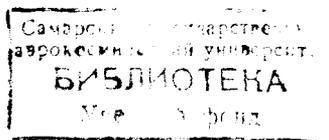


Министерство образования РФ
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева

В.Р. Каргин, В.И. Дровяников, А.Н. Логвинов, М.В. Фёдоров

Дипломное проектирование прессовых цехов

Учебное пособие



Самара 1999 (2000)

УДК 621.777.669.71

Дипломное проектирование прессовых цехов: Учеб. пособие/
В.Р. Каргин, В.И. Дровяников, А.Н. Логвинов, М.В. Федоров; Под
общ. ред. Ф.В. Гречникова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара,
1999. 75 с.

ISBN 5-7883-0091-6

Рассматриваются вопросы дипломного проектирования прессовых цехов. Приведены цели и задачи дипломного проектирования, указания по сбору материалов, их распределению в дипломном проекте. Описаны требования по оформлению, а также по составу проекта, объему пояснительной записки и графической части проекта.

Пособие предназначено для студентов, выполняющих дипломный проект по специальности 110600 "Обработка металлов давлением". Подготовлено на кафедре "Обработка металлов давлением".

Табл. 12. Ил. 25. Библиогр.: 19 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензент: канд. техн. наук А. А. И г у м е н о в

ISBN 5-7883-0091-6

© В.Р. Каргин
В.И. Дровяников
А.Н. Логвинов
М.В. Федоров, 1999
© Самарский государственный
аэрокосмический университет,
1999

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Содержание и объем дипломного проекта	5
2. Разработка технологических процессов прессования	13
2.1. Конструктивно-технологический анализ профиля	13
2.2. Обоснование выбора оптимальной технологии изготовления	13
2.3. Выбор размеров заготовок	15
2.4. Определение температурно-скоростного режима прессования	19
2.5. Анализ напряженного состояния	21
2.6. Расчет энергосиловых параметров	21
2.7. Выбор типа и количества оборудования	24
2.8. Характер и последовательность технологических операций	26
3. Конструирование прессового инструмента	28
3.1. Выбор материала	28
3.2. Контейнер	29
3.3. Матрица	33
3.4. Пресс-штемпель и пресс-шайба	48
4. Разработка планировки цеха	50
5. Оформление дипломного проекта	56
5.1. Пояснительная записка	56
5.2. Графическая часть	59
5.3. Оформление спецификации	61
5.4. Основные надписи на чертежах, схемах, и текстовых документах	62
6. Организация дипломного проектирования	65
Список используемой литературы	69
Приложение	70

ВВЕДЕНИЕ

Дипломное проектирование прессовых цехов является завершающим этапом подготовки инженеров-металлургов и представляет собой:

- самостоятельную работу, в которой обобщаются, расширяются и систематизируются теоретические знания и практические навыки, полученные за время обучения в университете при изучении специальных дисциплин и прохождении преддипломной практики;
- творческую работу, при выполнении которой студент, применяя принципы и методы проектирования с использованием исходных данных, собранных на преддипломной практике, разрабатывает новые, наиболее прогрессивные и эффективные проектные решения, имеющие реальное практическое значение в прессовом производстве.

Целью дипломного проектирования является проект нового (или реконструкция действующего) прессового цеха по производству прутков и профилей. При этом вновь спроектированный цех к моменту его ввода в эксплуатацию должен превосходить лучшие действующие цеха по уровню техники и организации производства, быту рабочих, по экономическим показателям и уровню труда, механизации и автоматизации.

В дипломном проекте наряду с вопросами технологического порядка и сметы должны быть разработаны вопросы экономики, организации производства и безопасности жизнедеятельности.

Дипломный проект подводит итоги учебы студента в университете и выявляет степень его зрелости как будущего инженера-специалиста и менеджера производства.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект состоит из пояснительной записки объемом 80 – 120 страниц рукописного текста и графической части, состоящей из 8 – 12 листов чертежей и плакатов формата А1. Дополнительно в составе проекта могут быть представлены планшеты, стенды, макеты, натуральные образцы и модели.

В комплект чертежей должны входить классификатор пресс- изделий, сборочные чертежи прессовой оснастки и усовершенствованного оборудования, планировка цеха, средства механизации и автоматизации и т.д.

На плакатах отражаются результаты анализа состояния вопроса, методика и результаты аналитических и экспериментальных исследований, графические схемы разработанной технологии, результаты анализа экономической эффективности проекта.

Пояснительная записка дипломного проекта должна иметь следующие разделы и документы:

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ;
 ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ;
 РЕФЕРАТ;
 СОДЕРЖАНИЕ;
 ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, СИМВОЛОВ С ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯМИ;
 ВВЕДЕНИЕ;
 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТИРУЕМОГО ЦЕХА;
 СТРУКТУРА, СВОЙСТВА И ТЕРМООБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ;
 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ;
 КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА;
 ЭКОНОМИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ;
 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ;
 СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕМА;
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ;
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ;
 ПРИЛОЖЕНИЕ.

Их содержание должно соответствовать следующим требованиям.

Титульный лист дипломного проекта оформляется на типографском бланке и служит обложкой документа. При отсутствии соответствующего бланка допускается оформление титульного листа чертежным шрифтом одним цветом на листе формата А 4.

Задание на дипломное проектирование содержит:

- наименование выпускающей кафедры;
- гриф “утверждаю”;
- заголовок “задание на ...”;
- фамилию, инициалы студента и номер учебной группы;
- содержание задания;
- перечень и объем отчетных документов;

- календарный график выполнения работ;
- фамилия и инициалы консультантов.

Текст задания вписывается в бланк установленной формы.

На выполнение дипломного проекта дается следующее примерное типовое задание:

Проект прессового цеха металлургического завода с годовой программой N тонн.

Типовое задание, как правило, дополняется спецтемой, т.е. указанием вопросов, подлежащих детальной разработке в проекте.

Реферат дипломного проекта содержит:

- заглавное слово РЕФЕРАТ (прописными буквами);
- сведения об объеме документа, который включает данные о количестве листов (страниц) и содержащихся в нем рисунков, таблиц, источников и приложений;
- перечень ключевых слов, которые отражают основное содержание документа: перечень включает 5-15 слов (словосочетаний), написанных в строку через запятые в именительном падеже прописными буквами;
- текст реферата, где отражается сущность выполненной работы (краткая характеристика проекта с указанием проектных решений и важнейших разработок в технологической, конструкторской частях и спецтеме). Объем текста –500700 знаков.

В содержании последовательно перечисляются введение, заголовки разделов и подразделов, заключение, список использованных источников и приложения с указанием страниц, на которых помещены заголовки. Введение, заключение и список использованных источников не нумеруются. Заголовки разделов и подразделов снабжены номерами.

Слово «СОДЕРЖАНИЕ» пишется в виде заголовка прописными буквами, а наименование разделов и подразделов – строчными.

При наличии в тексте условных обозначений и сокращений необходимо дать их расшифровку перед основным текстом в виде перечня сокращений и условных обозначений.

Сокращения и условные обозначения должны быть единообразными во всем тексте и соответствовать действующим нормативным документам.

Обозначения физических величин должны сопровождаться указанием размерности в СИ.

При отсутствии перечня сокращений и условных обозначений все общепринятые сокращения и сокращения следует пояснить в тексте при первом упоминании.

В разделе «Введение» кратко освещаются следующие вопросы:

- место и роль процессов прессования в системе народного хозяйства России;
- краткая история развития прессового производства;
- роль российских ученых и инженеров в развитии и совершенствовании теории и технологии прессования;
- характеристика современного состояния решаемой проблемы и перспективы ее развития в России и за рубежом;
- цель и задача дипломного проекта и его связь с целями и задачами машиностроения и металлургии и других отраслей, использующих технологические процессы обработки металлов давлением;
- обоснование актуальности и реальности темы дипломного проекта, преимущества предлагаемых мероприятий, значение режима экономии сырья, материалов, электроэнергии, автоматизации и механизации для повышения рентабельности и прибыльности работы цеха.

В разделе “Характеристика проектируемого цеха” должны быть отражены следующие вопросы:

- назначение и характеристика проектируемого цеха, отрасль промышленности проектируемого цеха;
- исходные данные для проектирования (номенклатура и программа годового выпуска пресс-изделий), классификация профилей, выбор и описание типовых представителей, технические условия на продукцию, выпускаемую цехом;
- выбор и обоснование типа производства (массовое, крупносерийное, серийное, мелкосерийное), связь проектируемого цеха с другими цехами и службами завода;
- обоснование выбора места расположения завода, в состав которого входит проектируемый цех.

В разделе “Структура, свойства и термообработка материалов” должны быть освещены следующие типовые вопросы [2]:

1. Краткая характеристика применяемых сплавов (химсостав, роль компонентов и примесей, диаграммы состояния и пластичности, механизм фазовых превращений, литейные и физико-механические свойства, обрабатываемость сплава).
2. Требования к исходной структуре заготовок, обеспечивающей высокую технологичность. Разработка режимов предварительной и промежуточной термической обработки сплава.
3. Фазовый состав и структура сплава в равновесном состоянии.
4. Формирование структуры и свойств при прессовании и обоснование технологических режимов.
5. Разработка режимов окончательной термической обработки, гарантирующих заданный технологическими условиями уровень физико-механических свойств изделий.

Этот раздел дипломного проекта по своему содержанию должен быть тесно связан с разрабатываемыми процессами. В него должны войти только те вопросы (характеристики металла, его состав и т.д.), которые необходимы для проектирования конкретных техпроцессов.

В разделе «Разработка технологических процессов» подробно разрабатываются технологические процессы изготовления не менее четырех типовых профилей из двух и более сплавов. В качестве исходных данных служат рабочие чертежи изделий, технологические условия и базовая (действующая) технология их изготовления.

При разработке технологических процессов следует руководствоваться следующими направлениями развития обработки металлов давлением: снижением энерго- и материалоемкости производства, интенсификацией процессов прессования, развитием автоматизации и механизации операций, использованием автоматизированных и роботизированных комплексов и линий, гибких производственных систем металлообработки.

Раздел «Конструирование прессового инструмента» посвящён разработке рабочих чертежей конструкций прессового инструмента. Главными требованиями к инструменту являются: высокая стойкость, долговечность в эксплуатации. Инструмент проектируется для всех типовых изделий.

При конструировании прессового инструмента необходимо разработать сборочные чертежи (наладки). При этом устанавливаются конструктивные размеры рабочих частей наладки, производится их расчет на прочность, а также выбор материала инструмента и режимов его термообработки. Затем вычерчиваются основные проекции прессового инструмента в целом и основные входящие детали с указанием всех необходимых размеров, чистоты обработки и технических условий на изготовление.

В состав прессового инструмента входят контейнер, матрица, пресс-штемпель, пресс-шайба, матрицедержатель.

Прессовый инструмент работает в напряженном силовом и тепловом режиме, вследствие чего он претерпевает как абразивный, так и тепловой износ. Наибольшему износу подвергаются матрицы. Поэтому основным фактором при разработке конструкции прессового инструмента является его способность противостоять нагрузкам и экономичность при изготовлении [16,17].

В общей трудоёмкости дипломного проектирования раздел «Экономико-организационные расчеты» занимает от 10 до 15%. Из них 2/3 – расчеты по технико-экономическому проектированию цеха; остальное – экономическое обоснование новшества, разрабатываемого в специальной части проекта.

В условиях инфляционных изменений цен на производственные ресурсы необходимо учитывать их текущие стоимости. Раздел содержит:

- классификатор продукции;

- нормирование технологических операций;
- типы производства;
- виды движения предметов труда по рабочим местам, партии и периоды запуска;
- себестоимость работ;
- основные технико-экономические показатели деятельности цеха.

Раздел «Безопасность жизнедеятельности» выполняется в виде отдельной главы как неотъемлемая часть общей пояснительной записки. В ходе выполнения дипломного проекта студенту необходимо проанализировать технологический процесс или конструкцию и выделить опасные и вредные производственные факторы, на основе анализа которых нужно разработать мероприятия, снижающие до необходимых норм их воздействие на организм человека.

Современные прессовые цехи оснащены разнообразным силовым и подъемно-транспортным оборудованием – гидравлическим, механическим, электрическим. Прессовое производство характеризуется высокой скоростью технологических операций, мощными усилиями для выполнения, высокими температурами нагретого металла.

В течение рабочей смены прессовщики, рабочие на правильно-растяжных машинах, обрубных пилах, на термических устройствах производят по несколько тысяч однообразных движений, что сопряжено с возможными ошибками в управлении механизмами и возникновением опасных ситуаций. Поэтому обслуживание оборудования требует четкого соблюдения правил техники безопасности и норм производственной санитарии. Для создания таких условий в прессовых цехах действует разносторонний комплекс технических и организационных мероприятий, обеспечивающий безопасные и гигиенические условия труда.

Производственные и вспомогательные помещения цеха сооружают в соответствии с рядом действующих санитарных и строительных норм. Производственные помещения цехов выполняют одноэтажными, высота цехов должна позволять сборку и ремонт оборудования с использованием подъемно-транспортного оборудования. Стены цехов изготавливают из прочных негорючих материалов, перекрытия должны быть огнестойкими. В помещениях цехов поддерживают условия, обеспечивающие требуемые температуру и влажность воздуха: температура воздуха вне рабочих мест зимой должны быть не ниже 12^о, а летом – не выше 28^оС. Температура поверхности оборудования и печей не должна быть выше 45^оС, относительная влажность воздуха – 40-60%. Для прекращения утечки тепла при открывании ворот в холодное время года их оборудуют воздушными тепловыми завесами. Вспомогательные помещения цеха отделяют от теплового излучения и газовых выделений сплошной стеной. Прессовые цеха оборудуют общеобменной и местной вентиляцией и отоплением. В местах, где работающие могут подвергаться воздействию теплового излучения, устраивают вентиляционные

установки. Для удаления дыма, копоти и вредных газов оснащают печи и прессы установками местной вентиляции.

Размещение оборудования в прессовом цехе должно обеспечивать удобство и безопасность обслуживания и ремонта. Грузопотоки организуют так, чтобы прессы и другое оборудование находились по направлению движения металла, т.е. грузопотоки не имеют возвратных и поперечных движений. Пульты управления прессом располагают в местах хорошей видимости отдельных узлов агрегата и участков движения металла.

