

На правах рукописи
УДК 621.73.073

Сербин Антон Григорьевич

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ РЕСУРСОВ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО
МЕТАЛЛА ЭЛАСТИЧНЫМ РАБОЧИМ ИНСТРУМЕНТОМ ПО
МЕТОДУ ЛОКАЛЬНОЙ ГИБКИ-ФОРМОВКИ**

Специальность 05.03.05 – Технологии и машины обработки давлением

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва, 2004 г.

Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель:

доктор технических
наук,
профессор Семенов И.Е.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор
Кузьменко А.Г.

кандидат технических наук, доцент
Давыдкин А.С.

Ведущее предприятие:

ВППИ ТяжМаш г.Москва.

Защита состоится 2 июля 2004г. в 14 час. 30 мин.
на заседании диссертационного совета Д.212.141.04 в Московском
государственном техническом университете имени Н.Э.Баумана по
адресу: 105005, Москва, 2-я Бауманская улица, дом 5.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью,
просим выслать по указанному адресу.

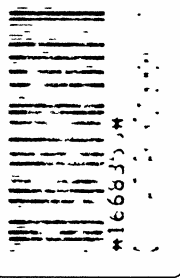
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э.Баумана.
Телефон для справок: 267-09-63

Автореферат разослан «27» октября 2004г.

Ученый секретарь совета
к.т.н., доцент

И.Е. Семенов

В.И. Семенов



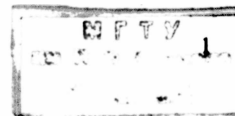
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

На сегодняшний день покрытия для крыш (асбоцементные плиты, заливка битумом и т.д.) не удовлетворяют совокупности требований по эстетичности, надежности, большому сроку службы, легкости монтажа и низкой себестоимости. В связи с этим на рынке появились различные кровельные материалы, выполненные из тонколистового металла, которые были весьма просты в установке, надежны и дешевы. Для производства данных кровельных материалов используются автоматизированные линии отечественного и иностранного производства. Данные линии включают в свой состав правильно-разматывающее устройство, многораликовый профилегибочный стан, гидравлический пресс и ножницы, а их стоимость колеблется от 350 до 800 тыс. долларов. Нельзя не отметить, что данные линии весьма громоздки, металлоемки и энергоемки, а их установленная электрическая мощность составляет более 50 кВт. На данный момент в России запущено в эксплуатацию несколько десятков таких линий.

В середине 90-ых годов, когда большая потребность в кровельных материалах была удовлетворена, наметилась тенденция к большей эстетичности данной продукции. Приоритеты сместились в сторону индивидуализации, новым дизайнерским решениям для выпускаемой продукции. У многих производителей на первый план встала задача расширения ассортимента выпускаемой продукции при сохранении ее низкой себестоимости. Данная задача для автоматизированных линий трудновыполнима, т.к. процесс их переналадки новый вид продукции весьма дорог и трудоемок, поэтому большинство из установленных в России линий простаивает.

В связи с этим в ЦАГИ им. Жуковского было опробовано и запущено новое оборудование (станы локальной гибки-формовки), которое изготавливает кровельные материалы из сплавов алюминия с низким сопротивлением деформированию. Станы локальной гибки-формовки имеют массу до 3 тонн и установленную мощность 7..10 кВт. До конца 90-х годов было выпущено более 200 тыс. м² этого современного покрытия. Однако в связи со слабой изученностью, как самого процесса, так и возможностей оборудования, до настоящего времени остается нераскрытым заложенный в нем потенциал (очень узкий спектр обрабатываемых материалов, а именно алюминиевые сплавы типа А5М, А7М и т.п.). Необходимость использовать дорогие сплавы алюминия с низким сопротивлением деформированию была вызвана тем, что при попытках деформировать алюминиевые сплавы с более высоким сопротивлением деформированию типа 1105, наблюдался брак получаемых изделий, который заключался в недоформовке рельефа во впадине матрицы. Данный брак был вызван в первую очередь



несовершенством пружинного привода механизма вертикального перемещения рабочего деформирующего вала.

В связи с высокой себестоимостью покрытия (в которой 85% занимает стоимость материала), спрос на эту продукцию, в последние 5 лет, резко упал. Это обстоятельство препятствует широкому распространению данного современного оборудования.

В связи с этим актуально создание технологии и отечественного оборудования, которые должны отвечать следующим требованиям: работать на относительно дешевом отечественном металле (сплавы алюминия типа 1105, малоуглеродистые стали типа 08КП и т.п., толщиной 0,5...0,6 мм), изготавливать широкую гамму изделий и иметь низкую себестоимость готовых изделий.

Цель работы: Разработка теории, технологии и нового оборудования обработки тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу локальной гибки-формовки.

