

МЗВ8644

НЕ НА ДОМ
ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи

Сердюк Виталий Степанович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ОБЖИМА ТРУБЫ ПРИ СБОРКЕ ТРУБЧАТОГО УЗЛА
(05.03.05 - Процессы и машины обработки
давлением)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

Министерство высшего и среднего специального образования СССР
Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н.Э. Баумана

На правах рукописи

Сердюк Виталий Степанович

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ОБЖИМА ТРУБЫ ПРИ СБОРКЕ ТРУБЧАТОГО УЗЛА
(05.03.05 - Процессы и машины обработки
давлением)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических
наук

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1308647

Сердюк В. С. Исследование

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

Научные руководители: - кандидат технических наук, доцент
Колесников С.М.;
кандидат технических наук, доцент
Фейгин М.М.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор
Поляк С.М.;
кандидат технических наук, доцент
Легчилин А.И.

Ведущее предприятие: указано в решении Ученого Совета.

Защита диссертации состоится " " _____ 1977 г.
на заседании специализированного Ученого Совета К 053.15.13 по
металловедению и горячей обработке металлов МВТУ им. Н.Э. Баума-
на по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., д. 5.

Ваши отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ им.
Н.Э. Баумана.

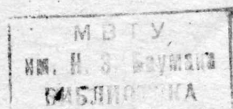
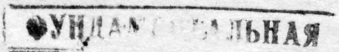
Автореферат разослан " " _____ 1977 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
кандидат технических наук,
доцент

О.А. Беликов - Беликов О.А.

К печати от "18" 10.11.1977
Зак. 1548 Л 80422

Объем I п.л. Тип. МВТУ,
Тир. 100



Актуальность проблемы. XXV съезд КПСС в качестве главных задач народного хозяйства в десятой пятилетке определил повышение качества продукции и ускоренный рост производительности труда. Одним из основных путей выполнения поставленных задач является внедрение прогрессивных технологических процессов, таких как электромагнитная штамповка. Применение электромагнитной штамповки обеспечивает высокий технико-экономический эффект при выполнении ряда операций, в особенности при сборке неразъемных соединений трубчатых узлов. Общепринятая конструкция соединения с одной или несколькими кольцевыми канавками является эффективной, что объясняется простотой ее выполнения и высокой осевой несущей способностью узла. Благодаря этому сборка трубчатых узлов электромагнитным обжимом находит все более широкое применение в различных отраслях промышленности как в нашей стране, так и за рубежом. Но несмотря на это, процесс электромагнитной сборки исследован недостаточно, что приводит к значительным затратам труда и средств при его внедрении. В связи с этим разработка инженерной методики расчета процесса является актуальной задачей, решение которой позволит существенно ускорить широкое внедрение этого прогрессивного способа в производство.

Цель исследования. Целью данной работы является разработка инженерной методики расчета оптимальных технологических параметров процесса электромагнитной сборки и оптимальной конструкции трубчатых узлов и внедрение результатов работы в производство.

Методы исследования. Применены теоретические и экспериментальные методы исследования. Теоретические исследования процесса электромагнитного обжима трубы выполнены с использованием метода предельного состояния. Аналитические расчеты проведены с помощью ЭЦМ.

Экспериментальные исследования осуществлены с применением современных методов измерений с использованием электронной регистрирующей аппаратуры. Надежность экспериментальных данных равна 0,85.

Научная новизна. Проведено теоретическое и экспериментальное определение связи кинематических и силовых параметров и их оптимизация при электромагнитном обжиме трубы в кольцевую канавку при наличии зазора между трубой и оправкой; определены

оптимальные конструкция соединения и технологические режимы его сборки; разработана методика экспериментального исследования, обладающая некоторыми оригинальными элементами.

На этой основе создана научно обоснованная инженерная методика расчета оптимальных технологических параметров процесса электромагнитной сборки и определения оптимальных размеров трубчатых узлов, подтвержденная экспериментом и практическим использованием в производстве.

Практическая ценность. Разработанная методика расчета операции и соединения позволяет по заданным прочности трубчатого узла и параметрам установки для электромагнитной штамповки достаточно быстро и просто аналитически определить с приемлемой для практики точностью конструктивные размеры соединения и параметры разряда установки, обеспечивающие минимум энергетических затрат. Применение данной методики расчета позволяет свести к минимуму объем экспериментальных работ при освоении процесса, сократить трудоемкость и сроки его внедрения, а также повысить ресурс работы установки и индукторов.

Методика опробована при внедрении электромагнитной сборки 20 наименований деталей на Омском телевизионном заводе, которое обеспечило высокое качество изделий при снижении трудоемкости их изготовления, что дало годовой экономический эффект более 14 тыс. рублей.

Результаты работы используются в расчетах техпроцессов отраслевой научно-исследовательской лабораторией № II Куйбышевского авиационного института.

Завершаются работы по внедрению электромагнитной сборки 28 наименований трубчатых узлов на машиностроительном заводе "Прогресс" г. Арсеньева.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на итоговых научных конференциях Омского политехнического института 1972-1976 годов; на Всесоюзной конференции "Новое в кузнечно-штамповочном производстве", Запорожье, 23-25 сентября 1975 г.; на научном семинаре кафедры АМ-6 МВТУ им. Н.Э. Баумана.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов по главам и общих выводов. Работа изложена на 196 страницах машинописного текста, содержит 62 рисунка, 6 таблиц, список литературы из 100 наименований и приложение.

В первой главе приведен обзор немногочисленных работ по исследованию сборки трубчатых узлов электромагнитным обжимом. Анализ имеющихся работ показал, что они в основном носят экспериментальный характер, а отдельные попытки теоретического анализа процесса не отличаются достаточной глубиной.

Первой задачей проведенных экспериментальных работ являлось определение конструкции соединения трубчатого узла. Полученные результаты показали, что наиболее эффективной из исследованных конструкций соединения является конструкция с кольцевыми канавками, так как она технологична, обеспечивает наибольшую несущую способность (сопротивление осевому разрушению) соединения и требует умеренной энергии разряда установки при сборке узла.

Целью дальнейших исследований было определение влияния формы, размеров, числа канавок и энергии разряда установки на несущую способность трубчатого узла. Полученные авторами работ результаты представляют определенный научный и практический интерес. Наряду с этим, отсутствие теоретического анализа факторов, определяющих несущую способность соединения и технологического процесса сборки приводит к тому, что результаты данных исследований имеют частное значение и лишают авторов возможности дать какие-либо обобщенные рекомендации по расчету размеров соединения и технологических параметров его сборки.

В указанных работах не исследована также возможность и особенности сборки узла с первоначальным зазором между деталями, что позволяет значительно снизить точность и трудоемкость изготовления сопряженных деталей.

Результаты проведенного обзора показали необходимость проведения дальнейшего исследования операции электромагнитной сборки трубчатых узлов и позволили сформулировать следующие задачи работы:

1. Аналитическое определение связи силовых и кинематических параметров при электромагнитном обжиге тонкостенной цилиндрической оболочки по жесткой оправке, имеющей кольцевую канавку, при наличии первоначального зазора между оправкой и оболочкой.

2. Установление основных факторов, определяющих несущую способность трубчатого узла.

3. Оптимизация технологических параметров процесса и размеров соединения по минимуму деформирующего давления и энергии процесса сборки.

4. Экспериментальная проверка полученных зависимостей и разработка инженерной методики расчета размеров трубчатого узла и технологических параметров его электромагнитной сборки.

5. Внедрение конструкции трубчатого узла и технологического процесса в производство.

Во второй главе выполнен теоретический анализ операции электромагнитной сборки и несущей способности трубчатого узла, а также проведена оптимизация конструктивно-технологических параметров его сборки.

При теоретическом анализе операции давление полагали постоянным по окружности и длине деформируемой части заготовки. Реальный импульс электромагнитного давления был заменен на эквивалентный по работе деформации прямоугольный. Определение параметров прямоугольного импульса осуществляли по методике Янгдала, модифицированной для условий технологической задачи. Решение проводили для наиболее общего случая, т.е. при наличии зазора между наружной (трубой) и внутренней (оправкой) деталями. Зазор при этом полагали постоянным по длине и окружности.

Процесс деформирования был разбит на 2 этапа: I этап ($0 \leq \tau \leq \tau_c$) – деформирование трубы до соударения с оправкой, и II этап ($\tau \geq \tau_c$) – деформирование после соударения трубы с оправкой, где τ – безразмерное время, определяемое как отношение текущего времени t ко времени действия импульса давления t_0 ; τ_c – время соударения трубы с оправкой.

В качестве расчетной схемы на I этапе была принята тонкостенная труба бесконечной длины, а на II этапе – тонкостенная труба, защемленная с обоих концов, деформируемые равномерным прямоугольным импульсом внешнего давления амплитудой P_0 и длительностью t_0 . Решение было проведено для двух случаев $\tau_c \leq 1$ и $\tau_c \geq 1$ ($\tau = 1$ – длительность действия импульса давления).

При выборе метода теоретического анализа процесса были рассмотрены существующие методы решения динамических задач. Проведенная работа показала, что в настоящее время только метод волнового анализа и метод предельного состояния позволяют решать "нестационарные" динамические задачи, т.е. задачи с изменением вида формы образующей при деформировании. На основе анализа их взаимных достоинств и недостатков при решении рассматриваемой задачи предпочтение было отдано методу предельного состояния,

так как он позволяет рассматривать стадию разгона заготовки и учитывать продольные изгибающие моменты.

При решении задачи была использована методика, предложенная Ф.Г. Ходжем, при исследовании поведения заземленной по краям цилиндрической оболочки (трубы), подвергнутой действию равномерного прямоугольного импульса внешнего давления. Возможность непосредственного использования результатов указанного решения в нашей работе исключалась существенным отличием начальных условий.

При решении задачи полагали, что материал трубы жестко-идеально-пластический и подчиняется условию пластичности Треска и ассоциированному закону течения. Использовали обычные допущения теории оболочек. Поскольку перемещения трубы при обжиге невелики, было принято допущение о равенстве нулю осевого усилия, изменения кривизны в окружном направлении и окружного изгибающего момента. В соответствии с этими допущениями, движение трубы описывается одним дифференциальным уравнением, которое в безразмерных параметрах имеет вид:

$$\frac{1}{2C^2} \left(\frac{\partial^2 m}{\partial \bar{x}^2} \right) + n - \frac{\partial^2 \bar{w}}{\partial \tau^2} + \bar{p} = 0,$$

где m — осевой изгибающий момент; n — окружное усилие; $\bar{x}$ — осевая координата; $\bar{w}$ — величина перемещения стенки трубы в радиальном направлении; τ — время; $\bar{p}$ — деформирующее давление; C — безразмерная ширина канавки ($C^2 = 2L^2/RS$, где $2L$ — ширина канавки; R, S — радиус и толщина стенки трубы, соответственно).

Решение уравнения движения совместно с упрощенным условием пластичности в форме четырехугольника текучести в координатах m - n позволило получить зависимости, дающие возможность определить форму образующей, силовые и кинематические параметры процесса в любой точке трубы в период деформирования. При решении ограничились канавками небольшой ширины ($0 \leq C^2 \leq 6$), так как дальнейшим исследованием было установлено, что оптимальная ширина канавки лежит в указанном диапазоне величин.

Анализ решения задачи для I этапа деформирования показал, что в зависимости от соотношения параметров импульса давления, размеров и материала трубы, величины зазора стадия разгона может заканчиваться на I этапе ($\tau_c > 1$), на II этапе ($\tau_c < 1$) или имеет место граничный случай $\tau_c = 0$, т.е.

I этап отсутствует. В зависимости от этого для II этапа решения также являются различными: общий случай $\tau_c < 1$, когда деформирование трубы в канавку происходит под действием давления и кинетической энергии, накопленной трубой на I этапе деформирования (деформирование "импульсивно-динамической" нагрузкой), из которого вытекают два частных решения: $\tau_c > 1$ - деформирование "импульсивной" нагрузкой и $\tau_c = 0$ - деформирование "динамической" нагрузкой (решение Ф.Г. Ходжа).

Анализ результатов общего решения II этапа деформирования показывает, что процесс обжима можно разделить по времени на 3 характерные стадии: $\tau_c \leq \tau \leq 1$, $1 \leq \tau \leq \tau_1$, и $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$, которые отличаются как связью силовых и кинематических параметров, так и формой образующей.

На стадии $\tau_c \leq \tau \leq 1$ со стороны заделок начинают двигаться подвижные шарнирные окружности, за которыми труба приобретает форму конусов. Средняя часть трубы остается цилиндрической. При $\tau = 1$ давление прекращает действовать. На стадии $1 \leq \tau \leq \tau_1$ движение шарнирных окружностей продолжается, но скорость их движения изменяется и форма образующей трубы за ними становится криволинейной. При $\tau = \tau_1$ шарнирные окружности встречаются в средней части трубы. Стадия $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$ характеризуется обжимом трубы без шарнирных окружностей и изменения общей формы образующей. Движение трубы прекращается при $\tau = \tau_2$. В конечном виде труба состоит из двух усеченных конусов, примыкающих к местам заделки и двух поверхностей с криволинейной образующей.

На характер деформирования также оказывает влияние уровень нагрузки. Выше описано поведение трубы под действием "высокой" нагрузки, т.е. когда $\bar{p} \geq \bar{p}_1 = 1 + 6(1 + \tau_c)/C^2$. При "низкой" нагрузке ($\bar{p} \leq \bar{p}_1$) стадия $1 \leq \tau \leq \tau_1$ исчезает, так как шарнирные окружности встречаются уже на стадии разгона.

При $\tau_c = 0$ решение сводится к случаю ранее исследованному Ф.Г. Ходжем.

В соответствии с этим на всем периоде деформирования "низкой" нагрузкой ($\bar{p} \leq \bar{p}_1 = 1 + 6/C^2$) имеется одна неподвижная шарнирная окружность (не считая таковых в месте защемления) в середине трубы. При деформировании "высокой" нагрузкой ($\bar{p} > \bar{p}_1$) этап разгона ($0 \leq \tau \leq 1$) характеризуется двумя неподвижными шарнирными окружностями на некотором расстоянии от защемления.

Этап торможения протекает в общем аналогично описанному для общего случая.

Увеличение $\tau_c > 1$ приводит к появлению стадии $1 \leq \tau \leq \tau_c$, где происходит равнозамедленное движение цилиндрической трубы и замена стадий $\tau_c \leq \tau \leq 1$ и $1 \leq \tau \leq \tau_c$, одной стадией $\tau_c \leq \tau \leq \tau_c$, что приводит в отличие от общего случая к неизменности характера движения подвижных шарнирных окружностей на всем пути. Особенностью данного случая является независимость механизма процесса от уровня нагрузки.

Вследствие отсутствия в научной литературе уравнений, связывающих размеры соединения с его несущей способностью, в работе было выполнено приближенное решение, устанавливающее вышеуказанную связь.

Результаты теоретического исследования позволили провести оптимизацию конструктивно-технологических параметров процесса, целью которой был поиск размеров соединения, обладающего максимальной несущей способностью и требующих для своей сборки минимальных энергетических затрат.

Исследование показало, что оптимальной является канавка, имеющая профиль, соответствующий форме образующей трубы в конечный момент сборки и безразмерную ширину $C^2 = 2$.

В третьей главе изложена методика экспериментального исследования, основной задачей которого являлась проверка теоретических зависимостей, описывающих процесс сборки и несущую способность соединения, а также определение ряда факторов, которые было сложно учесть при аналитическом исследовании.

Основными исследуемыми факторами служили величина электромагнитного давления и кинематические параметры процесса, а также несущая способность соединения. При экспериментах варьировали энергией разряда, материалом трубы и размерами трубы и канавки, а также числом канавок. Регистрируемыми параметрами являлись давление, перемещение образующей трубы во времени и усилие разрушения соединения.

Для экспериментального исследования были выбраны трубчатые образцы из материалов: Д16Т, АМгМ и М2 с внутренним диаметром 16, 20, 30, 32, 38 мм и толщиной стенки от 0,4 до 1 мм с шагом 0,2 мм и от 1 до 2,5 мм с шагом 0,5 мм. Зависимость сопротивления деформированию от скорости деформации учитывали, используя

коэффициенты динамичности.

Эксперименты проводили на магнитно-импульсной установке МИУ-20 с напряжением 30 кВ и энергией 20 кДж. Для исследования несущей способности соединения использовали машины УММ-10 и ГРМ-1.

Инструментом при электромагнитном обжиге служили одновитковые и многовитковые цилиндрические индукторы, причем конструкция одновиткового индуктора с боковым отверстием для регистрации перемещений образующей трубы является оригинальной.

Оправки, по которым проводили электромагнитный обжим труб, были разъемными и неразъемными; последние имели одну, две, три или четыре канавки.

Перемещение образующей трубы во времени фиксировали скоростным фоторегистратором СФР-2М со скоростью 125000 кадров в секунду. Для увеличения масштаба изображения была спроектирована и изготовлена специальная оптическая насадка на объектив СФР-2М, которая почти в 20 раз сократила минимальную дистанцию до снимаемого объекта в сравнении с паспортными данными. Необходимая освещенность стенки трубы через узкое боковое отверстие индуктора была получена применением специально разработанного для этой цели устройства.

Для отладки системы подсветки и контроля настройки между экспериментами было разработано специальное приспособление, включающее точечный источник света.

Электромагнитное давление определяли по известной методике с применением модельной установки. Электрические параметры разрядной цепи регистрировали с использованием пояса Роговского, емкостного делителя напряжения и импульсных осциллографов: двухлучевого СИ-16, однолучевого запоминающего С8-9А. Для калибровки скорости горизонтальной развертки использовали звуковой генератор ГЗ-33. Модельная установка включала калибровочное кольцо, индуктивный датчик, сигнал от которого регистрировали милливольтметром ВЗ-13, индуктор, трубчатую заготовку и звуковой генератор ГЗ-33.

Оценка точности измерительной системы показала, что погрешность при определении перемещения и скорости составляет около 6%. Вместе с тем проводили статистическую обработку экспериментальных результатов с целью определения их точности.

В четвертой главе представлены результаты экспериментального исследования.

Экспериментальная проверка основных соотношений, связывающих кинематические и силовые параметры процесса электромагнитного обжима трубы в канавку показала достаточную для инженерных расчетов качественную и количественную сходимость результатов теории и эксперимента.

Расхождение величин перемещений в момент окончания стадии разгона составило 5%, а конечных перемещений - около 15%. Причиной ошибки являются принятые допущения и погрешность проводимых измерений.

Проведенные эксперименты позволили установить, что при электромагнитной сборке на стадию разгона приходится более половины общего времени деформирования, поэтому она играет определяющую роль в процессе.

Исследование показало, что с энергетической точки зрения имеется оптимальная величина первоначального зазора. Так, с увеличением зазора от нуля до 0,3 мм перемещение трубы непосредственно в канавку возрастает более, чем на 30%. При дальнейшем увеличении зазора наблюдается его спад.

Экспериментальное исследование формоизменения подтвердило описанный в теоретическом анализе механизм деформирования. Экспериментальные формы образующей соответствовали расчетным, однако в отличие от последних в зонах, прилегающих к краям канавки, они были не прямолинейны, а имели небольшую кривизну. Рост параметра C^2 как и повышение деформирующего давления, вызывал уменьшение скорости движения шарнирных окружностей, что приводило к увеличению угла наклона образующей и ширины центральной криволинейной зоны. Первоначальный зазор влияет на формоизменение образующей. С увеличением зазора форма образующей становится более пологой.

Эксперименты показали, что наличие первоначального зазора между деталями не оказывает существенного влияния на качество и несущую способность соединения.

Экспериментальная проверка зависимостей для определения несущей способности соединения показала, что расхождение с расчетными данными не превышает 15%. Несущая способность соединения с одной канавкой достигает около 60% от максимальной. Оптимальным количеством канавок, обеспечивающим наибольшую несущую

способность соединения при удовлетворительных его габаритах, являются две. В исследуемом диапазоне параметров $C^2 = 1 \dots 6$ как теоретическая, так и экспериментальная величины несущей способности соединения с одной канавкой достигают максимального значения при $C^2 = 1,5 \dots 2$. Соединения, полученные электромагнитным обжимом, отличаются от заклепочных стабильностью несущей способности при работе в условиях повторно-статических нагрузок. Это качество более выражено у соединений, собранных с упруго-пластической скоростью соударения.

В пятой главе изложена инженерная методика расчета процесса электромагнитной сборки и описаны результаты внедрения процесса в производство.

В зависимости от условий работы соединения (статическое или повторно-статическое нагружение) методика расчета различна.

Расчет процесса производят по аналитическим формулам с использованием номограмм.

Согласно методике вначале определяют по заданной несущей способности глубину и ширину канавки, а по конечной или промежуточной форме образующей трубы — профиль канавки. После этого рассчитывают необходимую величину электромагнитного давления для сборки узла.

При работе соединения в условиях статического нагружения профиль канавки выбирают по конечной форме образующей трубы. Последняя хорошо аппроксимируется дугой окружности, что дает существенное упрощение при проектировании и изготовлении инструмента для выполнения канавок.

Для условий работы соединения при повторно-статическом нагружении профиль канавки должен соответствовать промежуточной форме образующей трубы, у которой скорость центральной зоны в момент соударения с дном канавки равна упруго-пластической. Форма образующей при этом состоит из трех характерных зон: прямолинейной центральной, прямолинейных наклонных боковых и криволинейных, соединяющих центральную и боковые зоны.

Расчет запасаемой конденсаторной батареей энергии проводили на основе работ Ю.А. Попова.

Результаты работы нашли свое применение при внедрении электромагнитной сборки трубчатых узлов на Омском телевизионном заводе, где создан участок электромагнитной сборки и на новый способ сборки было переведено 20 наименований трубчатых узлов,

что дало годовой экономический эффект более 14 тыс. рублей. Результаты данной работы подтверждены опытной проверкой и нашли применение при выполнении хозяйственных работ отраслевой научно-исследовательской лабораторией № II Куйбышевского авиационного института. Завершаются работы по внедрению электромагнитной сборки на машиностроительном заводе "Прогресс" г. Арсеньева, где его намечено применять при сборке 28 наименований типовых трубчатых узлов, предполагаемый годовой экономический эффект от внедрения которых составит около 60 тыс. рублей.

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. Получены аналитические зависимости, связывающие силовые и кинематические параметры при электромагнитном обжиме трубы в кольцевую канавку при наличии первоначального зазора, а также уравнения связи конструктивных размеров с несущей способностью соединения. Указанные зависимости позволяют определить кинематические параметры, промежуточные и конечные формы образующей в любой момент деформирования.

Проведена оптимизация конструктивно-технологических параметров, позволяющая рассчитать размеры соединения с наибольшей несущей способностью при минимальных энергетических затратах для его сборки.

Экспериментальная проверка формул для расчета процесса деформирования показала, что они обеспечивают 5%-ную точность по перемещениям на стадии разгона и около 15% по конечным перемещениям. Расхождение расчетной и экспериментальной величины несущей способности соединения не превышало 15%.

2. Разработана методика экспериментального исследования силовых и кинематических параметров процесса, включающая ряд оригинальных элементов.

3. Разработана научно обоснованная инженерная методика расчета оптимальных размеров трубчатого узла и технологических параметров его сборки, включающая методику приведения импульса электромагнитного давления к эквивалентному по работе деформации прямоугольному импульсу.

4. Разработанный технологический процесс и конструкция соединения внедрены на Омском телевизионном заводе, где на новый способ сборки переведено 20 наименований трубчатых узлов, что

дало годовой экономический эффект более 14 тыс. рублей; завершается работа по внедрению техпроцесса на машиностроительном заводе "Прогресс" г. Арсеньева.

ВЫВОДЫ

1. Для получения высококачественного соединения с минимальными энергосиловыми затратами на его сборку электромагнитным обжимом необходимо учитывать форму образующей трубы при деформировании; оптимальная конструкция соединения должна иметь профиль канавки, соответствующий форме образующей трубы в конце процесса обжима.

2. Процесс обжима трубы в канавку является сложным и "нестационарным", ибо при деформировании происходит не только изменение кинематических параметров, но изменяется и форма образующей; основное влияние на протекание процесса и изменение формы образующей трубы оказывает уровень и относительная (по отношению ко времени закрытия первоначального зазора) длительность импульса давления.

3. При теоретическом анализе операций электромагнитной сборки необходимо учитывать этап разгона заготовки, т.к. на него приходится более половины общего времени деформирования.

4. Оптимальной, по несущей способности и энергосиловым затратам, является канавка с безразмерной шириной $C^2 = 2$, а оптимальным числом канавок по условию максимальной несущей способности соединения являются две.

5. Разработанная инженерная методика расчета оптимальных размеров соединения и энергосиловых параметров процесса, обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность (в пределах 15%) и может быть рекомендована к практическому применению.

6. Разработанные конструкция соединения и технологический процесс его электромагнитной сборки обеспечивают стабильное высокое качество трубчатых узлов и существенное снижение затрат на их изготовление.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Колесников С.М., Кострик В.К., Фейгин М.М., Сердюк В.С. Методика определения расчетной нагрузки при решении задач высокоскоростной штамповки. В об. "Машины и технология обработки металлов давлением", Омск, 1975, стр. 10-15.

2. Сердюк В.С., Кострик В.К., Колесников С.М. "Динамическое деформирование трубы в кольцевую канавку при сборке трубчатого узла", Там же, стр. 23-34.

3. Сердюк В.С., Колесников С.М., Фейгин М.М., Кострик В.К., Добренко А.М., Хаустов Е.М. "Методика регистрации перемещения образующей трубы при электромагнитном обжиме в кольцевую канавку". Там же, стр. 35-41.

4. Сердюк В.С. Механическая блокировка в МИУ. Там же, стр. 42-44.