

СЕМЕЙХАН ДАНИЯР

**Разработка и исследование износостойких защитных покрытий дуговой  
наплавкой с нанонитридным упрочнением уплотнительных поверхностей  
затвора трубопроводной арматуры для нефтегазового машиностроения**

6N0712 – «Машиностроение»

**Автореферат**

диссертации на соискание академической степени магистра «Машиностроения»

г. Усть-Каменогорск  
2010 г.

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева

**Научный руководитель:** кандидат технических наук,  
профессор ВКГТУ  
**Лопухов Ю.И.**

**Официальный оппонент:** кандидат физико-математических наук,  
начальник лаборатории урана  
ЦНИЛ АО «УМЗ»  
**Русин Ю.Г.**

**Ведущая организация:** Восточно-Казахстанский Государственный технический университет им. Д. Серикбаева

Защита состоится « **23** » июня **2010** г. в **9.00 часов** на заседании государственной аттестационной комиссии при Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева по адресу: 070012, г. Усть-Каменогорск, ул. Держинского 7/1, 5-2.  
р.т. 8-7232-53-65-95.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Технический секретарь ГАК

Капаева С.Д.

## РЕФЕРАТ

Диссертация выполнена на 69 стр., содержит 10 табл., 27 рис., 70 наименований библиографического источника.

ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА; ЭРОЗИОННОЕ И КОРРОЗИОННОЕ ИЗНАШИВАНИЕ; ТРЕНИЕ МЕТАЛЛ О МЕТАЛЛ; ТЕХНОЛОГИЯ НАПЛАВКИ; ЛЕГИРОВАНИЕ АЗОТОМ; ПОРОШКОВЫЕ ПРОВОЛОКИ; ХРОМНИКЕЛЬКРЕМНИСТЫЙ МЕТАЛЛ; ЗАЩИТНАЯ АТМОСФЕРА;  $\sigma$  – ФАЗА; АУСТЕНИТ; ФЕРРИТ.

**Актуальность исследований.** Использование в отечественном арматуростроении малоэффективных технологий, низкое качество выпускаемой продукции привели к образованию в стране к дефициту стальной трубопроводной арматуры, превышающего 50 млн. шт. в год.

Наиболее слабым местом трубопроводной арматуры нефтехимического оборудования являются уплотнительные поверхности запорных, регулирующих и дросселирующих устройств. Они выходят из строя вследствие эрозионного и коррозионного изнашивания или образования задиров при трении металла о металл. Нарушение герметичности затвора вызывает потери проходящей среды, приводит к авариям, длительным простоям технологического оборудования, огромным экономическим потерям.

В связи с этим необходимо создать технологию наплавки корпусов и других деталей арматуры обеспечивающую высокое качество наплавленных деталей и повышение их износостойкости ориентированную на применения в условиях крупносерийного производства.

Это может быть достигнуто за счет улучшения качества наплавки и повышения износостойкости наплавленного металла путем легирования его азотом.

**Цель исследования.** Разработка научно обоснованных технологических процессов высокопроизводительной механизированной наплавки в азотосодержащей защитной смеси проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 уплотнительных поверхностей детали нефтехимической арматуры и повышение служебных свойств наплавленного металла типа 10X17H8C5Г2Т и 10X20H9C5M2PГТ за счет легирования его азотом.

**Объект исследований.** В качестве основного металла использовались, малоуглеродистые стали СтЗсп и 25Л. Наплавку выполняли порошковыми проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 в аргоне, углекислом газе, азоте, смесях азота с углекислым газом.

**Метод исследования.** В работе использовали микрорентгеноспектральный, химический, фазовый рентгеноструктурный и металлографический методы анализа, радиографическую и цветную дефектоскопию, оптическую и электронную микроскопию.

### **Полученные результаты:**

1) Исследовано влияние состава защитной атмосферы  $N_2 + CO_2$  и режимов наплавки на поглощение азота наплавленным металлом типов 10X17H8C5Г2Т, 10X20H9C5M2PГТ.

2) Экспериментально доказано, что в присутствии углекислого газа повышается поглощение азота металлом сварочной ванны и снижается склонность наплавленного металла к образованию пор.

3) Изучены технологические особенности наплавки в защитных средах  $N_2 + CO_2$ , Ar,  $N_2$ ,  $CO_2$  проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157.

4) Установлено, что при концентрации азота 50...70% в смеси с углекислым газом обеспечивается по сравнению с наплавкой в аргоне лучшая стабильность процесса. За счет повышения поверхностного натяжения жидкого металла снижается разбрызгивание электродного металла в 1,3...1,4 раза и улучшается формирование наплавленного слоя. При этом повышается производительность наплавки в 1,4...1,6 раза и снижается глубина проплавления основного металла.

5) Установлено, что существенным фактором, снижающим образование пор от азота, является титан, содержание которого в наплавленном металле должно быть в пределах 0,2...0,4%. Дальнейшее увеличение концентрации титана приводит к ухудшению формирования наплавленного металла и к увеличению количества шлака на поверхности наплавленного слоя.

6) Показано, что добавление углекислого газа не менее 30% к азоту позволяет получать плотный наплавленный металл за счет лучшего поглощения им азота.

7) Наплавленный металл типа 10X17H8C5Г2Т, легированный 0,12...0,16% азотом, обладает достаточно высокой стойкостью против задиоров при удельных давлениях до 96 МПа, что превышает в 1,6-1,7 раза стойкость такого же сплава наплавленного в аргоне. Эрозионная стойкость также находится на достаточно высоком уровне.

**Новизна диссертации.** Показано, что при легировании хромоникелькремнистого наплавленного металла азотом в количестве 0,12...0,16% повышается его прочность, ударная вязкость, стойкость против задира и эрозии, за счет измельчения структуры, упрочнения  $\gamma$ -твердого раствора и увеличения его доли, снижения склонности к образованию  $\sigma$ -фазы.

Исследованиями технологических особенностей наплавки проволоками типа 10X17H8C5Г2Т и 10X20H9C5M2РГТ в смесях азота с углекислым газом установлено, что при концентрации азота в смеси 50...70% обеспечивается, по сравнению с наплавкой в аргоне:

1) большая стабильность процесса и за счет повышения поверхностного натяжения жидкого металла снижается разбрызгивание в 1,3 – 1,4 раза;

2) улучшается формирование наплавленного слоя;

3) повышается производительность наплавки в 1,4 – 1,6 раза.

**Научная значимость исследования:**

– определены общие закономерности влияния состава защитной азотосодержащей смеси на комплекс физико-механических свойств наплавленного металла типа 10X17H8C5Г2Т;

– установлено, что легирование металла азотом из защитной смеси состава 50...70% $N_2$  + 50...30% $CO_2$  приводит к формированию более однородной

структуры, повышению объемной доли аустенита, снижению склонности наплавленного металла к образованию  $\sigma$ -фазы;

– легирование наплавленного металла азотом в количестве 0,12...0,16% повышает прочностные в 1,2...1,3 раза и пластические свойства в 1,8...2,0 раза.

**Практическая значимость исследований:**

Результаты исследований явились основой для разработки и промышленного внедрения технологии механизированной износостойкой наплавки порошковыми проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 в защитной среде, содержащей 50...70%N<sub>2</sub> + 50...30%CO<sub>2</sub>, уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры. Применение азота в составе защитного газа позволило улучшить сварочно-технологические свойства порошковых проволок.

**Сведения о публикациях:** по теме диссертации опубликована 1 научная статья.

## ВВЕДЕНИЕ

В Республике Казахстан ведется широкомасштабная работа разработка, освоение и эксплуатация нефтегазовых месторождений, а также совершенствование технологии транспортировки и переработки нефти и нефтепродуктов. Это требует создания целого комплекса отечественного специализированного промышленного оборудования нефтяного и химического машиностроения. Одной из его ответственных составляющих является трубопроводная арматура.

Трубопроводная арматура высокого качества является одним из основных элементов, определяющих надежную эксплуатацию объектов нефтехимии. Наиболее ответственными узлами арматуры являются трущиеся уплотнительные поверхности запорных регулирующих и дросселирующих устройств. В процессе работы уплотнительные поверхности подвергаются различным видам износа, основными из которых являются эрозионный, коррозионный и износ от схватывания или появление задиров при трении типа «металл-металл». Повреждение этих поверхностей вызывают утечки транспортируемой среды и приводят к авариям, длительным простоям технологического оборудования и смежных производств, огромным экономическим потерям в масштабе страны.

Наиболее экономичным и универсальным способом увеличения стойкости трущихся поверхностей является наплавка, которая позволяет при сравнительно небольших затратах и соответствующей системе легирования получать износостойкие поверхности, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики арматуры.

В зарубежном и отечественном арматуростроении на уплотнительные и трущиеся поверхности наплавляют износостойкие сплавы различного типа, которые выбирают в зависимости от функционального назначения арматуры и условий ее работы. Наибольшее распространение получили мартенситно-ферритные 12-15% хромистые стали, аустенитные и аустенитно-ферритные стали, стали на никелевой основе и хромокобальтовые сплавы – стеллиты. Каждая из этих групп сталей имеет свое назначение и зависит от особых условий эксплуатации арматуры: вида и агрессивности транспортируемых сред, рабочих давлений и температур, интенсивности работы затвора арматуры.

Особое место в этом ряду занимает производство и ремонт нефтехимической арматуры средних и высоких параметров, т. к. удельный вес ее непрерывно возрастает.

В нашем регионе наплавку нефтехимической арматуры средних и высоких параметров, а также арматуры специального назначения проводили электродами ЦН-5 (тип 10X17H8C6) и ЦН-12 (тип 10X16H8C5Г4М6Б). Эти электроды характеризуются высокой трудоемкостью и низкой технологичностью. В наплавленном металле довольно часто встречаются поры, трещины, шлаковые включения, снижающие эксплуатационную надежность арматуры.

Также находит большее применение в отрасли взамен электродов ЦН-6Л, ЦН-12М, процесс механизированной наплавки деталей арматуры порошковыми проволоками ПП-АН133 (типа 10X17H8C5Г2Т) и ПП-АН157 (типа 10X20H9C5M2PГТ) под флюсом и в аргоне. Использование этих технологий сопряжено с известными трудностями, обусловленными склонностью к образованию в наплавленном металле  $\sigma$  – фазы, являющейся источником охрупчивания металла и зарождения в нем трещин. Снизить склонность к охрупчиванию Cr-Ni-Si наплавленного металла, обеспечив при этом высокую коррозионную стойкость, можно, например, дополнительным легированием аустенизирующим элементом – никелем, а повысить износостойкость против задира, эрозии и коррозии – дополнительным легированием молибденом, вольфрамом, кобальтом, кремнием. Однако, использование этих остродефицитных материалов при разработке систем легирования не экономично, а легирование стали 10X17H8 кремнием, свыше 6% на несколько сотых процента приводит к охрупчиванию и образованию трещин в наплавленном металле.

Все возрастающий интерес исследователей – наплавщиков привлекает использование азота взамен никеля в стали как экономичного аустенизирующего и одновременно как упрочняющего элемента при соответствующей системе легирования. Азот получает широкое распространение при производстве экономно-легированных сталей и сталей со специальными свойствами. Его начинают использовать и при разработке износостойких материалов.

Наиболее простым и технологичным решением легирования Cr-Ni-Si наплавленного металла азотом является использование его в качестве самостоятельного защитного газа или в смеси с углекислым газом в процессе наплавки. Этот способ требует всесторонних целенаправленных исследований в области теоретических процессов наплавки, структуры и свойств наплавленного металла и доведения его до уровня промышленной технологии.

Комплексное решение этих задач является весьма актуальным для создания технологических процессов механизированной наплавки с целью получения износостойких поверхностей деталей трубопроводной арматуры.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **Наплавочные материалы, наплавка уплотнительных поверхностей арматуры.**

В зависимости от условий работы трубопроводной арматуры (давления, температуры агрессивности проводящей среды), материалы, применяемые для наплавки уплотнительных поверхностей стальной арматуры можно подразделить на четыре основных группы: 1) хромистые нержавеющие стали; 2) хромоникелевые стали; 3) никелевые сплавы; 4) кобальтовые стеллиты.

Наибольшее распространение для наплавки арматуры получили первые две группы сталей.

Нержавеющие хромистые стали в основном применяются для наплавки уплотнительных поверхностей нефтяной арматуры, работающей при давлении до 10 МПа и температуре до 400<sup>0</sup>С.

Хромистые стали обладают рядом ценных свойств: стойкость против коррозии, высокая прочность при обычных и высоких температурах и др. Хром образует устойчивые карбиды, достаточно твердые и износостойкие. Наплавленный металл имеет мартенситно-ферритную структуру.

Хромоникелевые стали наиболее распространенная и перспективная группа сплавов, которые применяются для наплавки трущихся поверхностей арматуры различного назначения.

Существует процесс механизированной многослойной наплавки порошковыми проволоками ПП-АН133, ПП-АН-157 и порошковыми лентами ПЛ-АН150 и ПЛ-АН151, который широко используется в арматуростроении. Рекомендовано наплавку этими материалами производить в 3-4 слоя под флюсом АН-26, а проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 и в аргоне. Проволоку ПП-АН133 и ПП-АН157 целесообразно использовать для наплавки энергетической арматуры с условным проходом менее 300 мм, порошковую ленту ПЛ-АН150 и ПЛ-АН151 для наплавки крупной арматуры 400...1200 мм.

В последнее время при массовом и серийном производстве трубопроводной арматуры используются автоматические линии по механической обработке корпусов арматуры со встроенным наплавочным оборудованием. При этом многопроходная наплавка проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 под флюсом практически не снижает трудоемкости по сравнению с ручной дуговой наплавкой толстопокрытыми электродами ЦН-6, так как при этом увеличивается вспомогательное время на удлинение шлаковой корки с предшествующего валика, засыпку и уборку флюса. А наличие флюсовой пыли в зоне действия автоматической линии отрицательно влияет на ее работоспособность. Использование аргона в качестве защитной атмосферы также не решает задачи экономичности и технологичности процесса, так как аргон дефицитен, вызывает нестабильное горение дуги и большое разбрызгивание при наплавке проволокой ПП-АН133. Применение углекислого газа несколько улучшает технологические показатели процесса. Однако выгорание легирующих элементов требует, дополнительного легирования хромоникелькремнистой стали.

Наиболее удовлетворительной стойкостью против задигов, эрозии и коррозии обладают сплавы 10X17H8C5Г2Т, 10X19H9C5M2PГТ, используемые для ручной дуговой и механизированной наплавки под флюсом и в аргоне. Однако служебные свойства этих сплавов все же уступают зарубежным аналогам. Кроме того, они обладают низкой технологичностью и склонны к образованию трещин в наплавленном металле. Использование механизированной наплавки порошковой проволокой ПП-АН133 под флюсом и в аргоне взамен ручной дуговой наплавки электродами ЦН-6Л частично решает вопросы технологичности. Вместе с тем, высокое разбрызгивание электродного металла и нестабильное горение дуги при наплавке в аргоне, низкая производительность процесса многослойной наплавки под флюсом внутренних уплотнительных поверхностей корпусов арматуры, ограничивает использование этого процесса в арматуростроении.

Эффективными легирующими элементами, обеспечивающими высокую стойкость против задира, эрозии и коррозии, является никель, молибден, вольфрам, кобальт, кремний. Однако, использование этих остродефицитных материалов при разработке систем легирования не экономично, а легирование стали 10X17H8 кремнием, свыше 6% на несколько сотых процента приводит к охрупчиванию и к образованию трещин в наплавленном металле. Особый интерес привлекает применение азота как легирующего и аустенизирующего элемента в хромоникелькремнистом наплавленном металле. Азот получает широкое распространение при производстве экономно-легированных сталей и сталей со специальными свойствами. Его начинают использовать и при разработке износостойких материалов и в качестве защитного газа при сварке хромоникелевых сталей.

#### **Исследование влияния легирования азотом на структуру и свойства наплавленного металла.**

Структура металла в значительной степени определяет прочностные и технологические свойства изделий. В этой связи целью настоящей работы является изучение влияния технологии наплавки в азотсодержащих газовых средах, а также сравнительные исследования наплавки в среде Ar, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и смесей N<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> на формирование структуры наплавленного металла.

На основании анализа фазового состава, структурных составляющих и физико-механических свойств наплавленного металла были определены технологические режимы наплавки, состав защитных сред и условия эксплуатации запорной арматуры.

При наплавке порошковыми проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157 на сталь Ст20 и сталь Ст25Л из-за различия химических составов неизбежно образуется зона перехода от одного состава металла к другому. Как правило, этому всегда сопутствует определенная структурная и механическая неоднородность.

Исследования показали, что переходная зона представляет собой область переменного состава с повышенным содержанием углерода, имеющую высокую твердость (HRC<sub>3</sub> 40 ... 55). Увеличение размеров этой зоны крайне

нежелательно, поскольку это повышает склонность наплавленного металла к хрупкому разрушению.

Переходная зона по данным количественного фазового рентгеноструктурного анализа состоит в основном из ферритной составляющей ( $\alpha=85\%$ ) у образцов, наплавленных в углекислом газе, которая снижается до 70-60% при наплавке в азотсодержащих средах. Твердость, соответственно, уменьшается от HRC<sub>3</sub> 44 до HRC<sub>3</sub> 32 (рисунок 1). Самая высокая доля ферритной составляющей зарегистрирована при наплавке в атмосфере аргона ( $\alpha=89\%$ ). При этом твердость переходной зоны составляет до HRC<sub>3</sub> 45.

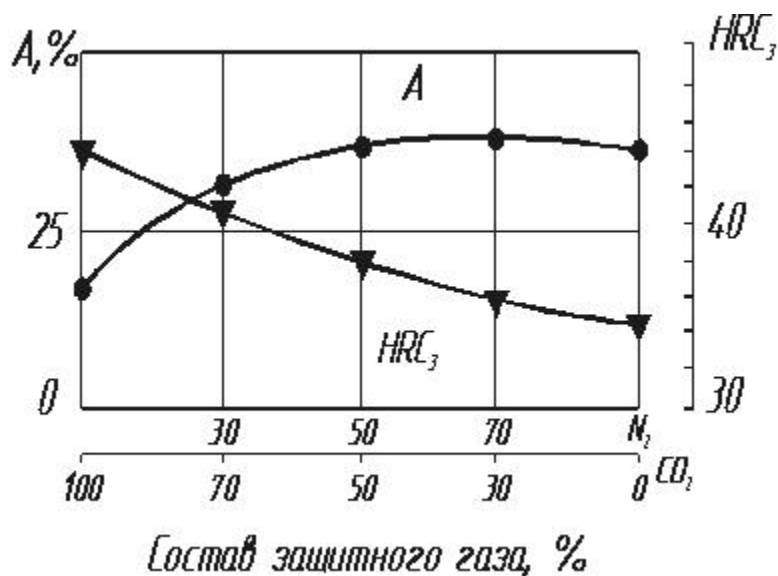


Рисунок 1 – Изменение количественного содержания аустенита – A и твердости HRC<sub>3</sub> переходной зоны после наплавки порошковой проволоки ПП-АН133 в зависимости состава защитного газа. Основа – Сталь 20.

Влияние защитных газовых сред на степень механической неоднородности показано на рисунке 2, из анализа которых видно, что при наплавке под флюсом в переходной зоне вблизи линии сплавления происходит возрастание твердости до HRC<sub>3</sub> 45. С увеличением высоты наплавки твердость снижается и составляет HRC<sub>3</sub> 28 ... 29.

На основании экспериментальных исследований можно видеть, что легирование наплавленного металла азотом из газовой фазы увеличивает долю аустенитной составляющей и снижает скорость образования  $\sigma$  - фазы. Данные электронно-микроскопических исследований структуры переходной зоны показывают наличие  $\sigma$  - фазы в наплавке, выполняемой в среде углекислого газа и аргона, в то время как в азотсодержащей атмосфере 70% N<sub>2</sub> + 30% CO<sub>2</sub> обнаруживается снижение выделения  $\sigma$  - фазы.

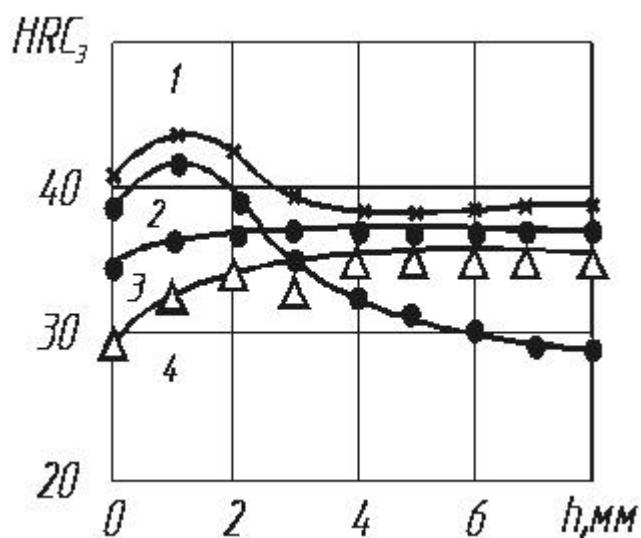


Рисунок 2 – Изменение твердости металла, наплавленного порошковой проволокой ПП-АН133 по высоте

1 – 100CO<sub>2</sub>; 2 – 70% CO<sub>2</sub>+30% N<sub>2</sub>; 3 – 50% N<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub>; 4 – 30% CO<sub>2</sub> + 70% N<sub>2</sub>.

Исследовались сплавы типа 10X17H8C5Г2Т, полученные многослойной наплавкой порошковой проволоки ПП-АН133 Ø2,6 мм смеси газов N<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> с различным содержанием азота и в среде аргона. Наплавку проводили на режиме: сварочный ток – 700...750 А, напряжение дуги - 26...27 В, V<sub>н</sub> = 37 м/ч. Расход защитной атмосферы 8...10 л/мин.

В таблице 1 показан химический состав наплавленного металла в зависимости от состава защитной среды. Из данных таблицы видно, что с увеличением содержания азота в смеси CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> растет его содержание в металле наплавки и уменьшается выгорание легирующих элементов.

Таблица 1 – Химический состав наплавленного металла 10X17H8C5Г2Т

Защитная атмосфера, %	Массовое содержание элементов, %						
	C	Cr	Ni	Si	Mn	Ti	N <sub>2</sub>
Ar	0,10	17,23	8,04	5,80	1,83	0,25	0,007
CO <sub>2</sub>	0,10	14,85	7,22	4,46	1,32	0,17	0,04
N <sub>2</sub>	0,07	16,93	8,01	5,65	1,75	0,23	0,129
30N <sub>2</sub> + 70CO <sub>2</sub>	0,08	15,24	7,39	4,94	1,48	0,19	0,095
50N <sub>2</sub> + 50CO <sub>2</sub>	0,05	16,62	7,72	5,10	1,52	0,19	0,133
70N <sub>2</sub> + 30CO <sub>2</sub>	0,05	16,78	7,88	5,44	1,64	0,22	0,142

Методом рентгеноструктурного фазового анализа определено количество аустенита и феррита в наплавленном металле в различных защитных средах. Результаты этих исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Фазовый состав стали 10X17H8C5Г2Т в зависимости от состава защитной атмосферы при наплавке

Защитная атмосфера, %	Количество, %	
	Аустенит	Феррит
Ar	33	67
CO <sub>2</sub>	39	61
70CO <sub>2</sub> + 30N <sub>2</sub>	48	52
50CO <sub>2</sub> + 50N <sub>2</sub>	55	45
70N <sub>2</sub> + 50CO <sub>2</sub>	72	28
N <sub>2</sub>	59	41

Азот положительно влияет на механические свойства исследуемых сплавов, и в особенности на повышение ударной вязкости (таблица 3). Так, наиболее высокий показатель по ударной вязкости зарегистрирован в сплаве 10X17H8C5Г2АТ, полученном наплавкой в смеси 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub>.

Таблица 3 – Механические свойства сплавов

Тип наплавленного металла	Защитная атмосфера	Режим термообработки, Т <sup>0</sup> С, ч	$\sigma_B$ , МПа	$a_H$ , Дж/см <sup>2</sup>
10X17H9C5Г2АТ	70N <sub>2</sub> + 30CO <sub>2</sub>	Исходное состояние	<u>94,2 – 115,0</u> 104,6	<u>10,6 – 12,4</u> 11,5
		Отпуск 650 <sup>0</sup> С, 3ч	<u>80,0 – 100,5</u> 90,2	<u>8,8 – 11,5</u> 9,9
		Отпуск 850 <sup>0</sup> С, 3 ч	<u>68,2 – 78,4</u> 73,0	<u>5,6 – 6,4</u> 6,0
		Старение 650 <sup>0</sup> С, 1000 ч	<u>63,8 – 67,9</u> 65,6	<u>2,3 – 3,8</u> 3,5

Таким образом, механические свойства исследуемых сплавов, легированных азотом в процессе наплавки из газовой фазы выше по сравнению с этими же сплавами, но наплавленными в аргоне. Это можно объяснить снижением образования  $\sigma$ -фазы и увеличением объемной доли аустенита в сплавах, легированных азотом.

#### **Исследование процесса наплавки в азоте и азотосодержащей среде.**

*Сварочный ток.* Сварочный ток изменяли в пределах 100...400 А. Остальные параметры оставались постоянными U дуги = 28В, V<sub>Н</sub> = 17 м/ч, d<sub>э</sub> = 2,8 мм, вылет проволоки 10...15 м, расход газовой смеси 10...12 л/мин.

Результаты исследования (рисунок 3, а) показывают, что с ростом тока растворимость азота снижается. Выявлено, что содержание азота в наплавленном металле несколько выше на прямой полярности, чем на обратной.

*Напряжение на дуге.* Напряжение на дуге изменяли в пределах от 22 до 32 В. Остальные параметры оставались постоянными: сварочный ток = 220А, V<sub>Н</sub> = 17 м/ч, d<sub>э</sub> = 2,8 мм, вылет проволоки 10...15 мм, расход газовой смеси состава 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub> 10...12 л/мин. Результаты опытов (рисунок 3, б) показывают, что увеличение напряжения повышает содержание азота в металле в пределах

0,12...0,185% при наплавке проволокой ПП-АН133 и 0,14...0,225% - проволокой ПП-АН157.

