

М 352789

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ТАТАРИНОВ Богдан Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБКАТКИ СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ПАНЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

05.04.05 - Технология и машины сварочного производства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ТАТАРИНОВ Богдан Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБКАТКИ СВАРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ПАНЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

05.04.05 - Технологии и машины сварочного производства

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1352789

Татаринов Б. П. Исследования

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - д.т.н., профессор В.М.САГАЛЕВИЧ

Официальные оппоненты - д.т.н., с.н.с. С.Н.КИСЕЛЕВ

к.т.н. Б.С.ДЕНИСОВ

Ведущее предприятие указано в решении специализированного Совета.

Защита диссертации состоится " " _____ 1979 г. на заседании специализированного Совета К053.15.03 по технологии и машинам сварочного производства Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н.Э.Баумана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская, д. 5.

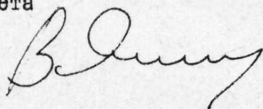
Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба высылать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Училища.

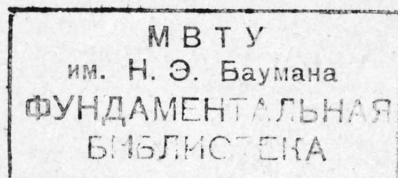
Автореферат разослан " 5 " июль 1979 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
специализированного Совета

д.т.н., доцент



ЯМПОЛЬСКИЙ В.М.



Типография МВТУ им. Н.Э.Баумана. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз.
Л-77365 Подписано к печати 2.07.79 г. Заказ 858.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Необходимым условием повышения качества и надежности, снижения трудоемкости изготовления и улучшения внешнего вида сварных панельных конструкций таврового профиля, широко применяющихся в авиа- и судостроении, является непрерывное совершенствование технологии их изготовления.

Одной из основных задач, которые приходится решать при изготовлении сварных панельных конструкций таврового профиля, является проблема борьбы с остаточными напряжениями, деформациями и перемещениями.

В настоящее время при изготовлении судовых панельных конструкций таврового профиля для устранения сварочных деформаций в основном применяется малопроизводительный метод ручной тепловой и термомеханической правки. Основным недостатком указанного метода является высокая трудоемкость правочных работ, плохой внешний вид конструкций; при этом не всегда удается получить необходимую стабильность результатов по исправлению деформаций. В связи с этим проведение исследований по разработке новых эффективных и механизированных методов устранения сварочных деформаций применительно к панельным конструкциям таврового профиля, учитывающих требования к их конструктивному исполнению и эксплуатации, является актуальным.

Целью работы явилась разработка методов снижения остаточных деформаций и напряжений в сварных панельных конструкциях таврового профиля с помощью обкатки и определение закономерностей протекания деформаций при пластическом деформировании сварных соединений.

Методы исследования. Основные задачи работы выполнялись при сочетании теоретических разработок с экспериментальными исследованиями. Исследование полей остаточных напряжений и деформаций осуществлялось механическим методом с использованием съемного деформометра конструкции ИВТУ им. Н.Э.Баумана.

Для исследования, изучения и объяснения механизма снижения остаточных сварочных напряжений и деформаций, а также для разработки расчетного метода определения оптимальных режимов обкатки были применены методы теории упругости и пластичности, а также теории сварочных напряжений и деформаций. Расчетный анализ и аналитическое исследование процесса обкатки проводилось с использованием ЭВМ.

Научная новизна. Научным положением работы, содержащим новое решение актуальной научной задачи, направленным на раскрытие механизма пластического деформирования при обкатке роликами околошовной зоны сварного соединения, является установление взаимосвязи между полем предварительных упруго-пластических деформаций, создаваемых путем обкатки определенных зон будущего сварного соединения, с упруго-пластическими деформациями от сварки, заключающейся в том, что под действием предварительного поля растягивающих напряжений в околоосевой зоне шва существенно снижается скорость развития пластических деформаций, уменьшается абсолютная величина деформаций укорочения на стадии нагрева впереди движущегося источника тепла, а предварительное поле сжимающих напряжений околошовной зоны снижает скорость развития пластических деформаций удлинения и их абсолютную величину на стадии остывания позади источника сварки по сравнению со сваркой по ненапряженному металлу.

Практическая ценность. В результате проведенных исследований предложен метод снижения остаточных деформаций в сварных панельных конструкциях таврового профиля, а также определена область рационального использования обкатки. Кроме того, определен диапазон оптимальных параметров режима обкатки для исследованных толщин и марок материалов. Даны рекомендации по применению данного метода в промышленности. Разработан метод расчета на ЭВМ оптимальной величины деформации по толщине необходимой для устранения деформаций продольного изгиба, позволяющий рассчитать необходимые режимы обработки. Разработано и внедрено оборудование для обкатки сварных соединений панельных конструкций.

Апробация работы. Результаты исследований по разработке технологии и оборудования для обкатки внедрены на ряде предприятий. Основные положения работы и результаты исследований докладывались на У-й научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в г.Москве, на научном семинаре кафедры "Машины и автоматизация сварочных процессов" МВТУ им. Н.Э.Баумана, и на научно-техническом семинаре "Обеспечение точности сварных листовых конструкций в процессе их проектирования, изготовления и эксплуатации" в г.Киеве.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и трех приложений. Выполнена на 212

машинописных страницах, содержит 53 рисунка, 17 таблиц и 167 наименований литературных источников.

В главе I приведен анализ современного состояния вопроса по определению сварочных деформаций и напряжений, а также методов уменьшения сварочных деформаций и напряжений в конструкциях таврового профиля.

В настоящее время на основе исследований Николаева Г.А., Очерблома Н.О., Байковой И.П., Куркина С.А., Винокурова В.А., Григорьянца А.Г., Сагалева В.М., Кузьмина С.А., Игнатьевой В.С., Мацкевича В.Д., Бельчука Г.А., Казимирова А.А., Недосеки А.Я., Михайлова В.С., Золотарева Б.Б., Гатовского К.М. и других исследователей разработано много способов предупреждения и устранения сварочных деформаций и напряжений.

На основании проведенного анализа по применению различных методов с целью предупреждения и устранения сварочных деформаций при изготовлении сварных панельных конструкций таврового профиля установлено:

1. В настоящее время в производстве сварных судовых панельных конструкций таврового профиля с целью устранения сварочных деформаций в основном применяется трудоемкий, малопроизводительный и не всегда позволяющий получить необходимую стабильность результатов по исправлению деформаций метод ручной тепловой и термомеханической правки.

2. Наиболее перспективными являются методы, основанные на холодном пластическом деформировании путем послесварочной пластической деформации и на создании предварительных деформаций, обратных сварочным.

Однако в настоящее время нет производительных методов холодного пластического деформирования металла с целью устранения деформаций и напряжений в сварных панельных конструкциях таврового профиля при одностороннем подходе к сварным соединениям.

3. Применительно к сварным балочным и панельным конструкциям таврового профиля, изготовленным из листового металла небольшой толщины с точки зрения простоты осуществления и эффективности воздействия наиболее подходящим является метод осаживания металла по толщине путем обкатки цилиндрическими роликами.

В связи с тем, что до настоящего времени в нашей стране и за рубежом не было проведено исследований в области приме-

нения обкатки для сварных панельных конструкций таврового профиля с односторонним подходом к сварным швам и на основании анализа принципиально возможных схем устранения сварочных деформаций, принципиально установлена возможность осуществления процесса устранения деформаций, исключающего подъем и кантовку крупногабаритных панельных конструкций. Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ возможных вариантов обработки сварных тавровых конструкций для снижения остаточных деформаций и выбор наиболее рациональных схем.

2. Исследование закономерностей процесса устранения сварочных деформаций в панельных тавровых конструкциях при послесварочной односторонней обкатке.

3. Исследование закономерностей процесса развития сварочных деформаций при обкатке соединяемых элементов перед сваркой (при досварочной обкатке).

4. Разработка оборудования и режимов для обкатки сварных тавровых соединений крупногабаритных панельных конструкций.

В главе 2 представлены результаты экспериментальных исследований процесса послесварочной обкатки сварных панельных конструкций таврового профиля. Приведены: схема послесварочной обкатки; методика проведения экспериментальных работ и экспериментальное оборудование; результаты экспериментального и теоретического исследования определения влияния параметров процесса обкатки стенки и жесткости конструкции на уменьшение послесварочных деформаций продольного изгиба в тавровых конструкциях; аналитическая зависимость, связывающая усилие с другими параметрами обкатки; результаты исследования влияния послесварочной обкатки на механические свойства; результаты статистической обработки экспериментальных данных; необходимые условия и область рационального применения послесварочной обкатки.

