 0,008% фосфора, 0,004% серы, 0,14% хрома, 0,10% никеля, 0,12% меди, 0,02% алюминия; 0,0015% кальция, содержание углерода соответствовало выражению (1): 0,03-0,13% для содержания марганца 1,4%; при рафинировании в процессе внепечной обработки при содержании

алюминия 0,027% вводили ферросплавы в количестве, необходимом для получения требуемого содержания марганца и кремния, затем проводили десульфурацию до содержания серы 0,004%, после чего осуществляли разливку на трубную заготовку; после прокатки труб проводили их термическую обработку в виде нормализации (соответствует п.п. 3 и 5 формулы изобретения).

От полученных вариантов труб отбирали образцы для проведения комплексных механических и коррозионных испытаний - на растяжение по ГОСТ 10066, на ударную вязкость при температуре - минус 20°C на образцах с острым надрезом (тип "Шарпи") и при минус 60°C на образцах с круглым надрезом (тип "Менаже") по ГОСТ 9454, а также специальные коррозионные испытания по методикам, разработанным НИФХИ им. Л.Я. Карпова.

Методика 1 испытаний на стойкость против локальной коррозии – определяли скорость развития питтингов в горячей воде (паре) при температуре $135 \pm 15^\circ\text{C}$, содержащей 50 мг/л хлор-иона, 50 мг/л сульфат-иона и 20 мг/л кислорода, pH 8,5-9,5, длительность натуральных испытаний - 10 месяцев (использовали методику определения скорости локальной коррозии, предложенную в работах Липовских В. М., Кашинского В.И., Реформатской И.И., Флорианович Г.М., Подобаева А.Н. и Ащеуловой И. И. Зависимость коррозионной стойкости теплопроводов из углеродистой стали от водного режима теплосети. Защита металлов. 1999. Т.35, 6, с. 653-655).

Методика 2 испытаний на стойкость против общей коррозии - определяли потери массы образцов в результате коррозионных натуральных испытаний в водной среде, содержащей 0,17 моль/л NaCl, 0,13 моль/л KCl, 8 ммоль/л NaHCO₃ и 0,8 ммоль/л Na₂SO₄ в течение 90 суток. Результаты определения предела текучести, временного сопротивления, ударной вязкости при минус 20 и минус 60°C, а также скорости локальной и общей коррозии (методики 1 и 2 соответственно) для рассмотренных вариантов способа производства представлены в таблице.

№ вар-та	Предел текучести σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Ударная вязкость, Дж/см ²		Скорость локальной коррозии, мм/год (методика 1)	Скорость общей коррозии, гм ² /час (методика 2)
			KCV _{-20°C}	KCU _{-60°C}		
1	350	480	52,5	68,5	0,2-0,4	0,12
2	360	500	55,0	70,0	0,3-0,4	0,10
3	360	490	51,5	72,5	0,2-0,4	0,15
4	325	465	44,5	52,5	1,2-1,5	0,12
5	365	480	45,0	58,0	0,9-1,0	0,30
6	345	475	49,0	62,0	0,3-0,4	0,15

СПОСОБ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Описывается патентом на изобретение Российской Федерации

№ 2222802 «Способ контроля качества стальных изделий»

Изобретение относится к контролю качества стальных изделий, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах и, по сравнению с другими способами контроля качества, позволяет повысить информативность и достоверность контроля.

От изделий отбирают образцы, изготавливают шлифы с полированной поверхностью, которую обрабатывают в течение заданного времени реактивом, содержащем 6-15 г/л ионов хлора электрохимическим методом в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 0,36-3,6 В/ч либо от -450 до -700 мВ, либо от -700 до -450 мВ. В результате выявляют активные неметаллические включения, вызывающие коррозию, по количеству которых судят о коррозионной стойкости изделий.

Примеры конкретного выполнения способа.

Образцы труб и листового проката из углеродистых или низколегированных сталей, предназначенных для изготовления нефтепромыслового оборудования были установлены на коррозионные испытания в пластовую воду, отобранную на одном из нефтяных месторождений. Испытания проводили в течение 3 месяцев. Используемая для испытаний пластовая вода содержала 10 г/литр NaCl и 0,04 г/литр H₂S.

За основной критерий коррозионной стойкости принимали максимальную глубину коррозионных поражений, образовавшихся за период испытаний. Опыт показывает, что для сталей, имеющих удовлетворительную стойкость против локальной коррозии (из-за высокой степени чистоты по активным неметаллическим включениям) максимальная глубина коррозионных поражений после 2 месяцев испытаний в рассматриваемой среде в стационарных условиях не превышает 10 мкм.

Марки исследованных сталей, а также соответствующие значения максимальной глубины коррозионных поражений представлены в таблице.

Для проведения коррозионных испытаний по предлагаемому методу на отобранных образцах были изготовлены микрошлифы с полированной поверхностью площадью 350-400 мм².

Шлифы обрабатывали по следующим вариантам:

1. Химическим методом в течение 30с реактивом, содержащим 0,5% KCl (0,24% ионов хлора), а затем в течение 10с реактивом, содержащим 4% азотной кислоты, этиловый спирт и 0. 1% KCl (0,048% ионов хлора (прототип) ;

2. Электрохимическим методом в водном растворе, содержащем 15 г/л ионов хлора, в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 0,36 В/ч от -700 до -450 мВ(предлагаемый вариант);

3. Электрохимическим методом в водном растворе, содержащем 10 г/л ионов хлора, в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 0,9 В/ч от -450 до -700 мВ(предлагаемый вариант);

4. Электрохимическим методом в водном растворе, содержащем 3 г/л ионов хлора, в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 1,44 В/ч от -700 до -450 мВ (отличается от изобретения меньшим содержанием ионов хлора в водном растворе);

5. Электрохимическим методом в водном растворе, содержащем 15 г/л ионов хлора, в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 4.2 В/ч от -700 до -450 мВ (отличается от изобретения большей скоростью изменения потенциала);

6. Электрохимическим методом в водном растворе, содержащем 10 г/л ионов хлора, в потенциодинамическом режиме при потенциале, изменяющемся со скоростью 0,9 В/ч от -700 до -350 мВ (отличается от изобретения более высоким значением потенциала верхней границы проходимого интервала).

После обработки поверхность образцов промывали водой, сушили при помощи фильтровальной бумаги и исследовали на оптическом микроскопе "Неофот" при увеличении 100. Для каждого шлифа было осмотрено 50 полей площадью около 1 мм². Для всех испытанных сталей после обработки по вариантам 1-5 проводили количественный анализ активных неметаллических включений с определением среднего числа включений на единицу площади шлифа. После обработки по варианту 5 на поверхности шлифов всех исследованных сталей произошло активное растворение матрицы, что не позволило выявить различия в коррозионной стойкости. Результаты количественного анализа активных неметаллических включений после обработки по вариантам 1-5 представлены в таблице.

№ п/п	Марка стали	Химический состав, % вес.										Макс. глубина коррозии за 2 мин. Испытаний, мкм	Плотность активных неметаллических включений после обработки по разным вариантам, шт/мм ²				
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	Fe		Вариант 1, пр.	Вариант 2, пр. едлаг	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5
1	20	0,19	0,23	0,41	0,006	0,008	0,02	0,01	0,02	0,04	Остальное	7	-	-	-	-	-

2	20	0,20	0,25	0,39	0,01	0,007	0,05	0,01	0,04	0,03		15	-	5	5	2	1
3	20	0,19	0,27	0,39	0,012	0,007	0,03	0,02	0,02	0,04		35	10	18	18	12	10
4	09г2с	0,11	0,68	1,43	0,005	0,008	0,04	0,02	0,02	0,05		8	-	1	0,8	-	-
5	09Г2с	0,10	0,64	1,48	0,010	0,006	0,05	0,03	0,08	0,01		24	13	13	13	12	11

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ СПИРАЛЬНОШОВНЫХ ТРУБ

**Описывается патентом на изобретение Российской Федерации
№ 2224031 «Способ производства электросварных спиральношовных труб
большого диаметра»**

Изобретение обеспечивает повышение эксплуатационной надежности электросварных спиральношовных труб и качества нанесения изоляционного покрытия на поверхность труб.

В процессе производства спиральношовных труб большого диаметра после операций формовки трубной заготовки и ее сварки в трубное изделие производят горячее пластическое деформирование сварного соединения с деформацией металла шва до уровня основного металла трубы и с последующей объемной термической обработкой всей трубы. Горячую пластическую деформацию сварного шва проводят с использованием тепла сварочной ванны в процессе охлаждения закристаллизованного металла шва в диапазоне температур $Ar3+30^{\circ}C - Ar1 +30 C$.

Пример конкретного выполнения способа.

Исследовали свойства основного металла и сварных соединений двух электросварных спиральношовных труб 1020x10 мм, изготовленных из одного рулона горячекатаной стали марки I7ГПС-У, после обработки по следующим вариантам:

вариант 1 - труба после сварки;

вариант 2 - труба после сварки и горячей пластической деформации сварного шва;

вариант 1.1 - труба после сварки и объемной термической обработки;

вариант 2.1 - труба после сварки, горячей пластической деформации сварного шва и объемной термической обработки.

Трубы изготавливали в условиях ОАО “ВТЗ” на трубоэлектросварочном агрегате трубоэлектросварочного цеха (ТЭСЦ), объемную термообработку проводили в промышленных печах ТЭСЦ по следующему режиму: закалка с температур нагрева 930+20 С с охлаждением в водяном спрейерном устройстве и с последующим отпуском с температур 650+10°С. Горячую пластическую деформацию сварного шва проводили с использованием раскатных валков в линии трубоэлектросварочного агрегата после сварки последнего (наружного) шва, его кристаллизации, удаления флюсовой корочки и охлаждения шва до температуры 760+20°С. Степень деформации сварного шва составляла примерно 30%.

В таблице представлены результаты механических испытаний материала труб, изготовленных по четырем вариантам.

Обработка	Основной металл					Сварное соединение			Овальзация торцев труб, %	
	σ_b , Н/мм ²	σ_t , Н/мм ²	δ , %	КСV при $T_{исп}=-20^{\circ}C$, Дж/см ²	Доля вязкой составляющей в изломе образцов ИПГ при $T_{исп}=-20^{\circ}C$	σ_b , Н/мм ²	КСV при $T_{исп}=-20^{\circ}C$, Дж/см ²	Угол загиб а, граду с	Передний конец	Задний конец
В. 1	564	377	22,0	42	30	562	22	140	0,36	0,40
В. 2	562	374	22,5	43	30	571	34	180	0,38	0,42
В. 1.1	653	482	28	120	100	623	40	180	0,78	0,83
В. 2.1	658	479	27,5	122	100	658	56	180	0,48	0,51

Примечание. В таблице представлены средние значения механических характеристик

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СПИРАЛЬНОШОВНЫХ ТРУБ ИЗ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА

Описывается патентом на изобретение Российской Федерации

№ 2227762 «Способ производства спиральношовных труб из листового проката»

Изобретение относится к производству спиральношовных труб для газо- и нефтепроводов и способствует повышению качества, надежности и долговечности получаемых труб.

Способ производства спиральношовных труб из листового проката, включающий сварку листов стыковочным швом в полосу, формовку трубы, сварку спирального шва, порезку трубы на мерные длины и отделку. Трубы изготавливают из стали следующего химического состава, мас. %:

углерод 0,03- 0,15;
кремний 0,1 - 0,7;
марганец 0,6 - 2,0;
ванадий 0,01 - 0,15;
ниобий 0,01 - 0,12;
хром 0,01 - 0,3;
никель 0,01 - 0,6;
медь 0,01 - 0,6;
алюминий 0,01 - 0,1;
титан 0,01 - 0,1;
кальций 0,0005 - 0,02;
азот 0,003 - 0,012;
сера 0,001 - 0,01;
фосфор 0,001 - 0,02;
железо - остальное.

Сварку листов в полосу осуществляют только внутренним стыковочным швом, а длина листов регламентирована математической зависимостью:

$$L_{л} = \frac{L_{мп} + B \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha},$$

где $L_{л}$ - длина листа;

$L_{тп}$ - требуемая длина трубы;

B - ширина листового проката;

α - угол формовки.

Порезку трубы на мерные длины производят с отрезком обечайки, содержащей стыковочный шов. Кроме того, сталь может дополнительно содержать молибден в количестве 0,01-0,5 мас.%.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИЛЬЗ

**Описывается патентом на изобретение Российской Федерации
№ 2245751 «Способ получения гильз»**

Изобретение относится к технологии производства бесшовных труб, в частности, с применением винтовой прокатки и обеспечивает снижение технологических отходов, связанных с образованием внутренних и наружных плен, и повышения точности гильз, получаемых винтовой прокаткой, преимущественно, из непрерывнолитых заготовок.

Способ реализуется следующим образом. Исходная заготовка, преимущественно непрерывнолитая, нагревается до температуры горячей пластической деформации и

подается к трехвалковому стану винтовой прокатки. Заготовка задается и обжимается с диаметра d_0 на диаметр d_1 с в трехвалковом калибре, образованном валками, развернутыми на угол подачи $\beta_{обж}$, имеющими обжимной участок с углом наклона образующей к оси прокатки $\alpha_{обж}$. При этом относительное обжатие составляет $\varepsilon_{обж}=(d_0-d_1)/d_0$. После завершения обжатия и выхода деформированной заготовки из валков, она передается к двухвалковому прошивному стану и прошивается в калибре, образованном оправкой, направляющим инструментом и валками, развернутыми на угол подачи $\beta_{прош}$, имеющими участок прошивки с углом наклона образующей к оси прокатки $\alpha_{прош}$. Прошивка деформированной заготовки в гильзу выполняется с обжатием перед носком оправки $\varepsilon_{прош}=(d_1-d_{но})/d_1$, (где d_1 - расстояние между валками в сечении перед носком оправки). В качестве направляющего инструмента могут применяться линейки, диски или ролики. Обжатие заготовки и последующая прошивка ведутся с соблюдением определяющих соотношений способа:

$$\beta_{обж}/\beta_{прош}=(1,4\div 4,0);$$

$$\alpha_{обж}/\alpha_{прош}=(1,3\div 5,6);$$

$$\varepsilon_{обж}/\varepsilon_{прош}=(1,6\div 6,2).$$