В соответствии с поставленной целью работы были сформулированы **задачи исследования:**

1. Создание математических моделей обработки тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу гибки-формовки и теоретическое определение напряженно-деформированного состояния системы рабочий инструмент - деформируемый металл.

2. Разработка методики экспериментальных исследований по определению величин напряжений, действующих в зоне контакта эластичного рабочего инструмента и деформируемого металла.

3. Экспериментальные исследования технологических возможностей получения качественных изделий на стане локальной гибки-формовки и подтверждение достоверности полученных теоретических решений для созданных математических моделей.

4. Проведение экспериментальных исследований по определению напряженно-деформированного состояния предварительно сжатой эластичной оболочки с целью увеличения максимальных контактных давлений и вследствие этого расширения технологических возможностей имеющегося стана локальной гибки-формовки.

5. Разработка новых энерго и ресурсосберегающих конструкций станов для получения качественных изделий из тонколистового металла.

Методы исследований. Численное моделирование процессов локальной гибки-формовки проведено методом конечных элементов с использованием соответствующих математических моделей в СКП «ANSYS» (СКП «ANSYS» бесплатно предоставлен МГТУ им.Н.Э.Баумана московским представительством фирмы CAD-FEM GmbH).

Экспериментальные исследования проведены с помощью метода отпечатков, специальной оснастки и тензометрической аппаратуры.

Натурные эксперименты проводились на экспериментальном стане локальной гибки-формовки установленном в ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского (г.Жуковский Московской области).

Научную новизну имеют следующие результаты:

математические модели деформирования тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу гибки-формовки, учитывающие упругопластические свойства системы: эластичный рабочий инструмент - деформируемый металл – матрица; теоретические решения по разработанным математическим моделям деформирования тонколистового металла эластичным рабочим инструментом, позволившие определить напряженно-деформированное состояние системы эластичный рабочий инструмент - деформируемый металл - матрица на всех стадиях процесса деформирования

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- Создание методики экспериментального определения величин нормальных напряжений, действующих в зоне контакта эластичного рабочего инструмента и деформируемого металла, в основу которой был положен метод отпечатков;
- Получение результатов экспериментальных исследований, позволивших определить технологические возможности стана локальной гибки-формовки (толщины и марки обрабатываемых материалов), выявить пути расширения границ технологической применимости и совершенствования данного типа оборудования;
- Разработка новой конструкции эластичного рабочего инструмента (подана заявка на получение патента) с получением результатов экспериментальных исследований для этой новой конструкции с предварительно напряженной эластичной оболочки рабочего вала. Разработанная конструкция позволяет увеличить контактные напряжения на 15..20%;
- Разработка новых энерго и ресурсосберегающих конструкций станов для получения изделий из тонколистового металла обладающих следующими достоинствами по сравнению с существующей конструкцией: высокой производительностью (увеличение на 30%), меньшей металлоемкостью (снижение на 10%), меньшими габаритными размерами (уменьшены на 35%) и меньшей в 5 раз энергоемкостью. На разработанные схемы оборудования получено три патента РФ;
- Определена последовательности технологических операций получения гофрированных покрытий из сплавов алюминия типа 1105 и мягких малоуглеродистых сталей с использованием метода локальной гибки-формовки;
- Разработаны рекомендации по расчету станов локальной гибки-формовки позволяющие выдавать техническое задание на проектирование нового типа оборудования;

Апробация работы. Результаты исследования доложены на Международной Конференции «Возобновляемая энергетика 2003. Состояние проблемы перспективы» г.Санкт-Петербург; на Всероссийской научно-технической конференции посвященной «100-летию со дня рождения академика А.И.Целикова» г.Москва (апрель 2004г.), а также на научно-технических семинарах кафедры МТ-10 Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана (2003-2004г.).

Публикации. Материалы проведенных исследований отражены в 7 печатных работах и трех патентах на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 170 страницах машинописного текста, содержит 86 рисунков, 6 таблиц и список литературы из 100 наименований.

Автор защищает:

- математические модели деформирования тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу гибки-формовки, учитывающие упругопластические свойства системы: эластичный рабочий инструмент - деформируемый металл – матрица и результаты теоретических решений, полученных для всех стадий процесса деформирования;
- методику экспериментального определения величин нормальных напряжений, действующих в зоне контакта эластичного рабочего инструмента и деформируемого металла в основу которой был положен метод отпечатков и результаты экспериментальных исследований, позволившие определить технологические возможности стана локальной гибки-формовки (толщины обрабатываемых металлов и их марки) и выявить пути расширения границ технологической применимости (расширение номенклатуры обрабатываемых металлов) и совершенствования данного типа оборудования;
- новую конструкцию рабочего эластичного инструмента (заявка на патент № 2003110225 от 10.04.03 г.), состоящая из набора эластичных элементов с регулируемой жесткостью;
- новые энерго и ресурсосберегающие конструкции станов для получения изделий из тонколистового металла;

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы.