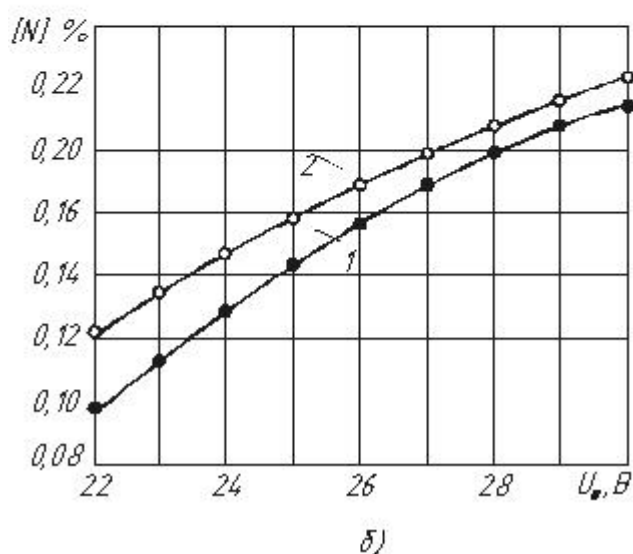
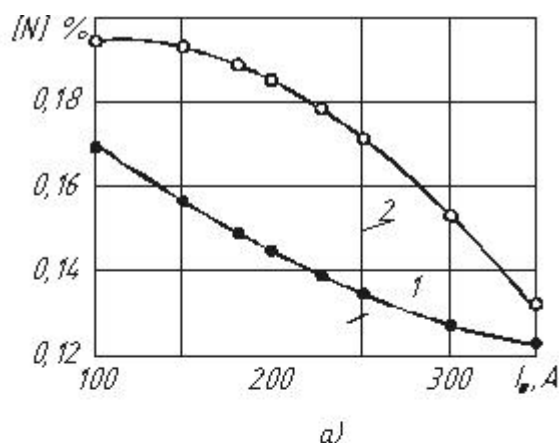


Рисунок 3 – Влияние силы тока (а) и напряжения (б) на содержание азота в наплавленном металле.

1 – ПП-АН133; 2 – ПП-АН157. Защитная среда 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub>.

*Скорость наплавки.* Скорость наплавки изменяли в пределах 6...25 м/ч. Остальные параметры оставались постоянными:  $U_q = 26$  В,  $J_q = 200...220$  А, вылет сварочной проволоки 10...15 мм, расход газовой смеси состава 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub> 10...12 л/мин.

Увеличение скорости наплавки приводит к некоторому уменьшению растворимости азота (рисунок 4).

*Диаметр проволоки.* Диаметр проволоки ПП-АН133 брали равными 2,2; 2,6; 3,0; 3,6 мм. Сварочный ток устанавливали, соответственно 180, 220, 260, 320 А. Остальные параметры оставались постоянными напряжение на дуге = 26...30 В,  $V_H = 17$  м/ч. Расход газовой смеси 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub> – 10...12 л/мин.

С ростом содержания азота в смеси газов 70%N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub> количество его в наплавленном металле возрастает (рисунок 5, а). С увеличением диаметра проволоки содержание азота в наплавленном металле уменьшается.

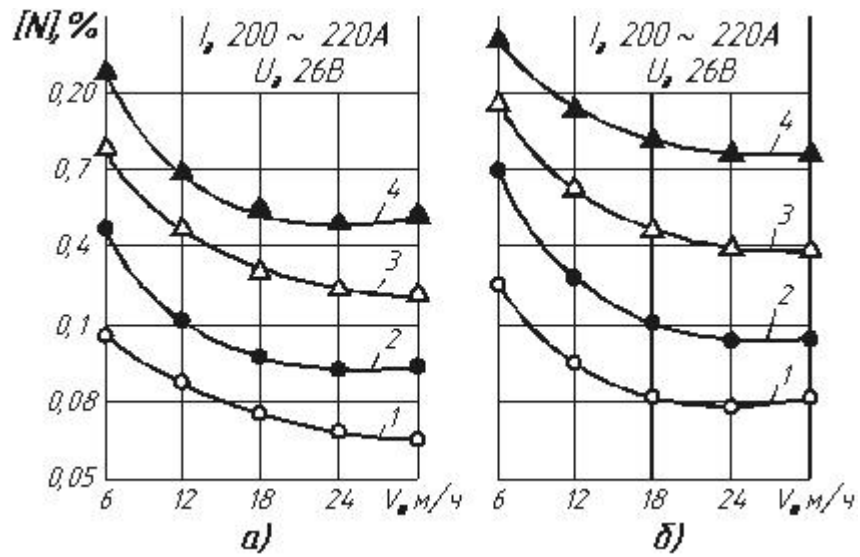


Рисунок 4 – Влияние скорости наплавки на содержание азота в наплавленном металле  
 а) ПП-АН133; б) ПП-АН157. 1 – 2 л/мин; 2 – 5 л/мин; 3 – 8 л/мин; 4 – 12 л/мин. Защитная среда  $70\%N_2 + 30\%CO_2$ .

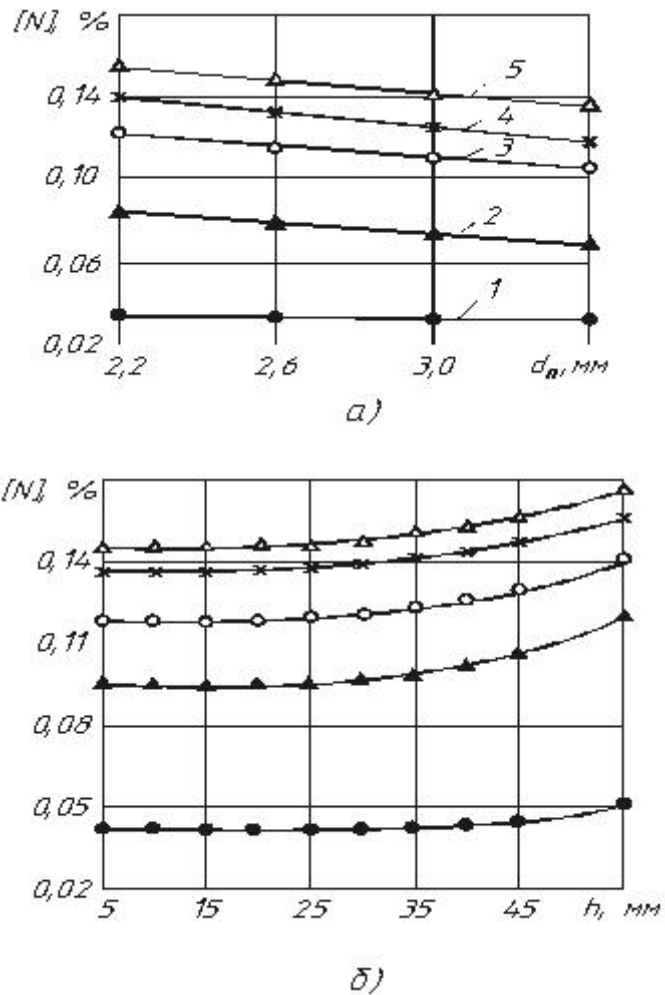


Рисунок 5 – Влияние диаметра (а) и вылета (б) проволоки ПП-АН133 на содержание азота в наплавленном металле.  
 1 – CO; 2 –  $30\%N_2 + 70\%CO_2$ ; 3 –  $50\%N_2 + 50\%CO_2$ ; 4 – N<sub>2</sub>; 5 –  $70\%N_2 + 30\%CO_2$ .

*Вылет проволоки.* Вылет проволоки изменяли в пределах 5...50 мм. Остальные параметры задавались постоянными: сварочный ток = 190...230 А, напряжение на дуге = 26...28 В,  $V_H = 17$  м/ч,  $d_{\text{э}} = 2,6$  мм, расход защитной атмосферы – 10 л/мин.

Увеличение вылета проволоки до 30...35 мм практически не изменяет содержание азота в наплавленном металле (рисунок 5, б). Дальнейший его рост незначительно повышает содержание азота. Более высокая степень нагрева электродной проволоки при удлиненном вылете способствует росту массы капель и снижению частоты перехода в сварочную ванну.

*Состав защитного газа.* Результаты проведенных исследований (рисунок 6) показывают, что с увеличением процентного содержания азота в защитной смеси повышается степень его поглощения в наплавленном металле. Наибольшее содержание азота в металле достигается при наплавке в смеси газов, содержащей 85%N<sub>2</sub> + 15%CO<sub>2</sub>. Наименьшее – в CO<sub>2</sub>.

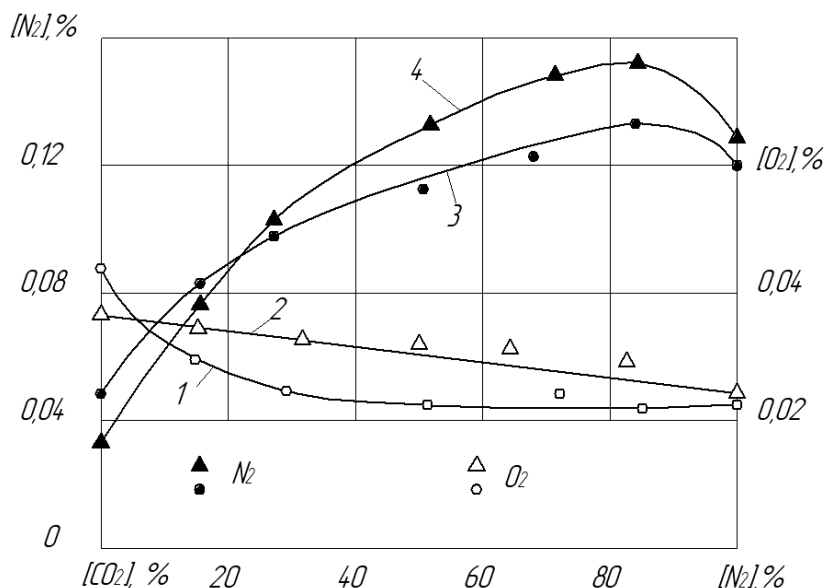


Рисунок 6 – Содержание азота и кислорода в металле, наплавленном проволокой ПП-АН133 Ø2,6 мм.

1, 3 – прямая полярность; 2, 4 – обратная полярность.

При наплавке в чистом азоте окислительная способность защитной атмосферы уменьшается и как следствие содержание азота в наплавленном металле. Некоторое количество кислорода все же попадает в зону дуги, по-видимому, за счет подсоса последнего из воздуха в результате турбулентного или близкого к нему истечения газовых смесей из сопла газоплазменной горелки.

Присутствие углекислого газа в смеси с азотом содействует как окислитель лучшему поглощению азота наплавленным металлом. Наплавка на обратной полярности, по сравнению с прямой, также повышает содержание азота в металле в среднем на 4...8%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация содержит научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение прикладной проблемы в получении качественной и отвечающей всем эксплуатационным, а также технологическим требованиям – наплавки уплотнительных поверхностей затвора трубопроводной арматуры.

Основные научные результаты, полученные при выполнении комплекса теоретических и экспериментальных исследований, заключаются в следующем:

1) изучены технологические особенности наплавки в защитных средах  $N_2+CO_2$ , Ar,  $N_2$ ,  $CO_2$  проволоками ПП-АН133 и ПП-АН157;

2) исследовано влияние состава азотосодержащей среды и режимов наплавки на изменение формы и геометрические размеры наплавленного валика;

3) показано, что добавление углекислого газа не менее 30% к азоту позволяет получать плотный наплавленный металл за счет лучшего поглощения им азота;

4) установлено, что легирование металла азотом из защитной смеси состава  $50...70\%N_2 + 50...30\%CO_2$  приводит к формированию более однородной структуры, повышению объемной доли аустенита, снижению склонности наплавленного металла к образованию  $\sigma$ -фазы;

5) легирование наплавленного металла азотом в количестве 0,12...0,16% повышает прочностные в 1,2...1,3 раза и пластические свойства в 1,8...2,0 раза.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1. Семейхан Д., Лопухов Ю.И. Хромникелькремнистый азотосодержащий наплавленный металл // Материалы X Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 23-25 апреля 2010 г. – Усть-каменогорск: ВКГТУ, 2010. – Ч. II. – 196-197 с.

СЕМЕЙХАН ДАНИЯР

**Мұнайгаз машинажасауына арналған құбыржол арматурасындағы кептелістің қымтағыш беттерін доғалы балқытып қаптастырудың нанонитридті беріктендірумен бірге қолданылатын тозуға төзімді қорғаныш қаптауларын жасау және зерттеу**

6N0712 – «Машинажасау»

**Автореферат**

«Машинажасау» магистрі академиялық дәрежесін іздену диссертациясы

Өскемен қаласы  
2010 ж.

Диссертация Д. Серікбаев атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінде орындалды

**Ғылыми жетекші:** техника ғылымдарының кандидаты  
ШҚМТУ профессоры  
**Лопухов Ю.И.**

**Ресми оппонент:** физика-математика ғылымдарының кандидаты  
«ҮМЗ» АҚ ОҒЗЗ уран зертханасының бастығы  
**Русин Ю.Г.**

**Жетекші ұйым:** Д. Серікбаев атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университет

Диссертацияны қорғау 2010 ж. маусым айының 23-де, сағ. 9.00 Д. Серікбаев атындағы Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университетінің мемлекеттік аттестациялық комиссиясының отырысында болып өтеді. Адрес: 070012, Өскемен қаласы, Дзержинский көшесі 7/1, 5-2. Жұмыс телефоны 8-7232-53-65-95.

Диссертациямен Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ кітапханасында танысуға болады.

МАК техникалық хатшысы

Капаева С.Д.

Диссертация 69 беттен тұрады және оның ішінде 10 кесте, 27 сурет, 70 библиографиялық атаулар бар.

ҚҰБЫРЖОЛ АРМАТУРАСЫ; ЭРОЗИЯЛЫ ЖӘНЕ КОРРОЗИЯЛЫ ТОЗУ; МЕТАЛ МЕН МЕТАЛДЫҢ ҮЙКЕЛІСІ; БАЛҚЫТЫП ҚАПТАСТЫРУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ; АЗОТПЕН ЛЕГІРЛЕУ; ҰНТАҚТЫ СЫМДАР; ХРОМНИКЕЛЬКРЕМНИЙЛІ МЕТАЛЛ; ҚОРҒАНЫШ АТМОСФЕРАСЫ;  $\sigma$  – ФАЗА; АУСТЕНИТ; ФЕРРИТ.

**Зерттеулердің өзектілігі.** Отандық арматура жасауда тиімсіз технологиялардың қолданылуы және шығарылатын өнімнің төмен сапасы елде болат құбыржол арматурасының тапшылығына әкеп соқты, нақты айтқанда жылына 50 млн. данадан астам.

Нефтехимиялық құбыржол арматурасының ең осал жері бұл бекітпе, реттегіш және кедергілегіш құрылғыларының қымтағыш беттері болып саналады. Олардың істен шығу себебі эрозиялық және коррозиялық тозу мен металдың металға үйкелісі кезіндегі қажамалардың пайда болуынан туындайды. Кептеліс қымтауының бұзылуы өтетін ортаның жолғалуына, апаттарға, технологиялық жабдықтарының тұрып қалуына әкеп соқтырады, осы жайт аса үлкен экономикалық шығындарды туғызады.

Сондықтан арматура тұрқыларын және басқа бөлшектерін балқытып қаптастырудың технологияларын жасау қажет және бұл технологиялар ірі сериялы өндіріске қолдану, жоғары сапа мен тозуға төзімділікті көтеруге бағытталған болуы тиіс.

Бұның бірден бір жолы балқытып қаптастырудың сапасын жақсартатын және қаптастырылған металдың тозуға төзімділік қасиетін көтеретін азотпен легірлеу арқылы жүзеге асуы мүмкін.

**Зерттеулердің мақсаты.** Нефтехимиялық арматуралардың қымтағыш беттерін ПП-АН133 және ПП-АН157 сымдарымен азоты бар қорғаныш атмосферадағы балқытып қаптастырудың жоғары өнімді механикаландырылған технологиялық үрдістерді жасау, сонымен қатар, азотпен легірлеу арқылы 10X17H8C5Г2Т мен 10X20H9C5M2PГТ металдарының қызметтік қасиеттерін жоғарылату.

**Зерттеулердің объектісі.** Негізгі метал ретінде төмен көміртекті Ст3 және 25Л болаттары қолданылды. Балқытып қаптастыруды ПП-АН133 және ПП-АН157 сымдарымен аргонды, көмірқышқыл газды, азотты, азот пен көмірқышқыл газ қосылысты қорғаныш атмосфераларында жасады.

**Зерттеудің әдісі.** Жұмыста микрорентгеноскопиялық, химиялық, фазалы рентгеноқұрылымдық және металографиялық талдау әдістерін, радиографиялық пен түсті дефектоскопияны, оптикалық және электронды микроскопияны қолданды.

**Алынған нәтижелер:**

1)  $N_2 + CO_2$  қорғаныш атмосферасының құрамы мен балқытып қаптастыру режимдерінің 10X17H8C5Г2Т және 10X20H9C5M2PГТ типті металдардың азотты сіңіріп алу қабілетіне әсері зерттелді;

2) Қоғаныш атмосферасында көмірқышқыл газдың болуы пісіру шомылық металының азотты сіңіріп алу қабілетінің жоғарылауы және металдағы кеуектіліктің пайда болу қабілетінің төмендеуі экспериментті түрде дәлелденді;

3)  $N_2 + CO_2$ , Ar,  $N_2$ ,  $CO_2$  қоғаныш атмосфераларындағы ПП-АН133 және ПП-АН157 сымдарымен балқытып қаптастырудың технологиялық ерекшеліктері анықталды;

4) Аргонда балқытып қаптастырумен салыстырғанда 50...70% мөлшеріндегі азоттың көмірқышқыл газымен қосылысында үрдістің тұрақтылығы белгіленді. Жазық керілудің көбею салдарынан электродты металдың шашырауы 1,3...1,4 есе төмендейді және қаптастырылған қабаттың қалыптасуы жақсарады. Сонымен қатар, 1,4...1,6 есе қаптастырудың өнімділігі мен негізгі металлдың балқу тереңдігі азаяды;

5) Балқытып қаптастырылған металдың құрамында 0,2...0,4% мөлшерінде титанның болуы азоттан туындайтын кеуектіліктің төмендетуі анықталды. Титан мөлшерінің ары қарай көтерілуі балқытып қаптастырылған метал қалыптасуының нашарлауына және қаптастырма бетіндегі қождың көбеюіне әкеп соқтырады.

6) 30% мөлшерінен аспайтын көмірқышқыл газының азотқа қосылуы тығыз балқытып қаптастырылған металды алу мүмкіндігі көрсетілген;

7) 0,12...0,16% азотпен легіріленген 10X17H8C5Г2Т типті балқытып қаптастырылған метал 96 МПа қысымда жоғары қажамға қарсы тұрақтылық қасиетіне ие және бұл аргонда қаптастырылған дәл осындай қорытпамен салыстырғанда 1,6...1,7 есе үлкен.

**Диссертацияның жаңалығы.** 0,12...0,16% азотпен легіріленген хромникелькремнийлі металда құрылымның ұсақатауы,  $\gamma$ -қатты еріндінің беріктенуі мен мөлшерінің азюы,  $\sigma$ -фазаның қалыптасуы қабілетінің төмендеуі салдарынан беріктік, соққы тұтқырлығы, қажамға және эрозияға қарсы тұрақтылық жоғарылауы көрсетілген.

Аргонда балқытып қаптастырумен салыстырғанда, қорғаныш атмосферасында 50...70% мөлшердегі азоттың болуымен 10X17H8C5Г2Т және 10X20H9C5M2РГТ типті сымдарын балқытып қаптастырудың технологиялық ерекшеліктерін зерттеу нәтижесінде келесілер қамтамасыз етіледі:

1) үрдістің жоғары тұрақтылығы және жазық керілудің үлкеюі нәтижесінде электродты металдың шашырауы 1,3 – 1,4 есе азаяды;

2) балқытып қаптастырылған қабаттың қалыптасуы жақсарады;

3) 1,4 – 1,6 есе балқытып қаптастырудың өнімділігінің көтеріледі.

**Зерттеудің ғылыми маңыздылығы:**

– 10X17H8C5Г2Т типті балқытып қаптастырылған метал қабатының физика-механикалық қасиеттеріне қорғаныш азотты қосылыс құрамының әсеріне байланысты жалпы заңдылықтар анықталды;

– металды азотпен 50...70% $N_2$  + 50...30% $CO_2$  қорғаныш қосылыстан легірлеу құрылымның біртекті қалыптасуына, аустениттің көлемдік мөлшерінің көбеюіне, балқытып қаптастырылған металда  $\sigma$ -фазаның қалыптасу қабілетінің төмендеуіне әкелуі көрсетілген;

– балқытып қаптастырылған 0,12...0,16% мөлшерінде азотпен легірлеу нәтижесінде беріктік 1,2...1,3 есе және пластикалық қасиеттер 1,8...2,0 есе көтеріледі.

**Зерттеудің тәжірибелік маңыздылығы.** Зерттеудің нәтижелері құбыржол арматурасының қымтағыш беттерін ПП-АН133 және ПП-АН157 ұнтақты сымдарымен 50...70%N<sub>2</sub> + 50...30%CO<sub>2</sub> қорғаныш атмосферасында балқытып қаптастырудың тозуға төзімді механикаландырылған технологияның өндіріске енгізуге негіз ретінде алынды. Азоттың қорғаныш атмосфера құрамында қолдану ұнтақты сымдардың пісіру-технологиялық қасиеттерінің жақсаруына мүмкіндік берді.

**Публикациялар туралы мәліметтер:** диссертация тақырыбы бойынша 1 ғылыми мақала көрсетілді.

UDK 621.791.927.5

On the rights of the manuscript

SEMEIKHAN DANIYAR

Working out and research of wear proof sheeting's arc pad weld with nanonitride  
hardening of sealing surfaces of a shutter of pipeline armature for oil and gas  
mechanical engineering

6N0712 – “Mechanical engineering”

**The author's abstract**

Dissertations on competition of the academic degree of the master of "Mechanical  
engineering"

Ust-Kamenogorsk, 2010

## Report

The dissertation is executed on 69 p., contains 10 tab., 27 fig., 70 names of a bibliographic source.

PIPELINE ARMATURE; EROSIIVE AND CORROSION WEAR PROCESS; THE FRICTION METAL ABOUT METAL; TECHNOLOGY OF PAD WELD; ALLOY ADDITION NITROGEN; POWDER THE WIRE; CHROME NICKEL SILICIUM METAL; PROTECTIVE ATMOSPHERE;  $\sigma$  – PHASE; THE AUSTENITE; FERRITE.

**Urgency of researches.** Use in domestic armature construction ineffective technologies, poor quality of let out production have led to formation in the country to deficiency of the steel pipeline armature, the exceeding 50 million piece a year.

The weakest places of pipeline armature of the petrochemical equipment are sealing surfaces stop valves, regulating and orificing devices. They fail owing to erosive and corrosion wears process or formation задиров at a metal friction about metal. Infringement of tightness of a shutter causes losses of the passing environment, leads to failures, long idle times of the process equipment, huge economic losses.

In this connection it is necessary to create technology pad weld cases and other details of armature providing high quality pad weld details and increase of their wear resistance focused on applications in the conditions of a large-lot production.

It can be reached at the expense of quality improvement pad weld and wear resistance increases pad weld metal by alloy addition its nitrogen.

**Research objective.** Working out of scientifically well-founded technological processes high-efficiency mechanized pad weld in azotes contain a protective mix wire ПП-АН133 and ПП-АН157 of sealing surfaces of a detail of petrochemical armature and increase of office properties pad weld type metal 10X17H8C5Г2Т and 10X20H9C5M2ПГТ for the account alloy addition its nitrogen.

**Object of researches.** As the basic metal were used, mild steels of Ст3 and 25Л. Pad weld carried out powder wire ПП-АН133 and ПП-АН157 in argon, carbonic gas, nitrogen, mixes of nitrogen with carbonic gas.

**Research method.** In work used microradiograph spectral, chemical, phase X-ray crystal and metallographic analysis methods, radio graphic and colors defect detection, optical and electronic microscopy.

### **The received results:**

1) influence of structure of protective atmosphere  $N_2 + CO_2$  and modes pad weld on nitrogen absorption pad weld by metal of types 10X17H8C5Г2Т, 10X20H9C5M2ПГТ is investigated.

2) it is experimentally proved that in the presence of carbonic gas absorption of nitrogen by metal of a welding bath raises and propensity pad weld metal to formation of a time decreases.

3) technological features pad weld in protective  $N_2 + CO_2$  environments,  $N_2 + CO_2$ , Ar,  $N_2$ ,  $CO_2$  wire ПП-АН133 and ПП-АН157 are studied.

4) It is established that at concentration of nitrogen 50 ... 70 % in a mix with carbonic gas are provided in comparison with pad weld in argon the best stability of

process. At the expense of increase of a superficial tension of liquid metal decreases spillage electrode metal in 1,3 ... 1,4 times and formation pad weld a layer improves. Productivity pad weld in 1,4 ... 1,6 times thus raises and depth of profusion of the basic metal decreases.

5) It is established that the essential factor reducing formation of a time from nitrogen, the titan which maintenance in pad weld metal should be within 0,2 ... 0,4% is. The further increase in concentration of the titan leads to formation deterioration pad weld metal and to increase in quantity of slag at surfaces pad weld a layer.

6) It is shown that addition of carbonic gas not less than 30% to nitrogen allows to receive dense pad weld metal at the expense of the best absorption of nitrogen by it.

7) Pad weld type metal 10X17H8C5Г2Т, alloyed 0,12 ... 0,16% nitrogen, possess enough high firmness against задиров at specific pressure to 96 МПа that exceeds in 1,6-1,7 times firmness of the same alloy pad weld in argon. Erosive firmness also is at high enough level.

**Novelty of the dissertation.** It is shown that at alloy addition chrome nickel silicium pad weld metal nitrogen in number of 0,12 ... 0,16 % raise its durability, impact strength, firmness against the tease and erosion, at the expense of crushing of structure, hardening  $\gamma$  - a firm solution and increase in its share, decrease in propensity to formation  $\sigma$  - phases. By researches of technological features pad weld wire type 10X17H8C5Г2Т and 10X20H9C5M2ПГТ in mixes of nitrogen with carbonic gas it is established that at concentration of nitrogen in a mix 50 ... 70% are provided, in comparison with pad weld in argon:

1) the big stability of process and at the expense of increase of a superficial tension of liquid metal decreases spillage in 1,3 – 1,4 times;

2) formation pad weld a layer improves;

3) productivity pad weld in 1,4 – 1,6 times raises.

**The scientific importance of research:**

– The general laws of influence of structure protective nitrogen-bearing mixes on a complex of physic mechanical properties pad weld type metal 10X17H8C5Г2Т are defined;

– It is established that alloy addition metal nitrogen from a protective mix of structure 50...70%N<sub>2</sub> + 50...30%CO<sub>2</sub> leads to formation of more homogeneous structure, increase of a volume fraction of an austenite, propensity decrease pad weld metal to formation  $\sigma$  - phases;

– alloy addition pad weld metal nitrogen in number of 0,12 ... 0,16% raise tensiles in 1,2 ... 1,3 times and plastic properties in 1,8 ... 2,0 times.

**The practical importance of researches.** Results of researches were a basis for working out and industrial introduction of technology mechanized wear proof pad weld powder wire ПП-АН133 and ПП-АН157 in the protective environment containing 50...70%N<sub>2</sub> + 50...30%CO<sub>2</sub>, sealing surfaces of pipeline armature. Application of nitrogen as a part of protective gas has allowed to improve welding-technological properties powder wire.

**Data on publications:** on a dissertation theme 1 scientific article is published.