Впервые метод обкатки был предложен и применен для исправления листов после сварки С.А.Куркиным. Им же совместно с Винокуровым В.А. проведены первые эксперименты по установлению эффективности обкатки сварных швов. Однако известные схемы обкатки и обкатное оборудование неприемлемы для устранения остаточных деформаций продольного изгиба в крупногабаритных сварных панельных конструкциях таврового типа из-за сложной конфигурации конструкций, затрудняющей двухсторонний подход к сварному шву.

При сварке конструкций таврового профиля изгиб создается относительно одной из главных нейтральных осей сечения. Приложение обратного внешнего момента, в этом случае, может компенсировать сварочные деформации продольного изгиба.

Сущность предложенного метода заключается в том, что при обкатке конструкций таврового профиля с целью устранения деформаций продольного изгиба, пластически деформируется не сварной шов, труднодоступный для обработки, а околшовая зона, т.е. обкатывается стенка тавра.

Для экспериментального исследования процесса обкатки с целью устранения деформаций продольного изгиба из условия отсутствия потери устойчивости использовался тавровый образец, изготавливаемый из листового материала стали Ст.3 и сплава АМг6 толщиной 2...5 мм, поля остаточных сварочных деформаций и напряжений в которых близки к полям деформаций и напряжений в реальных конструкциях.

Оценка эффективности послесварочной обкатки на различных режимах осуществлялась сравнительным анализом величины остаточного прогиба образца, а также анализом уровня и характера распределения продольных остаточных деформаций и напряжений до и после обкатки.

С этой целью была использована методика измерения остаточных деформаций с применением съемного механического деформометра конструкции МВТУ на базе 100 мм. Для проведения экспериментальных работ использовали обкатную машину МВТУ-МПР-1 (с поперечным расположением роликов) и экспериментальную установку с продольным расположением роликов. Обкатка стенки тавра должна производиться вблизи сварного шва, между условной осью действия усадочной силы и нейтральной осью сечения тавра.

Необходимым условием при проведении послесварочной обкатки для устранения деформаций продольного изгиба служит равенство моментов, создаваемых усадочной силой, относительно нейтральной оси сечения и деформациями удлинения, возникающими при обкатке, относительно той же оси, т.е.:

$$P_{yc} \cdot C = P_{об. yc} \cdot a, \text{ где} \quad (I)$$

P_{yc} — усадочная сила; C — расстояние от нейтральной оси до точки приложения усадочной силы; $P_{об. yc}$ — условное усилие обкатки, создающее необходимые деформации удлинения; a — рас-

стояние от нейтральной оси до зоны обкатки.

Условное усилие обкатки с учетом остаточных напряжений от сварки и предела текучести материала конструкции, вычисляется по установленной зависимости:

$$P_{об.ус.} = \frac{\Delta\delta}{\delta_1} \cdot E \cdot \delta \cdot b_p \cdot \frac{\sigma_T}{\sigma_{хост}}, \text{ где} \quad (2)$$

$\Delta\delta$ – утонение, вызванное обкаткой; δ_1 – толщина после обкатки; E – модуль упругости 1-го рода; δ – толщина стенки до обкатки; b_p – ширина роликов; σ_T – предел текучести материала; $\sigma_{хост.}$ – максимальные остаточные напряжения в конструкции после сварки.

Необходимое усилие обкатки определяется экспериментально с поправкой на расстояние от оси шва до зоны обкатки. При проведении экспериментов определяли влияние параметров обкатки на уровень снижения деформаций продольного изгиба.

В результате проведенных исследований установлено, что основное влияние оказывает усилие обкатки, а следовательно величина деформации по толщине ϵ_x , расстояние от зоны обкатки до оси сварного шва и до нейтральной оси сечения конструкции. По мере приближения зоны обкатки к нейтральной оси сечения величина деформации по толщине ϵ_x , необходимая для устранения продольного прогиба, возрастает.

Как показали исследования, имеется довольно широкий диапазон режимов обкатки, при которых остаточные перемещения поверхности тавровых соединений укладываются в необходимые допуски. Установлено, что для полного устранения остаточного прогиба и остаточных напряжений растяжения в сварном шве необходимо в обкатываемой околосшовной зоне стенки создать напряжения сжатия. Область рационального проведения послесварочной обкатки находится в пределах, где отношение y/c (y – расстояние от оси шва до зоны обкатки, а c – расстояние от оси шва до нейтральной оси сечения конструкции) не превышает величины 0,4 для соединений из стали Ст.3 и 0,5 для соединений из сплава АМг6. Проведение обкатки за пределами приведенных значений приводит к резкому возрастанию величины пластической деформаций по толщине ϵ_x , необходимой для устранения деформаций продольного изгиба и соответственно усилия обкатки, что практически является нецелесообразным.

Испытания механических свойств сварных соединений после обкатки свидетельствуют о том, что при незначительном снижении пластических показателей происходит повышение прочностных характеристик при статических и особенно при переменных нагрузках.

Результаты статистической обработки подтверждают высокую стабильность разработанного метода снижения сварочного прогиба в конструкциях таврового профиля.

В результате проведенных экспериментальных исследований процесса послесварочной обкатки установлено, что при переходе от конструкций, в которых наблюдаются только деформация укорочения, к конструкциям, где имеются деформации продольного изгиба (связанные с несимметричным относительно нейтральной оси сечения наложением сварных швов), для устранения этих деформаций путем послесварочной обкатки за пределами сварного шва требуется значительно большая величина пластических деформаций по толщине стенки δ_x , равная 1...3,5%.

При снижении деформаций продольного изгиба в сварных конструкциях таврового профиля устраняются полностью деформации потери устойчивости стенки и частично деформации коробления полки тавра.

Экспериментальные результаты показали целесообразность использования предложенной схемы устранения сварочных деформаций в условиях производства.

Глава 3 посвящена разработке расчетного метода решения упруго-пластических задач на ЭВМ по определению деформаций и напряжений при обкатке и при сварке обкатанной пластины узкими роликами. Для выяснения общих закономерностей образования деформаций и напряжений, а также прослеживания кинетики развития временных и остаточных упруго-пластических деформаций, возникающих при сварке обкатанной пластины, целесообразным является аналитическое решение задачи. Задача состоит из двух частей:

I-я – определение деформаций и напряжений после обкатки;

II-я – определение деформаций и напряжений после сварки обкатанной пластины.

Решение данной задачи выполняли на основе разработанного В.А.Винокуровым и А.Г.Григорьянцем (МВТУ им. Н.Э.Баумана) способа решения упруго-пластических задач на цифровых вычислительных машинах, в основе этого способа лежит метод упругих решений А.А.Ильшина.

Решение задачи базируется на ряде допущений, правомерность

которых подтверждается экспериментальной проверкой полученных зависимостей. Основные допущения, упрощающие решения задачи такие же как в вышеуказанном способе, но кроме того, принималось допущение, что деформации по толщине ϵ_z обкатываемого листа изменяются по длине контакта ролика с обкатываемым листом по закону:

$$\epsilon_z = \frac{2 \cdot [\sqrt{r^2 - x^2} - (r - h)]}{\delta}, \text{ где} \quad (3)$$

r - радиус ролика; δ - толщина листа; x - текущая координата; h - величина осадки листа по толщине.

Решение задачи состоит из нескольких самостоятельных этапов.

I этап. Разбивка пластины на элементарные участки.

Как при обкатке, так и при сварке предварительно обкатанной пластины выделяли три области: упругих, упруго-пластических и пластических деформаций. В расчет вводятся зоны упруго-пластических и пластических деформаций. Определение границ зон проводили при обкатке на основании экспериментальных данных, а при сварке обкатанной пластины на основании анализа распределения температур.

II этап. Упругое решение.

Упругое поле распределения напряжений и деформаций вычисляли отдельно для случая обкатанной пластины и для сварки предварительно обкатанной пластины. При определении упругого решения задачи об обкатке использовали методику, предложенную В.М. Сагалевицем и Г.Ф. Кондаковым.

