

ОТЗЫВ

официального оппонента Кохана Льва Соломоновича
на диссертацию Васильева Михаила Геннадьевича
«Исследование и совершенствование технологического
процесса листовой штамповки с целью повышения качества
стальных полых цилиндрических изделий, получаемых
глубокой вытяжкой», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности
05.16.05 – «Обработка металлов давлением» в
диссертационный совет Д 002.060.02 при Федеральном
государственном бюджетном учреждении науки «Институте
металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова»
Российской академии наук

Диссертационная работа Васильева М.Г. нацелена на решение важной
актуальной научной и практической задачи – разработке теоретических
положений для расчета максимально возможных величин отклонений
параметра, характеризующего устойчивость деформируемой заготовки и
усилий вытяжки, на основании которых усовершенствован технологический
процесс изготовления осесимметричных деталей методами вытяжки.

На процесс деформации при вытяжке ряда металлов и сплавов
существенное влияние оказывает анизотропия механических свойств
заготовки. В процессе деформации вытяжки развивается деформационная
анизотропия, приводящая к развитию фестонов и при воздействии двух
напряжений разного знака, (это имеет место при вытяжке, когда $\sigma_r > 0$, а
 $\sigma_\theta < 0$). Рассмотрена осесимметричная деформация листовых заготовок при
вытяжке. Проведены опыты по образованию волн при потере устойчивости и
определению их количества. Сделан вывод о том, что причиной нарушения
устойчивости являются тангенциальные напряжения. Предложен и
исследован способ вытяжки, включающий создание на заготовке перед
вытяжкой выступов-волн малой амплитуды. Число таких волн должно быть
значительным и это дает возможность предотвратить возникновение волн
большой амплитуды. Для оценки предельной величины соотношения
параметров заготовки использованы формулы для критических напряжений.

На основе теоретических и экспериментальных исследований автором получены новые знания о характере протекания деформации при глубокой вытяжке изделий из изотропной и анизотропной заготовок, усовершенствован и внедрен технологический процесс вытяжки тонколистового проката. Цель работы автор определил как «Исследование и совершенствование технологического процесса изготовления тонколистовых осесимметричных заготовок, при вытяжке изделий цилиндрической формы. Обеспечение возможности расширения сортамента при изготовлении изделий вытяжкой».

Для достижения поставленной цели автор решал следующие задачи:

1. Уточнить методику расчета верхней границы усилия и мощности деформации вытяжки осесимметричных заготовок методом построения кинематически допустимого поля скоростей.

2. Разработать методику расчета возможных отклонений величин усилий и технологических параметров, возникающих из-за погрешностей размеров заготовки, инструмента, изменений механических свойств по объему деформируемых заготовок.

3. Разработать и внедрить в промышленности усовершенствованный технологический процесс в виде способа изготовления полых цилиндрических изделий, исключая развитие значительных искажений формы деформируемых заготовок.

4. Исследовать параметры процесса деформации при создании искусственной анизотропии. Выполнить экспериментальные исследования параметров, влияющих на процесс вытяжки полых цилиндрических заготовок с помощью тензометрической аппаратуры.

5. Внедрить усовершенствованный технологический процесс изготовления осесимметричных деталей на предприятии ОАО «2462 ЦБПР» г. Тверь.

В результате выполнения представленной работы, автором успешно решены четыре первых поставленных задачи и создан существенный задел для решения пятой.

Диссертация изложена на 101 странице и включает введение, литературный обзор, 6 глав, содержит выводы, библиографический список из 109 наименований, содержит 45 рисунков и 7 таблиц. Приложения составляют 16 страниц. Основное содержание диссертации опубликовано в 6 статьях, 4 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК.

Во введении обоснована актуальность выполненной работы, которая, по мнению автора, связана с тем, что для современных способов вытяжки изделий из тонколистовых заготовок необходимо разработать такой способ вытяжки, который позволил бы уменьшить потерю устойчивости при вытяжке, расширить номенклатуру изделий. Автор формулирует направленность работы на исследование напряженного состояния и определение верхней границы усилий построением кинематически допустимых полей скоростей, разработке метода расчета возможных отклонений силовых и технологических параметров при изменениях размеров заготовки, ее механических свойств и сил трения, разработке технологического процесса вытяжки, обеспечивающего повышение точности размеров заготовок. Однако, актуальность и цели работы явно выходят за указанные рамки и способствуют более широкому пониманию процессов и закономерностей формирования тонколистовой осесимметричной заготовки при глубокой вытяжке, которые могут найти широкое практическое применение.

Это определяет практическую значимость работы, в первую очередь, связанную с разработкой оригинальных способов предотвращения потери устойчивости при вытяжке, образованию фестонов, трещин при пластической деформации тонколистовой заготовок. Это увеличивает выход годного по отклонению формы штампованных заготовок.

В первой главе обзора литературы, содержащейся в диссертационной работе, рассмотрены сведения о технологиях штамповки, вытяжки, образованию фестонов и волн, приводящих к потерям металла.

Материал литературного обзора показывает, что автор в достаточной мере владеет информацией о состоянии исследуемого в диссертации вопроса и способен выбрать обоснованные методы решения поставленных задач.

Во второй главе рассмотрены прогрессивные технологии изготовления осесимметричных изделий, современные методы, используемые для определения напряжений и усилий в процессах обработки давлением. Показано, что деформация листа в процессе вытяжки создает в кольцевой зоне плоского диска напряженное состояние, соответствующее растяжению в радиальном направлении и сжатию в тангенциальном направлении. Такое сжатие может привести к потере устойчивости и образованию выступов в форме волн. Выполнены расчеты с использованием условия текучести Треска и условия Мизеса, которые определяют близкие величины предельных отношений радиусов диска заготовки и изделия $\frac{R_0}{R_1} = 2,5$ и $\frac{R_0}{R_1} = 2,72$. Получены формулы, основанные на построении кинематически допустимых полей скоростей, определяющие верхнюю границу усилия, автором сделан вывод о необходимости проведения экспериментальных исследований по проверке этих формул.

В третьей главе приведены расчеты точности определения энергосиловых и технологических параметров. Выявлено, что для решения задач усовершенствования технологии вытяжки цилиндрических изделий из листовых заготовок желательно знать не только такие важные факторы, как усилие деформации, параметр, определяющий устойчивость процесса, но и возможные отклонения их от номинальных расчетных величин, т.е. степень точности определения любого параметра не менее важна, чем его номинальная величина. Поэтому в данной главе изложена методика оценки точности величин усилия вытяжки и безразмерного параметра f , равного

отношению разности радиусов заготовки к толщине деформируемого листа. Получены формулы для расчета максимально возможных величин отклонений параметра, характеризующего устойчивость деформируемой листовой заготовки и усилия вытяжки. Полученные автором результаты были использованы при расчетах энергосиловых параметров и технологических переходов процесса вытяжки корпусов масляных фильтров. В четвертой главе представлены результаты совершенствования технологического процесса листовой штамповки цилиндрических заготовок. Рассмотрение процесса вытяжки цилиндрических заготовок из плоских тонких листов, показало наличие двух отрицательных факторов: высокие растягивающие радиальные напряжения и тангенциальные напряжения сжатия, которые приводят к появлению кольцевых трещин и разрушению заготовок в процессе деформации, при одновременной потере устойчивости фланцевого участка заготовки.

Проведены опыты вытяжки заготовок с образованием волн и определением их количества. Сделан вывод о том, что причиной нарушения устойчивости являются тангенциальные напряжения сжатия.

Усовершенствован и исследован способ вытяжки, включающей создание на заготовке перед вытяжкой выступов-волн малой амплитуды. Число таких волн должно быть значительным, что дает возможность предотвратить искажение формы заготовки. Получен патент на новый способ изготовления тонколистовых заготовок вытяжкой № 2491144 RU (11) С2 Российская федерация, В21D22/20. Способ позволяет в 1,5 - 2,0 раза увеличить допустимую длину изделий, изготавливаемых вытяжкой за одну операцию. Способ использован для производства изделий – корпусов масляных фильтров и позволил получить изделия высокого качества.

В пятой главе выполнен анализ усовершенствованного способа вытяжки цилиндрических изделий из листовых заготовок. Показаны схемы деформации листов изотропного металла и листа с искусственной анизотропией, созданной углублениями в форме дуги окружности, это

обеспечивает уменьшение жесткости материала в тангенциальном направлении. Изучено влияние углублений малой амплитуды на жесткость деформируемых листов. Показано, что углубления порядка размеров толщины листа могут существенно уменьшить его жесткость, силу при которой начнется пластическая деформация металла, уменьшая тангенциальное напряжение в 3-4 раза.

В 6 главе «Экспериментальные исследования энергосиловых параметров технологического процесса вытяжки тонкостенных полых деталей» содержится краткая характеристика исследуемых материалов из листового проката, применяемых массового для производства осесимметричных заготовок.

Использование современной тензометрической аппаратуры (многоканальной тензометрической станции Zet 017-T8), кузнечно-прессовой оснастки (пресса моделей KE-2330 усилием 1000кН и K2234 усилием 2500кН), измерительного модуля ZET 7010 Tensometer-485, подробное описание процедуры для исследования технологических параметров вытяжки осесимметричных деталей, последующая обработка полученных опытных параметров усилия вытяжки и степени деформации и методики экспериментов указывают на несомненную достоверность полученных результатов и их соответствие мировому уровню.

Анализируя полученные экспериментальные данные, автором обсуждается влияние усилий вытяжки заготовок толщиной $0,5 \pm 0,03$ мм с пределом текучести σ_T от 235 до 250 МПа на диапазон измеренных усилий. Методами математической теории планирования эксперимента определены значимые параметры усилий вытяжки от толщины заготовки, радиуса ее фланцевой, цилиндрической частями. Уточнены расчетные формулы усилий вытяжки, полученные методом построения кинематические допустимых полей скоростей. Обсуждены установленные результаты опытов, о том, что полые тела вращения могут быть получены без образования складок, трещин на фланцевой части, отрыва дна, если вытяжка производится с

формообразованием дополнительных выступов-волн в количестве 16-28 штук.

Сравнение погрешностей уравнения регрессионного анализа методами Гаусса-Ньютона и программного комплекса NeuroPro 0,25 показали хорошую сходимость результатов усилий вытяжки, расхождение измеренных параметров усилий вытяжки с расчетными составило 6,66%.

На основании проведенного обсуждения результатов автор сформулировал следующие выводы:

1. Проведен анализ различных технологических процессов изготовления вытяжкой полых цилиндрических изделий, вопросов определения напряжений, условий потери устойчивости и искажения конфигурации деформируемой заготовки.

2. На основе использования двух условий текучести: Сен-Венана и Мизеса, определены величины допустимой деформации в процессе вытяжки.

3. Приведены формулы для расчета верхних границ величин усилий деформации на основе рассмотрения кинематически допустимого поля скоростей.

Предложена методика расчета погрешностей, возможных отклонений величин усилия и параметра, характеризующего устойчивость процесса, при отклонениях всех величин, входящих в формулы, от номинальных значений. Это позволило оценить возможную погрешность расчетных величин, диапазоны их изменения.

4. Усовершенствованный способ получения осесимметричных изделий сложной формы, основанный на том, что на заготовке до начала деформации или после реализации части деформаций создают искусственную анизотропию за счет создания небольших углублений, ориентированных в радиальном направлении. Если число таких искусственных малых углублений, имеющих размеры порядка толщины тонких листовых заготовок: 0,5-1 мм равно 18-24, то это обеспечивает то, что процесс

деформации стабилен и углубления, складки более крупных размеров не возникают.

5. Исследовано влияние искусственных углублений на процесс деформации, показано, что они существенно уменьшают жесткость заготовки при воздействии тангенциальных напряжений сжатия.

6. Проведены экспериментальные исследования с измерением усилий вытяжки при деформации стальных заготовок толщиной $0.5 \pm 0,03$ мм, с пределами текучести 235-250 МН/м², проведено 240 опытов, позволивших оценить точность расчетных формул.

7. Предложенный способ используют на предприятии ОАО «2462 ЦБПР» г. Тверь, где изготовлено 20 тысяч изделий – корпусов фильтров.

К данному перечню следует добавить ряд интересных и важных результатов, полученных в диссертационной работе, но не отраженных в выводах.

1. Показано, что разработанная автором усовершенствованная технология нанесения на поверхности круглой листовой заготовки радиальных, локальных углублений увеличивает устойчивость процесса вытяжки осесимметричных деталей, при этом, одновременно с повышением качества штампуемых изделий происходит увеличение длины цилиндрической части заготовки в 1,5-2,0 раза.

2. Методика расчета возможных отклонений энергосиловых и технологических параметров от их номинальных величин, для процесса вытяжки представляет интерес, поскольку такие отклонения приводят к изменениям величин усилий деформации от номинальной величины и отклонениям формы изделий.

3. В основу рассмотрения энергосиловых и технологических параметров процесса штамповки осесимметричных заготовок была принята схема деформации, на граничной поверхности которой тангенциальные компоненты имеют разрыв. Мощность среза на границе двух зон определяет полную мощность деформации.

Совокупность перечисленных результатов, отраженных в 2 публикациях в периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 статья в зарубежном издании, индексируемом в базе данных «Web of Science», 2 патентах на изобретение и апробированных в виде 1 доклада на международной конференции, указывает на несомненную новизну и практическую значимость выполненной диссертационной работы.

В тоже время, по содержанию диссертационной работы и автореферата можно высказать ряд **замечаний**.

1. Не совсем удачно представлен иллюстративный материал. Надписи к рисункам не отражают их специфику. В ряде таблиц представлены данные, по которым желательно для наглядности построить графические зависимости.

2. Необходимо отметить, что при разработке теоретических положений усовершенствованного технологического процесса вытяжки использованы базовые положения теории пластичности, разработанные русскими, советскими и зарубежными учеными.

3. Следует всесторонне осветить особенности свойств, применяемых материалов, с обязательной конкретизацией их механических свойств, в том числе коэффициента упрочнения.

4. Расчет мощности деформации с использованием условия текучести Треска и условия Мизеса желательно дополнить теоретическим анализом влияния скорости деформации с представлением графиков скоростных коэффициентов. Желательно представить направление дальнейшего исследования усовершенствованного технологического процесса с утонением цилиндрической стенки.

5. Для результатов экспериментальных исследований операций вытяжки не учтены параметры изменения сил трения при нанесении «волн» малой амплитуды, кроме того необходимо уточнить величину коэффициента трения в зависимости от условий смазки.

6. Автором постулировано, что искусственное уменьшение жесткости заготовки, подвергаемой глубокой вытяжке, может быть целесообразным. Не представлены рекомендации допустимых величин глубины вытяжки. Поэтому в данном случае неосторожно делать вывод об универсальности предлагаемого технологического процесса, тем более, что автор не обсуждает влияние толщины заготовки на устойчивость процесса вытяжки.

Тем не менее, даже с учетом высказанных замечаний, следует отметить, что рассматриваемая диссертационная работа по своему объему, теоретическому и практическому уровню, новизне, достоверности и важности полученных результатов, соответствует паспорту специальности ВАК 05.16.05 – «Обработка металлов давлением», требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Она несомненно, может быть оценена как научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для развития страны. Автор работы, Васильев Михаил Геннадьевич, безусловно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности по 05.16.05 – «Обработка металлов давлением». Автореферат и опубликованные работы отражают содержание диссертации.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор
кафедры машины и технологии обработки
металлов давлением ФГБОУ ВПО
«Московский государственный
машиностроительный университет
(МАМИ)»

Адрес: 111250 г. Москва, ул. Лефортовский вал,
д.26, Тел 8 (495) 267-58-10
E-mail: kaf.tiomp@mail.ru

Кохан Л.С.

Подпись д.т.н. Кохана Льва Соломоновича
удостоверяю:

