

Ш 87290
Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени Государственный
Технический Университет имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

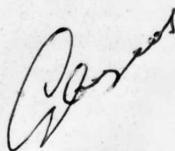
СУВОРОВ АЛЕКСЕЙ ПЕТРОВИЧ

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ
НАУЧНО-ОБОСНОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ЛИСТОВОЙ
ШТАМПОВКИ ДИСКОВ ТРЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАКТОРОВ

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



Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Бочаров Ю.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Матвеев А.Д.

кандидат технических наук, доцент
Константинов В.Ф.

Ведущее предприятие - НИИ "Темп"

Защита состоится "14" июня 1993г. в 10 час. на
заседании специализированного Совета К 053.15.13 в Московском
государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по адресу:
107005, Москва, 2-я Бауманская ул., д 5.

Ваш отзыв в одном эк-
сылать по указанному ад

С диссертацией мож
им. Н.Э.Баумана.

Желающие присутств
говременно известить Со
на имя председателя Сов
Телефон для справо.

Автореферат разослан "

Ученый секретарь Совета
канд. техн. наук, доцент.

Подп. к печ. 7 05 93
Типография МГТУ им. Н.Э.Б

487290

НТБ МГТУ им. Н.Э.Бау



1087290

Суворов А.П. Разрабо

Актуальность проблемы. Первостепенной задачей машиностроения является неуклонное повышение технического уровня, качества, надежности выпускаемых машин при постоянном снижении затрат на их производство. Переход к ресурсосберегающим и безотходным технологиям получения заготовок в кузнечно-штамповочном производстве позволит резко снизить затраты на изготовление машин за счет повышения коэффициента использования металла (КИМ), т.к. затраты на металл в себестоимости машин достигают 50-70%.

Детали типа колец, фланцев, к которым относятся и диски трения муфт сцепления тракторов, в настоящее время изготавливают вырубкой в штампах из листового проката. Эти способы характеризуются низким коэффициентом использования металла, равным 0,2-0,3.

В то же время изготовление фрикционных дисков из заготовок, полученных путем преобразования горячей штамповкой цилиндрической кольцевой заготовки, сваренной из полосового проката в плоскую кольцевую, позволяет избежать этого недостатка. К конструкции дисков трения и структуре металла дисков предъявляются жесткие требования по геометрическим параметрам и высокие эксплуатационные требования по надежности и износостойкости. В этой связи для разработки и внедрения малоотходной технологии получения заготовок дисков трения из сварной кольцевой заготовки требуются учет поведения сварного шва при деформации, научно-обоснованная методика проектирования таких технологических процессов. Имеющиеся в литературе рекомендации носят упрощенный характер и во многом не отвечают современным требованиям.

Создание научно-обоснованной методики проектирования параметров процесса горячей листовой штамповки дисков трения является актуальной задачей как в практическом, так и в научном плане.

Настоящая работа является продолжением исследований по возможности использования цилиндрической сварной обечайки в технологических процессах горячей листовой штамповки, проводимых на кафедре "Машины и автоматизация обработки металлов давлением" МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка и освоение в промышленных условиях, на основе теоретических и экспериментальных исследований, научно-обоснованной методики проектирования технологических процессов штамповки заготовок дисков трения из сварной кольцевой обечайки, создание научно-обоснованных рекомендаций по расчету рабочих частей инструмента.

В соответствии с целью работы необходимо решить следующие задачи:

МГТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

задачи:

1. Теоретически и экспериментально исследовать комбинированный процесс обжима с раздачей сварных кольцевых заготовок в форме обечаек, установить параметры процесса, структуру и механические свойства материала, обеспечивающие оптимальные степени деформации при обжиме с раздачей без разрывов и потери устойчивости.

2. Выявить влияние температурных полей в очаге деформации на механические свойства материала и послеоперационные деформации готовой заготовки диска.

3. Проверить экспериментально правомерность допущений и результаты анализа процесса обжима с раздачей.

4. Провести оптимизацию параметров формоизменения по критериям эксплуатационных требований к готовому изделию.

5. На базе теоретических и экспериментальных исследований определить возможную область использования рассматриваемого процесса и разработать научно-обоснованную методику проектирования параметров процесса горячей штамповки дисков трения и рабочих частей инструмента.

6. Внедрить в промышленных условиях ПО "Челюсарский завод промышленных тракторов" технологические процессы горячей штамповки дисков трения тракторов из сварных цилиндрических обечаек.

Научная новизна заключается в разработке методики анализа напряженного состояния цилиндрической обечайки при горячем деформировании с учетом нестационарности температуры в очаге деформации. В результате теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости, выражающие соотношение коэффициентов обжима и раздачи в процессе горячего деформирования с учетом нестационарности температуры вдоль образующей заготовки, зависимости, выражающие соотношения зон обжима и раздачи от интенсивности охлаждения участков заготовки.

Разработана научно-обоснованная методика расчета исходных размеров заготовок и исполнительных размеров рабочих частей оснастки.

В процессе разработки методики разработан способ получения деталей типа колец, по которому принято положительное решение Государственной научно-технической экспертизы изобретений НИИГПЗ о выдаче патента на изобретение.

Практическая значимость работы состоит в разработке методики и внедрении в промышленность высокоэффективных технологических

процессов изготовления заготовок дисков трения. Методика включает определение размеров цилиндрической обечайки (заготовки), рабочих частей штамповой оснастки на каждом переходе.

Реализация результатов работы в промышленности. По результатам теоретических исследований и экспериментальных работ разработан и внедрен технологический процесс горячей листовой штамповки дисков трения промышленных тракторов Т-330 и Т-500, выпускаемых в производственном объединении "Чебоксарский завод промышленных тракторов". Новая малоотходная технология обеспечила резкое снижение (в 3 раза) расхода конструкционной стали 65Г. Годовой экономический эффект - 6 миллионов рублей.

Кроме того, проведена опытная апробация изготовления дисков трения тракторов ТДТ75, выпускаемых Онежским тракторным заводом. Результаты проверки показали стабильность разработанной новой малоотходной технологии и высокое качество заготовок дисков трения ТДТ75, изготовленной по этой технологии.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на научных семинарах кафедры "Машины и автоматизация обработки давлением" МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1990-1993 гг. По материалам диссертационной работы был сделан доклад на отраслевом научно-техническом семинаре "Прогрессивные ресурсосберегающие технологические процессы" (г. Ростов-на-Дону, 1990г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 печатные работы, получено одно авторское свидетельство СССР с уведомлением НИИПЗ об удовлетворении ходатайства о выдаче патента.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 117 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунков, 16 таблиц, список литературы из 102 наименований.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы основные положения выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор научно-технической литературы по современному состоянию изучаемого вопроса. Выполнен анализ существующих способов изготовления дисков трения, а также фланцев и колец, который позволил сделать вывод о целесообразности применения способа изготовления плоских фланцев из трубных заготовок одновременным обжимом-раздачей за 2 перехода для получения дисков трения промышленных тракторов. Данный способ является наиболее приемлемым, т.к. обладает рядом преимуществ, как высокий

коэффициент использования металла, большая степень возможного формоизменения, возможность использования оборудования с небольшим номинальным усилием.

Исследованием параметров процесса обжима и процесса раздачи занимались ученые Попов Е.А., Аверкиев Ю.А., Горбунов М.Н., Евшов В.И., Фролов В.Н., Кондратенко В.Г., Опхели В.Н. и др.

Также имеются работы, посвященные изучению совместного процесса обжима-раздачи.

В работах Дегтярева Г.М., Розова Ю.Г. исследовался двухпереходный процесс обжима-раздачи трубы в условиях горячего деформирования.

При этом при анализе технологических параметров принято, что температура горячего деформирования одинакова вдоль образующей трубной заготовки и постоянна во время всего процесса.

В работе Евсюкова С.А. процесс обжима-раздачи рассматривался в условиях холодной деформации.

Конструкция дисков промышленных тракторов и наличие сварного шва на заготовке диктуют применение горячего деформирования на операции обжима с раздачей. В то же время цилиндрическая заготовка тонкостенная, толщина от 3 до 5 мм при диаметре 250-500 мм, что составляет менее 1% от диаметра. В процессе деформации, в результате контакта с инструментом тонкостенная цилиндрическая заготовка в зоне контакта интенсивно охлаждается. В связи с чем температура, а следовательно и свойства материала обечайки в очаге деформации различны. Поэтому при теоретических исследованиях и разработке методики проектирования технологических процессов штамповки дисков трения, для получения более точных результатов необходимо учитывать переменность температуры в очаге деформации.

Имеющиеся сведения и литературные данные об использовании способа получения фланцев совмещением обжима и раздачи и методики расчета параметров процесса относятся к заготовкам из других материалов и других относительных размеров, других условий деформирования.

В конце главы сделаны выводы и сформулированы цели и задачи исследований.

Во второй главе изложена методика теоретических и экспериментальных исследований двухпереходного процесса горячей штамповки тонкостенных сварных цилиндрических обечаек с учетом нестационарности температуры в очаге деформации.

Сделан вывод, что для решения поставленных в работе задач

наиболее приемлемым является метод совместного решения дифференциальных уравнений равновесия с условием пластичности Треска-Сен-Венана. Заключенные аналитические решения задач в теории обработки металлов давлением при использовании этого метода позволяют получить удобные для инженерных расчетов функциональные зависимости элементов напряженно-деформированного состояния, с учетом влияния основных факторов.

Проведена схематизация свойств материала в зоне очага деформации кольцевой цилиндрической обечайки с целью учета теплового режима.

Температура элементов заготовки в очаге деформации переменна. Причем, те участки заготовки, которые дальше контактируют с инструментом, имеют более низкую температуру и, следовательно, более высокое значение напряжения текучести. А более длительное время находятся в контакте с инструментом в операциях обжима и раздачи те участки заготовки, которые получили большую деформацию.

Исходя из этого, значение напряжения текучести определено как функция положения элемента в пространстве, которое, в свою очередь, зависит от степени деформации.

Неравномерность свойств материала обусловлена неравномерностью температуры элементов заготовки в процессе штамповки. Таким образом, задача определения характеристик материала заготовки сводится к задаче о распределении температуры в очаге деформации. В этой связи проведен анализ теплового баланса в очаге деформации.

Как показывают расчеты для различных значений характеристик материала и технологических параметров работа пластической деформации может привести к изменению температуры заготовки в зоне деформации на $1,5 + 2^{\circ}\text{C}$, работа против внешних сил трения — на $4 + 7^{\circ}\text{C}$, а теплоотдача в штамп на $45 + 95^{\circ}\text{C}$.

Отсюда можно сделать вывод, что основное влияние на изменение температуры элемента оказывает теплоотдача в штамп за счет теплопроводности.

Выражение для количества теплоты потеряннго в результате контакта с инструментом для участка обжима имеет вид:

$$Q_{T_1} = \alpha [T_{заг} - T_{шт}] dF_1 t_{заг}^0 \frac{\delta \theta_1}{\ln K_0} \quad (1)$$

где: α — коэффициент теплоотдачи;

$T_{заг}, T_{шт}$ — температура заготовки и штампа соответственно;

dF_1 — площадь контакта элемента заготовки со штампом;

$t_{\text{деф}}^0$ — время деформации;
 $\delta_{\text{Вг}}$ — тангенциальная деформация рассматриваемого элемента;
 K_0 — коэффициент обжима.

Как видно из формулы (1) количество теплоты, а следовательно и изменение температуры заготовки прямо пропорционально тангенциальной деформации рассматриваемого элемента. Исходя из этого, получен закон распределения напряжения текучести в зонах обжима и раздачи в виде:

$$\sigma_s = \sigma_{s_0} + A \delta_g \quad (2)$$

где: σ_{s_0} — значение напряжения текучести цилиндрической части;

A — коэффициент пропорциональности.

В конце главы сделаны выводы.

В третьей главе выполнен теоретический анализ напряженно-деформированного состояния кольцевой цилиндрической обечайки в двухпереходном процессе горячего деформирования с совмещением обжима и раздачи с учетом переменности температуры в очаге деформации.

Анализ совмещенного процесса обжима-раздачи (рис.1) предусматривает определение соотношения размеров очагов пластической деформации без ограничения этих процессов. Критерием для определения границы раздела принято равенство меридиональных напряжений, действующих на границе зон обжима и раздачи. Напряжения в каждой из зон определены из решения уравнения равновесия с условием пластичности с учетом формулы (2).

$$\sigma_g^0 = -(1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sigma_{s_0} \left(1 - \frac{r_0}{g}\right) + A \left(\ln \frac{R_0}{g} + 1\right) - \frac{r_0}{g} A \left(\ln \frac{R_0}{r_0} + 1\right) \right] \quad (3)$$

$$\sigma_g^p = (1 + \mu \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sigma_{s_0} \ln \frac{g}{R} + A \ln \frac{g}{R} \ln \frac{R}{R_0} \right] \quad (4)$$

где: μ — коэффициент трения;

α — угол конусности;

R_0 — исходный радиус цилиндрической обечайки;

σ_{s_0} — напряжение текучести цилиндрического участка заготовки;

g — текущий радиус.

Из равенства формул (3) и (4) получена формула связи коэффициента обжима (K_0) и коэффициента раздачи (K_p):

$$K_p = e^{\left\{ \left(1 + \frac{A}{\sigma_{s_0}}\right) \left(1 - \frac{1}{K_0}\right) - \frac{1}{K_0} \frac{A}{\sigma_{s_0}} \ln K_0 \right\}} \quad (5)$$

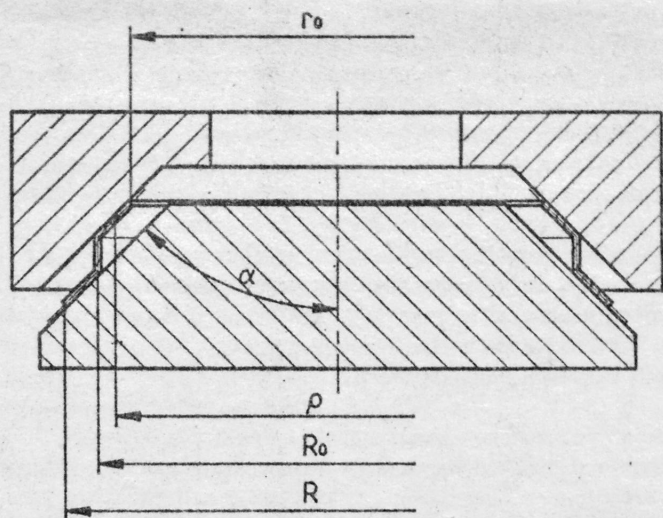


Рис. 1. Схема совмещенного процесса деформирования цилиндрической кольцевой обечайки

Формула (5) позволяет определять значение коэффициента раздачи по заданному коэффициенту обжима при совмещенном процессе обжима и раздачи цилиндрической заготовки с учетом переменности температуры заготовки в очаге деформации. Расчеты по этой формуле позволили сделать вывод о том, что с увеличением степени деформации расхождение между K_0 и K_p увеличивается, K_p преобладает над K_0 . С увеличением интенсивности охлаждения материала заготовки в очаге деформации характеризуемой отношением $\frac{1}{\sigma_{s_0}}$, расхождение между K_0 и K_p увеличивается в сторону увеличения K_p .

Аналогично получены формулы для определения меридионального напряжения в зоне обжима и зоне раздачи для второго перехода штамповки:

$$\sigma_p^0 = -(1+\mu) \left[\left(1 - \frac{1}{K_{0_2}}\right) (\sigma_{s_0} + A) - \frac{1}{K_{0_2}} A \ln K_{0_2} \right] \quad (6)$$

$$\sigma_g^p = -(1+\mu) \left[\sigma_{s_0} \ln K_{p_2} + A \ln K_{p_2} \ln K_{p_2} \right] \quad (7)$$

А также получена формула для определения соотношения коэффициента обжима (K_{0_2}) и коэффициента раздачи (K_{p_2}) на втором переходе:

$$\ln K_{p_2} = \left(1 + \frac{A}{\sigma_{s_0}}\right) \left(1 - \frac{1}{K_{0_2}}\right) - \frac{1}{K_{0_2}} \frac{A}{\sigma_{s_0}} \ln K_{0_2} \quad (8)$$

Зная напряженное состояние заготовки, можно определить как изменяется длина ее образующей в процессе обжима и раздачи, для чего использованы уравнения связи между напряжениями и деформациями и условие постоянства объема.

Длина образующей диска на участке обжима и участке раздачи определяется по формулам (9) и (10) соответственно:

$$\frac{L^p}{L_g} = K_{0_2}^{\frac{1+\mu}{1-\mu}} \left[\frac{(1-\mu)K_{0_2} + (1+\mu)}{2K_{0_2}} \right]^{\frac{3}{1-\mu}} \quad (9)$$

$$\frac{L_g}{L_K} = K_{p_2} \left(1 - \frac{1+\mu}{2} \ln K_{p_2}\right)^{\frac{3}{1+\mu}} \quad (10)$$

Суммарное изменение длины образующей в процессе деформации определяется как алгебраическая сумма изменений длин в соответствующих зонах. Суммарное изменение длины образующей за 2 перехода штамповки равно алгебраической сумме изменений на обоих переходах.

В конце главы сделаны выводы.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований, дан анализ и их сравнение с результатами теоретических исследований. Экспериментальные результаты показали хорошую

сходимость с расчетными данными, подтверждали правильность принятых при теоретических исследованиях расчетных схем и допущений.

В связи с тем, что сталь 65Г по химическому составу и типу относится к весьма трудносвариваемым и в сварных конструкциях практически не применяется, были проведены экспериментальные работы по выбору типа сварного соединения. Сварное соединение требуется для получения цилиндрической обечайки, т.к. трубы из Ст65Г не выпускаются. По результатам испытаний выбрано сварное соединение по типу С7 ГОСТ 14771-80.

В целях определения максимальной степени деформации цилиндрических обечаек проведены экспериментальные работы на испытательно-машине "Instron". В целях максимального приближения результатов эксперимента к реальным условиям рабочая зона испытательной машины "Instron" была модернизирована. Изготовлены и испытаны натурные образцы.

Критическая степень деформации, при которой происходит разрушение металла сварного соединения практически одинаковая при всех температурах испытаний в исследуемом диапазоне и зависит от скорости деформации и составляет: 22,5% при скорости деформирования - 200 мм/сек, 30% - при скорости - 48 мм/сек.

В рассматриваемом технологическом процессе величина формоизменения ограничивается или потерей устойчивости с образованием складок в зоне сварного шва, или разрывом кромки в зоне раздачи.

В результате экспериментов получены данные по определению соотношения коэффициента обжима и коэффициента раздачи, изменения толщины заготовки, изменения длины образующей. Экспериментальные и теоретические значения различаются на 2+3%.

В конце главы сделаны выводы.

В пятой главе разработана методика проектирования технологического процесса горячей листовой штамповки дисков трения промышленных тракторов и исполнительных размеров штамповой оснастки с учетом изменения температуры в зоне деформации. Методика включает последовательность технологических операций, определение исполнительных размеров рабочих частей штампов, определение размеров исходной заготовки, выбор оборудования.

При изготовлении заготовок дисков трения на первой операции получают мерные полосы (или полосы арезанные из листа), выполняют операцию гибки обечайки, сваривают стик. Далее цилиндрическая обечайка нагревается до $900 \pm 950^{\circ}\text{C}$ и преобразовывается на штампе в конической полуфабрикат. После вторичного нагрева конический по-

луфабрикат осаживается в плоское кольцо.

Рассмотрены результаты внедрения новой малоотходной технологии изготовления дисков трения промышленных тракторов в производственном объединении "Чебоксарский завод промышленных тракторов", обеспечивающей повышение коэффициента использования материала в 3 раза. Экономический эффект составил 6 миллионов рублей.

Разработанная методика проектирования технологических процессов изготовления дисков трения была использована при разработке технологических процессов изготовления дисков сцепления и тормозных дисков новых модификаций промышленных тракторов Т25,01, Т35.02.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ существующих в настоящее время способов изготовления заготовок дисков трения показал, что наиболее целесообразным является способ, основанный на деформировании за 2 перехода цилиндрической трубной заготовки с использованием совмещения операций обжима и раздачи.

2. Разработанная методика учета переменности температуры в очаге деформации позволяет изучить особенности напряженно-деформированного состояния цилиндрической трубной заготовки в двухпереходном процессе горячего деформирования с совмещением обжима и раздачи и получить аналитические зависимости в виде сравнительно простых формул, учитывающих влияние основных факторов, присущих реальным условиям деформирования.

3. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что отношение зоны обжима к зоне раздачи, при проведении совмещенного процесса без ограничения, уменьшается с увеличением суммарного коэффициента формоизменения.

4. Изменение длины образующей цилиндрической обечайки в исследуемом диапазоне изменения толщины стенки ($S/D_0 = 0,005 \div 0,015$) практически не зависит от относительной толщины заготовки, а определяется величиной конечного формоизменения.

5. Сопоставление теоретических зависимостей и экспериментальных данных по определению соотношения зон обжима и раздачи, и по изменению длины образующей заготовки на первом и втором переходах штамповки, показали их сходимости в пределах 3÷5%.

6. Для обеспечения высокой стабильности и качества сварного соединения на операциях горячей штамповки при изготовлении сварных заготовок дисков трения из стали 65Г целесообразно использо-

вать сварное соединение С7 по ГОСТ 14771-80. При этом степень деформации сварного шва в зоне раздачи не должна превышать 22%.

7. Разработанный на основе теоретических и экспериментальных исследований технологический процесс горячей листовой штамповки заготовок дисков трения промышленных тракторов внедрен в производственном объединении "Чебоксарский завод промышленных тракторов" в результате чего коэффициент использования металла повысился более, чем в 3 раза, что позволяет экономить до 750 т металла в год. Экономический эффект от внедрения новой малоотходной технологии составил 6 миллионов рублей в год.

Основные положения диссертации отражены в следующих работах:

1. Суворов А.П., Лисов В.С., Евсюков С.А.. Изготовление дисков сцепления по малоотходной технологии //Прогрессивные ресурсосберегающие технологические процессы: Тез.докл. отраслевого научно-технического семинара - Ростов-на-Дону, 1990.-С.32-34.

2. Малоотходная технология изготовления фрикционных дисков /А.П.Суворов, С.А.Евсюков, В.П.Яригин и др.// Тракторы и сельскохозяйственные машины.-1991.-№9.-С.48-50.

3. Лисов В.С., Суворов А.П., Евсюков С.А. Изготовление штамповочных заготовок дисков трения //Сварочное производство.- 1992.- №2.-С.-26-28

4. Евсюков С.А., Бочаров Ю.А., Суворов А.П. Совмещение операций обжима и раздачи //Известия вузов.Машиностроение.-1992.- №10-12.-С.106-110.