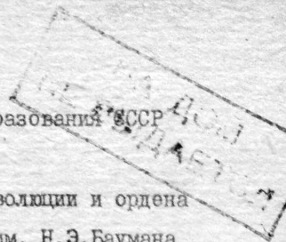


М464645

Министерство высшего и среднего специального образования СССР



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

На правах рукописи

Шувалов Юрий Борисович

УДК 621.774.63

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОТЯЖКИ КРУТОИЗОГНУТЫХ
ОТВОДОВ

05.03.05. Процессы и машины обработки давлением

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1987

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте
по монтажным и специальным строительным работам

Научный руководитель : доктор технических наук,
профессор Овчинников А.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Соловцов С.С.

кандидат технических наук
Белкин Н.М.

Ведущая организация (предприятие) - Центральный научно-
исследовательский институт по технологии машиностроения
(ЦНИИТМАШ)

Защита состоится "4" января 1988 г. на заседании
специализированного совета К053.15.13 в Московском высшем
техническом училище им. Н.Э.Баумана : Москва, 2-я Бауманская, 5

С диссертацией можно ознакомиться
в Высшем техническом училище

Автореферат разослан

Ученый секретарь
специализированного

Л92999 Подписано к

Объем 1,0 п.л. Тир

M 464645



1464645

Шувалов Ю.Б. Разработка и

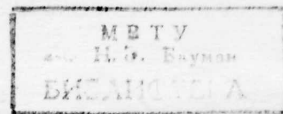
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года", принятыми XXVI съездом КПСС, предусматривается дальнейшее интенсивное развитие нефтяного, нефтеперерабатывающего и химического машиностроения страны. В связи с этим значительно возрастает потребность в деталях технологических трубопроводов из различных марок сталей, в частности, крутоизогнутых отводах диаметром условного прохода Ду 40-600мм толщиной стенки от 2,5 до 20мм при радиусах кривизны оси I и 1,5 Ду. Потребность в таких крутоизогнутых отводах только из углеродистой стали марки 20 составляет свыше 100 тыс. тонн. Дальнейшее развитие нефтяной и газовой промышленности требует значительного увеличения производства деталей трубопроводов большого диаметра. Потребность только монтажных организаций Минмонтажспецстроя СССР в крупногабаритных отводах Ду 700-1200мм к 1990 году составит 10 тыс. тонн в год.

Анализ отечественного и зарубежного опыта производства отводов показал, что из всех существующих способов их заводского изготовления самым экономичным и высокопроизводительным является горячая протяжка отводов по рогообразному сердечнику. Однако, наряду с высокими технико-экономическими показателями данного процесса, существуют недостатки, которые сдерживают дальнейший процесс интенсификации и автоматизации производства отводов горячей протяжкой: основным является наличие в существующем технологическом процессе операций горячей объемной правки и калибровки отводов.

Проведенные ВНИИмонтажспецстроем технико-экономические расчеты показывают, что применение способа горячей протяжки по сердечнику при производстве крупногабаритных отводов по сравнению с существующими обеспечит значительную экономию металла труб и снижение трудоемкости их изготовления. Целесообразность организации такого производства подтверждает и зарубежный опыт.

Цель работы. Целью настоящей работы являются повышение коэффициента использования металла и снижение трудоемкости существующего технологического процесса изготовления крутоизогнутых отводов Ду 40-600мм методом горячей протяжки по сердечнику, а также при производстве крупногабаритных отводов Ду 700-1200мм. Эта цель достигается путем реализации основной идеи, состоящей в исключении из существующего технологического процесса операций объемной



МН64645

правки и калибровки отводов, и разработкой технологического процесса протяжки крупногабаритных отводов по сердечнику.

Для достижения этой цели были поставлены и решались следующие задачи исследования:

1. Определение зависимости параметров рогообразного сердечника от условий деформирования трубной заготовки на его формообразующем участке.

2. Разработка методики расчета и построения профиля сердечника с учетом распределения истинных деформаций трубной заготовки в процессе протяжки.

3. Экспериментальное подтверждение возможности исключения из существующего технологического процесса горячей протяжки отводов операций горячей объемной правки и калибровки.

4. Уточнение механизма деформирования трубной заготовки в отвод на рогообразном сердечнике и оценка степени влияния отдельных факторов на процесс деформирования.

5. Определение величин напряжений трубной заготовки в процессе деформирования на рогообразном сердечнике.

6. Разработка универсальной методики расчета усилия протяжки отводов для любой конструкции сердечника и термомеханических условий деформирования.

7. Разработка конструкции полого равнопрочного рогообразного сердечника для протяжки отводов Ду 150-600мм.

8. Разработка способа протяжки крупногабаритных отводов без операций правки и калибровки.

9. Использование результатов исследований в производстве.

Научная новизна. Выведена зависимость параметров формообразующего участка сердечника от деформаций трубной заготовки при протяжке. Разработана методика расчета и построения профиля сердечника с учетом распределения деформаций трубной заготовки в процессе протяжки. Уточнен механизм деформирования трубной заготовки в отвод на рогообразном сердечнике и оценена степень влияния отдельных факторов на процесс деформирования. Выведены формулы для определения напряжений трубной заготовки в процессе деформирования. Разработана универсальная методика расчета усилия протяжки отводов для любой конструкции сердечника и термомеханических условий деформирования. Установлена зависимость стойкости рогообразного сердечника от толщины стенки протягиваемого отвода.

Практическая полезность. Разработаны технологический процесс и конструкция рогообразного сердечника, которые позволяют изготов-

ливать протяжкой по сердечнику крутоизогнутые отводы в соответствии с требованиями ГОСТ 17380-83 без операций правки и калибровки. Разработана конструкция полого равнопрочного сердечника для производства отводов Ду 150-600мм, которая позволила сократить массу сердечников на 35-40% при увеличении их эксплуатационной стойкости более чем в два раза. Разработан способ протяжки крупногабаритных отводов по рогообразному сердечнику с созданием перемычек между трубными заготовками.

Диссертационная работа направлена на решение задач, поставленных отраслевой научно-технической программой Минмонтажспецстроя СССР на 1986-1990 годы "2. Разработать новые, расширить применение созданных в XI пятилетке прогрессивных технологических процессов и оборудования для изготовления и монтажа технологических трубопроводов и их деталей" по следующим заданиям:

2.01.01.09. Создать и внедрить рогообразные сердечники для производства отводов без правки и калибровки.

2.01.01.10. Создать и внедрить полые равнопрочные рогообразные сердечники.

2.01.01.11. Создать и внедрить рогообразные сердечники для горячей протяжки крупногабаритных отводов.

Реализация результатов работы. Разработанная конструкция полого равнопрочного рогообразного сердечника внедрена на заводах Минмонтажспецстроя СССР, Минэнерго СССР, Мосгорисполкома и других предприятиях при производстве отводов Ду=150-600мм. Предварительный годовой экономический эффект от внедрения предложенной конструкции составил около 160 тыс.рублей.

Разработанный в диссертационной работе рогообразный сердечник, построенный с учетом распределения деформаций трубной заготовки на его формообразующем участке, является основой создания технологического процесса протяжки отводов без последующих операций правки и калибровки. Технология и рогообразный сердечник внедряется на заводах ГлавУПД Минмонтажспецстроя СССР. Внедрение предложенной конструкции сердечника при производстве отводов Ду=40-125мм даст годовой экономический эффект около 500 тыс.рублей.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на:

- выставке научно-технического творчества молодежи ВНИИмонтажспецстроя (1982г.),
- на конкурсе молодых ученых и специалистов ВНИИмонтажспецстроя (1983, 1984, 1986гг.),

- на конкурсе изобретателей среди молодых ученых и специалистов ВНИИМонтажспецстроя (1986г.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 15 печатных работ и получено 2 авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 разделов, выводов и рекомендаций, приложений и содержит 132 страниц машинописного текста, 16 таблиц, 57 рисунков, список литературы из 87 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. Состояние вопроса, цель и задачи исследования

В разделе дан анализ технологического процесса горячей протяжки отводов по рогообразному сердечнику и область его применения.

Отмечено, что большой вклад в разработку основных положений, практическую реализацию и становление технологического процесса горячей протяжки отводов по сердечнику в стране внесен трудами Н.А.Доллежала, Р.И.Тавастшерна, В.А.Куренкова, М.Н.Горбунова, В.П.Лукьянова, В.Н.Фролова, Н.М.Белкина, Ю.И.Берлинера и др.

Анализ технической литературы и патентных материалов показал, что в настоящее время на отечественных заводах и предприятиях зарубежных фирм при изготовлении крутоизогнутых отводов Ду 40-600мм горячей протяжкой по рогообразному сердечнику сложилась единая технология их производства, состоящая из ряда последовательных технологических операций: резки труб на заготовки, горячей протяжки их по сердечнику, горячей объемной правки отводов, механической обработки присоединительных торцов отводов под сварку и калибровки торцов отводов. Наличие в данном технологическом процессе операций правки и калибровки отводов связано с несовершенством, в первую очередь, основного деформирующего инструмента - рогообразного сердечника.

Вопросам построения профиля рогообразного сердечника уделено внимание в большинстве работ по проектированию технологического процесса протяжки отводов. Однако, в этих работах рассмотрены методы расчета параметров сердечника, основанные на геометрических соображениях и неучитывающие физическую сторону процесса, а именно, процесс формоизменения трубной заготовки в отвод. Анализ показывает, что существующие конструкции сердечников не позволяют получать отводы после операции протяжки в соответствии с требованиями

ГОСТ 17380-83 и поэтому в технологический процесс введены операции объемной правки и калибровки отводов.

Некоторые работы посвящены исследованиям силовых параметров процесса. При решении задачи в подавляющем большинстве разработок принята осесимметричная схема раздачи трубы на конусной оправке. Анализ показывает, что имеющиеся методы расчета усилия протяжки весьма приближены и применимы для определенных типов отводов и режимов деформирования.

Дан анализ работ, посвященных изучению нагружения сердечника во время протяжки. Этот вопрос особенно важен для решения задачи повышения эксплуатационной стойкости сердечника. Показано, что стойкость сердечника определяет максимальное нормальное напряжение, возникающее в опасном сечении сердечника — в зоне перехода направляющего участка в деформирующий.

Рассмотрены способы производства крупногабаритных отводов, применяемые в настоящее время в нашей стране: сварка из трубных секций и штамповка из листа двух половин отвода с последующей их сваркой. Показаны основные недостатки этих способов: низкая производительность, высокая трудоемкость и значительный отход металла до 40-50%.

Раздел заканчивается постановкой задач исследования.

2. Теоретический анализ процесса горячей протяжки отводов по рогообразному сердечнику

В разделе приведены теоретические основы процесса протяжки отводов.

Для составления уравнения поверхности сердечника использована теория поверхностей. Выведены выражения для вычисления первой и второй квадратичных форм Гаусса, которые позволяют определить любые геометрические параметры сердечника.

Уточнено выражение для определения истинных деформаций трубной заготовки в процессе формообразования отвода

$$\epsilon_r = -\epsilon_\theta = \frac{1}{2} \ln \frac{\frac{d'^2}{4} + \left(1 - \frac{d}{2} S \varphi' \cos \theta\right)^2}{\frac{d'^2}{4} + \left(1 + \frac{d}{2} S \varphi'\right)^2} \quad (I)$$

где $d(e)$ — текущий диаметр поперечного сечения сердечника вдоль средней линии; S — толщина стенки трубной заготовки; $\varphi' = 1/\rho$ — кривизна средней линии сердечника; θ — угол в поперечном сечении

сердечника, отсчитываемый от точки на внутренней образующей; $d'(\ell)$ - производная диаметра сечения сердечника по ℓ ; ℓ - длина средней линии сердечника, отсчитываемая от начала формообразующего участка.

Выведены формулы для определения напряжений трубной заготовки на рогообразном сердечнике в процессе протяжки: меридиональное напряжение

$$\sigma_{\ell} = -\frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \sqrt{\frac{\sigma_{sk}}{\sigma_s}} \cdot \frac{f+m(1+\cos\theta)}{d+s} \left[\frac{(d_r+s)(1+\cos\theta)}{m} \ln \frac{D+s}{d+s} - (L-\ell)\cos\theta \right] \quad (2)$$

и тангенциальное напряжение (из условия пластичности)

$$\sigma_{\theta} = \sigma_s + \sigma_{\ell}$$

(3)

где σ_s - текущее значение напряжения текучести трубной заготовки в очаге деформаций; σ_{sk} - значение напряжения текучести в конце очага деформаций; f - коэффициент трения; m - конусность рогообразного сердечника; L - длина средней линии формообразующего участка сердечника; d_r - диаметр направляющего участка сердечника; D - диаметр калибрующего участка сердечника.

На основании распределения напряжений трубной заготовки на сердечнике уточнен механизм деформирования трубной заготовки в отвод и оценена степень влияния отдельных факторов на процесс деформирования.

Определена максимальная длина формообразующего участка сердечника при неизменных значениях остальных параметров

$$L \leq \frac{1}{f} \left\{ 1,22 \sqrt{\frac{\sigma_{so}}{\sigma_{sk}}} - 0,66 \right\} (d_r + s) \quad (4)$$

где σ_{so} , σ_{sk} - значения напряжения текучести трубной заготовки в начале и конце очага деформаций соответственно.

Показано, что в зависимости от напряжений σ_{ℓ} и σ_{θ} формообразующий участок сердечника можно условно разбить на три зоны:

I зона: $|\sigma_{\ell}| > |\sigma_{\theta}|$ - соответствует увеличению толщины стенки трубы;

II зона: $|\sigma_{\ell}| = |\sigma_{\theta}|$ - зона равенства напряжений;

III зона: $|\sigma_{\ell}| < |\sigma_{\theta}|$ - соответствует утонению толщины стенки трубы.

Выявлено, что в процессе протяжки трубной заготовки на рого-

образном сердечнике на начальном этапе деформирования наблюдается увеличение толщины стенки до 12% от исходной толщины заготовки, а на последующем этапе наблюдается утонение со значения, полученного на первом этапе, на 13%. Общее изменение толщины стенки при протяжке отвода не превышает 3% в сторону утонения. На основании исследований механизма деформирования трубной заготовки в отвод сделан вывод, что горячая протяжка отводов по рогообразному сердечнику происходит с неизменной толщиной стенки.

Выведено выражение для определения усилия протяжки отводов для любой конструкции сердечника и термомеханических условий деформирования

$$P = \frac{\pi s}{\sqrt{3}} \sigma_{s0} \int_0^L e^{-\ln(\sigma_{s0}/\sigma_{sk}) \cdot \frac{\ell}{L}} \cdot \frac{2fd_T + m(3d_T - d)}{d} d\ell \quad (5)$$

Определена зависимость напряженного состояния сердечника от толщины стенки протягиваемого отвода

$$S = \frac{\pi z_T^3}{K_1 z_T + 4K_2} \sigma \quad (6)$$

K_1 , K_2 — коэффициенты, зависящие от условий процесса и конструкции сердечника.

Данная формула позволяет обоснованно подойти к вопросу проектирования процесса протяжки толстостенных отводов и отводов из нержавеющей стали.

3. Разработка технологии горячей протяжки отводов без операций объемной правки и калибровки

Показано, что существующие конструкции рогообразных сердечников, построенные на основании геометрических соображений, не обеспечивают точность протянутых отводов в соответствии с требованиями ГОСТ 17380-83.

Основным фактором, влияющим на процесс формоизменения трубной заготовки на сердечнике, является характер течения металла на его формообразующем участке, который полностью определяется распределением деформаций трубной заготовки.

Основными параметрами сердечника, определяющими его конструкцию, являются распределения диаметров поперечных сечений формообра-

зующего участка сердечника d и радиуса кривизны его средней линии ρ . Выведены зависимости этих параметров от деформаций трубной заготовки при протяжке

$$d = \frac{2(d_0 + S)}{1 + \exp(-\varepsilon_{\max})} - S \quad (7)$$

$$\rho = \frac{d_0 + S}{1 - \exp(-\varepsilon_{\max})} \quad (8)$$

где $\varepsilon_{\max}$ — истинные деформации трубной заготовки на внутренней образующей сердечника.

На основании полученных зависимостей разработана методика расчета и построения профиля формообразующего участка сердечника с учетом распределения деформаций $\varepsilon_{\max}$:

1. Вычисление радиуса кривизны средней линии сердечника по формуле (8);

2. Вычисление диаметров поперечных сечений сердечника по формуле (7);

3. Определение угла между касательной к оси сердечника и осью X , совпадающей с осью направляющего цилиндрического участка сердечника

$$\varphi = \int_0^l \frac{d\rho}{\rho(\rho)} \quad (9)$$

4. Определение декартовых координат средней линии сердечника

$$x = \int_0^l \cos \varphi(\rho) d\rho, \quad y = \int_0^l \sin \varphi(\rho) d\rho \quad (10)$$

5. Вычисление координат поверхности формообразующего участка

$$\begin{aligned} X &= x - \frac{d}{2} \sin \varphi \cos \theta \\ Y &= y + \frac{d}{2} \cos \varphi \cos \theta \\ Z &= \frac{d}{2} \sin \theta \end{aligned} \quad (11)$$

Экспериментально установлено оптимальное распределение истинных деформаций трубной заготовки на внутренней образующей сердечника, которое с достаточной степенью точности аппроксимируется зависимостью

$$\varepsilon_{\max} = \ln \left(\frac{R}{R - \frac{D+S}{2}} - \frac{\frac{D+S}{2}}{R - \frac{D+S}{2}} \cos \frac{\pi}{L} \ell \right) \quad (12)$$

В соответствии с разработанной методикой расчета и построения профиля сердечника разработан алгоритм и составлена программа расчета параметров формообразующего участка сердечника с использованием ЭВМ ЕС-1022.

Дано экспериментальное подтверждение возможности исключения из существующего технологического процесса горячей протяжки отводов операций объемной правки и калибровки. Производственные испытания сердечников были проведены на Красноярском заводе трубных заготовок Главного управления производственных предприятий (ГлавУПП) Минмонталспецстроя СССР. Протянутые отводы не требовали операций объемной правки и калибровки.

На основании проведенных испытаний заводом даны рекомендации для широкого промышленного внедрения предложенной конструкции сердечника, как отвечающей всем требованиям технологии изготовления отводов горячей протяжки без операций правки и калибровки.

4. Разработка технологического процесса горячей протяжки крупногабаритных отводов по сердечнику

В данном разделе рассмотрены вопросы дальнейшего развития процесса горячей протяжки трубных заготовок по рогообразному сердечнику применительно к производству крупногабаритных отводов Ду свыше 600 мм. Разработаны основные положения технологического процесса протяжки крупногабаритных отводов.

Показано, что существующие способы изготовления крупногабаритных отводов являются трудоемкими и малопроизводительными. На основании проведенных расчетов дано технико-экономическое обоснование процесса протяжки крупногабаритных отводов по рогообразному сердечнику.

Проведен расчет силовых параметров процесса протяжки отводов большого диаметра с целью задания исходных требований на разработку прессового оборудования и деформирующего инструмента. На основании проведенных расчетов определены основные параметры и характеристики гидравлического протяжного пресса.

Разработаны новые конструкции рогообразных сердечников применительно к технологическому процессу горячей протяжки крупногабаритных отводов: полый равносплочный сердечник и составной сердечник,

выполненный из двух половин симметричных относительно плоскости изгиба сердечника.

До настоящего времени при протяжке отводов Ду 40-600мм применялись сердечники со сплошным сечением по всей длине. Однако, такие сердечники имеют большую массу, особенно для изготовления отводов условным проходом свыше 300мм. Для крупногабаритных отводов Ду 700-1200мм расчетная масса сердечников со сплошным сечением составляет от 10 до 35 тонн. В то же время, получить крупногабаритное литье высокого качества весьма сложно.

В процессе эксплуатации сердечник подвержен действию значительных внешних силовых нагрузок и высокой температуры. В результате сердечники выходят из строя, разрушаясь по сечению, расположенному в зоне перехода направляющего участка в формообразующий. Это сечение является опасным, так как в нем возникают максимальные напряжения от действия внешних нагрузок. Во всех других сечениях сердечника напряжения меньше и практически снижаются до нуля в конце калибрующего участка.

В связи с этим разработана конструкция полого равнопрочного сердечника (рисунок), в котором масса снижена на 35-40% и который по своим прочностным характеристикам не уступает сердечнику со сплошным сечением по всей длине. Разработанная конструкция полого равнопрочного сердечника применительно к процессу протяжки крупногабаритных отводов нашла широкое применение в существующем производстве отводов Ду 150-600мм на заводах Минмонтажспецстроя СССР, Минэнерго СССР, Мосгорисполкома.

Проведены исследования технологического процесса протяжки отводов на этих сердечниках в заводских условиях, которые показали ряд преимуществ по сравнению с традиционным технологическим процессом протяжки отводов на сердечниках со сплошным сечением по всей длине:

- сокращено время разогрева сердечника до рабочей температуры (примерно на 50%), что позволяет экономить энергетические ресурсы - газ при пламенном нагреве и электроэнергию при индукционном нагреве;
- повышена эксплуатационная стойкость сердечников более чем в 2 раза, за счет получения мелкозернистой структуры металла при отливке сердечника и уменьшения его термического растрескивания в процессе эксплуатации;
- снижена масса сердечников из дорогостоящей хромоникелевой жаростойкой стали 20Х23Н18 на 35-40% за счет выполнения сердечника с полостью в формообразующем участке;

- изменена литейная технология изготовления сердечников; это позволило сократить расход дорогостоящей жаростойкой стали в среднем на 60% за счет уменьшения объема прибыли и изменения ее расположения.

Конструкция полого равнопрочного рогообразного сердечника запатентована авторским свидетельством СССР № I222352.

Полые равнопрочные сердечники для горячей протяжки крутоизогнутых отводов Ду 150-600мм экспандировались на ВДНХ СССР и были отмечены медалями.

При разработке технологического процесса производства крупногабаритных отводов Ду 1000 и 1200мм исследована возможность еще больше сократить массу сердечников без уменьшения его прочностных свойств за счет выполнения сердечника со сквозной полостью. Однако, и такие сердечники будут иметь значительную массу (более 10 тонн). Изготовление крупногабаритных сердечников со сквозной полостью сопряжено с крайне высокой сложностью и трудоемкостью изготовления, установки и крепления от смещения длинномерного стержня при литье. В то же время, многие металлургические заводы (в частности, Московский завод "Серп и молот", производящий отливку сердечников для заводов многих министерств страны) имеют ограниченный объем заливочного ковша - до 10 тонн.

В связи с этим разработан рогообразный сердечник для протяжки крупногабаритных отводов, который выполнен составным из двух частей, симметричных относительно плоскости проходящей через среднюю линию сердечника. Данная конструкция сердечника имеет следующие преимущества перед цельно-литыми сердечниками со сквозной полостью:

- снижена трудоемкость изготовления сердечника, так как каждая из половин не имеет полости и тем самым сняты проблемы установки и крепления от смещения при литье длинномерного стержня внутри сердечника;

- увеличена стойкость сердечника за счет создания при литье в плоскостигиба дополнительных поверхностей с мелкозернистой структурой металла.

Наряду с проблемой создания новых конструкций рогообразных сердечников другой важной задачей проектирования технологического процесса протяжки крупногабаритных отводов является разработка способа протяжки по сердечнику, исключающего в дальнейшем операции объемной правки и калибровки. Наличие этих операций связано с разработкой, проектированием и созданием специализированного дорогостоящего кузнечно-прессового оборудования.

Применительно к технологическому процессу производства крупногабаритных отводов разработан способ непрерывной протяжки отводов по сердечнику с созданием перемычек между трубными заготовками.

Эти перемычки располагают на одной линии, параллельной оси трубной заготовки, и ориентируют в процессе протяжки на наружной образующей сердечника. После протяжки очередного отвода перемычку, соединяющую его со следующим отводом, удаляют. При протяжке отводов данным способом происходит плотное прилегание заготовки к поверхности сердечника, что обеспечивает одновременную калибровку отвода по внутреннему диаметру на калибрующем участке сердечника и правильное формообразование заготовки в отвод с заданным радиусом кривизны.

Проведены экспериментальные исследования изготовления отводов разлитым способом в лабораторных условиях ВНИИмонтажспецстроя. Во время экспериментальных исследований были определены параметры перемычек из условия их сохранности в процессе протяжки. Готовые отводы имели геометрические параметры в соответствии с требованиями ГОСТ 17380-83 на предельные отклонения размеров отводов.

5. Экспериментальные исследования силовых параметров процесса горячей протяжки отводов и напряженного состояния сердечника

В разделе изложены результаты экспериментальных исследований по определению усилия протяжки отводов и напряженного состояния сердечника. Задачей раздела являлась проверка приемлемости расчетных формул (5) и (6), использованных при проектировании процесса протяжки крупногабаритных отводов.

Измерение усилия деформирования проводилось при изготовлении отводов различных типоразмеров из стали 20. Приемлемость формулы подтверждена сравнением значений расчетных и замеренных усилий протяжки отводов в заводских условиях и в лабораторных условиях ВНИИмонтажспецстроя. Сравнительный анализ расчетных и замеренных значений усилий протяжки отводов в заводских условиях показал, что расхождения находятся в пределах от -7% до $+9,2\%$.

Составлен алгоритм расчета усилия горячей протяжки отводов на алгоритмическом языке "ФОРТРАН" для ЭВМ ЕС-1022.

Дано обоснование возможности горячей протяжки толстостенных отводов в условиях их заводского изготовления на основании полученной зависимости напряженного состояния сердечника от толщины стенки

протягиваемого отвода.

6. Внедрение результатов исследований в производство

В результате теоретических и экспериментальных исследований процесса протяжки отводов выведены зависимости основных параметров сердечника от деформаций трубной заготовки по формулам (7) и (8) и экспериментально определено оптимальное распределение деформаций на внутренней образующей сердечника, которое с достаточной степенью точности аппроксимируется зависимостью (12). На основании разработанной методики расчета и построения профиля сердечника с учетом деформаций разработана конструкция рогообразного сердечника, позволяющая изготавливать отводы в соответствии с требованиями ГОСТ 17380-83 без операций правки и калибровки.

Опытно-промышленное внедрение технологического процесса и сердечников новой конструкции осуществляется на Красноярском заводе трубных заготовок ГлавУПД Минмонтажспецстроя СССР. Расчеты, выполненные во ВНИИмонтажспецстрое, показывают, что внедрение предложенной конструкции сердечника при производстве отводов Ду=40-125мм позволит получить по ГлавУПД годовой экономический эффект около 500 тыс. рублей.

Разработаны и внедрены технологический процесс и конструкция полого равнопрочного рогообразного сердечника для производства отводов Ду=150-600мм.

В результате теоретических исследований силовых параметров процесса определено напряженное состояние сердечника в процессе протяжки отводов. Выявлена величина максимального растягивающего напряжения в опасном сечении сердечника в зависимости от толщины стенки протягиваемого отвода по формуле (6). Это сечение находится в зоне перехода направляющего участка сердечника в формообразующий. Во всех остальных сечениях сердечника эти напряжения меньше и плавно снижаются до нуля к концу формообразующего участка. На основании анализа напряженного состояния сердечника показано, что для создания полого равнопрочного сердечника необходимо, чтобы опасное сечение было сплошным, а толщина стенки сердечника плавно уменьшалась от начала к концу формообразующего участка.

В результате проведенных теоретических исследований разработана конструкция полого равнопрочного сердечника, которая позволила уменьшить массу сердечника на 35-40% при повышении его эксплуатационной стойкости более чем в 2 раза.

Внедрение конструкции полого равнопрочного сердечника на заводах Минмонтажспецстроя СССР, Минэнерго СССР, Мосгорисполкома составляет годовой экономический эффект около 160 тыс. руб. при объеме литья сердечников на Московском металлургическом заводе "Серп и молот" около 100 тонн.

Также разработаны основные положения технологического процесса горячей протяжки по сердечнику крупногабаритных отводов Ду 700-1200 мм.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Выведена зависимость параметров рогообразного сердечника от условий деформирования трубной заготовки на его формообразующем участке. Экспериментально установлено оптимальное распределение истинных деформаций трубной заготовки на внутренней образующей сердечника.

2. Разработана методика расчета и построения профиля рогообразного сердечника с учетом распределения истинных деформаций трубной заготовки в процессе протяжки.

3. Дано экспериментальное подтверждение возможности исключения из существующего технологического процесса горячей протяжки отводов операций горячей объемной правки и калибровки.

Проведены производственные испытания технологического процесса и новой конструкции сердечника на Красноярском заводе трубных заготовок ГлавУПП Минмонтажспецстроя СССР. Даны рекомендации для широкого промышленного внедрения технологического процесса и новой конструкции сердечника.

4. Уточнен механизм деформирования трубной заготовки в отвод на рогообразном сердечнике и оценена степень влияния отдельных факторов на процесс деформирования.

5. Выведены формулы для расчета напряжений в трубной заготовке при протяжке по рогообразному сердечнику.

6. Разработана универсальная методика расчета усилия протяжки отводов для любой конструкции сердечника и термомеханических условий деформирования.

7. Разработаны и внедрены технологический процесс и конструкция полого равнопрочного сердечника для протяжки отводов Ду 150-600 мм, которая позволила уменьшить массу сердечника на 35-40% при повышении его эксплуатационной стойкости более чем в 2 раза.

8. Разработаны основные положения технологического процесса горячей протяжки по рогообразному сердечнику крупногабаритных

отводов Ду 700-1200мм.

Определены силовые параметры протяжки отводов большого диаметра для задания исходных требований на разработку прессового оборудования и деформирующего инструмента.

Разработаны новые конструкции рогообразных сердечников применительно к данному процессу: полый равнопрочный рогообразный сердечник и составной рогообразный сердечник.

9. Разработан способ непрерывной протяжки отводов по рогообразному сердечнику с созданием перемычек между трубными заготовками применительно к процессу протяжки крупногабаритных отводов.

Данный способ опробован в лабораторных условиях ВНИИмонтажспецстрой на установке, состоящей из гидравлического протяжного пресса усилием 200кН и индукционного нагревательного устройства (ТВЧ).

10. Результаты исследований внедряются на заводах Минмонтажспецстрой СССР, Минэнерго СССР, Мосгорисполкома.

Основное содержание работы изложено в следующих работах:

1. Шувалов Ю.Б. Горячая протяжка толстостенных крутоизогнутых отводов // Изв. вузов. Машиностроение. -1985. -№2. -С.106-110.

2. Шувалов Ю.Б., Куренков В.А., Тавастерна Р.И. Разработка деформирующего инструмента при горячей протяжке крутоизогнутых отводов // Технология монтажа резервуаров и трубопроводов: Сб. научных трудов / ВНИИмонтажспецстрой. -М., 1985. -С. 42-48.

3. Шувалов Ю.Б., Тавастерна Р.И. Метод определения усилия деформирования при изготовлении крутоизогнутых отводов горячей протяжкой // Хим. и нефт. машиностроение. -1984. - №9. -С. 40.

4. Шувалов Ю.Б., Тавастерна Р.И. Расчет деформаций трубной заготовки при протяжке по рогообразному сердечнику // Исследование процесса монтажа трубопроводов и резервуаров: Сб. научных трудов / ВНИИмонтажспецстрой. -М. -1984. -С. 26-29.

5. Шувалов Ю.Б. Изготовление отводов непрерывной протяжкой трубных заготовок по рогообразному сердечнику // Кузнеч.-штамповоч. пр-во. -1986. -№7. -С. 14-15.

6. Шувалов Ю.Б. Повышение точности горячей протяжки крутоизогнутых отводов // Кузнеч.-штамповоч. пр-во. -1987. -№8. -С. 23-24.

7. Шувалов Ю.Б. Расчет напряжений при горячей протяжке отводов по рогообразному сердечнику // Изв. вузов. Машиностроение. -1987. -№6. -С. 92-96.

8. Шувалов Ю.Б., Куренков В.А. Полый равнопрочный сердечник для изготовления крутоизогнутых отводов Ду 150-600 мм // Исследования

ние технологии изготовления и монтажа резервуаров и трубопроводов: Сб. научных трудов / НИИМонтажспецстрой. - М., 1986. - С. 7-13.

9. Шувалов Ю.Б. Расчет тепловых параметров процесса горячей протяжки крутоизогнутых отводов // Исследование технологии изготовления и монтажа резервуаров и трубопроводов: Сб. научных трудов / НИИМонтажспецстрой. - М., 1986. - С. 14-18.

10. А.С. 1247117 СССР, МКИ⁴ В 21 Д 9/00. Способ изготовления изогнутых отводов / Ю.Б.Шувалов, В.А.Кочнов, Т.В.Розанова, А.Г.Овчинников (СССР). - №3724595/25-27; Заявлено 12.04.84; Оpubл. 30.07.86; Бюл. № 28 // Б.И. - 1986. - № 28.

11. А.С. 1222352 СССР, МКИ⁴ В 21 Д 9/12. Рогообразный сердечник / Ю.Б.Шувалов, В.А.Куренков, Р.И.Тавастшерна и др. (СССР). - № 2729865/25-27; Заявлено 20.12.84; Оpubл. 07.04.86; Бюл. № 13 // Б.И. - 1986. - № 13.

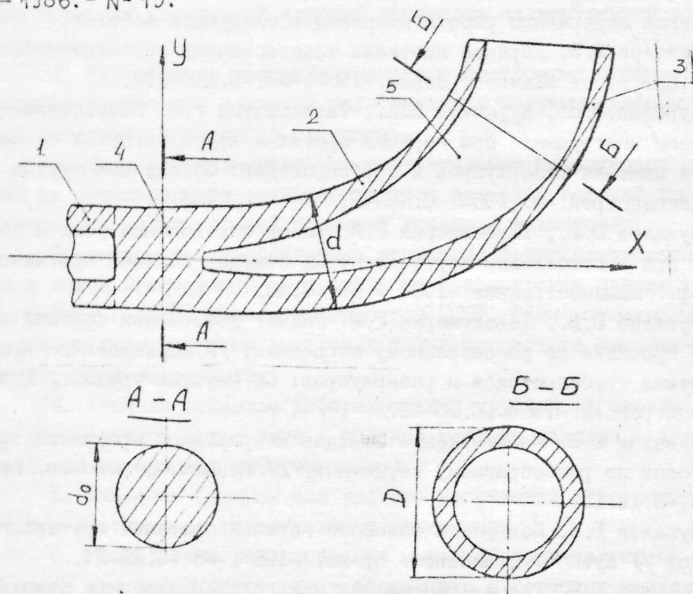


Рис. Конструкция полого равнопрочного рогообразного сердечника:

1 - направляющий участок; 2 - формообразующий участок; 3 - калибрующий участок; 4 - зона сплошного сечения; 5 - полость.