**Чурилова Татьяна Валерьевна. Повышение долговечности изделий с гибкими металлическими оболочками из хромоникелевых сталей типа 18-10 : Дис. ... канд. техн. наук : 05.02.01 : Уфа, 2004 135 c. РГБ ОД, 61:04-5/2733**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**На правах рукописи ЧУРИЛОВА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА**

**ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ С ГИБКИМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ОБОЛОЧКАМИ ИЗ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ**

**СТАЛЕЙ ТИПА 18-10**

**Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**Специальность 05.02.01 - Материаловедение (Машиностроение в нефтегазовой отрасли)**

**Научный руководитель:**

**доктор технических наук, профессор И.Г. Абдуллин**

**Уфа 2004**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР
   1. Применение гибких металлических трубопроводов из сталей типа 18-10 в нефтегазовом комплексе
   2. Коррозионное поведение и особенности применения сталей типа 18-10 и их сварных соединений в средах нефтегазовой, нефтепе­рерабатывающей и химической промышленности
   3. Ингибирование коррозии и коррозионно-механического раз­рушения сталей типа 18-10
2. МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ, ФИЗИКО­

МЕХАНИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

* 1. Электрохимические поляризационные исследования
  2. Методика малоцикловых коррозионно-усталостных испыта­ний
  3. Металлографические, микро- и макроскопические исследова­ния
  4. Исследования микротвердости
  5. Определение остаточной индукции

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, КОРРОЗИОННОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И КОРРОЗИОННО­УСТАЛОСТНОГО ПОВЕДЕНИЯ СТАЛЕЙ 12Х18Н10 И 12Х18Н10Т
   1. Исследование физико-механических свойств стали 12Х18Н10
   2. Исследование коррозионно-электрохимического и коррозион- но-усталостного поведения стали 12Х18Н10
   3. Влияние сортамента и состояния поставки на малоцикловую долговечность сталей 12Х18Н10 и 12Х18Н10Т

Выводы

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, КОРРОЗИОННО-УСТАЛОСТНОГО ПОВЕДЕНИЯ И

МИКРОСТРУКТУРЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ

12Х18Н10Т

* 1. Исследование коррозионно-усталостного и электрохимическо­го поведения, физико-механических свойств сварных соединений ста­ли 12Х18Н10Т
  2. Расчетно-графический метод определения ресурса сильфон- ных компенсаторов тепловых перемещений теплопроводов

Выводы

1. ПРИМЕНЕНИЕ КУБОВОГО ОСТАТКА ПРОИЗВОДСТВА СЖК В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРА МАЛОЦИКЛОВОГО КОРРОЗИОННО-УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ СТАЛИ

12Х18Н10 В УСЛОВИЯХ АНОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

ЛИТЕРАТУРА

ПРИЛОЖЕНИЕ

**ВВЕДЕНИЕ. АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**

В последние годы в связи с конверсией оборонной промышленности су­щественно возросло использование ее изделий в народном хозяйстве России. Одним из основных конструкционных материалов для их изготовления яв­ляются хромоникелевые нержавеющие стали. Высвобождение этого вида конструкционных материалов позволило разработать и наладить выпуск но­вых изделий для различных отраслей промышленности. Типичным примером может служить использование конструкций с гибкими металлическими обо­лочками (ГМО) в нефтегазовой отрасли в качестве: сильфонов; шлангов для разлива и транспортировки нефти, нефтепродуктов и агрессивных сред; гиб­ких трубопроводов при шельфовой добыче для подачи нефти или газа на за­грузочные терминалы и для соединения подводного устьевого оборудования с контрольными линиями; гибких узлов в системах водоспуска плавающих крыш резервуаров, а также в виде гибких напорных нефтегазовых трубопро­водных систем. Изделия с ГМО применяют также в схожих условиях экс­плуатации и в других отраслях промышленности, например в теплоэнергети­ке, в качестве компенсаторов тепловых и монтажных перемещений тепло­проводов.