В первой главе проведен анализ литературных источников, посвященных вопросу обработки тонколистовых материалов эластичным рабочим инструментом. Большой вклад в развитие теории и технологию процесса обработки тонколистового металла эластичным рабочим инструментом внесли Исаченков Е.И., Комаров А.Д., Семенов И.Е., Лысов М.И., Закиров И.М. и др.

Анализ традиционно применяемых технологий получения изделий с рельефной поверхностью из листовых материалов показал, что для случая единичного и мелкосерийного производства деталей из тонколистового металла весьма перспективными являются процессы с применением полиуретана. Использование полиуретана в закрытых штампах позволяет существенно снизить затраты на производство за счет снижения металлоемкости и трудоемкости изготовления и наладки штампа по сравнению с жесткими инструментальными штампами. Процессы листовой штамповки с применением полиуретана изучены достаточно глубоко, однако данный процесс имеет и существенный недостаток - высокую энергоемкость, особенно при обработке деталей большой площади.

Поэтому актуальной является проблема локализации очага пластической деформации при обработке тонколистовых заготовок, позволяющая снизить удельные силы и, следовательно, уменьшить энергоемкость процессов с применением полиуретана.

Одним из перспективных методов обработки тонколистового металла следует считать процесс деформирования на двухвалковых машинах с эластичным покрытием одного из валков, разработанный Лысовым М.И., Закировым И.М. и др, где процесс гибки происходит за счет внедрения жесткого рельефного вала в эластичное покрытие рабочего инструмента. Полученные авторами теоретические зависимости для данного метода обработки (гибки) использовать для расчетов процессов гибки-формовки не представляется возможным т.к. предлагаемый процесс является комбинированным и представляет собой одновременную гибку и формовку.

Новый тип станов локальной гибки-формовки предложенный И.Е.Семеновым, имеет все достоинства методов обработки тонколистового металла вращающимся эластичным рабочим инструментом и в то же время эти станы обладают достаточно высокой точностью, обеспечивающей требуемое качество получаемых изделий, при довольно низкой себестоимости продукции.

Распространение этого типа оборудования сдерживают недостаточная изученность процесса и отсутствие исходных данных для технологических расчетов.

В соответствии с поставленной целью работы нами были сформулированы указанные выше задачи исследования.

Во второй главе представлены основные соотношения конечно-элементного анализа процесса пластического формоизменения, на основе теории упругости и пластичности.

Для математического описания процесса деформирования использовали основные уравнения механики деформируемого тела. Запишем уравнение равновесия в перемещениях внутри области V для изотропного трехмерного тела с границей S в матричном виде в системе координат $X, Y,$

Z, полагая, что на часть внешней границы тела действует внешняя нагрузка $\{F\}$, а на другой части границы заданы перемещения $\{u\} = [U, v, w]^T$:

$$[A][B][D]\{u\} = \{f\},$$

где $[A]$ – дифференциальный оператор; $[M]$ – матрица направляющих косинусов; $[B]$ – матрица связи деформаций с перемещениями; $[D]$ – матрица коэффициентов упругости.

Граничные условия на внешней поверхности тела S_1 :

$$[M][D][B]\{u\} = \{F\}.$$

Условие стационарности функционала полной потенциальной энергии:

$$W(\{u\}) = \int_V \{\sigma\}^T [B]\{u\} d(vol) - \int_V \{u\}^T \{f\} d(vol) - \int_{S_1} \{u\}^T \{F\} dS.$$

Используя уравнение связи между напряжениями и деформациями, закон Гука и разностные выражения, для конечного элемента можно выразить функционал полной потенциальной энергии следующим образом:

$$W^e(\{u\}) = \{\delta\}^e T [K^e] \{\delta\}^e - \{\delta\}^e T \{R\}^e,$$

где $[K^e]$ – матрица жесткости элемента; $\{\delta\}^e$ – вектор перемещения элемента; $\{R\}^e$ – вектор силы действующей на элемент.

Условие стационарности для квадратичного функционала W^e относительно $\{\delta\}^e$:

$$\frac{\partial W^e(\{\delta\}^e)}{\partial \{\delta\}^e} = 0.$$

Полагая, что функционал равен сумме вкладов отдельных элементов n (n – количество дискретных элементов) получим:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i^e(\delta^e).$$

Разрешающая система метода перемещений будет иметь вид:

$$[K]\{\delta\} = \{R\},$$

здесь $[K]$ – матрица жесткости конструкции; $\{\delta\}$ – вектор узловых перемещений конструкции; $\{R\}$ – вектор узловых нагрузок конструкции.

При моделировании контактных поверхностей использовали метод Шевченко Ю.А., в основу которого заложен принцип определения координат узлов взаимодействующих тел на каждом шаге расчета и проверку на соответствие определенным условиям (непроникновения, совместности перемещений, касания и др.).

Из всех эмпирических уравнений для описания эластомеров наиболее широко используются уравнения Муни—Ривлина, которые дают возможность приписать уточняющим коэффициентам, входящим в них, определенный физический смысл.

Выражение для упругого потенциала при простом сдвиге для изотропного несжимаемого материала может быть представлено в виде потенциала Муни—Ривлина:

$$W = C_1(\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - 3) + C_2\left(\frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{\lambda_2^2} + \frac{1}{\lambda_3^2} - 3\right),$$

где C_1 и C_2 - уточняющие коэффициенты, позволяющие описывать зависимости «напряжения-деформации»; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – главные линейные деформации.

Результаты численного решения задачи деформирования эластичной оболочки при ее контакте с криволинейной поверхностью матрицы (процесс гибки-формовки) получены с использованием программных комплексов "Ansys 5.4...8.0". Для получения необходимых предварительных данных был решен ряд задач, позволивших определить технологические размеры и физико-механические параметры эластичного инструмента (уточняющие коэффициенты Муни-Ривлена C_1 и C_2). В данных задачах полиуретановой оболочке сообщали перемещения и получали значения возникающих в ней напряжений (на гребне и во впадине основной плоскости матрицы). Методом последовательных итераций в задачах были определены уточняющие коэффициенты C_1 и C_2 , описывающие зависимость «напряжение – деформация» для полиуретана. По полученным результатам были построены эпюры контактных напряжений, которые сравнивали со значениями контактных напряжений, полученных экспериментально. При этом максимальная степень деформации полиуретана задавалась равной $\epsilon_{\text{макс}}=27\%$, так как большие значения приводят к увеличению износа эластичной оболочки.

После определения всех необходимых параметров рабочего инструмента определялось напряженно-деформированное состояние эластичной оболочки и деформируемой заготовки уже для случая объемной деформации. Нагружение производилось путем последовательного перемещения жесткого вала до величины $\Delta H_{\text{макс}}=7.5$ мм ($\epsilon_{\text{макс}}=27\%$ по основной плоскости матрицы) вниз по оси Y на жесткую матрицу.

Схемы деформирования эластичной оболочки представлены на рис.1.

По приведенным выше схемам были созданы математические модели для определения напряженно-деформированного состояния рабочего инструмента и деформируемой заготовки. На рис. 2 показана конечно-элементная модель №1 (гребень) локальной гибки-формовки с деформируемым листом толщиной 0.8 мм.

Конечно-элементная модель №1 содержала 4 подконструкции. Первая подконструкция моделировала жесткий вал и задавалась поверхностью, которая состояла из 50 элементов `contal74`, вторая подконструкция, моделировала эластичную оболочку и состояла из 7458 элементов `hyper58`,

третья подконструкция моделировала лист алюминия и состояла из 4856 элементов, а четвертая подконструкция, моделирующая контактную поверхность матрицы, состояла из 1252 элементов.

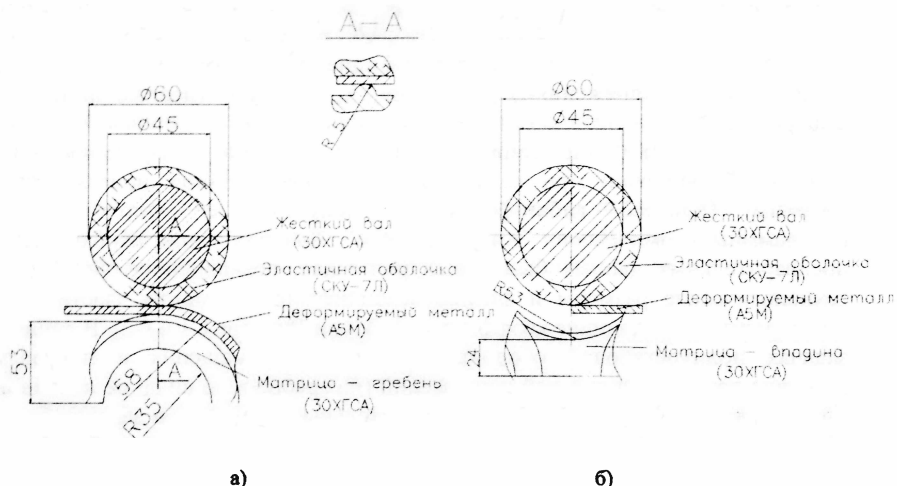


Рис. 1. Схемы деформирования эластичной оболочки по методу гибки-формовки.
а) на гребне матрицы, б) во впадине.

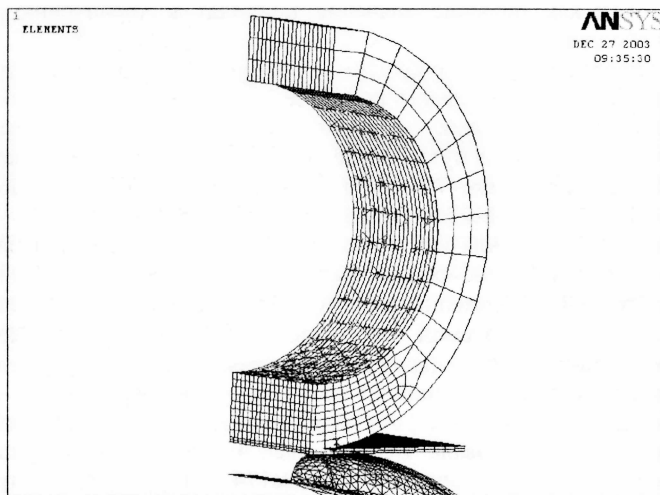


Рис. 2 Конечно-элементная модель №1 (гребень).

На рис. 3 представлена деформированная конечно-элементная модель №1 эластичной оболочки с листом соответствующая реальной картине деформирования по параметру затекания листового металла между рельефным выступом и остальной волнистой частью матрицы.

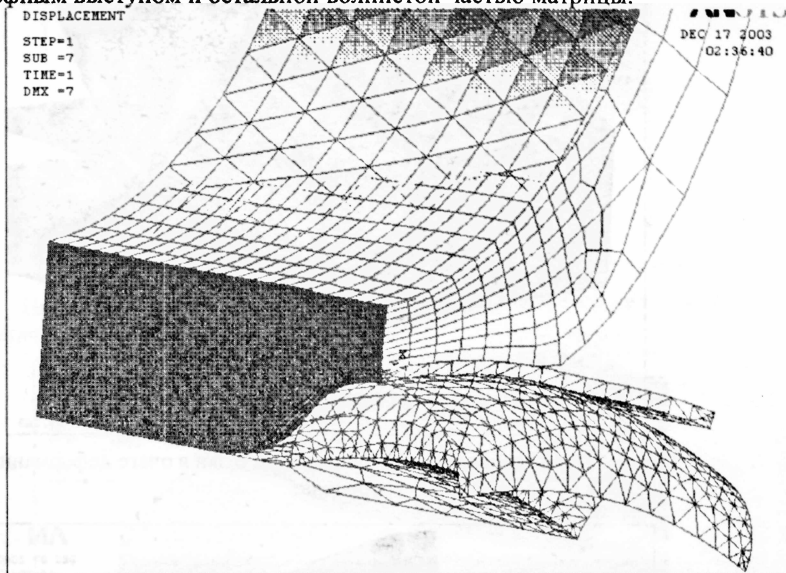


Рис 3. – Деформированная конечно-элементная модель №1 (гребень).

На рис. 4 представлена картина распределения полей напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ в эластичной оболочке и листе, из которой следует:

1. Напряжения, возникшие в эластичной оболочке максимальны (82 МПа) в центре рельефного выступа, и минимальны (8 МПа) в зоне волнистой части матрицы.
2. Эквивалентные напряжения в листе, достигали значений 92 МПа (на рельефном выступе), а в зоне перехода от рельефного выступа к гребню матрицы они убывали с 82 МПа до 12 МПа и были минимальны (10 МПа) в верхней точке гребня матрицы.

Аналогичные расчеты напряженно-деформированного состояния эластичной оболочки были проведены для модели №2 (впадина) представленные на рис. 5-7.

На рис. 6 представлена деформированная конечно-элементная модель №2 эластичной оболочки с листом соответствующая реальной картине деформирования по параметру затекания листового металла между рельефным выступом и остальной волнистой частью матрицы.

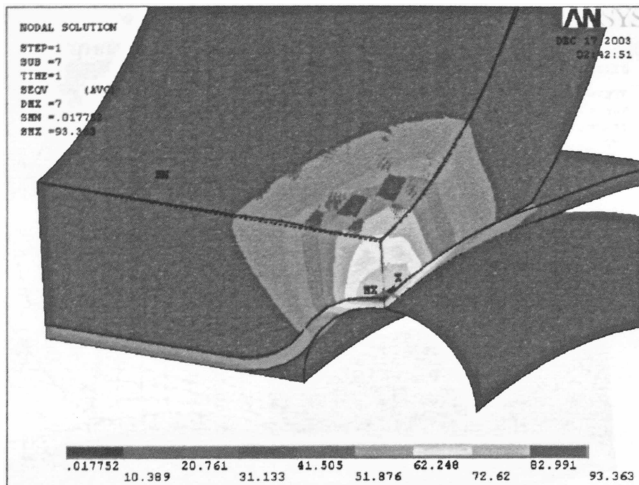


Рис. 4 – Поля эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ в очаге деформации оболочки.

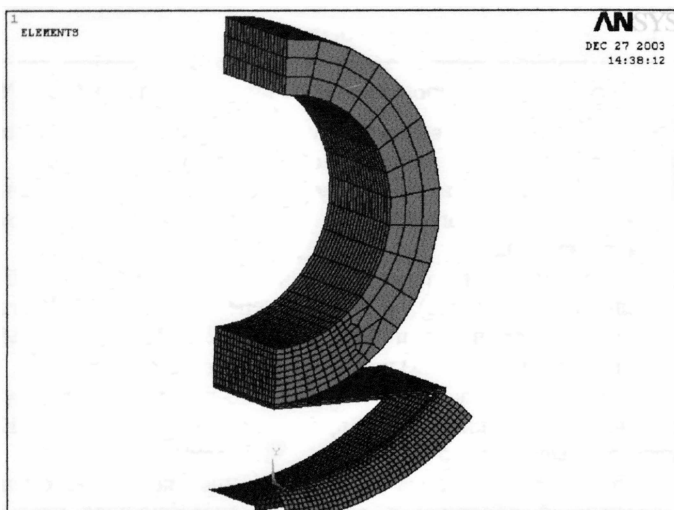


Рис. 5 Конечно-элементная модель №2 (впадина).



Рис. 6 Деформированная конечно-элементная модель №2 (впадина).

На рис. 7 представлена картина распределения полей напряжений $\sigma_{экв}$ в эластичной оболочке и листе.

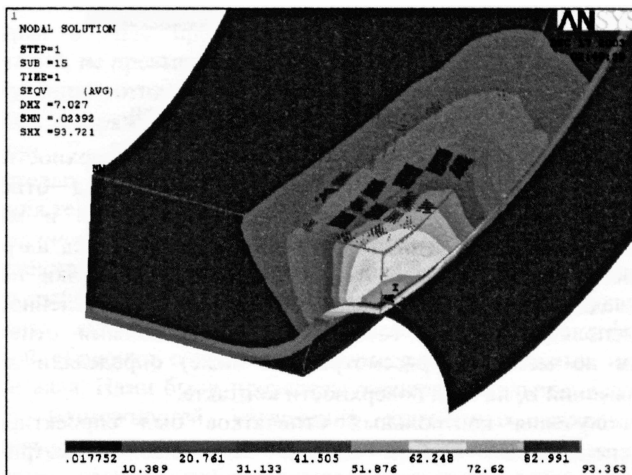


Рис. 7 Поля эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ в очаге деформации оболочки.

Полученное распределение полей напряжений в принципе аналогично распределению полей напряжений для модели №1. Отличия заключаются в больших значениях величин эквивалентных напряжений. Увеличение значений величин σ_y (на 5..7%) вызвано в данном случае менее свободной схемой деформирования эластичной оболочки т.к. во впадине матрицы оболочка находится в полужакрытом объеме.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований процесса локальной гибки-формовки тонколистового металла на стане локальной гибки-формовки, который представлен на рис 8.



Рис. 8 Стан локальной гибки - формовки.

Для определения напряжений σ_y на контактной поверхности между эластичной оболочкой и матрицей использовался метод отпечатков, заключающийся в том, что между эластичной оболочкой и матрицей укладывалась копировальная и белая бумага, и производилось нагружение эластичной оболочки. Под воздействием эластичной оболочки на белой бумаге получали отпечатки с различной цветовой насыщенностью и площадью, используя которые совместно с контрольными отпечатками (полученными по методике, рассмотренной ниже) определяли значения величин напряжений σ_y на всей поверхности контакта.

Для получения контрольных отпечатков был спроектирован и изготовлен специальный штамп. Штамп был снабжен матрицей со встроенными контактными штырьковыми мессдозами, измеряющими удельные силы на контактной поверхности между матрицей и эластичной оболочкой, и ходографом, регистрирующим перемещения. Таким образом, были получены контрольные отпечатки, которые соответствовали известным контактным напряжениям.

Величины интенсивности цветовой насыщенности A_s отпечатков определяли косвенным методом по величине излучения $\epsilon_{из}$, которую замеряли накладным фотометром ФМ-59. Затем были построены графики зависимости интенсивности цветовой насыщенности A_s от контактных напряжений σ_y , которые в дальнейшем использовали для определения

напряжений, возникающих в зоне пятна контакта эластичной оболочки с матрицей.

Для определения технологических возможностей стана были проведены экспериментальные исследования по определению энергосиловых параметров процессов локальной гибки-формовки. При этом определялись силы, действующие на вал, и напряжения σ_x , действующие на контактной поверхности между эластичной оболочкой и матрицей (именно они определяли технологические возможности стана).

Эластичную оболочку вала деформировали путем ее вертикального перемещения с последующей жесткой фиксацией непосредственно на рабочую матрицу, с уложенным на нее листом металла, предварительно подложив между оболочкой и металлическим листом лист белой бумаги и копировальную бумагу фирмы Pelikan. Таким образом были получены отпечатки, а также фрагменты изделия при деформировании эластичной оболочкой из полиуретана марки СКУ-7Л на гребне и во впадине матрицы. Различия между значениями величин контактных напряжений σ_x , полученных в ходе проведенных теоретических и экспериментальных исследований, не превышают 10%.

Полученные отпечатки показали, что максимальное значение величин контактных напряжений σ_x , на гребне основной плоскости матрицы, не превышали 7 МПа, что достаточно только для деформирования тонколистовых заготовок толщиной менее 0.8 мм из сплавов с величиной напряжения текучести меньше, чем у алюминиевых сплавов типа 1105. Такая малая величина достигнутых контактных напряжений объясняется несовершенством конструкции как привода вертикального перемещения так и самого рабочего инструмента. Несовершенство конструкции рабочего инструмента заключается в достаточно свободной схеме деформирования эластичной оболочки с преобладающими растягивающими напряжениями вдоль оси вала. Нами были проведены экспериментальные исследования по изучению возможностей увеличения контактных напряжений путем повышения условного модуля упругости E_y эластичной оболочки. Так как, полиуретаны имеют клубкообразную исходную форму макромолекул, которая при деформировании ориентируется в цепи, что приводит к существенной зависимости E_y эластомера от вида схемы напряженно-деформированного состояния и степени деформации оболочки. То нами была предложена новая конструкция рабочего вала с более жесткой схемой (напряженной) эластичной оболочки, которая создавалась путем дополнительных сжимающих напряжений за счет предварительного сжатия элементов эластичной оболочки в осевом направлении. Элементы этой оболочки разделялись между собой специальными металлическими шайбами.

Были проведены эксперименты с новым рабочим инструментом, в результате которых был получен фрагмент изделия из малоуглеродистой стали, представленный на рис. 9.

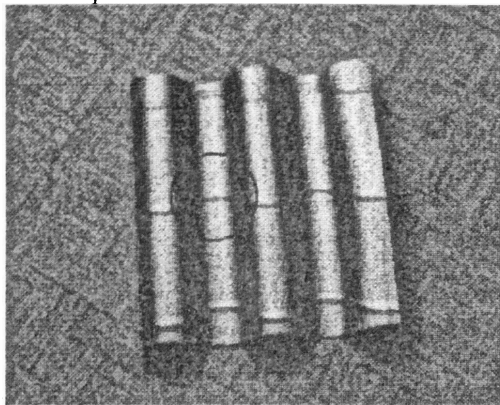


Рис. 9. Фрагмент полученного изделия из малоуглеродистой стали.

Выделенная на рис. 9 зона характеризуется достаточно качественной проработкой рельсфного выступа как на гребне, так и во впадине матрицы.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при увеличении сжимающих напряжений в элементах эластичной оболочки вала путем их предварительного деформирования сжатием в осевом направлении со степенью деформации $\epsilon_{ос}=0,15$, повышаются нормальные контактные напряжения на 30 % по сравнению с напряжениями, возникающими при работе с цельной предварительно несжатой оболочкой. Таким образом, нам удалось создать на поверхности контакта эластичного инструмента с листовой заготовкой напряжения, достаточные для получения качественных изделий из сплавов с увеличенным сопротивлением деформированию (стали типа 08K11 и т.п., толщиной до 0,5 мм), при условии применения новой модернизированной конструкции механизма вертикального перемещения рабочего вала стана локальной гибки-формовки.

В четвертой главе представлены:

1. Разработанные рекомендации по проектированию и расчету станов локальной гибки-формовки.
2. Последовательность технологических операций получения гофрированных покрытий из сплавов алюминия типа 1105 и мягких малоуглеродистых сталей с использованием метода локальной гибки-формовки.
3. Порядок расчета технологического процесса локальной гибки-формовки тонколистового металла на основе численного моделирования.

4. Новые схемы энергосберегающего оборудования, позволяющие устранить выявленные недостатки стана первоначальной конструкции, которые позволяют увеличить производительность стана и снизить его металлоемкость.
5. Новая конструкция эластичного инструмента с предварительно сжатыми эластичными элементами, позволяющая обрабатывать сплавы, с более высокими механическими свойствами стали типа 08КП и т.п.. за счет увеличения контактных напряжений.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработаны математические модели деформирования тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу гибки-формовки, учитывающие упругопластические свойства системы: эластичный рабочий инструмент - деформируемый металл – матрица.
2. Получены численные решения по разработанным конечно-элементным моделям деформирования тонколистового металла эластичным рабочим инструментом по методу гибки-формовки и определено напряженно-деформированное состояние системы: эластичный рабочий инструмент - деформируемый металл - матрица на всех стадиях процесса формоизменения.
3. Разработана методика экспериментального определения величин нормальных напряжений, действующих в зоне контакта эластичного рабочего инструмента и деформируемого металла, в основу которой положен метод отпечатков. Проведены экспериментальные исследования и определены величины нормальных напряжений, действующих в зоне контакта эластичного рабочего инструмента и деформируемого металла, подтверждающие достоверность полученных теоретических решений. Расхождение результатов численного моделирования с экспериментальными не превышает 10%.
4. Проведены экспериментальные исследования и определены: технологические возможности стана локальной гибки-формовки (допустимые толщины обрабатываемых металлов для различных марок сплавов), выявлены пути расширения границ технологической применимости и совершенствования данного типа оборудования.
5. Проведены экспериментальные исследования с использованием предварительно напряженной эластичной оболочки рабочего вала и разработана новая конструкция рабочего эластичного инструмента (заявка на патент № 2003110225 от 10.04.03 г.), которая состоит из набора эластичных элементов с регулируемой жесткостью. Разработанная конструкция позволяет увеличить контактные напряжения на 20%, что дает возможность обрабатывать более прочные и дешевые материалы такие как сталь 08КП и т.п.

6. Разработаны новые энерго и ресурсосберегающие конструкции станов для получения изделий из тонколистового металла, обладающие следующими достоинствами по сравнению с существующей конструкцией: высокой производительностью (увеличение на 30%), меньшей металлоемкостью (снижение на 10%), малой энергоемкостью (мощность привода 7..9кВт), меньшими габаритными размерами (снижение на 35%). На разработанные схемы оборудования получено три патента РФ №2197352, №2197353, №2197354.
7. Разработана последовательность технологических операций получения гофрированных покрытий из сплавов алюминия и малоуглеродистых сталей с использованием метода локальной гибки-формовки, позволяющая изготавливать детали заданных геометрических размеров.
8. Разработаны рекомендации по расчету станов локальной гибки-формовки, позволяющие выдавать исходные данные для проектирования нового типа перспективного оборудования – станов локальной гибки-формовки внедренные в опытном производстве ЦАГИ им. Н.Е.Жуковского.

Список опубликованных работ, по теме диссертации, в которых наиболее полно отражены результаты работы:

1. Ресурсосберегающие технологии и оборудование для локальной обработки листового металла эластичным рабочим инструментом //И.Е.Семенов, С.Н.Рыженко, Н.А.Никифоров и др. //Научные технологии. - 2001. - №1. - С.44-51.
2. Семенов И.Е., Сербин А.Г., Чеканова О.Р. Новое ресурсосберегающее оборудование и его возможности для локальной обработки листового металла по методу гибки-формовки эластичным рабочим инструментом //Механика деформируемого тела и обработка металлов давлением. -Тула. -2002. Ч.1.– С.122-127.
3. Семенов И.Е., Сербин А.Г., Чеканова О.Р. Теоретическое определение технологических возможностей процесса локальной обработки листового металла по методу гибки-формовки эластичным рабочим инструментом //Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. -Магнитогорск. -2002. – С.134-139.
4. Семенов И.Е., Сербин А.Г., Чеканова О.Р. Станы для обработки тонколистового металла эластичным рабочим инструментом //Заготовительные производства в машиностроении. -2003. -№8. – С.37-39.
5. Семенов И.Е., Сербин А.Г., Чеканова О.Р. Станы для обработки тонколистового металла эластичным рабочим инструментом //Заготовительные производства в машиностроении. -2004. -№3. – С.35-38.
6. Пат. 2197352. РФ, МКИ 7 В 21D 22/10. Стан локальной гибки-формовки для изготовления изделий с выпукло-вогнутым рельефной поверхностью из листового металла //И.Е.Семенов, С.Н.Рыженко, Н.А.Никифоров и др. (РФ). -№2001110338; Заявл.18.04.2001. // Б.И. -2003. -№42.

1668355		
Сербин А.Г.		
Разработка новых ресурсо и энергосберегающих технологий и оборудования обработки листового метал...		
2004		0-00

1668355

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока
