М389685

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СССР

Московское

ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи

МОРОЗОВ Владимир Николаевич

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ МЕСТНЫХ СВАРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОБШИВКИ КОРПУСОВ СУДОВ

05.04.05 – Технология и машины сварочного производства

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва 1982

Работа выполнена в Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
ТЕЛЯНЕР Б.Е.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
ГРИГОРЬЯНЦ А.Г.

– кандидат технических наук,
ДЕНИСОВ Б.С.

Ведущее предприятие – указано в решении специализированного совета.

Защита диссертации состоится "24" июня 1982 г. на заседании специализированного совета Д.053.15.07 Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного знамени высшего техни
по адресу:
107005, Москва, 2-я Ба

Ваши отзывы в 2-х экземпл
высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно озна

Автореферат разослан "19

Учёный секретарь
специализированного совета
д.т.н., профессор

М3 89685

Д – 90345 от 14.04.82 г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последние годы разработаны многие прогрессивные методы и процессы сборки и сварки судовых конструкций, резко повысился уровень механизации работ, внедряются механизированные поточные линии (МПЛ) изготовления узлов и плоских секций. В то же время дальнейший рост производительности труда и ликвидация тяжелого физического труда в судовом корпусостроении сдерживается тем, что при изготовлении корпусных конструкций еще не удается полностью избежать их сверхнормативных деформаций. Более того, характерное для МПЛ применение высокопроизводительных методов сварки (в частности, сварка стыковых соединений за один проход с обратным формированием шва) вызвало в ряде случаев увеличение местных сварочных деформаций стыковых соединений. Достаточно отметить, что средняя нормированная трудоемкость исправления сварочных деформаций судовых конструкций сейчас составляет 10-12%, а на тонколистовых конструкциях 40-80% от суммарной трудоемкости сборки и сварки. При этом основная доля трудозатрат расходуется на исправления местных сварочных деформаций.

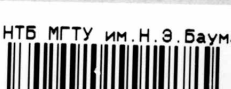
Отсутствие эффективных, приемлемых в условиях механизированного судостроительного производства методов предупреждения местных деформаций, возникающих при сварке обшивки судовых конструкций, ставит эту проблему в ряд актуальных для судостроительного производства.

Целью работы явилась разработка методики расчетного определения эффективных значений параметров упругого выгиба и сопутствующих сварке нагревов околошовных зон для предупреждения местных сварочных деформаций стыковых соединений листов и реализация этой методики для полотнищ из корпусных судостроительных сталей в диапазоне толщин, наиболее подверженных местным сварочным деформациям.

Методы исследования. Основные задачи работы решались путем выполнения теоретических разработок и экспериментальных исследований. Изучение и анализ местных сварочных деформаций полотнищ судовых конструкций производились путем наблюдений (замеров) и математической обработки статистических данных. Теоретические исследования заключались в определении напряженно-деформированного состояния сварных соединений и полотнищ,

М 389685

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана



МВТУ

входящих в состав судовых корпусных конструкций, с учетом особенностей теплового и силового воздействия на них. Эти исследования базировались на теории распространения тепла при сварке, теории сварочных напряжений и деформаций, теории упругости и строительной механики с использованием аппарата прочностных расчетов пластин и тонких оболочек.

Экспериментальные исследования заключались в воспроизведении на полунатурных и натурных образцах, а также на реальных судовых сварных корпусных конструкциях изучаемых ситуаций с выполнением замеров и регистрацией параметров теплового и силового воздействия и напряженно-деформированного состояния и с металлографическими анализами и механическими испытаниями опытных образцов.