В ходе эксплуатации в металле наиболее нагруженных участков гофри­рованных оболочек изделий с ГМО (выступы и впадины гофра) возникают упругопластические деформации, которые, вследствие изменения внешних и внутренних факторов, носят переменный характер. Анализ отказов этих из­делий свидетельствует о коррозионно-механической природе разрушения, механизм которого включает зарождение и развитие усталостной трещины по периметру гофра и дальнейшую потерю герметичности.

Таким образом, долговечность и надежность нефтегазовых систем во многом определяются коррозионными, коррозионно-механическими и кор- розионно-усталостными свойствами сталей типа 18-10.

Несмотря на то, что исследованию данной группы сталей посвящено большое количество работ, некоторые вопросы до сих пор остаются откры­тыми. В частности, недостаточно изучены электрохимическое поведение ста­ли при затруднении доступа к ее поверхности пассивирующих агентов (в ос­новном кислорода воздуха) в условиях щелевой коррозии; влияние питтин- гообразующих хлорид-ионов, анодной поляризации блуждающими токами и нестационарных режимов нагружения на коррозионно-усталостную долго­вечность сталей типа 18-10 и их сварных соединений.

Работа выполнялась в рамках Государственных научно-технических программ АН РБ «Наукоемкая техника и технологии для машиностроения Республики Башкортостан» и «Машиноведение, конструкционные материа­лы и технологии».

Целью диссертационной работы является разработка и усовершенст­вование методов и средств повышения долговечности изделий с ГМО на ос­нове исследования коррозионного и коррозионно-механического поведения сталей типа 18-10 и их сварных соединений.

Основные задачи исследования

1. Исследование коррозионно-усталостного поведения сталей типа 18-10 в условиях их анодной поляризации полями блуждающих токов при эксплуатации изделий с ГМО и совершенствование на этой основе методов расчета их долговечности.
2. Исследование влияния режимов микроплазменной и контактно­роликовой сварки гибкой части изделий с ГМО на коррозионную стойкость и коррозионно-усталостную долговечность сварных соединений сталей типа 18-10.
3. Исследование возможности повышения ресурса изделий с ГМО из сталей типа 18-10 путем ингибирования общей и питгинговой коррозии, а также их коррозионно-усталостного разрушения в условиях анодной поляри­зации блуждающими токами.

**Научная новизна**

1. Впервые установлено существенное, в 2-4 раза, снижение коррозион­ной стойкости и коррозионно-усталостной долговечности стали 12Х18Н1 ОТ и ее сварных соединений, полученных микроплазменной и контактно­роликовой сваркой, в условиях воздействия блуждающих токов различной амплитуды.
2. Обосновано использование связующего литейного марки КО по ТУ 38.1071277-90 в качестве ингибитора общей и питтинговой коррозии, а также коррозионно-усталостного разрушения стали 12X18Н10 со степенью защиты не менее 98 % и 1,5-2,0 соответственно, в условиях анодной поляризации.

**На защиту выносятся** результаты исследования коррозионного и кор­розионно-усталостного поведения сталей типа 18-10 и их сварных соедине­ний, совершенствование на этой основе методов расчета долговечности изде­лий с ГМО и повышение их ресурса путем рационального выбора режимов сварки и методов ингибиторной защиты от питтинговой коррозии и коррози­онно-усталостного разрушения при действии блуждающих токов.

**Практическая значимость и реализация работы**

Определенные коэффициенты влияния коррозионно-активной среды и анодной поляризации на коррозионно-усталостную долговечность гибких металлических оболочек из сталей типа 18-10 используются в ЛПДС Нурли- но Черкасского НУ ОАО «Урапсибнефтепровод» при расчете действительно­го срока эксплуатации гибкой части компенсирующих систем приемо­раздаточных трубопроводов на резервуарах в зависимости от условий их экс­плуатации.

Разработанный расчетно-графический метод определения ресурса силь- фонных компенсаторов тепловых перемещений теплопроводов (узлов ком­пенсационных металлорукавных) для различных условий эксплуатации ис­пользуются в «Тепловых сетях» ОАО «Башкирэнерго» для определения сро­ка службы сильфонных компенсаторов в зависимости от места их располо­жения и амплитуды блуждающих токов.