К работе в прессовом цехе допускаются рабочие, прошедшие медицинское обследование, повторяемое через определенные промежутки времени. Все работающие в цехе должны получить квалификационный вводной, первичный и повторный инструктажи по технике безопасности. На все операции, проводимые в цехе при осуществлении технологического цикла и вспомогательных работ, техническими службами цеха разрабатываются инструкции по технике безопасности.

Структура раздела “Безопасность жизнедеятельности”

1. Общие понятия о безопасности жизнедеятельности.
2. Опасные и вредные факторы в проектируемом цехе или технологическом процессе и мероприятия по обеспечению безопасных и здоровых условий труда.
3. Анализ возможных чрезвычайных ситуаций и поведение персонала в этих условиях.
4. Спецвопрос по охране труда или окружающей среды.
5. Обоснование технологической планировки оборудования и административно-бытовых помещений цеха (участка).
6. Производственная эстетика.
7. Санитарно-гигиеническая и противопожарная характеристика проектируемого цеха (участка).
8. Охрана окружающей среды.

В первом пункте излагаются основы концепции безопасности жизнедеятельности, ее роль и место при взаимодействии человека со средой обитания.

Пункт четвертый содержит оценку новизны спецвопроса, который разрабатывает студент-дипломник, с точки зрения охраны труда и окружающей среды.

“Специальная тема”- это раздел проекта, в котором приведены углубленные разработки, выполненные дипломником по вопросам, непосредственно связанным с темой и направлением дипломного проекта. В спецтеме на основе анализа литературных источников, патентной проработки, разработки теоретических вопросов, конструкторских решений приводятся материалы, существенно дополняющие дипломный проект, показывающие широту, прочность и глубину знаний по данному конкретному вопросу, теоретическую мысль при разработке темы дипломного проекта.

Спецтема должна содержать личный вклад студента в решение конкретной проблемы, находиться в тесной связи с остальными разделами проекта, разрабатываться с учетом экспериментальных данных, полученных студентом при работе в СНО, как результат теоретического или экспериментального изучения конкретного процесса или раздела обработки металлов давлением.

По своей сущности и структуре спецтемы могут выполняться по следующим направлениям: исследовательская, технологическая, конструкторская, посвященная вопросам механизации и автоматизации техпроцессов и оборудования, САПР ТП, смешанная.

Спецтемы дипломных проектов должны решать конкретную важную задачу и отражать запросы производства.

Примерное содержание спецтемы:

- состояние вопроса и постановка задачи исследований по спецтеме по имеющимся производственным данным и литературным источникам;
- патентные проработки по конкретной теме, составление обзора патентной литературы;
- сбор, обработка и обобщение производственных материалов и результатов промышленных и лабораторных экспериментов;
- результаты выполнения научно-исследовательских работ по заданию кафедры или завода;
- частичная или полная механизация и автоматизация основного или вспомогательного производства;
- нахождение конструктивных или технологических решений по применению и улучшению производственных процессов получения деталей или полуфабрикатов;
- изучение и анализ принятых вариантов конструкций деформирующего инструмента с приведением проверочных, прочностных и геометрических расчетов;
- обобщение опыта работы производства, подготовки рекомендаций и выводов по результатам проработки спецтемы.

Выбор направления спецтемы, а также структура и количество охватываемых ею вопросов осуществляется по предложению студента или рекомендации руководителя преддипломной практики от предприятия в период прохождения преддипломной практики. Спецтема обязательно согласуется с руководителем дипломного проекта и руководителем преддипломной практики от института. Если спецтема носит исследовательский характер, то материалы по ее выполнению могут быть получены до прохождения практики.

При выполнении таких спецтем целесообразно использовать экспериментальную базу университета, лабораторий цеха или завода.

Расчетно-пояснительная записка по данному разделу проекта должна содержать:

- анализ литературных данных по рассматриваемому вопросу;
- основные материалы, отражающие сущность спецтемы;

- расчеты и обоснования, подтверждающие экономическую и социальную эффективность выполненной работы;
- вывод и рекомендации;
- предложения по практической реализации полученных результатов.

В графической части проекта должны быть представлены чертежи, графики, таблицы, диаграммы и т.д., дающие исчерпывающее представление о проделанной работе и принятых решениях.

В разделе «заклучение» формулируются окончательные выводы, характеризующие итоги работы студента-дипломника по решению задач, поставленных в задании на выполнение дипломного проекта. Эти выводы представляются на основе сравнения технико-экономических показателей и социальных характеристик цеха, выбранного в качестве базового и проектируемого цеха.

В список использованных источников включаются книги, статьи, патенты и т.п. источники, сведения о которых располагают в порядке их упоминания в тексте. Библиографическое описание источников дают в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-84.

Сведения о книгах должны последовательно включать порядковый номер источника, фамилию и инициалы авторов, заглавие книги, место издания, издательство и год издания, число страниц.

Сведения о статье должны включать название статьи, наименование журнала, год выпуска, том (если есть), номера страниц, на которых помещена статья.

Вспомогательный материал, который может загромоздить текст, как правило, выносится в приложения. Такими материалами являются технологические карты, спецификации, тексты, распечатки программ и т.д.

Каждое приложение должно начинаться с нового листа, на котором в правом верхнем углу написано слова "Приложение" и имеется тематический заголовок, например: "Технологические карты". Если в документе содержится более одного приложения, то приложения нумеруются арабскими цифрами (например, приложение 3). Иллюстрации и таблицы в приложениях нумеруются в пределах каждого приложения.

2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЕССОВАНИЯ

В этом разделе проекта приводятся подробные расчеты технологического маршрута и параметров обработки применительно к одному из выбранных профилей. Результаты расчетов, проведенные для остальных профилей, приводятся в виде таблиц. По результатам расчетов составляется маршрутно-технологическая карта, которая заполняется для каждого профиля и приводится в приложении к дипломному проекту.

Прессованные профили из алюминиевых сплавов подразделяются на четыре вида: профили сплошного сечения, пустотелые (полые) профили, профили переменного сечения, панели [4].

Ниже рассмотрены методические указания по разработке технологии прессования профилей первого вида, так как они составляют более 80% от всего сортамента прессуемых профилей. Производство полых профилей, профилей переменного сечения и панелей не рассматривается, поскольку эти процессы весьма специфичны и подробно рассмотрены в работах [4,7,8], а производство ребристых изделий в работе [9].

2.1. Конструктивно-технологический анализ профиля

В этом разделе записки необходимо дать чертеж поперечного сечения прессованного изделия с указанием всех размеров, площади поперечного сечения и веса одного погонного метра, а также тип изделия и область его применения [10]. Исходя из формы поперечного сечения привести краткое описание конфигурации данного профиля (наличие ребер, полостей, стенок различной толщины, симметричность относительно геометрического центра, сплошность и т.д.) и показать возможные трудности при прессовании. Привести технические условия на прессование изделия. Описать требования, предъявляемые к изделию (геометрия, допуски на размеры, качество поверхности, состояния поставки, механические свойства, методы испытаний, маркировка) с указанием соответствующих ГОСТов [4.11] на поставку профилей ГОСТ 8617-81 и прутков ГОСТ 21488-76.

2.2. Обоснование выбора оптимальной технологии изготовления

Прессование сплошных профилей из алюминиевых сплавов производится по схемам прямого, обратного, изотермического прессования, с активными силами трения и другими способами [4]. Чаще всего сплошные профили получают прямым горячим прессованием на горизонтальных гидравлических прессах (рис.1). Пресс-штемпель 1, двигаясь в направлении, указанном стрелкой,

через пресс-шайбу 2 передает давление на нагретую заготовку 3, установленную в контейнере 4. Металл заготовки выдавливается через канал 8 матрицы 5, закрепленной в матрицедержателе 6 и образует профиль 7, форма и размеры поперечного сечения которого соответствуют форме и размерам канала матрицы 8.

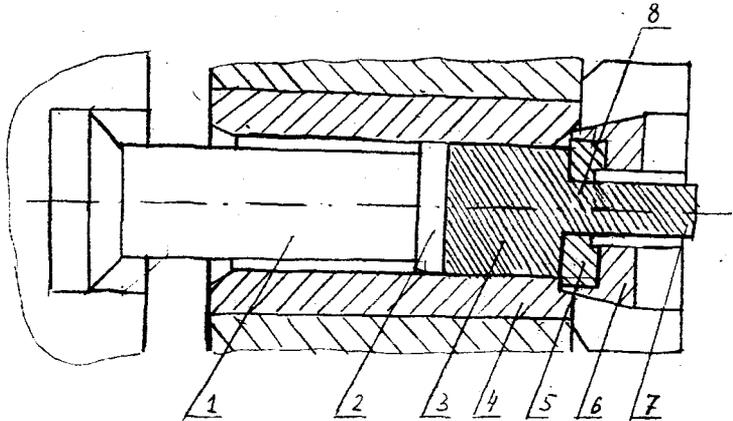


Рис.1. Схема прямого прессования сплошных профилей:
1-пресс-шгемпель; 2-пресс-шайба; 3-заготовка; 4-контейнер;
5-матрица; 6-матрицедержатель; 7-профиль; 8-канал матрицы

С учетом конфигурации профиля и современного состояния прессования необходимо дать критический анализ существующей технологии. Затем выбрать, обосновать проект новой технологии. Элементы новизны при разработке технологического процесса (режимов обработки, оборудования, механизации и автоматизации) должны быть обоснованы с точки зрения технической и экономической целесообразности их применения.

Оптимальную технологию прессования профилей определяют следующие показатели: метод прессования, вытяжка, размеры заготовки, температурный интервал и тип нагревательного устройства, скорость прессования, количество каналов и их расположение на матрице, вид контактного трения, силовые параметры, конструкция прессового инструмента, тип и конструкция прессы. Ниже приведены основные положения, обеспечивающие правильный подбор перечисленных показателей.

Ниже приведены основные положения, обеспечивающие правильный подбор перечисленных показателей.

В пояснительной записке следует представить схему и описание выбранного способа прессования, перечень технологических операций.

В настоящее время существует следующая принципиальная схема изготовления профилей из алюминиевых сплавов, включающая в себя операции:

- подготовка заготовки к прессованию;
- нагрев перед прессованием;
- прессование;
- закалка (только для термически упрочняемых сплавов);
- правка;
- старение (только для термически упрочняемых сплавов);
- резка;
- контроль и приемка ОТК;
- консервация, упаковка и сдача на склад готовой продукции.

2.3. Выбор размеров заготовки

При прессовании профилей из алюминиевых сплавов используют сплошные цилиндрические заготовки круглого сечения диаметром D и длиной L (см. рис. 1). Оба эти параметра выбирают с учетом обеспечения высокого качества изделия и технико-экономических показателей процесса.

Для всех видов прессования целесообразно применять заготовки максимального объема. При этом для прямого метода прессования должно выполняться эмпирическое условие

$$2,0 \leq L/D \leq 4,5 \quad (1)$$

Для обратного метода отношение L/D берется не более 6 и ограничивается длиной контейнера L_K ($L=0,75L_K$), а диаметр D – усилием пресса.

Рекомендуется в первую очередь увеличивать длину заготовки. При слишком большой длине заготовки увеличивается вероятность захламления металла к концу прессования, а при слишком малой – уменьшается выход годного и появляется вероятность образования пресс-утяжины. При возможности прессования из нескольких контейнеров применяют размер контейнера, обеспечивающий наивысшие технико-экономические показатели процесса. Уменьшение длины заготовки при прессовании без смазки приведет к увеличению доли расхода металла на пресс-остаток и обрезь концов профиля.

Технической характеристикой процесса прессования, определяющей размер заготовки, является коэффициент вытяжки. Его определяют как отношение площади поперечного сечения контейнера F_K к площади сечений f_i всех n – каналов матрицы:

$$\lambda = \frac{F_K}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (2)$$

Для компактных по форме профилей, которые не подвергаются дальнейшей деформации, минимальная вытяжка должна быть не менее четырех. Вместе с тем прессование с большими вытяжками более производительное, но требует применения больших усилий и вызывает высокие напряжения в прессовом инструменте. В связи с этим приходится ограничивать не только минимальное значение вытяжки, но и ее максимальную величину.

Рекомендуемые вытяжки для алюминиевых сплавов даны в табл. 1.

Таблица 1
Основные параметры прессования алюминиевых сплавов с прямым истечением без смазки

Сплав	Температура прессования, °С	Рекомендуемая вытяжка	Скорость истечения, м/мин
AD1	400 - 450	До 200	30 - 150
AMц	400 - 450	До 200	20 - 120
AMг1	400 - 450	До 200	20 - 100
AD31	420 - 500	25 - 100	8 - 60
AB	480 - 510	25 - 100	8 - 60
1915	400 - 450	20 - 60	8 - 40
1925	400 - 450	20 - 60	8 - 40
D1	360 - 460	15 - 45	2,5 - 5
AK4-1	350 - 440	15 - 45	2,5 - 5
D16	360 - 460	15 - 45	1,8 - 3
B95	300 - 440	15 - 45	1,8 - 3
AMг 6	400 - 450	15 - 45	1,5 - 2

Качество тонкостенных профилей обеспечивается практически любой вытяжкой. Ограничивающим условием в этом случае является расстояние A от поверхности втулки контейнера до ближайшей точки канала на матрице (табл.2).

Как показывает практика, коэффициент λ назначают из опыта и интуиции инженера. Для большего сортамента прессованных профилей из алюминиевых сплавов коэффициент вытяжки обычно берут в пределах 15-200. Причем меньшие значения λ используют для труднодеформируемых сплавов, большие - для легкодеформируемых сплавов.

Зная площадь поперечного сечения прессованного профиля f и задав число каналов в матрице n , коэффициентом вытяжки λ , определяют ориентировочную площадь поперечного сечения контейнера $F_{KO} = n\lambda f$ и его ориентировочный диаметр

$$D_{KO} = 1,13\sqrt{F_{KO}}$$

В табл. 2 по расчетному значению D_{KO} выбирают тип прессы с усилием P , стандартный D_k (ближайший к D_{KO}) и другие параметры.

Далее определяют значение фактического коэффициента вытяжки

$$\lambda = \frac{F_k}{f_n},$$

где F_k — действительная площадь поперечного сечения,

$$F_k = \frac{\pi D_k^2}{4}.$$

Диаметр заготовки должен обеспечить свободный ввод её в контейнер.