Научная новизна. Научным положением работы, содержащим новое решение актуальной научной задачи, направленной на раскрытие механизма образования и предупреждения остаточных угловых деформаций стыковых соединений листовых металлоконструкций при их односторонней электродуговой автоматической сварке с обратным формированием шва являются:

- установление связи между распределением поперечного укорочения по толщине соединения и его интенсивных охлаждением подкладками, заключающейся в том, что из-за резкого градиента температур по толщине возникают повышенные угловые деформации, стрелка прогиба которых направлена в сторону сварочной дуги;
- установление зависимости между угловыми деформациями и параметрами сопутствующего сварке нагрева околошовных зон соединений, заключающейся в том, что под действием нагрева этих зон обеспечивается выравнивание остаточных поперечных укорочений по толщине и, как следствие, снижение угловых деформаций;
- установление зависимостей между конструктивной кривизной соединений листов, подкрепленных набором и угловыми деформациями этих соединений при произвольном их расположении между балками судового набора.

Практическая ценность и реализация результатов работы.

В результате проведенных исследований определены значения стрелок упругого выгиба, как метода предупреждения угловых сварочных деформаций прямолинейных и криволинейных стыковых соединений обшивки корпусов судов, предложены схемы создания упругого выгиба. Разработаны технология и определены параметры нагре-

ва околошовных зон при сварке стыковых соединений стальных полотнищ автоматами с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках.

Результаты проведенных исследований учтены при разработке ОСТ 5.9807-80 "Корпуса металлических судов. Методы определения и предотвращения остаточных сварочных деформаций", а также использованы при создании и внедрении на предприятиях технологического документа "Технологическая инструкция по сварке стальных полотнищ автоматами с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках и тепловому методу предупреждения сварочных деформаций (№ КІ-000-097).

Рекомендации, технологические указания и инструкции внедрены в судостроительное производство с годовым экономическим эффектом 57 тыс.рублей.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Калининградских вузов Минрыбхоза СССР (Калининград, 1973-1979 г.г.), Ленинградского (1978г.) и Николаевского (1971-1973 г.г.) кораблестроительных институтов, на симпозиуме "Повышение точности изготовления судовых корпусных конструкций" (Выборг, 1974г.), на XXVII межотраслевом итоговом совещании по производственным и научно-исследовательским работам в области сварки, выполненным в 1976г. (Ленинград,1977г.), на УШ отраслевом научно-техническом совещании по повышению эффективности и качества корпусного производства (Ленинград, 1977г.), на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МВТУ им. Н.Э. Баумана (Москва,1980г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и общих выводов. Содержит 51 рисунок, 13 таблиц, 4 приложения и 114 наименований литературных источников, изложена на 105 страницах машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу состояния исследуемой проблемы, а также обоснованию цели и постановке задач работы.

Сборочно-сварочное производство составляет основу современного судостроения. В настоящее время оно высоко механизировано.

В этих условиях возрастает отрицательное влияние сварочных деформаций на трудоемкость и качество изготовления конструкций корпусов судов, тем более, что характерным для механизированного производства новым высокопроизводительным методам сварки свойственны повышенные значения погонной тепловой энергии. Если общие сварочные деформации могут быть компенсированы введением припусков и предупредительным изменением формы конструкций, то местные и, в частности, угловые деформации стыковых соединений листов полотнищ компенсации практически не поддаются.

Как показал статистический анализ, стрелки прогиба, вызванные угловыми сварочными деформациями, в 40-50% случаев превышают допускаемые нормативами значения, а средние значения этих стрелок при однопроходной стыковой сварке с обратным формированием шва составляют 30-40 мм. Правка таких деформаций весьма трудоемка (достигает 25% и более от трудоемкости сборки), а в ряде случаев практически неосуществима.

Разработка и применение эффективных в условиях судостроения методов предупреждения угловых сварочных деформаций весьма затруднены из-за больших длин сварных соединений, значительных толщин листов, сложной конструкции и технологии изготовления судовых корпусных конструкций (СКК).
Многие методы, успешно используемые в машиностроении, неприменимы в условиях судостроительного производства или требуют существенного видоизменения и приспособления к последним. Анализ показал, что наибольший эффект при предупреждении угловых сварочных деформаций полотнищ СКК может быть достигнут упругим выгибом и сопутствующим сварке нагревом околошовных зон. Однако указанные методы еще недостаточно исследованы и их параметры применительно к СКК не уточнены.

