

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ»

ИНСТИТУТ Вечерний

КАФЕДРА Технологии и оборудования трубного производства

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 1106

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ЛЕНТЫ ИЗ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА X20H80-N (НИХРОМ)

Студент гр. МО-02-1в

Богоманишин И.Г.

Руководитель работы

Балакин В.П.

Консультанты по:

экономике и управлению производством

Протасов В.Ф.

безопасности жизнедеятельности

Чибисова Т.И.

охране окружающей среды

Балакин В.П.

стандартизации и метрологии

Лисунец Н.Л.

Нормоконтроль проведен

Рецензент

Работа рассмотрена кафедрой и допущена к защите в ГАК

Заведующий кафедрой

Романцев Б. А.

Директор института

Козерадский С. А.

Москва июнь 2008

Институт Вечерний

«УТВЕРЖДАЮ»

Кафедра Технологии и оборудования трубного производства

Зав. кафедрой

Б.А.Романцев

« ____ » _____ 200

ДИПЛОМНОЕ ЗАДАНИЕ

Студенту группы МО-02-1в Богоманшину Игорю Гамляметовичу

(Ф.И.О. полностью)

1. Тема дипломной работы Исследование анизотропии механических свойств ленты из никелевого сплава X20H80-N

2. Цели дипломной работы Исследовать прочностные и пластические свойства ленты нагревателя из сплава X20H80-N, для определения оптимальных параметров рельефной формовки элементов нагревателя

3. Исходные данные Для повышения эффективности струйного нагрева электротермического оборудования на ленте нагревателя выполняется рельеф, глубина (высота) которого определяется прочностными и пластическими свойствами ленты 0,7х60 мм.
Лента из сплава X20H80-N 0,7х60 мм, двух партий

4. Основная литература, в том числе:

4.1. Монографии, учебники и т.п. Яковлев С.П., Кухарь В.Д. Штамповка анизотропных заготовок. Гречников Ф.В. Деформирование анизотропных материалов.

4.2. Отчеты по НИР, диссертации, дипломные работы и т.п. Гречников Ф.В. Основы интенсификации процессов листовой штамповки путем формирования в заготовках рациональной анизотропии свойств. Автореферат диссертации на соискание ученой степени дтн

4.3. Периодическая литература Журналы Кузнечно-штамповочное производство. Заготовительные производства в машиностроении, 1969-2008 гг

4.4. Справочники и методическая литература (в том числе литература по методам обработки экспериментальных данных) Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. 1979.

5. Перечень основных этапов исследования и форма промежуточной отчетности по каждому этапу

1. Исследование состояния вопроса – обзор литературных источников

2. Разработка программы и методики исследования – план и методика исследования

3. Проектирование и изготовление оснастки и образцов – чертежи, оснастка, образцы

4. Проведение испытаний на растяжение – диаграммы, фотографии

5. Разработка рекомендаций по использованию результатов испытаний в конструкции и технологии получения нагревателей

6. Аппаратура и методики, которые должны быть использованы в работе Фрезерный станок с ЧПУ, испытательная машина, фото-, кинокамера, измерительный инструмент (микрометры, штангенциркули);
Методика определения прочностных и пластических свойств при растяжении, методика обработки данных эксперимента

7. Использование ЭВМ Разработка управляющей программы для станка с ЧПУ – программа CNC-Keller; конструирование оснастки – программа Компас3D; проведение испытаний на испытательной машине с числовым, контроллерным управлением, обработка результатов эксперимента – Excell, Paint

8. Перечень подлежащих разработке вопросов по экономике НИР Анализ затрат на проведение исследования анизотропии механических свойств ленты из сплава X20H80-N, разработать калькуляцию себестоимости проведенного исследования, определить эффективность применения полученных результатов в народном хозяйстве

Согласовано:

**Консультант по экономике
и управлению производством**

9. Перечень подлежащих разработке вопросов по безопасности жизнедеятельности Анализ вредностей и опасностей при выполнении НИР

Согласовано:

Консультант по безопасности жизнедеятельности

10. Перечень подлежащих разработке вопросов по охране окружающей природной среды Анализ и разработка мероприятий по утилизации отходов, образующихся при проведении НИР

Согласовано:

Консультант по охране окружающей среды

11. Перечень (примерный) основных вопросов, которые должны быть рассмотрены и проанализированы в литературном обзоре 1. Механические свойства, природа анизотропии прочностных и пластических свойств, способы формирования и использования анизотропии
2. Методы определения прочностных и пластических свойств, параметры анизотропии
3. Анализ процессов и операций в листовой штамповке с преобладанием растягивающих деформаций
4. Параметры рельефной формовки и их зависимость от пластических и прочностных свойств

12. Перечень (примерный) графического и иллюстрированного материала Графики, таблицы, рисунки (схемы), фотографии по методике и результатам исследований (10 – 15 плакатов)

13. Руководитель работы Доцент, ктн. Балакин В. П.

(Должность, звание, ф.и.о.)

(подпись)

14. Консультанты по работе (с указанием относящихся к ним разделов)

Дата выдачи задания 10.02.08

Задание принял к исполнению студент

Богоманин И.Г.

(подпись)

ОТЗЫВ

На дипломную работу студента группы МО-02-1В Богоманшина Игоря Гамляметовича, выполненную на тему « Исследования анизотропии механических свойств ленты из никелевого сплава Х 20 480-Н(нихром).

В листовой штамповке существует много операций(раздача, гибка, отбортовка, обтяжка, формовка), в которых деформационные характеристики зависят от допустимой степени деформации на растяжение. В технической литературе, в основном, существуют данные о полной деформации, которая , как известно, включает равномерную и локальную стадии деформации. Величина равномерной деформации, как правило, не известна. Тем более, нет данных о величине коэффициента анизотропии в разных направлениях.

Поэтому тему дипломной работы Богоманшина И.Г., выполненную применительно к рельефной формовке ленты из никелевого сплава Х20Н80-Н (нихром), следует считать актуальной и практически значимой.

В дипломной работе проведен достаточно глубокий анализ исследований, посвященных анизотропии механических свойств и ее влиянию на технологические возможности, операции листовой штамповки.

Автором разработана методика определения механических свойств ленты на образцах, вырезанных в трех основных направлениях. Спроектирована оснастка и инструмент для изготовления образцов на фрезерном станке с ЧПУ, с разработкой соответствующей программы.

Выполненные испытания на растяжение образцов, отработка и анализ результатов позволил определить прочностные (σ_m , σ_v) и пластические свойства (δ_n , δ_p), коэффициент анизотропии (R), коэффициент деформационного упрочнения (n) в зависимости от направления вырезки образцов (0, 90, 45) по отношению к направлению прокатки.

Полученные результаты позволили дать рекомендации по совершенствованию рельефной формовки, повышению геометрических характеристик «ленты нагревателя» и повышению технико-экономических показателей работы печи.

При работе над дипломом Богоманшин И.Г. показал себя вдумчивым и исполнительным исследователем, способным самостоятельно ставить и решать методические конструкторские и технологические задачи, способным проводить исследования, обрабатывать и анализировать результаты.

Дипломная работа Богоманшина Игоря Гамляметовича заслуживает оценки «отлично», а ее автор присвоения квалификации инженер-металлург по специальности «обработка металлов давлением».

Руководитель работы

Доцент, к.т. н. Балакин В.П.

9.06.08.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу студента группы МО-02-1в Богоманшина И.Г.,
**«ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕНТЫ И
НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА Х20Н80-Н (НИХРОМ)».**

Одной из актуальных проблем, возникающих при штамповке изделий из листа трудно деформируемых сплавов, в частности, нихрома, это возникающая при прокате анизотропия свойств. Поэтому создание методики определения физико-механических характеристик и параметров анизотропии и их влияния на штампуемость детали определенной формы из листового материала становится все более важной задачей в условиях современного производства, ориентированного на максимальную эффективность при максимальной гибкости при минимальных затратах времени на всех этапах производства изделий.

Решение этой проблемы позволит повысить технологические характеристики нихромовой ленты. Что позволит увеличить глубину рельефной формовки. Это даст возможность повысить рабочую поверхность нагревательных элементов и КПД работы печи.

В дипломной работе приводятся аналитический обзор литературы по соответствующей тематике, рассматриваются различные схемы технологического процесса производства нагревателей, анализ причин возникновения анизотропии свойств и способы её использования.

Основываясь на большом экспериментальном материале, получены результаты, позволяющие увеличить высоту рельефной формовки, что приведет к увеличению площади нагревателя, повысит турбулентность потока воздуха и увеличит интенсивность теплообмена на поверхности нагревателя, что позволит уменьшить силу тока и ускорить прохождение слэбов через зону нагрева.

Материалы, приведенные в таких разделах работы, как экономика и организация исследования, охрана труда и безопасность жизнедеятельности, электрооборудование, соответствуют предъявляемым требованиям.

Считаю, что представленная на рецензию работа отвечает всем требованиям и заслуживает “отличной” оценки, а её автор Богоманшин И.Г. присвоения квалификации “Инженер-металлург” по специальности 150106 “Обработка металлов давлением”.

Рецензент

Зав. НИЛ ДСПМ к.т.н.

В.И.Полькин

Формат	Обозначение	Наименование			Кол. лист	Примечание
A4	170Д.08.27.12.ПЗ	Пояснительная записка			91	
A4	170Д.08.27.12.01ПЛ	Тема дипломной работы			1	
A4	170Д.08.27.12.02ПЛ	Цели и задачи дипломной работы			1	
A4	170Д.08.27.12.03ПЛ	Операции листовой штамповки с преобладанием растягивающих напряжений			1	
A4	170Д.08.27.12.04ПЛ	Оценка анизотропии листовых материалов			1	
A4	170Д.08.27.12.05ПЛ	Нагреватель: материал, конструкция, элементы			1	
A4	170Д.08.27.12.06ПЛ	Технологические испытания			1	
A4	170Д.08.27.12.07ПЛ	Изготовление образцов.			1	
A4	170Д.08.27.12.08ПЛ	Испытание образцов. Образцы после испытаний			1	
A4	170Д.08.27.12.09ПЛ	Обработка машинной диаграммы			1	
A4	170Д.08.27.12.10ПЛ	Предел текучести. Временное сопротивление			1	
A4	170Д.08.27.12.11ПЛ	Штамповка под углом 90 и 45° к направлению проката			1	
A4	170Д.08.27.12.12ПЛ	Выводы по результатам испытаний			1	
A4	170Д.08.27.12.13ПЛ	Рекомендации по изменению конструкции нагревателя			1	
A4	170Д.08.27.12.14ПЛ	Применение результатов исследования в рельефной формовке			1	
A4	170Д.08.27.12.15ПЛ	Калькуляция себестоимости НИР			1	

АННОТАЦИЯ

В работе проведен анализ операций листовой штамповки, в которых основным являются растягивающие напряжения. Описаны параметры и методы определения анизотропии.

Описана методика определения механических свойств, применяемая при выполнении дипломной работы: форм и размеры образца, описания технологии механической обработки на фрезерном станке HAAS TM -1, описание испытательной машины Hounsfield H100 KS и порядок работы при проведении испытаний.

Приведены результаты испытаний тридцати образцов, вырезанных из ленты 60x0,7(сплав X20 H80-H) под разными углами к направлению проката.

Даны рекомендации по изменению конструкции детали «Лента нагревателя».

Работа состоит из пояснительной записки на 91 листах, включающих 9 таблиц, 33 рисунка, 8 приложений, библиографический список из 30 наименований.

Содержание	стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Анизотропия листовых металлов	8
1.1 Механические свойства, природа анизотропии прочностных и пластических свойств, способы формирования и использования анизотропии	8
1.2 Методы определения прочностных и пластических свойств, параметры анизотропии	14
1.3 Анализ процессов и операций в листовой штамповке с преобладанием растягивающих деформаций	18
1.4 Параметры рельефной формовки и их зависимость от пластических и прочностных свойств	30
1.5 Процесс рельефной формовки «ленты нагревателя»	32
Цели и задачи исследования	36
2 Методика исследования	37
2.1 Характеристика исследуемого материала	37
2.2 Методика механических испытаний	38
2.3 Технология изготовления образцов на фрезерном станке с ЧПУ TM-1 (HAAS)	42
2.4 Описание испытательной машины H100KS	45
2.5 Настройка испытательной машины и порядок проведения испытаний	49
3 Результаты испытаний	50
3.1 Статистическая обработка результатов	50
3.2 Анализ результатов механических испытаний	53
4 Этапы выполнения дипломной НИР	56
4.1 Перечень работ	56
4.2 Методика организации последовательности работ	58
5 Расчет сметы затрат	61
5.1 Калькуляционные статьи расходов	61
5.2 Составление плановых и отчетных калькуляций. Экономический эффект	66
6 Техника безопасности при подготовке образцов и проведении испытаний.	
Мероприятия по охране окружающей среды при проведении работ	69
Выводы и рекомендации по результатам научно-исследовательской работы	77
Библиографический список	79
Приложение А Требования к сочетанию показателей анизотропии	82

Приложение Б Создание программы фрезерной обработки. Черновой и получистовые проходы	83
Приложение В Создание программы фрезерной обработки. Чистовой проход. Имитация обработки	84
Приложение Г Программа изготовления образцов (для станка ТМ-1)	85
Приложение Д Рекомендуемые режимы резанья для фрезы R216.34-12052-BC26P 1630 при обработке нихрома	87
Приложение Е Типовая машинная диаграмма испытаний на машине H100KS. Нержавеющая сталь.	88
Приложение Ж Типовая машинная диаграмма испытаний. Нихром	89
Приложение И Таблица результатов измерений геометрических размеров образцов до и после испытаний. Определение пластических характеристик и коэффициента анизотропии	90

ВВЕДЕНИЕ

При штамповке изделий из листа необходимо предварительно провести комплекс конструкторско-технологических работ, при этом используются данные из справочной литературы, которые получены по стандартным методикам и не всегда достаточно достоверно отражают схемы деформирования для конкретных деталей. Из-за этого приходится либо завышать технологические параметры оборудования и размеры заготовок, либо проводить производственные эксперименты для уточнения силовых параметров и предельной деформации по переходам и суммарной. Штампруемостью называют способность листового полуфабриката к пластическому формообразованию, определяется совокупностью механических свойств и физического состояния металла.

Поэтому создание и отработка методики определения физико-механических характеристик и параметров анизотропии и их влияния на штампуемость детали определённой формы из листа определённого материала становится все более важной задачей в условиях современного производства, ориентированного на максимальную эффективность при максимальной гибкости при минимальных затратах времени на всех этапах жизненного цикла изделия.

1 Анизотропия листовых металлов

1.1 Механические свойства, природа анизотропии прочностных и пластических свойств, способы формирования и использования анизотропии

Холодная листовая штамповка является одним из наиболее прогрессивных технологических методов производства; при этом она имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки металлов как в техническом, так и в экономическом отношении.

В техническом отношении холодная штамповка позволяет:

- 1) получать детали весьма сложных форм, изготовление которых другими методами обработки или невозможно или затруднительно;
- 2) создавать прочные и жесткие, но легкие по массе конструкции деталей при небольшом расходе материала;
- 3) получать взаимозаменяемые детали с достаточно высокой точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки.

В экономическом отношении холодная штамповка обладает следующими преимуществами:

- 1) экономным использованием материала и сравнительно небольшими отходами;
- 2) весьма высокой производительностью оборудования, с применением механизации и автоматизации производственных процессов;
- 3) массовым выпуском и низкой стоимостью изготавливаемых изделий.

Наибольший эффект от применения холодной штамповки может быть обеспечен при комплексном решении технических вопросов на всех стадиях подготовки производства, начиная с создания технологичных конструкций или форм деталей,

допускающих экономичное изготовление их. При штамповке изделий из листа необходимо предварительно провести комплекс конструкторско-технологических работ, при этом используются данные из справочной литературы, которые получены по стандартным методикам и не всегда достаточно достоверно отражают схемы деформирования для конкретных деталей. Из-за этого приходится либо завышать технологические параметры оборудования и размеры заготовок, либо проводить производственные эксперименты для уточнения силовых параметров и предельной деформации по переходам и суммарной.

Поэтому создание методики определения физико-механических характеристик и параметров анизотропии и их влияния на штампуемость детали определённой формы из листа определённого материала становится все более важной задачей в условиях современного производства, ориентированного на максимальную эффективность при максимальной гибкости при минимальных затратах времени на всех этапах жизненного цикла изделия.

Понятие штампуемости – интегральное, разные авторы по-разному его раскрывают и определяют. Мы под штампуемостью будем подразумевать способность металла выдерживать без разрушения пластическую деформацию при холодной штамповке до заданной конфигурации изделия без разрушений (без разрывов, трещин или другого вида дефектов). Штампуемость металла зависит от физико-механических свойств металла, включая химический состав и структуру, от схемы и интенсивности напряженно-деформированного состояния и технологических условий вытяжки. Как указано в [1], хорошей оценкой способности листового металла к пластическому формоизменению является сочетание трех показателей:

- 1) равномерного относительного удлинения, δ_p ;
- 2) истинного предела прочности (критического напряжения), численно равного модулю упрочнения ($\sigma_{в.ист}$);

3) коэффициентов анизотропии R , отражающих различие; пластических свойств в плоскости листа и по его толщине. Чем больше коэффициенты анизотропии превышают единицу, тем больше способность металла к деформации в плоскости листа.

Относительное предельное равномерное удлинение (δ_p , %) – это наибольшее удлинение [24], до которого образец деформируется равномерно по всей его расчетной длине, или, другими словами, это отношение абсолютного приращения расчетной длины образца Δl_p до нагрузки P_{max} к его первоначальной длине (1.1):

$$\delta_p = \frac{\Delta l_p}{l_0} 100 = \frac{l_p - l_0}{l_0} 100 \quad (1.1)$$

Аналогично предельному равномерному удлинению существует относительное предельное равномерное сужение (ψ , %), (1.2):

$$\psi_p = \frac{\Delta F_p}{F_0} 100 = \frac{F_0 - F_p}{F_0} 100 \quad (1.2)$$

где F_p – площадь поперечного сечения образца, соответствующего P_{max} .

Из условия постоянства объёма образца при растяжении можно получить

$$\psi_p = \frac{\delta_p}{1 + \delta_p} \quad (1.3)$$

При разрушении образца на две части определяют конечные показатели пластичности: относительное удлинение образца после разрыва – это отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к её первоначальной длине. Относительное удлинение после разрыва зависит от соотношения начальной расчетной длины и начальной площади, то есть от кратности образцов. Чем меньше отношение $l_0/\sqrt{F_0}$, тем больше удлинение.

Истинное сопротивление разрыву (S_k , МПа) – это напряжение, определяемое отношением нагрузки P_k , в момент разрыва к площади поперечного сечения образца в месте разрыва.

Анизотропными называют материалы, свойства которых в различных направлениях различны. Установившаяся технология производства таких полуфабрикатов как листы, профили и трубы обуславливает наличие в них значительной анизотропии физических и механических свойств, которая затем существенно влияет на параметры дальнейшей пластической деформации, качество и эксплуатационную надежность изделий.

Конструкторские, технологические и проектировочные расчеты изделий и процессов их обработки, а также изготовление технологического инструмента проводятся зачастую без учета фактора анизотропии. Это связано с тем, что до сих пор не существует методически единой системы расчета технологических параметров формообразования с учетом анизотропии и недостаточно систематизированы данные по показателям анизотропии различных металлов и сплавов.

В работе [18] указано, что проблема анизотропии металлургических полуфабрикатов охватывает как листопрокатное, так и листоштамповочное производство и поставлены первоочередные задачи:

1. Разработка теоретических положений, позволяющих учитывать анизотропию в технологических расчетах.
2. Установление влияния анизотропии на различные параметры пластического формоизменения листов.
3. Выявления наиболее благоприятного характера анизотропии для конкретных процессов формообразования листовых заготовок.

4. Разработки технологии, обеспечивающей производство полуфабрикатов с заданным сочетанием характеристик анизотропии с другими физико-механическими свойствами.

Основы теории пластичности анизотропных сред были заложены Мизесом и Р. Хиллом, в дальнейшем развитие и усовершенствование этой теории осуществляли С.П.Яковлев, В.Д.Головлев, Г.С.Казакевич, Ю.М.Арышенский, Ф.В.Гречников и другие. Р.Хилл исследовал фестонообразование при вытяжке, В.Д.Головлев получил соотношения теории, записанные относительно произвольных осей координат, и проанализировал на её основе устойчивость листовой заготовки, находящейся под действием различных схем напряжений. С.П.Яковлев значительно расширил класс решаемых задач, в работе [7] подробно рассмотрены глубокая вытяжка цилиндрических и квадратных деталей без утонения, вытяжка с утонением, обратное выдавливание трубы, волочение полосы, обжим и раздача труб.

Ф.В.Гречников в работе [19] подчеркнул, что с практической точки зрения анизотропия может быть как полезной, так и вредной – классический пример: фестообразование при глубокой вытяжке; полезное же влияние текстуры и связанной с ней анизотропии может проявляться в улучшении технологической пластичности металла, уменьшению сопротивления деформации. При этом в зависимости от текстуры распределение деформаций по возможным направлениям, упрочнение и пластичность, контактные напряжения с рабочими инструментами для одного и того же материала могут существенно различаться. «В некоторых случаях эти различия настолько существенны, что с технологической точки зрения материалы с одним химическим составом, но с различной текстурой не могут быть сопоставлены между собой. Для каждого из них требуется индивидуальная технология обработки, учитывающая их анизотропию»[19, стр.48].

Деформационная анизотропия обусловлена текстурой и зависит от степени совершенства текстуры, то есть степени её приближения к монокристаллу (в котором

анизотропия проявляется наиболее сильно). В текстуре проката степень совершенства достигает в пределе остаточной разориентировки 5-10°. Эта текстура имеет совокупность элементов симметрии, присущую параллелепипеду: три оси симметрии второго порядка, одна из которых совпадает с направлением проката, а две другие – с перпендикулярными ему направлениями; три плоскости симметрии, одна из которых совпадает с направлением проката, а другие – перпендикулярны ей.

Ортогонально-анизотропное (*ортотропное*) тело – тело, через каждую точку которого можно провести три взаимно перпендикулярные плоскости симметрии физико-механических свойств – *плоскостная анизотропия*.

Трансверсально-изотропное (*транстропное*) тело – тело, через каждую точку которого проходит плоскость, в которой свойства эквивалентны во всех направлениях – *нормальная анизотропия*.

На степень анизотропии материала влияют режимы его прокатки и термической обработки. В работе [7] приведены результаты исследования некоторых металлических материалов по влиянию степени деформации при холодной прокатке листа на показатели анизотропии. Так, показано, что вид зависимости коэффициента анизотропии от угла вырезки образца не зависит от степени обжата. Коэффициент анизотропии стали 11ЮА и алюминия АД0 в любом направлении листа с увеличением степени обжата уменьшается, а для низкоуглеродистой и полукипящей стали увеличивается; для латуни Л63 и сплава Д16 такой закономерности не наблюдается. Термическая обработка приводит к уменьшению различия показателей механических свойств, но полностью их не устраняет. Так, низкотемпературный отжиг приводит к резкому (почти в два раза) уменьшению среднего значения временного сопротивления разрыву и увеличению (примерно в 10 раз) среднего значения полного удлинения.

1.2 Методы определения прочностных и пластических свойств, параметры анизотропии

Анизотропию, или различие свойств в разных направлениях, принято характеризовать коэффициентом анизотропии, представляющий собой (по Ланкфорду) отношение логарифмических деформаций по ширине и толщине плоского образца при растяжении

$$R = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{S}{S_0}} = \ln \frac{b}{b_0} : \ln \frac{l_0 b_0}{lb} \quad (1.4)$$

где b_0 , l_0 , S_0 , b , l , S – ширина, длина и толщина образца из листового материала до и после деформации соответственно.

Для определения показателя анизотропии листового материала из него вырезают три образца: вдоль направлений прокатки, поперек и под углом 45° , испытывают их на растяжение и определяют значения R_0 , R_{45} и R_{90} , по которым строят фигуру (диаграмму) анизотропии данного металла. Для алюминия, большинства его сплавов и молибдена диаграмма анизотропии имеет максимумы под углом 45° к направлению проката.

При вытяжке (свертке) стальных колпачков без прижима в направлении R_0 и R_{90} возникают фестоны по краям детали. При вытяжке алюминиевых колпачков фестоны возникают в направлении R_{45} . Обычно образуются четыре фестона и четыре впадины, также в практике известны случаи образования двух, четырёх, шести, восьми и двенадцати фестонов.

Фестоны являются результатом неравномерности деформации по окружности колпачка вследствие анизотропии исходной заготовки. При вытяжке более крупных деталей с прижимом и фланцем величина фестонов незначительна.

Для оценки плоской анизотропии обычно применяют среднее значение коэффициента анизотропии, определяемое по одному из следующих выражений:

$$R_{cp} = 0,25(R_0 + R_{90} + 2R_{45}) \quad (1.5)$$

$$R_{cp} = \frac{1}{3}(R_0 + R_{90} + R_{45}) \quad (1.6)$$

$$R_{cp} = \frac{1}{5}(R_0 + R_{22.5} + R_{45} + R_{67.5} + R_{90}) \quad (1.7)$$

где R_α – коэффициенты анизотропии для образцов, вырезанных под углом α к направлению прокатки.

Степень плоскостной анизотропии оценивают величиной

$$\lambda_R = |R_{max} - R_{min}| / R_{cp} \quad (1.8)$$

Коэффициент Пуассона для пластической области

$$\mu = d\varepsilon_b / d\varepsilon_l \quad (1.9)$$

Ф.В.Гречников в работе [19] подчеркнул, что механика сплошных сред развивается в направлении отыскания общих закономерностей процессов и поэтому коэффициенты, применяемые в теории упругости и пластичности, должны иметь одинаковую структуру. Например - коэффициент Пуассона в упругой области ν_{ij} и коэффициент поперечной деформации в пластической области $\mu_{ij} = -(de_i/de_j)$, здесь индекс i соответствует направлению поперечной деформации при линейном растяжении образца вдоль направления j ; e – натуральная деформация; $i, j = 1, 2, 3$ ($i \neq j$): 1 – направление вдоль проката, 2 – перпендикулярно направлению проката, 3 – по толщине листа. Коэффициент поперечной деформации связан с коэффициентом анизотропии соотношениями:

$$R_0 = \frac{\mu_{21}}{1 - \mu_{21}}; \quad \mu_{21} = \frac{R_0}{1 + R_0}; \quad R_{90} = \frac{\mu_{12}}{1 - \mu_{12}} \quad (1.10)$$

На основании проведенных исследований в работе [19] даются рекомендации по использованию коэффициента поперечной деформации при разработке технологических процессов листовой штамповки (см. Приложение 1).

С. П. Яковлев в работе [7] выделил, что наиболее важными характеристиками анизотропии листового металла в условиях плоского напряженного состояния являются предел текучести $\sigma_{m\alpha}$ и коэффициент анизотропии r_α , в различных направлениях в плоскости листа относительно направления прокатки. Предел текучести и коэффициент анизотропии можно найти по формулам Хилла:

$$\sigma_{m\alpha} = \frac{\sigma_{90}^2 (1 + \frac{H}{F})}{\sin^2 \alpha + \frac{G}{F} \cos^2 \alpha + \frac{H}{F} + \left(2 \frac{N}{F} - 1 - \frac{G}{F} - 4 \frac{H}{F} \right) \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha} \quad (1.11)$$

$$r_\alpha = \frac{\left[\frac{H}{F} + \left(2 \frac{N}{F} - 1 - \frac{G}{F} - 4 \frac{H}{F} \right) \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha \right]}{\sin^2 \alpha + \frac{G}{F} \cos^2 \alpha} \quad (1.12)$$

здесь α – угол между направлением прокатки и направлением растяжения образца, H, N, F, G – параметры, характеризующие текущее состояние анизотропии.

Из выражений (1.11) и (1.12) следует, что определение σ_α и r_α в различных направлениях в плоскости листа относительно направления прокатки сводится к определению отношений параметров анизотропии и предела текучести σ_{90} образца, вырезанного из листа в направлении, перпендикулярном направлению прокатки.

Как правило, анизотропию в плоскости листа оценивают средним коэффициентом анизотропии r_{cp} . Наиболее точно этот коэффициент можно найти, используя соотношение (1.12):

$$r_{cp} = (2 / \pi) \int_0^{\pi} r_{\alpha} d\alpha \quad (1.13)$$

После интегрирования

$$r_{cp} = \frac{\frac{H}{F\sqrt{\frac{G}{F}}} + \left(2\frac{N}{F} - 1 - \frac{G}{F} - 4\frac{H}{F}\right)}{2\left(\sqrt{\frac{G}{F}} + 1\right)^2} \quad (1.14)$$

Отношения G/F , H/F и N/F можно определить по напряжениям с помощью зависимостей (1.11) и по деформациям с помощью зависимостей (1.12). Полагая в выражении (1.12) α равным 0, 45 и 90°, получим:

$$r_0 = H/F; \quad r_{90} = H/F; \quad r_{45} = -0,5 + (N/F)/(1 + G/F) \quad (1.15)$$

Из (1.15) находим

$$H/F = r_{90}; \quad G/F = r_0; \quad N/F = (r_{45} + 0,5)(1 + r_{90}/r_0) \quad (1.16)$$

Определив r_0 , r_{45} и r_{90} и вычислив параметр анизотропии по формуле

$$F = 1/(\sigma_{90}^2(1 + r_{90})) \quad (1.17)$$

можно вычислить все остальные параметры анизотропии. Для определения параметров анизотропии необходимо испытать три вида образцов, вырезанных под углами 0, 45 и 90° к направлению прокатки (Рисунок 1).

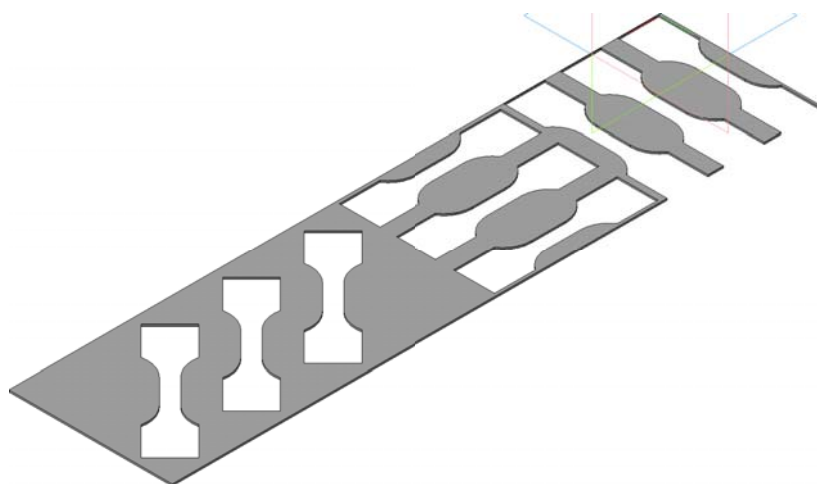


Рисунок 1 – Схема вырезки образцов из ленты

Параметры анизотропии определяют в следующем порядке:

определяют деформацию образца по ширине ε_b , по длине ε_l и толщине ε_h (после растяжения);

вычисляют коэффициенты анизотропии по выражению $r = \varepsilon_b / \varepsilon_h$;

определяют отношения параметров анизотропии по выражениям (1.16) и значения этих параметров по формулам (1.16) и (1.17).