Увеличение диаметра заготовки от нагрева составляет $(0,01-0,012)D$, зазор между контейнером и заготовкой $(0,008-0,01)D$, плюсовой допуск на заготовку $(0,007-0,013)D$. С учетом перечисленного $D \approx (0,965-0,975)D_k$. Полученное значение уточняют по ряду размеров заготовок (табл.2).

Таблица 2

Исходные данные для выбора типа пресса и размеров заготовки

Усилие пресса P, МН	Диаметр контейнера D_k , мм	Удельное давление в контейнере при $P_{\text{макс.}}$, МПа	Диаметр заготовки D , мм	Минимальное рассогласование до крайней точки профиля A , мм	Высота пресс-остатка, H , мм	Максимальная длина заготовки, $L_{\text{макс.}}$, мм	Максимальная прессуемая длина, $L_{\text{макс.пр.}}$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
7,5	85	1310	82	15	25(15)	400	19000
	95	1020	92	15	25(15)	(520)	(25000)
	105	860	101	15	25(15)		
	115	720	110	20	25(15)		
12	115	1150	110	20	30(25)	580	25000
	130	910	125	20	30(25)	(750)	(33000)
20	170	890	162	25	40(30)	700	22000
	200	635	192	25	40(30)	(910)	(30000)
25	200	795	192	25	50(40)	800	30500
	225	625	217	25	50(40)	(1100)	(40000)
30	225	750	217	25	50(40)	800	23000
	250	620	240	30	55(40)	(1100)	(30000)
	270	520	258	30	60(45)		
50	300	705	285	30	75(60)	1000	23000
	360	490	345	35	80(65)	(1300)	(30000)
	420	360	405	35	100(75)		

1	2	3	4	5	6	7	8
120	500	610	480	50	120(90)	1800	25000
	650	360	630	65	160(125)	(2300)	(35000)
	800	240	780	80	200(155)		
200	650	600	630	65	160(125)	1850	40000
	800	400	780	80	200(155)	(2300)	(51000)
	950	282	925	95	250(195)		
	1100	210	1070	110	300(230)		

Примечание: в скобках данные для обратного метода прессования.

Длину заготовки определяют исходя из длины прессованного профиля по формуле

$$L = \frac{4[(l + \Delta)m + l_{к.о.}]nf}{\pi D^2} + H\lambda_p, \quad (3)$$

где l - длина готового профиля, м;

Δ - припуск на длину, $\Delta = (0,10-0,30)$ м;

$l_{к.о.}$ - длина концевой обрезки, $l_{к.о.} = 0,35 - 0,60$ м;

H - высота пресс-остатка (выбирается в зависимости от диаметра контейнера по табл. 2).

Коэффициент распрессовки заготовки $\lambda_p = F_K/F$, где F - площадь поперечного сечения заготовки,

$$F = \frac{\pi D^2}{4}$$

Кратность готовых профилей в одной прессовке

$$m \leq \frac{L_{макс пр}}{l}$$

где $L_{макс пр}$ - максимально прессуемая длина изделия (см. табл.2).

Далее следует проверка: выдержано ли наиболее рациональное отношение (1), меньше ли расчетная длина заготовки допускаемой (см. табл.2). В случае невыполнения заданных условий изменяют в формулах (2), (3) λ , n , m и расчет размеров заготовки повторяют. После определения окончательных размеров находят длину распрессованной заготовки $L_p = V/F_K$, где V - объем заготовки.

$V = FL$.

Масса заготовки $G = V \cdot \rho$, где ρ - плотность материала прессуемого профиля, для алюминиевых сплавов $\rho = 2800 \text{ кг/м}^3$.

2.4. Определение температурно-скоростного режима прессования

Температурный интервал прессования определяется температурой начала $T_{\text{Н}}$ и конца $T_{\text{К}}$. Его выбирают так, чтобы при верхних предельных температурах не происходило перегрева или пережога металла, а при нижних – усилие прессования оказалось меньше предельного (паспортного) усилия прессы и обеспечивало требуемое качество структуры прессового изделия. Интервал нагрева, приводящий к оптимальным условиям прессования, выбирают, уменьшая максимально допустимую температуру на величину, равную разогреву от тепла деформации, с учетом охлаждения заготовки при переносе контейнера.

Для выбора температурного режима прессования используют диаграммы состояния и пластичности (рис.2,3).

Максимальная температура прессования $T_{\text{МАКС}}$ должна соответствовать максимальному значению относительного сужения ψ и относительного удлинения δ при минимальном (или близком к нему) значении предела текучести σ_T . Причем значение этой температуры не должно превышать $0.9T_S$, где T_S – температура линии солидуса для данного сплава.

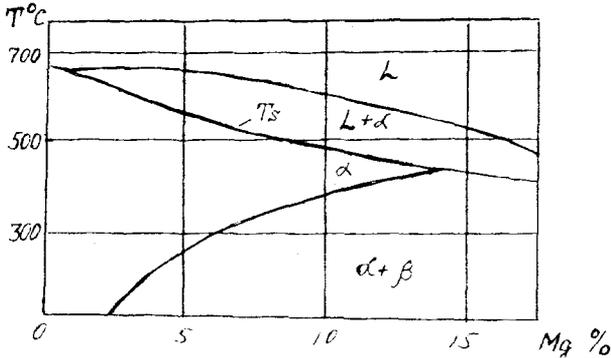


Рис.2 Диаграмма состояния для алюминиевого сплава АМг6

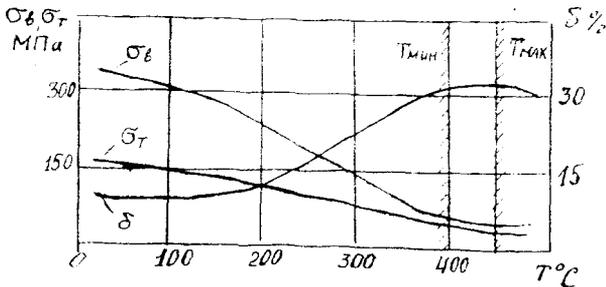


Рис.3. Диаграмма пластичности для алюминиевого сплава АМг 6

С учетом охлаждения во время транспортировки ΔT_{TP} от нагревательного устройства к прессу температура нагрева заготовки подсчитывается по формуле $T_{НПР} = T_H + \Delta T_{TP} = T_{МАКС} - \Delta T_{ДЕФ} + \Delta T_{TP}$, где $\Delta T_{ДЕФ}$ – тепловой эффект деформации.

Разогрев металла от деформации можно найти по приближенной формуле

$$\Delta T_{ДЕФ} = \frac{\sigma_T \ln \lambda}{c \rho},$$

где σ_T – предел текучести при температуре $T_{МАКС}$ (берется по диаграмме пластичности), c – средняя удельная теплоемкость, $c = 870 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{град)}$.

Падение температуры при транспортировке находится из выражения

$$\Delta T_{TP} = V_{ОХЛ} \tau_{TP},$$

где τ_{TP} – время транспортировки, $\tau_{TP} = 10\text{-}30\text{с}$,

$V_{ОХЛ}$ – средняя скорость охлаждения, $V_{ОХЛ} = 2\text{-}5 \text{ град/с}$.

Согласно производственным данным расчетный температурный интервал для основных алюминиевых сплавов находится в пределах, указанных в табл.1.

Скорость истечения $V_{ИСТ}$ зависит от множества факторов. Завышенная скорость приводит к надрывам, трещинам, гофрам, волнистостям. Допустимые $V_{ИСТ}$, м/мин, профилей из алюминиевых сплавов приведены в табл.3.

Таблица 3

Соотношения скоростей истечения алюминиевых сплавов

Марка сплава	АД1	АМц	АДЗ1	АВ	1915	Д1	Д16	АМг 3	АМг 5	АМг6	В95
Относительная скорость истечения	1,80	1,80	1,00	0,95	1,50	0,35	0,20	0,28	0,20	0,15	0,12
	2,50	2,50		1,00	2,00	0,55	0,32	0,38	0,32	0,25	0,22

Меньшие скорости из этих интервалов относятся к прессованию профилей сложных сечений. Указанные величины скоростей являются ориентировочными. Например, снижение температуры прессования с 400 до 200 °С дает возможность увеличить скорости истечения в 3-5 раз, но вместе с тем это резко повышает потребное усилие прессования.

Скорость прессования $V_{ПР}$ и скорость истечения $V_{ИСТ}$ связаны между собой соотношением $V_{ИСТ} = \lambda V_{ПР}$.

2.5. Анализ напряженного состояния

В данном разделе необходимо дать схему напряженно-деформированного состояния при прессовании, подробно описать и проанализировать все напряжения и деформации, действующие в зоне очага деформации и после выхода металла из него. Необходимо также записать условие пластичности в очаге деформации и кратко его проанализировать.

2.6. Расчет энергосиловых параметров

Усилия прессования рекомендуется находить по наиболее распространенной формуле И.Л. Перлина [6]:

$$Q = R_M + T_{KP} + T_M + T_{II}$$

где R_M – усилие, необходимое для осуществления деформации без учета внешнего трения;

T_{KP} , T_M , T_{II} – усилия, необходимые для преодоления сил трения по боковой поверхности контейнера, матрицы и калибрующего пояска соответственно.

Составляющие полного усилия при прессовании сплошных профилей из сплошной цилиндрической заготовки вычисляют по выражениям

$$T_{KP} = \pi D_K (L_P - h) \mu_{KP} S_{KP},$$

$$R_M = \frac{0,785 (i + i_{доп})}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} D_K^2 S_c,$$

$$T_M = \frac{0,785}{\sin \alpha} i \mu_M D_K^2 S_c,$$

$$T_{II} = \lambda F_{III} \mu_{II} S_c.$$

В этих формулах

i – интегральный показатель деформации, $i = \ln \lambda$;

$i_{доп}$ – интегральный показатель дополнительной деформации,

$$i_{доп} = \ln \sqrt{\frac{n f}{a_{ср} \mu}},$$

где $a_{ср.пр}$ — средняя толщина профиля, разбитого на “N” участков; $a_{ср.пр} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n)/N$; f — площадь сечения профиля; n — число каналов матрицы.

Для определения $a_{ср.пр}$ сечение профиля разбивают на произвольное число участков приблизительно равной ширины “b” (рис.4).

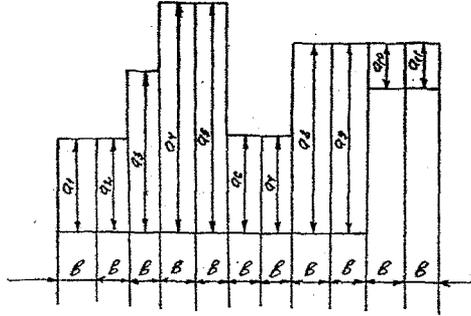


Рис.4. Определение средней толщины профиля

Произвольность подхода в определении “b” приводит в ряде случаев к затруднениям. Поэтому при необходимости определения $i_{доп}$ для профилей типа, показанного на рис.4 (некомпактного сечения), целесообразно вычислять среднюю площадь участков, составляющих сечение профиля $f_{ср.пр}$ (рис.5).

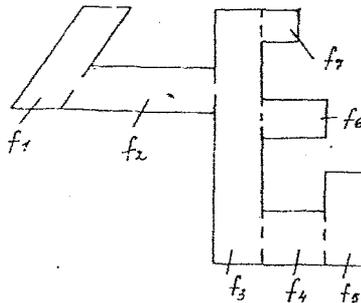


Рис.5. Определение средней площади участка профиля

Величина $i_{доп}$ вычисляется как логарифм от корня четвертой степени из отношения площади изделия к средней площади участка профиля:

$$i_{доп} = \ln \sqrt[4]{\frac{F_k}{f_{ср.пр}}}$$

$$f_{ср.пр} = (f_1 + f_2 + \dots + f_n)/N.$$

Назначение участков профиля f_1, f_2, \dots, f_n , составляющих сечение, произвольно. Использование такого метода упрощает расчеты.

h – высота очага деформации, $h = (0,5-0,3)D_k/2$;

α – угол наклона образующей канала матрицы к ее оси (для плоских матриц принимается $\alpha = 60^\circ$ из-за образования “мертвой” зоны);

$F_{тр}$ – поверхность трения, $F_{тр} = \Pi l$

Π – периметр профиля;

l – длина калибрующего пояса;

$\mu_m, \mu_n, \mu_{кр}$ – коэффициенты трения на контактных поверхностях матрицы, калибрующем пояске и боковой поверхности контейнера, табл. 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов трения

Условия прессования	μ_m	μ_n	$\mu_{кр}$
Со смазкой	0,15	0,10	0,12
Без смазки	0,45	0,20	0,50

S_H, S_K, S_C – истинные пределы текучести соответственно в начале и конце очага пластической деформации, среднее по очагу деформации

$$S_C = \sqrt{S_H S_K}$$

Предел текучести около боковой поверхности контейнера $S_{кр} = 1,5S_H$ в условиях полного схватывания.

Значения S_H и S_K определяют с учетом T_H и длительности пребывания металла в очаге деформации τ ,

$$\tau = \frac{W_{о.д.}}{W_c}$$

где $W_{о.д.}$ – объем очага деформации,

$$W_{о.д.} \approx 0,2(D_k^3 - d_k^3);$$

W_c – секундный объем, вытекающий из каналов в матрице,

$$W_c = fV_{нч}n = F_k V_{пр}.$$

При прессовании сплошных некруглых профилей d_K рассчитывают как приведенный диаметр равновеликого по сечению прутка по формуле

$$d_K = 1,13 \sqrt{nf}$$

В качестве примера найдем S_H и S_K по диаграмме для сплава АД1 (прил.). Допустим, что расчетное значение $\tau = 100$ с, а $T_H = 420^\circ\text{C}$. Тогда $S_H = 6$ МПа, $S_K = 12$ МПа.

По известному усилию прессования определяется расчетное усилие прессы: $Q_P = K_3 Q$, где K_3 — коэффициент запаса по усилию, учитывает неточность расчетов, возможный недогрев заготовки, скоростную характеристику прессы и т.д., $K_3 = 1,25-1,30$.

Найденное расчетное значение усилия прессы сравнивается с предварительно выбранным по табл. 2. Если расчетное усилие меньше, чем номинальное усилие выбранного прессы, то пресс выбран правильно, если же расчетное усилие больше выбранного, то выбирают другой пресс с большим номинальным усилием при том же диаметре контейнера.

2.7. Выбор типа и количества оборудования

В технологическом цикле прессования профилей применяют два вида основного оборудования: печи для нагрева заготовок и гидравлические прутково-профильные прессы усилием 7,5-200 МН [12, 13, 18].

К вспомогательному оборудованию относятся все механизмы и оборудование, необходимое для осуществления полного технологического цикла от резки слитков перед прессованием до консервации и упаковки готовых профилей.

В данном разделе записки дается технически обоснованный выбор типов основного оборудования в соответствии с принятым технологическим процессом, краткое описание работы и основные паспортные характеристики, обоснование выбора того или иного типа оборудования. Например, усилие растяжной правильной машины определяют по усилию правки, найденному по формуле $Q_{пр} = k \sigma_f$, где k — коэффициент запаса, учитывающий наклеп материала и др., $k = 1,2$.

Предварительный выбор типа гидравлического прессы осуществляют по размерам контейнера (см. табл.2).

При выборе печи для нагрева заготовок следует иметь в виду, что чаще всего для нагрева круглых заготовок диаметром от 82 до 1080 мм из алюминиевых сплавов используют индукционные нагревательные печи. Основные характеристики печей приведены в табл. 5.

Таблица 5

Индукционные печи для нагрева заготовок

Тип печи	ИН-31	ИН-51	ИН-52	ИН-600	ИН-800	ИН-1100
Размеры заготовок, мм	190-430	82-215	110-540	410-540	480-780	630-1080
Производительность при нагреве до 450 °С, тч	280-1000	200-700	200-700	400-1100	760-1800	700-1900
	5	1,5	2,5	4	10	10

Стандартное оборудование выбирается по соответствующим каталогам и справочникам. Если стандартное оборудование не удовлетворяет требованиям, выдвигаемым технологией обработки, то для данной операции может проектироваться специальное оборудование. Основные технические характеристики выбранного оборудования приводятся в виде таблиц.

Потребное количество основного и вспомогательного оборудования, необходимого для выполнения заданной программы, находится по выражению $n_{об} = NK_3/P_T$, где N – программа производства; K_3 – коэффициент запуска металла, $K_3 = 100/\eta$, η – выход годного в процентах; P_T – годовая производительность единицы оборудования, $P_T = p\Phi$, Φ – эффективный годовой фонд времени работы оборудования, p – часовая производительность единицы оборудования.

Часовая производительность прессы по запуску металла в кг может быть определена по формуле

$$p = GnK_H$$

где n – число прессовок в час, $n = 60/(T_{маш} + T_{всп})$;

$T_{маш}$ – машинное время на одну прессовку, мин;

$$T_{маш} = (L_p - H)/V_{пр}$$

$T_{всп}$ – вспомогательное время на одну прессовку, мин,

определяется в зависимости от усилия прессы по табл.6;

K_H – коэффициент использования прессы, $K_H = 0,9 - 0,95$.

Таблица 6

Значение $T_{всп}$

Усилие прессы Р, МН	200	120	50	30	25	20	12	7,5
$T_{всп}$, мин	3,5	3,0	2,5	2,0	1,2	1,0	0,8	0,6

2.8. Характер и последовательность технологических операций

Подготовка заготовки к прессованию. В этом разделе записки необходимо дать требования, предъявляемые к заготовкам, описать вид заготовок, способы их получения.

Нагрев заготовки перед прессованием. При описании этой операции особое внимание обратить на порядок нагрева заготовки, контроль регулирования температуры и производительность печи, дефекты при нагреве.

Прессование – основная технологическая операция. При ее описании дается порядок работы наладки прессового инструмента, указывается величина пресс – остатка и способы его отделения от пресс – изделия, режимы прессования профилей и возможные при этом дефекты. Следует помнить, что при прессовании алюминиевых сплавов технологическую смазку используют только для подмазывания канала матрицы.

Термическая обработка. После прессования профили из алюминиевых сплавов чаще всего подвергают термообработке – закалке и старению (естественному, искусственному) или отжигу. В этом разделе необходимо дать режимы термической обработки и характеристику применяемого при этом оборудования, краткое описание и возможные дефекты.

Правка необходима для придания профилям необходимой продольной и поперечной геометрии. Для исключения дефектов прессования и термической обработки (кривизны, саблевидности, скрутки, искривления полок и т.д.) правку профилей осуществляют в основном на правильно – растяжных, раскруточных и ролико –правильных машинах.

В данном разделе записки необходимо выбрать тип машины, степень деформации и кратко описать процесс правки на этих машинах. При этом следует помнить, что профили, поставленные в горячепрессованном состоянии, подвергаются правке после прессования, в закаленном и естественном или искусственно состаренном состоянии – после закалки.

Резка. После прессования и охлаждения профили поступают на резку, где осуществляют отделение переднего и заднего концов, вырезку дефектов и разрезку в меру. Резку проводят на дисковых и ленточных пилах.

Отделка необходима для повышения коррозионной стойкости и улучшения качества поверхности профилей. Она включает процессы травления и анодирования.

Контроль. Каждый профиль, выпускаемый цехом, подвергается контролю качества. Этот контроль должен подтвердить, что готовое изделие соответствует техническим требованиям, изложенным в ГОСТе, ОСТе или технических условиях.

Если изделие полностью отвечает всем этим требованиям, отдел технического контроля (ОТК) подтверждает это документально и тем самым дает разрешение на сдачу изделий на склад готовой продукции, откуда она будет направлена заказчику. Если же изделие имеет какие – либо отступления от

указанных требований, его в зависимости от величины и характера обнаруженного дефекта направляют либо на дополнительную обработку, либо в брак и на переплавку.

На профилях контролируют размеры, кривизну, качество поверхности, макро- и микроструктуру, механические свойства. В этом разделе необходимо описать существующие методы контроля указанных параметров и применяемые при этом приборы и инструменты.

Принятые операции технологического процесса заносятся в технологическую карту. Карта заполняется чернилами. Обязательным является заполнение всех граф.

Для оценки экономичности выбранного варианта необходимо подсчитать выход годного по формуле

$$\eta = 1 - \frac{V_{\text{отх}}}{V}$$

где $V_{\text{отх}}$ – геометрические и технологические отходы в объемном отношении,
 $V_{\text{отх}} = V_{\text{п}} + V_{\text{вых}} + V_{\text{ут}} + V_{\text{обр}} + 2V_{\text{захв}}$,

где $V_{\text{п}}$ – отходы на пресс-остаток,
 $V_{\text{вых}}$, $V_{\text{ут}}$ – на обрезку выходных и утяжных концов,
 $V_{\text{обр}}$ – на образцы,
 $V_{\text{захв}}$ – на захватки для растяжной правильной машины.

При заполнении технологической карты все геометрические и технологические отходы вначале определяются в весовом отношении, а затем в процентах от веса заготовки. Например, вес пресс-остатка определяется по формуле

$$G_{\text{пр}} = \frac{\pi D^2}{4} H \rho,$$

а процент от массы заготовки равен $G_{\text{пр}}/G \cdot 100\%$.

Аналогично находятся и другие отходы. Технологические отходы назначаются условно как возможный брак и необходимая наладка в процентах по каждой операции отдельно. Далее подсчитывается запуск металла на одну тонну годных профилей:

$$Z = \frac{1000}{\eta}$$

В технологическую карту заносятся: вид прессуемого изделия, материал и состояние поставки, наименование операций, наименование оборудования и его усилие, режимы обработки. После оформления, карта технологического процесса подклеивается в конце расчетно-пояснительной записки в качестве приложения.

Данные, полученные в результате расчета технологической карты, служат исходным материалом для определения: количества металла на программу цеха, оборудования, рабочей силы и г.д.

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА

3.1. Выбор материала

Материал для прессового инструмента выбирают в зависимости от температуры и силовых условий работы инструмента, а также от технологии прессования [14, 15]. В настоящее время получили широкое распространение для изготовления прессового инструмента теплостойкие стали 5ХНМ, 3Х2В8Ф, 4Х5В2ФС и др. Они имеют хорошую прокаливаемость, высокую вязкость, теплостойкость и достаточно высокую прочность. Рекомендации по выбору марки материала для конкретного вида инструмента даны в табл.7.

Таблица 7
Марки сталей, применяемые для изготовления прессового инструмента

Вид инструмента	Марка стали	Твердость после термообработки, HRCэ
Наружные и промежуточные втулки контейнера	5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНМ3 3ХНЗМ, ЭИ383, 40ХГ, 3Х2Н2МВФ, 3ХВ4СФ	40 – 45
Внутренняя втулка контейнера	4Х4НМВФ, 5МФИС, 3Х3МЗФ, 37Х2НЗМ2Ф	40 – 45
Пресс – штемпель	3Х3МЗФ, 37Х2НЗМ2Ф, 4Х5МФ1С	40 – 50
Матрицедержатель	5ХНМ, 5Х2МНФ, 4Х5МФС	43 – 48
Пресс – шайба	5ХНМ, 5Х2МНФ, 5Х2МНФ	40 – 45
Матрица	3Х3МЗФ, 4Х5МФС, 5Х2МНФ	45 – 52

В данном разделе записки дается обоснование выбора стали, описание свойств и режима термообработки, обеспечивающих заданную твердость. Особое внимание следует обратить на стойкость инструмента и пути ее повышения.

3.2. Контейнер

Прессование изделий невозможно без использования контейнера. При деформации металла контейнер прессы испытывает высокие радиальные нагрузки, уровень которых может достигать 1000 МПа и выше. Для того, чтобы противостоять таким нагрузкам, контейнеры делают сборными (бандажированными), состоящими из двух и более втулок. Втулки вставляются одна в другую с натягом, который достигается горячей посадкой. В многослойных контейнерах сжимающие напряжения от посадки втулок с натягом компенсируют часть рабочих растягивающих напряжений, возникающих при прессовании металла, что повышает прочность контейнера. При применении цельного контейнера наибольшее рабочее давление не превышает 50% предела текучести ст. Для сборного контейнера допустимое рабочее давление может быть увеличено почти в два раза.

Расчет системы “втулка – контейнер”

По литературным источникам расчет основан на известных методиках определения окружных σ_t и радиальных σ_r напряжений в толстостенных цилиндрах по формулам Ляме. Существует такая оптимальная конструкция контейнера, которая при заданных значениях допустимых напряжений $[\sigma]_i$ для втулок и заданном давлении $g_{п}$ обеспечивает получение минимального наружного диаметра, а при заданных габаритах – максимально возможное внутреннее давление. Конечная цель расчета: определить целесообразное число слоев N_k многослойного контейнера, размеры всех втулок, необходимые натяги δ между слоями и выбрать материалы для втулок.

Для этого выполняются следующие этапы:

1. Выбирают ориентировочно число втулок контейнера в зависимости от рабочего давления прессования. Для каждой втулки назначают материал (табл.8).

Таблица 8

Марки сталей, применяемые для изготовления контейнера

Вид втулки	Марка стали	$\sigma_t (T=450^\circ\text{C}), \text{МПа}$
Внутренняя	4Х4НВФ, 4Х5В2ФМ, 3Х2Н2 МВФ 5Х2НМФС, 27Х2Н2МВФ, 3ХВ4СФ	1400-1450
Промежуточные	3Х2Н3М, 4Х4НМВФ	1050-1450
Наружная	5ХНМ, 5ХНВ	750-800

2. Определяют геометрические размеры всех втулок контейнера.
3. Рассчитывают эпюры окружных и радиальных напряжений от рабочего давления в предположении, что натяги между слоями отсутствуют.
4. Определяют эквивалентные напряжения (сумма окружных и радиальных напряжений) на внутреннем радиусе наружного слоя и его недогруз по прочности (как разность между допускаемым и этим эквивалентным напряжением), а также соответствующее этому недогрузу контактное давление, от которого строятся эпюры напряжений для внутренних слоев.
5. Методом суперпозиции рабочих эпюр и эпюр от контактного давления определяют σ на всех радиусах втулок. Этот этап повторяется столько раз, сколько имеется втулок.
6. Находят значение эквивалентных напряжений по слоям.
7. Если $\sigma_{\text{экр}}$ на внутренней поверхности втулок окажутся меньше допускаемых напряжений, то контейнер рассчитан правильно. В противном случае – заменяют материалы втулок на более прочные или увеличивают размеры и количество слоев и расчет повторяют.

Расчеты системы “втулки – контейнер” производятся по следующим формулам.

1. Давление прессования

$$q_{\text{п}} = \frac{Q}{\pi r_{\text{в}}^2}, \quad (4)$$

где Q - усилие прессы

$r_{\text{в}}$ - внутренний радиус рабочей втулки контейнера.

2. Принимают ориентировочно количество втулок $N_{\text{ор}}$, но не больше шести, поскольку большее количество втулок применяют только в специальных контейнерах. Определяют значение $q_{\text{п}}/\sigma_{\text{д}}$, по которому из табл.9 выбирают число втулок N . Сравнивают N с выбранным ранее $N_{\text{ор}}$. При необходимости изменяют допустимые напряжения, выбранные материалы или число слоев.

Таблица 9

Рекомендуемое количество слоев (N) контейнера в зависимости от его напряженности $q_{\text{п}}/\sigma_{\text{д}}$

$\frac{q_{\text{п}}}{\sigma_{\text{д}}}$	0,3	0,3-0,55	0,56-0,75	0,76-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4
N	1	2	3	4	5	6

3. Допускаемые напряжения во втулках контейнера

$$[\sigma]_i = \frac{(\sigma_T)_i}{K_i}, \quad (5)$$

где $(\sigma_T)_i$ - предел текучести металла i -й втулки при рабочей температуре работы контейнера,

K_i - коэффициент запаса прочности i -й втулки,

i - номер втулки, $i = 1, 2, \dots, N$.

Величины $[\sigma]_i$ первоначально назначаются на основе ранее известных данных, табл.5.

Из практики эксплуатации контейнеров $K_i = 1,1-1,5$. Наибольшее K_i назначают для внутренних втулок, наименьшее - для наружных втулок.

4. Среднее арифметическое из допустимых напряжений

$$\sigma_A = \frac{1}{N_{OP}} \sum_{i=1}^{N_{OP}} [\sigma]_i, \quad (6)$$

5. Коэффициент толстостенности i -й втулки [4]

$$T_i = \sqrt{\frac{\sigma_A}{[\sigma]_i} \frac{2q_{II}}{M[\sigma]_i}}. \quad (7)$$

6. Геометрические размеры i -й втулки

$$r_{i-1} = r_i / T_i, \quad (8)$$

где r_{i+1} , r_i - наружный и внутренний радиусы i -й втулки соответственно.

7. Напряжения во втулках от давления прессования

$$\begin{aligned} (\sigma_r)_{i, qn} &= -\frac{r_B^2 q_{II}}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 + \frac{r_H^2}{r_i^2}\right), \\ (\sigma_t)_{i, qn} &= -\frac{r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 - \frac{r_H^2}{r_i^2}\right), \end{aligned} \quad (9)$$

где σ_r и σ_t - окружное и радиальное напряжения соответственно,

r_B - внутренний радиус рабочей втулки контейнера,

r_H - наружный радиус контейнера,

r_i - текущий радиус.

8. Контактное давление при посадке с натягом i -й втулки на блок внутренних $(i-1)$ втулок

$$(p_{II})_i = \frac{1 - T_i^2}{2} (\sigma_{кв})_i, \quad (10)$$

где $\sigma_{ЭКВ}$ – эквивалентное напряжение.

9. Эквивалентные напряжения можно рассчитать по формулам:

Четырехслойный контейнер

Посадка четвертой наружной втулки на блок ранее собранных внутренних втулок с натягом $P_{П4}$:

$$(\sigma_{ЭКВ})_4 = [\sigma]_4 - (\sigma_i)_4^{q_n} + (\sigma_r)_4^{q_n}. \quad (11)$$

Посадка третьей втулки на блок внутренних с натягом $P_{П3}$:

$$(\sigma_{ЭКВ})_3 = [\sigma]_3 - (\sigma_i)_3^{q_n} + (\sigma_r)_3^{q_n} - (\sigma_i)_3^{P_{П3}} + (\sigma_r)_3^{P_{П3}}. \quad (12)$$

Посадка второй втулки на первую с натягом $P_{П2}$:

$$(\sigma_{ЭКВ})_2 = [\sigma]_2 - (\sigma_i)_2^{q_n} + (\sigma_r)_2^{q_n} - (\sigma_i)_2^{P_{П2}} + (\sigma_r)_2^{P_{П2}} - (\sigma_i)_2^{P_{П3}} + (\sigma_r)_2^{P_{П3}}. \quad (13)$$

Трехслойный контейнер

Посадка третьей втулки на блок внутренних с натягом $P_{П3}$

$$(\sigma_{ЭКВ})_3 = [\sigma]_3 - (\sigma_i)_3^{q_n} + (\sigma_r)_3^{q_n}. \quad (14)$$

Посадка второй втулки на первую втулку с натягом $P_{П2}$

$$(\sigma_{ЭКВ})_2 = [\sigma]_2 - (\sigma_i)_2^{q_n} + (\sigma_r)_2^{q_n} - (\sigma_i)_2^{P_{П3}} + (\sigma_r)_2^{P_{П3}}. \quad (15)$$

Двухслойный контейнер

$$(\sigma_{ЭКВ}) = [\sigma]_4 - (\sigma_i)_2^{q_n} + (\sigma_r)_2^{q_n}. \quad (16)$$

10. Натяг на радиус при посадке i -й втулки, обеспечивающей давление $P_{Пi}$,

$$\delta_i = r_i \frac{P_{Пi}}{E} \left(\frac{r_i^2 + r_B^2}{r_i^2 - r_B^2} + \frac{1 + T_i^2}{1 - T_i^2} \right), \quad (17)$$

где E – модуль упругости материала втулок.

В расчетах принимают для сталей $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Величина натяга обычно составляет 0,2-0,7% от радиуса втулки и уменьшается от внутренней втулки к наружной.

Оптимальные значения натяга при посадке могут быть определены из условия $2\tau_{МАКС}/r_B = (\sigma_i - \sigma_r) \rightarrow \min$.

11. Температурный перепад для осуществления натяга

$$\Delta T_i = \frac{\delta_i}{r_i} \frac{1}{\alpha} + 150, \quad (18)$$

где α - коэффициент линейного расширения, $\alpha = 12,5 \times 10^{-6}$ 1/град.

12. Расчет напряжений во внутренних втулках от контактного давления посадки P_{III} :

$$(\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}} = -\frac{r_H^2 (P_{\text{III}})_i}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 + \frac{r_B^2}{r_i^2} \right), \quad (\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}} = -\frac{r_H^2 (P_{\text{III}})_i}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 - \frac{r_B^2}{r_i^2} \right). \quad (19)$$

13. Расчет напряжений во внешней втулке от контактного давления посадки P_{III} :

$$(\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}} = \frac{r_B^2 P_{\text{III}}}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 + \frac{r_H^2}{r_i^2} \right), \quad (\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}} = \frac{r_B^2 P_{\text{III}}}{r_H^2 - r_B^2} \left(1 - \frac{r_H^2}{r_i^2} \right). \quad (20)$$

14. Расчет суммарных напряжений в характерных точках контейнера от давления прессования и контактных давлений посадки. В местах сопряжения i и $i+1$ втулок суммирование напряжений проводится отдельно для наружного радиуса i -й втулки и внутреннего радиуса $i+1$ втулки:

$$(\sigma_r)_i^{\Sigma} = (\sigma_r)_i^{q_n} + \sum_{i=1}^N (\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}}, \quad (\sigma_r)_i^{\Sigma} = (\sigma_r)_i^{q_n} + \sum_{i=1}^N (\sigma_r)_i^{P_{\text{III}}}. \quad (21)$$

15. Проверка правильности расчета многослойного контейнера на прочность:

$$(\sigma_{\text{эKB}})_i = (\sigma_r)_i^{\Sigma} - (\sigma_r)_i^{\Sigma} \leq [\sigma]. \quad (22)$$

Пример расчета системы "втулка - контейнер".

Расчет контейнера диаметром 155мм для прессы усилием 1500т. Удельное максимальное давление прессования составляет 85 кг/мм².

Для уменьшения стоимости контейнера корпус его предполагается изготавливать из стали 5ХНМ, втулки - из стали 4Х4НМВФ.

Для стали 4Х4НМВФ при 500 °С $\sigma_{0,2} = 154,9$ кг/мм²; $\sigma_{0,2} = 144,1$ кг/мм².

Для стали 5ХНМ при 400 °С $\sigma_{0,2} = 90$ кг/мм².

Контейнер изготавливается 4-слойным. Принимая коэффициенты запаса K по втулкам (считая изнутри) равными 1,5; 1,3; 1,3; 1,2, получим допустимые напряжения (кг/мм²) для втулок по формуле

$$[\sigma_i] = \frac{\sigma_{0,2i}}{K_i} :$$

$$\text{1-я втулка} \quad \frac{144}{1,5} = 96 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{2-я втулка} \\ \text{3-я втулка} \end{array} \right\} \frac{144}{1,3} = 110 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\text{4-я втулка} \quad \frac{90}{1,2} = 75 \text{ кг/мм}^2$$

Число слоев контейнера зависит от отношения q_{Π} / σ_A , где q_{Π} — удельное давление в контейнере;

$$\sigma_A = \frac{[\sigma_1] + [\sigma_2] + \dots + [\sigma_n]}{N_{\text{DP}}}$$

среднее арифметическое из допустимых напряжений для отдельных слоев:

$$\frac{q_{\Pi}}{\sigma_A} = \frac{85}{97,5} = 0,873;$$

$$\sigma_A = \frac{96 + 110 + 110 + 75}{4} = 97,5 \text{ кг/мм}^2.$$

Для отношения q_{Π} / σ_A из интервала 0,75 — 1,0 оптимальное число слоев контейнера равно четырем.

Коэффициенты толстостенности втулок:

$$Ti = \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{\sigma_i} - \frac{2P}{N\sigma_i} \right)};$$

$$T_1 = \sqrt{\left(\frac{97,5}{96} - \frac{2 \cdot 85}{4 \cdot 96} \right)} = 0,785;$$

$$T_2 = \sqrt{\left(\frac{97,5}{110} - \frac{2 \cdot 85}{4 \cdot 110} \right)} = 0,706;$$

$$T_3 = T_2 = 0,706;$$

$$T_4 = \sqrt{\left(\frac{97,5}{75} - \frac{2 \cdot 85}{4 \cdot 75} \right)} = 0,855.$$

Радиусы втулок:

$$r_1 = 77,5 \text{ мм};$$

$$r_2 = \frac{r_1}{T_1} = \frac{77,5}{0,756} = 101 \text{ мм};$$

$$r_3 = \frac{r_2}{T_2} = \frac{101}{0,706} = 142 \text{ мм};$$

$$r_4 = \frac{r_3}{T_3} = \frac{142}{0,706} = 200 \text{ мм};$$

$$r_5 = \frac{r_4}{T_4} = \frac{200}{0,855} = 234 \text{ мм}.$$

Расчет контейнера ведется на основании 3-й теории прочности, поэтому меридиальное напряжение σ_m не учитывается.

Следовательно,

$$\sigma_{t,r} = \frac{P_B r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \pm \frac{P_B r_B^2 r_H^2}{(r_H^2 - r_B^2) \rho^2} = \frac{85 \cdot 77,5^2}{234^2 - 77,5^2} \pm \frac{85 \cdot 77,5^2 \cdot 234^2}{(234^2 - 77,5^2) \rho^2},$$

где ρ - текущий радиус

Напряжения имеют следующие значения, кг/мм²

$$\sigma_{t1} = 10,4 + \frac{572000}{77,5^2} = 105,8;$$

$$\sigma_{r1} = 10,4 - \frac{572000}{77,5^2} = -85;$$

$$\sigma_{t2} = 10,4 + \frac{572000}{101^2} = 66,5;$$

$$\sigma_{r2} = 10,4 - \frac{572000}{101^2} = -45,7;$$

$$\sigma_{t3} = 10,4 + \frac{572000}{142^2} = 38,8;$$

$$\sigma_{r3} = 10,4 - \frac{572000}{142^2} = -18,0;$$

$$\sigma_{t4} = 10,4 + \frac{572000}{200^2} = 24,7;$$

$$\sigma_{r4} = 10,4 - \frac{572000}{200^2} = -3,9;$$

$$\sigma_{t5} = 10,4 + \frac{572000}{234^2} = 20,8;$$

$$\sigma_{r5} = 10,4 - \frac{572000}{234^2} = 0.$$

Эпюры напряжений приведены на рис. 6.

Расчет контейнера ведется для случая сборки "изнутри".

Эквивалентные напряжения в 4-й, наружной, втулке от посадки с натягом P_4 на блок из собранных ранее внутренних втулок можно рассчитать по формуле

$$\sigma_{экв}^p = [\sigma_4] - (\sigma_{t4}^p - \sigma_{r4}^p) = 75 - (24,7 + 3,9) = 46,4 \text{ кг/мм}^2.$$

При посадке 4-й, наружной, втулки на блок из внутренних контактное давление

$$P_4 = \frac{1 - K_4^2}{2} \cdot \sigma_{экв4}^p = \frac{1 - 0,855^2}{2} \cdot 46,4 = 6,25 \text{ кг/мм}^2.$$

Натяг на радиус при посадке четвертой втулки составляет:

$$\delta_4 = \rho_4 \cdot \frac{P_4}{E} \left(\frac{\rho_4^2 + r^2}{\rho_4^2 + r^2} + \frac{1 + K_4^2}{1 - K_4^2} \right) = 200 \cdot \frac{6,25}{2 \cdot 10^4} \left(\frac{200^2 + 77,5^2}{200^2 - 77,5^2} + \frac{1 + 0,855^2}{1 - 0,855^2} \right) = 0,0625 \cdot 7,75 = 0,485 \text{ мм}.$$

Здесь

$$E = 2 \cdot 10^7 \text{ кг/мм}^2;$$

$$\rho_4 = r_4 = 200 \text{ мм};$$

$$r = r_1 = 77,5 \text{ мм}.$$

Температурный перепад для обеспечения натяга

$$\Delta T_4 = \frac{\delta_4}{\rho_4 \alpha} + (100 - 150^\circ\text{C});$$

$$\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}} - \text{коэффициент линейного расширения};$$

$$\Delta T_4 = \frac{0,485}{200 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6}} + 150 = 345^\circ\text{C}.$$

Напряжение во втулках от посадки 4-й втулки на блок внутренних, согласно формулам Ляме, при

$$P_{\text{вн}} = 0 \quad P_{\text{н}} = 6,25 \text{ кг/мм}^2; \quad r_{\text{в}} = 77,5 \text{ мм}; \quad r_{\text{н}} = 200 \text{ мм равно}$$

$$\sigma_{1,r} = \frac{-P_{\text{н}} r_{\text{н}}^2}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} \pm \frac{-P_{\text{н}} r_{\text{н}}^2 r_{\text{в}}^2}{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2} \frac{1}{\rho} = \frac{-6,25 \cdot 200^2}{200^2 - 77,5^2} \pm \frac{-6,25 \cdot 200^2 \cdot 77,5^2}{200^2 - 77,5^2} \frac{1}{\rho^2} =$$

$$= -7,35 \pm \frac{-42000}{\rho^2} \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{11} = -7,35 - \frac{42000}{77,5^2} = -14,7;$$

$$\sigma_{11} = -7,35 + \frac{42000}{77,5^2} = 0;$$

$$\sigma_{12} = -7,35 - \frac{42000}{101^2} = -11,47;$$

$$\sigma_{12} = -7,35 + \frac{42000}{101^2} = -3,23;$$

$$\sigma_{13} = -7,35 - \frac{42000}{142^2} = -9,43;$$

$$\sigma_{13} = -7,35 + \frac{42000}{142^2} = -5,27;$$

$$\sigma_{14} = -7,35 - \frac{42000}{200^2} = -8,45;$$

$$\sigma_{14} = -7,35 + \frac{42000}{200^2} = -6,25.$$

Сама 4-я втулка находится под действием внутреннего давления

$$P = 6,26 \text{ кг/мм}^2.$$

Откуда

$$\sigma_{r'} = \frac{P_B r_B^2}{r_{II}^2 - r_B^2} \pm \frac{P_B r_{II}^2 r_B^2}{r_{II}^2 - r_B^2} \frac{1}{\rho^2} = \frac{6,25 \cdot 200^2}{234^2 - 200^2} \pm \frac{6,25 \cdot 200^2 \cdot 234^2}{(234^2 - 200^2) \rho^2} =$$

$$= 16,65 \pm \frac{915000}{\rho^2} \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{r4} = 16,65 + \frac{915000}{200^2} = 39,55;$$

$$\sigma_{r4} = 16,65 - \frac{915000}{200^2} = -6,25;$$

$$\sigma_{r5} = 16,65 + \frac{915000}{234^2} = 33,3;$$

$$\sigma_{r5} = 16,65 - \frac{915000}{234^2} = 0.$$

Эпюры напряжений от действия давления посадки 4-й втулки приведены на рис. 7.

Эквивалентное напряжение в 3-й втулке от посадки ее с натягом на блок из 1-й и 2-й втулок

$$\sigma_{\text{ЭКВ}}^{P3} = [\sigma]_3 - (\sigma_{r3}^P + \sigma_{r3}^{P4} - \sigma_{r3}^P - \sigma_{r3}^{P4}) = 110 - (38,8 - 9,43 + 18,0 + 5,27) = 56,36 \text{ кг/мм}^2.$$

При посадке 3-й втулки на блок из 1-й и 2-й давление

$$P_3 = \frac{1 - K_3^2}{2} \sigma_{\text{ЭКВ}}^{P3} = \frac{1 - 0,706^2}{2} 56,36 = 14,1 \text{ кг/мм}^2.$$

При посадке 3-й втулки натяг на радиус

$$\delta_3 = \rho_3 \frac{P_3}{E} \left(\frac{\rho_3^2 + r^2}{\rho_3^2 - r^2} - \frac{1 + K_3^2}{1 - K_3^2} \right) = \frac{142 \cdot 14,1}{2 \cdot 10^4} \left(\frac{142^2 + 77,5^2}{142^2 - 77,5^2} + \frac{1 + 0,706^2}{1 - 0,706^2} \right) =$$

$$= 0,1 \cdot 4,845 = 0,48 \text{ мм}.$$

Для обеспечения натяга δ_3 температурный перепад

$$\Delta T_3 = \frac{\delta_3}{\rho_3 \alpha} + (100 - 150) = \frac{0,48}{142 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6}} + 150 = 420^\circ\text{C}.$$

Напряжение на втулках от посадки 3-й втулки (рис. 8).

$$\sigma_{r'} = \frac{-P_{II} r_{II}^2}{r_{II}^2 - r_B^2} \pm \frac{-P_{II} r_{II}^2 r_B^2}{(r_{II}^2 - r_B^2) \rho^2} = \frac{-14,1 \cdot 142^2}{142^2 - 77,5^2} \pm \frac{-14,1 \cdot 142^2 \cdot 77,5^2}{(142^2 - 77,5^2) \rho^2} =$$

$$= -20,1 \pm \frac{-121000}{\rho^2} \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{r1} = -20,1 - \frac{121000}{77,5^2} = -40,2;$$

$$\sigma_{\theta 1} = -20,1 + \frac{121000}{77,5^2} = 0;$$

$$\sigma_{r2} = -20,1 - \frac{121000}{101^2} = -31,95;$$

$$\sigma_{\theta 2} = -20,1 + \frac{121000}{101^2} = -8,25;$$

$$\sigma_{r3} = -20,1 - \frac{121000}{142^2} = -26,1;$$

$$\sigma_{\theta 3} = -20,1 + \frac{121000}{142^2} = -14,1.$$

Втулка 3 находится под действием внутреннего давления $P = 14,1 \text{ кг/мм}^2$. Следовательно,

$$\begin{aligned} \sigma_{r1} &= \frac{P_B r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \pm \frac{P_B r_B^2 r_H^2}{(r_H^2 - r_B^2) \rho^2} = \frac{14,1 \cdot 14,2^2}{200^2 - 142^2} \pm \frac{14,1 \cdot 142^2 \cdot 200^2}{(200^2 - 142^2) \rho^2} \\ &= 14,4 \pm \frac{545000}{\rho^2} \text{ кг/мм}^2; \end{aligned}$$

$$\sigma_{r3} = 14,4 + \frac{545000}{142^2} = 43,9;$$

$$\sigma_{\theta 3} = 14,4 - \frac{545000}{142^2} = 14,1;$$

$$\sigma_{r4} = 14,4 + \frac{545000}{200^2} = 28,8;$$

$$\sigma_{\theta 4} = 14,4 - \frac{545000}{200^2} = 0.$$

При посадке 2-й втулки на 1-ю с натягом эквивалентное напряжение

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{экр}}^{P_2} &= [\sigma]_2 - (\sigma_{12}^P + \sigma_{12}^{P_4} + \sigma_{12}^{P_3} - \sigma_{r2}^P - \sigma_{r2}^{P_4} - \sigma_{r1}^{P_3}) = \\ &= 100 - (66,5 - 11,47 - 31,95 + 45,7 + 3,23 + 8,25) = 29,74 \text{ кг/мм}^2. \end{aligned}$$

При посадке 2-й втулки на 1-ю контактное давление

$$P_2 = \frac{1 - K_2^2}{2} \sigma_{\text{экр}}^{P_2} = \frac{1 - 0,706^2}{2} \cdot 29,74 = 7,45 \text{ кг/мм}^2.$$

Натяг на радиус при посадке 2-й втулки

$$\delta_2 = \rho_2 \frac{P_2}{E} \left(\frac{1+K_1^2}{1-K_1^2} + \frac{1+K_2^2}{1-K_2^2} \right) = \frac{101 \cdot 7,45}{2 \cdot 10^4} \cdot \left(\frac{1+0,756^2}{1-0,756^2} + \frac{1+0,706^2}{1-0,706^2} \right) =$$

$$= 0,0376 \cdot 6,66 = 0,25 \text{ мм.}$$

Для обеспечения натяга δ_2 температурный перепад

$$\Delta T_2 = \frac{\delta_2}{\rho_2 \alpha} + (100 - 150);$$

$$\Delta T_2 = \frac{0,25}{101 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6}} + 150 = 350^\circ \text{C.}$$

Напряжение во втулках от посадки 2-й втулки на первую (рис.9).

$$\sigma_{r1} = \frac{-P_H r_H^2}{r_H^2 - r_B^2} \pm \frac{-P_H r_H^2 r_B^2}{(r_H^2 - r_B^2) \rho^2} = \frac{-7,45 \cdot 101^2}{101^2 - 77,5^2} \pm \frac{-7,45 \cdot 101^2 \cdot 77,5^2}{(101^2 - 77,5^2) \rho^2} =$$

$$= -18,1 \pm \frac{109000}{\rho^2} \text{ кг/мм}^2;$$

$$\sigma_{\theta 1} = -18,1 - \frac{109000}{77,5^2} = -36,2;$$

$$\sigma_{r1} = -18,1 + \frac{109000}{77,5^2} = 0;$$

$$\sigma_{r2} = -18,1 - \frac{109000}{101^2} = -28,75;$$

$$\sigma_{r2} = -18,1 + \frac{109000}{101^2} = -7,45.$$

Напряжение во 2-й втулке от внутреннего давления $P = 7,45 \text{ кг/мм}^2$.

$$\sigma_{r1} = \frac{P_B r_B^2}{r_H^2 - r_B^2} \pm \frac{P_B r_B^2 r_H^2}{(r_H^2 - r_B^2) \rho^2} = \frac{7,45 \cdot 101^2}{142^2 - 101^2} \pm \frac{7,45 \cdot 101^2 \cdot 142^2}{(142^2 - 101^2) \rho^2} =$$

$$= 7,6 \pm \frac{153000}{\rho^2} \text{ (кг/мм}^2);$$

$$\sigma_{\theta 2} = 7,6 + \frac{153000}{101^2} = 22,6;$$

$$\sigma_{r2} = 7,6 - \frac{153000}{101^2} = -7,45;$$

$$\sigma_{,3} = 7,6 + \frac{153000}{142^2} = 15,2;$$

$$\sigma_{,3} = 7,6 - \frac{153000}{142^2} = 0.$$

Эпюры суммарных напряжений σ , и σ , приведены на рис.10.

Проверка правильности решения заключается в определении эквивалентных напряжений во втулках при работе.

Эквивалентные напряжения должны быть равны принятым для расчетов допустимым напряжениям.

По третьей теории прочности $\sigma_{\text{ЭКВ}}^{\text{III}} = \sigma_t - \sigma_r$.

Тогда эквивалентные напряжения (кг/мм²)

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} 1\text{в} = 14,7 + 85 = 99,7; \quad [\sigma] = 96,4;$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} 2\text{в} = 45,6 + 64,7 = 110,3; \quad [\sigma] = 110;$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} 3\text{в} = 73,24 + 37,34 = 110,58; \quad [\sigma] = 110;$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} 4\text{в} = 64,25 + 10,15 = 74,4; \quad [\sigma] = 75.$$

Ряд найденных эквивалентных значений несколько выше допустимых.

Однако эта разница невелика, поэтому можно оставить выбранные размеры. В случае значительного отличия необходимо производить перерасчет.

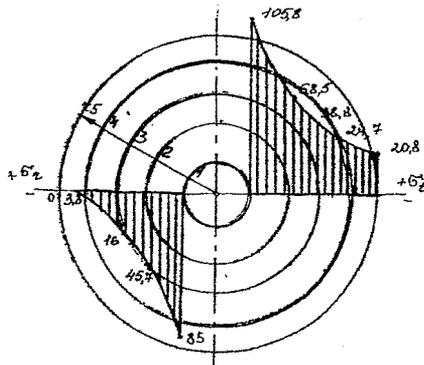


Рис.6. Напряжения во втулках контейнера от действия внутреннего рабочего давления

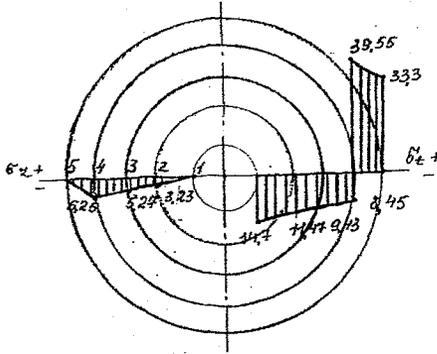


Рис.7. Напряжения во втулках контейнера от действия давления посадки 4-й втулки

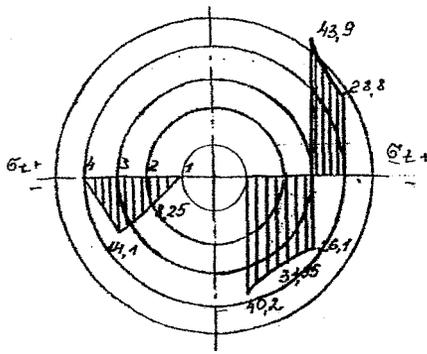


Рис.8. Напряжения во втулках контейнера от действия давления посадки 3-й втулки

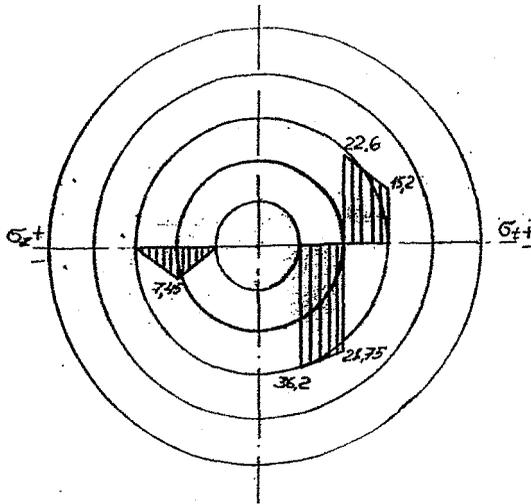


Рис.9. Напряжения во втулках контейнера от действия давления второй втулки

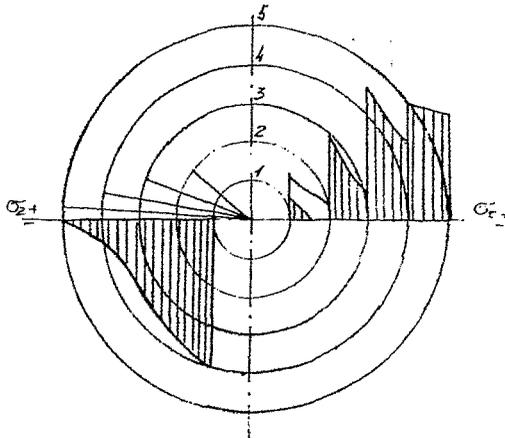


Рис.10. Суммарные напряжения во втулках контейнера от действия рабочего давления $P=85 \text{ кг/мм}^2$ и посадки втулок с натягом

3.3. Матрица

Матрица является наиболее важным технологическим инструментом, в котором совершается формирование профиля.

Для прессования профилей из алюминиевых сплавов чаще всего используют плоские матрицы [1].

Исходя из сложности конфигурации и площади поперечного сечения профиля задаются количеством каналов в матрице. Каналы стремятся располагать симметрично относительно осей. Если матрица одноканальная, то канал на зеркале матрицы располагают следующим образом:

1. При наличии двух осей симметрии профиля центр тяжести его совмещают с геометрическим центром матрицы.

2. При одной оси симметрии и толщине полок профиля, незначительно отличающихся друг от друга, центр тяжести также совмещают с геометрическим центром матрицы.

3. Асимметричные профили и профили с одной осью симметрии, но со значительной разницей в симметрии полок, располагают таким образом, чтобы тонкие элементы были максимально приближены к центру матрицы. Примеры расположения каналов на зеркале матрицы приведены на рис.12 и также в работах [8].

При прессовании сложных профилей рационального расположения канала в матрице недостаточно для выравнивания скоростей истечения. Поэтому последующее выравнивание скоростей истечения может быть получено за счет изменения величины контактной поверхности калибрующей части формообразующего канала матрицы. Поперечное сечение канала разделяют на несколько элементов равной ширины, чаще всего прямоугольной формы или близкой к ней. При одинаковых скоростях истечения длины калибрующих поясков различных элементов i и K должны быть обратно пропорциональны их удельным периметрам:

$$\frac{l_K}{l_i} = \frac{\Pi_i}{F_i} \cdot \frac{F_K}{\Pi_K}, \quad (23)$$

где Π_i и Π_K – периметры элементов i и K .

F_i и F_K – площади элементов i и K .

l_i и l_K – длины калибрующих поясков i и K .

