



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 184 155** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **C 21 D 8/10, C 22 C 38/58, C 21 C 7/04**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000114435/02, 05.06.2000
(24) Дата начала действия патента: 05.06.2000
(46) Дата публикации: 27.06.2002
(56) Ссылки: МАТРОСОВ Ю.И., ЛИТВИНЕНКО Д.А., ГОЛОВАНЕНКО С.А. Сталь для магистральных газопроводов. - М.: Metallurgia, 1989, с. 15, с. 230-268. RU 2124570 C1, 10.01.1999. RU 2062793 C1, 27.06.1996. RU 2096495 C1, 20.11.1997. RU 2112049 C1, 27.05.1998. SU 863707, 15.09.1982. DE 36117725 A1, 04.12.1986. US 4400211, 23.08.1983.
(98) Адрес для переписки:
162600, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Мира, 30, ОАО "Северсталь", Нач. упр. техн. развития Ю.В.Луканину

(71) Заявитель:
Открытое акционерное общество "Северсталь"
(72) Изобретатель: Столяров В.И., Шлямнев А.П., Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Зайцев В.В., Чумаков С.М., Филатов М.В., Зинченко С.Д., Загоруйко В.П., Лятин А.Б., Дзарахохов К.З., Голованов А.В., Масленников В.А., Луканин Ю.В., Рябинкова В.К., Тишков В.Я., Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Флорианович Г.М.
(73) Патентообладатель:
Открытое акционерное общество "Северсталь"

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДИСТОЙ ИЛИ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ ТРУБ ПОВЫШЕННОЙ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

(57)
Изобретение относится к металлургии, а именно к производству углеродистых и низколегированных сталей для электросварных труб повышенной коррозионной стойкости, которые могут быть использованы для строительства трубопроводов, транспортирующих агрессивные в коррозионном отношении среды, в частности водные среды, содержащие ионы хлора, сероводород, углекислый газ, механические примеси и другие компоненты. Техническим результатом данного изобретения является повышение коррозионной стойкости стали для электросварных труб при сохранении прочности, вязкости, свариваемости и стоимостных показателей. Технический результат достигается тем, что в известном способе производства углеродистой или низколегированной стали для электросварных труб повышенной коррозионной стойкости, включающем выплавку стали, ее внепечную обработку, непрерывную разливку в слэбы, горячую прокатку на полосы или листы и охлаждение, согласно изобретению выплавляют сталь следующего состава, мас. %: углерод 0,05-0,25%, марганец 0,20-1,70%, кремний 0,20-0,80%, хром 0,01-1,00%, никель 0,01-0,60%, медь 0,01-0,50%, фосфор не более 0,035%, сера не более 0,025%, алюминий 0,01-0,06%, железо и неизбежные

примеси - остальное, причем содержание серы и марганца соответствует условию $(Mn) \cdot (S) < 0,015$, (1), где (Mn) и (S) - содержание марганца и серы соответственно, выраженное в мас.%, внепечную обработку проводят при температуре не ниже 1580 °С, а прокатку слэбов на полосы или листы заканчивают в интервале температур 800-950 °С, также тем, что в процессе внепечной обработки сталь продувают порошком, содержащим кальций, или вводят проволоку, содержащую кальций, для обеспечения содержания кальция в готовом прокате в количестве 0,0001-0,008%, также тем, что в процессе внепечной обработки осуществляют донную продувку жидкой стали инертным газом, причем продолжительность продувки назначают в зависимости от количества введенного в сталь кальция в соответствии с соотношением $T > (18 Ca + 7,5) \pm 20$, (2), где T - продолжительность продувки, мин, Ca - количество кальция, введенного в сталь в процессе внепечной обработки, т, также тем, что после прокатки слэбов на полосы проводят ускоренное охлаждение до температуры не выше 650 °С со скоростью не ниже 2 °С/с с последующей смоткой полос в рулоны, а также тем, что после охлаждения полосы или листы подвергают термической обработке. 4 з.п. ф-лы, 1 табл.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 184 155** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **C 21 D 8/10, C 22 C 38/58, C 21 C 7/04**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2000114435/02, 05.06.2000
 (24) Effective date for property rights: 05.06.2000
 (46) Date of publication: 27.06.2002
 (98) Mail address:
 162600, Vologodskaja obl., g. Cherepovets,
 ul. Mira, 30, OAO "Severstal", Nach. upr.
 tekhn. razvitija Ju.V.Lukaninu

(71) Applicant:
 Otkrytoe aktsionerное obshchestvo "Severstal"
 (72) Inventor: Stoljarov V.I.,
 Shljarnnev A.P., Rodionova I.G., Baklanova
 O.N., Zajtsev V.V., Chumakov S.M., Filatov
 M.V., Zinchenko S.D., Zagorul'ko V.P., Ljatin
 A.B., Dzarakhokhov K.Z., Golovanov
 A.V., Maslennikov V.A., Lukanin
 Ju.V., Rjabinkova V.K., Tishkov
 V.Ja., Reformatskaja I.I., Podobaev
 A.N., Florianovich G.M.
 (73) Proprietor:
 Otkrytoe aktsionerное obshchestvo "Severstal"

(54) **METHOD FOR PRODUCING CARBON STEEL OR LOW-ALLOY STEEL FOR ELECTRIC-WELDED PIPES OF INCREASED CORROSION RESISTANCE**

(57) Abstract:
 FIELD: metallurgy. SUBSTANCE: method involves melting steel and providing processing thereof outside furnace; effecting continuous casting of steel in slabs, hot sheet or strip rolling and cooling. Resultant steel contains, wt. %: carbon, 0.05-0.25; manganese, 0.20-1.70; silicon, 0.20-0.80; chromium, 0.01-1.00; nickel, 0.01-0.60; copper, 0.01-0.50; phosphorus, less than 0.035; sulfur, not more 0.025; aluminum, 0.01- 0.06; iron and bound contaminants, the balance. Sulfur and manganese content meets the requirement of (Mn)x(S) <0.015, (1), where (Mn) and (S) is content of manganese and sulfur, respectively, expressed in wt.%. Processing outside furnace is conducted at temperature above 1.580 C. Rolling of slabs into strips or sheets is terminated within temperature range of 800-950 C. During outside furnace steel processing, steel is blown with powder containing calcium, or alternatively wire containing calcium is introduced for

providing calcium content in ready rolled product in an amount of 0.0001-0.008%. Also bottom blowing with inert gas is provided for time depending upon amount of calcium introduced into steel in accordance with ratio: $T > (18 Ca + 7.5) \pm 20$, (2), where T is blowing time, min; Ca is amount of calcium introduced into steel during outside furnace steel processing, t. Rolled strips are cooled in accelerated mode to temperature below 650 C at cooling rate exceeding 2 C/s, with following winding of strips into rolls. Cooled strips or sheets are subjected to thermal treatment. Method is used for producing steel for constructing pipelines adapted for conveyance of corrosive media, in particular, aqueous media containing chloride ions, hydrogen sulfide, carbon dioxide, mechanical contaminants and other components. EFFECT: increased corrosive resistance of steel and strength, toughness, weldability and reduced production cost. 5 cl, 1 tbl