1.3 Анализ процессов и операций в листовой штамповке с преобладанием растягивающих деформаций

Холодная листовая штамповка объединяет большое количество разнообразных операций, которые могут быть систематизированы по технологическим признакам [1]. По характеру деформаций холодная штамповка расчленяется: на две основные группы: деформации с разделением материала и пластические деформации.

Первая группа объединяет деформации, которые приводят к местному разъединению материала путем среза и отделения одной его части от другой. Группа

пластических деформаций холодной листовой штамповки включает операции по изменению формы гнутых и полых листовых деталей.

Имеется четыре основных вида деформаций холодной листовой штамповки:

- 1) резка — отделение одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру;
- 2) гибка — превращение плоской заготовки в изогнутую деталь;
- 3) вытяжка — превращение плоской заготовки в полую деталь любой формы или дальнейшее изменение ее размеров;
- 4) формовка — изменение формы детали или заготовки путем местных деформаций различного характера.

Каждый из основных видов деформаций холодной штамповки подразделяется на ряд отдельных конкретных операций, характеризующихся особенностью и назначением работы, а также типом штампа.

В данной работе мы рассматриваем влияние анизотропии только на один из типов формоизменяющих операций – рельефную формовку. При этом влияние анизотропии необходимо учитывать при разработке технологии всех операций листовой штамповки.

Гибка листового материала осуществляется в результате упругопластической деформации, протекающей различно с каждой из сторон изгибаемой заготовки. Слои металла внутри угла изгиба (со стороны пуансона) сжимаются и укорачиваются в продольном и растягиваются в поперечном направлении. Наружные слои (со стороны матрицы) растягиваются и удлиняются в продольном и сжимаются в поперечном направлении. Между удлиненными и укороченными слоями (волоками) находится нейтральный слой, длина которого равна первоначальной длине заготовки. При гибке узких полос происходит сильное искажение поперечного сечения, заключающееся в

уменьшении толщины в месте изгиба, уширении внутри угла с образованием поперечной кривизны и сужении с наружной стороны (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема процесса гибки

В результате утонения материала и искажения формы поперечного сечения нейтральный слой в месте изгиба не проходит посередине сечения, а смещается в сторону малого радиуса. При гибке широких полос и листов также происходит утонение материала, но почти без искажения поперечного сечения, так как деформации в поперечном направлении противодействует сопротивление материала большой ширины. Лишь по краям широких полос происходит деформация, аналогичная поперечной деформации узких полос.

В большинстве случаев гибка происходит при большой величине деформаций, когда в металле кроме продольных растягивающих и сжимающих напряжений образуются радиальные напряжения сжатия, которые возникают в результате давления крайних слоев металла на внутренние и достигают наибольшей величины у нейтрального слоя.

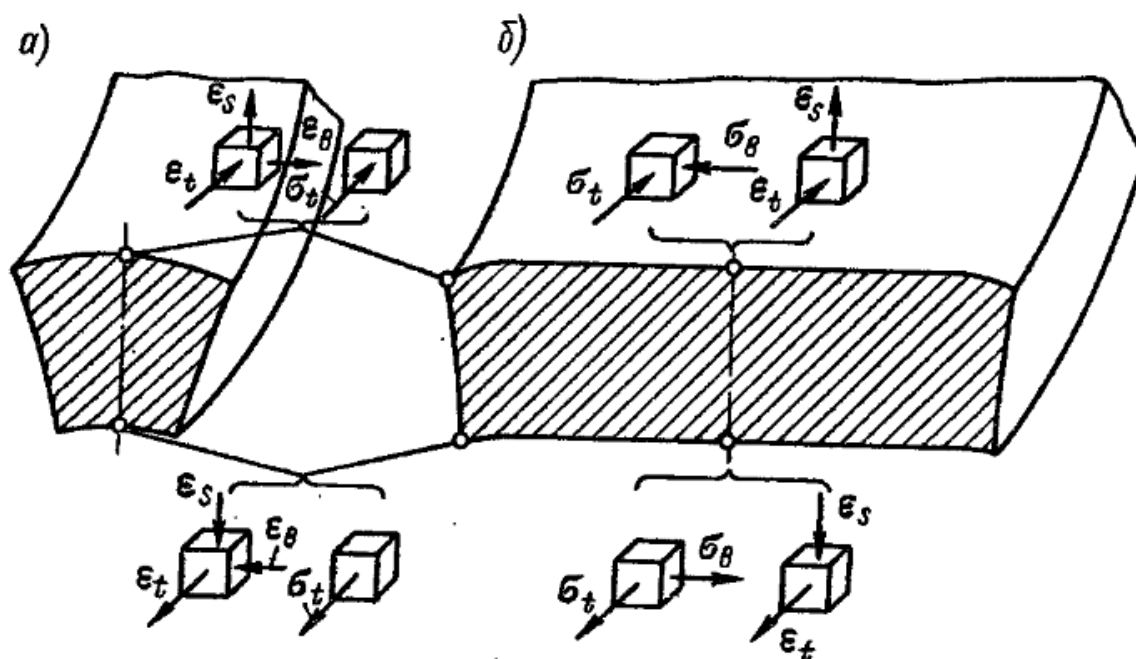


Рисунок 3 – Схемы напряженно-деформированного состояния. σ – напряжения, ϵ – деформации.

На Рисунок 3 приведены схемы напряженно-деформированного состояния при изгибе. При изгибе узких заготовок (рис. 3, а) деформированное состояние — объемное, так как поперечное сечение образца деформируется во всех трех направлениях. По мере увеличения ширины изгибаемой заготовки поперечная деформация постепенно уменьшается и становится весьма малой в результате значительного сопротивления, оказываемого большой шириной заготовки (рис. 3, б).

Минимально допустимые радиусы гибки должны соответствовать пластичности металла и не допускать образования трещин. Следовательно, минимальные радиусы гибки должны быть установлены по предельно допустимым деформациям крайних волокон. Линиюгиба обычно рекомендуют располагать поперек или под углом к направлению проката.

Изгиб с растяжением. Во многих отраслях промышленности применяются полосовые или профилированные детали, изогнутые под весьма большим радиусом (малой кривизны). Обычной гибкой такие детали получить нельзя, так как при изгибе с

большим радиусом деформации поперечного сечения будут целиком или в значительной мере упругими, вследствие чего заготовка будет распружинивать и выпрямляться.

Для изготовления деталей малой кривизны применяется изгиб с растяжением заготовки. При этом растягивающая сила создает деформации удлинения, по величине превышающие другие, благодаря чему изгиб происходит в области пластических (остаточных) деформаций, а деталь сохраняет свою форму. Деформации удлинения, вызванные растяжением заготовки, накладываются на разноименные деформации, получающиеся при изгибе, и дают измененную схему распределения деформаций по сечению.

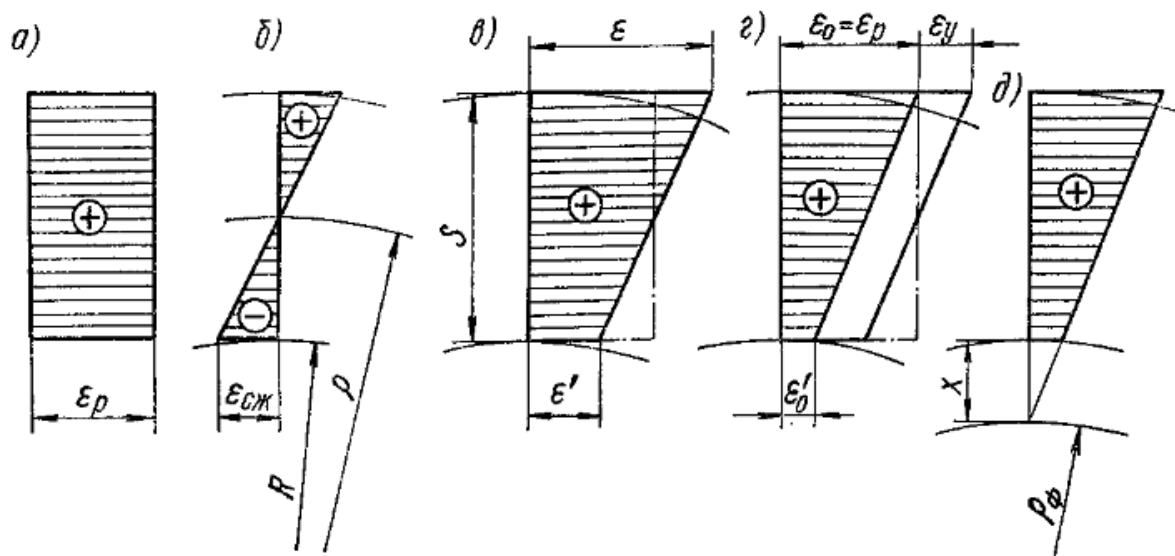


Рисунок 4 – Схемы распределения деформаций и смещение нейтрального слоя при изгибе с растяжением (R_ϕ — радиус фиктивного нейтрального слоя)

На Рисунок 4 приведены следующие схемы распределения деформаций по высоте сечения при изгибе с растяжением: схема деформаций удлинения ϵ_p при растяжении, равномерно распределенных по сечению (рис. 4, а); схема распределения деформаций удлинения (+) и укорочения (—) от изгиба радиусом R (рис. 4, б); общая схема распределения деформаций в момент действия приложенных нагрузок (рис. 4, в), полученная наложением схем рис. 4, а и б; схема, показывающая уменьшение деформаций в результате снятия упругих деформаций после прекращения нагрузки (рис. 4, г);

окончательная схема распределения остаточных деформаций удлинения по всему сечению (рис. 4, д).

Как видно из рис. 4, д, нейтрального слоя в сечении заготовки нет, так как все сечение получило удлинение. Нейтральный слой стал фиктивным и переместился наружу на расстояние x от внутренней поверхности изогнутого сечения.

Вытяжка представляет собой процесс превращения плоской заготовки в полую деталь любой формы (или дальнейшее изменение ее размеров) и производится на вытяжных штампах. На Рисунок 5 приведена схема вытяжки цилиндрической детали из плоской заготовки и последовательность перемещения металла в процессе вытяжки. Последнее характеризуется уменьшением наружного диаметра фланца и перемещением элементов заготовки (1—5) по мере увеличения глубины вытяжки.

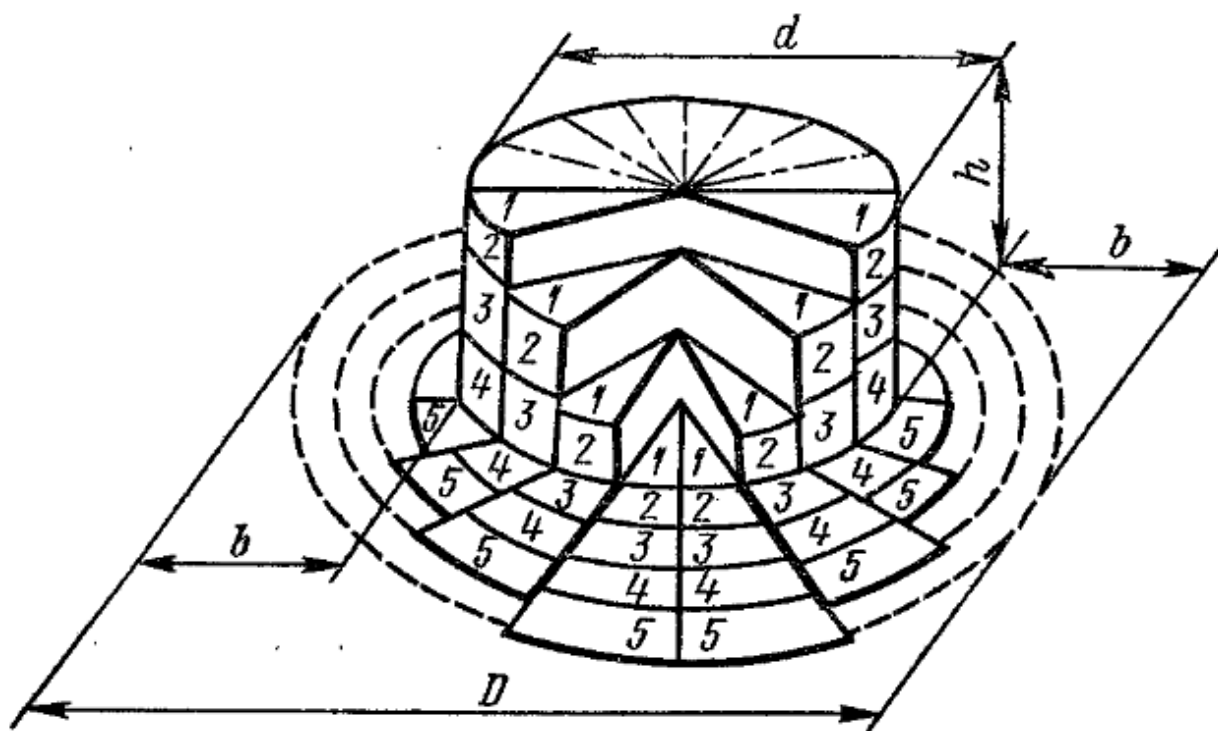


Рисунок 5 – Последовательность перемещения металла в процессе вытяжки

Вытяжка происходит за счет пластической деформации, сопровождаемой смещением значительного объема металла в высоту. При большой степени деформации, что соответствует глубокой вытяжке, и при небольшой толщине материала смещенный

объем является причиной образования гофров (волн) на деформируемой заготовке. При малой степени деформации и при относительно большой толщине материала гофрообразования не происходит, так как в этом случае смещенный объем металла невелик, а заготовка устойчива. Для предотвращения образования гофров и складок при вытяжке применяется прижим заготовки складкодержателем. На Рисунок 6 приведены схемы напряженно-деформированного состояния в разных участках изделия при обычной вытяжке с прижимом (складкодержателем).

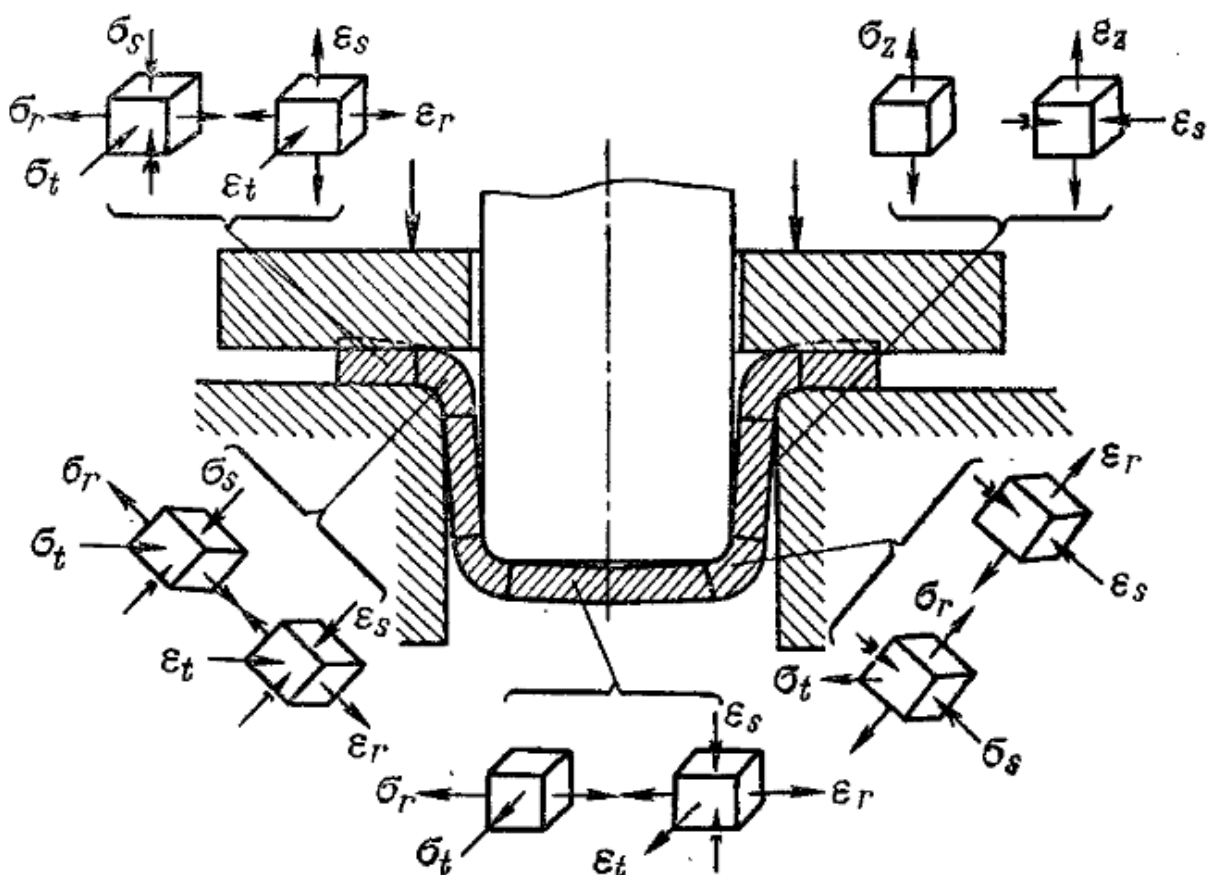


Рисунок 6 – Схема напряжений и деформаций при вытяжке

На Рисунок 7 приведена последовательность процесса глубокой вытяжки с прижимом заготовки: на верхних схемах / показана начальная стадия процесса вытяжки, состоящая из локальной пластической деформации свободного кольцевого участка а при зажатом фланце, сохраняющем свои начальные размеры $D_f = D_0$. Эта стадия вытяжки осуществляется за счет растяжения и утонения кольцевого участка, причем наибольшее

утонение возникает на границе этого участка с плоским дном. По мере погружения пуансона тянущее усилие возрастает, а растяжение и утонение свободного участка заготовки увеличиваются. К концу этой стадии происходит пластическая деформация донной части заготовки. После достижения равновесия между тянущими усилием и сопротивлением фланца деформированию начинается вторая стадия процесса вытяжки, заключающаяся в пластической деформации фланца и втягивании его в матрицу (см. схемы // на рис. 80). Таким образом, процесс глубокой вытяжки с прижимом состоит из двух технологически различных стадий: начальной и завершающей. При вытяжке без прижима с малой степенью деформации начальная стадия практически отсутствует.

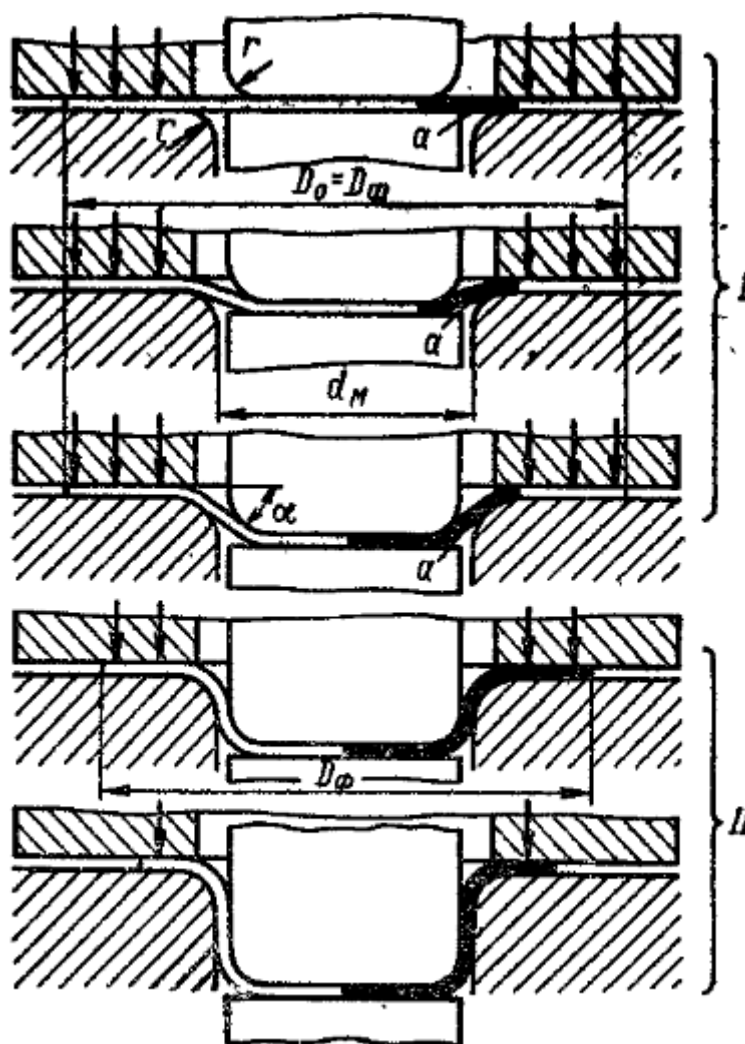


Рисунок 7 – Последовательность глубокой вытяжки

В начальной стадии процесса глубокой вытяжки возникает значительное утонение свободного участка, которое в процессе дальнейшей деформации превращается в опасное сечение.

К группе листовой формовки относятся следующие операции, изменяющие форму листовой заготовки путем местных деформаций различного характера: 1) рельефная формовка; 2) отбортовка отверстий и наружного контура; 3) растяжка (раздача) 4) обжимка; 5) правка и чеканка. Рельефная формовка более подробно будет рассмотрена ниже. Здесь будет дано краткое описание 2-й и 3-й операции.

Отбортовка подразделяется на два основных вида: отбортовку отверстий и отбортовку наружного контура. Они различаются характером деформации, схемой напряженного состояния и производственным назначением. Отбортовка отверстий представляет собой образование бортов вокруг предварительно пробитых отверстий (иногда без них) или по краю полых деталей, производимое за счет растяжения металла. Отбортовка наружного контура представляет собой образование невысоких бортов по наружному криволинейному краю заготовок, производимое за счет растяжения или сжатия материала.

Отбортовка отверстий широко используется в штамповочном производстве, заменяя операции вытяжки, с последующей вырубкой дна. Особенно большую эффективность дает применение отбортовки отверстий при изготовлении деталей с большим фланцем, когда вытяжка затруднительна и требует нескольких переходов. Деформация металла при отбортовке характеризуется изменением радиально-кольцевой сетки, нанесенной на заготовку (Рисунок 8). При отбортовке отверстий, происходит удлинение в тангенциальном направлении и уменьшение толщины материала. Расстояния между концентрическими окружностями остаются без значительных изменений.

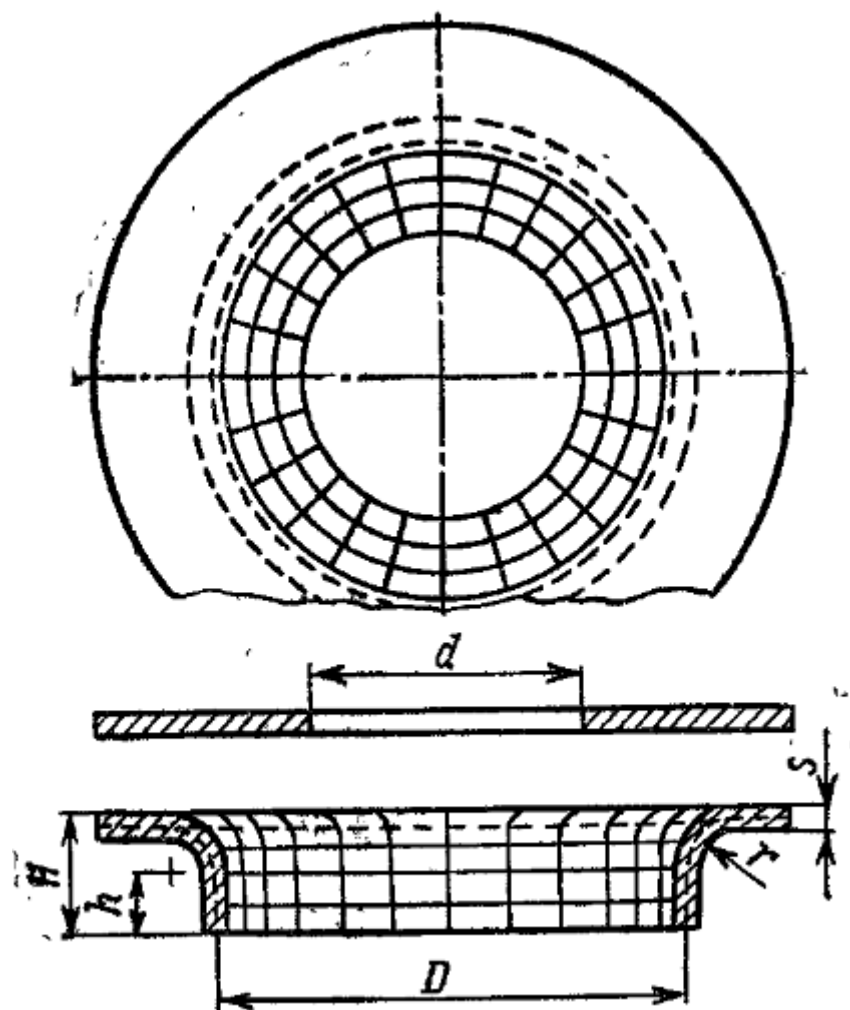


Рисунок 8 – Схема отбортовки

Геометрические размеры при отбортовке определяют исходя из равенства объемов заготовки и детали. Обычно высота борта бывает задана чертежом детали. В этом случае диаметр отверстия под отбортовку приблизительно подсчитывают, как для простой гибки. Это допустимо благодаря небольшой величине деформаций в радиальном направлении и наличию значительного утонения материала.

Успешное выполнение отбортовки зависит от чистоты среза деформируемой кромки. При наличии заусенцев по краю отверстия неизбежно образование трещин и разрывов. Допустимая величина поперечного сужения при отбортовке вследствие дефектов края отверстия (заусенцы, наклеп и т. п.) значительно ниже, чем при испытании на растяжение.

Операция **растяжки (раздачи)** представляет собой расширение пустотелых деталей или трубчатых заготовок, производимое за счет растяжения материалов изнутри в радиальном направлении (Рисунок 9).

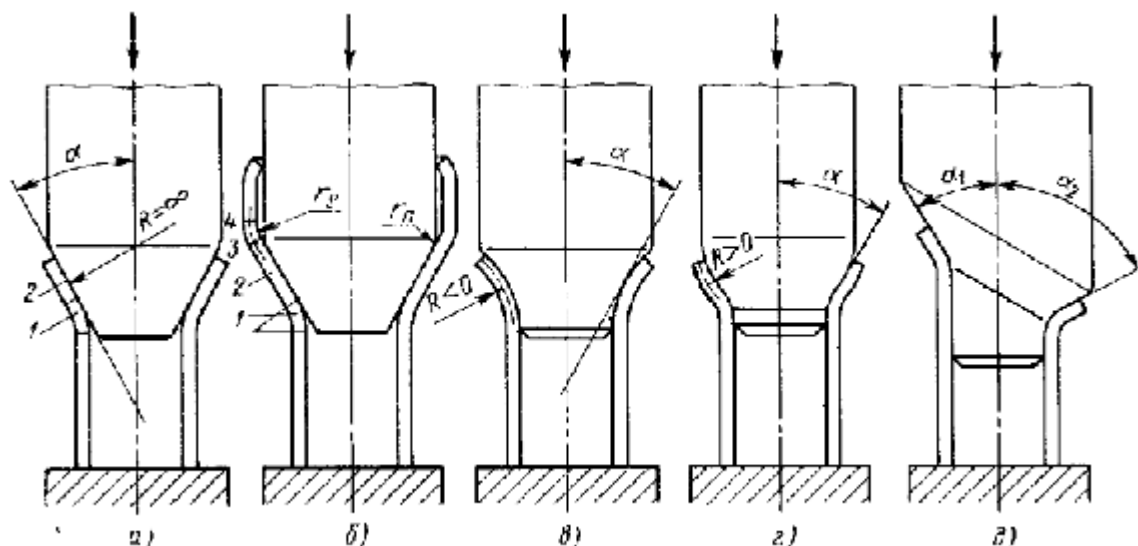


Рисунок 9 – Схемы раздачи трубчатых заготовок пуансонами с различной формой рабочего участка

Заготовка для раздачи трубчатой формы, может быть с цилиндрической и иецилиндрической стенкой, кругового и иекругового сечения. Пуансоны для раздачи, как правило, имеют осесимметричную форму. Рабочая часть — коническая, выпуклая или вогнутая, с кривизной образующей положительной или отрицательной.

При раздаче на заготовку действует продольная внешняя сила $P_{пр}$, которая насаживает ее на пуансон. При этом на внутренней поверхности заготовки, контактирующей с пуансоном и перемещающейся относительно него, возникают контактные нормальные σ_n и контактные касательные (от сил трения) напряжения $\mu\sigma_n$ (Рисунок 10).

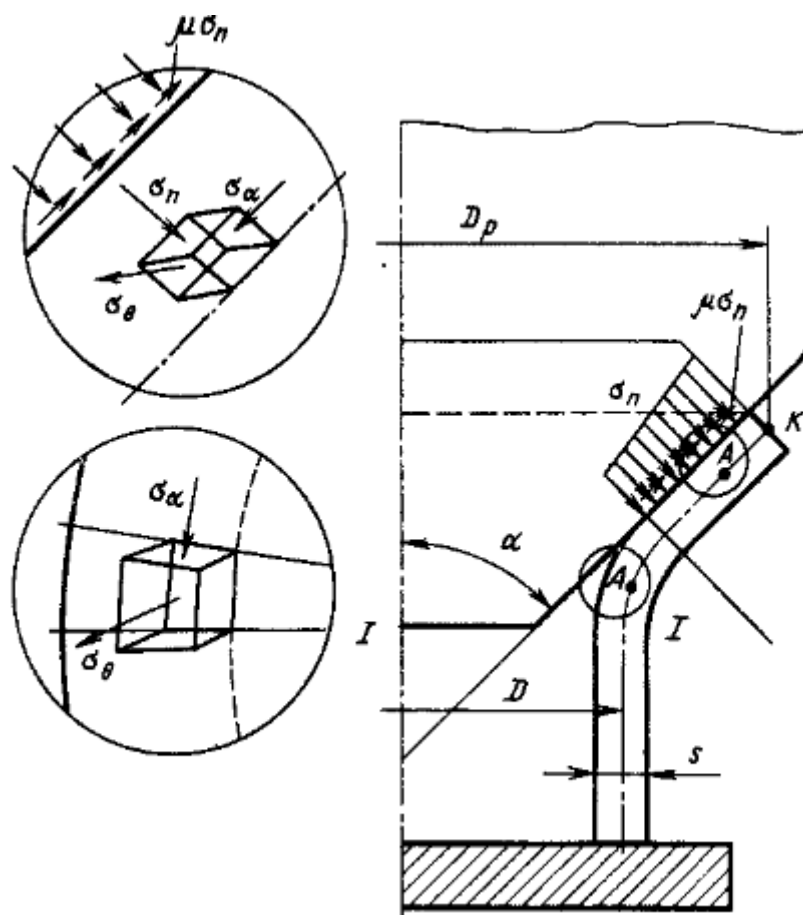


Рисунок 10 – Схема внешних и внутренних сил при раздате

Внешняя поверхность заготовки свободна от напряжений, а контактные нормальные напряжения σ_n при малой относительной толщине стенки ($s/D < 0,02$) значительно меньше напряжения текучести, и их влияние на условие перехода в пластическое состояние и утонение стежки незначительно. В связи с тем, что к заготовке приложена продольная сила P_{np} и при этом происходит увеличение поперечных кольцевых элементов заготовки, в зоне пластической деформации возникают внутренние напряжения: меридианное сжимающее σ_α и окружное растягивающее σ_θ .

1.4 Параметры рельефной формовки и их зависимость от пластических и прочностных свойств

Рельефная формовка представляет собой изменение формы заготовки, заключающееся в образовании местных углублений и выпуклостей за счет растяжения материала. Следовательно, рельефная формовка является частным случаем неглубокой местной вытяжки, при которой материал подвергается главным образом растяжению.

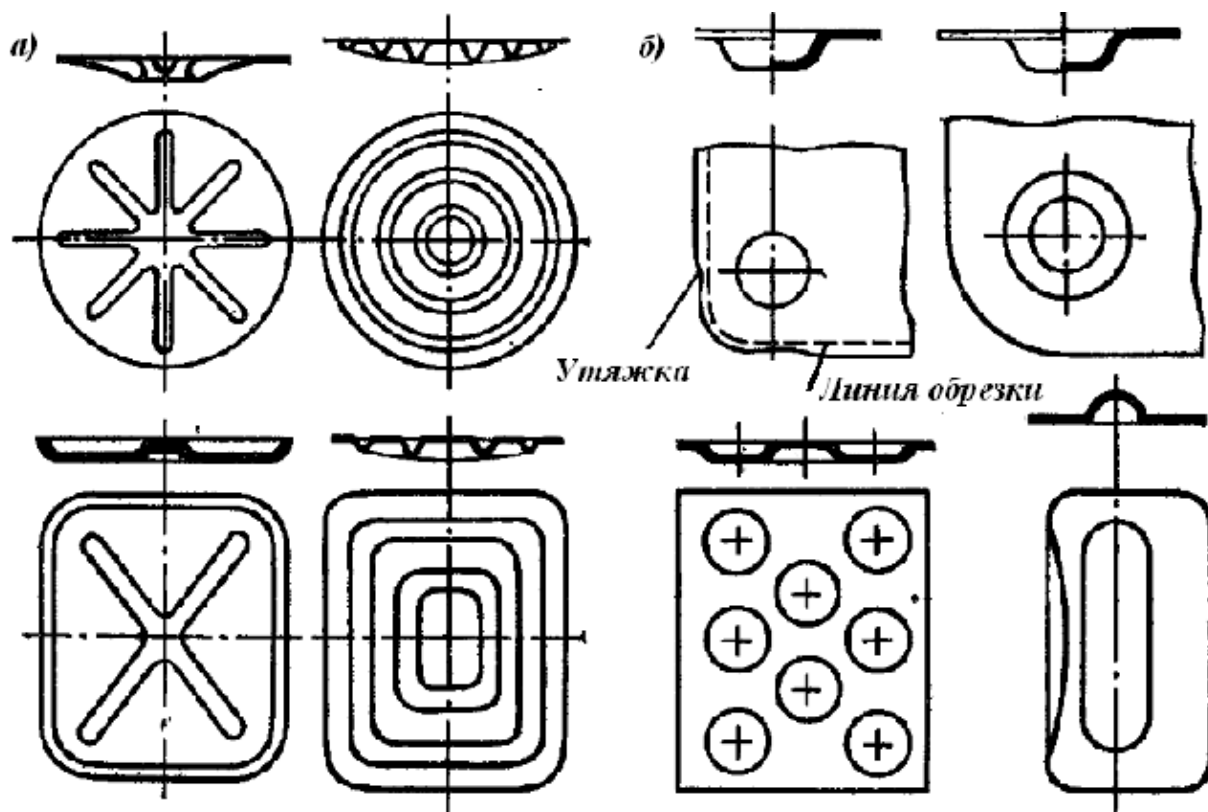


Рисунок 11 – Примеры рельефной формовки

Типовыми примерами рельефной формовки являются:

- 1) штамповка ребер жесткости и выдавок (Рисунок 11);
- 2) штамповка рельефных ((выпукло-вогнутых) деталей и художественных украшений;
- 3) штамповка-формовка деталей несимметричной конфигурации открытой формы.

Исследование процесса местной вытяжки в заготовках большой ширины показало, что этот процесс состоит из двух последовательных стадий (Рисунок 12); деформации кольцевого участка шириной $R_2 - R_1$ с пластической деформацией дна выпуклости (рис. 12, б) и стадии пластической деформации смежного кольцевого участка шириной $R_3 - R_2$.

При дальнейшем опускании пуансона происходит растяжение металла в зазоре между пуансоном и матрицей и образование разрыва, без изменения границы между пластической и упругой областями.

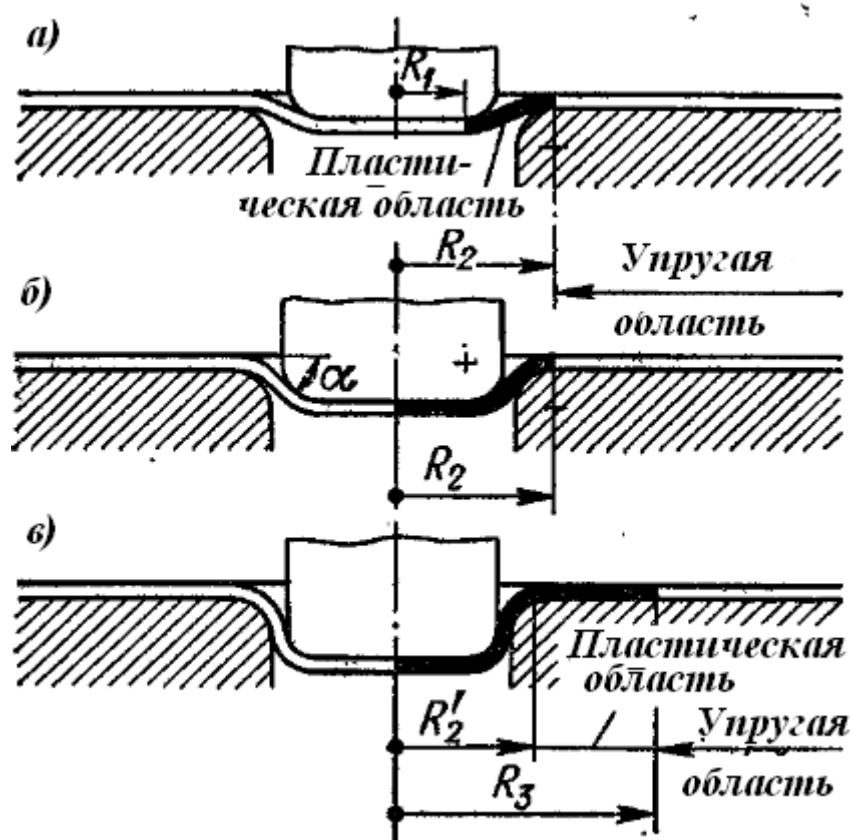


Рисунок 12 – Последовательность процесса местной вытяжки

Установлено [1], что возможная глубина вытяжки достигается в первой стадии; вторая стадия, осуществляемая за счет небольшого растяжения и утонения пластического участка, мало увеличивает глубину вытяжки. Большую глубину местной вытяжки можно получить при сферической форме вытяжки, аналогично выдавливанию лунки по Эриксону за счет утонения сферического купола. Однако коническая форма выпуклости с угловыми

На рисунке 13 приведены форма и размеры детали «Лента нагревателя» с участками волнистого профиля, изготавливаемого рельефной формовкой. Толщина и ширина исходной ленты 0,7х60 мм, $\sigma_b=800$ МПа, материал – Х20Н80-Н (нихром). Эскиз элемента нагревателя с рельефом приведен на рисунке 14.

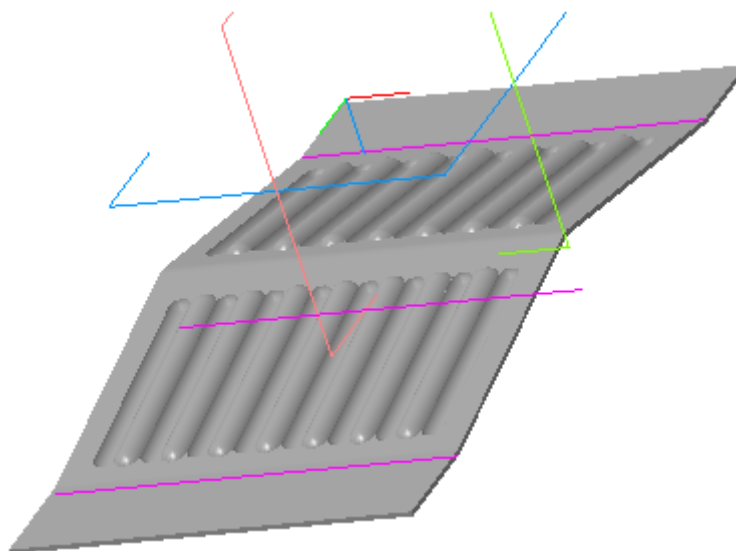


Рисунок 14 – Элемент нагревателя

Подобная форма нагревателя по сравнению с прямыми лентами увеличивает площадь теплообмена, улучшает перемешивание потоков воздуха и, таким образом, повышает эффективность работы печи.

При конструировании высота оребрения предполагалась равной 3 мм (по 1,5 мм с каждой стороны. Для проверки штампуемости и выяснения способности материала достичь необходимой высоты ребер были проведены технологические испытания по Эриксену, которые показали способность материала к пластическому деформированию (глубина лунки порядка 10 мм). Для проверки возможности получения рельефа заданной формы и достижения заданной глубины (высоты) выступов был изготовлен модельный штамп, рассчитанный на заготовку 60х60 мм с оребрением 7х7 выступов (Рисунок 15).

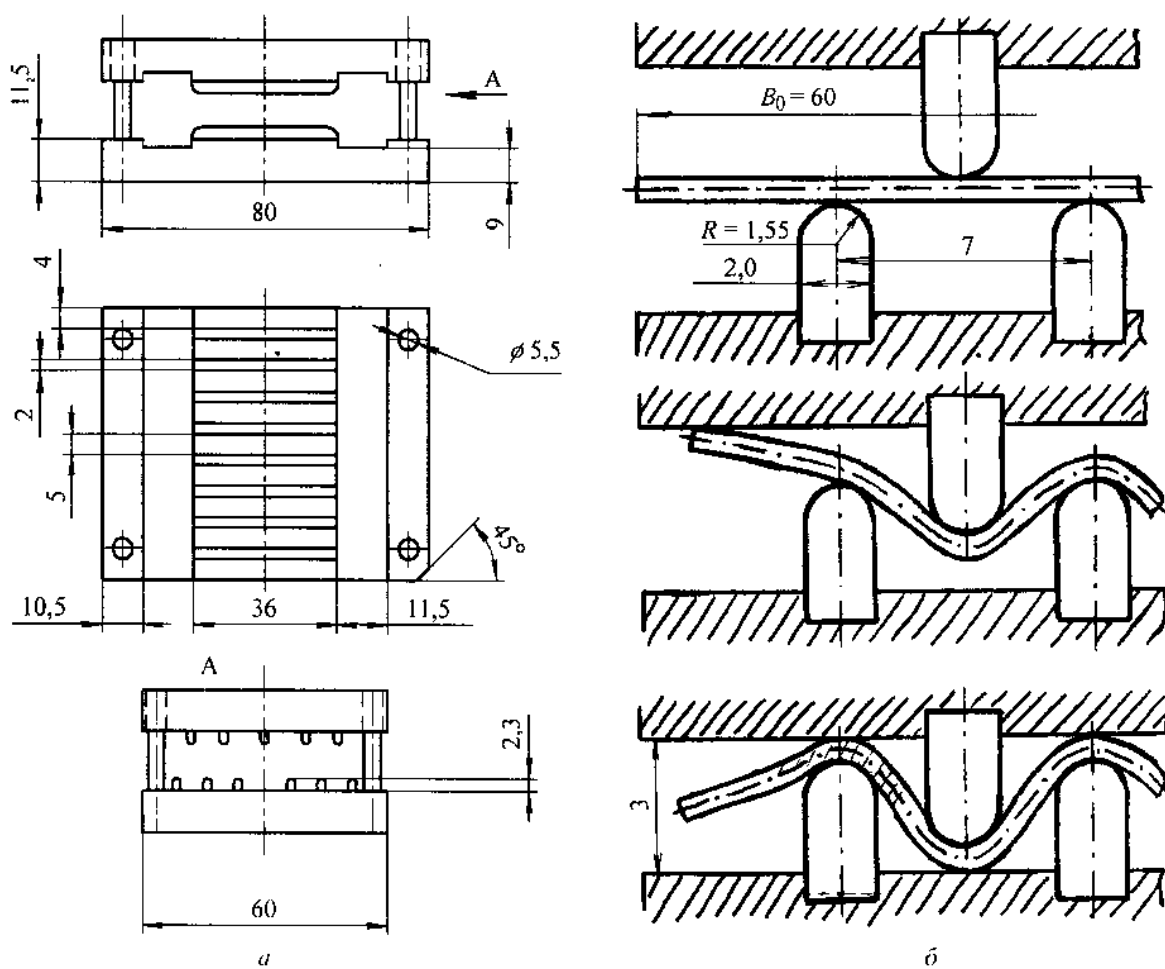


Рисунок 15 – Модельный штамп (а) и стадии рельефной формовки ленты нагревателя

Были проведены эксперименты (Рисунок 16) и теоретический расчет предельной степени деформации. Установлена предельная высота рельефа 2,4...2,5 мм, при большей высоте наблюдается разрушение, происходящее в точках перегиба (места перехода прямолинейных участков в криволинейные, где начинается контакт с инструментом).

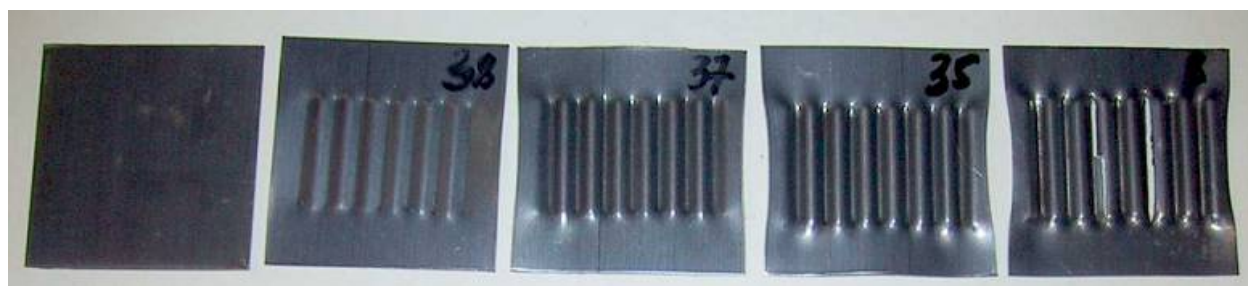


Рисунок 16 – Последовательные стадии формовки в модельном штампе

Для повышения высоты рельефной формовки детали «Лента нагревателя» возможно применение следующих технологических приемов: вести штамповку в несколько стадий, последовательно меняя ширину и профиль формирующих выступов штампа, уменьшить контактное трение, изменить направление рельефной формовки в направлении с оптимальным сочетанием пластических свойств. В данной работе рассматривается последний из перечисленных вариантов.

Цели и задачи исследования

Целью работы является определение анизотропии механических свойств ленты из сплава Х20Н80-Н (нихром) для совершенствования конструкции нагревателя и повышения эффективности его работы.

При этом необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ влияния анизотропии механических свойств на штампуемость металлов.
2. Разработать методику проведения исследования механических свойств ленты из сплава Х20Н80-Н в зависимости от направления.
3. Разработать технологию изготовления образцов, оснастки и составить программы обработки для фрезерного станка с ЧПУ.
4. Выполнить экспериментальное определение прочностных и пластических свойств ленты в плоскости листа в трех направлениях относительно направления прокатки.
5. Обработать и проанализировать полученные данные.
6. Выработать рекомендации на основе полученных результатов для совершенствованию конструкции нагревателя и повышения эффективности работы печи

2 Методика исследования

2.1 Характеристика исследуемого материала

Исследуемый материал Х20Н80-Н относится к гомогенным жаростойким сплавам на никелевой основе (нихромы) [24, 25, 26]. Нихромы представляют собой сплавы никеля и хрома с минимальным содержанием углерода и других элементов, которые могли бы образовывать вторые фазы. Их структура это твердый раствор хрома и других элементов в никеле (гранцентрированная кубическая решетка). Гомогенный твердый раствор не обладает высокой прочностью и жаростойкостью. Сплавы этого типа, как правило, не используют для ненагруженных деталей, т. е. не применяют как жаропрочный материал, а используют, как в нашем случае, для изготовления электрических нагревательных элементов сопротивления. Нихромы отличаются сочетанием высокой жаростойкости и значительным электрическим сопротивлением ($1,05 - 1,40 \text{ Ом мм}^2/\text{м}$); температура плавления $1370 - 1420^\circ\text{C}$. Они имеют хорошие технологические свойства, что позволяет их сваривать, изготавливать из них проволоку, лист, ленту. Нихромы Х20Н80, Х20Н80-Н обладают наибольшей жаростойкостью в окислительных средах. По ГОСТ 10994-74 сплав Х20Н80-Н относится к жаростойким в атмосфере окислительной, в азоте, аммиаке, неустойчивы в атмосфере, содержащей серу и сернистые соединения и рекомендованы для использования в качестве нагревательных элементов с предельной рабочей температурой 1200°C .

Лента из сплава Х20Н80-Н по ГОСТ 12766.1-90 «Лента из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением» должна обладать временным сопротивлением разрыву не более 834 Н/мм^2 и относительным удлинением не менее 20%.

В

Таблица приведен химический состав сплава Х20Н80-Н по ГОСТ 10994-74 и полученного материала.

Таблица 1 Химический состав, %

	Углерод	Кремний	Марганец	Сера	Фосфор	Хром	Никель	Титан	Алюминий	Железо	Другие элементы
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Al	Fe	
Состав по ГОСТ 10994-74	≤0,05	1,0-1,5	≤0,6	≤0,015	≤0,020	20,0-23,0	Остальное	≤0,20	≤0,20	≤1,0	Цирконий 0,2-0,5
Фактический состав	0,074	1,34	0,379	0,013	0,024	18,4	68,4	0,024	0,081	0,343	Цирконий 0,037

2.2 Методика механических испытаний

Для проведения механических испытаний была разработана специальная форма и технология изготовления образца, основанная на ГОСТ 1497-84 [28], ГОСТ 11701-84 [29] и методике испытаний на анизотропию, предложенная С.П. Яковлевым и В.Д. Кухарем [7]

При разработке размеров образцов учитывались ограничения, накладываемые шириной ленты – 60 мм, то есть общая длина образца с головками, обеспечивающими надежный захват зажимами испытательной машины, не должна была превышать этой величины. Расчет длин пропорциональных образцов по ГОСТ 11701-84 выполняется по формулам

$$l_0 = 5,65\sqrt{F_0} \quad (2.18)$$

$$l = l_0 + \left(\frac{b_0}{2} \dots 2b_0\right) \quad (2.19)$$

$b_0=5,5$ мм – начальная ширина рабочей части образца

$F_0= 5,5 \times 0,7= 3,85$ мм – начальная площадь сечения образца в рабочей части

$l_0=11,08$ мм – начальная расчетная длина

$l=11,08 + 2,75= 13,83$ мм – рабочая длина образца.

Размеры головок приняты равными 15х15 мм, для предотвращения проскальзывания, рабочая длина образцов уменьшена до 12,5 мм, плавность перехода прямолинейного участка образца в радиусный обеспечивается траекторией движения фрезы.

Параметры анизотропии определяем в следующем порядке:

определяют деформацию образца по ширине ε_b , по длине ε_l и толщине ε_h (после растяжения) – используем два способа измерения – непосредственное измерение ширины и толщины образца по линии середины квадрата, длина из условия постоянства объема и измерение ширины и высоты полученного прямоугольника по фотографиям, толщина из условия постоянства объема;

вычисляем коэффициенты анизотропии по выражению (1.4);

определяем предел текучести по диаграмме, временное сопротивление определяется автоматически испытательной машиной;

определяем длину участка равномерного растяжения как разность между удлинением при достижении максимальной нагрузки и удлинением на начале площадки текучести;

вычисляем средние значения этих величин.

Данные, снимаемые с диаграммы, образец № 31

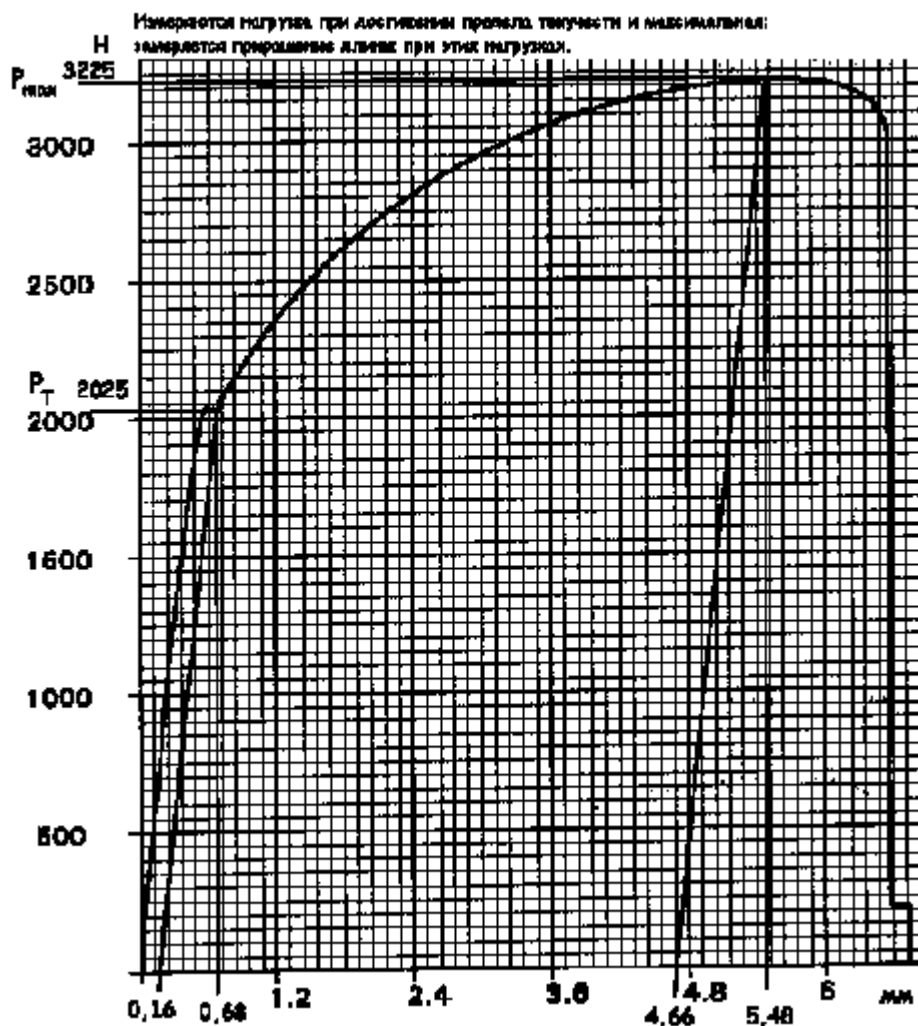


Рисунок 17 – Обработка диаграммы

Перед испытанием на образцы нанесли в зоне расчетной длины нанести квадраты со стороной 3 мм маркером с толщиной линии 0,3 мм и провели фотосъемку цифровой камерой. Фотосъемку повторили после испытаний. Готовые фотографии увеличили на компьютере и распечатали на формате A4 так, чтобы в зону печати вошли изображения квадратов и часть металлической линейки с ценой деления 1 мм.

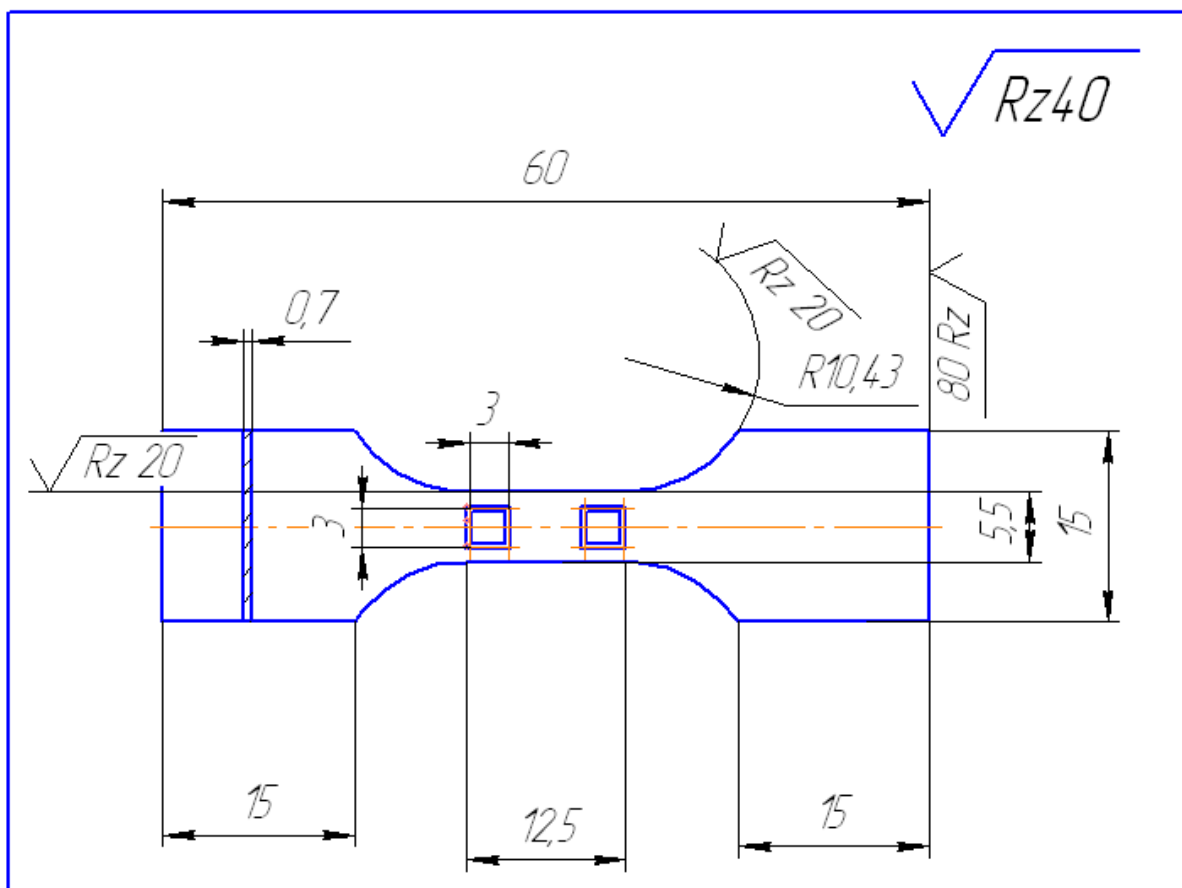


Рисунок 18 – Образец для испытаний

Растяжение проводилось на универсальной настольной испытательной машине S-серии H100KS производства фирмы Hounsfield Test Equipment (Рисунок 20)

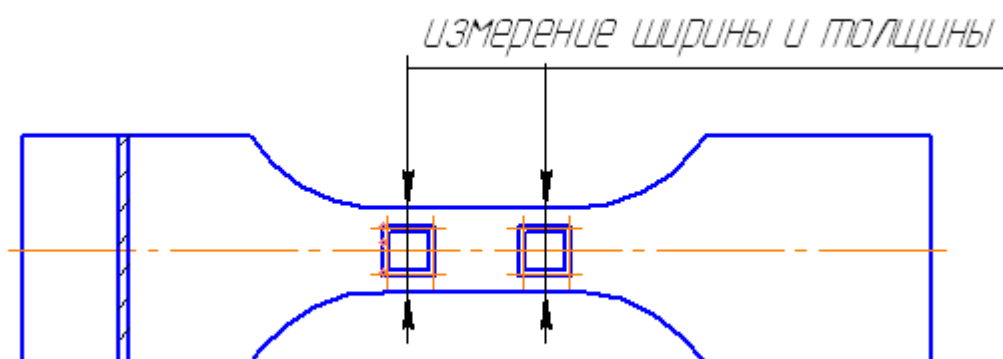


Рисунок 19 – Точки измерения геометрических размеров



Рисунок 20 – Испытательная машина H100KS

2.3 Технология изготовления образцов на фрезерном станке с ЧПУ TM-1 (HAAS)

Согласно ГОСТ 1497-84, пункт 1.2, образцы рекомендуется изготавливать на металлорежущих станках, применяя меры, исключающие возможность изменения свойств металла при нагреве или наклепе, возникающим при механической обработке. Глубина резанья при последнем проходе не более 0,3 мм. Шероховатость боковых поверхностей плоского образца R_z не более 20 мкм.

Для обработки на фрезерном станке была изготовлена специальная оправка для крепления заготовок-карт по шесть штук (Рисунок 21Рисунок 23). Разработка конструкции приспособления было выполнено в программе трехмерного моделирования Компас-3D. Программа для обработки на фрезерном станке в программе CNCPlus.

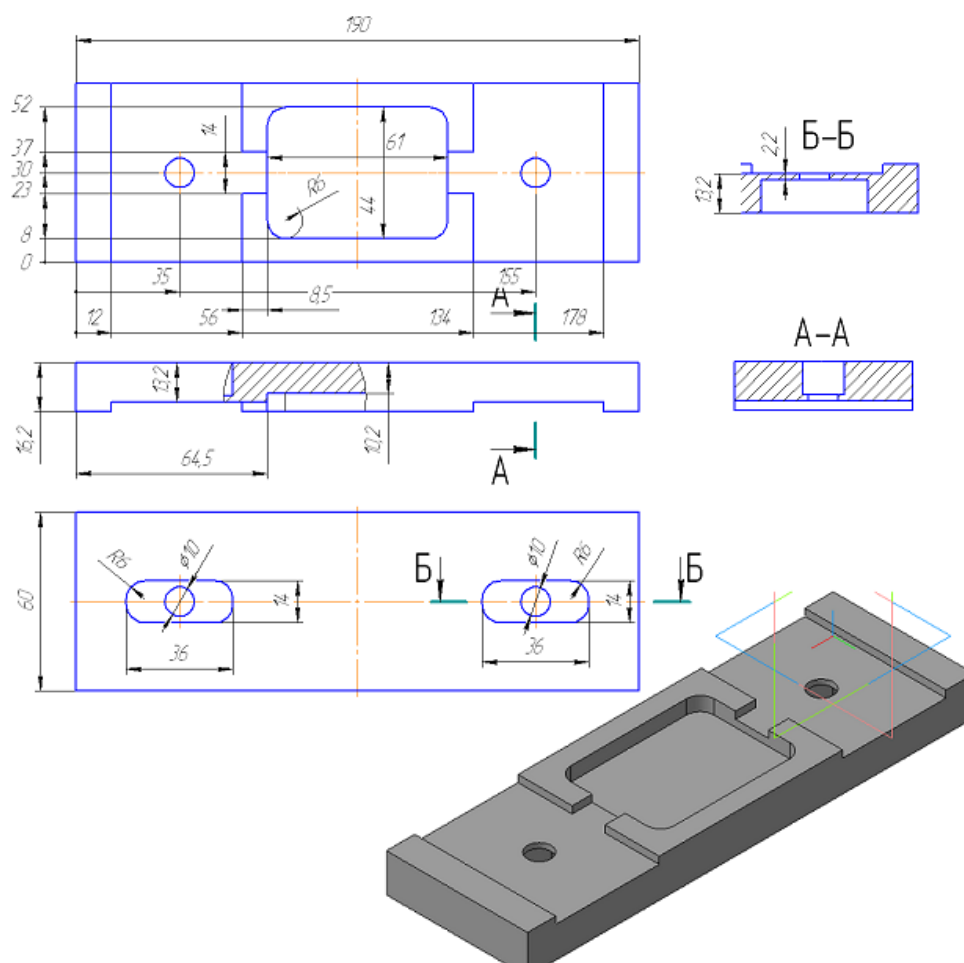


Рисунок 21 – Оправка для крепления образцов. Технологический чертеж и изображение из программы Компас-3D

Перед фрезерной обработкой была нанесена дополнительная маркировка по следующей схеме.

Первая цифра обозначает номер ленты (всего испытывались две ленты из одного материала, но разных партий).

Вторая цифра обозначает направление вырезки образцов: 1 – вдоль направления прокатки; 2 – поперёк направления прокатки; 3 – под углом 45 градусов.

Третья цифра применялась только для продольных образцов и обозначает положение образца на ленте: 1 – в середине ленты, 2 – по краю ленты.

Программирование станка для изготовления приспособления и образцов проводилось в программе CNCPlus(Fr) (KELLER, Германия). Этапы обработки и программа в приложениях 2, 3, 4 и на Рисунок 22.

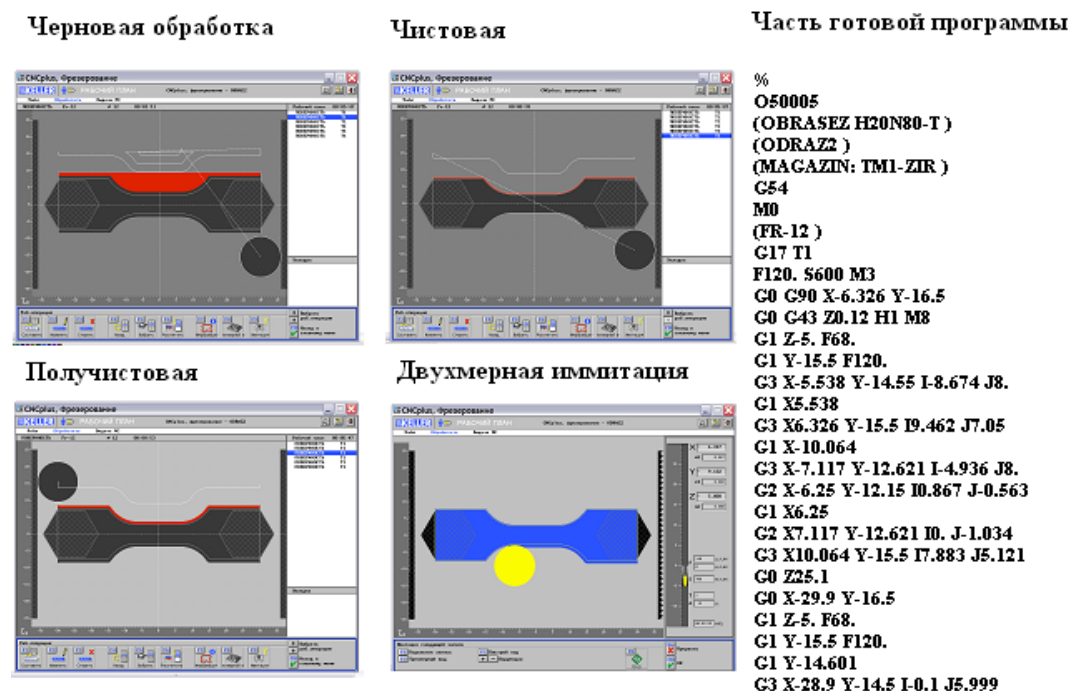


Рисунок 22 – Составление программы обработки

Обработка образцов проводилась на фрезерном станке TM-1 (HAAS, США), на готовые образцы наносились квадраты по программе на том же фрезерном станке (Рисунок 32, Рисунок 24)

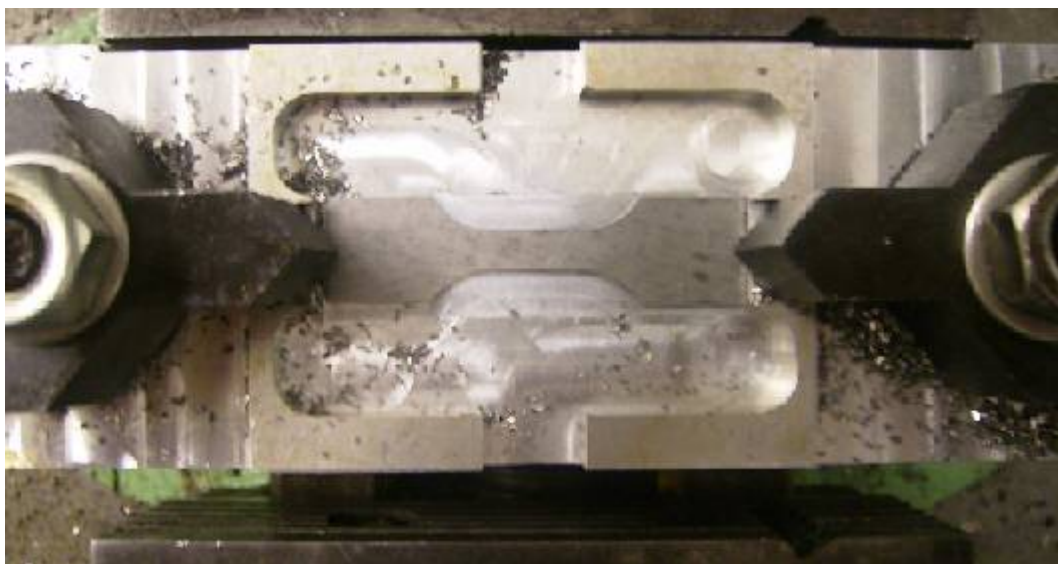


Рисунок 23 – Приспособление для крепления заготовок, устанавливается в тиски фрезерного станка

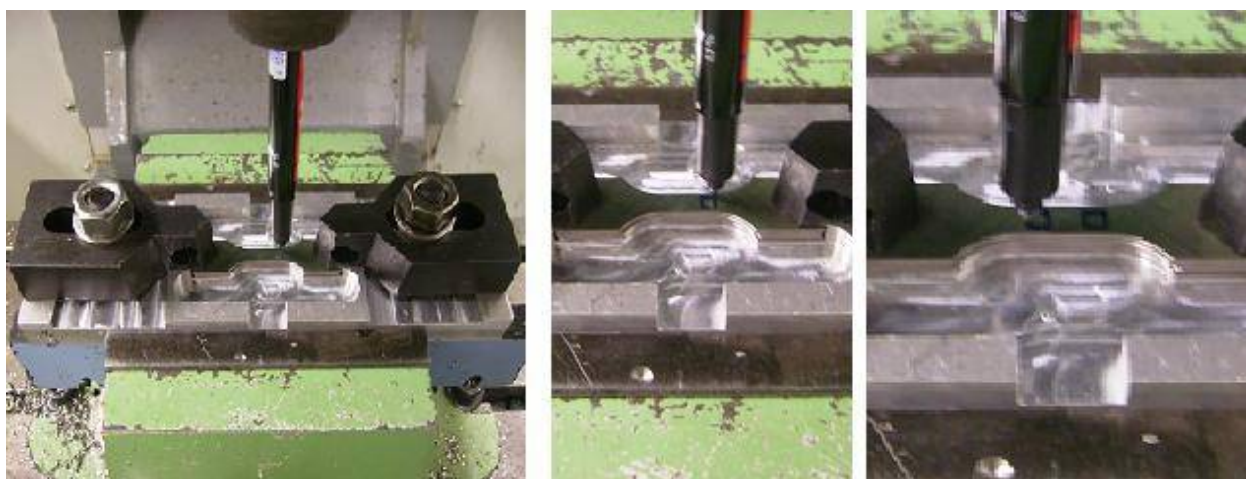


Рисунок 24 – Нанесение разметки на образцы

2.4 Описание испытательной машины H100KS

Испытательная машина **H100KS**, как и другие машины S-серии производства фирмы Hounsfield Test Equipment, предназначены для определения механических и физических свойств материалов при растяжении, сжатии, сдвиге, изгибе и других нагрузках. Из-за различия международных стандартов, эти машины имеют возможность представлять результаты измерений в одной из трёх стандартных единиц силы (Ньютоны,

Килограммы и Фунты) и одной из двух единиц длины (дюймы или миллиметры). Органы управления и визуализации результатов находятся в прочном корпусе консоли управления (Рисунок 25). Жидко-кристаллический дисплей предназначен для цифрового и графического отображения измеряемых значений силы и деформации. В памяти могут быть сохранены одновременно результаты до двадцати испытаний и произведена их статистическая обработка. Функциональные клавиши предназначены для обнуления, печати, возврата подвижного захвата и оперативного выбора предварительно запрограммированных рабочих скоростей. Клавиши управления подвижным захватом обеспечивают его движение в соответствии с предварительно введенными двумя скоростями испытания, скоростью подстройки положения подвижного захвата и направлением движения. Буквенно-цифровая клавиатура предназначена для настройки рабочих параметров, управления, ввода данных об образце, форматирования вида протокола с результатами испытания. Печать протокола осуществляется дополнительным совместимым принтером.

Испытательная машина **H100KS** имеет две колонны и способна развивать максимальную нагрузку до 100000 Н при максимальном ходе подвижной траверсы 1100 мм, без учёта высоты силоизмерительной ячейки и захватов. Питание машины осуществляется от внешнего трансформаторного блока (входящего в комплект поставки), обеспечивающего подвод переменного напряжения 48 В, питающегося от однофазной электрической сети 220/240 В, 50/60 Гц, потребляемая мощность 500 Вт.



Рисунок 25 – Консоль управления испытательной машины

Полномостовой тензометрический датчик Z-образной конструкции предназначен для использования как в режиме растяжения, так и сжатия. Датчики являются взаимозаменяемыми и в комплект поставки машины могут входить один или несколько датчиков с разным значением максимально измеряемой нагрузки от 5 Н (0,5 кг) до величины максимальной нагрузки, развиваемой самой машиной – 100000 Н (10 тонн). Подключение силоизмерительного датчика (СИД) обеспечивает его идентификацию машиной и автоматическую настройку некоторых рабочих параметров машины. Разрешение силоизмерительной системы составляет $1/320000$ максимальной емкости СИД. Точность силоизмерительной системы: $\pm 0,5\%$ от результата в диапазоне от 2% до 100% максимальной ёмкости СИД.

В нашей работе использовался СИД с пределом нагрузки 5000 Н (500 кг), разрешение силоизмерительной системы: $5000/320000=0,016$ Н (0,16 кг). Предел текучести определялся при нагрузке от 1600 до 2200 Н, точность от 8 до 11 Н; временное сопротивление определялось при нагрузке от 3000 до 3200 Н, точность от 15 до 16 Н.

В системе измерения деформации используется высокоточный декодер положения подвижного захвата, приводимый в действие непосредственно от винтов подачи траверсы. Разрешение этой системы составляет 0,001 мм во всем диапазоне перемещения траверсы, точность $\pm 0,01$ мм.



Рисунок 26 – Силоизмерительный датчик

Система привода траверсы – винтовая, приводимая в движение сервомотором постоянного тока и 32-х разрядным контроллером. Точность скорости: $\pm 0,05\%$ от установленной величины скорости.

Условия эксплуатации: температура окружающего воздуха от 0 до $+38^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности от 10 до 90% без образования конденсата.



Рисунок 27 – Зажимы испытательной машины

2.5 Настройка испытательной машины и порядок проведения испытаний

Вначале вводятся данные, неизменяемые на протяжении эксперимента: название испытываемого материала, скорость деформации (5 мм/минуту), дата и фамилия исследователя (Bogomanchin). Потом подвижная траверса перемещается в начальное положение, так, чтобы зазор между торцами зажимных щечек с насечкой (на фото черного цвета) равнялся расстоянию между головками образца ($60-15-15=30$ мм). Образец крепится вращением диска, связанного с корпусом зажима, корпус смещается по вертикали, клиновые щеки с закрепленными в них зажимными щечками крепят головку образца, не меняя своего горизонтального уровня. Вводятся данные для первого образца:

номер направления/партии, индивидуальный номер, ширина и толщина. Кнопками F1 и F2 обнуляются показания усилия и деформации. При активном состоянии «Test» (светится светодиод на соответствующей кнопке) пуск осуществляется нажатием стрелки «Вверх». После разрыва образца машина останавливается кнопкой «Стоп» (белый круг), образец убирается из зажимов, кнопкой F4 «Print» результаты отправляются на принтер. Кнопкой F5 подвижная траверса возвращается в исходное положение (30 мм между щёчками). Вводятся данные для второго образца, цикл повторяется. В памяти машины сохраняются и обрабатываются до 20 результатов: среднее значение, медиана, среднеквадратичное отклонение для всех показателей испытания. Испытания проводились сериями по 5 образцов для каждого направления, после каждого пятого образца оперативная память машины очищалась.

3 Результаты испытаний

3.1 Статистическая обработка результатов

Виды статистической обработки: определение статистических характеристик по результатам испытаний, нахождение погрешности и ошибок измерений, аппроксимирующее сглаживание и экстраполяция экспериментальных кривых, дисперсионный и регрессионный анализ, определение общего вида расчетных аналитических зависимостей, построение графиков и номограмм.

Любые измерения проводятся с неизбежными ошибками, которые накапливаются по всем этапам исследования, начиная с подготовки образцов до обработки результатов испытаний. Ошибки бывают систематическими и случайными.

Основными характеристиками, применяемыми при статистической обработке результатов пластометрических исследований являются:

1) Математическое ожидание (среднее арифметическое из n измерений)

$$a = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (3.21)$$

2) Абсолютная погрешность результата

$$\delta = x_i - \bar{x} \quad (3.22)$$

3) Выборочная дисперсия

$$S_n^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (3.23)$$

4) Надежность результата измерений P, %

5) Интервал стандарта ошибки измерений $2qS_n$

6) Погрешность измерений (% ошибки) по каждой экспериментальной точке

$$\Delta\delta_i = \frac{2qS_n}{\bar{x}} \quad (3.24)$$

Статистический расчет проводим по четырем показателям: длина конечная на участке равномерного удлинения, величина полного удлинения, предел текучести и временное сопротивление разрыву. По пять образцов каждого направления, две полосы

Результаты расчета представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 Математическое ожидание

Полоса	Угол вырезки образцов	Длина конечная равномерного удлинения	Полное удлинение	Предел текучести	Временное сопротивление разрыву
1	0	16,30	6,82	419	778
	45	16,61	7,12	401	739
	90	16,46	7,01	424	763
2	0	15,81	6,47	503	823
	45	16,20	6,98	485	774
	90	15,78	6,67	512	802

Таблица 3 Выборочная дисперсия

Полоса	Угол вырезки образцов	Длина конечная равномерного удлинения	Полное удлинение	Предел текучести	Временное сопротивление разрыву
1	0	0,00	0,00	286	264
	45	0,01	0,02	22	19
	90	0,00	0,02	236	27
2	0	0,02	0,05	250	288
	45	0,01	0,02	65	128
	90	0,09	0,00	54	45

3.2 Анализ результатов механических испытаний

Все измерения образцов проводились при помощи микрометра с ценой деления 0,01 мм. Данные измерений до и после деформации заносились в электронную таблицу Excel. Вычисления проводились по формулам 1.1; 1.4; 1.5; 1.8. Предел текучести определяли как отношение нагрузки на площадке текучести (после зуба текучести) к начальной площади образца. Таблицы результатов измерений в Приложении И. Сводная таблица конечных результатов с гистограммами в Приложении К.

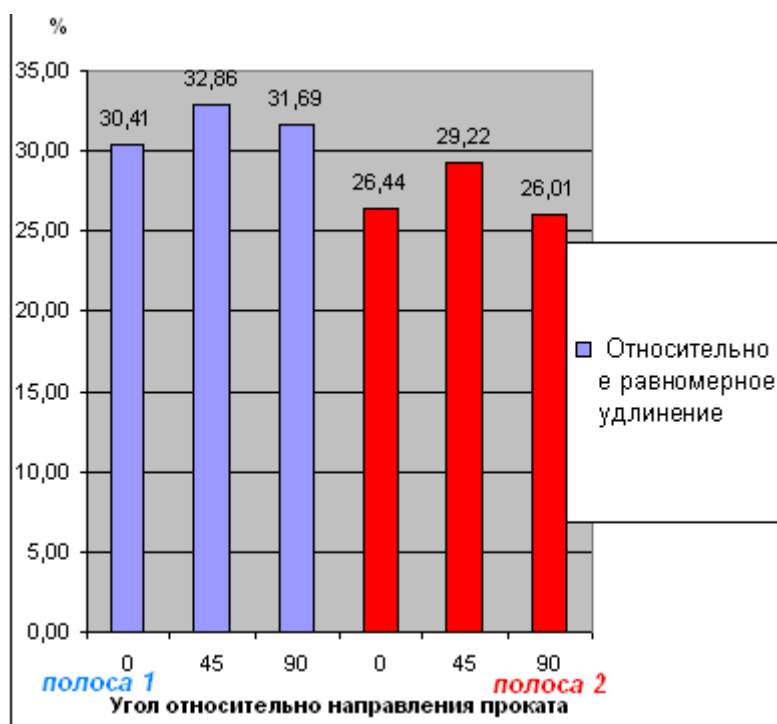


Рисунок 28 – Относительное равномерное удлинение

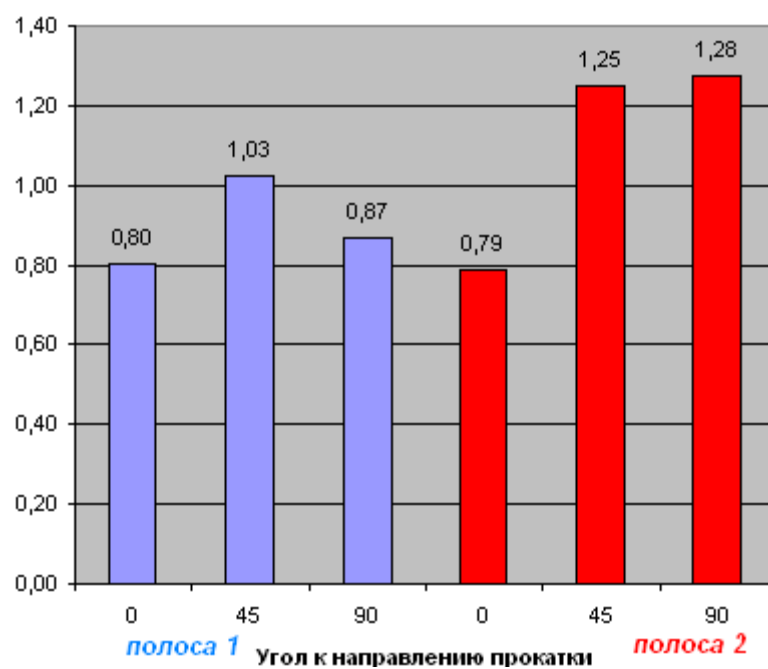


Рисунок 29 – Коэффициент анизотропии

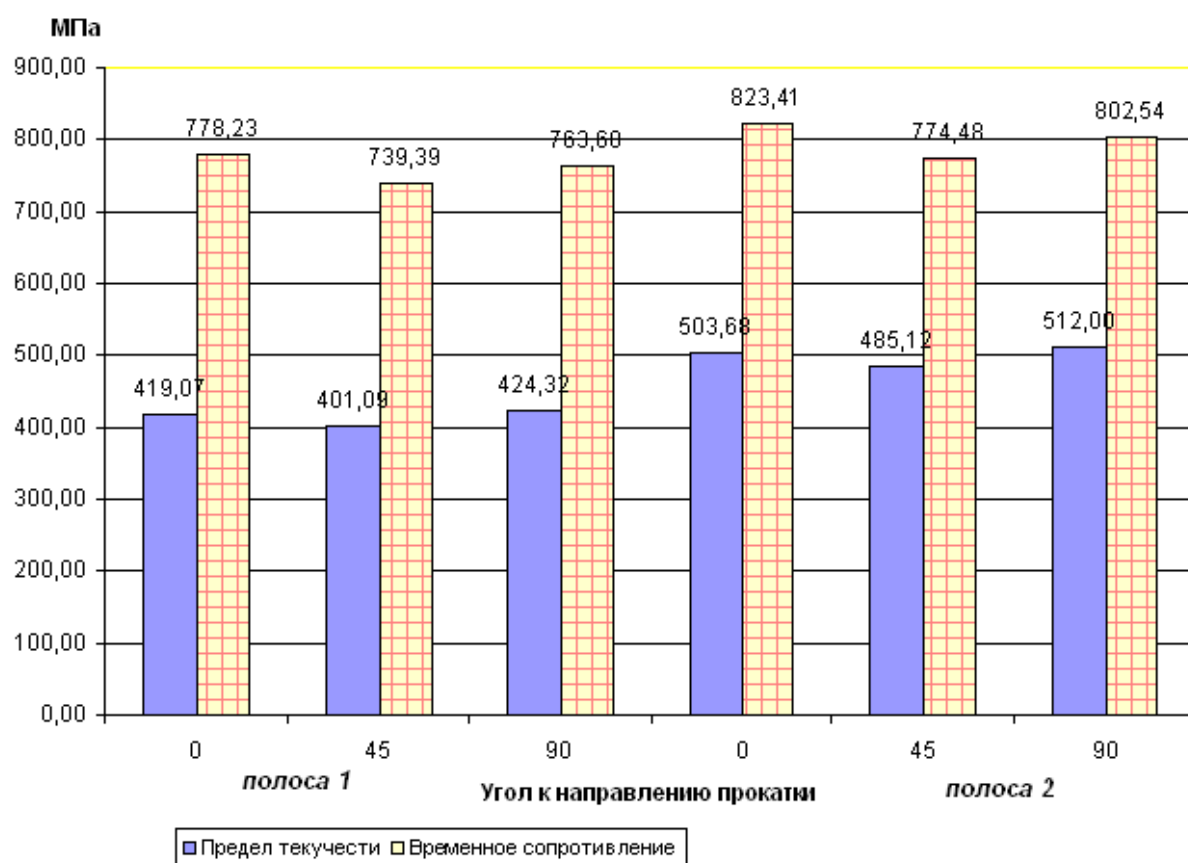


Рисунок 30 – Предел текучести, временное сопротивление

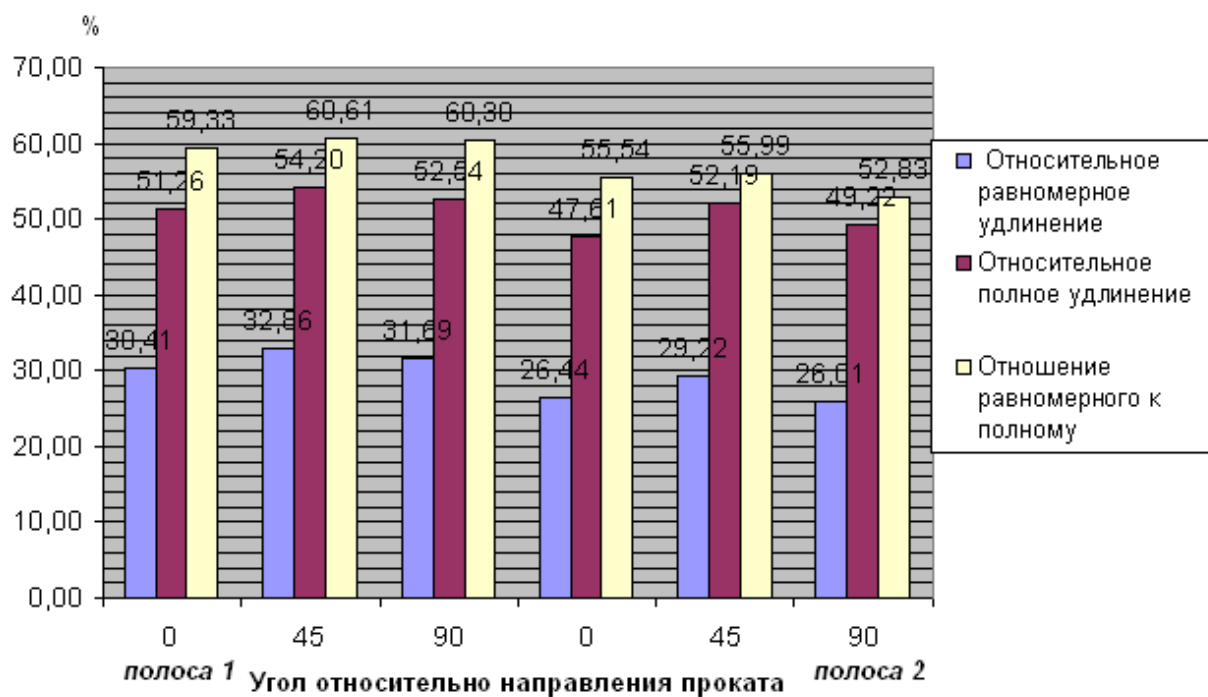


Рисунок 31 – Относительные удлинения: равномерное, полное и их отношение

Таблица 4 Показатели анизотропии

Номер ленты	Угол к направлению прокатки	Относительные удлинения, %			σ_m Предел текучести	σ_e Временное сопротивление	σ_m/σ_e Отношение предела текучести к временному сопротивлению	R Коэффициент анизотропии	n Показатель упрочнения	$R_{ср}$ Средний коэффициент анизотропии	λ степень плоскостной анизотропии
		δ_r Относительное равномерное удлинение	δ_n Относительное полное удлинение	δ_r/δ_n Отношение равномерного к полному							
1	0	30,41	51,26	59,33	419,07	778,23	0,54	0,80	0,27	0,92	0,24
	45	32,86	54,20	60,61	401,09	739,39	0,54	1,03	0,28		
	90	31,69	52,54	60,30	424,32	763,60	0,56	0,87	0,28		
2	0	26,44	47,61	55,54	503,68	823,41	0,61	0,79	0,23	1,14	0,41
	45	29,22	52,19	55,99	485,12	774,48	0,63	1,25	0,26		
	90	26,01	49,22	52,83	512,00	802,54	0,64	1,28	0,23		

4 Этапы выполнения дипломной НИР

4.1 Перечень работ

Комплекс подготовительных работ:

1. Изучение научно-технической литературы по теме исследования
 - a. ГПНТБ
 - b. Библиотека МГИСиС
2. Обоснование технико-экономической актуальности работы
3. Составление сметы затрат на выполнение работы
4. Разработка мер защиты от потенциальных опасностей и вредностей при проведении экспериментов
5. Разработка методики проведения эксперимента и обработки результатов
6. Заказ материалов и оборудования, подготовка их к проведению эксперимента

Проведение экспериментальных работ

1. Изготовление образцов
2. Проведение испытаний

Комплекс заключительных работ

1. Обработка полученных результатов, выводы по исследованию
2. Написание пояснительной записки
3. Выполнение графической части работы
4. Предварительная защита на кафедре
5. Внесение изменений в пояснительную записку, плакаты, чертежи
6. Защита дипломной работы

Таблица 5 Исходные данные для составления сетевого графика

N работ ы	Содержание работ	Номер предшеству ющих работ	Временные оценки в днях		Количе ство исполн ителей
			наимень шая	наибол ьшая	
1	2	3	4	5	6
1.	Составление литературного обзора.	-	10	15	1
2.	Разработка методики исследования	1	20	25	2
3.	Подбор исследуемого материала и анализ его свойств	1,2	3	5	2
4.	Изучение характеристик испытательного и металлорежущего оборудования	3	3	5	1
5.	Составление программ обработки для изготовления образцов и приспособлений	2,4	10	15	1
6.	Заказ и получение материала и инструмента	5	5	7	1
7.	Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности	6	2	3	1
8.	Расчет затрат на выполнение темы	7	5	6	1
9.	Наладка металлорежущего оборудования	5	3	4	1
10.	Изготовление приспособлений и образцов	9	3	5	1
11.	Проведение испытаний	10	2	10	2
12.	Обработка экспериментальных данных в программе Excel	11	3	10	1
13.	Анализ полученных результатов	12	5	15	1
14.	Выводы по проведенной НИР	13	2	5	1
15.	Оформление дипломной записки	14	40	42	1
16.	Оформление плакатов	15	3	5	1

4.2 Методика организации последовательности работ

В экономической науке можно выделить три основных направления, диалектически связанных друг с другом. Это собственно *экономика*, изучающая ресурсы, способы их распределения, управления ими и оптимизации этих процессов. Это *финансовое* направление, сосредоточенное на изучении функции денег и процессов, связанных с их движением. И это, наконец, *бухгалтерское* дело, определяющее правила взаимодействия между субъектами экономической деятельности, способы и порядок контроля за соблюдением этих правил. Специалист-экономист должен в равной мере владеть всеми этими аспектами и применять в зависимости от поставленных перед ним задач разные подходы. Для технического специалиста главным является максимально возможное владение экономическим направлением, хорошее знакомство с бухгалтерским и общее представление о финансовой деятельности. Изложенная ниже методика не является альтернативной числовым методам планирования, рекомендуется к применению при индивидуальной работе (или с привлечением минимального числа сторонних организаций (специалистов)), а также требует достаточно фундаментальных экономических знаний и (или) опыта практической деятельности.

Основной целью составления сетевого графика является оптимизация распределения ресурсов, главным из них является рабочее время дипломника. При выполнении настоящей работы все работы по подготовке и проведению исследования выполнялись одним человеком, уровень квалификации, доступность оборудования и опыт выполнения работ по обеспечению научно-исследовательских работ позволили это сделать. Основным консультантом при выполнении работ был руководитель проекта.

Для анализа затрат рабочего времени, оценки оптимальности его распределения, автором дипломной работы предлагается собственная методика, основанная на предыдущем образовании – философский факультет Томского государственного университета – и разработках в области Практической философии деятельности.

Краткое изложение концепции деятельности. Любую человеческую деятельность можно условно разделить на три диалектически связанных аспекта в соответствии с тремя этапами её реализации. Этапами достижения Цели являются Целеполагание, Движение и собственно Цель. Первый аспект, внутренний, Медитация: все три этапа осуществляются в Человеке, целью здесь могут быть концепции, знания о мире, прогнозирование развития каких-либо ситуаций и т. д. Второй аспект, процессный, Игра, первый этап происходит в Человеке, второй этап совпадает с третьим, то есть Целью является Движение (пример: спортивные игры, эксперименты), неявной конечной целью могут выступать и новые знания. Третий аспект, внешний, Труд, направлен непосредственно на изменение окружающей Человека среды, причем этой средой может выступать и сам Человек. Любая конкретная деятельность включает в себя все три аспекта в разных «массовых долях» и разных сочетаниях, аспекты могут иметь разветвленную, фрактальную структуру, ветвями которой являются все три этапа и связанные с ними указанные аспекты, только находящиеся на другом уровне.

Для анализа нашей работы не применяются сочетания этапов и аспектов, свойственных для реальной деятельности, но не связанных с научным поиском и исследованиями. Такие как чистый Труд, пример: работа токаря по изготовлению деталей по отработанной технологии из материала, прошедшего жесткий входной контроль. Такие как чистая Медитация, пример: любая религиозная деятельность. И чистая Игра, пример: спорт. Данные виды деятельности чистыми названы условно, так как включают и другие этапы и аспекты, но их «массовая доля» ничтожна.

Также не рассматриваются сочетания, связанные с поиском и получением новых знаний, но не применимые в нашем случае. Это, например, работа Кабинетного ученого, теоретика, практически не применяющего второй этап, Игру, то есть эксперименты. Или работа цехового технолога, проводящего технологические испытания полученного материала по стандартной методике, этап Медитации в этой деятельности выражен слабо.

Исключение не носит оценочного характера, то есть никакой вид деятельности не оценивается как более достойный, сложный или незначительный, это просто другая деятельность со своими правилами, традициями, целями.

Так, отбрасывая, мы постепенно пришли к деятельности исследователя-практика, которая, очевидно, должна включать в себя все три этапа (и три аспекта) в гармоничном сочетании. По собственному опыту и из различных литературных источников известно, что выполнение одновременно или непрерывно разных видов деятельности возможно, но при этом разные сочетания могут иметь как полезный, так и вредный эффект, в виде сокращения-увеличения суммарного времени, достижения более высоких - низких результатов. Как правило, оптимальным является цикл, соответствующий последовательности этапов, то есть начинающийся с Медитации, перетекающий в Игру, плавно переходит в Труд, результаты которого применяются в Медитации – цикл повторяется до достижения запланированного результата.

Также полезный эффект наблюдается при переключении с Медитации, выполняемой в пределах обдумывания какой-либо конкретной проблемы, на Труд или Игру, проводимые в рамках другой задачи. При этом поиск решения проходит на уровне пред- или подсознания и могут быть найдены совершенно неожиданные результаты. Важно! перед подобным переключением загрузить достаточное количество «топлива»: информации по проблеме.

«Медитация». Происходит в сознании Человека, субъектом и объектом этого аспекта деятельности является сам Человек, результат: Человек, обладающий новыми знаниями.

«Игра». Начинается в сознании Человека, субъектом является сам Человек, объектами могут быть сам Человек, другие люди, окружающая среда. Результат: новые знания, навыки, опыт, методики, технология.

«Труд». Начинается также в сознании Человека, субъектом является сам Человек, объектами чаще всего выступают части окружающей среды, другие люди, иногда сам Человек. Результат: новые (изменённые) объекты окружающей среды, Человек и другие люди, обладающие новыми знаниями, ценностями, мотивами.

На основании описанной методики применялся следующий порядок работы над темой:

Работа №1 (составление литературного обзора – «Медитация») проводилась параллельно с работами №№ 2, 4, 6, 7 и выполнялась вплоть до работы №13 (Анализ полученных результатов). Работа №5 (составление программ обработки), выполняемая после работы №4, обладает обратной связью с работой №2, которая, в свою очередь, связана с работой №3. Работа №9 (Наладка металлорежущего оборудования – «Труд») проводилась после работы №5. Только после выполнения работы №10 (изготовление образцов) последовательность выполнения работ приняла линейный характер, и деятельность вошла в оптимальный цикл. Анализ полученных результатов – составление черновых вариантов промежуточных результатов – формулировка промежуточных выводов – повторение цикла до получения запланированного результата.

5 Расчет сметы затрат

5.1 Калькуляционные статьи расходов

Материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В данной дипломной НИР были использованы сплав Х20Н80-Н – 100 г. стоимостью 530 р. за килограмм. Затраты на материал равны:

$$З_{\text{м}} = 530 \cdot 0,1 = 53 \text{ р.}$$

Применялась твердосплавная фреза, стоимостью 2000 рублей, износ инструмента при выполнении работы 5%. Затраты на инструмент:

$$З_{и}=2000 \cdot 5\%=100 \text{ р.}$$

$$З_{общ} = 53 + 100 = 153 \text{ р}$$

Фонд заработной платы научно-технического персонала

Заработная плата руководителя темы и консультантов может быть вычислена по формуле:

$$ЗП = \frac{A \cdot B \cdot 10}{900},$$

где ЗП - заработная плата научно технического персонала, р;

А - месячный оклад, р;

В - количество рабочих часов на руководителя работы или на консультацию по теме, ч;

10 - количество рабочих месяцев в году (для преподавателей);

900 - годовая учебная нагрузка преподавателя, ч;

В = 25 ч - для руководителя в месяц;

В = 10 ч - для консультанта в месяц

Следующие затраты на заработную плату фактически не производились, в расчет включены для оценки стоимости НИР для общества в целом. Заработная плата исполнителя при работе в качестве программиста-наладчика-оператора станка с ЧПУ и испытательной машина определяется как среднеарифметическое по средним зарплатам для указанных специальностей по Москве в 2008 году и составляет около 30000 рублей. Часовая ставка при этом составляет около 150 рублей.

Данные для расчета фонда заработной платы научно-технического персонала сведены в таблицу 3. Дополнительная ЗП берется 20 % от фонда основной ЗП; отчисление на социальные нужды составляет 35,6 % от суммы основной и дополнительной ЗП.

Таблица 6 Расчет заработной платы исполнителей

Должность	Месячный оклад, р.	Фактически отработанное время, ч.	Основная ЗП, р.	Дополнительная ЗП', р.
Руководитель	6500	25	1805	289
Исполнитель (при работе на оборудовании)	30000	40	6000	300
Исполнитель	500	400	2222	444
Консультант по БЖД	3500	3	116	23
Консультант по ЭиУП	3500	3	116	23
Консультант по метрологии	3500	3	116	23

Общая сумма заработной платы11477 р.

Отчисление на социальные нужды.....4086 р.

Итого заработная плата с отчислением15563 р.

Затраты на электроэнергию

Производится расчет только стоимость электроэнергии, расходуемой на технологические нужды в связи с проведением исследований, поскольку затраты на освещение, отопление и т.д. учитываются в накладных расходах.

Расход электроэнергии определяется по паспортам электроприборов.

Расчет затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$З_э = \sum_{i=1}^n N_i \cdot T_i \cdot Ц \cdot K_i,$$

где N_i - мощность электроприбора по паспорту, кВт;

K_i - коэффициент использования мощности оборудования;

T_i - время использования электрооборудования, ч;

$Ц$ - цена одного кВт*ч, р.

Цена одного кВт*ч электроэнергии составляет 4,22 р.

Расчеты затрат на электроэнергию сведены в таблице 7

Таблица 7 Расчет затрат на электроэнергию

Наименование приемника электроэнергии	Потребляемая мощность, кВт	Время работы, ч.	Коэффициент использования мощности	Затраты, р.
Фрезерный станок ТМ-1	15	2	0,20	25,32
Испытательная машина Н100KS	0,5	4	0,9	7,6
ПЭВМ	0,5	200	0,96	405,12
Итого				438,04

Расчет амортизационных отчислений

Сумма амортизационных отчислений рассчитывается по формуле:

$$A = \sum_{i=1} \cdot C_i \cdot a_i \cdot t_i / T_i,$$

где A - величина амортизационных отчислений, р.;

C_i - цена оборудования, р.;

a_i - норма амортизации, %;

t_i - время затраченное под НИР, ч;

T_i - годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Все данные амортизационных отчислений сведены в Таблица

Таблица 8 Величина амортизационных отчислений

	Стоимость , р	Годовой фонд работы оборудования, ч.	Время занятое под НИР, ч	Норма амортизации, %	Величина амортизации, р
Фрезерный станок ТМ-1	1 300 000	8000	2	20,0	65
Испытательная машина Н100KS	800 000	2000	4	20,0	320
ПЭВМ	18000	1500	30	12	4320
Итого					4705

Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя: ЗП работников других подразделений института, не имеющих прямого отношения к выполнению темы, но обслуживающих научных работников; управление и хозяйственное обслуживание. Их величина в МИСиС по работам, выполняемым в рамках НИР, составляет в последние годы 60 % от фонда основной и дополнительной ЗП основного персонала. Размер накладных расходов в Объединенном центре исследований и разработок также принят равным 60% от фонда основной и дополнительной заработной платы основного персонала.

$$НР = 0,6 \cdot \Phi ЗП ,$$

где НР - накладные расходы, р;

ФЗП - фонд ЗП основного персонала, р.

$$НР = 0,6 \cdot 15563 = 9338 \text{ р.}$$

5.2 Составление плановых и отчетных калькуляций.

Экономический эффект

Калькуляция себестоимости дипломной исследовательской работы приведена в таблице 9

Таблица 9 Калькуляция себестоимости НИР

Статьи затрат	Сумма, р	Фактические затраты, % к общей стоимости работ
Затраты на материал	153	0,5
Затраты на основную и дополнительную заработную плату производственного персонала и отчисления на социальные нужды	15563	51,5
Электроэнергия	438	1,45
Накладные расходы	9338	30,1
Амортизационные отчисления	4705	15,55
Итого	30197	100

Данное исследование имеет прямой и косвенный экономический эффект. Прямой эффект выражается в снижении затрат на подогрев алюминиевых слябов перед прокаткой. Увеличение высоты рельефной формовки приведет к увеличению площади нагревателя, изменение угла между ребрами и длинной осью нагревателя переведёт ламинарный поток воздуха с зонами застоя в турбулентный и увеличит интенсивность перемешивания потоков. Всё это приведёт к увеличению интенсивности теплосъёма и позволит либо уменьшить силу тока, либо ускорить прохождение слябов через зону нагрева, а также увеличит гибкость технологического процесса. Точное определение экономического эффекта требует проведения дополнительных расчетов в области газодинамики и

тепломассообмена, выполнения замеров непосредственно на технологической линии или проведения модельных экспериментов.

Косвенный экономический эффект выражается в повышении капитализации в области интеллектуального капитала. К сожалению, нам неизвестны существующие на данный момент в России методики оценки интеллектуального капитала (и есть ли они вообще). Можно лишь приблизительно оценить повышение стоимости труда специалиста, владеющего достаточно глубокими знаниями в области анизотропии листового материала и её влиянии на параметры листовой штамповки. Стоимость труда технолога, способного адекватно определить влияние анизотропии на указанные параметры, на рынке труда выше на 5-10 тысяч, стоимость же труда является прямой функцией от размера прибавочной стоимости, создаваемой работником. Материалы исследования требуют дальнейшего изучения и обработки и могут быть использованы при подготовке следующих поколений кузнецов-штамповщиков без дополнительных затрат на изготовление образцов и проведение испытаний.

6 Техника безопасности при подготовке образцов и проведении испытаний. Мероприятия по охране окружающей среды при проведении работ

Раздел написан на основании «Правил по охране труда при холодной обработке металлов» (ПОТ РМ 006-97), введенных в действие с 1 августа 1998 года. Правила были разработаны на основе действующего законодательства, государственных стандартов, результатов изучения опасных и вредных производственных факторов, возникающих при проведении холодной обработке металлов. В данных правилах содержатся требования производственным зданиям и помещениям, размещению и конструкции производственного оборудования, а также к технологическим процессам холодной обработки металлов. Эти правила обязательны к применению при проведении исследования листового металла, выполняемого в рамках нашей дипломной работы, а именно: «... при проектировании, изготовлении, монтаже и наладке нового оборудования; эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте и модернизации действующего оборудования для холодной обработки металлов.

Согласно пункту 1.3 указанных Правил, при организации и эксплуатации участков холодной обработки металлов также должны соблюдаться действующие стандарты Системы стандартов безопасности труда (ССБТ) и другие нормативные правовые акты по охране труда, утвержденные в установленном порядке.

Планировка и содержание территории организации должны соответствовать требованиям санитарных, строительных и противопожарных норм проектирования и содержания промышленных предприятий.

Разработка технологической документации, организация и выполнение технологических процессов холодной обработки металлов должны соответствовать требованиям ГОСТ 3.1120 и указанных Правил.

Производственное оборудование, используемое для холодной обработки металлов, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.009, ГОСТ 12.2.049, ГОСТ 12.2.107 и указанных Правил.

Приспособления для холодной обработки металлов должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.029.

Применяемое электрооборудование, электроприборы и их эксплуатация должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.1.019, ГОСТ 12.1.030, Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), Правилам эксплуатации электроустановок потребителей и Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Системы защиты от статического электричества должны соответствовать ГОСТ 12.4.124.

Предельно допустимые концентрации веществ, выделяющихся при обработке в воздух рабочей зоны, не должны превышать значений, установленных ГОСТ 12.1.005 и нормативными правовыми актами Министерства здравоохранения России.

В пункте 1.9 указано, что планирование, организация и проведение работ должны предусматривать:

контроль за безопасностью выполнения работ и ответственность за нарушение требований безопасности;

рациональный выбор и размещение производственного оборудования и организацию рабочих мест;

соблюдение технологических регламентов, режимов труда, порядка обслуживания оборудования;

обучение и соблюдение требований профессионального соответствия при допуске к выполнению производственных операций;

устранение непосредственного контакта работающего с вредными веществами и ликвидацию опасных факторов;

автоматизацию и механизацию производственных процессов, применение устройств дистанционного контроля и управления;

применение средств коллективной и индивидуальной защиты;

рациональную организацию труда и отдыха.

Пункт 1.17 Правил указывает, что при разработке технологических процессов и конструировании основного и вспомогательного производственного оборудования необходимо обеспечить: отсутствие или минимальные выделения в воздух производственных помещений, в атмосферу и сточные воды вредных или неприятно пахнущих веществ; выделение тепловой энергии; образование шума, вибраций; снижение физических усилий и напряжения внимания и предупреждение утомляемости работников.

Порядок приготовления и хранения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) приведен в пункте 5 Правил. При изготовлении образцов применяется концентрат СОЖ Блейзер 4000, для его разбавления необходимо использовать пластиковую посуду: канистры и ведра, работы выполнять в очках и гидроизолирующих перчатках, хранение готовой СОЖ допускается только в специально предназначенных для этого канистрах ёмкостью 5 и 10 литров. Использованная СОЖ утилизируется вместе с отходами нефтепродуктов специализированной организацией. Согласно пункта 5.12 контроль СОЖ на масляной основе проводится не реже одного раза в месяц, эмульсии – не реже одного раза в неделю, синтетических и полусинтетических жидкостей – не реже одного раза в две недели. Также не реже одного раза в неделю должен проводиться анализ СОЖ на отсутствие микробов, вызывающих кожные заболевания. При использовании водных СОЖ контроль за биостойкостью должен производиться согласно ГОСТ 9.085 не реже

двух раз в десять дней. По пункту 5.13 антимикробная защита СОЖ осуществляется добавлением бактерицидных присадок.

В разделе 6 Правил приведены требования к производственному оборудованию. Пункт 6.1.3 указывает, что на оборудование для холодной обработки металлов должна быть нормативно-техническая документация, содержащая требования безопасности в соответствии с ГОСТ 12.2.003 и ГОСТ 2.601. Согласно пункту 6.1.12 основное и вспомогательное оборудование должно подвергаться периодическим техническим осмотрам и ремонтам в сроки, предусмотренные графикам, утвержденным в установленном порядке. Пункт 6.1.16 запрещает ремонтировать, чистить, смазывать оборудование без выполнения технических мероприятий, исключающих его самопроизвольное включение или самопроизвольное перемещение. Работа на неисправном оборудовании не допускается.

Движущиеся части оборудования должны иметь оградительные устройства (ограждения), отвечающие требованиям ГОСТ 12.2.062, обладающие достаточной прочностью и жесткостью, их крепление должно исключать случаи самооткрывания. Защита работающего на фрезерном станке HAAS TM-1 (Рисунок 32) и находящихся вблизи станка от отлетающей стружки и брызг СОЖ осуществляется установкой защитных устройств (экранов), которые ограждают зону обработки – металлические щиты с раздвижной дверцей, закреплённые на столе станка, – и её часть, в которой осуществляется процесс резанья – экраны из специального ударопрочного стекла, закреплённые на подвижной шпиндельной бабке станка.



Рисунок 32 – Фрезерный станок

Смена инструмента на указанном станке проводится в полуавтоматическом режиме – механический зажим освобождается посредством пневмопривода при нажатой кнопке смены инструмента. Блокировки исключают освобождение инструмента при вращении шпинделя, при включенной подаче, при недостаточном давлении воздуха в системе, при выключенном станке.

Управление станком осуществляется с пульта (Рисунок 33), на котором размещены кнопки для ввода программ обработки, ввода предварительных настроек, измерения инструмента, пуска в работу, маховик настроечных перемещений, остановки обработки, кнопка аварийного отключения, дисплей отображения информации. Удаленный пуск для этой модели станка не предусмотрен.

Приспособление для обработки образцов зажимается в станочные тиски, заготовки (пластины) крепятся специальными прижимами при выключенном вращении шпинделя, по окончании обработки инструмент отводится на безопасное расстояние (250 мм) вверх для установки следующей партии заготовок.

Смазка направляющих шариковых опор и широко-винтовых передач (ШВП) проводится перед началом рабочей смены через шприц-маслёнки.

После загрузки программы в станок был произведен пробный цикл работы на холостом ходу, согласно пункту 6.10.12.22 Правил.



Рисунок 33 – Пульт управления

Для раскроя заготовки (полосы) на карты применяются ручные рычажные ножницы, которые надежно закреплены на верстаке. Для зачистки заусенцев после раскроя и фрезерной обработки используются напильники, с ручками, изготовленными из специальной пластмассы.

К эксплуатации оборудования и выполнению технологических процессов холодной обработки металлов допускаются лица соответствующей профессии, специальности и квалификации, прошедшие обучение и инструктаж по охране труда. Руководители и специалисты должны иметь образование и профессиональную подготовку, соответствующую их должности, а рабочие – профессиональную подготовку в объеме

требований квалификационных характеристик и практические навыки в выполнении производственных операций. К выполнению работ, к которым предъявляются дополнительные требования по безопасности труда, допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие профессиональные навыки, прошедшие обучение безопасным методам и приемам ведения таких работ и получившие соответствующие удостоверения.

Все работники организации, независимо от степени участия в производственном процессе, обязаны в соответствии с характером выполняемых работ, регулярно проходить инструктаж на рабочем месте и проверку знаний по охране труда. Все проверки и инструктажи по охране труда должны фиксироваться в специальном журнале. Организацию обучения по охране труда и инструктаж следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004.

Для защиты от воздействия вредных и опасных производственных факторов при проведении исследования необходимо использование следующих средств индивидуальной защиты:

- при работе на фрезерном станке – спецодежда (куртка и брюки с масловлагостойкой пропиткой), спецобувь (ботинки с защитными мыском и стелькой, подошва из маслостойкой резины), специальные очки из ударопрочного стекла с боковой защитой от стружки и брызг, длинные волосы необходимо предохранить от попадания в зону обработки и перемещения рабочих и вспомогательных органов станка.
- при работе на испытательной машине – очки, халат.
- при работе на ручных ножницах – то же, что при работе на станке, кроме этого рекомендуется использовать хлопчатобумажные перчатки для защиты кожи рук от порезов.

Режим труда и отдыха – в соответствии с установленным в организации, где проводятся испытания. В Объединённом центре исследований и разработок правилами

внутреннего трудового распорядка установлена рабочая неделя продолжительностью 40 часов, рабочий день продолжительностью 8 часов – с 9-30 до 18-30.

Выводы и рекомендации по результатам научно-исследовательской работы

1. Проведены испытания образцов, вырезанных в трёх направлениях относительно направления прокатки (под углом 0, 45 и 90°) из ленты двух партий (сплав Х20Н80-Н). В результате испытаний получены следующие показатели механических свойств и соотношения между ними.

Первая лента. Предел текучести составил в зависимости от угла вырезки:

$$\sigma_m(0)=419 \text{ МПа} \quad \sigma_m(45)= 401 \text{ МПа} \quad \sigma_m(90)=424 \text{ МПа}$$

Временное сопротивление разрыву

$$\sigma_{\sigma}(0)= 778 \text{ МПа} \quad \sigma_{\sigma}(45)= \text{МПа} \quad \sigma_{\sigma}(90)= 763 \text{ МПа}$$

Коэффициент анизотропии

$$R(0)= 0,8 \quad R(45)= 1,03 \quad R(90)= 0,87$$

Относительное равномерное удлинение

$$\delta_p(0)= 30,5 \% \quad \delta_p(45)= 32,8 \% \quad \delta_p(90)= 31,7 \%$$

Относительное полное удлинение

$$\delta_n(0)= 51,3 \% \quad \delta_n(45)= 54,2 \% \quad \delta_n(90)= 52,5\%$$

Отношение этих величин

$$\sigma_m/\sigma_{\sigma}(0)= 0,54 \quad \sigma_m/\sigma_{\sigma}(45)= 0,54 \quad \sigma_m/\sigma_{\sigma}(90)= 0,56$$

$$\delta_p/\delta_n(0)= 59,3\% \quad \delta_p/\delta_n(45)= 60,6\% \quad \delta_p/\delta_n(90)=60,3\%$$

Значение этих показателей и их соотношений показали, что лента обладает наиболее благоприятным для местной формовки сочетанием пластических свойств под углом 45° к направлению прокатки.

Во второй ленте сочетания данных свойств для направления 45° менее благоприятно, чем в первой, но относительное удлинение и отношение $\delta_p/\delta_n(45)$ показывают, что в направлении 45° к направлению прокатки также можно достичь большей глубины рельефной формовки.

2. Для проверки полученных выводов были проведены эксперименты на модельном штампе. Вытяжные ребра штампа располагались под углом 45° к направлению прокатки. Была достигнута максимальная глубина формовки для этого штампа: $1,5+1,5=3$ мм, (под углом 90° максимальная глубина 2,4 мм до разрывов).

3. Полученные результаты позволяют дать рекомендации по изменению конструкции детали «Лента нагревателя». Предлагается изменить направление выступов (впадин) рельефной части нагревателя и расположить их под углом 45° к направлению проката. Это позволит увеличить площадь теплообмена нагревателя, повысит степень турбулентности теплоносителя (а, следовательно, и интенсивность теплосъема) и позволит уменьшить расход электроэнергии при сохранении тепловых параметров печи.

4. Результаты проведенного исследования можно рекомендовать для использования при разработке конструкции и технологии производства деталей с применением рельефной формовки. Для увеличения глубины рельефа рекомендуется по возможности применять вместо криволинейных участков прямые, при этом располагать ребрение перпендикулярно тому направлению в листе, в котором достигают максимума значения коэффициента анизотропии, относительное равномерное удлинение, отношение δ_p/δ_n , а отношение σ_m/σ_ϵ минимально.

Библиографический список

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. —520 с.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. Т. 4 – М.: Машиностроение, 1985—1987. 544 с.
3. Яковлев, С. П., Яковлев, С.С. Теория холодной штамповки анизотропных листовых материалов: учеб.пособие – Тула: Тульский государственный университет, 1996. – 103 с.;
4. Цой, Д. Н. Теория штамповки деталей в условиях плоского напряженного состояния из анизотропных материалов: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.03.05 / Д. Н. Цой. – М., 1994. - 31 с
5. Гречников, Ф. В., Зайцев В. М. Физико-механические основы интенсификации деформирования высокотекстурированных материалов: учеб. пособие – Самара : Изд-во СГАУ, 2006. – 129 с
6. Гук, С. В. Неравномерность пластической деформации холоднокатаных сталей повышенной прочности в процессах листовой штамповки : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук – М., 2006. – 24 с.
7. Яковлев, С.П., Кухарь, В.Д. Штамповка анизотропных заготовок. М., Машиностроение, 1986. – 136 с.
8. Чудин, В.Н., Яковлев, Б.С. Влияние плоскостной анизотропии на процесс вытяжки коробчатых изделий. //Кузнечно-штамповочное производство. 2003. №5. С. 8-11.
9. Чудин, В.Н. Вытяжка листовых изделий коробчатых форм. //Кузнечно-штамповочное производство. 2002. №6. С. 3-8.

10. Костылев, А.В., Кошелев, О.С. Экспериментальное построение кривых предельных деформаций листового металла. //Кузнечно-штамповочное производство. 2002. №6. С. 12-16.
11. Березин, И.В., Дегтерев, Н.Г. Выбор смазочного материала для листовой штамповки деталей из коррозионно-стойкой стали. //Кузнечно-штамповочное производство. 2004. №2. С. 35-39.
12. Костылев, А.В., Кошелев, О.С. Расчет устойчивости тонколистового металла в процессах штамповки деталей сложной формы. //Заготовительные производства в машиностроении. 2004. №12. С. 23-28.
13. Феофанова, А.Е. Экспериментальные исследования предельного формоизменения при листовой штамповке. //Заготовительные производства в машиностроении. 2004. №6. С. 19-22.
14. Каданников, В.В., Сухомлинов, Л.Г., Матвеев, А.Д., Швая, А.П. Технологические параметры обтяжки цилиндрических поверхностей тонким широким листом. //Кузнечно-штамповочное производство. 1989. №8. С. 24-27
15. Матвеев, А.Д. Предельная глубина ребер жесткости на листовом металле. //Кузнечно-штамповочное производство. 1969. №8. С. 16-20.
16. Гречников, Ф.В., Попов, И.П., Шляпугин, А.Г. Моделирование объектов в металлургии и обработке металлов давлением: учебное пособие. – Самара: Издательство СГАУ, 2007. – 96 с.
17. Попов, Е.А., Ковалёв, В.Г., Шубин, И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. – 480 с.
18. Арышенский, Ю.М., Гречников, Ф.В. Теория и расчёты пластического формоизменения анизотропных материалов. – М.: Металлургия, 1990. – 304 с.

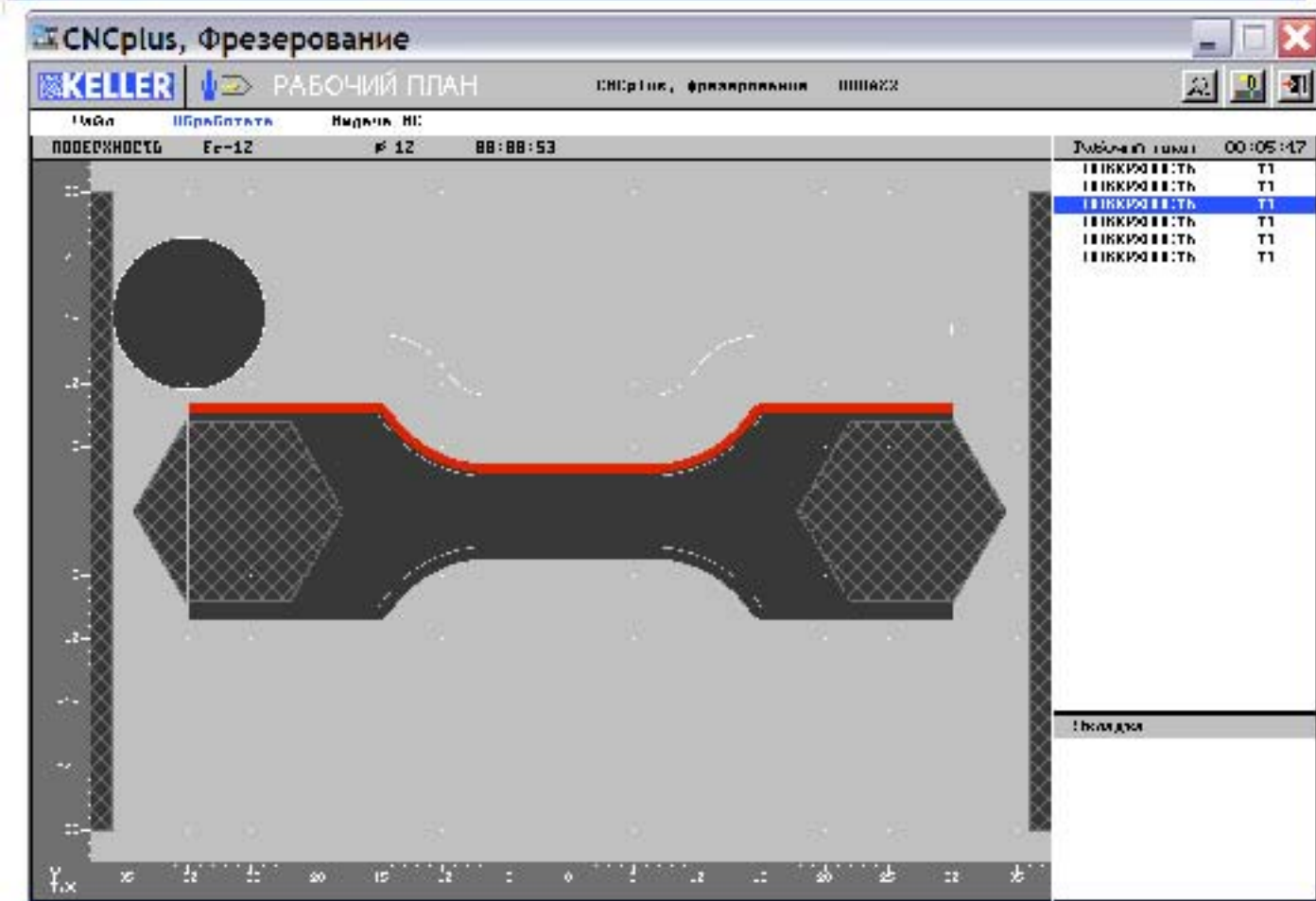
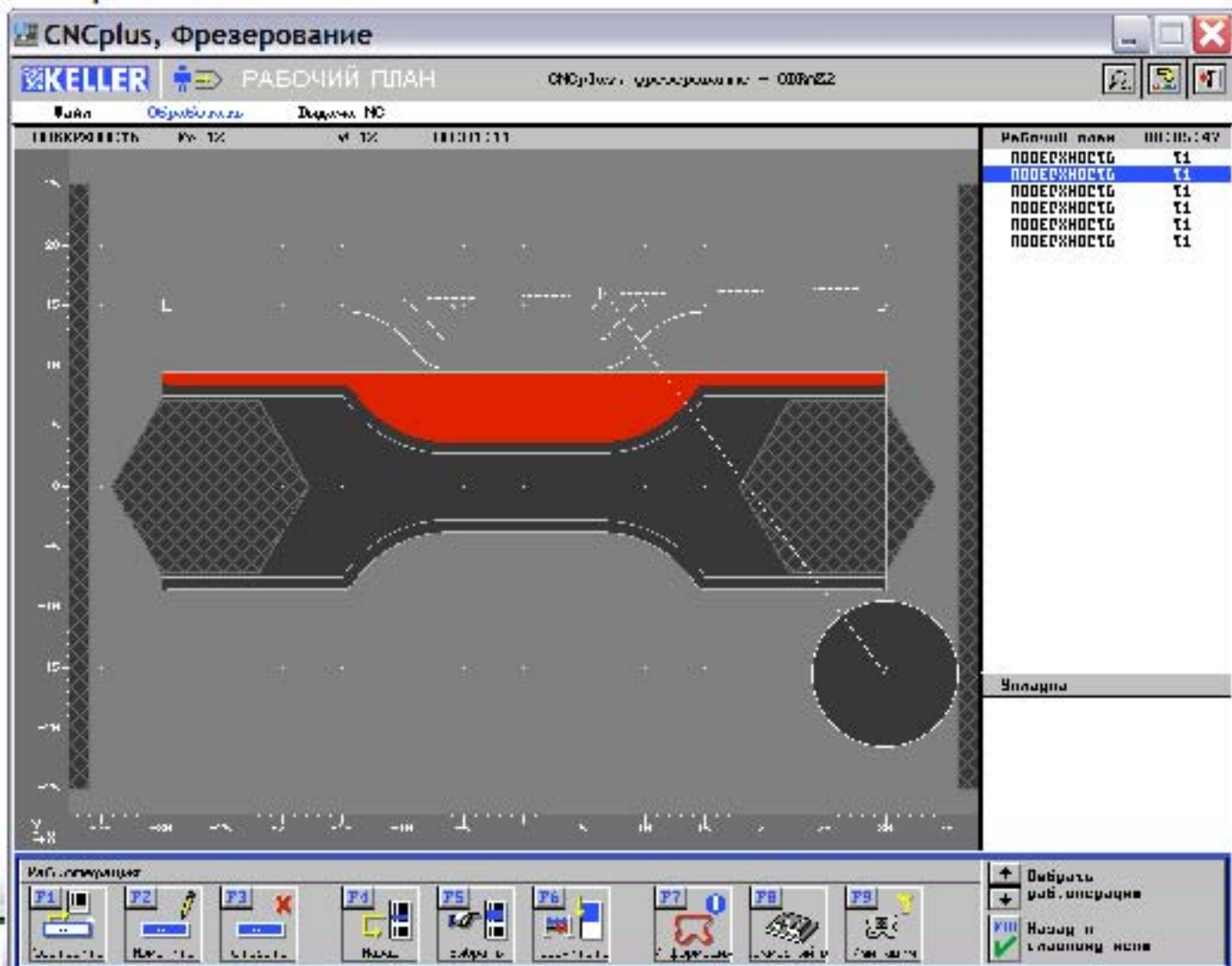
19. Гречников, Ф.В. Деформирование анизотропных материалов. – М.: Машиностроение, 1998. – 448 с.
20. Ашкенази, Е.К., Ганов, Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
21. Аверкиев, А.Ю. Современные методы испытания тонколистовых металлов на штампуемость. – Ростов-на-Дону, [б.и.], 1973. – 38 с.
22. Прасолов, П.Ф., Гольцев, В.Ю. Анизотропия механических свойств металлов: Учебное издание. – М.: МИФИ, 1995. – 60 с.
23. Цой, Д.Н. Основы теории пластических деформаций анизотропных материалов: Учебное пособие. – Алма-Ата: КазПТИ, 1989. – 62 с.
24. Материаловедение и технология металлов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 862 с.
25. Конструкционные материалы: Справочник. – М. Машиностроение, 1990. – 688 с.
26. Гуляев, А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1977. – 648 с.
27. Балакин, В.П., Панчев, С.В., Апатов, К.Ю. Исследование деформационных параметров рельефной формовки ленты из сплава Х20Н80-Н. //Кузнечно-штамповочное производство. 2002. №6. С. 12-16.
28. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжение. Издание официальное. Издательство стандартов, 1997.
29. ГОСТ 11701-84. Металлы. Методы испытания на растяжение тонких листов и лент. Издание официальное. Издательство стандартов, 1984
30. ГОСТ 12766.2-90. Лента из прецизионных сплавов с высоким электрическим сопротивлением. Издание официальное. Издательство стандартов, 1997

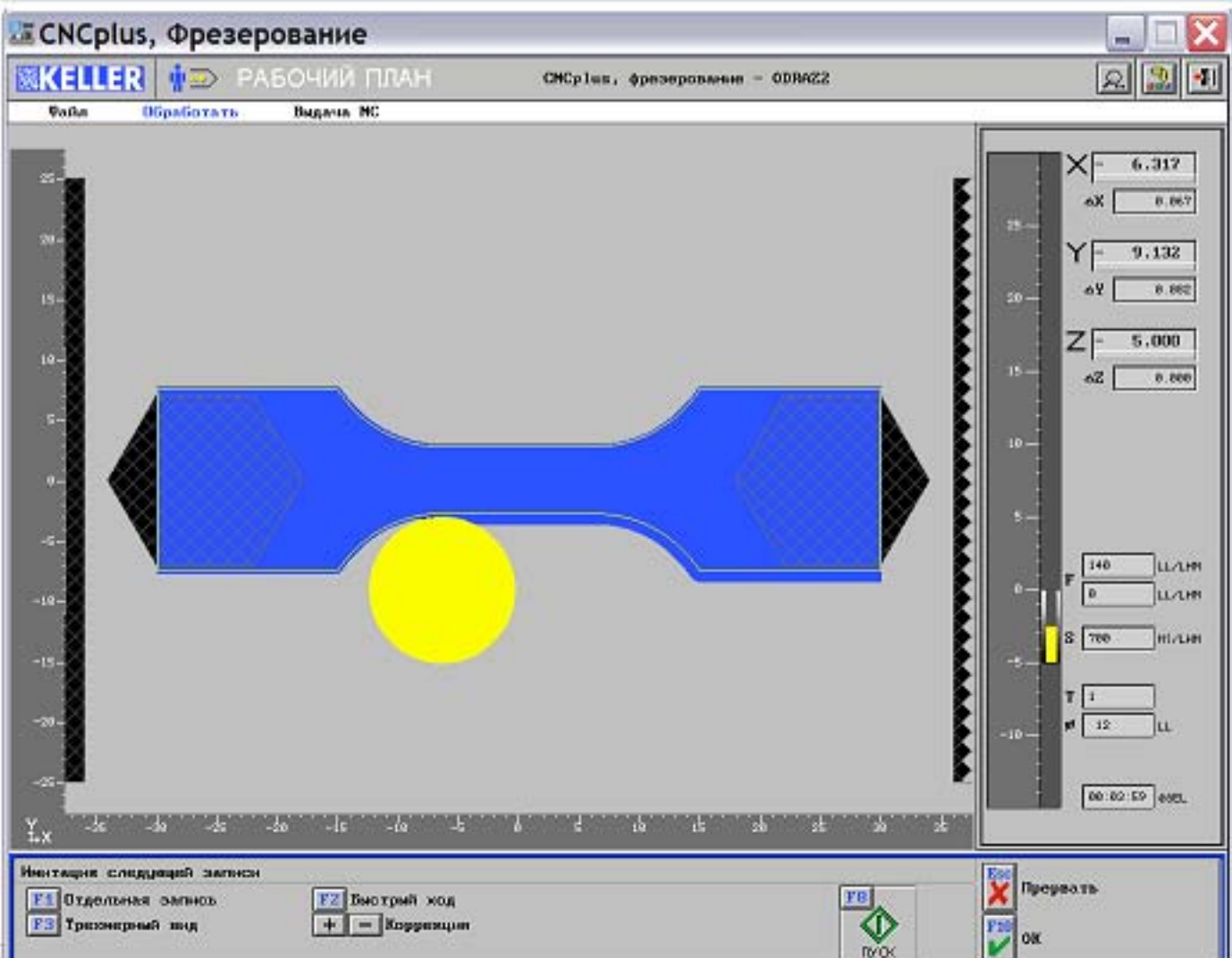
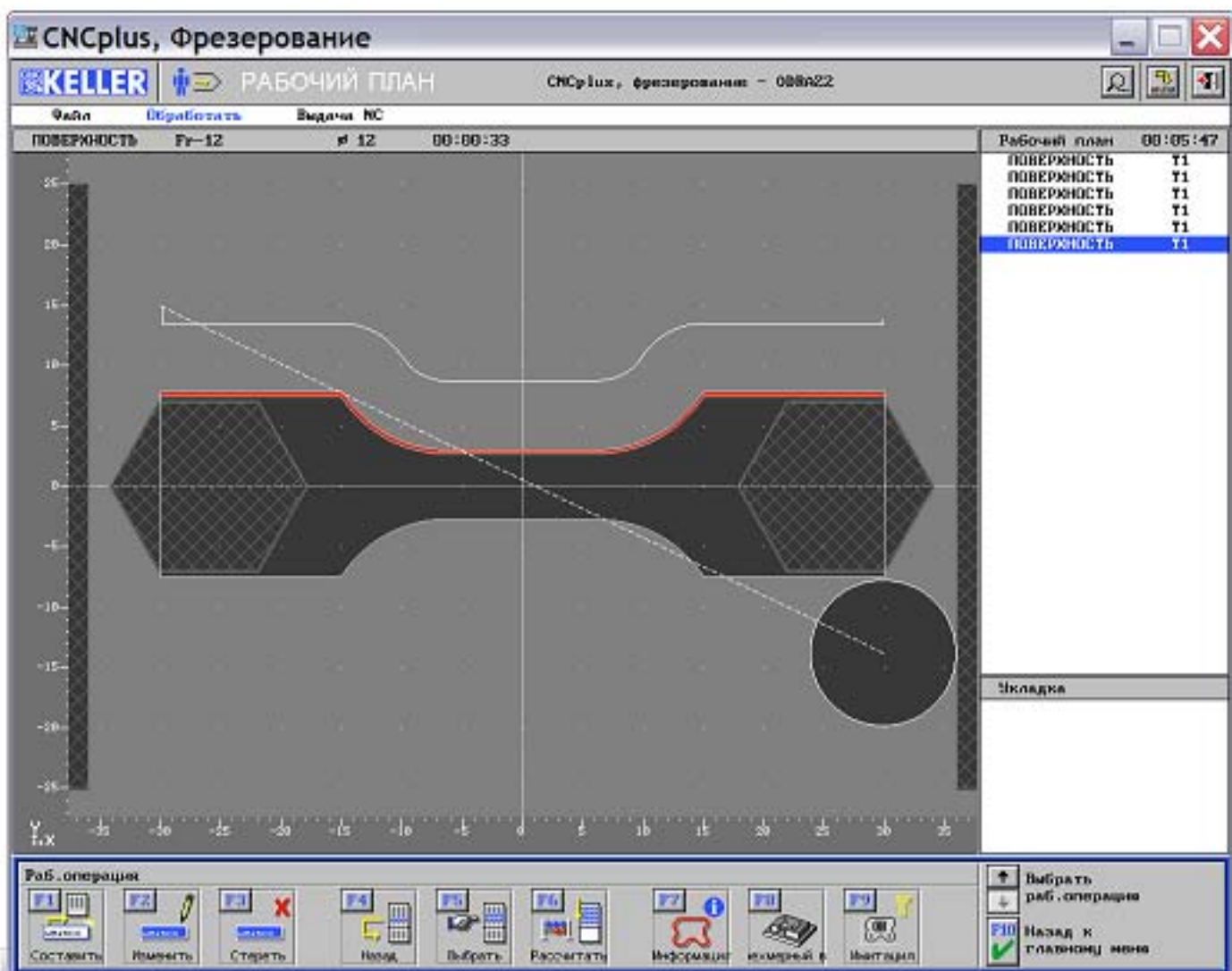
Приложение А

Таблица 1 Требования к сочетанию показателей анизотропии в зависимости от схемы деформирования и формы деталей.

Операция	Вид деформации	Форма детали	Рациональная величина показателей		Ориентация заготовки в зоне штамповки
			Нормальная анизотропия	Плоскостная анизотропия	
1	2	3	4	5	6
Вытяжка	Осесимметричная	Цилиндрическая Коническая Параболическая	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$	$\mu_{21} = \mu_1 = \mu_{12}$	Произвольная
				$\mu_{21} > \mu_1 > \mu_{12}$	Большая полуось направлена вдоль μ_{21}
	Ассиметричная	Эллиптическая Овальная	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$	$\mu_{12} > \mu_1 > \mu_{21}$	Большая полуось направлена вдоль μ_{12}
				$\mu_1 > \mu_{21} > \mu_{12}$ $\mu_1 > \mu_{12} > \mu_{21}$	Большая полуось направлена вдоль μ_1
		Квадратная Прямоугольная	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$	$\mu_{21} = \mu_{12} > \mu_1$ $\mu_{21} = \mu_{12} < \mu_1$	Заготовка располагается так, чтобы направление μ_{ijmax} совпадало с диагональю
Гибка	Изгиб моментом	Не учитывается	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{min}$	$\mu_{21} = \mu_1 = \mu_{12}$	Произвольная
				$\mu_{21} > \mu_1 > \mu_{12}$ $\mu_{12} > \mu_1 > \mu_{21}$	Линию гiba направлять вдоль μ_{21}
				$\mu_1 < \mu_{21} < \mu_{12}$	Линию гiba располагать перпендикулярно μ_{21}
	Стеснённый изгиб	Не учитывается	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{min}$	То же	То же
Поперечная обтяжка	Изгиб с растяжением	Не учитывается	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$	$\mu_{21} = \mu_1 = \mu_{12}$	Произвольная
				$\mu_{21} > \mu_1 > \mu_{12}$ $\mu_{12} > \mu_1 > \mu_{21}$	Линию гiba направлять вдоль μ_{21}
				$\mu_1 > \mu_{21} > \mu_{12}$	Линию гiba располагать под углом 45° к НП
Обтяжка с растяжением	Изгиб с растяжением	Не учитывается	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$	$\mu_{21} = \mu_1 = \mu_{12}$	Произвольная
				$\mu_{21} > \mu_1 > \mu_{12}$ $\mu_{12} > \mu_1 > \mu_{21}$	Растягивающее усилие направлять вдоль μ_{max}
				$\mu_1 > \mu_{21} > \mu_{12}$	Растягивающее усилие направлять под углом 45° к НП
Раздача	Осесимметричный	Цилиндрическая	$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{min}$	$\mu_{21} = \mu_1 = \mu_{12}$	Произвольная
Обжим	Осесимметричный		$\mu_{cp} \rightarrow \mu_{max}$		

Приложение Б





```

%
050005
( OBRASEZ H20N80-T )
( ODRAZ2 )
( MAGAZIN: TM1-ZIR )
G54
M00
( FR-12 )
G17 T01
F120. S600 M03
G90 G00 X-6.326 Y-16.5
G43 G00 Z0.12 H01 M08
G01 Z-5.0 F68.
G01 Y-15.5 F120.
G03 X-5.538 Y-14.55 I-8.674 J8.0
G01 X5.538
G03 X6.326 Y-15.5 I9.462 J7.05
G01 X-10.064
G03 X-7.117 Y-12.621 I-4.936 J8.0
G02 X-6.25 Y-12.15 I0.867 J-0.563
G01 X6.25
G02 X7.117 Y-12.621 I0.0 J-1.034
G03 X10.064 Y-15.5 I7.883 J5.121
G00 Z25.1
G00 X-29.9 Y-16.5
G01 Z-5.0 F68.
G01 Y-15.5 F120.
G01 Y-14.601
G03 X-28.9 Y-14.5 I-0.1 J5.999
G01 X-15.0
G03 X-9.13 Y-11.313 I0.0 J7.0
G02 X-6.25 Y-9.75 I2.88 J-1.871
G01 X6.25
G02 X9.13 Y-11.313 I0.0 J-3.434
G03 X15.0 Y-14.5 I5.87 J3.813
G01 X28.9
G03 X29.9 Y-14.601 I1.1 J5.898
G01 Y-15.5
G01 Z0.1 F68.
G00 Z25.0
F120. S600 M03
G00 X6.326 Y16.5
G00 Z-5.0
G01 Y15.5
G03 X5.538 Y14.55 I8.674 J-8.0
G01 X-5.538
G03 X-6.326 Y15.5 I-9.462 J-7.05
G01 X10.064
G03 X7.117 Y12.621 I4.936 J-8.0
G02 X6.25 Y12.15 I-0.867 J0.563
G01 X-6.25
G02 X-7.117 Y12.621 I0.0 J1.034
G03 X-10.064 Y15.5 I-7.883 J-5.121
G00 Z1.1
G00 X29.9
G01 Z-5.0 F68.
G01 Y14.601 F120.
G03 X28.9 Y14.5 I0.1 J-5.999
G01 X15.0
G03 X9.13 Y11.313 I0.0 J-7.0
G02 X6.25 Y9.75 I-2.88 J1.871
G01 X-6.25
G02 X-9.13 Y11.313 I0.0 J3.434
G03 X-15.0 Y14.5 I-5.87 J-3.813
G01 X-28.9
G03 X-29.9 Y14.601 I-1.1 J-5.898
G01 Y15.5
G01 Z0.1 F68.
G00 Z1.0
F140. S700 M03

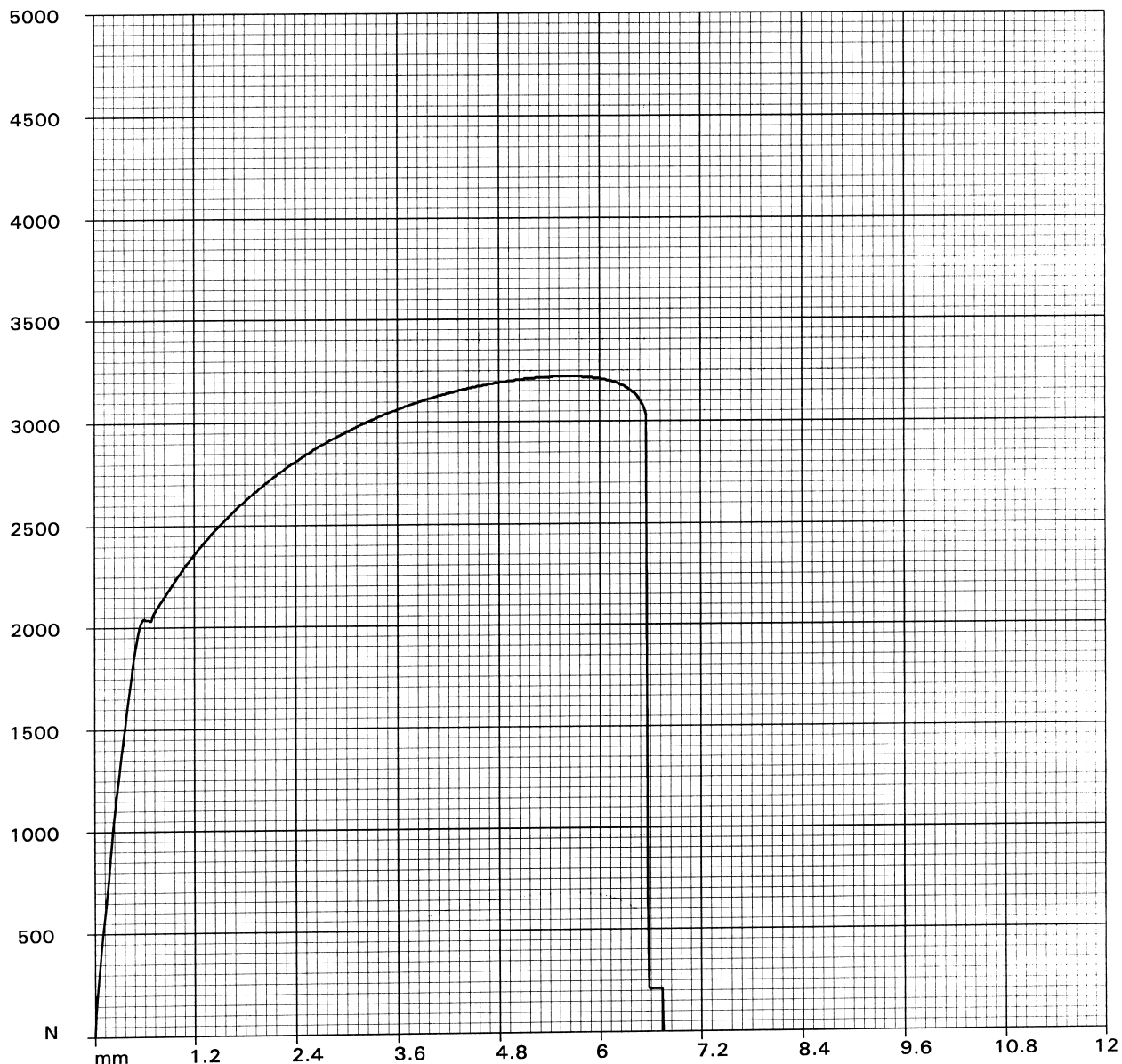
```

G00 X-29.883 Y15.601
 G00 Z0.12
 G01 Z-5.0 F68.
 G01 X-29.9 Y14.601 F140.
 G01 Y13.813
 G02 X-29.6 Y13.8 I-0.1 J-5.999
 G01 X-15.0
 G02 X-9.717 Y10.932 I0.0 J-6.3
 G03 X-6.25 Y9.05 I3.467 J2.252
 G01 X6.25
 G03 X9.717 Y10.932 I0.0 J4.134
 G02 X15.0 Y13.8 I5.283 J-3.432
 G01 X29.6
 G02 X29.9 Y13.813 I0.4 J-5.987
 G01 Y14.601
 G01 Z0.1 F68.
 G00 Z25.0
 F140. S700 M03
 G00 X-29.883 Y-15.601
 G00 Z-5.0
 G01 X-29.9 Y-14.601
 G01 Y-13.813
 G03 X-29.6 Y-13.8 I-0.1 J5.999
 G01 X-15.0
 G03 X-9.717 Y-10.932 I0.0 J6.3
 G02 X-6.25 Y-9.05 I3.467 J-2.252
 G01 X6.25
 G02 X9.717 Y-10.932 I0.0 J-4.134
 G03 X15.0 Y-13.8 I5.283 J3.432
 G01 X29.6
 G03 X29.9 Y-13.813 I0.4 J5.987
 G01 Y-14.601
 G01 Z0.1 F68.
 G00 Z1.0
 F140. S700 M03
 G00 X-29.883 Y-14.812
 G00 Z0.12
 G01 Z-5.0 F68.
 G01 X-29.9 Y-13.813 F140.
 G01 Y-13.5
 G01 X-15.0
 G03 X-9.968 Y-10.769 I0.0 J6.0
 G02 X-6.25 Y-8.75 I3.718 J-2.416
 G01 X6.25
 G02 X9.968 Y-10.769 I0.0 J-4.434
 G03 X15.0 Y-13.5 I5.032 J3.269
 G01 X29.9
 G01 Y-13.813
 G01 Z0.1 F68.
 G00 Z25.0
 F140. S700 M03
 G00 X-29.883 Y14.812
 G00 Z-5.0
 G01 X-29.9 Y13.813
 G01 Y13.5
 G01 X-15.0
 G02 X-9.968 Y10.769 I0.0 J-6.0
 G03 X-6.25 Y8.75 I3.718 J2.416
 G01 X6.25
 G03 X9.968 Y10.769 I0.0 J4.434
 G02 X15.0 Y13.5 I5.032 J-3.269
 G01 X29.9
 G01 Y13.813
 G01 Z0.1 F68.
 G00 Z1.0
 G00 Z200.0 M09
 G00 X150.0 Y150.0
 M30
 %

Hounsfield Test Report

H20N80-T 22
23.05.08 14.30
NOMER 31
Bogomanshin Igor.
Test Speed.....: 5.000{mm/min}

	Max MPa	Break MPa	Ext @ Brk mm	0.500 MPa	2.000 MPa	3.500 MPa	5.000 MPa	6.000 MPa	Thickness mm	Width mm
1	801.952	-47.681	6.560	494.628	676.798	762.218	798.692	797.551	0.720	5.680
2	806.744	-51.032	6.690	481.488	678.936	765.613	803.072	803.361	0.710	5.690
3	812.446	-43.305	6.680	487.575	684.146	771.542	809.051	808.223	0.710	5.670
4	801.971	-53.224	6.742	470.679	669.512	758.786	797.822	799.440	0.720	5.580
Mean	805.778	-48.810	6.668	483.593	677.348	764.540	802.160	802.144	0.715	5.655
Median	804.357	-49.357	6.685	484.532	677.867	763.915	800.882	801.401	0.715	5.675
td.Dev.	4.984	4.320	0.076	10.146	6.067	5.437	5.136	4.720	0.005	0.050



Данные измерения образцов															Показатели испытаний на растяжение																			
До деформации															После деформации																			
№ образца	Рабочая часть			Рабочая часть (ш. и т. измеряется по сер. квад., дл. по диагр.)								средние по направлениям									Показатель упрочнения			№ образца	Предел упругости			Предел текучести			Временное сопротивление			соотношение пределов
	Длина	Ширина	Толщина	Длина, определяется из условия постоянства объема				Ширина		Толщина		Длина	ширина	толщина	Удлинение равномерное, мм	Относительное равномерное удлинение, %	Удлинение полное, мм	Удлинение пластичное, мм	Относительное удлинение полное, %	Относительное удлинение полное среднее по направлениям	Отношение полного удлинения к равномерному	$n=\ln(1+\delta_p)$	Деформация, мм		Напряжение, Па	Усилие, N	Деформация, мм	Напряжение, Па	Усилие, N	Деформация, мм	Напряжение, Па	Усилие, N		
				Верх	Низ	ср. ариф.	Верх	Низ	Верх	Низ																								
1	12,50	5,58	0,73	16,33	16,26	16,29	4,95	4,97	0,63	0,63	16,30	4,96	0,63			3,80	30,41	6,75	6,29	50,32	51,26	59,33	0,27	1	0,46	432,1	1780	0,56	437,0	3220	5,60	790,5	1,81	
2	12,50	5,58	0,73	16,39	16,23	16,31	4,93	4,98	0,63	0,63								6,86	6,42	51,36				2	0,44	411,2	1650	0,48	405,1	3100	5,60	761,0	1,88	
3	12,50	5,59	0,73	16,32	16,32	16,32	4,96	4,96	0,63	0,63								6,81	6,45	51,56				3	0,36	397,0	1650	0,44	404,3	3125	5,76	765,8	1,89	
4	12,50	5,58	0,73	16,23	16,33	16,28	4,98	4,95	0,63	0,63								6,78	6,38	51,00				4	0,40	407,5	1675	0,48	411,2	3155	5,68	774,5	1,88	
5	12,50	5,57	0,73	16,23	16,36	16,30	4,97	4,93	0,63	0,63								6,91	6,51	52,06				5	0,40	437,8	1780	0,48	437,8	3250	5,60	799,3	1,83	
6	12,50	5,57	0,73								13,17					0,67	5,38		0,00	0,00		#ДЕЛ/0!	0,05	6		0,0			0,0			0,0		
7	12,50	5,57	0,73	16,50	16,36	16,43	4,89	4,93	0,63	0,63	16,46	4,90	0,63			3,96	31,69	6,79	6,35	50,81	52,54	60,30	0,28	7	0,44	430,4	1725	0,48	424,2	3120	5,84	767,3	1,81	
8	12,50	5,57	0,73	16,46	16,43	16,45	4,90	4,91	0,63	0,63								6,99	6,55	52,43				8	0,44	424,2	1730	0,50	425,5	3120	5,84	767,3	1,80	
9	12,50	5,57	0,73	16,36	16,63	16,50	4,93	4,85	0,63	0,63								7,16	6,71	53,68				9	0,45	418,1	1700	0,50	418,1	3100	5,90	762,4	1,82	
10	12,50	5,57	0,73	16,43	16,53	16,48	4,91	4,88	0,63	0,63								7,04	6,64	53,13				10	0,40	399,6	1650	0,45	405,8	3070	5,90	755,0	1,86	
11	12,50	5,58	0,73	16,39	16,49	16,44	4,93	4,90	0,63	0,63								7,04	6,58	52,67				11	0,46	448,0	1825	0,50	448,0	3120	5,84	765,9	1,71	
12	12,50	5,58	0,73								6,66	1,93	0,25			-5,84	-46,72		0,00	0,00		#ДЕЛ/0!	-0,63	12		0,0			0,0			0,0		
13	12,50	5,57	0,73								9,96	2,90	0,38			-2,54	-20,33		0,00	0,00		#ДЕЛ/0!	-0,23	13		0,0			0,0			0,0		
14	12,50	5,60	0,73								13,27	3,87	0,51			0,77	6,19		0,00	0,00		#ДЕЛ/0!	0,06	14		0,0			0,0			0,0		
15	12,50	5,58	0,73	16,60	16,87	16,73	4,87	4,79	0,63	0,63	16,61	4,84	0,64			4,11	32,86	7,10	6,74	53,94	54,20	60,61	0,28	15	0,36	392,8	1615	0,40	396,5	3005	5,70	737,7	1,86	
16	12,50	5,60	0,73	16,40	16,74	16,57	4,87	4,77	0,64	0,64								7,33	6,97	55,72				16	0,36	403,6	1660	0,38	406,1	3055	5,92	747,3	1,84	
17	12,50	5,59	0,73	16,63	16,37	16,50	4,87	4,87	0,63	0,64								7,02	6,60	52,83				17	0,42	399,4	1640	0,48	401,9	3010	5,76	737,6	1,84	
18	12,50	5,57	0,73	16,37	16,77	16,57	4,85	4,81	0,64	0,63								7,16	6,79	54,31				18	0,37	393,5	1610	0,37	396,0	3000	5,76	737,8	1,86	
19	12,50	5,58	0,73	16,66	16,66	16,66	4,85	4,85	0,63	0,63								6,99	6,66	53,25				19	0,33	397,7	1650	0,42	405,1	3000	5,76	736,5	1,82	
20	12,50	5,57	0,73	16,06	16,91	16,48	4,87	4,77	0,65	0,63								7,21	6,90	55,17				20	0,31	405,8	1650	0,33	405,8	3050	5,76	750,1	1,85	
21	12,50	5,58	0,72	15,94	15,94	15,94	5,00	5,00	0,63	0,63	15,81	5,06	0,64			3,31	26,44	6,47	5,97	47,78	47,61	55,54	0,23	21	0,50	510,3	2050	0,60	510,3	3355	5,44	835,1	1,64	
22	12,50	5,61	0,72	15,81	16,13	15,97	5,07	4,97	0,63	0,63								6,66	6,10	48,77				22	0,56	490,2	1975	0,60	489,0	3280	5,30	812,0	1,66	
23	12,50	5,68	0,72	15,69	15,79	15,74	5,09	5,06	0,64	0,64								6,77	6,25	50,02				23	0,52	501,3	2060	0,58	503,7	3360	5,25	821,6	1,63	
24	12,50	5,66	0,72	15,55	15,55	15,55	5,12	5,12	0,64	0,64								6,13	5,62	44,98				24	0,51	487,1	1980	0,54	485,9	3260	5,12	800,0	1,65	
25	12,50	5,73	0,72	15,74	15,92	15,83	5,12	5,06	0,64	0,64								6,33	5,81	46,51				25	0,52	527,2	2185	0,56	529,6	3500	5,20	848,4	1,60	
26	12,50	5,75	0,72								12,65					0,15	1,19	6,56	6,56	52,48		#ДЕЛ/0!	0,01	26		0,0			0,0			0,0		
27	12,50	5,73	0,72	15,57	15,50	15,53	5,02	5,04	0,66	0,66	15,75	4,99	0,65			3,25	26,01			0,00	49,22	52,83	0,23	27		0,0			0,0			0,0		
28	12,50	5,68	0,72	15,60	15,89	15,75	5,04	4,95	0,65	0,65								6,56	6,06	48,48				28	0,50	507,4	2100	0,60	513,5	3275	5,36	800,8	1,56	
29	12,50	5,69	0,71	16,36	16,26	16,31	4,90	4,93	0,63	0,63								6,69	6,15	49,20				29	0,54	514,								

Предел текучести	Временное сопротивление	Деформация, мм		Относительное предельное удлинение	коэффициент анизотропии					
Средние по направлению			соотношение пределов	удлинение	по образцам			средний по направлениям	средний по ленте	
419,1	778,2	5,6	1,86	45	верх	низ	средний			
					0,813	0,786	0,799	0,802	0,918	
					0,841	0,772	0,806			
					0,812	0,812	0,812			
					0,772	0,813	0,793			
					0,774	0,828	0,801			
424,3	763,6	5,9	1,80	47	0,884	0,828	0,856	0,866		
					0,870	0,856	0,863			
					0,828	0,940	0,884			
					0,856	0,898	0,877			
					0,841	0,882	0,861			
160,5	297,0							1,006		
240,9	444,5	5,8	1,85	46				1,002		
320,1	592,1							1,019		
401,1	739,4				0,924	1,036	0,980	1,025		
					1,062	1,219	1,140			
					0,936	1,048	0,992			
					1,052	0,996	1,024			
					0,952	0,952	0,952			
					1,157	1,052	1,105			
503,7	823,4	5,3	1,83	42	0,822	0,822	0,822	0,787	1,141	
					0,756	0,907	0,833			
					0,931	0,981	0,956			
					0,851	0,851	0,851			
					0,956	1,056	1,006			
512,0	802,5	5,5	1,57	44	1,520	1,475	1,497	1,277		
					1,169	1,345	1,257			
					1,250	1,199	1,225			
					1,584	1,515	1,550			
					0,764	0,898	0,831			
					0,928	0,928	0,928			
485,1	774,5	5,4	1,60	43	1,376	1,478	1,427	1,250		
					1,433	1,433	1,433			
					1,519	1,417	1,468			
					1,162	1,249	1,206			
					1,214	1,214	1,214			
					1,220	1,220	1,220			

- «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
- «МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ»

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛЕНТЫ ИЗ
НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА Х20Н80-Н (НИХРОМ)



Работу выполнил:
Студент гр. МО-02-1в
Богоманшин И.Г.

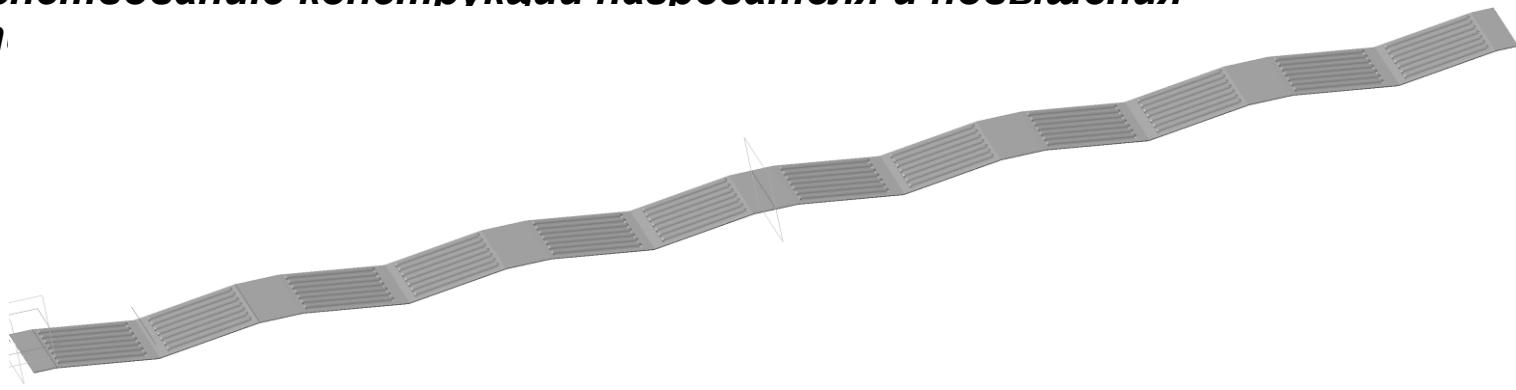
Научный руководитель:
к. т. н., доцент
Балакин В.П.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение анизотропии механических свойств ленты из сплава X20H80-H (нихром) для совершенствования конструкции нагревателя и повышения эффективности его работы

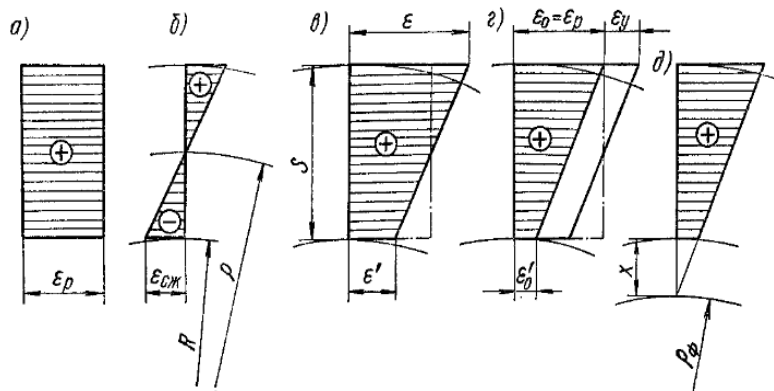
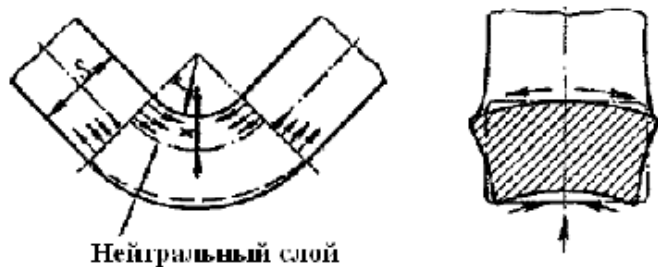
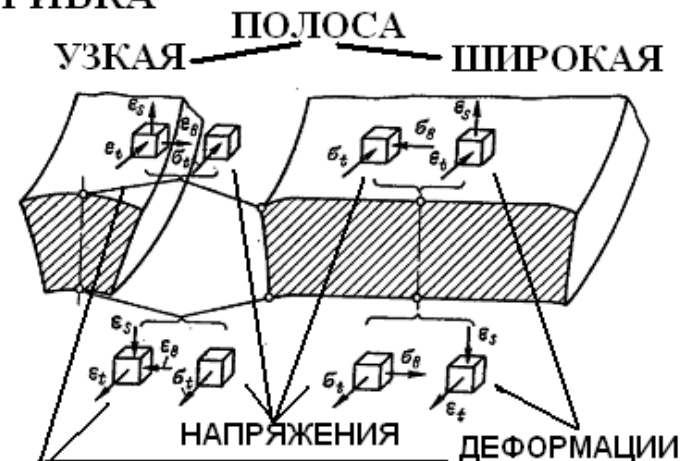
ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. **Анализ влияния анизотропии механических свойств на технологическую деформируемость металлов**
2. **Разработка методики проведения исследования механических свойств ленты из сплава X20H80-H в зависимости от направления**
3. **Разработка технологии изготовления образцов, оснастки и программ для фрезерного станка с ЧПУ**
4. **Экспериментальное определение прочностных и пластических свойств ленты в плоскости листа в трех направлениях относительно направления прокатки**
5. **Обработка и анализ полученных данных**
6. **Разработка рекомендаций на основе полученных результатов для совершенствованию конструкции нагревателя и повышения эффект**

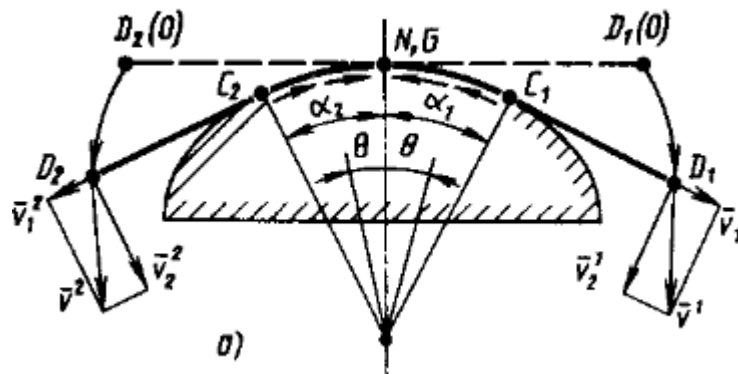


Операции листовой штамповки, ограничиваемые положительными (растягивающими) деформациями

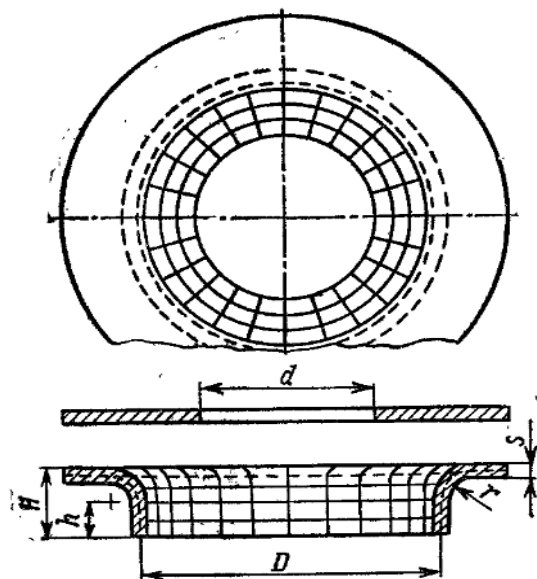
ГИБКА



Обтяжка

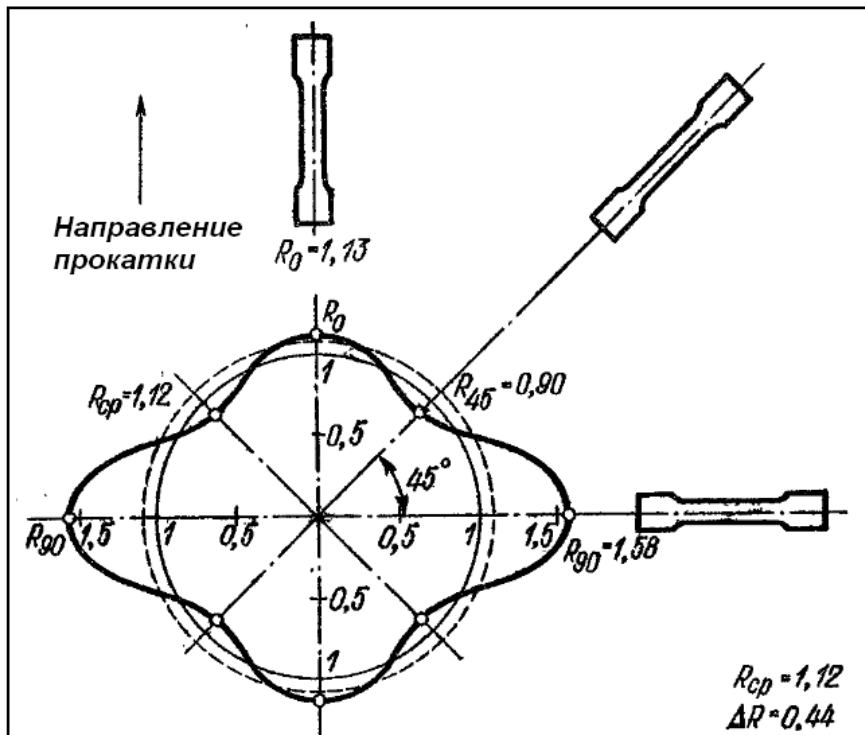


ОТБОРТОВКА



ОЦЕНКА АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Типовая схема построения диаграммы плоскостной анизотропии



среднее значение
коэффициента анизотропии

$$R_{cp} = 0,25(R_0 + R_{90} + 2R_{45})$$

$$R_{cp} = \frac{1}{3}(R_0 + R_{90} + R_{45})$$

$$R_{cp} = \frac{1}{5}(R_0 + R_{22.5} + R_{45} + R_{67.5} + R_{90})$$

$$R = \frac{\ln \frac{b}{b_0}}{\ln \frac{S}{S_0}} = \ln \frac{b}{b_0} : \ln \frac{l_0 b_0}{lb}$$

Степень плоскостной анизотропии

$$\Delta R = |R_{max} - R_{min}| / R_{cp}$$

ПОКАЗАТЕЛИ АНИЗОТРОПИИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ СТАЛЕЙ

Материал	Направление прокатки	Толщина материала, мм	Полное удлинение δ	Равномерное удлинение δ_p	Предел текучести σ_T	Предел прочности σ_B	Показатель упрочнения		Коэффициент анизотропии R
			%	%	МПа	МПа	$n(\delta_p)^*$	$n(\text{ГОСТ})^{**}$	
08Ю	0°	1,03	41,0	25,19	154	304	0,225	0,238	1,609
	90°	1,05	42,5	24,83	164	302	0,222	0,264	2,241
	45°	1,02	36,6	23,71	166	316	0,213	0,232	1,227
08пс	0°	0,91	41,4	24,80	204	336	0,222	0,272	1,688
	90°	0,91	39,0	23,61	194	332	0,212	0,214	2,110
	45°	0,90	39,7	23,24	207	348	0,209	0,235	1,206
08ЮПР	0°	0,89	27,3	18,57	286	398	0,175	—	2,320
	90°	0,90	30,1	19,88	286	496	0,181	—	1,330
	45°	0,89	27,3	19,11	285	407	0,175	—	1,040
08ГСЮТ	0°	0,90	27,0	18,20	310	456	0,167	—	0,803
	90°	0,90	26,9	17,76	325	454	0,163	—	0,891
	45°	0,90	26,4	17,39	314	446	0,160	—	0,867

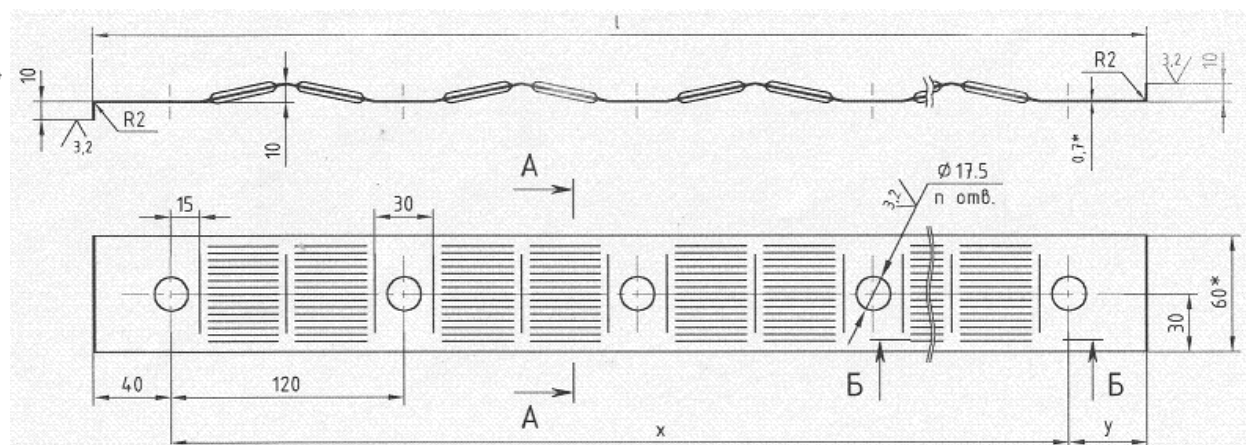
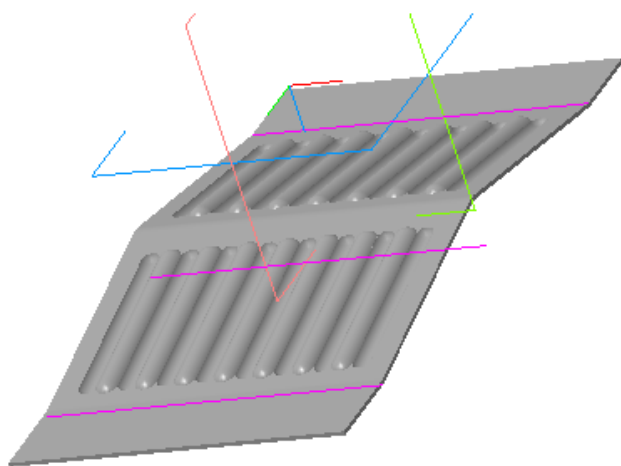
* Показатель упрочнения рассчитывается по формуле $n = \ln(1 + \delta_p)$.

** Показатель упрочнения рассчитывается по ГОСТ 11701—84 (приложение 2).

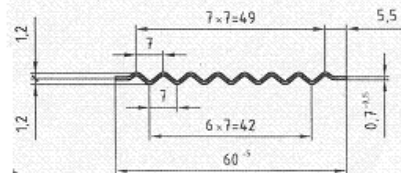
НАГРЕВАТЕЛЬ: МАТЕРИАЛ, КОНСТРУКЦИЯ, ЭЛЕМЕНТЫ

Физико-химические свойства исследуемого материала

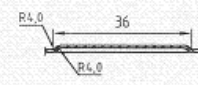
Исследуемый материал Х20Н80-Н относится к гомогенным жаростойким сплавам на никелевой основе (нихромы). Нихромы представляют собой сплавы никеля и хрома с минимальным содержанием углерода и других элементов, которые могли бы образовывать вторые фазы. Их структура это твердый раствор хрома и других элементов в никеле (гранецентрированная кубическая решетка).



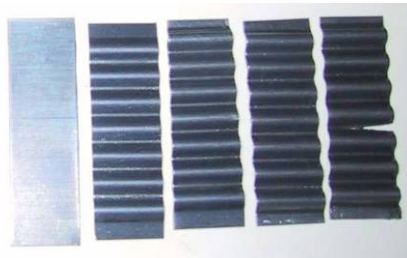
A-A (М 1:1) ⌚



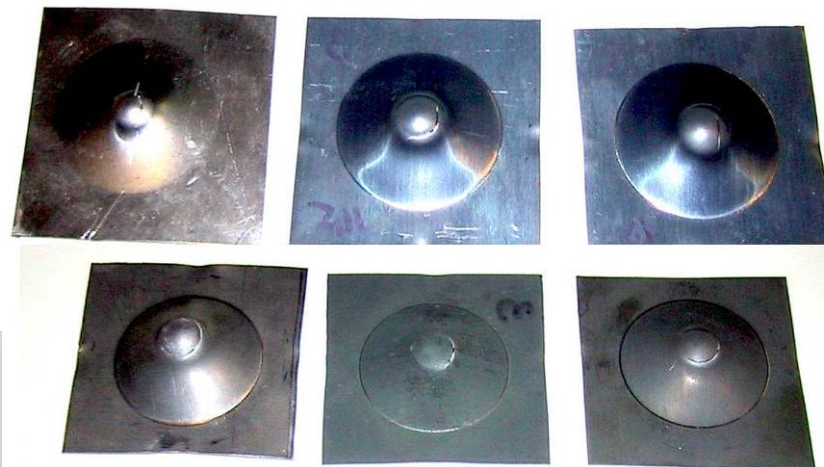
Б-Б (М 1:1) ⌚



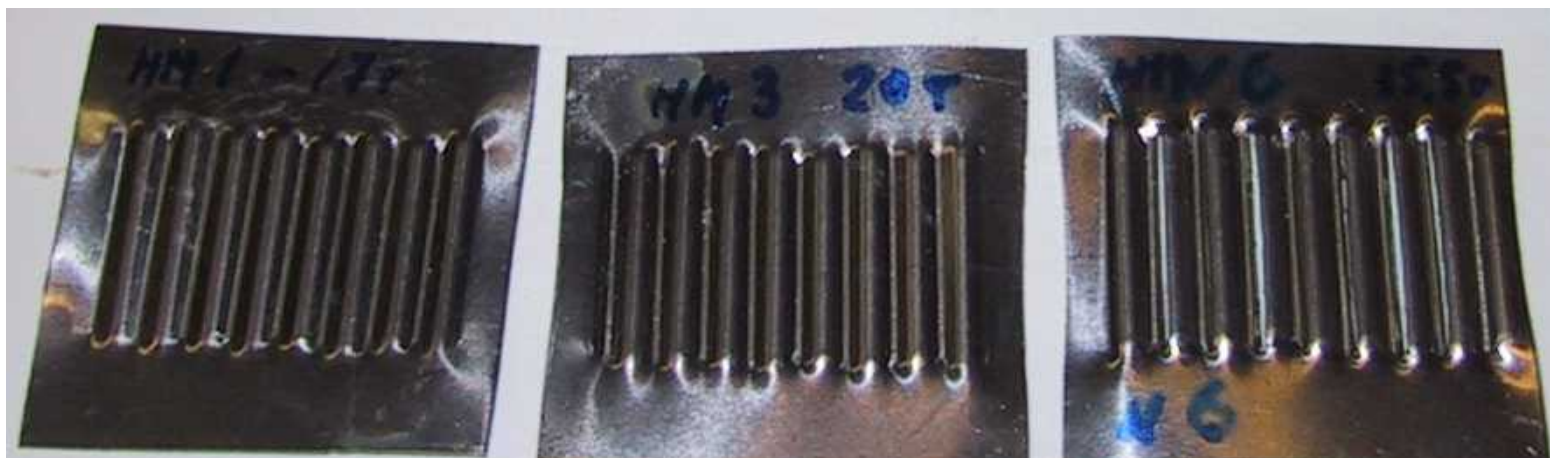
МОДЕЛЬНЫЙ ШТАМП



ИСПЫТАНИЯ ПО ЭРИКСЕНУ



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ ВЫТЯЖКИ В МОДЕЛЬНОМ ШТАМПе



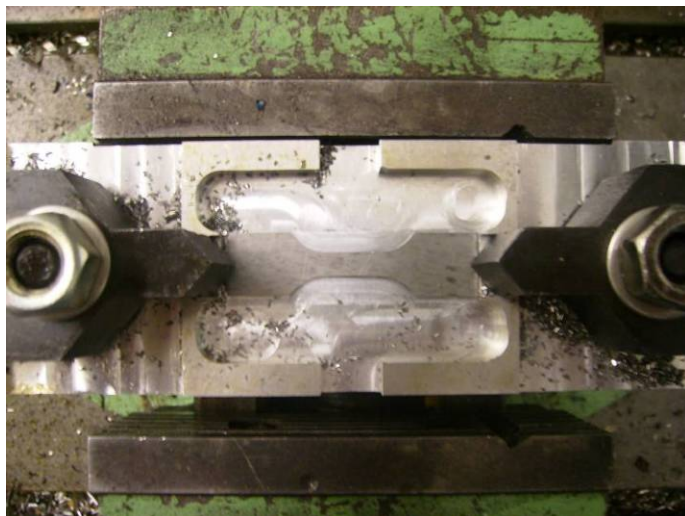
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБРАЗЦОВ. ОБРАЗЦЫ ДО ИСПЫТАНИЙ

Фрезерный станок с ЧПУ HAAS TM-1

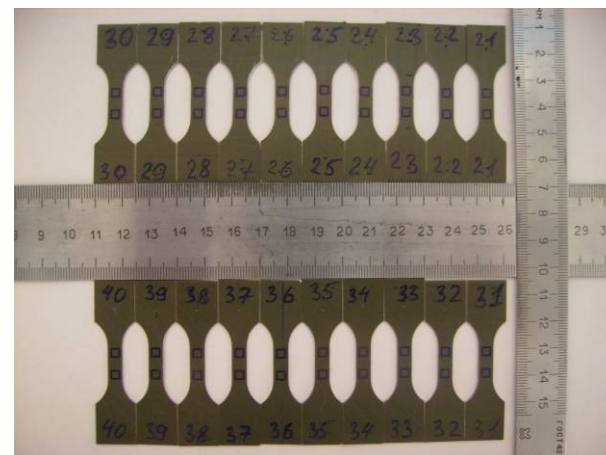
Нанесение разметки



Приспособление для зажима образцов



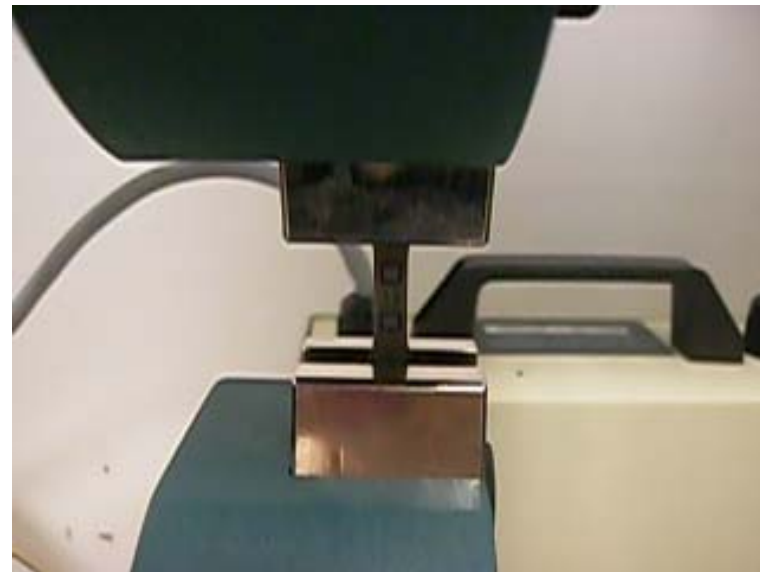
Готовые образцы



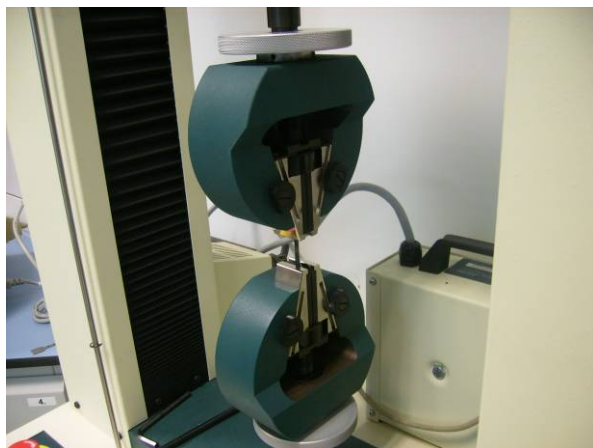
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ МАШИНА



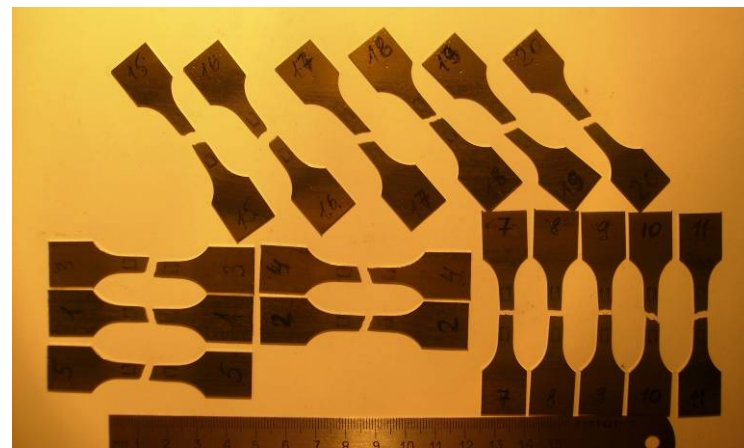
ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ



ЗАЖИМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ



ОБРАЗЦЫ

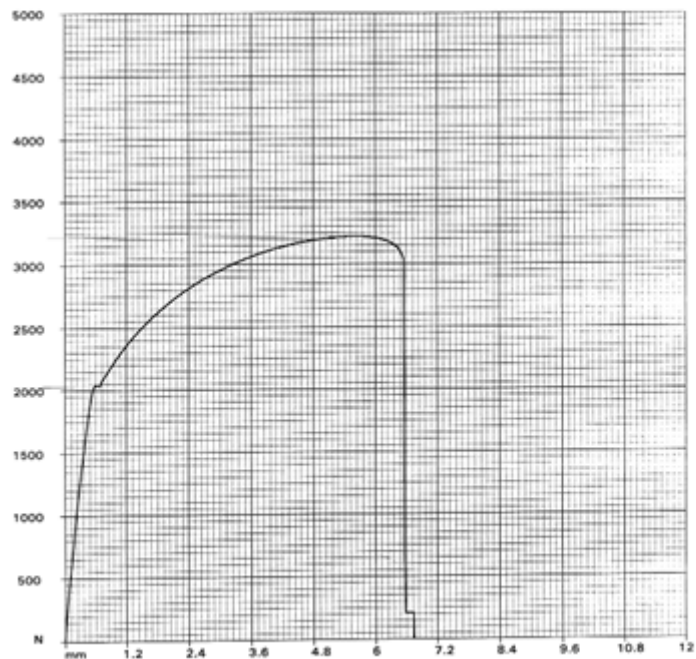


ОБРАБОТКА МАШИННОЙ ДИАГРАММЫ

Hounsfield
Test Report

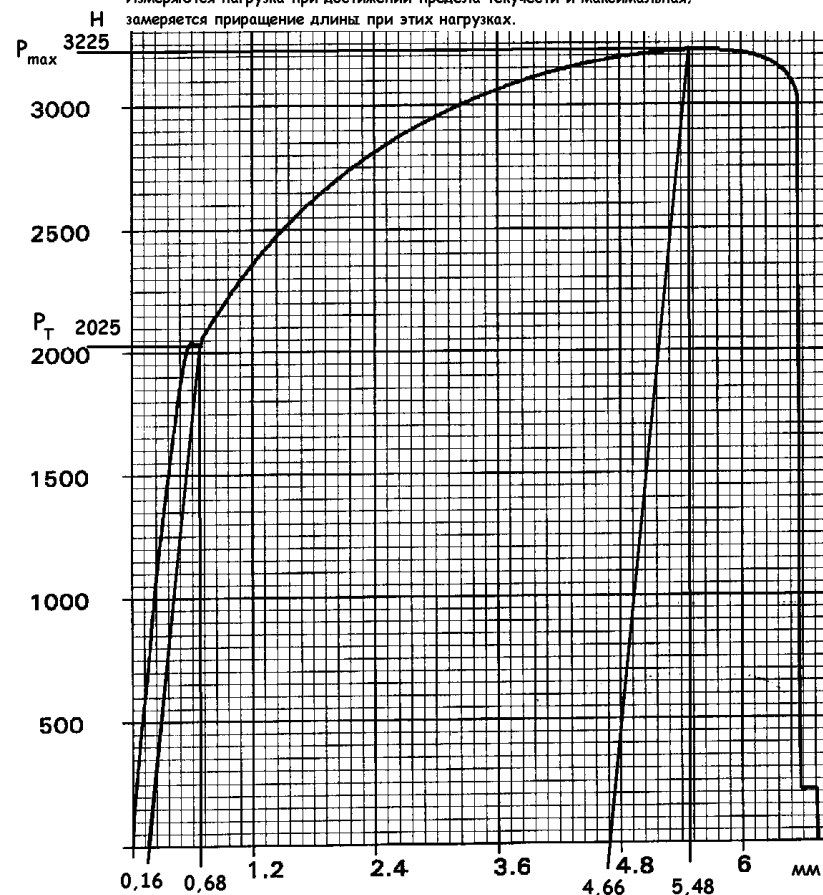
H20N80-T 22
23.05.08 14.30
NOMER 31
Bogomanshin Igor.
Test Speed.....: 5.000(mm/min)

	Max MPa	Break MPa	Ext @ Brk mm	0.500 MPa	2.000 MPa	3.500 MPa	5.000 MPa	6.000 MPa	Thickness mm	Width mm
1	801.952	-47.681	6.560	494.628	676.798	762.218	798.692	797.551	0.720	5.680
2	806.744	-51.032	6.690	481.488	678.936	765.613	803.072	803.361	0.710	5.690
3	812.446	-43.305	6.680	487.575	684.146	771.542	809.051	808.223	0.710	5.670
4	801.971	-53.224	6.742	470.679	669.512	758.786	797.822	799.440	0.720	5.580
Mean	805.778	-48.810	6.668	483.593	677.348	764.540	802.160	802.144	0.715	5.655
Median	804.357	-49.357	6.685	484.532	677.867	763.915	800.882	801.401	0.715	5.675
std.Dev.	4.984	6.320	0.076	10.146	6.067	5.437	5.136	4.720	0.005	0.050

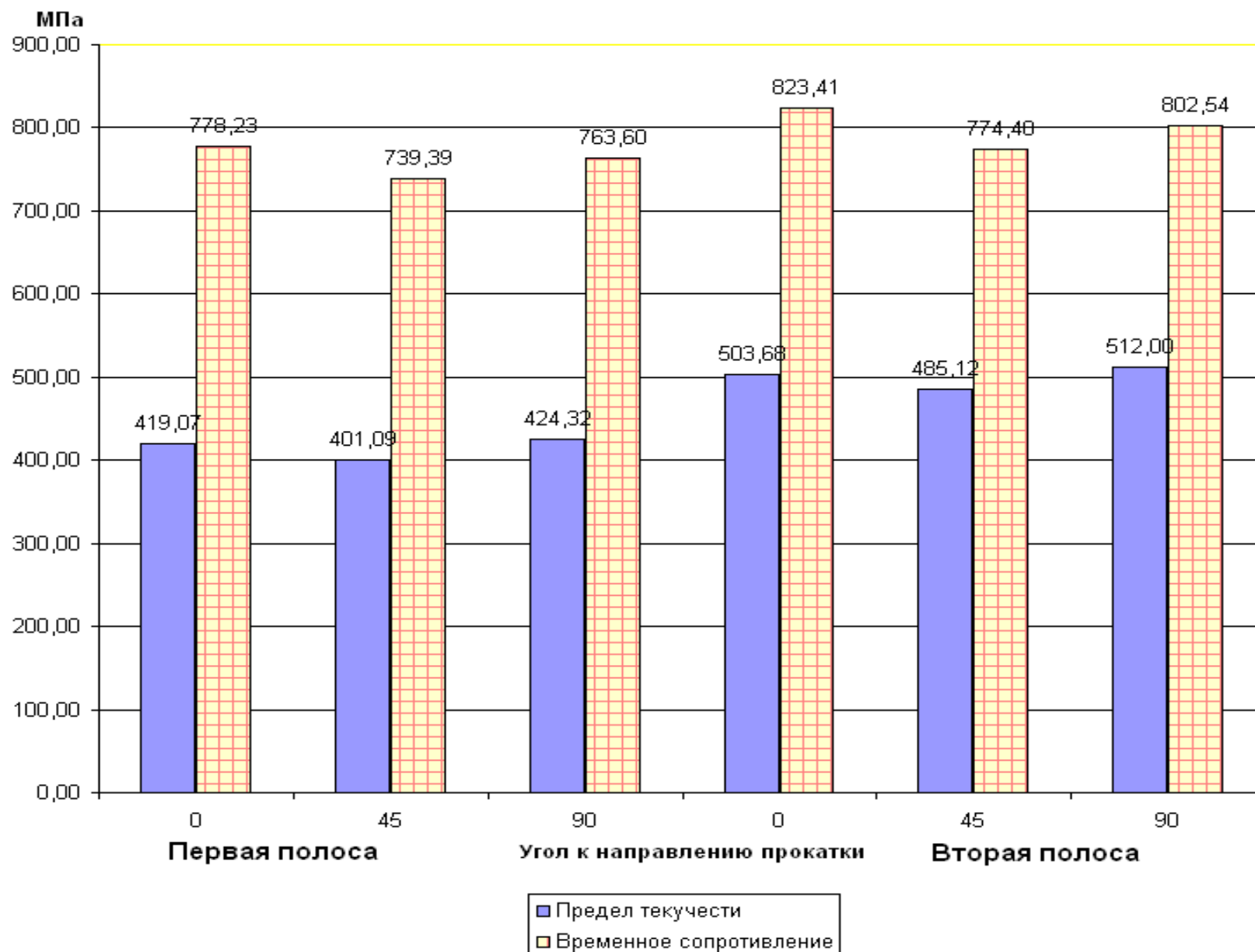


Данные, снимаемые с диаграммы, образец № 31

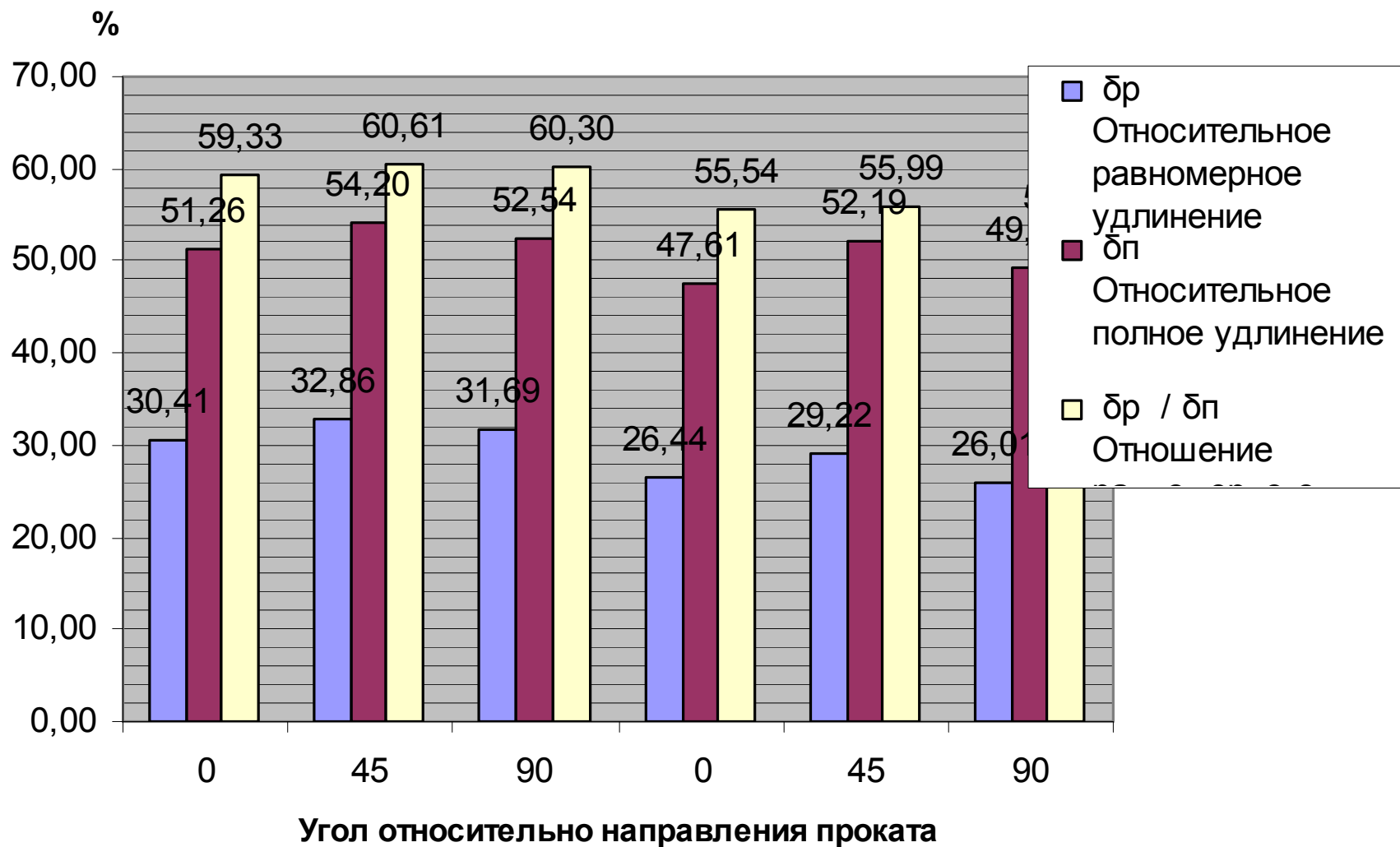
Измеряются нагрузка при достижении предела текучести и максимальная;
замеряется приращение длины при этих нагрузках.



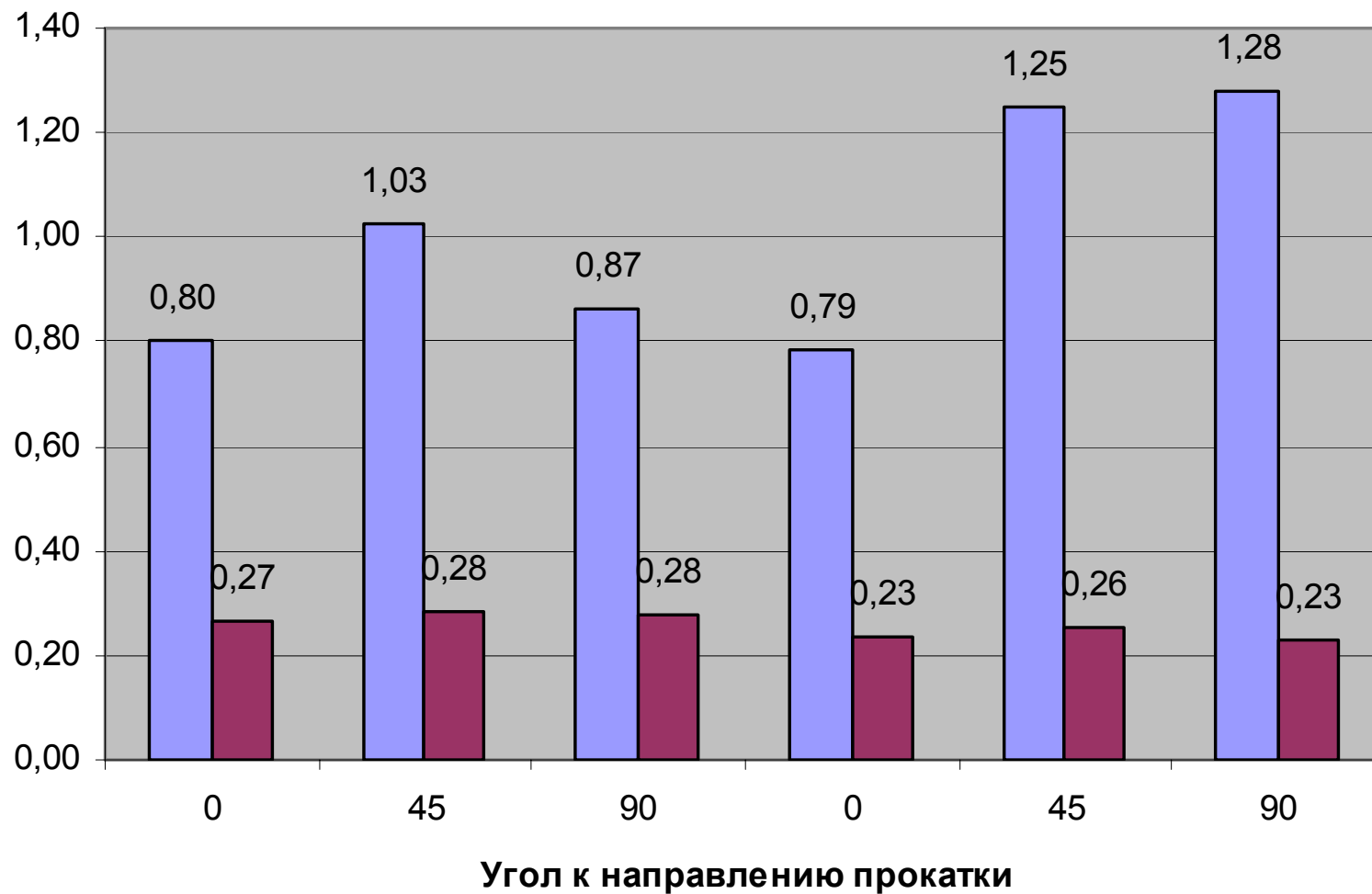
ПРЕДЕЛ ТЕКУЧЕСТИ. ВРЕМЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ



Относительные удлинения

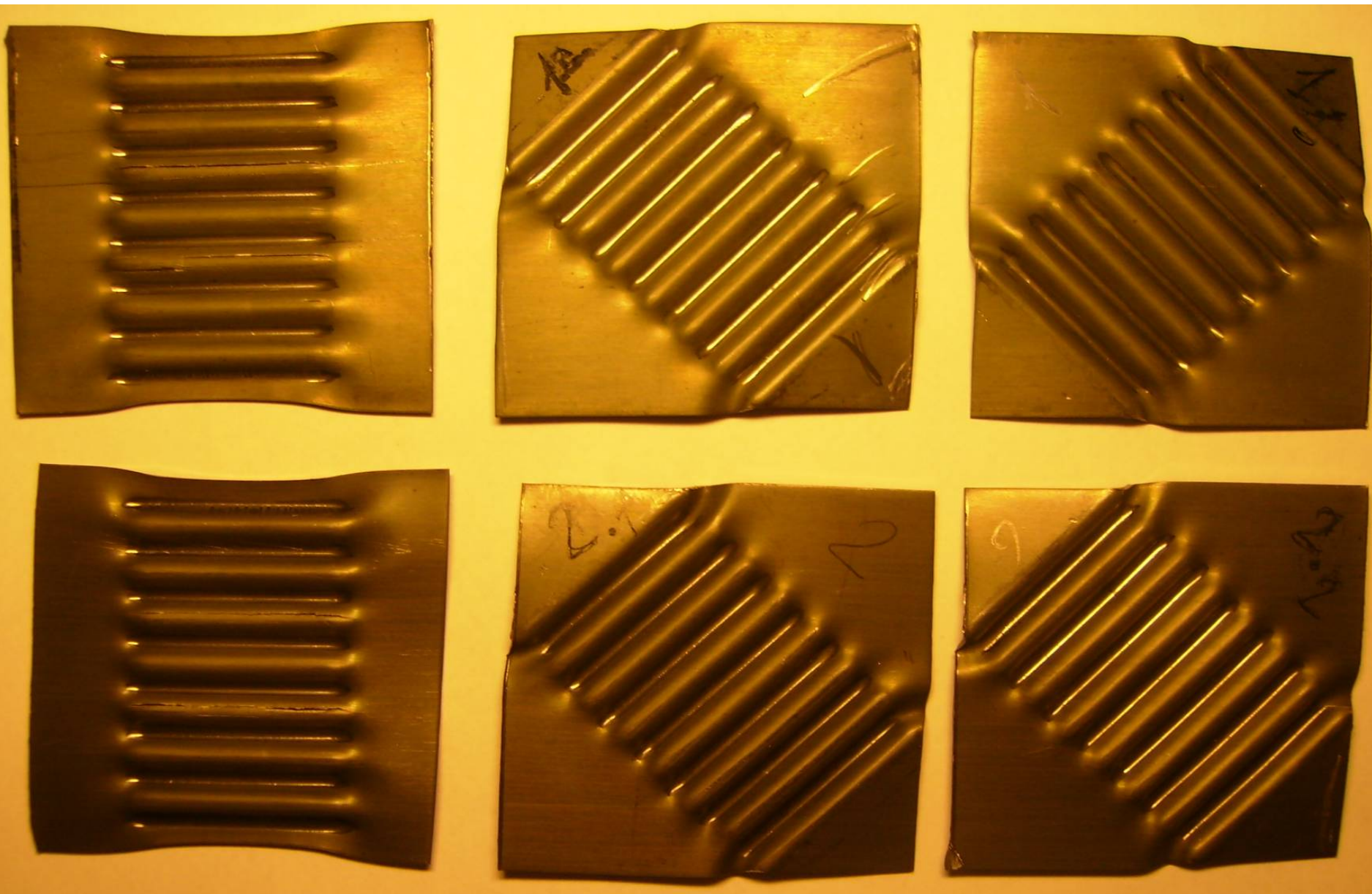


Коэффициент анизотропии, показатель упрочнения



■ R Коэффициент анизотропии ■ n Показатель упрочнения

ШТАМПОВКА ПОД УГЛОМ 90 И 45° К НАПРАВЛЕНИЮ ПРОКАТА



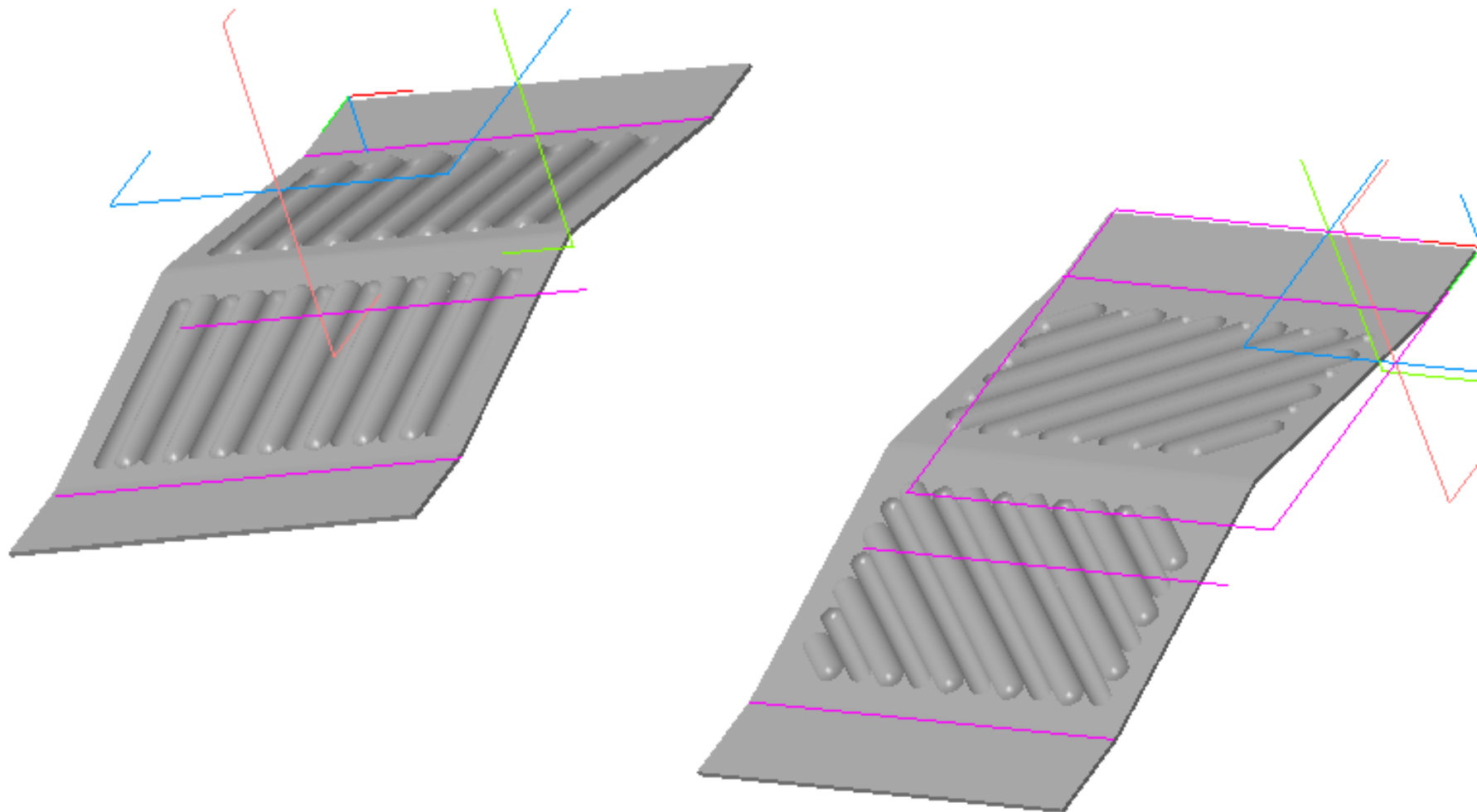
ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Проведены испытания образцов, вырезанных в трёх направлениях относительно направления прокатки (под углом 0, 45 и 90°) из ленты двух партий (сплав X20H80-H). Значение показателей и их соотношений показали, что лента обладает наиболее благоприятным для местной формовки сочетанием пластических свойств под углом 45° к направлению прокатки.

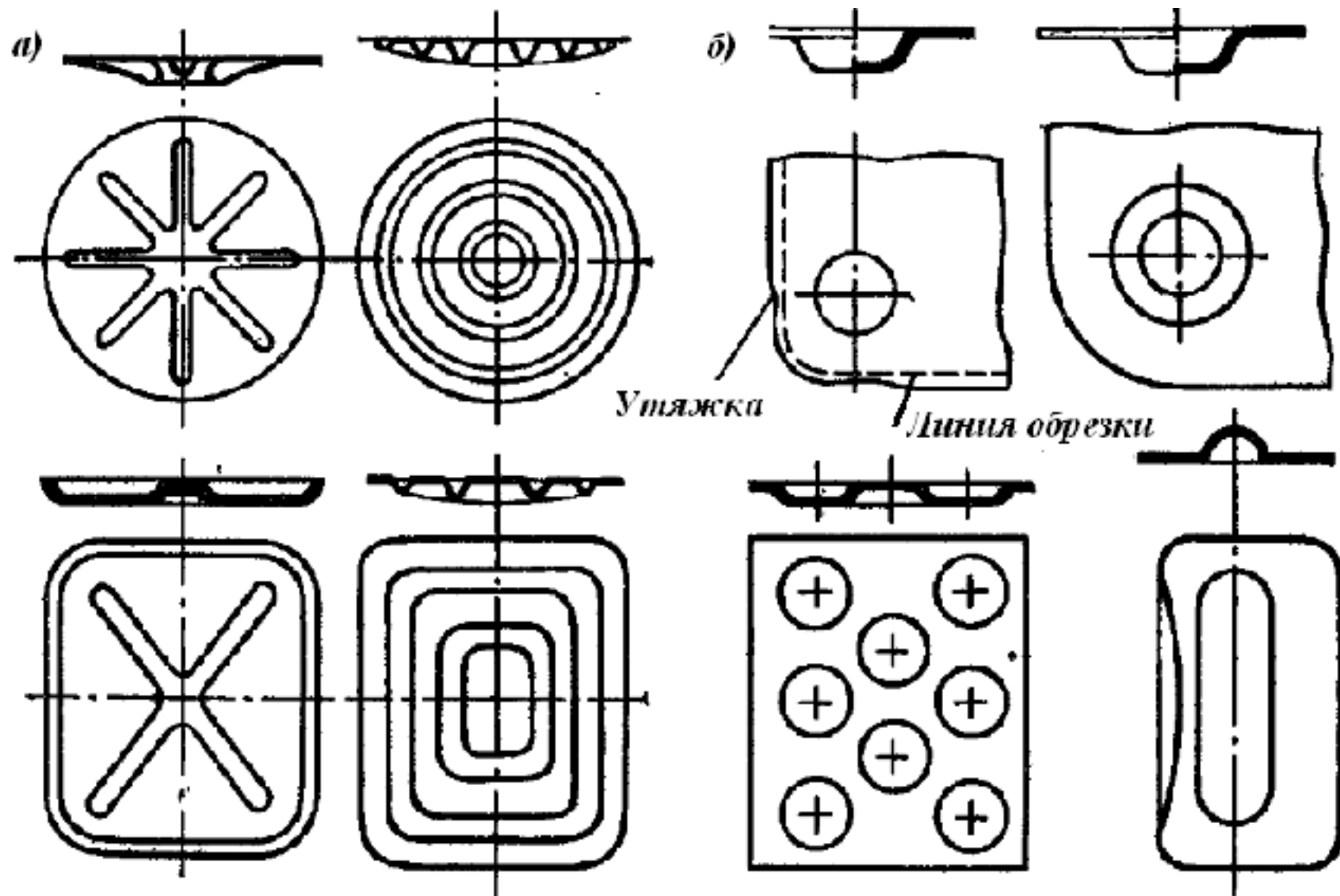
Полученные результаты позволяют дать рекомендации по изменению конструкции детали «Лента нагревателя». Предлагается изменить направление выступов (впадин) рельефной части нагревателя и расположить их под углом 45° к направлению проката. Это позволит увеличить площадь теплообмена нагревателя, повысит степень турбулентности теплоносителя (а, следовательно, и интенсивность теплосъема) и позволит уменьшить расход электроэнергии при сохранении тепловых параметров печи

Результаты проведенного исследования можно рекомендовать для использования при разработке конструкции и технологии производства деталей с применением рельефной формовки.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ НАГРЕВАТЕЛЯ



ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕЛЬЕФНОЙ ФОРМОВКЕ



КАЛЬКУЛЯЦИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ НИР

Статьи затрат	Сумма, руб.	затраты, % к общей стоимости работ
Затраты на материал	153	0,5
Затраты на заработную плату	15563	51,5
Электроэнергия	438	1,45
Накладные расходы	9338	30,1
Амортизационные отчисления	4705	15,55
Итого	30197	100