Изложенные обстоятельства послужили основанием для выполнения настоящей работы и приведенной выше формулировки ее цели.

Для определения задач, которые должны быть решены в соответствии с поставленной целью, в первой главе произведен аналитический обзор известных исследований и разработок по расчетам и предупреждению угловых сварочных деформаций стыковых соединений листовых металлоконструкций. Эта проблема рассматривалась многими известными специалистами в области сварки и сварочных деформа-

ций - В.П. Вологдиным, Г.А. Николаевым, В.А. Винокуровым, А.Г.Григорьянцем, Н.О. Окербломом, И.П. Трочуном, М.В. Орловым, С.А. Кузьминовым, В.С. Михайловым и др.

Как следует из анализа литературных источников, наиболее радикальной мерой предупреждения сварочных деформаций является создание предсварочных напряжений, способствующих снижению объемов остаточного укорочения сварных соединений. Поэтому параметры упругого выгиба и сопутствующего сварке нагрева околошовных зон должны определяться в зависимости от требуемого для предупреждения угловых деформаций уровня предсварочных напряжений в стыковых соединениях листовых конструкций.

Для криволинейных стыковых соединений обшивки СКК до сих пор отсутствует общая методика расчета угловых деформаций, без которой не представляется возможным определение параметров упругого выгиба для предупреждения таких деформаций. Исследования, выполненные М.В.Орловым, позволяют определить стрелки предупредительного выгиба криволинейных стыковых соединений только при расположении последних посредине пролетов между балками судового набора, хотя в реальных судовых конструкциях эти соединения располагаются на различном отстоянии от этих балок.

В судостроении практически не применяются и мало исследованы тепловые методы снижения сварочных деформаций и напряжений. Работы А.И.Кедрова, Г.Б.Талыпова, Я.И. Бурака и др. специалистов не могут быть непосредственно использованы для назначения параметров сопутствующего сварке нагрева, выполняемого с целью снижения угловых деформаций стыковых соединений СКК. Для нового в судостроении метода электродуговой сварки за один проход с обратным формированием шва стыковых соединений больших толщин, к тому же, еще не были установлены параметры сварочных тепловых процессов, без чего не могут быть определены параметры процессов предупреждения угловых деформаций.

Исходя из вышеизложенного, в диссертации поставлены и решаются следующие задачи:

- разработка методики определения необходимого уровня предсварочных напряжений для предупреждения угловых сварочных деформаций стыковых соединений листовым металлоконструкцией;

- разработка общей методики расчета угловых сварочных деформаций криволинейных стыковых соединений и методики расчета

основных параметров тепловых процессов при однопроходной электродуговой сварке стыковых соединений с обратным формированием шва;

- разработка методики определения параметров упругого выгиба и сопутствующего сварке нагрева околошовных зон для предупреждения сверхнормативных угловых сварочных деформаций стыковых соединений листов СПК;

- реализация разработанных методик и определение искомых величин и параметров для стальных полотнищ СПК в диапазоне толщин, наиболее подверженных угловым сварочным деформациям;

- промышленное внедрение выводов, рекомендаций и разработок, содержащихся в диссертации.

Вторая глава посвящена исследованию параметров упругого выгиба как метода предупреждения угловых сварочных деформаций стыковых соединений листов полотнищ.

Для плоских полотнищ упругий выгиб осуществляется подъемом средней части полотнища с помощью подкладок или выдвижных опорных балок и нагружением участком, примыкающих к параллельным стыковому соединению концевым кромкам.

При этом возможны 2 случая:

- нагрузка (например, технологические грузы) остаётся постоянной, а нагруженные кромки не касаются опор в течении всего теплового сварочного цикла;

- нагрузка (например, натяжение талрепов) изменяется в процессе развития сварочных деформаций.