Пример разделения сечения профиля на элементы 1, 2, 3 показан на рис.11,а. Задаввшись длиной калибрующего пояска для элемента с наибольшим удельным периметром (Π/F) в пределах 4-5мм, можно определить по формуле (23) длины калибрующих поясков для остальных элементов. По найденным значениям строят развертку калибрующих поясков по контуру канала матрицы (рис.11). По условию прочности длина пояска берется не менее 4-5мм, а по условию эффективности работы – не более ширины отверстия рассматриваемого элемента. Если по расчету необходимо иметь более длинный поясок, чем ширина

отверстия, то следует применять калибрующие пояски с углами торможения (рис. 11. б). В этом случае калибрующий пояссок состоит из двух участков: прямолинейного с минимально допустимой длиной 4-5мм и наклонного с углом γ и длиной $L_T = L_P - (4 \div 5)$, где L_P – расчетная длина калибрующего пояска, полученная по формуле (23).

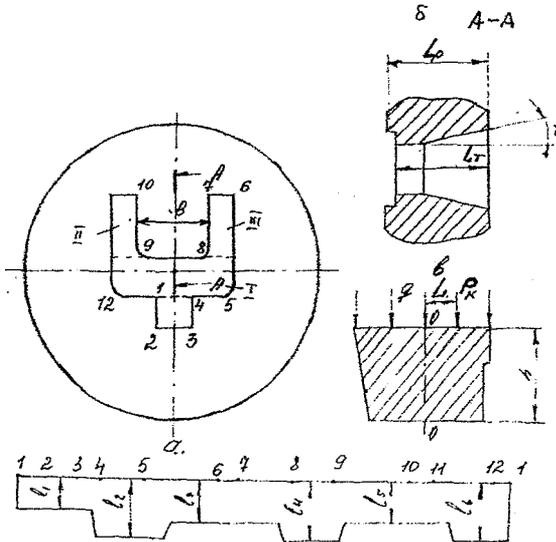


Рис. 11. К расчету матрицы

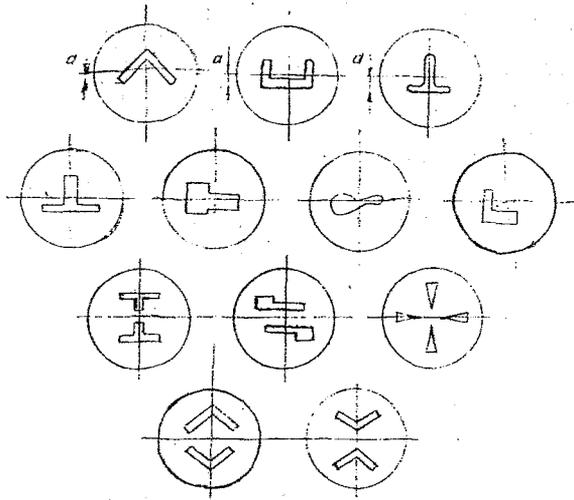


Рис. 12. Варианты расположения очков в матрице для прессования

Угол торможения γ находится из выражения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{3\sqrt{3}\sigma_{\text{доп}} - 2\mu_{\text{п}} S_{\text{к}}}{6S_{\text{дк}}},$$

$$\text{где } \sigma_{\text{доп}} = \left(\frac{L_i \Pi_i}{F_i} - \frac{L_k \Pi_k}{F_k} \right) S_{\text{к}} \cdot \lambda^3,$$

$$a = \frac{1}{\cos \alpha / 2} + \frac{\mu_{\text{п}}}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha / 2} - 1.$$

Эффект торможения наблюдается при углах γ в пределах от 1 до 6°.

Изложенная методика позволяет определить параметры поясков только в первом приближении для простых профилей. Для сложных профилей и многоканальных матриц расчет усложняется и часто окончательная отработка формы матрицы производится при прессовании опытных партий. В работах [4,6] рассмотрены и другие способы расчета размеров поясков.

При расчете матриц на прочность следует обратить особое внимание на ее консольные части (участки 7, 8, 9, 10 на рис. 11), упругий прогиб которых вызывает изменение толщины профиля и исключает тормозное влияние пояска и угла торможения.

Расчет консольных участков матрицы на изгиб проводят как для консольно закрепленной балки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, по формуле

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{\text{п}}]$$

где M -- изгибающий момент,

$M = P_R L$, L -- расстояние от основания консоли (сечение 0-0 на рис.11, в) до центра приложения равнодействующей силы P_K , совпадающей с центром тяжести консольного участка в плане, $P_K = q_{II} F_{\text{конс}}$,

$F_{\text{конс}}$ - площадь консольного участка матрицы,

q_{II} - удельное давление (берется по формуле),

W - момент сопротивления изгибу прямоугольного сечения матрицы,

$$W = \frac{bh^3}{6},$$

b - ширина консольного участка матрицы у основания консоли (в сечении 0-0 на рис. 11,а),

h - высота матрицы,

$[\sigma_{II}]$ - допускаемое напряжение на изгиб материала матрицы,

$[\sigma_{II}] \approx 0,7 \sigma_B$.

Обычно высоту матрицы назначают из конструктивных соображений, $h = (0,3 - 0,5) D_K$, а затем проводят проверочный расчет.

Если расчет показывает недостаточную прочность консольных участков, то применяют матрицы с подкладкой. Методика расчета приведена в работе [4].

Определение исполнительных размеров канала матрицы A_i производится с учетом номинальных размеров сечения профиля A_n , плюсовых допусков на эти размеры M , материала матрицы и условий правки по формуле

$$A_i = A_n + M + (K_y + K_p + K_T) A_n,$$

где K_y - коэффициент утягивания размера сечения при прессовании (для профилей, имеющих удлиненные участки: "уголок", "швеллер" и т.д.);

K_p - коэффициент уменьшения размера при правке растяжением (табл.10).

Таблица 10

Значение коэффициентов K_y и K_p

Размер элемента, мм	K_y	K_p
1 - 3	0,020	0,020
4 - 20	0,010	0,010
21 - 40	0,006	0,008
41 - 60	0,005	0,008
61 - 80	0,004	0,006
81 - 120	0,003	0,005
121 - 200	0,002	0,004

$K_T = T\alpha - T_1\alpha_1$ - коэффициент температурной усадки;

T и T_1 - температуры нагрева заготовки и матрицы,

при этом $T - T_1 = 30-50$ °С;

α и α_1 - коэффициенты линейного расширения соответственно прессуемого металла (для алюминиевых сплавов $\alpha = 25 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$) и материала матрицы (для сталей $\alpha_1 = 14 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$).

Допуски на размер составляют приблизительно: для размеров до 10мм – примерно 1,05%, для размеров свыше 100мм – 0,8%. Расчетные размеры матрицы округляют с точностью до 0,1мм.

3.4. Пресс – штемпель и пресс - шайба

Величина допустимой нагрузки, которую может выдержать пресс-штемпель, определяет возможную степень деформации при прессовании. Поэтому выбор материала и конструкции пресс-штемпеля имеет важное значение в технологии прессования. На рис.13 приведен образец пресс-штемпеля.

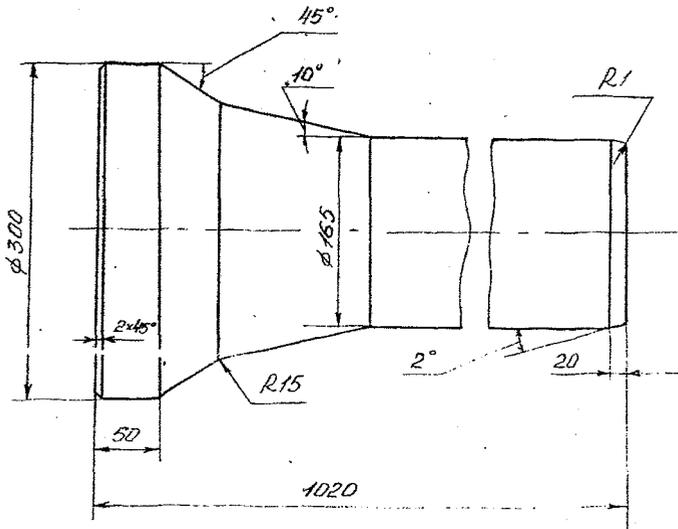


Рис.13.Пресс – штемпель

Конструктивно пресс-штемпели изготавливают монолитными, состоящими из головки и штанги (см. рис. 1). После выбора материала пресс-штемпель проверяют на прочность, при этом его рассматривают как сжатый и консольно закрепленный стержень [4, 16].

В процессе прессования пресс-штемпель подвергается действию высоких напряжений сжатия и продольному изгибу.

Усилие прессования Q , передаваемое пресс-штемпелем на слиток, вызывает в нем напряжение сжатия

$$\sigma' = \frac{Q}{F'},$$

где F' – площадь поперечного сечения пресс - штемпеля,

$$F' = \frac{\pi D_{II}^2}{4};$$

D_{II} – диаметр пресс-штемпеля.

При эксцентрично приложенной нагрузке в пресс-штемпеле возникает дополнительное изгибающее напряжение σ'' от момента

$$M = Pl, \quad l = \frac{D_K - D_{II}}{4}, \quad \sigma'' = \frac{M}{W},$$

где W – момент сопротивления изгибу; для круга $W = 0,1D_{II}^3$.

Полное напряжение в пресс-штемпеле σ_{II} сравнивают с допустимым:

$$\sigma_{II} = \sigma' + \sigma'' \leq [\sigma],$$

где $[\sigma] = \sigma_B$. Значение предела прочности σ_B определяют при температуре разогрева металла пресс-штемпеля, не превышающей 250 °С [16].

Диаметр пресс-штемпеля выполняют на 10-20 мм меньше диаметра втулки контейнера D_K . Причем меньшие значения назначают для небольших по габаритам контейнеров, большие – для крупногабаритных контейнеров.

Для увеличения сопротивления продольному изгибу пресс – штемпель рекомендуется делать ступенчатым с утолщенной частью рабочего стержня.

Пресс – шайба применяется при прессовании и предохраняет пресс – штемпель от теплового воздействия со стороны деформируемого металла. Пример пресс-шайбы приведен на рис.14.

Основными технологическими размерами пресс – шайбы являются рабочий диаметр D_{III} и высота h_{III} . Диаметр пресс-шайбы принимают равным диаметру отверстия внутренней втулки D_K за вычетом величины технологического зазора a : $d_{III} = D_K - a$, где $a = 0,1 - 0,5$ мм. Высота пресс – шайбы принимается $h_{III} \leq d_{III}$. Пресс-шайбы при конструировании рассчитывают на сжатие. При этом принимают допустимое удельное давление сжатия равным $(0,9-0,95)\sigma_T$ выбранной стали при заданных температурных условиях. Для уменьшения контактной поверхности между пресс – шайбами и внутренней втулкой иногда применяют пресс – шайбы с проточкой.

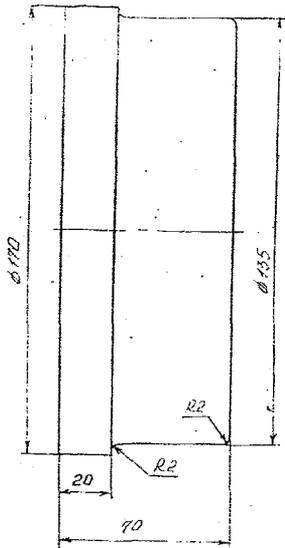


Рис. 14. Пресс – шайба

4. РАЗРАБОТКА ПЛАНИРОВКИ ЦЕХА

При проектировании новых цехов целесообразно классифицировать цеха по объему производства, мощности установленных прессов, серийности производства. Исходя из годового выпуска прессованной продукции можно разделить все цеха на мелкие (выпуск менее 10 тыс.т), средние (10-20 тыс.т), крупные (более 20 тыс.т). Классификация по мощности прессов необходима для установления ряда показателей: ширины пролета и высоты здания, характеристик подъемно-транспортного оборудования, глубины заложения фундаментов и т.п.

Одним из условий рационального проектирования прессовых цехов является учет перспективы развития производства с целью освоения новых изделий, увеличения объема производства, дальнейшего внедрения механизации и автоматизации процессов.

В настоящее время высшей формой внутрицеховой организации производства прессовых профилей является поточная линия, на которой все технологические и транспортные операции механизированы, а управление работой линии осуществляется с помощью компьютера

Профили и прутки прессуют на горизонтальных гидравлических прессах. Ввиду большой номенклатуры прессовых изделий и различных механических свойств сплавов, из которых они изготавливаются, в промышленности используются прессы с усилием прессования от 5 МН до 200 МН. Наиболее

распространены прессы с максимальным усилием 12 ,15 ,20 ,30 ,35 ,50 МН, работающие в большинстве случаев от групповой насосно-аккумуляторной станции. Небольшая часть прессов работает от индивидуального привода. По методу прессования конструкции прессов делят на две группы: прямого или обратного прессования, с прошивным устройством или без него.

В настоящее время работа отдельных узлов прессы автоматизирована. Имеются также прессы с полной автоматизацией технологического процесса прессования. Заготовки перед прессованием нагревают в электрических печах (индукционных или сопротивления).

В состав прессового цеха входят следующие производственные участки: прессовый участок, участок правки и резки в меру, участок термообработки, сдаточный участок.

На рис.15 - 17 даны примерные планировки участков. При такой организации производства производственные участки работают от промежуточных складов полуфабрикатов, которые должны быть четко отражены на планировке цеха.