Апробация работы

Основные положения и результаты работы докладывались на научно- технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ (Уфа, 2000-2003 гг.); Межрегиональной научно-методической кон­ференции «Проблемы нефтегазовой отрасли» (Уфа, декабрь 2000 г.); III и IV Конгрессах нефтегазопромышленников России (Уфа, май 2001 г. и май 2003 г.); конференциях отделения технических наук АН РБ «Технические проблемы развития машиностроения в Башкортостане» (Уфа, декабрь 2001 г.) и «Инновационные проблемы развития машиностроения в Башкортоста­не» (Уфа, декабрь 2003 г.); учебно-научно-технической межотраслевой кон­ференции «Коррозия металлов: диагностика, предупреждение, защита и ре­сурс» (Уфа, январь 2002 г.); Международной научно-технической конферен­ции «Трубопроводный транспорт — сегодня и завтра» (Уфа, ноябрь 2002 г.); II Всероссийской научно-практической конференции «Инновации в машино­строении» (Пенза, октябрь 2002 г.);, IV Межрегиональной молодежной кон­ференции «Севергеоэкотех-2003» (Ухта, март 2003 г.); Научно-практической конференции «Нефтепереработка и нефтехимия-2003» (Уфа, май 2003 г.); II Всероссийской учебно-научно-методической конференции «Реализации го­сударственных образовательных стандартов при подготовке инженеров- механиков: проблемы и перспективы» (Уфа, декабрь 2003 г.); II Междуна­родной научно-практической конференции «Новоселовские чтения» (Уфа, март 2004 г.).

Публикации

По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, из них 11 статей и 5 тезисов докладов.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных вы­водов; содержит 135 страницы машинописного текста, 8 таблиц, 34 рисунка,

библиографический список использованной литературы из 151 наименова­ния.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и основные задачи, научная новизна и практическая ценность результатов про­веденных исследований.

Первая глава посвящена аналитическому обзору коррозионно­механического поведения и коррозионной стойкости аустенитных хромони­келевых сталей типа 18-10 и их сварных соединений в агрессивных средах нефтегазовой, нефтеперерабатывающей промышленности, отраслях топлив­но-энергетического комплекса; а также вопросам ингибирования коррозии сталей типа 18-10 в этих средах.

Во второй главе приведено описание использованных в диссертации известных и разработанных с участием соискателя методов исследований.

В третьей главе представлены результаты исследования коррозионно­электрохимического, коррозионно-усталостного поведения и физико­механических свойств сталей 12Х18Н10 и 12Х18Н10Т.

В четвертой главе представлены результаты сравнительных исследова­ний коррозионно-усталостного поведения, микроструктуры и физико­механических свойств сварных соединений, полученных микроплазменной и контактно-роликовой сваркой стали 12Х18Н10Т в диапазонах регламенти­руемых режимов сварки, используемых для изготовления гибкой части изде­лий с ГМО.

Пятая глава посвящена исследованию возможности повышения ресурса сильфонных компенсаторов тепловых перемещений путем ингибирования коррозии и коррозионно-усталостного разрушения в условиях эксплуатации при воздействии анодной поляризации блуждающими токами.

Автор выражает благодарность кандидату технических наук Давыдову Сергею Николаевичу как научному консультанту.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе анализа проведенных исследований получена графическая трехмерная зависимость, позволяющая определять малоцикловую долговечность сталей 12Х18Н10 и 12Х18Н10Т с учетом их прочности и пластичности в состоянии поставки. Определена область потенциалов блуждающих токов (менее минус 0,1 В по МЭС), п которой сильфонные компенсаторы из сталей типа 18-10 не подвержены коррозии в течение гарантированного срока эксплуатации.
2. Показано неоднозначное влияние скорости микроплазменной сварки и частоты импульсов тока контактно-роликовой сварки гибкой части металлорукавов на коррозионно-усталостную долговечность и коррозионную стойкость сварных швов стали 12Х18Н10Т. В диапазонах регламентируемых режимов микроплазменной и контактно-роликовой сварки, используемых для изготовления гибкой части изделий с ГМО, установлены области рабочих параметров, позволяющие получать сварные соединения с наибольшей коррозионно-усталостной долговечностью в условиях анодной поляризации (скорость 70-80 м/ч при микроплазменной сварке и частота 25 имп./мин при контактно-роликовой).
3. Установлена целесообразность использования связующего литейного марки КО по ТУ 38.1071277-90 в качестве ингибитора коррозии и коррозионно-усталостного разрушения сильфонных компенсаторов тепловых перемещений трубопроводов канальной прокладки при воздействии анодной поляризации блуждающими токами. Показано, что связующий литейный снижает скорость общей коррозии и питтингообразования (степень защиты не менее 98 %), а также увеличивает в 1,5-1,7 раза усталостную и коррозионно-усталостную долговечность изделий с ГМО при умеренных режимах нагружения (2е=0,7-0,8 %) в условиях внешней анодной поляризации.
4. Разработан расчетно-графический метод определения долговечности гибкой части сильфонных компенсаторов из сталей типа 18-10 в зависимости от конкретных условий эксплуатации и типоразмера компенсатора.

C:\Users\Pavel\AppData\Local\AppData\Local\Temp\FineReader11.00\media\image48.jpeg

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурцев К.Н. Металлические сильфоны. М: Машгиз, 1963. - 163 с.
2. Андреева Л.Е., Беседа А.М., Богданова Ю.А. Сильфоны. Расчет и проек­тирование. М.: Машиностроение, 1975. — 156 с.
3. Гусенков А.П., Лукин Б.Ю., Шустов B.C. Унифицированные гибкие эле­менты трубопроводов: Справочное пособие. - М.: Издательство стандартов, 1988.-296 с.
4. Абдуллин И.Г., Гареев А.Г., Мостовой А.В. Коррозионно-механическая стойкость нефтегазовых трубопроводных систем: диагностика и прогнозирова­ние долговечности. Уфа: Гилем, 1997.- 177 с.
5. Любушкин В.В., Коновалов Н.И. Водоспуск плавающих крыш резервуа­ров с использованием гибких металлических трубопроводов// Сооружение и ремонт газопроводов и газонефтехранилищ: Сб. науч. тр. - Уфа: Изд-во УГ- НТУ, 2002. - С. 207-209.
6. Пат.2109669. Водослив плавающих крыш резервуаров/ Шаммазов А.М., Любушкин В.В., Коновалов Н.И., Вахитов А.М.// БИ. - 1998. - №12. - С.211.
7. Пат. 2119880. Водослив плавающих крыш резервуаров// Шаммазов А.М., Любушкин В.В., Коновалов Н.И., Вахитов А.М.// БИ. - 1998. - №28. - С. 245.
8. Давыдов С.Н. Особенности коррозионно-механического поведения не­ржавеющих аустенитных хромоникелевых сталей в условиях воздействия блу­ждающих токов// Коррозия металлов: диагностика, предупреждение, защита и ресурс: Сб. науч. тр. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. - С. 8-15.
9. Бабкина В.Ю., Чуб Е.Г., Васильева И.К., Гапунина О.В., Коган Е.О. Ис­следование коррозионной стойкости конструкционных материалов в среде про­изводства каустической соды// Химическое и нефтяное машиностроение. -
10. №2.-С. 22-24.

Ю.Разопраев В.П., Константинова Е.В., Коррозионное и электрохимическое поведение конструкционных материалов в условиях регенерации азотной ки­слоты// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1981. - №1. - С. 21-23.

П.Никоноров Д.Н., Кимова Т.В., Пронченко JI.A. Коррозионная стойкость конструкционных материалов в средах озонирования природных вод// Химиче­ское и нефтяное машиностроение. - 1981. - № 11. - С. 39- .

1. Валикова И.Г., Маннанов Р.Г., Петрова Т.В. Выбор коррозионно-стойких материалов для изготовления промышленного оборудования// Химическое и нефтяное машиностроение. — 1994. - №5. — С.23-27.
2. Друх Ц.Л. Давыденко Н.М., Гитис Э.Б., Стригунов Ф.И. и др. исследова­ние коррозионной стойкости конструкционных материалов в средах производ­ства углекислого стронция солянокислотным методом// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1978. - №4. — С. 22-23.

Н.Кильчевская Т.Е., Анохина Т.П. Коррозионная стойкость конструкцион­ных материалов в средах производства уксусной кислоты из углеводорода// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1979. -№11. — С. 24-26.

1. Медведева М.А., Дьяков В.Г., Максимова Г.Ф. Поведение стали 12Х18Н10Т в условиях производства первичных спиртов// Химическое и неф­тяное машиностроение. - 1987. - №10. - С. 28-29.
2. Медведева М.А. Анализ состояния действующего оборудования произ­водства алюмосиликатных катализаторов крекинга// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1995. -№4.-С. 31-38.
3. Валиева Р.А. и др. Коррозионная стойкость конструкционных и уплотни­тельных материалов в водных растворах диметилформалида// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1979. - №3. - С. 23-24.
4. Писчик Л.М., Беседа Т.А., Бальвис Н.И. Коррозионная стойкость сталей в средах синтеза адинодинитрила// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1981.-№7.-С. 34-35.
5. Глазкова С.А., Мороз В.А., Карасюк Т.Н. Исследование коррозионной стойкости экономнолегированных никелем и безникелевых хромомарганцови­стых сталей в средах производства пенициллина// Химическое и нефтяное ма­шиностроение. - 1985. - №5. - С. 31-32.
6. Кильчевская Т.Е., Волкова С.П. Коррозионная стойкость сталей в средах производства присадки Агидол-2// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1987. -№3. -С. 30-31.
7. Сидоркина Ю.С., Бекоева Г.П. Коррозионная стойкость нержавеющих сталей и сплавов в средах процесса производства нитрофоски// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1981. - №8. - С. 26-27.

22.3арицкий И.Д., Левуш С.С. Конструкционные материалы для реакцион­ного узла синтеза глицерина// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1982. -№3.- С. 27-29.

23.Веричева Л.А., Демидова Л.В. Коррозионная стойкость конструкционных материалов в рабочих средах производства полипропилена// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1985. - №10. - С. 21-22.

24.3арицкий И.Д. Конструкционные материалы для реакционного узла жид­кофазного синтеза окиси пропилена// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1987.-№2.-С. 28-29.

1. Крапивкина Т.А., Добровольская И.Ю. Коррозионная стойкость конст­рукционных материалов во влажном диметилглиоксиме// Химическое и нефтя­ное машиностроение. - 1983. - №6. - С. 26-27.
2. Косменко Ю.Л., Байдин И.И. коррозионная стойкость материалов в про­изводстве синтетических кислот// Химическое и нефтяное машиностроение. — 1985.-№10.-С. 19-20.
3. Смолин В.В. Коррозионная стойкость конструкционных материалов в расплавах дихлорангидридов изо- и терефталевой кислот// Химическое и неф­тяное машиностроение. — 1985. - №5. - С. 33-34.
4. Филимонов Е.В., Аюян Г.А., Щербаков А.И., Писаренко Т.А. Коррозион­ные и электрохимические свойства стали Х18Н10Т в фосфорнокислых раство­рах при высокой температуре// Защита металлов. - 1999, том 35, № 6. - С. 656-
5. Копылов В.Т., Рудая Т.П. Коррозионная стойкость материалов в среде производства дисперсных красителей// Химическое и нефтяное машинострое­ние. - 1987. -№ 1,- С. 38.
6. Рубан И.В., Евсеев С.А., Захарченко К.В. Коррозионно-стойкие стали им­портного производства для оборудования химической, нефтехимической, лег­кой и пищевой промышленности// Химическое и нефтяное машиностроение. -
7. -№3.~ С. 58-59.
8. Томашов Н.Д. О природе коррозионного растрескивания нержавеющих сталей Fe - Cr - Ni в хлоридных растворах// Защита металлов. — 1981. - № 4. - С. 414-419.
9. Шипилов В.Д., Глазкова С.А. Коррозионная и гидроабразивная стойкость материалов в условиях производства хлористого калия галургическим спосо­бом// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1978. - №. 9. - С. 20-22.
10. Кононова М.Д., Кузмичева В.В. исследование склонности некоторых не­ржавеющих сталей к питтинговой коррозии в нейтральных средах// Химиче­ское и нефтяное машиностроение. - 1980. - № 8. - С. 13.

34.3езянов С.П., Калугина А.В. Коррозия хромоникелевых сталей в парах хлористого аммония// Защита металлов. — 1975. - № 1. - С. 53-54.

35.Рейнгеверц М.О., Семенова Н.Г. Коррозионное поведение нержавеющих сталей и титана в хлоридсодержащих растворах уксусной кислоты// Журнал прикладной химии. - 1995. - 68, №. 3. - С. 421-424.

36.Seys А.А., Brabers M.J., Van Haute A.A. Analysis of the influence of hydro­gen on pitting corrosion and stress corrosion of austenitic stainless steel in chloride environment. Corrosion (USA), 1978, 30, № 2, - p. 47-52.

1. Глейзер M.M., Цейтин Х.Л. и др. Влияние ионов хлора, нитрата и суль­фита на электрохимическое и коррозионное поведение нержавеющих сталей и титана в разбавленной серной кислоте// Защита металлов. - 1975. - № 3. - С. 333-338.
2. Коновалова Т.Д., Пономарева Л.В. Коррозионная стойкость материалов в

условиях очистки сточной воды производства дихлорбутадиена// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1983. - №. 10. - С. 27- .

1. Хваткова В.П., Вершинина Л.П. Коррозионная стойкость конструкцион­ных материалов рекуперации хлорорганических растворителей// Химическое и нефтяное машиностроение. - 1985. - № 9, - С. 27.

^ 40.Вигдорович В.И., Корнеева Т.В., Цыганкова Л.Е. Коррозия нержавеющей

стали в метанольных растворах хлористого водорода// Защита металлов. - 1975. - № 4. - С. 472-474.

1. Стеклов О.И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под на­пряжением. -М.: Машиностроение, 1990. -384 с.: ил.
2. Басанский В.В., Балицкий В.М., Сухоненко И.В. Некоторые особенности микроплазменной сварки тонколистовых материалов. // Автоматическая свар­ка.-1971.-№9. - С.40-42.
3. Букаров В.А., Ищенко Ю.С., Ерохин А.А. Некоторые характеристики ду­ги при сварке стали типа 18-8 с окисленной поверхностыо//Сварочное произ­водство.-1975.-№10.-С. 3-4.
4. Дудко Д.А., Лашуа С.П. Сварка тонколистовой стали 1Х18Н9Т сжатой дугой//Автоматическая сварка.-1961.-№7.-С. 86-87.
5. Ковалев И.М., Кричевский Е.М., Львов В.Н. Аргонодуговая сварка труб из стали 1Х18Н10Т неплавящемся электродом с формированием шва в попе­речном магнитном поле// Сварочное производство 1975.-№5.-С. 15-17.
6. Потапьевский Л.Г., Бугинский В.Н. Импульсно-дуговая сварка стали X18Н1 ОТ//Автоматическая сварка.-!965.-№9.-С. 30-33.
7. Суворовский Э.А. Влияние смещения в двухсторонних однопроходных швах стали 1Х18Н10Т на ножевую коррозию//Сварочное производство 1963.- №6.-С. 29-31.
8. Козлова Е.Н., Маркова Е.Е. Влияние погонной энергии на коррозионную стойкость сварных соединений стали Х18Н10Т//Сварочное производство 1974.- №5.-С. 33-34.