RU 2 184 155 C 2

RU 2 184 155 C 2

Изобретение относится к металлургии, а именно к производству углеродистых и низколегированных сталей для электросварных труб повышенной коррозионной стойкости, которые могут быть использованы для строительства трубопроводов, транспортирующих агрессивные в коррозионном отношении среды, в частности водные среды, содержащие ионы хлора, сероводород, углекислый газ, механические примеси и другие компоненты. Такие трубы могут быть использованы для строительства трубопроводов систем нефтесбора, теплотрасс, газо- и нефтепроводов и для других назначений. Обычные стали в таких условиях могут быть подвержены общей и локальной коррозии, коррозионному растрескиванию под напряжением, в том числе сероводородному, водородному охрупчиванию, коррозионной эрозии, что, в свою очередь, приводит к сквозным коррозионным повреждениям трубопровода. Поэтому основными требованиями, предъявляемыми к таким сталям, должны быть их высокая стойкость против различных видов коррозионного и коррозионно-механического разрушения при достаточной прочности, необходимой для трубопроводов, работающих под давлением, а также удовлетворительной свариваемости и вязкости. Учитывая, что рассматриваемые трубопроводы имеют значительную протяженность, что связано с необходимостью использования значительных объемов труб, стоимость такой металлопродукции должна быть сравнительно низкой, что исключает возможность использования сталей, содержащих значительные количества дорогостоящих легирующих элементов, и высокое качество должно достигаться на экономичных углеродистых или низколегированных сталях путем оптимизации технологии их производства. Учитывая, что на коррозионную стойкость углеродистых и низколегированных сталей кроме химического состава оказывают влияние параметры микроструктуры стали, количество, состав и свойства неметаллических включений, способ производства стали для электросварных труб должен предусматривать минимальное легирование стали в процессе выплавки, обеспечение высокой степени чистоты по неметаллическим включениям, влияющим на коррозию, а также формирование определенной микроструктуры, наименее опасной с точки зрения протекания коррозионных процессов.

Известен традиционный способ производства трубных нелегированных или низколегированных сталей, включающий выплавку, разливку в изложницы или непрерывную разливку в слябы и с последующей горячей обработкой давлением и термической обработкой (Стальные трубы. Справ. изд. Пер. с нем. / Под ред. Д.Шмидта. М.: Металлургия, 1982, с. 20-38). Получаемые при этом стали - углеродистые типа стали 20 по ГОСТ 1050 или низколегированные типа 09Г2С по ГОСТ 19282 и трубы из них имеют достаточную прочность и свариваемость при низкой стоимости. Однако стойкость стали и труб из нее в воде, грунте, влажной

атмосфере и ряде других сред против общей и точечной коррозии, а также против коррозионного растрескивания и водородного охрупчивания, как правило, является очень низкой. Для теплотрасс и трубопроводов систем нефтесбора реальные сроки эксплуатации во многих случаях не превышают 1-3 лет.

Известны способы получения сталей, стойких против водородного охрупчивания, типа стали 20ЮЧ, включающий выплавку, последующее модифицирование алюминием и редкоземельными элементами и прокатку на лист (Зикеев В.Н. Новые конструкционные стали, стойкие против водородного охрупчивания. Сталь, 3, 1982, с. 64-67). Использование таких сталей с определенной микроструктурой позволяет обеспечить высокий уровень стойкости против водородного охрупчивания при удовлетворительной прочности и свариваемости. Однако они не обладают требуемой стойкостью против локальной коррозии в виде язв и питтингов, которая представляет наибольшую опасность для многих видов трубопроводов.

Известен способ производства стали повышенной коррозионной стойкости, включающий выплавку стали в электропечи, ее легирование хромом до его содержания 12% и более с последующей прокаткой и термообработкой (Краткий справочник электросталеваара: Справ. изд. Каблуковский А.Ф., Молчанов О.Е., Каблуковская М.А., М.: Металлургия, 1994, 352 с.). Высокая стоимость такой стали из-за повышенного содержания хрома и других легирующих элементов ограничивает ее использование для труб массового назначения.

Известен способ производства трубной стали, стойкой в среде сероводорода, включающий выплавку стали в электропечи, выпуск расплава в ковш с отсечкой шлака, рафинирование в процессе выпуска и доводки стали на установке печь-ковш введением в расплав алюминия в виде двух порций, марганецсодержащего материала, извести, плавикового шпата по определенной схеме и продувку аргоном с интенсивностью 0,05-0,35 м³/т мин на каждый 1 кг/т смеси с последующим модифицированием при регламентированном составе смеси (Патент РФ 2101367, МПК С 21 С 7/076, опубл. 10.01.98). При этом получают сталь, стойкую в среде сероводорода, однако стойкость ее против точечной коррозии в ряде сред, в частности в водных средах, содержащих ионы хлора, недостаточна. Кроме того, обязательная выплавка стали в электропечи с последующей сложной обработкой на установке печь-ковш, приводит к существенному удорожанию стали и труб, что для трубопроводов массового назначения нежелательно.

Прототипом заявленного изобретения является способ производства углеродистых или низколегированных сталей для электросварных труб повышенной коррозионной стойкости, включающий выплавку стали, ее внепечную обработку, непрерывную разливку в слябы и горячую прокатку на полосы или листы (Матросов Ю.И., Литвиненко Д.А., Голованенко С.А. Сталь для магистральных газопроводов. М.: Металлургия, 1989, с. 15, с. 230-268). При

этом получают стали с высокой прочностью, вязкостью, свариваемостью, а также стойкостью против коррозии в среде влажного сероводорода, в частности против сероводородного растрескивания, а также удовлетворительную стойкость против общей и питтинговой коррозии в некоторых средах. Однако стойкость против локальной коррозии в водных средах, содержащих ионы хлора, и в некоторых других недостаточно высока.

Задача, решаемая с помощью данного изобретения, заключается в обеспечении коррозионной стойкости, прочности, вязкости и свариваемости стали и электросварных труб при их низкой стоимости.

Техническим результатом данного изобретения является повышение коррозионной стойкости стали для электросварных труб при сохранении прочности, вязкости, свариваемости и стоимостных показателей.

Технический результат достигается тем, что в известном способе производства углеродистой или низколегированной стали для электросварных труб повышенной коррозионной стойкости, включающем выплавку стали, ее внепечную обработку, непрерывную разливку в слябы, горячую прокатку на полосы или листы и охлаждение, согласно изобретению выплавляют сталь следующего состава, мас. %:

Углерод - 0,05-0,25,

Марганец - 0,20-1,70

Кремний - 0,20-0,80

Хром - 0,01-1,00

Никель - 0,01-0,60

Медь - 0,01-0,50

Фосфор - Не более 0,035

Сера - Не более 0,025

Алюминий - 0,01-0,06

Железо и неизбежные примеси - Остальное

причем содержание серы и марганца соответствует условию:

$(Mn) \cdot (S) < 0,015; (1)$

где (Mn) и (S) - содержание марганца и серы соответственно, выраженное в массовых процентах,

внепечную обработку проводят при температуре не ниже 1580°C,

а прокатку слябов на полосы или листы заканчивают в интервале температур 800-950 °C,

также тем, что в процессе внепечной обработки сталь продувают порошком, содержащим кальций, или вводят проволоку, содержащую кальций, для обеспечения содержания кальция в готовом прокате в количестве 0,0001-0,008%,

также тем, что в процессе внепечной обработки осуществляют донную продувку жидкой стали инертным газом, причем продолжительность продувки назначают в зависимости от количества введенного в сталь кальция в соответствии с соотношением:

$T > (18Ca + 7,5) \pm 20; (2)$

где T - продолжительность продувки, мин, Ca - количество кальция, введенного в сталь в процессе внепечной обработки, т,

также тем, что после прокатки слябов на полосы проводят ускоренное охлаждение до температуры не выше 650°C со скоростью не ниже 2°C/сек с последующей смоткой полос в

рулоны,

а также тем, что после охлаждения полосы или листы подвергают термической обработке.

5 Суть изобретения состоит в следующем. Определенный химический состав стали играет решающую роль в обеспечении механических свойств стали и труб - прочности, вязкости, а также свариваемости и коррозионной стойкости.

10 Содержание углерода и марганца в предлагаемых пределах позволяет получать требуемый уровень прочности стали без снижения ее коррозионной стойкости и свариваемости.

15 Содержание кремния и алюминия в предлагаемых пределах определяет необходимую степень раскисленности стали при незначительном количестве оксидов, отрицательно влияющих на коррозионную стойкость стали.

20 Присутствие в стали хрома, никеля и меди положительно влияет на стойкость стали против общей коррозии и против питтинговой коррозии в некоторых средах.

Ограничение содержания фосфора и серы связано с необходимостью обеспечить

25 определенный уровень вязкости стали и труб. Дополнительное ограничение содержания серы в зависимости от содержания марганца позволяет избежать присутствия в стали значительного количества сульфидов марганца, отрицательно влияющих на вязкость стали и на ее стойкость против питтинговой коррозии.

30 Ограничение температуры внепечной обработки позволяет обеспечить высокую чистоту стали по коррозионно-активным неметаллическим включениям. Ограничение

35 плотности коррозионно-активных неметаллических включений, выявляемых специальными методами (Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Флорианович Г.М. и Ащеулова И.И. Оценка стойкости низкоуглеродистых трубных сталей при коррозии в условиях

40 теплотрасс. Защита металлов, 1999 г., т. 35, 1, с. 8-16; заявка РФ на изобретение 99101963/28, (002277, патент 2149400, G 01 N 33/20, 20.05.2000. Способ контроля качества

45 стальных изделий (его варианты), решение о выдаче патента на изобретение от 20.12.99), в наибольшей степени ускоряющих локальную коррозию в водных средах, содержащих ионы хлора, а также процессы коррозионной эрозии, позволяет существенно уменьшить скорости указанных процессов и

50 повысить долговечность трубопроводов. Окончание прокатки в интервале температур 800-950°C позволяет получить перед охлаждением проката равномерную

55 мелкозернистую структуру аустенита, которая благоприятно влияет на структуру, формирующуюся в процессе последующего охлаждения, и определяет получение высоких механических свойств и коррозионной

60 стойкости. При обработке стали кальцием для обеспечения его содержания в указанных пределах происходит модифицирование сульфидных включений, что дополнительно повышает характеристики вязкости стального проката и труб.

Продувка инертным газом продолжительностью, зависящей от количества введенного кальция, вызвана

необходимостью дополнительно ограничить плотность коррозионно-активных неметаллических включений в случае обработки стали кальцием.

Соблюдение определенных режимов охлаждения полос и их смотки необходимо для формирования в стали мелкодисперсной феррито-перлитной структуры с номером зерна феррита не менее 8 (ГОСТ 5639), что позволяет дополнительно повысить стойкость стали против локальной коррозии и ее вязкость.

Термическая обработка проката приводит к формированию равномерной структуры - феррито-перлитной с определенной морфологией перлита или структуры отпущенного мартенсита. Формирование в стали таких структур приводит к дополнительному повышению коррозионной стойкости, определяет требуемый уровень прочности и вязкости.

Примеры конкретного выполнения способа Четыре варианта сталей - 1 углеродистая и 3 низколегированные были выплавлены в 300-тонном кислородном конвертере ОАО "Северсталь", подвергнуты внепечной обработке и разлиты в слябы сечением 250x1450 мм, которые затем прокатывали на непрерывном широкополосном стане "2000" на полосы толщиной 6 мм с различными температурами конца прокатки и смотки. Были опробованы следующие варианты:

вариант 1 - углеродистая сталь, содержащая 0,19% углерода; 0,35% кремния; 0,48% марганца; 0,009% фосфора; 0,015% серы; 0,10% хрома; 0,05% никеля; 0,15% меди и 0,05% алюминия, при значении $(Mn) \cdot (S) = 0,0072$, без обработки кальцийсодержащими компонентами, температура конца прокатки составила 900 °С, далее охлаждение душированием со скоростью 3°С/с до температуры смотки 650 °С (соответствует п. 1 и п.4 формулы изобретения). В готовом прокате плотность коррозионно-активных неметаллических включений составила 2 штуки в 1 мм³, при этом сталь имела феррито-перлитную структуру с номером зерна феррита - 9,

вариант 2 - низколегированная сталь, содержащая 0,10% углерода; 0,30% кремния, 1,47% марганца, 0,010% фосфора; 0,004% серы; 0,07% хрома; 0,08% никеля; 0,10% меди, 0,04% алюминия, при значении $(Mn) \cdot (S) = 0,006$, обработанная в процессе внепечной обработки при температуре 1580 °С порошком силикокальция в количестве 750 кг с последующей донной продувкой аргоном в течение 30 минут для обеспечения содержания кальция в готовом прокате - 0,003%, температура конца прокатки составила 900°С, далее охлаждение душированием со скоростью 4°С/с до температуры смотки 630°С (соответствует п.2, 3 и 4 формулы изобретения). При этом плотность коррозионно-активных неметаллических включений составила 2-3 штуки в 1 мм³, а сталь имела феррито-перлитную структуру с номером зерна феррита - 10,

вариант 3 - низколегированная сталь, содержащая 0,09% углерода, 0,58% кремния, 1,0% марганца, 0,014% фосфора, 0,011% серы, 0,01% хрома, 0,10% никеля, 0,20%

меди, 0,05% алюминия, 0,001% кальция, при значении $(Mn) \cdot (S) = 0,011$, обработанная при 1550°С порошком силикокальция в количестве 750 кг с последующей донной продувкой аргоном в течение 3 минут, температура конца прокатки составила 950 °С, далее охлаждение душированием до температуры смотки 610°С (не соответствует формуле изобретения - по температуре обработки кальцийсодержащими компонентами и продолжительности продувки аргоном). При этом плотность коррозионно-активных неметаллических включений составила 10-12 штук в 1 мм³, а сталь имела феррито-перлитную структуру с номером зерна феррита 10,

вариант 4 - низколегированная сталь, содержащая 0,11% углерода, 0,23% кремния, 1,49% марганца, 0,015% фосфора, 0,015% серы, 0,03% хрома, 0,08% никеля, 0,09% меди, 0,05% алюминия, при значении $(Mn) \cdot (S) = 0,022$, без обработки кальцийсодержащими компонентами, температура конца прокатки 890°С, далее охлаждение душированием до температуры смотки 720°С (не соответствует формуле изобретения по значению температуры смотки). При этом плотность коррозионно-активных неметаллических включений составляла 2 штуки в 1 мм³, а сталь имела феррито-перлитную структуру с номером зерна феррита 6.

Кроме того, образцы проката, полученного по варианту 2, подвергали термической обработке: закалке от температуры 920°С и отпуску при температуре 680°С - вариант 5 (соответствует п.5 формулы изобретения), при этом была получена структура отпущенного мартенсита.

Из стального проката указанных вариантов формовкой и сваркой токами высокой частоты изготавливали прямошовные трубы и трубные образцы диаметром 219 и 159 мм. Для сталей всех вариантов при изготовлении труб и трубных образцов отмечена удовлетворительная свариваемость. На образцах, отобранных от проката и от труб, проводили комплексные механические и коррозионные испытания - на растяжение по ГОСТ 1497, на ударную вязкость при температуре минус 40°С по ГОСТ 9455, а также специальные коррозионные испытания по методикам, разработанным НИФХИ им. Л.Я.Карпова:

методика 1 - определяли скорость развития питтингов в горячей воде (паре) при температуре 135±15°С, содержащей 50 мг/л хлор-иона, 50 мг/л сульфат-иона и 20 мг/л кислорода, рН 8,5-9,5, длительность натуральных испытаний - 10 месяцев (использовали методику определения скорости локальной коррозии, предложенную в работе 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 теплотсети. Защита металлов. 1999, т. 35, 6, с. 653-655);

методика 2 - 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 40 °С, а также скорости локальной и общей коррозии (методики 1 и 2 соответственно) для рассмотренных четырех вариантов сталей представлены в таблице.

Видно, что варианты 1, 2 и 5, соответствующие формуле изобретения, обеспечивают высокие механические характеристики и коррозионную стойкость стального проката и труб.

Использование термической обработки (вариант 5) приводит к некоторому дополнительному повышению коррозионной стойкости и механических свойств, однако при этом несколько возрастает стоимость стали и труб. Поэтому вопрос о необходимости термической обработки должен решаться в зависимости от конкретных условий эксплуатации труб и возможностей потребителя.

При наличии в стали значительного количества коррозионно-активных неметаллических включений 10-12 штук в 1 мм³ для варианта 3 скорость локальной коррозии возрастает более чем в 3 раза, скорость общей коррозии - в 1,5-2 раза. Пониженная коррозионная стойкость стали в присутствии коррозионно-активных неметаллических включений и является основной причиной досрочных выходов из строя трубопроводов систем нефтесбора и теплотрасс.

Повышенное значение произведения (Mn)•(S) для стали варианта 4, а также присутствие в ее структуре крупнозернистого феррита является причиной пониженной коррозионной стойкости стали по сравнению с вариантами 1 и 2. Кроме того, такая структура приводит к пониженным значениям ударной вязкости.

Таким образом, использование настоящего предложения существенно повышает коррозионную стойкость углеродистых и низколегированных сталей при сохранении их прочности, вязкости, свариваемости и стоимости. В конечном итоге это приведет к значительному повышению срока безаварийной эксплуатации трубопроводов.

Формула изобретения:

1. Способ производства углеродистой или низколегированной стали для электросварных

труб повышенной коррозионной стойкости, включающий выплавку стали, ее внепечную обработку, непрерывную разливку в слябы, горячую прокатку на полосы или листы и охлаждение, отличающийся тем, что выплавляют сталь следующего состава, мас. %:

Углерод - 0,05-0,25
Марганец - 0,20-1,70
Кремний - 0,20-0,80

Хром - 0,01-1,00
Никель - 0,01-0,60
Медь - 0,01-0,50

Фосфор - Не более 0,035
Сера - Не более 0,025
Алюминий - 0,01-0,06

Железо и неизбежные примеси - Остальное

причем содержание серы и марганца соответствует условию

$(Mn) \cdot (S) < 0,015$,

где (Mn) и (S) - содержание марганца и

серы, соответственно выраженные в мас. %,

внепечную обработку проводят при температуре не ниже 1580°С,

а прокатку слябов на полосы или листы закачивают в интервале температур 800-950 °С.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в процессе внепечной обработки сталь продувают порошком, содержащим кальций, или вводят проволоку, содержащую кальций, для обеспечения содержания кальция в готовом прокате в количестве 0,0001-0,008%.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что в процессе внепечной обработки осуществляют продувку жидкой стали инертным газом, причем продолжительность продувки назначают в зависимости от количества введенного в сталь кальция в соответствии с соотношением

$T > (18 Ca + 7,5) \pm 20$,

где T - продолжительность продувки, мин,

Ca - количество кальция, введенного в сталь в процессе внепечной обработки, т.

4. Способ по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что после прокатки слябов на полосы проводят охлаждение до температуры не выше 650°С со скоростью не ниже 2°С/с с последующей смоткой полос в рулоны.

5. Способ по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что после охлаждения полосы или листы подвергают термической обработке.

RU 2184155 C2

RU 2184155 C2

Механические свойства и коррозионная стойкость сталей для пяти вариантов способа производства

Вариант	Предел текучести, σ_T , Н/мм ²	Временное сопротивление σ_b , Н/мм ²	Ударная вязкость КСU ₋₄₀ с, Дж/см ²	Скорость локальной коррозии, мм/год (методика 1)	Скорость общей коррозии гкм ² /час (методика 2)
1	335	470	115	0,3 – 0,5	0,05
2	360	510	210	0,3 – 0,5	0,07
3	340	480	190	1,3 – 1,6	0,14
4	320	470	30	0,8 – 1,0	0,09
5	390	540	220	0,2 – 0,3	0,05