

М 336623

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

Демин Виктор Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОБЖИМА
ТУРБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПО ЭЛАСТИЧНОЙ ОПРАВКЕ
(05.03.05—ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ)

А г 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

Демин Виктор Алексеевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОБЖИМА
ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПО ЭЛАСТИЧНОЙ ОПРАВКЕ
(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

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

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Колесников С.М.

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

Ведущее предприятие - указано в решении Ученого Совета.

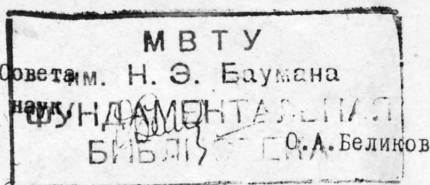
Защита диссертации состоится " " _____ 1979 г.
на заседании специализированного Ученого Совета КОБЗ.15.13
по металловедению и горячей обработке металлов МВТУ им. Н.Э.Бау-
мана по адресу: Москва, 107005, 2-я Бауманская ул., д.5.

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 " " _____ 1979 г.

Ученый секретарь Совета им. Н. Э. Баумана
кандидат технических наук
доцент



Лит. Л-73468 от 13.2.79

Зак. 308

Объем I п.л. Тип, МВТУ

Тир. 100

Актуальность проблемы. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы, принятые на XXV съезде КПСС, указывают на необходимость "ускорить техническое перевооружение производства, широко внедрять прогрессивную технику и технологию, обеспечивающие повышение производительности труда и качества продукции, увеличение фондоотдачи, экономию материальных ресурсов, улучшение условий труда..."

Одним из новых способов обработки металлов давлением, позволяющим значительно снизить трудоемкость, повысить производительность труда, улучшить качество продукции и условия труда, является электромагнитная штамповка (ЭМШ). Отечественная и зарубежная практика показывает, что наиболее эффективной областью применения ЭМШ служат сборочные операции, в основе которых лежит электромагнитный обжим трубной заготовки по эластичной оправке. Примером перспективного использования ЭМШ представляется сборка изделий типа рукавов, где внутренняя деталь (оправка) является эластичной. Несмотря на очевидные преимущества использования ЭМШ для сборки указанного класса изделий, методика расчета технологических параметров их электромагнитной сборки практически отсутствует, что существенно увеличивает стоимость и сроки внедрения процесса в производство.

В связи с этим теоретический анализ процесса электромагнитного обжима трубной заготовки с учетом сопротивления эластичной оправки и создание на основе его результатов научно обоснованной инженерной методики расчета операции сборки узлов с эластичным элементом является актуальной задачей, решение которой позволит существенно ускорить широкое внедрение этого прогрессивного способа в производство.

Цель исследования. Целью настоящей работы является разработка на основе результатов исследования технологических особенностей электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке, методики расчета конструкций и технологии сборки узлов с эластичным элементом, а также внедрение результатов работы в производство.

Методы исследования. Исследование процесса осуществляли с использованием теоретических и экспериментальных методов. Теоретическое исследование выполнено с использованием метода предельного сопротивления. Аналитические расчеты проведены с помощью ЭВМ.

Экспериментальные исследования осуществляли с применением специально спроектированного и изготовленного стенда, на котором проводили измерения зависимостей перемещений и дачения импульсного маг-

нитного поля от времени протекания процесса деформирования.

Научная новизна. В работе обоснована возможность использования методики перехода от импульса произвольной формы с несколькими максимумами давления к прямоугольному импульсу при решении задач ЭМН; изучено влияние формы и длительности импульса давления на работу пластической деформации при высокоскоростной штамповке; выполнено теоретическое и экспериментальное исследование связи силовых и кинематических параметров процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке; определены оптимальные конструктивные варианты соединений в узлах и технологические режимы их сборки; разработана научно обоснованная инженерная методика расчета оптимальных конструктивно-технологических параметров электромагнитной сборки.

Практическая ценность. Разработанная методика расчета процесса и соединения в узлах с эластичным элементом позволяет рассчитать оптимальные размеры соединения и параметры разряда установки, обеспечивающие максимальный к.п.д. процесса. Применение данной методики расчета позволяет свести к минимуму объем экспериментальных работ при внедрении процесса в производство, увеличить ресурс работы установки и индуктора.

Методика апробирована при внедрении электромагнитной сборки концевой арматуры на рукавах для объединения "МосавтоЗИЛ". Годовой экономический эффект от внедрения исследуемого технологического процесса в производство составит около 300 тыс. рублей.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на ежегодных научно-технических конференциях преподавателей и сотрудников Завода-вуза при ЗИЛ в 1973-1977 гг.; на Научно-технических конференциях молодых ученых и специалистов ЗИЛ и ИМТАвтопром в 1974-1977 гг.; на III республиканской межотраслевой научно-технической конференции "Импульсная обработка металлов давлением", г.Чебоксары, 6-9 октября 1977г.; на Всесоюзной конференции "Импульсные методы обработки материалов", Минск, 4-6 октября 1978 г.; на научных семинарах кафедры АМ-6 ИВТУ им. Н.Э.Баумана в 1977 и 1978 гг.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов по разделам и общих выводов. Работа содержит 134 страницы машинописного текста, 75 рисунков, 12 таблиц и список литературы состоящий из 118 наименований. Общий объем рабо-

ты 223 страницы.

В первом разделе приведен обзор работ по применению и исследованию процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке, который лежит в основе операции сборки концевой арматуры на рукавах и других подобных изделий.

Анализ существующих конструктивных вариантов концевой арматуры показал, что одинаковые конструктивные варианты соединений рекомендуют применять и применяют для различных условий работы, в тоже время для работы под одинаковым давлением используют различные конструктивные варианты соединений. Технология производства и прочность крепления концевой арматуры на рукавах так же не удовлетворяют требованиям промышленности. Большое разнообразие конструктивных вариантов и отсутствие четких рекомендаций по их применению отчасти объясняют отсутствием методики расчета концевой арматуры на несущую способность.

Рассмотрение существующих способов сборки показало, что они обладают рядом недостатков, которые влекут за собой неравномерный обжим муфты по рукаву, а это вызывает, в свою очередь, течь соединения и увеличение его габаритов. Применение ЭМШ для сборки исследуемого класса изделий позволяет избежать этих недостатков, что иллюстрируется некоторыми примерами. Однако выполненные исследования по применению электромагнитного обжима для сборки концевой арматуры на рукавах носят чисто экспериментальный характер, а работы по теоретическому анализу исследуемого процесса, в известной нам литературе, отсутствуют. Всё это сдерживает широкое внедрение электромагнитной сборки концевой арматуры на рукавах в производство.

Результаты приведённого обзора показали необходимость проведения дальнейшего исследования процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке и позволили сформулировать следующие задачи работы:

1. Разработка инженерной методики расчета конструкции на несущую способность и обоснование оптимальных конструктивных вариантов соединения.
2. Установление связи силовых и кинематических параметров процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке.
3. Создание инженерной методики расчета технологического процесса сборки исследуемого класса соединений.
4. Внедрение результатов исследования в производство.

Во втором разделе выполнен теоретический анализ несущей способности исследуемых соединений и механизма деформирования при сборке, а также рассмотрены вопросы оптимизации технологических параметров процесса и влияние формы и длительности импульса давления на работу деформации при высокоскоростном деформировании цилиндрической заготовки.

Бследствие отсутствия в научной литературе работ по выявлению связи размеров соединения, а также механических характеристик заготовки и эластичной оправки с несущей способностью соединения, в работе выполнено приближенное решение, устанавливающее вышеуказанные связи. Результаты приближенного решения позволили выявить характер работы соединения под нагрузкой, рекомендовать критерии для выбора того или иного конструктивного варианта соединения, а также разработать методику расчета основных размеров конструкции.

Анализ существующих методов решения динамических задач листовой штамповки позволил принять для дальнейшего использования метод предельного сопротивления. Достоинства данного метода заключаются в том, что он позволяет учитывать реальные процессы, происходящие при динамической деформации, решать задачи на стадии разгона и торможения, сравнительно прост.

При теоретическом анализе были приняты основные допущения теории предельного сопротивления, а также принимали меридиональные напряжения малыми, а реальный импульс давления приводили к прямоугольному. Так как до настоящего времени не было работ, посвященных обоснованию перехода от импульса с несколькими максимумами давления к прямоугольному, в работе была решена задача динамического деформирования тонкостенного кольца прямоугольным импульсом и импульсом в виде квадратной затухающей синусоиды. Сравнение результатов решения показало, что ошибка при таком переходе для конечных перемещений не превышает 2%, что вполне удовлетворяет условиям инженерных расчетов.

Для учета статической составляющей сопротивления эластичной оправки в уравнение движения был введен член:

$$z = \alpha W, \quad (1)$$

где W - перемещение боковой поверхности заготовки; α - коэффициент, характеризующий интенсивность сопротивления эластичной оправки. Учет инерционного сопротивления оправки проводили при помощи приведения её массы к массе заготовки.

С учетом приведенных выше допущений уравнение движения трубной заготовки при ее обжиме по эластичной оправке, после перехода к безразмерному виду имело вид:

$$\frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial \bar{x}^2} \right) + n + \bar{p} - \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial \bar{t}^2} - \delta \bar{W} = 0, \quad (2)$$

где использованы следующие безразмерные величины: $m = M/M_0$ - осевой изгибающий момент; $n = N/N_0$ - окружное усилие; $\bar{x} = x/L$ - осевая координата; $\bar{W} = \rho_n WR/N_0 t_s^2$ - величина перемещения стенки трубы в радиальном направлении; $\bar{t} = t/t_s$ - время; $\bar{p} = pR/N_0$ - деформирующее давление; $c^2 = 2L^2/RS$ - длина заготовки; $\delta = \alpha t_s^2/\rho_n$ - коэффициент, учитывающий величину сопротивления эластичной оправки. Здесь R , L и S - радиус, длина и толщина трубной заготовки; x - осевая координата; M - осевой изгибающий момент; N - окружная сила; ρ_n - приведенная поверхностная плотность материала заготовки и эластичной оправки; t - время; p - давление; t_s - длительность прямоугольного импульса давления; $N_0 = \sigma_s S$, $M_0 = \sigma_s S/4$ - предельные сила и момент; σ_s - динамический предел текучести материала оболочки.

Решение уравнения движения совместно с упрощенным условием текучести, в форме четырехугольника текучести, в координатах $m-n$ позволило получить зависимости, связывающие силовые и кинематические параметры процесса при обжиме кольца или конца трубной заготовки по эластичной оправке. В случае обжима короткой заготовки при умеренной нагрузке и длинной заготовки при умеренной нагрузке, когда $\delta < 1$, решение получено в квадратурах. Теоретический анализ движения длинной заготовки при умеренной нагрузке, когда $\delta > 1$, и короткой заготовки при высокой нагрузке проведен численно на ЭВМ "НАИРИ-К".

Анализ полученных решений показал, что сопротивление эластичной оправки оказывает значительное влияние на конечные перемещения заготовки; форма образующей при движении заготовки имеет такой же вид, что и в случае, когда сопротивление отсутствует; при определенных значениях δ движение заготовки может прекратиться на стадии $0 \leq \bar{t} \leq 1$.

При определенных значениях $\bar{p}$, c и δ , после остановки заготовки, возможна ее раздача. Наличие раздачи заготовки можно объяснить тем, что в определенных случаях величина сопротивления эластичной оправки, при ее деформировании совместно с заго-

товкой, может быть настолько велика, что создаваемое эластичной оправкой давление на заготовку приведет к раздаче последней. Из решения уравнения движения для случая раздачи заготовки совместно с условием текучести были найдены: характер движения заготовки при деформировании и зависимости конечных перемещений от силовых параметров процесса, а также механических характеристик и размеров заготовки. Из этого же решения определены условия отсутствия раздачи для случаев деформирования кольца и конца трубной заготовки по эластичной оправке.

Во втором разделе диссертации также проанализировано влияние параметров импульса давления на работу пластической деформации. При этом рассмотрены решения для обжима кольца и конца трубной заготовки как по эластичной оправке, так и без неё. Анализ решения показал, что с уменьшением длительности импульса давления величина импульса, обеспечивающего заданные деформации заготовки, уменьшается и в пределе стремится к определённой для данного случая величине.

Отсюда следует вывод, что для обеспечения максимального использования энергии импульса давления, подводимой к заготовке необходимо стремиться к обработке с минимальной длительностью импульса. Однако на общий к.п.д. процесса большое влияние оказывает к.п.д. передачи энергии от батареи конденсаторов к заготовке. Поэтому в работе предложена следующая последовательность нахождения оптимальных режимов обработки:

1. На основании расчетов электрических процессов в системе магнитно-импульсная установка-индуктор-заготовка производится вычисление зависимости к.п.д. передачи энергии от батареи конденсаторов к заготовке от частоты импульса давления.

2. Используя результаты настоящего исследования, проводится расчет зависимости необходимой величины давления от частоты.

3. Находится зависимость энергии, запасаемой в конденсаторной батарее от частоты. Откуда можно определить оптимальную частоту импульса давления, обеспечивающую минимальные энергетические затраты для осуществления заданной деформации.

4. В случае, если необходимо обеспечить оптимальный режим штамповки заданной детали на имеющейся установке, это достигается путем соответствующего проектирования индукторной системы.

Если необходимо выбрать установку из существующей гаммы или изготовить новую, то в число варьируемых факторов дополнительно включается собственная частота разряда установки.

В диссертационной работе рассмотрено влияние формы импульса давления на работу деформации. Исследование показало, что с увеличением частоты импульса давления значительно увеличивается величина давления, при одновременном уменьшении величины импульса. Полученное решение позволяет также оценить влияние второй и последующих волн давления на основные параметры процесса.

В третьем разделе изложена методика экспериментального исследования, основной задачей которого являлась проверка полученных теоретически зависимостей несущей способности соединения и конечных перемещений заготовки от силовых параметров процесса, а также механических характеристик и размеров заготовки. В задачи исследования входило также выяснение влияния неучтенных в теоретическом анализе факторов на несущую способность соединения и на конечные перемещения заготовки.

Основными варьируемыми факторами служили при исследовании несущей способности соединения: безразмерные ширина и величина обжима заготовки, а также соотношение радиусов эластичной оправки; при исследовании электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке: параметры импульса давления, относительная толщина заготовки, механические характеристики заготовки и оправки, соотношение радиусов оправки и безразмерная длина заготовки. Регистрируемыми параметрами при исследовании несущей способности соединения являлось давление в системе, при котором происходило разрушение соединения, а при исследовании процесса динамического обжима: конечные деформации заготовки и перемещения образующей трубы во времени.

В экспериментальном исследовании использовали трубчатые образцы из материалов: Д16, АМг и М2 с внешним диаметром $2,4 \cdot 10^{-3}$ м и толщиной стенки от $0,8 \cdot 10^{-3}$ до $1,7 \cdot 10^{-3}$ м с шагом $0,2 \cdot 10^{-3}$ м.

В качестве эластичной оправки использовали рукава по ГОСТ 10362-63.

Статический модуль упругости эластичной оправки определяли путем осадки образцов на испытательной машине УИМ-50. Регистрацию давления, при котором происходило разрушение соединения, проводили на специальном стенде.

Давление импульсного магнитного поля на заготовку измеряли при помощи индукционных датчиков, которые помещали в зазор между заготовкой и индуктором. После записи на осциллографе С8-2 осциллограммы: э.д.с. наводимое в индукционном датчике - время, прово-

дили численное интегрирование последней и, используя известные из курса электротехники формулы, получали зависимость давление - время.

Скоростную зависимость сопротивления деформирования учитывали, используя коэффициенты динамичности. Динамический модуль упругости эластичной оправки определяли из экспериментов по обжиму кольца по эластичной оправке.

Перемещение образующей трубы во времени измеряли при помощи специально сконструированного и изготовленного стенда, принцип работы которого заключался в следующем. Пучек света от лазера ЛП-56, проходя через оптическую систему и диафрагму, попадал на заготовку, причем часть луча проходила мимо заготовки и фиксировалась фотоэлектронным умножителем ФЭУ-91. При движении заготовки за счет открытия луча изменяется величина светового потока падающего на ФЭУ, меняется величина тоска на выходе ФЭУ, что и фиксируется электроннолучевым осциллографом С8-2. Зависимости скорости и ускорения заготовки от времени получали путем графического дифференцирования полученной зависимости перемещение - время.

В третьем разделе также кратко изложены основные положения метода планирования экспериментов, в основе которого лежит построение математической модели процесса, и методика оценки точности измерений.

Эксперименты проводили на магнитно-импульсной установке МИУ-5/7 с максимальным напряжением 5 кВ и энергией заряда 7 кДж. Собственная индуктивность установки - 33 нГн.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментального исследования.

Экспериментальная проверка основных соотношений для несущей способности соединения показала, что максимальное отклонение экспериментальных точек от теоретической кривой не превышало 30%. Учитывая тот факт, что механические характеристики резины, чаще всего применяемой в качестве эластичных оправок, даже в одной партии изделий могут колебаться в пределах 20%, можно полагать полученную точность теоретических зависимостей удовлетворительной.

Проверка зависимостей, связывающих конечные перемещения заготовки с силовыми параметрами процесса, механическими характеристиками и размерами заготовок, показала, что максимальное отклоне-

ние экспериментальных значений от расчетных не превышало 1%.

Экспериментальное исследование подтвердило результаты теоретического анализа процесса, который показал, что с увеличением условного давления, при постоянных значениях угловой частоты и коэффициента затухания, конечные перемещения резко увеличиваются, а при увеличении плотности материала заготовки и соотношения радиусов эластичной оправки — уменьшаются. Увеличение значения безразмерной длины заготовки приводит к некоторому увеличению конечных перемещений.

Экспериментальное исследование показало, что в зависимости от величины энергии, подводимой к заготовке, можно получить несколько стадий разгона и торможения. Так, например, при обжиме кольца из АМг по эластичной оправке, в отдельных случаях, получали три стадии разгона и торможения заготовки. Увеличение плотности кольца и его относительной толщины приводило к сглаживанию границ между этими стадиями. Возможным объяснением этого эффекта является увеличение доли инерционных сил влияющих на характер протекания процесса.

Интересным явлением, обнаруженным в работе, является "запаздывание" начала движения заготовки по отношению к действию давления. Возможный вариант объяснения замеченного в экспериментах эффекта можно получить, если рассмотреть процесс нагружения оболочки импульсом давления с "волновой" точки зрения. В этом случае заметное движение заготовки, как единого целого, начинается только после того, как упруго-пластические волны пройдут несколько раз по толщине заготовки. В то же время разрешающая способность примененного в исследовании стенда для регистрации перемещений не позволяет обнаружить упругопластические изменения толщины стенки трубной заготовки, а поэтому время прохождения волновых процессов в стенке заготовки фиксируется на осциллограммах как "запаздывание" начала движения заготовки.

Изучение влияния трения между эластичной оправкой и заготовкой на конечные перемещения последней проводили с применением обезжиривания или нанесения слоя смазки на заготовку. Исследование показало, что различие в перемещениях не превышало величины разброса экспериментальных данных. Результаты данной серии экспериментов подтвердили правильность принятого в теоретическом анализе допущения о незначительном влиянии контактного трения между

эластичной оправкой и заготовкой на конечные перемещения последней для исследуемого класса соединений.

В пятом разделе изложена инженерная методика расчета процесса электромагнитной сборки и описаны результаты внедрения исследуемого процесса в производство.

Хорошее совпадение данных экспериментального исследования с теоретическим анализом динамики оболочки позволило использовать результаты теоретического решения для создания инженерной методики расчета оптимальных конструктивных вариантов и параметров процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке.

На основе расчетных зависимостей, полученных при теоретическом анализе несущей способности исследуемого класса соединений, были построены номограммы, которые позволяют быстро выбрать конструктивный вариант соединения и его основные размеры.

Оптимизацию процесса электромагнитного обжима трубной заготовки по эластичной оправке предложено проводить по методике, которая приведена выше.

Так как в задачу данного исследования входило определение зависимости давления от частоты разряда (все остальные расчеты являются чисто электрическими), то и в работе приведены только расчетные системы уравнений, для нахождения этой зависимости, и программы их решения.

Однако, как уже отмечалось выше, решение для длинной оболочки при умеренной нагрузке, когда $\delta > 1$, удалось получить только численное, что значительно усложняет задачу вычисления зависимости давления от частоты. Поэтому для инженерной методики предложено прочесть аппроксимацию результатов численного расчета, используя методику планирования эксперимента. Применение этой методики позволило получить аналитические зависимости для конечных перемещений и времени окончания процесса деформирования, которые были использованы в расчетах для нахождения оптимальных режимов обработки.

В результате применения предложенной методики оптимизации режимов деформирования удастся найти такие параметры обработки, которые позволят получить заданные деформации заготовки при минимальной энергии запасаемой в конденсаторной батарее.

Результаты работы нашли свое применение при внедрении электромагнитной сборки концевой арматуры рукавов автомобилей для объединения ЗИЛ. В настоящее время для завода собрана промышленная партия экранирующих рукавов, которые прошли лабораторные испытания и сейчас находятся на ходовых испытаниях на автомобилях ЗИЛ-131. После испытаний собранной партии изделий в условиях эксплуатации, предложенная конструкция соединения и технологический процесс её сборки будут внедрены на филиале ЗИЛ, Рославльском заводе "Автозапчасть".

Экономический эффект от внедрения электромагнитной сборки концевой арматуры на экранирующих рукавах составит около 40 тыс. рублей, а по всей номенклатуре ЗИЛ, около 300 тыс. рублей.

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. Доказана перспективность применения электромагнитной штамповки для сборки концевой арматуры на рукавах и других подобных изделий.

2. Обоснована возможность перехода от импульса произвольной формы с несколькими максимумами давления к прямоугольному. Доказано, что ошибка при таком переходе не превышает 2%.

3. Получены аналитические зависимости, связывающие конечные перемещения заготовки с силовыми параметрами процесса обжима по эластичной оправке, механическими характеристиками и размерами заготовки, а также уравнения, связывающие несущую способность соединения с его конструктивными размерами.

Экспериментальная проверка и практическое использование результатов исследования показали, что расхождение теоретических зависимостей с экспериментальными данными не превышает 21% для конечных перемещений заготовки и 30% для несущей способности соединения.

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

5. Разработана научно обоснованная инженерная методика расчета основных размеров исследуемого класса соединений и техноло-

гических параметров его сборки. Предложена методика оптимизации параметров исследуемого процесса по энергетическим условиям, расчет по которой оптимальных режимов сборки обеспечивает максимальный к.п.д. процесса.

6. Расчитаны технологический процесс и конструкция соединения концевой арматуры с экранирующими рукавами автомобиля ЗИЛ. Собрана промышленная партия рукавов, которая находится в настоящее время на ходовых испытаниях. После проверки изделий в условиях эксплуатации, предложенная конструкция соединения и технологический процесс её сборки будут внедрены на филиале ЗИЛ, Рославльском заводе "Автозапчасть", что даст экономический эффект около 40 тыс. рублей.

ВЫВОДЫ

1. Применение электромагнитной штамповки для сборки концевой арматуры на рукавах и других подобных изделий, позволяет увеличить несущую способность соединения, существенно упростить его конструкцию, уменьшить металлоемкость и трудоемкость сборки.

2. Для соединений, работающих при низких давлениях, наиболее перспективна конструкция, в основе которой лежит обжим кольца по эластичной оправке. Повышение несущей способности приблизительно в 2 раза можно получить, заменив кольцо на колпачек и обжав его по эластичной оправке.

3. Сопротивление эластичной оправки оказывает значительное влияние на окончательные пластические деформации заготовки, хотя форма образующей заготовки имеет такой же вид, как в случае, когда эластичная оправка отсутствует.

4. Теоретический анализ и экспериментальное исследование показали, что с увеличением давления, при постоянных значениях угловой частоты и коэффициента затухания импульса давления, конечные перемещения заготовки увеличиваются, а увеличение плотности и напряжения текучести заготовки, соотношения радиусов и динамического модуля упругости эластичной оправки приводят к их уменьшению. Увеличение значения безразмерной длины заготовки вызывает незначительное увеличение конечных перемещений заготовки.

5. Разработанная инженерная методика позволяет обосновано выбрать конструктивный вариант и основные размеры соединения, а также рассчитать оптимальные энергосиловые параметры процесса.

Погрешность при определении конструктивных размеров соединения не превышает 30%, а энергосиловых параметров процесса - 21%.

6. Разработанную методику расчета основных размеров соединения и технологического процесса сборки, технологические рекомендации можно рекомендовать к широкому внедрению в различных отраслях промышленности и в первую очередь, автомобилестроении и авиастроении.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Колесников С.М., Дёмин В.А. Влияние параметров импульса давления на работу деформации при высокоскоростной штамповке. "Обработка металлов давлением в автомобилестроении", М., 1978, с. 106-111.

2. Колесников С.М., Дёмин В.А. Условия эквивалентности импульсов различной формы. "Изв. вузов. Машиностроение", 1978, № 1, с. 141-145.

3. Дёмин В.А., Плющев Г.Ф. Возможности применения магнитно-импульсной обработки на объединении МосавтоЗИЛ. "Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов", М., 1974, с. 123.

4. Дёмин В.А., Гаряев А.А., Субачев В.Н., Хамидуллин В.Х. Перспективы внедрения магнитно-импульсной обработки металлов на объединении МосавтоЗИЛ. "Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов", М., 1975, с. 113.

5. Дёмин В.А., Плющев Г.Ф. К вопросу о выборе оптимальной конструкции наконечников к шлангам. "Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов". М., 1975, с. 116-117.

6. Дёмин В.А., Аракчеев В.В., Плющев Г.Ф. Исследование влияния зазора между наконечником и рукавом на качество сборки импульсным магнитным полем концевой арматуры на рукавах. "Тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов", 1976, с. 83-85.

7. Колесников С.М., Дёмин В.А. Исследование электромагнитно-

го обжима концевой арматуры на рукавах. "Тезисы докладов Всесоюзной конференции по импульсным методам обработки материалов", Минск, 1978, с.93-94.

8. Кириллов С.А., Дёмин В.А., Торкунов В.С., Коренюк В.В. Возможности применения электромагнитной штамповки на объединении ЗИЛ. "Тезисы докладов Всесоюзной конференции по импульсным методам обработки материалов", Минск, 1978, с.96.