В работе показано, что более эффективным является первый случай, который и положен в основу дальнейших исследований.

Для оценки значений параметров упругого выгиба разработана методика определения необходимых уровней предсварочных напряжений в стыковых соединениях, согласно которой основная расчетная формула имеет вид:

$$\beta_{\sigma} = \frac{m_1 \cdot K\sigma_B - m_2 \cdot K\sigma_H}{m_1 - m_2} \cdot \beta_0 \qquad (I)$$

где

β - остаточная угловая сварочная деформация при отсутствии предупредительных мер, рад.;

β_{σ} - остаточная угловая деформация при одновременном воз-

действии сварки и несварочных нагрузок, рад. ;

m_1 и m_2 – предложенные И.П.Трочуном и определяемые по разработанным им графикам коэффициенты, учитывающие распределение температур по толщине соединения ;

K_σ – предложенные С.А.Кузьминовым и определяемые по разработанным им формулам и графикам коэффициенты учета влияния напряжений на объемы поперечного укорочения сварных соединений, которые зависят от отношения действующих напряжений к пределу текучести материала соединения (в формуле (I) они рассматриваются раздельно для верхней и нижней поверхностей соединения – K_{σ_B} и K_{σ_H}).

Задавая значения β_σ в пределах от нуля до предела допусков, по формуле (I) определяются нужные значения коэффициентов K_{σ_B} и K_{σ_H} , а по ним – необходимый уровень предсварочных напряжений.

Для стыковых соединений листов из малоуглеродистых судостроительных сталей толщиной 6-I4 мм в диссертации построены графические зависимости β_σ/β от величины предсварочных напряжений. Установлено, что для полного исключения угловых деформаций таких соединений достаточно создание в них относительно небольших напряжений, не превышающих 40% от предела текучести их материала.

Оценив необходимую величину предупредительных напряжений, можно найти по расчетной схеме консольной балки-полоски требуемые параметры упругого выгиба – кривизну сечений, перпендикулярных к сварному соединению, и интенсивность нагрузки, обеспечивающей эту кривизну. В работе получены расчетные и графические зависимости для определения этих параметров применительно к соединениям стальных листов из малоуглеродистых и низколегированных судостроительных сталей.

Механизм возникновения прогибов в криволинейных стыковых соединениях обшивки СКК более сложен, чем в прямолинейных соединениях, так как эти прогибы обусловлены не только неравномерными по толщине поперечными укорочениями, но и продольными укорочениями сварных соединений. Количественная оценка прогибов криволинейных стыковых соединений обшивки СКК была до настоящего времени произведена только для бесконечной балки-полоски (работы М.В. Орлова), что соответствует либо полному отсутствию судового набора, либо случаю расположения стыкового соединения посредине

пролета между балками набора, тогда как в действительности стыковые соединения располагаются на различном отстоянии от этих балок. Кроме того, в указанной методике принят упрощенный закон аппроксимации распределения остаточных продольных деформаций в активной зоне.

Поэтому в диссертации потребовалось разработать общую методику расчета прогибов стыковых сварных соединений подкрепленной набором оболочки при произвольном расположении этих соединений в пролетах между балками набора. Исследовались раздельно прогибы, вызванные продольным и поперечным укорочениями сварного соединения. Полный прогиб определялся их суммированием.

Для определения стрелки прогиба криволинейного стыкового соединения от его продольного укорочения при сварке была принята расчетная схема, в которой действительная нагрузка заменена фиктивной распределенной нагрузкой, описываемой косинуссидальным законом, а влияние набора было учтено введением в расчетную схему сплошного упругого основания. В работе получены аналитические и графические зависимости, позволяющие определить стрелки прогиба криволинейных стыковых соединений обшивки СНК, произвольно расположенных в пролетах между балками судового набора для широкого диапазона радиусов кривизны соединений (от 2000 до 7000 мм) и толщин листов 6-16 мм. Произведенная экспериментальная оценка прогибов криволинейных стыковых соединений обшивки показала, что действительные стрелки прогиба отличаются от вычисленных по разработанной в диссертации методике не более, чем на 10-15%.

На основе общей методики определения угловых сварочных деформаций и полученных расчетных формул была произведена оценка параметров предупредительного упругого выгиба криволинейных стыковых соединений. Методика этой оценки исходит из условия создания в соединении таких предсварочных деформаций (напряжений), которые исключают продольное укорочение и неравномерность распределения поперечных пластических укорочений по толщине.

На основании проведенных теоретико-экспериментальных исследований разработаны графики, по которым, зная характеристики криволинейного стыкового соединения (радиус кривизны, марку стали, способ сварки, расположение соединения в пролете между балками набора и пр..), можно определить требующееся значение стрелки его упругого выгиба.

Третья глава посвящена исследованию параметров нагрева околошовных зон для предупреждения сверхнормативных угловых деформаций стыковых соединений листов полотнищ СПК, выполненных односторонней однопроходной автоматической сваркой с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках.

В связи с тем, что эффективная погонная энергия этого нового для судостроения способа сварки ранее не была установлена, потребовалось провести исследование по ее определению.
Кпд сварочной дуги был оценен экспериментально при сварке автоматом "Бриг" стыковых соединений на 20-ти образцах из сталей 10ХГНД, ВСт3сп и 09Г2 толщиной от 6 до 14 мм. Каждый образец состоял из двух пластин размерами 250х500 мм, соединяемых друг с другом длинными кромками. Калориметрированию подвергался каждый экспериментальный образец, для чего был изготовлен специальный калориметр.

Было установлено, что эффективный кпд процесса нагрева металла дугой при односторонней сварке листов автоматами на охлаждаемых водой подкладках колеблется для исследуемых толщин и марок сталей, незначительно и находится в пределах 0,76-0,81. Расчетным путем, с использованием методики С.А.Кузьминова, были определены значения коэффициента влияния искусственного охлаждения (K_{μ}). Для рассматриваемых толщин эти значения оказались равными 0,81-0,92. Используя полученные в ходе исследования значения коэффициентов кпд и K_{μ} было установлено, что эффективная погонная энергия сварки стыковых соединений листов, выполненных автоматами с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках в 1,7-1,9 раза превышает эффективную погонную энергию сварки листов обычными автоматами для двухсторонней сварки под слоем флюса.

Таким образом была подтверждена одна из основных причин появления повышенных деформаций - большая погонная энергия сварки. Однако только этим фактором нельзя объяснить необычное направление стрелок угловых деформаций (стрелка прогиба направлена в сторону сварочной дуги). Экспериментальными исследованиями, выполненными в работе установлено, что вследствие интенсивного отбора тепла из активной зоны сварного соединения уменьшается количество тепла, поступающего в соседние с этим соединением участки металла, происходит более резкий, чем в обычных условиях перепад температур и возрастают пластические деформации по-

перечного укорочения соединения, что может быть объяснено повышенным вследствие резкого перепада температур сопротивлением окружающего металла временным деформациям расширения разогретых волокон. Полученные в ходе экспериментальных исследований данные показали, что охлаждение зоны сварного шва проточной водой способствуют увеличению остаточного поперечного укорочения соединения на 18-20%.

Если интенсивный теплоотвод производится с одной из поверхностей сварного соединения, то он не может с одинаковой интенсивностью охлаждать сварное соединение по всей его толщине. Влияние такого теплоотвода уменьшается по мере удаления от него слоев сварного шва. А это создает неравномерность распределения тепла по толщине свариваемых листов и приводит к большему поперечному укорочению ближних к теплоотводу слоев сварного соединения, чем удаленных слоев. Как показали экспериментальные исследования, неравномерность влияния теплоотвода с нижней поверхности сварных соединений, выполненных за один проход с обратным формированием шва, становится существенным при толщинах листов 12 и более мм.

Цель нагрева околошовных зон, выполняемого со стороны, противоположной действию теплоотвода, состоит в выравнивании поперечных укорочений по толщине сварного соединения. Расширяясь в поперечном направлении, нагретые околошовные зоны сжимают сварное соединение, вследствие чего увеличиваются остаточные поперечные укорочения при сварке. При этом наибольшее сжатие соединения достигается у поверхности, через которую вводится тепло, а по мере удаления от этой поверхности влияние низкотемпературного нагрева снижается.

Таким образом, закон распределения по толщине добавочных поперечных укорочений сварного соединения, вызванных нагревом околошовных зон, противоположен закону распределения поперечных укорочений при сварке, обусловленному наличием теплоотвода с нижней поверхности листов. За счет этого снижаются угловые сварочные деформации.

Расчетными параметрами предупредительного низкотемпературного нагрева околошовных зон стыковых соединений листов, свариваемых за один проход с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках являются скорость перемещения источника тепла, эффективная погонная энергия нагрева, ширина и расположение нагреваемых участков.

Скорость поступательного перемещения источника тепла определяется условием создания квазистационарного теплового поля – стационарного относительно теплового поля сварки и равна скорости выполнения последней.

Расположение оси нагрева околошовных зон относительно оси сварного соединения устанавливается из условия достижения наибольшего сжатия этого соединения при расширении нагретых участков (полос). Для обеспечения этого условия участки нагрева должны быть максимально приближенны к кромкам листов, образующим стыковое сварное соединение. Для обеспечения равномерности сжатия и увеличения сжимающих усилий нагрев производится одновременно с обеих сторон сварного соединения.

Суммарная эффективная погонная энергия двухстороннего низкотемпературного нагрева околошовных зон должна обеспечивать выравнивание остаточных поперечных пластических укорочений по толщине сварного соединения. Для рассматриваемого в работе способа сварки это означает, что остаточное поперечное пластическое укорочение соединения у его верхней поверхности (ΔB_B) должно быть увеличено до значений такого же укорочения у нижней поверхности (ΔB_H).

Согласно принятой в диссертации методике параметры предупредительного нагрева околошовных зон – температура, ширина нагреваемого участка и длина отрезка сварного соединения между источником тепла и сварочной дугой – определялись с учетом напряжений σ_H , которые должны быть созданы в соединении листов в момент сварки.

Эти напряжения должны быть достаточны для создания дополнительного поперечного укорочения ($\Delta B_H - \Delta B_B$) на верхней поверхности соединения. Величина их устанавливается по формулам и графикам С.А. Кузьминова в зависимости от требующегося значения коэффициента влияния K_σ , который определяется из выражения:

$$K_\sigma = \frac{\Delta B_H}{\Delta B_B}, \qquad (2)$$

Значения ΔB_B и ΔB_H при односторонней автоматической сварке с обратным формированием шва на охлаждаемой подкладке для всего диапазона рассматриваемых толщин были установлены расчетно-экспериментальным путем.

В связи с тем, что низкотемпературный нагрев производится

непосредственно у сопряженных под сварку кромок листов и, следовательно, тепловое расширение нагретых участков не встречает сопротивления со стороны, обращенной к технологическому зазору под сварку, считаем, что действительная поперечная деформация нагретого металла (иными словами, сближение $\Delta B_{нач}$ свариваемых кромок листов) равна его тепловому расширению.

В соответствии с этим при двухстороннем нагреве околошовных зон:

$$\Delta B_{нач} = 2\alpha \cdot T_н \cdot B_{нагр} , \qquad (3)$$

где

α – коэффициент линейного теплового расширения материала соединения, $1/^{o}C$;

$T_н$ – температура нагрева двух полос ^{o}C;

$B_{нагр}$ – ширина нагреваемой полосы, см;

С другой стороны

$$\Delta B_{нач} = \frac{\sigma_н}{E} \cdot B_в , \qquad (4)$$

где

E – модуль упругости для материала соединения, $кгс/см^2$;

$B_в$ – ширина зоны поперечных пластических деформаций у верхней поверхности сварного соединения, см.

Подставив выражение (3) в формулу (4), получаем зависимость для определения ширины нагреваемой полосы ($B_{нагр}$), температуры нагрева ($T_н$):

$$B_{нагр} = \frac{\sigma_н \cdot B_в}{2\alpha \cdot T_н \cdot E} \qquad (5)$$

Задаваясь значением одной из двух искомых величин ($B_{нагр}$ и $T_н$), из зависимости (5) можно определить вторую величину.

При выполнении нагревов пламенем ацетилено-кислородной горелки удобно задаваться значением $T_н$, которое определяется из таблиц в зависимости от номера наконечника горелки, расстояния его от нагреваемой поверхности и удельного расхода газов.

Дополнительное условие назначения величин $T_н$ и $в_{нагр}$ заключается в том, что температура $T_н$ должна быть достаточно низкой (для малоуглеродистых и низколегированных судостроительных сталей - 320-370°С), чтобы нагрев околошовных зон не вызвал дополнительных остаточных пластических деформаций укорочения нагреваемых участков.

В излагаемой главе произведена также оценка влияния низкотемпературного нагрева околошовных зон на механические характеристики и структуру соединений и металла шва. Установлено, что низкотемпературный нагрев околошовных зон не ухудшает механических свойств сварных соединений, а структурные характеристики (микроструктура ЗТВ и переходной области) несколько улучшает.

В четвертой главе излагаются содержание и результаты производственных проверок и промышленного внедрения выполненных в диссертации разработок.

Производственные проверки всех разработанных в диссертации методик и установленных параметров предупредительного упругого выгиба и нагрева околошовных зон были произведены на судостроительных заводах при изготовлении реальных СКК. Они подтвердили установленные в ходе теоретико-экспериментальных исследований закономерности образования угловых деформаций при сварке криволинейных стыковых соединений и при односторонней сварке прямолинейных стыковых соединений с обратным формированием шва, а также корректность предложенных методик, расчетных схем и формул для определения этих деформаций.

Непосредственное внедрение выполненных в диссертации разработок в промышленное производство осуществлено при комплексно механизированном изготовлении полотнищ СКК и формировании корпусов судов на базовом судостроительном предприятии, а также при постройке плавучего крана "Витязь" и изготовлении сварного цилиндрического корпуса наддувочного агрегата главного двигателя для морского танкера "Локбатан".

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. Выполненные в диссертации исследования показали, что упругий выгиб и низкотемпературный нагрев околошовных зон при правильном назначении их параметров являются эффективными тех-

нологическими методами предупреждения местных сварочных деформаций прямолинейных и криволинейных стыковых соединений полотнищ судовых корпусных конструкций.

2. Как установлено в диссертации, для предотвращения сверхнормативных угловых деформаций стыковых соединений полотнищ судовых конструкций достаточно создание в этих соединениях относительно небольших предварительных напряжений, не превышающих 40% от предела текучести материала полотнищ.

Создание таких напряжений с помощью упругого выгиба в условиях судостроительного производства не вызывает затруднений:

- для прямолинейных соединений листов толщиной 6-14 мм из судостроительных сталей требуется нагрузка интенсивностью 0,2-0,4 кгс/см и стрелка выгиба 40-500 мм;

- для криволинейных соединений - соответственно 1,5-8,5 кгс/см и 10-45 мм.

3. Разработанная в диссертации общая методика расчета угловых деформаций криволинейных стыковых соединений судовых конструкций, базирующаяся на уточненных расчетных схемах, является универсальной и позволяет упростить расчеты с одновременным повышением их точности по сравнению с ранее имевшейся методикой.

4. Для однопроходной сварки стыковых соединений с обратным формированием шва на охлаждаемых подкладках (ползунах) в диссертации экспериментальным путем определено значение эффективного кпд сварочной дуги (0,76-0,81), что позволяет производить необходимые расчеты и анализы термомеханических процессов при этом новом для судостроения методе сварки.

5. Сверхнормативные угловые деформации при таком методе сварки, вызванные большой удельной погонной энергией сварки (в 1,7-1,9 раза превышающей удельную погонную энергию при двусторонней автоматической сварке под слоем флюса) и интенсивных отбором тепла из зоны сварного соединения охлаждаемыми подкладками, могут быть, как показано в диссертации, предупреждены в процессе выполнения сварного шва низкотемпературным нагревом околошовных зон подвижным источником тепла, перемещающемся синхронно со сварочным агрегатом.

6. В диссертации разработана методика определения эффективных параметров режимов нагрева околошовных зон, а для наиболее

распространенных толщин стальных листов корпусных конструкций малых и средних судов (10 - 20 мм) установлены значения этих параметров.

7. Промышленное внедрение разработанных в диссертации мероприятий не требует сколько-нибудь существенных капиталовложений и легко осуществимо в обычных условиях судостроительного производства. При этом обеспечивается снижение больших сварочных деформаций до величин находящихся в пределах допусков и, как следствие, исключается необходимость в исправлении последних, за счет чего получен подтвержденный актами внедрения годовой экономический эффект в сумме 57 тыс.руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Морозов В.Н. Учет начального напряженного состояния в технологических мероприятиях по борьбе с местными сварочными деформациями судовых корпусных конструкций. В сб.: Повышение точности изготовления судовых корпусных конструкций. Л.:Судостроение, 1974, вып.205, с.75-85.
2. Морозов В.Н. Влияние технологических факторов на местные сварочные деформации стальных полотнищ. Труды /НКИ, 1975, вып.94-Николаев, НКИ, с. 126-132.
3. Морозов В.Н.,Дацкий В.П. Разработка мероприятий по уменьшению деформаций полотнищ, свариваемых автоматами с обратным формированием шва и охлаждением. В кн.Материалы по обмену опытом: Тезисы докладов на XXУШ итоговом совещании по производственным и научно-исследовательским работам в области сварки, выполненым в 1976 г., 15-18 февраля 1977г.,Л.: Судостроение, 1977, с. 129-130.
4. Расчетное проектирование технологических процессов изготовления секций корпуса и стрел плавкрана "Витязь". /А.П.Иванов, В.Н.Морозов, Н.И. Ревенко и др. - В сб. Технология судостроения, Л.: Судостроение, 1977, №5, с. 26-30.
5. Морозов В.Н., Дацкий В.П., Телянер Б.Е. Уменьшение местных деформаций стальных полотнищ при односторонней сварке стыковых соединений на охлаждаемом ползуне. В кн. Материалы по обмену опытом: Тезисы докладов на уШ отраслевом научно-техническом совещании по повышению эффективности и качества корпусного производства на судостроительных предприятиях., 20-22 мая 1977 г., Л.: Судостроение, 1977, с. 124-127.

6. Ремонт наддувочного агрегата двигателя М 68 Т. (Морозов В.Н., Загацкий В.Р., Трензенок О.Е., и др. - В сб. Судоремонт флота рыбной промышленности. - Л.: Транспорт, 1980, № 43, с. 20-23.
7. Морозов В.Н., Фадеев И.С., Михайлов В.С. Деформации изгиба криволинейных стыков корпуса судна от сварки и меры их предупреждения. В сб.: Вопросы судостроения, Серия: Технология судостроения. - Л.: ЦНИИ Румб, 1980, вып. 28, с. 15-27.

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА