

КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР
На правах рукописи

МАЛЫШЕВА Марина Сергеевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПОПЕРЕЧНОГО ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ
ГОЛОВОК СТЕРЖНЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА**

Специальность 05.03.05 –
Технологии и машины обработки давлением.
Технические науки

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Магнитогорск – 2007

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г И Носова».

Научный руководитель кандидат технических наук, доцент
Белан Анатолий Кириллович

Официальные оппоненты доктор технических наук, профессор
Железков Олег Сергеевич,
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г И. Носова»,
кандидат технических наук
Пудов Евгений Андреевич,
ОАО «Магнитогорский метизно-
калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ»

Ведущая организация ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (г Челябинск)

Защита состоится «30» октября 2007 г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.111 03 при ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова» по адресу: 455000, г Магнитогорск, пр. Ленина, 38, МГТУ, малый актовЫй зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»

Автореферат разослан «23» сентября 2007 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Жиркин Ю.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Повышение эффективности производства металлоизделий является одним из приоритетных направлений развития черной металлургии. При этом неотъемлемым условием плодотворной деятельности предприятий в условиях существующей системы рыночных отношений становится сочетание эффективности производства с его низкими издержками и соответственно сниженной себестоимостью.

Работа посвящена актуальной проблеме получения стержневых изделий с увеличенной головкой методом холодной объемной штамповки. Основной сложностью при этом является обеспечение продольной устойчивости заготовки. Выполненные ранее исследования показали, что для устранения этого недостатка применяют различные технические и технологические приемы, наибольшее распространение из которых в последнее время получил процесс поперечного выдавливания. Данный способ позволяет получать изделия из заготовки с отношением высоты выдавливаемой части к диаметру более 2,7. При этом максимально возможное значение ограничено ресурсом пластичности металла. Большое количество исследований проводилось для схемы свободной высадки. Процесс получения головок методом поперечного выдавливания в настоящее время мало изучен. Представляет интерес определение предельных степеней деформации, обеспечивающих штамповку головок без разрушения, с возможностью автоматизации проектирования данного процесса.

В связи с вышеуказанным, важным для производства стержневых изделий с увеличенной головкой является проведение исследований, основанных на моделировании процесса поперечного выдавливания, включающего анализ НДС, ресурса пластичности и устойчивости деформируемого металла. На основе этих исследований необходима разработка научно обоснованных рекомендаций, способствующих повышению надежности, производительности процесса штамповки, обеспечивающих бездефектность продукции и снижающих затраты на формоизменения.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы – повышение эффективности технологии поперечного холодного выдавливания на основе моделирования процесса деформирования.

Поставленная цель реализуется путем решения следующей совокупности актуальных научно-технических задач:

1. Адаптировать математическую модель определения напряженно-деформированного состояния (НДС), основанную на методе конечных элементов, к процессу поперечного выдавливания.

2. Используя адаптированную модель, провести исследование НДС процесса поперечного выдавливания головок стержневых изделий.

3 Провести экспериментальное исследование процесса поперечного выдавливания и сравнить теоретические и практические результаты по геометрическим и энергосиловым параметрам

4 На основе адаптированной математической модели выполнить оценку запаса пластичности при поперечном выдавливании

5 Применить результаты моделирования для анализа формоизменения и запаса пластичности при деформировании головок стержневых изделий в промышленных условиях

6 На основании использования запаса пластичности разработать рекомендации по совершенствованию технологии и инструмента для поперечного выдавливания.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- адаптирована к процессу поперечного выдавливания и дополнена возможностью оценки образования трещин конечно-элементная модель НДС, основанная на вариационном принципе Лагранжа,
- с помощью указанной модели установлены закономерности распределения полей напряжений, деформаций и их скоростей по объему металла при поперечном выдавливании стержневых изделий с головками увеличенного размера;
- на основе дополнения модели возможностью оценки образования трещин получены закономерности распределения показателя Кокрофта-Латама и ресурса пластичности на боковой поверхности головки;
- разработана методика анализа технологического процесса изготовления стержневых изделий с головками увеличенного размера, включающая определение компонентов НДС, запаса пластичности и оценку продольной устойчивости заготовки с учетом ее начальных несовершенств. начальный изгиб и эксцентricность приложения деформирующей силы

Практическая ценность

Усовершенствована технология производства закладных болтов на холодновысадочном автомате за счет рационального перераспределения степени деформации на предварительной стадии процесса изготовления деталей, что позволило снизить нагрузку на инструмент и предупредить образование поверхностных трещин на изделии

Найдены рациональные технологические режимы, обеспечивающие реализуемость и улучшающие условия протекания процесса изготовления заклепки с увеличенной головкой за минимальное число деформационных проходов При этом обеспечивается получение продукции, соответствующей требованиям ТУ 14-198-27-83

Предложена новая техническая разработка, позволяющая повысить эффективность процесса поперечного выдавливания за счет выполнения внутренней поверхности пуансона конической

Реализация работы в промышленности

В ОАО «ММК-МЕТИЗ» (г. Магнитогорск) приняты к использованию в условиях кузнечно-прессового цеха на многопозиционных холодновысадочных автоматах-комбайнах предложенные режимы холодной объемной штамповки стержневых изделий с увеличенной головкой (закладной болт, заклепка), позволяющие снизить износ инструмента и повысить качество получаемых изделий по поверхностным трещинам с учетом требований ГОСТ 16017-79 и ТУ 14-198-27-83. Разработаны рекомендации по использованию пакета прикладных программ для автоматизации расчетов и проектирования процессов холодной объемной штамповки

В ООО «Магнитогорский научный информационно-технический центр» приняты к использованию в проводимых научно-исследовательских работах пакеты программ для расчета технологических режимов получения стержневых изделий с головками увеличенного размера

Апробация работы

Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на Международном промышленном форуме-выставке «Реконструкция промышленных предприятий – прорывные технологии в металлургии и машиностроении» (Челябинск, 2007 г.), межрегиональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и производство Урала» (г. Новотроицк, НФ МИСиС, 2005 г.), ежегодных научно-технических конференциях ГОУ ВПО «МГТУ им Г.И. Носова» в 2003-2007 гг

Публикации. Содержание и результаты работы отражены в 15 публикациях, включающих 1 патент РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературы (включающего 114 наименований) и двух приложений. Работа содержит 133 страницы машинописного текста, 69 рисунков, 8 таблиц

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации представлен обзор стержневых изделий с головками увеличенного размера и методов их изготовления, а также анализ существующих методов исследований, применяемых в данной области. Вопросам совершенствования технологии холодной объемной штамповки посвящены работы И Биллигмана, А Д. Томленова, Г А Смирнова-Аляева, Э. Томсена, А Г. Овчинникова, А Ф. Грайфера, Г А Навроцкого, В.Г Паршина, О С. Железкова, В И. Артюхина, О А. Белан, В Я Герасимова, Ю В Владимирова и др

Установлено, что для изготовления головок стержневых изделий весьма перспективным может быть применение процесса поперечного выдавливания (рис 1), который позволяет осуществлять деформацию заготовок с отношением высоты выдавливаемой части (Н) к ее диаметру (d) значительно больше 2,7, что дает возможность существенно расширить сорта-

мент выпускаемых изделий Известные исследования процесса формирования головок стержневых изделий проводились в основном для схемы свободной высадки Процесс получения головок методом поперечного выдавливания в теоретическом аспекте является малоизученным

Представленный анализ методов исследования процессов формоизменения показал, что наиболее совершенным и достоверным является метод конечных элементов, эффективный при решении разнообразных технических и физических задач. Безусловным преимуществом этого метода является простота аппроксимации геометрии тела, причем как его наружного контура, так и внутренних очертаний, без использования понятия многосвязной области При использовании метода конечных элементов наиболее целесообразно использовать показатель Кокрофта-Латама, значение которого возможно определять для каждого конечного элемента деформируемого тела.

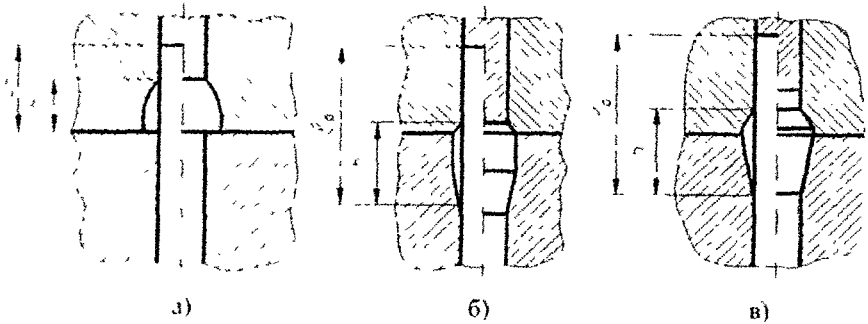


Рис 1 Схемы предварительной высадки головки методом поперечного выдавливания а – в пуансоне, б – в матрице, в – в пуансоне и матрице

На основании проведенного анализа теории и существующего уровня технологии в области производства стержневых изделий с головками увеличенного размера была сформулирована цель и поставлены конкретные задачи исследования (см выше)

Во второй главе представлен анализ напряженно-деформированного состояния и формоизменения металла при поперечном выдавливании на основе трехмерной конечно-элементной математической модели. Особенности модели решаемая задача – задача объемного деформирования, деформируемая среда – упругопластическая; объемные конечные элементы – тетраэдры, материал заготовки до деформирования – изотропен и однороден, закон трения Амонтона-Кулона, варьируемые величины – перемещения и деформации; закон пластического течения Губера – Мизеса; упрочнение среды учитывалось через интенсивность деформации сдвига и ее скорости.

Основные положения математического базиса следующие

Условие пластичности Губера-Мизеса:

$$f_S = \sqrt{\frac{1}{2} s_{ij} s_{ij}} - \tau_S(\Gamma, H) = 0,$$

где s_{ij} – компоненты девиатора тензора напряжений; Γ – интенсивность деформации сдвига; H – интенсивность скорости деформации сдвига.

Закон трения Амонтона-Кулона:

$$\bar{\tau}_k = \mu \bar{\sigma}.$$

Характеристики упрочнения сплошной среды:

$$\Gamma = \sqrt{2e_{ij}e_{ij}}, \quad H = \sqrt{2\eta_{ij}\eta_{ij}},$$

где e_{ij} , η_{ij} – компоненты девиаторов тензоров деформации и скорости деформации.

Решение задачи сводится к поиску экстремума функционала:

$$\chi = \frac{1}{2} \iiint_D (\sigma^T \Delta \varepsilon + \Delta \sigma^T \varepsilon + \Delta \sigma^T \Delta \varepsilon) dD - \iint_S \bar{\sigma} \Delta \bar{u} dS,$$

где σ – напряжение; $\Delta \varepsilon$ – приращение деформации; D – объем; Δu – перемещение; S – площадь поверхности.

С помощью выбранной и адаптированной математической модели получена количественная информация о процессе деформирования в штампах для поперечного выдавливания. Указанная информация включает:

- распределенные характеристики – поля векторных и тензорных величин: перемещений, деформаций (рис. 2), их скоростей, напряжений (в т.ч. контактных) и интенсивностей этих величин;
- интегральные характеристики: геометрические – форму и расположение получаемого изделия в матрице, а также энергосиловые – усилие деформирования.

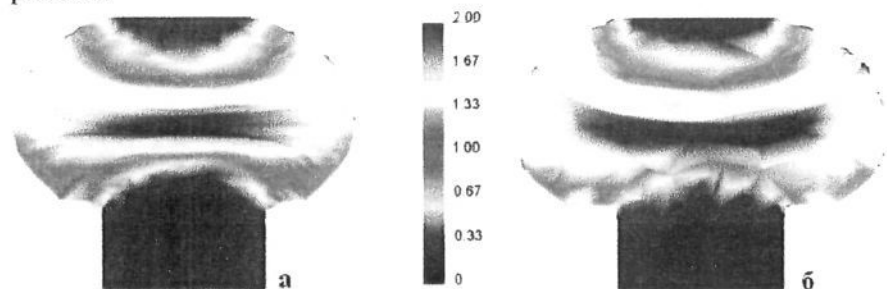


Рис. 2. Поля интенсивностей деформации: а – $\varepsilon = 71\%$; б – $\varepsilon = 74\%$

Анализ показал, что скорость деформации на поверхности металла при относительной высоте головки до 0,8 незначительно увеличивается с нуля до $0,1 \text{ с}^{-1}$. Далее происходит интенсивное увеличение рассматриваемой

величины до 1,1-1,2 с⁻¹. Во всех случаях на поверхности головки наблюдаются максимальные значения интенсивностей напряжений, составляющие в среднем 661,6 МПа при степени деформации 71 %

Для проверки адекватности математической модели проводилось экспериментальное исследование формоизменения стержня диаметром 5,25 мм. Выполненные расчеты позволили провести сравнительный анализ полученных данных по геометрическим параметрам искаженной координатной сетки. Относительная погрешность не превышает 15%. Отклонение экспериментальных значений усилия поперечного выдавливания от теоретических для различных степеней деформации не превышает 6 %.

Третья глава диссертации посвящена прогнозированию разрушения металла при поперечном выдавливании. При использовании метода конечных элементов применялся показатель Кокрофта-Латама, значение которого возможно определить для каждого конечного элемента деформируемого тела.

$$D_f = \int_0^{\varepsilon} \frac{\sigma_1}{\sigma_i} d\varepsilon_i,$$

где σ_1 – максимальное главное напряжение; σ_i – интенсивность нормальных напряжений; ε_i – интенсивность деформаций

Величина ресурса пластичности R_p определялась путем сравнения текущего значения показателя Кокрофта-Латама с критическим D_K

$$R_p = 1 - \frac{D_f}{D_K} \quad \text{при } D_f \leq D_K;$$

$$R_p = 0 \quad \text{при } D_f > D_K$$

Для определения критического значения показателя Кокрофта-Латама и запаса пластичности при поперечном выдавливании проводили серию вычислительных и натуральных экспериментов, в которых осуществлялся процесс поперечного выдавливания заготовок в виде стержней из стали марки 20, диаметром 5,25 мм, с различным отношением высоты выдавливаемой части к диаметру H_0/D 3,9, 4,5; 5,0, 6,0. При отношении $H_0/D_0 = 3,9$ максимальное значение рассматриваемого показателя составляет 0,50, при $H_0/D_0 = 4,5$ – достигает 0,54, при $H_0/D_0 = 5,0$ – снижается до 0,50, при $H_0/D_0 = 6,0$ – уменьшается до 0,37.

Поверхностные трещины при физическом эксперименте начали появляться лишь при отношении размеров выдавливаемой части заготовки $H_0/D_0 = 4,5$. В этом случае критическим значением показателя Кокрофта-Латама является величина 0,54.

Для каждого случая определялся ресурс пластичности R_p . При $H_0/D_0 = 3,9$ этот параметр достигает 0,08; при $H_0/D_0 = 4,5$ – снижается до

нуля; при $H_0/D_0 = 6,0$ на свободной поверхности ресурс пластичности заметно исчерпывается (рис 3)

В работе проведено сравнение результатов вычисления ресурса пластичности R_p по показателю Кокрофта-Латама и коэффициент использования запаса пластичности Ψ по методике Колмогорова и Смирнова-Аляева (табл 1).

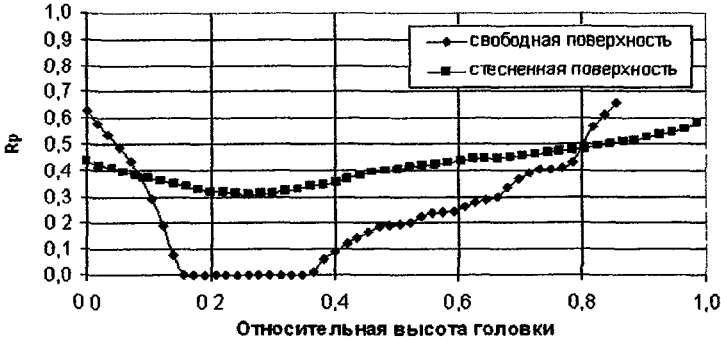


Рис 3 Ресурс пластичности на боковой поверхности формирующейся головки при $H_0/D_0 = 6,0$

Таблица 1

Сравнение результатов вычисления ресурса пластичности

№ п/п	H_0/D_0	$\varepsilon, \%$	R_p	$1-\Psi$	Δ
1	3,9	71	0,08	0,16	0,08
2	4,5	74	0,00	0,07	0,07
3	5,0	77	0,00	0,00	0,00
4	6,0	81	0,00	0,00	0,00

Сравнение показывает, что в случае использования показателя Кокрофта-Латама разрушение прогнозируется при степени деформации 74 %. По методике Колмогорова разрушение наступит при $\varepsilon = 77 \%$. Таким образом, оценка вероятности дефектообразования в виде трещин на боковой поверхности головки с использованием двух различных методов и хорошая сходимость их результатов позволяет говорить об адекватности используемой нами модифицированной математической модели, адаптированной к процессу поперечного выдавливания металла

На основе конечно-элементного моделирования разработан алгоритм анализа технологического процесса изготовления стержневых изделий, блок-схема которого представлена на рис 4

Четвертая глава посвящена анализу технологических процессов изготовления стержневых изделий и разработке рекомендаций по промышленной реализации результатов исследования

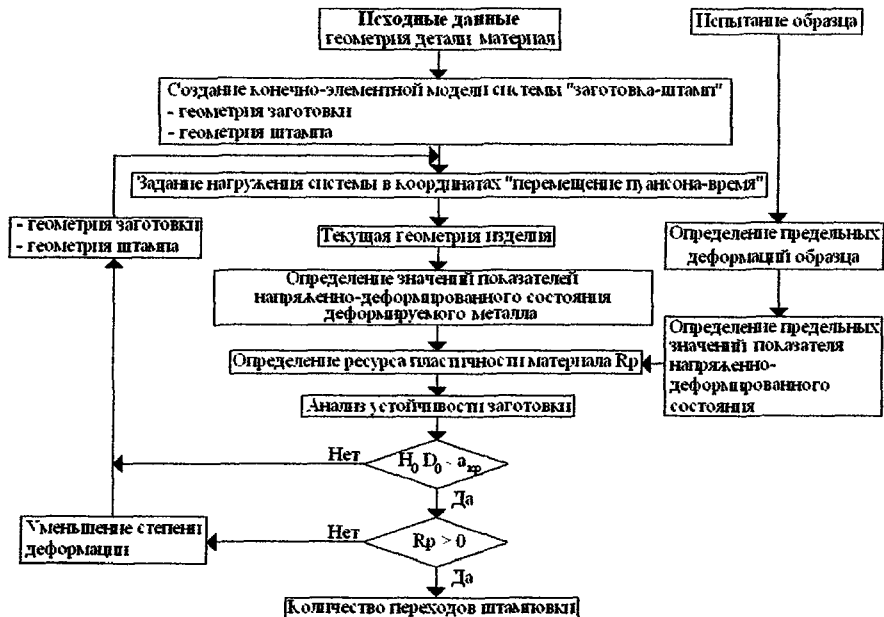


Рис 4. Блок-схема алгоритма анализа предельного формоизменения металла при поперечном выдавливании

С помощью разработанного алгоритма выполнен анализ и разработаны технологические процессы изготовления холодной объемной штамповкой закладных болтов для скрепления подкладки рельса и шпалы по ГОСТ 16017-79 и заклепок с увеличенной головкой по ТУ 14-198-27-83 в условиях КПЦ ОАО «ММК-МЕТИЗ» (рис 5)

В результате этого анализа получены характеристики НДС металла, определены показатели Кокрофта-Латама и ресурса пластичности на свободной боковой поверхности в конце процесса поперечного выдавливания и после второй операции высадки плоским пуансоном. При штамповке закладных болтов максимальное значение показателя Кокрофта-Латама в конце первой операции предварительной стадии составляет 0,10, после второй операции – 0,20. Минимальное значение ресурса пластичности на первой операции – 0,81, в конце предварительной стадии – 0,63 (рис 6).

Определено НДС на боковой стенке матрицы, которая испытывает наибольшее давление со стороны деформируемого металла. Это позволило определить наиболее рациональные условия работы деформирующего инструмента, предотвращающие преждевременный выход его из строя

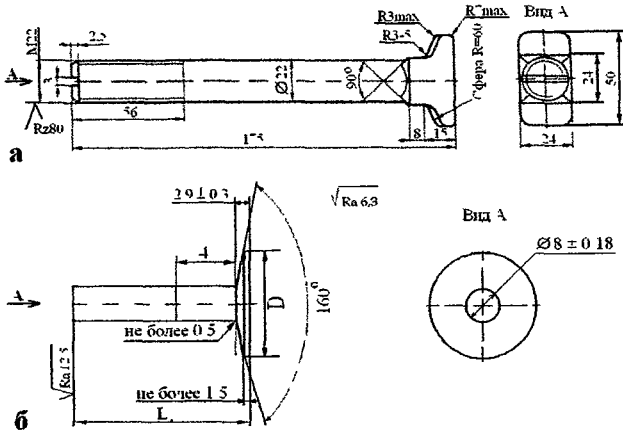


Рис 5. Схема закладного болта по ГОСТ 16017-79 (а) и заклепки с увеличенной головкой по ТУ 14-198-27-83 (б)

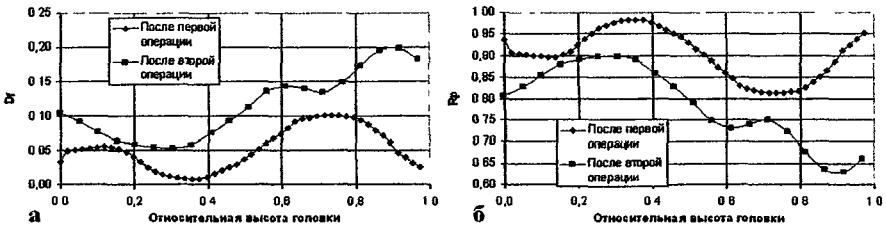


Рис 6 Показатели Кокрофта-Латама (а) и ресурса пластичности (б) на свободной боковой поверхности

Проведена оценка продольной устойчивости заготовки с учетом ее начальных несовершенств (начальный изгиб и эксцентricность приложения деформирующей силы) и характеристик обрабатываемого металла. Определены основные требования к исходной заготовке и деформирующему инструменту. Установлено, что продольная устойчивость заготовки в штампе для поперечного выдавливания определяется устойчивостью свободно осаживаемой части заготовки. Отношение длины свободной части заготовки к ее диаметру H_0/d_0 , при нормируемых изгибе и эксцентricности приложения деформирующей силы, не должно превышать 2,3. Фактически это отношение при штамповке закладных болтов составляет 2,15. Отношение полной длины заготовки к ее диаметру может быть значительно больше (2,5 – 4,5). Ограничение этого отношения определяется только пластичностью деформируемого материала.

При штамповке заклепок отношение высоты выдавливаемой части заготовки к ее диаметру составляет 2,73, поэтому для штамповки такого

изделия использовали на первой операции процесс поперечного выдавливания с ходом пуансона 13 мм, а на второй – деформирование плоским пуансоном с ходом 5,3 мм. В результате расчетов находили основные распределенные характеристики напряженно-деформированного состояния: поля интенсивностей напряжений, деформаций, скоростей деформаций, значения Кокрофта-Латама.

По завершении процесса поперечного выдавливания максимальные значения интенсивности напряжений составляют 665 МПа и увеличиваются до 683 МПа после высадки плоским пуансоном. Интенсивности деформации после первой операции достигают 1,5, далее увеличиваясь до 2,5. Интенсивности скоростей деформации составляют $0,8 \text{ с}^{-1}$ (рис. 7). Показатель Кокрофта-Латама достигает 0,80. Такие значения наблюдаются на всей боковой поверхности головки с глубиной проникновения 0,7-0,8 мм. Таким образом, на поверхности металла вероятно появление мелких трещин, что не противоречит техническим условиям изготовления заклепок.

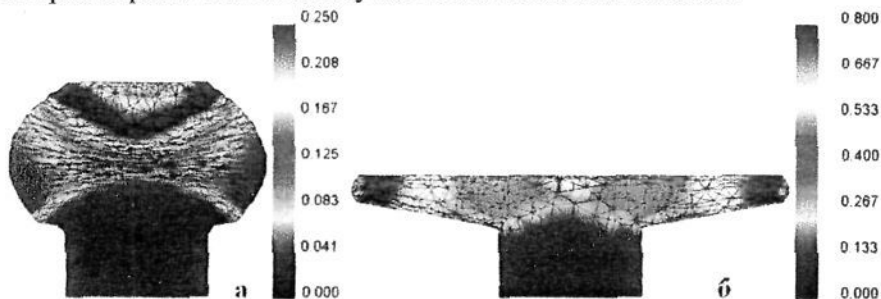


Рис. 7. Поля интенсивностей скоростей деформаций (с^{-1}) на промежуточной (а) и окончательной (б) стадиях изготовления заклепки

Результаты исследования приняты к использованию на ОАО «ММК-МЕТИЗ» при совершенствовании технологии производства закладных болтов холодной объемной штамповкой на многопозиционных автоматах, а также при разработке технологии изготовления заклепок с увеличенной головкой на холодновысадочном автомате АА1219Б.

Предлагаемая технологическая схема производства закладных болтов включает следующие операции: подача металла и отрезка заготовки; предварительная высадка головки (формирование головки с помощью поперечного выдавливания заготовки с отношением длины высаживаемой части к ее диаметру 3,15 со степенью деформации 32% и с помощью плоского пуансона со степенью деформации 46%), окончательная высадка головки и выдавливание подголовка, обрезка головки, накатка резьбы (рис. 8). Для осуществления процесса поперечного выдавливания разработан штамп, который защищен патентом РФ.

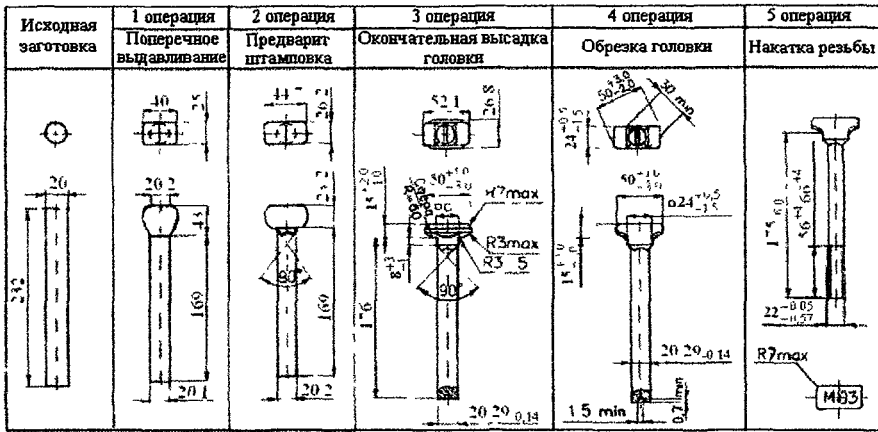


Рис 8 Схема технологического процесса изготовления закладных болтов

Технология изготовления заклепок включает следующие операции (рис 9)

1. Подача металла и отрезка заготовки
2. Предварительная высадка головки (формирование головки с помощью поперечного выдавливания заготовки с отношением длины заготовки к ее диаметру 2,67 со степенью деформации 75%),
3. Окончательная высадка головки.

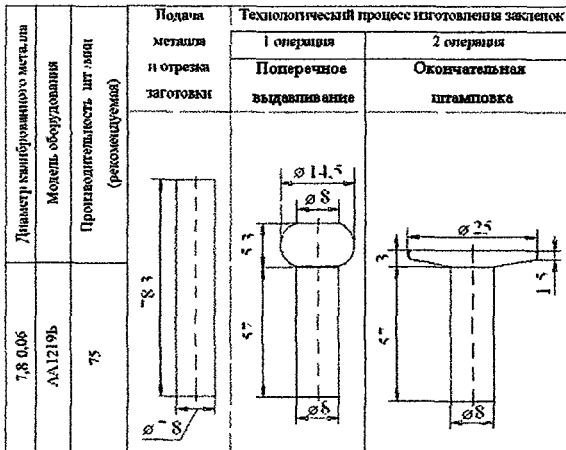


Рис 9. Технологический процесс изготовления заклепок за два удара

В ООО «Магнитогорский научный информационно-технический центр» приняты к использованию пакеты разработанных прикладных про-

грамм расчета напряженно-деформированного состояния металла для процессов получения закладных болтов и заклепок с увеличенной головкой

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены исследования процесса производства стержневых изделий с увеличенной головкой методом поперечного выдавливания на основе адаптированной математической модели. При этом получены следующие основные результаты:

1. Для исследования формоизменения металла при поперечном выдавливании выбрана и адаптирована трехмерная конечно-элементная математическая модель, основанная на вариационном принципе Лагранжа. С ее помощью получена количественная информация о процессе деформирования в штампах для поперечного выдавливания. Указанная информация включает распределенные и интегральные характеристики. Анализ полученных данных позволил проанализировать распределение интенсивности напряжений, деформаций и ее скорости по объему головки стержневого изделия, которые позволяют определить основные требования к заготовке и деформирующему инструменту.

2. Определено критическое значение показателя Кокрофта-Латама при поперечном выдавливании выполнением серии вычислительных и физических экспериментов данного процесса для заготовок в виде стержней из стали марки 20, диаметром 5,25 мм, с различным отношением высоты выдавливаемой части к диаметру. Данное значение составило 0,54. Показано, что при дальнейшем увеличении степени деформации на 7% значения показателя Кокрофта-Латама снижаются в 1,6 раза по сравнению со значением на свободной поверхности за счет действия внутренних стенок матрицы.

3. Выполнено сравнение результатов вычисления ресурса пластичности по методикам Кокрофта-Латама и Колмогорова-Богатова, которое показало, что их расхождение не превышает 8%. Такое отклонение позволяет говорить об адекватности используемой модифицированной математической модели, адаптированной к процессу поперечного выдавливания металла.

4. На основе анализа технологического процесса изготовления головок стержневых изделий с помощью конечно-элементного моделирования усовершенствована технология изготовления закладных болтов для железнодорожного пути холодной объемной штамповкой, включающая операцию поперечного выдавливания со степенью деформации 32%, осадку плоским пуансоном – 46%, окончательную высадку головки, обрезку головки и накатку резьбы.

5. Разработана новая конструкция штампа для поперечного выдавливания головок стержневых изделий, обеспечивающая значительное повышение устойчивости заготовки и позволяющая существенно повысить реализуемость разработанных технологических режимов. Выполнение пуансона ко-

нической формы с углом до 2° обеспечивает его фиксацию в вертикальной плоскости (Пат № 49474 РФ)

6 В результате моделирования процесса поперечного выдавливания усовершенствована технология изготовления заклепок с увеличенной головкой из калиброванного металла диаметром 7,8 мм в две операции. При этом на первой операции применяется процесс поперечного выдавливания со степенью деформации 75 %, а на второй – штамповка плоским пуансоном со степенью деформации 43 %

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Пат. 49474 Российской Федерации, МПК⁷ В 21 J 5/08. Штамп для высадки стержневых изделий [Текст] / Артюхин В И, Белан О А., Малышева М С, заявитель и патентообладатель ОАО «Магнитогорский метизно-металлургический завод». – 2005113042/22, заявл 28 04.2005; опубл 27 11.2005, Бюл. № 33 – 1 с ил
2. Белан А К, Малышева М.С. Сохранение продольной устойчивости цилиндрических заготовок при получении стержневых изделий с головками увеличенных размеров [Текст] // Молодежь Наука Будущее Сб науч тр студентов / Под ред Л.В Радионовой – Вып 3., Ч 1 Магнитогорск. МГТУ, 2004. – С 44 - 48
3. Белан А К, Малышева М.С. Математическая модель формоизменения металла при поперечном выдавливании [Текст] // Вестник МГТУ им. Г И Носова 2006 № 1 – С 11-13.
4. Паршин, В Г Исследование процесса холодной высадки изделий с увеличенной головкой [Текст] / В Г Паршин, А К Белан, М.С Малышева и др. // Материалы 63-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2003-2004 гг Сб докл Т 1 Магнитогорск МГТУ, 2004 С 218 - 220
5. Белан А К, Малышева М С Анализ напряженно-деформированного состояния металла при изготовлении стержневых изделий методом поперечного выдавливания [Текст] // Материалы 64-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2004-2005 гг : Сб докл – Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2006 – Т.1 – С. 237-241
6. Белан А К, Малышева М С Исследование параметров НДС при формообразовании головки стержневого изделия [Текст] // Процессы и оборудование металлургического производства: Межрегион сб науч. тр / Под ред Железкова О.С Вып 7. Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2006 С. 259-263
7. Белан А К, Малышева М С. Интенсификация процесса поперечного выдавливания на основе использования ресурса пластичности металла [Текст] // Международный промышленный Форум-выставка «Реконструкция промышленных предприятий – прорывные технологии в металлургии и машиностроении»: Материалы Форума-выставки Программа Каталог. Сборник

докладов / Международный союз «Металлургмаш» (Москва), Центр Международной Торговли Челябинск (Челябинск). – Челябинск, 2007. С. 112-113.

8. Паршин, В.Г Влияние величины начального изгиба и эксцентрического приложения деформирующей силы на устойчивость цилиндрических заготовок при высадке [Текст] / В.Г. Паршин, В И Артохин, М.С. Малышева и др. // Кузнечно-штамповочное производство. -2005. -№6. –С 3-7 (*издание, включенное в список ВАК*).

9. Паршин, В.Г. Исследование устойчивости цилиндрических заготовок, имеющих начальные несовершенства, при холодной объемной штамповке [Текст] / В.Г. Паршин, А.К. Белан, М.С. Малышева и др. // Современные методы конструирования и технологии металлургического машиностроения: Международный сб. науч. тр. / Под ред Н.Н. Огаркова Магнитогорск ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. –С. 110-116.

10. Паршин, В.Г. Методика определения усилий при поперечном выдавливании [Текст] / В.Г. Паршин, А.К. Белан, М.С. Малышева и др // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. № 1 – С 27-31

11. Паршин, В.Г. Применение штампов с подпружиненными пуансонами при освоении новых видов крепежных изделий на ОАО «ММК-МЕТИЗ» [Текст] / В.Г.Паршин, А.К. Белан, М.С.Малышева и др. // Материалы 64-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ за 2004-2005 гг.: Сб. докл – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – Т 1. – С. 248-252

12. Паршин, В.Г Штампы с подпружиненными пуансонами и их применение при освоении производства крепежных изделий с увеличенными головками на ОАО «ММК-метиз» [Текст] / В.Г Паршин, А.К Белан, М.С Малышева и др. // МЕТИЗ, 2006. – 1. –С. 21-23.

13. Белан А.К, Малышева М.С Развитие теории и совершенствование технологии холодной объемной штамповки методом поперечного выдавливания [Текст] // Бюллетень «Черная металлургия». 2007. № 5. С. 60-65.

14. Белан А.К., Малышева М.С. Повышение эффективности технологии холодной объемной штамповки [Текст] // Современные методы конструирования и технологии металлургического машиностроения Международный сб науч. тр / Под ред. Н.Н. Огаркова. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006 –С 104-108

15. Белан А.К., Малышева М.С Совершенствование процесса предварительной высадки головки стержневых изделий при холодной объемной штамповке [Текст] // Наука и производство Урала. Сборник трудов межрегиональной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых –Новотроицк НФ МИСиС, 2005. –С 4-7

Подписано в печать 20 09 07 Формат 60x84 1/16 Бумага тип №1
Плоская печать Усл печ л 1,0 Тираж 100 экз Заказ 543

455000, Магнитогорск, пр Ленина, 38
Полиграфический участок ГОУ ВПО «МГТУ»