Величина упругой деформации по толщине ϵ_z (в направлении оси z) в каждом из выделенных участков " i " с учетом воздействия на него всей остальной деформируемой области определяются следующим образом:

$$\epsilon_{zi} = \frac{1}{E} \left[\epsilon_{zi} - \frac{2\mu^2 \epsilon_{zi}}{1-\mu} + A_{(i,i)} \frac{\mu^2 \epsilon_{zi}}{1-\mu} + A_{(i+1,i)} \cdot \frac{\mu^2 \epsilon_{z(i+1)}}{1-\mu} + A_{(i+2,i)} \frac{\mu^2 \epsilon_{z(i+2)}}{1-\mu} + \dots + A_{(i+n,i)} \frac{\mu^2 \epsilon_{z(i+n)}}{1-\mu} \right], \text{ где} \quad (4)$$

$A_{(i,i)} \frac{\mu^2 \epsilon_{zi}}{1-\mu}; A_{(i+1,i)} \frac{\mu^2 \epsilon_{z(i+1)}}{1-\mu} \dots$ и т.д. - есть добавки к ϵ_z от влияния единичных распределенных сил q_x и q_y во всех участках области; n - число участков в области под роликом.

Значения сжимающих напряжений $\sigma_{zi} \dots \sigma_{z(i+n)}$ находятся

исходя из системы уравнений применительно для условия равновесия деформированных участков. Дальше по полученному полю напряжений вычисляем компоненты деформаций упругого решения. Складывая упругое решение, полученное при обкатке, с упругим решением от сварки, получаем упругое решение задачи при сварке предварительно обкатанной пластины.

III этап. Упруго-пластическое решение.

Полученные результаты упругих напряжений и деформаций являются основой для решения упруго-пластической задачи, позволяющей с учетом свойств материала в различных зонах определить временные и остаточные напряжения и деформации при обкатке и при сварке обкатанной пластины.

Упруго-пластическое решение задачи производится одинаково, как для обкатанной пластины, так и для пластины, сваренной после обкатки. Только за основу в первом случае принимают упругое решение от обкатки и постоянные свойства металла, а во втором случае упругое решение от сварки предварительно обкатанной пластины и свойства металла, зависящие от температуры.

Решение задачи проводится путем последовательных приближений, результаты предыдущего приближения являются исходными для последующего.

Для решения практических задач была составлена программа решения для ЭВМ "Минск-22М" и "Минск-32". Получены распределения временных и остаточных деформаций и напряжений в пластинах из сплава АМг6 после обкатки и сварки обкатанной пластины, при разных величинах деформации по толщине.

Из результатов решения задачи следует, что оптимальная величина деформации по толщине ϵ_x , необходимая для снижения сварочных деформаций продольного изгиба, находится в пределах от 1...1,5%.

На основании результатов решения задачи и прослеживания кинетики развития упруго-пластических деформаций по ширине пластины во времени при сварке обкатанной пластины объяснен механизм снижения остаточных сварочных деформаций, состоящий в том, что предварительное поле напряжений сдерживает развитие деформаций укорочения от сварки. В процессе сварки происходит взаимодействие пластических деформаций удлинения, вызванных обкаткой, с деформациями укорочения от сварки.

Результаты аналитического решения задачи удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

В главе 4 представлены результаты экспериментального исследования процесса досварочной обкатки с целью предотвращения остаточных сварочных деформаций продольного изгиба в сварных тавровых соединениях. Приведены: рациональная схема досварочной обкатки, основные и необходимые условия досварочной обкатки, методика проведения экспериментов, зависимости остаточных деформаций, напряжений и прогибов от параметров обкатки и режимов сварки (величины зоны пластических деформаций укорочения от сварки); объяснен механизм взаимодействия деформаций и напряжений от обкатки и сварки; проведено сопоставление экспериментальных и расчетных данных.

Досварочную обкатку рационально применять для обработки панельных конструкций таврового профиля, где имеется кроме продольного и поперечный набор, затрудняющий применение после-сварочной обкатки.

Для устранения деформаций продольного изгиба в конструкциях таврового профиля необходимо создать изгиб, обратный сварочному, в направлении продольной оси.

Перед сваркой с помощью обкатки создают такие деформации удлинения, которые компенсируются деформациями укорочения, возникающими при сварке.

Основным условием досварочной обкатки является: равенство прогибов, вызываемых сваркой и обкаткой;

$$f_{об} = f_{св}, \quad \text{где} \quad (5)$$

$f_{об}$ - прогиб после обкатки; $f_{св}$ - прогиб после сварки.

При проведении экспериментальных работ по досварочной обкатке материал, образцы, способы и режимы сварки, а также методика определения остаточных напряжений и деформаций и измерения прогибов были те же, что и при после-сварочной обкатке.

Как показать полученные результаты при обкатке стенки и полки по месту наложения будущего сварного шва, положительно-го эффекта по снижению сварочных деформаций достичь не удается, так как зоны обкатки, в которых произошли деформации удлинения, при сварке нагреваются до температуры плавления.

При обкатке по околошовной зоне стенки и полки деформации удлинения оказывают влияние на развитие пластических деформаций при сварке.

При проведении экспериментальных исследований определяли зависимость остаточных напряжений, деформаций и переме-

ний от параметров обкатки и режимов сварки, т.е. величина зоны пластических деформаций укорочения от сварки. На основании экспериментальных данных установлено, что величина остаточных напряжений, деформаций и прогибов в основном зависят от усилия досварочной обкатки, а следовательно величины деформации по толщине δ_x , расстояния от оси шва до зоны обкатки и в незначительной мере от ширины зоны пластических деформаций укорочения от сварки. Усилие досварочной обкатки определяется по формуле (2). Зависимость между усилием обкатки и геометрическими размерами роликов сохраняется та же, что при послесварочной обкатке.

На основании проведенных расчетно-экспериментальных исследований определена необходимая величина деформации по толщине δ_x для устранения деформаций продольного изгиба, которая находится в пределах от 1...1,5%. Досварочную обкатку сварных соединений конструкций малых толщин ($\delta < 3\text{ мм}$) целесообразно проводить при усилиях, вызывающих величины деформаций по толщине δ_x выше 1,5% в связи с возможностью образования деформаций потери устойчивости элементов конструкции.

Усилие обкатки стенки должно быть выше в среднем на 5...8% усилия обкатки полки, так как устранение деформаций продольного изгиба достигается в основном за счет предварительного растяжения обкатываемой зоны стенки.

Для достижения положительного результата по предупреждению сварочных деформаций необходимо, чтобы ширина зоны пластических деформаций удлинения от обкатки была больше ширины пластических деформаций укорочения от сварки на 20...25%. Эти деформации удлинения при сварке взаимодействуют со сварочными и взаимно компенсируются. При обкатке изделий в обкатной зоне создаются сжимающие напряжения, а в зоне будущего сварного шва возникают напряжения растяжения.

В результате проведенного анализа сопоставления экспериментальных и теоретических результатов установлено, что полученные в работе данные и разработанный математический аппарат для анализа воздействия досварочной обкатки на остаточные деформации и напряжения могут быть успешно применены для объяснения механизма снижения остаточных сварочных деформаций и определения режимов обработки сварных соединений панельных конструкций таврового профиля.

На основании результатов расчетно-экспериментальных исследований установлено, что досварочная обкатка сварных тавровых соединений при параметрах процесса, близких к оптимальным, позволяет получить практически полное снижение остаточных сварочных перемещений.

Обкатка сварного соединения до сварки позволяет регулировать величину временных и остаточных деформаций и напряжений в тонколистовых конструкциях таврового профиля.

Глава 5. На основании экспериментальных и теоретических исследований определены оптимальные параметры режима обкатки и разработаны рекомендации по промышленному применению методов досварочной и послесварочной обкатки. Сформулированы требования к конструкции обкатного оборудования. Приведено описание устройства и принципа работы спроектированного и изготовленного оборудования для обкатки сварных панельных конструкций с целью устранения остаточных сварочных деформаций и напряжений.

Комплекс проведенных экспериментальных и теоретических исследований, разработка эффективных методов и оборудования взамен ручной тепловой и термомеханической правки, позволили внедрить предложенные методы и средства обкатки в производство.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основании проведенного литературного анализа по методам устранения сварочных деформаций и напряжений установлено, что существующие методы тепловой и термомеханической ручной правки сварных соединений панельных конструкций таврового профиля малопроизводительны и не всегда приводят к полному устранению сварочных деформаций продольного изгиба.

На основе анализа принципиально возможных схем устранения деформаций в тавровых соединениях установлено, что одним из наиболее перспективных методов устранения сварочных деформаций продольного изгиба при изготовлении сварных панельных конструкций таврового профиля являются методы послесварочной и досварочной обкатки.

2. На основании проведенных исследований разработаны и исследованы новые методы правки сварных конструкций таврового профиля:

а) послесварочная обкатка для устранения сварочных деформаций продольного изгиба и снижения остаточных напряжений, проводящаяся по той части стенки, которая находится между свар-

ным швом и нейтральной осью сечения конструкции;

б) досварочная обкатка с целью предупреждения сварочных деформаций, проводящаяся по околошовной зоне стенки и полки.

3. Экспериментально-расчетным путем установлено, что послесварочную обкатку необходимо проводить при повышенном значении усилия, т.к. обкатывается не сам сварной шов, а околошовная зона стенки таврового соединения, находящаяся между сварным швом и нейтральной осью сечения.

Величина деформации по толщине не должна превышать для конструкций из стали Ст.3 до 2,7%, а для конструкций из сплава АМг6 до 3,5%.

4. Установлено, что в зависимости от величины усилия послесварочной обкатки, а следовательно величины деформации по толщине и места проведения обкатки по высоте стенки меняются остаточные деформации и напряжения в сварном шве и околошовной зоне как по величине, так и по знаку. С увеличением расстояния от сварного шва до зоны обкатки, находящейся на стенке, необходимо увеличивать усилие обкатки и необходимую для устранения прогиба деформацию по толщине.

5. Определена область рационального проведения послесварочной обкатки находящаяся в пределах, когда отношение y/c (где y - расстояние от оси шва до зоны обкатки, а c - расстояние от оси шва до нейтральной оси сечения) не превышает величины 0,4 для соединений из стали Ст.3 и 0,5 для соединений из сплава АМг6. Проведение обкатки за пределами вышеуказанных значений отношения y/c приводит к резкому возрастанию требуемой величины пластической деформации по толщине δ_x необходимой для устранения деформаций продольного изгиба, что практически является нецелесообразным.

6. Установлено, что для достижения положительного эффекта при досварочной обкатке необходимо:

а) досварочную обкатку проводить не по месту наложения шва, а по околошовной зоне стенки и полки;

б) чтобы создаваемая обкаткой зона пластических деформаций удлинения по ширине была больше на 20...25% ширины зоны пластических деформаций укорочения от сварки;

в) чтобы необходима величина деформации по толщине не превышала 1,5%.

7. Определены необходимые условия проведения досварочной и послесварочной обкатки и получена аналитическая зави-

симость, связывающая между собой параметры обкатки.

Показано, что величина усилия обкатки пропорциональна необходимой величине деформации по толщине, ширине обкатных роликов, толщине обкатываемого элемента конструкции. модулю упругости первого рода, возрастает с увеличением предела текучести и убывает с увеличением величины остаточных напряжений от сварки.

8. Определена с помощью расчетного метода путем решения упруго-пластических задач на ЭВМ оптимальная величина деформации по толщине ϵ_x , необходимая для снижения остаточных сварочных деформаций при досварочной обкатке.

Составлена программа решения задач на ЭВМ "Минск-22 М", "Минск-32" и проведен расчет ряда вариантов.

Результаты теоретического решения задачи удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

9. Внедрение разработанных методов и оборудования в технологический процесс изготовления панельных конструкций взамен ручной тепловой и термомеханической правки за счет снижения трудоемкости процесса, повышения производительности и улучшения условий труда позволяют получить экономический эффект около 115 тыс.рублей в год.

Основное содержание диссертации отражено в работах:

1. Татаринов Б.П., Сагалевич В.М., Устранение сварочных деформаций продольного изгиба. М., НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1978, № 10-78-11, с. 1...5.

2. Татаринов Б.П., Сагалевич В.М., Предотвращение сварочных деформаций методом предварительной обкатки. М., НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1978, № 10-78-10, с. 1...8.

3. Татаринов Б.П., Мезенцева С.А., Сагалевич В.М., Аналитическое исследование процесса обкатки. М., НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1978, № 10-78-12, с.1...5.

4. Сагалевич В.М., Татаринов Б.П., Янченко Ю.А., Голенко В.Н., Станок для обкатки сварных конструкций таврового профиля. М., 1975, № 10-75-10, с.16...19.

Б.П. Татаринов

