

В диссертационный совет Д002.060.02
при Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Институт металлургии и
материаловедения
им. А.А. Байкова Российской академии наук

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу
БРОВМАН ТАТЬЯНЫ ВАСИЛЬЕВНЫ**

**«Теоретическое обоснование и технологические основы использования
локальной пластической деформации для совершенствования
нестационарных процессов обработки металлов давлением»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.16.05 –Обработка металлов давлением**

Актуальность работы.

Широкое применение в машиностроительной и в других отраслях промышленности находят нестационарные процессы, такие как осадка, вальцовка-изгиб заготовок, вытяжка из листа полых стаканов, локальная деформация концевых участков труб, в которых в процессе деформации существенно изменяются и конфигурация деформируемого изделия и напряженное состояние этого изделия. Крайне важным является создание высокопроизводительного, энергосберегающего оборудования, обеспечивающего высокую точность и качество получаемых изделий. Теоретическая направленность представленной диссертации определена необходимостью разработки методики оценки влияния технологических параметров на точность размеров получаемых заготовок деталей. Для локальной пластической деформации характерно, что на части заготовки детали пластической деформации не происходит. В связи с чем, необходимо уточнить верхнюю оценку мощности, построив поля скоростей для процессов вытяжки, осадки, изгиба деталей. Для заготовок, получаемых вытяжкой характерно образование трещин и потеря устойчивости, однако отсутствует теоретическое обоснование способов деформации, для которых перераспределение напряжений сжатия на фланцевой части заготовки и

напряжений растяжения позволят увеличить длину формоизменяемой заготовки без потери устойчивости. Для создания оборудования, в котором реализуются технологии нестационарных процессов локальной пластической деформации, необходимы рекомендации, способствующие, улучшению качественных показателей получаемой продукции, технологической мобильности оборудования, способности к перенастройке на различные типоразмеры. Актуальность работы не вызывает сомнений, так как предложенные в расчетной методике функциональные зависимости учитывают как геометрические размеры детали, так и силовое взаимодействие деформирующих инструментов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Соискатель разрабатывает теоретические положения о причинах нарушения формы заготовки при локальной деформации концевых участков длинных труб, нарушении формы заготовки, ее искривлении. На примерах задач о вытяжке осесимметричных деталей разработаны теоретические основы создания дополнительной локальной деформации, способной улучшить процесс формоизменения. Формирование на заготовке волн малой амплитуды упреждает анизотропию исходной листовой заготовки, перераспределяет напряжения, увеличивает длину вытягиваемой детали в 2,5 раза. Теоретическими исследованиями при использовании двух теорий пластичности, показано, что расчетные напряжения, рассчитанные с применением условия текучести Треска-Сен-Венана, точнее условия текучести Мизеса. Построены кинематически допустимые поля скоростей для деформаций вытяжки с выдавливанием цилиндрического стакана, получены уравнения граничной поверхности в форме параболоида вращения. Рассмотрены задачи об изгибе заготовок с построением статически допустимых решений. Задача изучена в напряжениях с использованием принятой зависимости между кривизной заготовки и изгибающим моментом. Предложена методика расчета возможных колебаний величины усилия при

отклонениях технологических параметров от их номинальных величин. При реализации разработанной технологии выработаны технологические режимы вытяжки, осадки и изгиба. Выполнено моделирование с помощью программного комплекса DEFORM 3D. Таким образом, научные положения являются обоснованными.

Эти положения нашли реализацию в созданных диссертантом методиках:

- методика расчета точности деталей при деформации изгиба;
- метод верхних оценок с построением кинематически допустимых полей скоростей, в котором уточнены функциональные зависимости мощности деформации при вытяжке, изгибе и осадке деталей;

Приведенные диссертантом выводы и рекомендации в полной мере отражают суть выполненных им исследований и разработок.

Теоретическая значимость.

В результате разработки технологических режимов установлено, что существенное влияние на точность размеров деталей, изготавливаемых изгибом, оказывает интенсивность упрочнения деформируемого металла: чем меньше интенсивность упрочнения, тем ниже точность по величинам прогибов и остаточной кривизны. Теоретические исследования процессов локальной деформации методом построения кинематически допустимых полей скоростей уточнили верхние оценки мощности локальной деформации. Разработана методика оценки влияния технологических параметров деформации на точность деталей при локальной деформации.

Разработана специальная конструкция оборудования для вытяжки, позволяющая исключить дефекты потери устойчивости и кольцевых трещин. Конструкция новой ковочной машины позволяет создать локальную деформацию в ограниченном объеме, обеспечивая высокую точность размеров детали.

Практическая ценность.

На основании исследований трех видов процессов ОМД с локальной пластической деформацией предложен новый подход к изготовлению тонкостенных цилиндрических деталей, позволивший в 2,5 раза увеличить длину изделия без образования трещин. Уточненные верхние оценки мощности деформации и рекомендации по созданию ковочного оборудования по патентам РФ № 2561937, 2554247, 2608153, 2556172, 2547977, реализованы при промышленном освоении машин для изгиба двумя роликами, ковочного агрегата для формирования утолщений на концах полых заготовок.

Публикации основных результатов диссертации.

Основные научные результаты достаточно полно отражены в 24 научных работах, в том числе 12 статьях в журналах, рекомендуемых ВАК, в 7 патентах СССР и РФ.

Автореферат соответствует содержанию материала, изложенному в диссертации.

Диссертационная работа Т.В. Бровман соответствует паспорту специальности ВАК 05.16.05 – Обработка металлов давлением.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа содержит 222 страницы машинописного текста и состоит из введения, шести глав, списка литературы из 155 наименований, 2 приложений. Работа содержит 14 таблиц, 88 рисунков.

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы – совершенствования процессов обработки давлением для повышения качественных показателей металлопродукции и расширения ее сортамента, сформулирована цель и задачи работы.

В первой главе представлены характеристики стационарных и нестационарных процессов обработки давлением. Определены факторы неустойчивости процессов пластической деформации сжатия труб длиной 2...4 м с формированием участков увеличенной толщины длиной 0,1...0,2 м.

Показано, что зона пластической деформации составляет 0,025...0,1 общей длины заготовки. Отношение доли объема, в котором имеет место пластическая деформация, к объему, в котором материал остается жестким, равно например, при $l = d_1$ 25 % объема всей заготовки.

Поставлены и решены задачи теоретического исследования процессов локальной деформации полых заготовок для обеспечения устойчивости процессов вытяжки, изгиба и осадки заготовок.

Во второй главе выполнен анализ теорий пластичности, в том числе деформационной и так называемой «теории течения», согласно которой соосным с девиатором напряжений является не тензор деформаций, а тензор приращений деформаций. Определено значение постулата Друкера. Приведены уравнения Прандля-Рейса, в которых учтены пластические и упругие деформации. Задачи об изгибе заготовок рассмотрены с построением статически допустимых решений.

В третьей главе решены задачи определения напряжений при вытяжке деталей из плоских листов с разделением зоны деформации на три жесткие зоны. Построены два варианта кинематически допустимых полей скоростей: при плоской и осесимметричной деформациях.

Проведены расчеты деформации изгиба листовых заготовок с изменением их кривизны и с учетом двух главных радиусов кривизны поверхности деформируемых заготовок.

Расчеты показывают возможность возникновения двух видов дефектов при вытяжке: кольцевых трещин при воздействии напряжений растяжения σ_r и потери устойчивости при действии напряжений сжатия σ_θ . Определены параметры устойчивости, разработана новая технология вытяжки цилиндрических заготовок. Предложен алгоритм моделирования технологических процессов вытяжки тонколистовых осесимметричных заготовок с использованием вычислительных систем конечно элементного анализа.

Определены предельно допустимые величины соотношений величин усилий и геометрических параметров заготовки и показано, что трудности получения качественных изделий возрастают при малой толщине листа. Дано описание нового процесса вытяжки цилиндрических втулок, основанного на создании искусственной анизотропии, путем уменьшения жесткости детали в тангенциальном направлении при сохранении ее жесткости в радиальном направлении.

В четвертой главе разработана методика расчета точности кривизны при деформации изгиба, приведены формулы для расчета возможных колебаний кривизны деформируемых заготовок, результаты экспериментальных исследований зависимости прогиба от усилий на прессах усилиями 0,25 МН и 0,50 МН. Опыты на прессе усилием 100 кН показали, что на точность заготовок оказывает влияние зависимость напряжения от деформации, т.е. функция $\sigma(\varepsilon)$. При изгибе заготовок из алюминия область разброса величин прогибов и остаточной кривизны значительно меньше, (в 1,5 – 1,9 раз), чем при изгибе стальных заготовок. Установлено существенное влияние упрочнения металла на точность заготовок, изготавливаемых деформацией изгиба.

В пятой главе представлена конструкция новой машины для изгиба заготовок, в которой устранен главный недостаток схем изгибной деформации, заключающийся в том, что напряжения существенно изменяются по длине деформируемой заготовки. В новой конструкции гибочной машины два гибочных ролика установлены на шарнирной балке, с возможностью вращения, при этом расстояния от оси шарнира до осей обоих гибочных роликов равны, что позволяет обеспечить постоянство изгибающего момента на участке между роликами на длине до 0,7-0,8 общей длины деформируемой заготовки, это позволяет существенно повысить точность заданной кривизны детали.

В шестой главе представлены методы расчета усилий при локальной деформации цилиндрических заготовок, а также основные принципы, заложенные в основу проектирования этих машин. Приведены результаты экспериментальных исследований процесса локальной деформации на образцах длиной 400 мм на прессе усилием 2МН. Практический интерес представляют осциллограммы изменения усилий при локальной деформации заготовок диаметрами 60 мм из стали 36Г2С. Для получения труб с криволинейными осями и утолщенными концевыми участками, либо с фланцами в форме дисков разработана ковочная машина, обеспечивающая возможность деформации труб различных радиусов кривизны, при этом траекторией движения пуансона являются дуги окружности различных радиусов.

В заключении изложены результаты и выводы по работе.

Приложения включают экспериментальные данные по величинам усилий при деформации концевых участков труб из углеродистой стали и стали 36Г2С.

По работе имеются следующие замечания.

1. В диссертации не представлена четкая связь разработанной методики расчета точности размеров детали с влиянием упрочнения металла при пластической деформации.
2. Нуждается в большем обосновании выбор рациональных условий деформации изгиба.
3. Отсутствует четкая характеристика специфики локальной деформации в рассматриваемых процессах формоизменения.
4. При описании конструкции машины для изгиба заготовки указаны не все позиции устройства и их функциональное назначение, что затрудняет понимание её работы.
5. Исследование выиграло бы, если бы в нем содержались конкретные предложения по дальнейшему использованию результатов исследований локальной пластической деформации, например, при высадке

концевых участков бурильных и насосно - компрессорных труб, изгибу отводов труб и др.

Однако эти замечания не снижают ценности проведенных исследований и разработок по использованию локальной пластической деформации для совершенствования нестационарных процессов обработки металлов давлением.

Заключение.

Анализ представленных материалов показывает, что в работе изложены новые научно обоснованные технические и технологические разработки, реализованные при создании оригинального и эффективного промышленного оборудования. Полученные результаты являются новыми научно обоснованными техническими, технологическими решениями, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Бровман Татьяна Васильевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент

Романцев Борис Алексеевич

ученая степень, должность

доктор технических наук
по специальности 05.16.05

ученое звание

профессор по кафедре обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС»

почтовый адрес

119049, Москва, Ленинский пр.,
д.6, стр.3, Г -152
8 499 230 – 28 – 56

телефон

адрес электронной почты

Б.А. Романцев
(подпись) (расшифровка подписи)

Дата Гербовая печать

boralr@yandex.ru

Б.А. Романцев

Проректор

и общим во

НИТУ «МИСиС»



И.М. Исаев