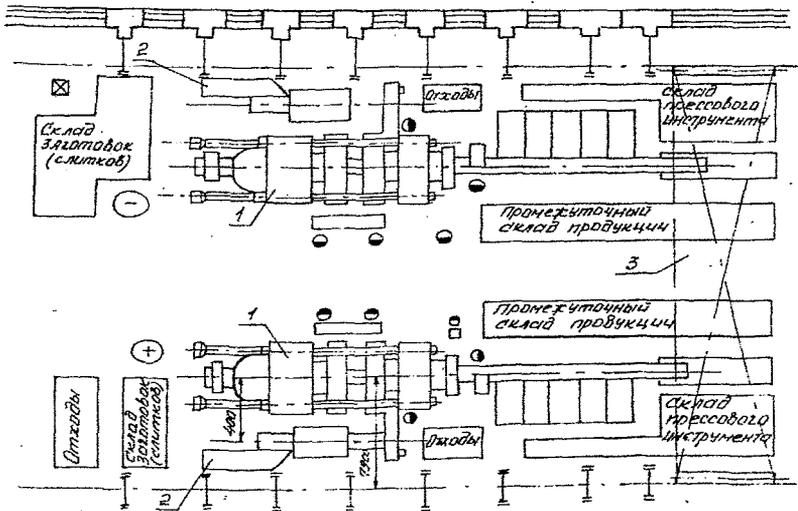


Рис.15. Типовая планировка участка прессования профилей и труб:
1- гидравлический пресс; 2- индукционная печь; 3 - кран

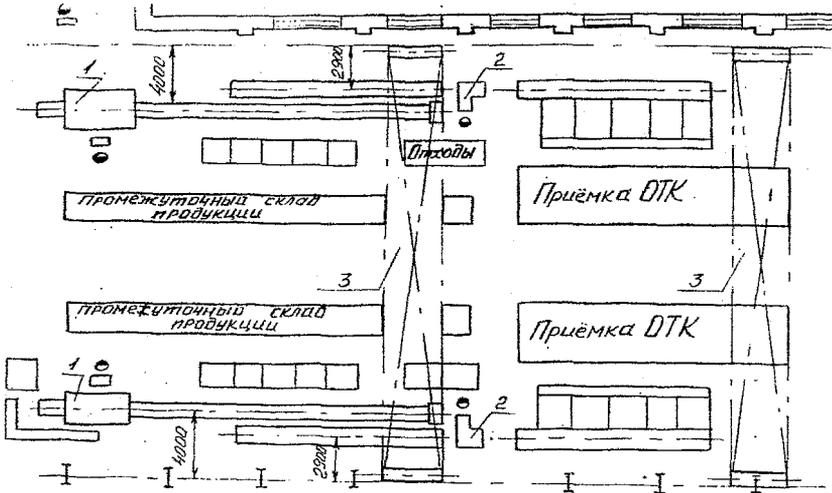


Рис.16. Типовая планировка участка правки и резки профилей:
1- правильная машина; 2- линия резки; 3 -кран

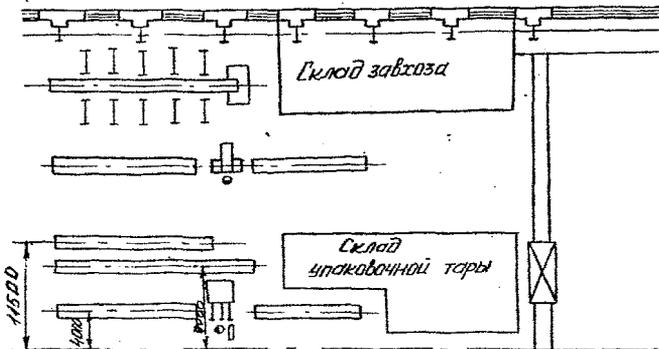


Рис. 17. Термосдаточный отдел

Оборудование в цехе расставлено по технологическому принципу с соблюдением основных требований поточного производства: со склада металла заготовки поступают на линию прессов, после прессования изделия поступают на линию правки и резки, далее в термосдаточный участок. В начале цеха размещены склады заготовок и прессового инструмента, склады отпрессованных изделий. В конце цеха размещаются склады готовой продукции.

На участке прессования обычно устанавливают следующее оборудование: горизонтальный гидравлический пресс, нагревательную печь, пилу для резки и обрезки концов изделий. Иногда устанавливают дополнительные печи для подогрева деформирующего инструмента (матриц, пресс-шайб).

Как правило, в каждом пролете установлены прессы одинакового усилия.

Совершенствование прессового оборудования для производства профилей из легкопрессуемых алюминевых сплавов направлено на создание высокопроизводительных полностью автоматизированных комплексов непрерывного производства, включающих операции от пред прессовой обработки заготовок до старения готовых отпрессованных профилей с минимально возможным количеством обслуживающего персонала до 1-3 рабочих.

На рис.18 представлен схематично состав эксплуатируемых линий. Для повышения эффективности производства изделий на линиях скоростного прессования и улучшения качества профилей необходимо повышение конструктивной надежности оборудования (пресс-линия), значительное сокращение времени выполнения вспомогательных операций, а также выполнение в линии дополнительных технологических операций: нагрев заготовок в "столбах", горячая резка (рубка) на мерные заготовки, скальпирование боковой и торцевой поверхностей заготовок, создание градиента на заготовках, прессование с натяжением, а также автоматизация правки, резки и упаковки в линии. Желаемый состав оборудования в линии представлен на рис.18, схема Б.

Основные размеры прессового цеха определяются в первую очередь числом установленных прессов и их мощностью, а также размерами приемных столов гидравлических прессов. Обычно это довольно большое помещение, ширина которого чаще всего равна 24 или 36 м, а длина достигает 300м, но может быть и больше. Здание одноэтажное, может быть одно- или многопролетным. Основой здания служит каркас, составленный из железобетонных колонн, закрепленных по верху металлическими фермами, которые расположены поперек пролета. На металлические фермы уложено перекрытие из железобетонных плит.

Большую часть стенового ограждения между колоннами занимает оконный переплет - остекленная рама из металлических профилей. Площадь остекления относительно большая, поэтому внутри помещения при естественном дневном освещении обычно светло. Этому способствует также остекление части перекрытия, которое называется фонарем. Высота производственного цеха определяется наибольшей высотой оборудования, установленного в цехе, а также возможностью его обслуживания и проведения ремонтов с помощью мостовых кранов. Полы в цехе выложены чугунными литыми плитами.

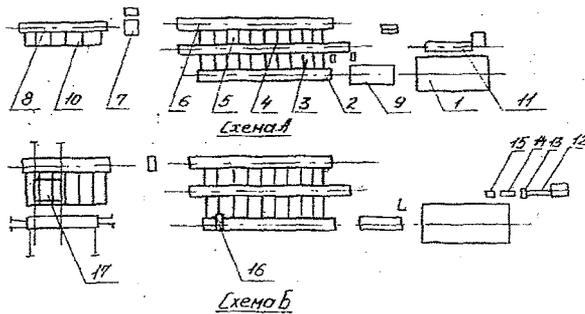


Рис.18. Состав оборудования эксплуатируемой линии скоростной обработки (схема А) и желаемый состав оборудования в линии нового поколения для производства изделий из легкопрессуемых алюминиевых сплавов (схема Б): 1- пресс; 2- выходной транспортер; 3- транспортер-холодильник; 4- растяжная машина; 5- поперечный транспортер; 6- транспортер рольганг; 7- пила; 8- рольганг; 9- охлаждающая установка; 10- копильник; 11- индукционная установка; 12- печь нагрева; 13- устройство для рубки; 14- устройство для градиентного нагрева; 15- устройство зачистки; 16- установка натяжения; 17- штабелер

В цехе поддерживается определенный температурный режим, наивысшая и наименьшая температуры определены санитарными нормами. Для отопления цеха применяют calorifers. При этом учитывается так называемое "техническое тепло" – выделяемое различными нагревательными устройствами. Избыток тепла в отдельных местах цеха удаляется с помощью вентиляции – принудительного движения воздуха вентиляторами и аэрации – естественного движения воздуха.

Обычно посередине цеха расположены транспортные проходы и проезды. По ним передвигается обслуживающий персонал и напольный транспорт (электрокары или автомашины). Напольный транспорт производит небольшую часть всех многочисленных транспортных операций, связанных с перемещением грузов. Так, если изготовление профилей организовано по принципу поточного производства, то заготовка с одной операции обработки на другую передается с помощью различных стационарных транспортных устройств – чаще всего рольгангов. Много грузов перемещается также и мостовыми кранами. Мостовые краны – неперемная принадлежность прессового цеха; они передвигаются по

подкрановым путям над всем расположенным в цехе оборудованием. Подкрановые пути уложены на балки, а те – на специальные выступы колонн.

Мостовой кран движется вдоль пролета, а поперек пролета по мосту передвигается тележка, на которой установлен подъемный механизм с краном. Таким образом, вся площадь цеха оказывается в зоне действия мостового крана, и с его помощью можно поднять и переместить груз, расположенный в любой точке цеха.

Грузоподъемность крана определяется наибольшей массой груза, который требуется переместить в цехе. Чаще всего это наиболее тяжелая деталь прессы, которую нужно переместить при производстве ремонта, например 15, 50, 100 т. Двигатели мостового крана питаются электрическим током, который подводится к ним через специальные токопроводы, протянутые по всему пути движения крана. Мостовой кран управляется крановщиком, который находится в кабине, подвешенной к мосту. Между рабочим, закрепляющим груз (стропальщиком), и крановщиком устанавливается связь в основном с помощью определенных жестов.

В состав цеха, помимо подразделений, занимающихся выполнением основных технологических операций, входят некоторые вспомогательные службы. Это прежде всего служба механика, которая следит за исправным состоянием всего технологического и другого оборудования, установленного в цехе. Обычно механик имеет свое металлорежущее оборудование для производства необходимого относительно небольшого ремонта. В цехе имеется также служба энергетика. Современный прессовый цех – крупный потребитель электроэнергии: различные печи, двигатель насосов высокого давления и другое оборудование, а также осветительные приборы расходуют энергию, исчисляемую десятками тысяч киловатт. Большое значение для нормальной работы цеха имеет также служба инструментальщика, занимающаяся контролем за эксплуатацией и мелким ремонтом технологического инструмента. Все эти вспомогательные службы расположены или на основных производственных площадях, или в отдельно пристроенном помещении, где располагаются, кроме этого, бытовые помещения – раздевалки и душевые для рабочих, комнаты отдыха, столовая, а также административный персонал. Бытовые помещения в отличие от производственного могут иметь несколько этажей.

Если в цехе выполняются операции травления и анодирования профилей, то должен быть налажен сбор сточных вод и их нейтрализация для защиты окружающей среды.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект оформляется в двух частях – текстовой и графической.

Текстовая часть проекта оформляется в виде пояснительной записки, содержащей обоснования, расчеты и показатели разработанных и рекомендуемых решений.

Графическая часть проекта оформляется в виде иллюстрированных и рабочих чертежей, а также схем, диаграмм и таблиц.

5.1. Пояснительная записка

Текст пояснительной записки выполняют на листах писчей белой бумаги размером 210x297 мм (формат А4) без рамки, на одной стороне листа рукописным способом, четким почерком, чернилами или пастой темного цвета (черного, синего, фиолетового). Размер левого поля – 35 мм, правого – 10 мм, верхнего и нижнего – по 20 мм. Выравнивание текста справа не требуется.

Нумерация листов пояснительной записки сквозная с учетом таблиц и рисунков, выполненных на отдельных листах, а также всех листов приложения. Бланки титульного листа и задания не нумеруются, но их порядковый номер (1,2) подразумевается. Номера страниц проставляются арабскими цифрами в правом верхнем углу листа без точки.

Содержание, введение, реферат, разделы записки, список использованных источников и каждое приложение должны начинаться с новой страницы. Пояснительная записка должна быть сшита и иметь плотную обложку. Текст основной части пояснительной записки делят на разделы и пункты.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей записки и обозначаются арабскими цифрами. Подчеркивание заголовков не разрешается. Слова “реферат”, “содержание”, “введение”, “список использованных источников”, “заключение” оформляются как заголовки разделов, но не имеют порядкового номера.

Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Например: “3.1”(первый подраздел третьего раздела).

Пункты нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Например: “2.1.3”(третий пункт первого подраздела второго раздела).

Наименования подразделов записываются в виде заголовков обычным шрифтом с заглавной буквы. Подчеркивание заголовков, применение фломастеров и цветной пасты не разрешается. Пункты могут не иметь заголовков.

В тексте разрешены следующие сокращения:

установленные правилами русской орфографии: т.е., т.д., т.п., др., пр., см.; установленные государственными стандартами, общепринятые (ГОСТ,

КПД);

ссылки на рисунки и таблицы, если после них стоят номера (рис.2, табл.3); обозначения единиц измерения, если они стоят после цифр (10 м, 8 кг);

часто встречающиеся в тексте сложные выражения, которые при первом упоминании пишут полностью и сразу же приводят в скобках сокращенную запись (если нет перечня сокращений). Например: кривошипный горячештамповочный пресс (КГШП).

В тексте не допускается употреблять математические знаки для замены слов, например, 0 (ноль), N (номер), % (процент).

Числа с размерностью в тексте следует писать цифрами (зазор-2 мм), без размерности до десяти – словами, а более десяти – цифрами (“два пресса”, но “15 единиц оборудования”).

Пределы измерения величин указываются цифрами, разделенными многоточием (100...200), либо словами (от двух до пяти).

Во всех документах следует применять международную систему единиц СИ. Обозначение единиц СИ и правила их написания установлены стандартом СТ СЭВ 1052-78.

Формулы, используемые при расчетах, должны иметь ссылку на источник, откуда они взяты.

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле, с указанием наименования величины. Первую строку пояснения начинают со слова “где” без двосточия. Например, «Относительную степень деформации» определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_K}{H_0},$$

где ε - степень деформации, %; H_0 - высота заготовки до деформации, мм; H_K - высота заготовки после деформации, мм.

Каждую формулу располагают в отдельной строке симметрично относительно текста. Если формула не умещается в одну строку, она должна быть перенесена после знаков равенства (=), плюс (+), минус (-), умножения (×), деления (:).

Если в тексте требуются ссылки на формулы, то последние нумеруются арабскими цифрами в пределах всей записки. Номер формулы заключают в круглые скобки и располагают вплотную к границе текста справа.

Цифровые подстановки в формулы помещают после приведения исходных данных. При этом расположение цифр должно соответствовать расположению букв в формуле. Промежуточные преобразования можно не показывать.

Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц.

Каждая таблица должна иметь заголовок. Заголовок и слово “Таблица” начинают с прописной буквы.

Таблицы нумеруются арабскими цифрами в пределах всей записки кроме приложений. Ниже приведен пример оформления таблицы.

Таблица 1

Стойкость инструмента из стали 3Х3М3Ф при производстве поковок колец подшипников в зависимости от режима обработки

Инструмент	Стойкость инструмента, тыс. комплектов поковок	
	после термической обработки	после борирования и термической обработки
1. Внутренний пуансон 3-й операции	15	32,8 ^x — 45,0
2. Наружный пуансон 3-й операции	7	32,9 — 45,0
3. Наружный пуансон 2-й операции	30	49,3 — 41,0 ^{xx}

^x Числитель – охлаждение при закалке в масле, знаменатель – при закалке в селитре.

^{xx} Пуансон снят в рабочем состоянии.

Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки – со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. Для сокращения текста заголовков и подзаголовков отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, если они пояснены в тексте. В каждой графе указывается размерность величин

При необходимости графы и строки нумеруют. Номера строк в отдельную графу не выносят, а при нумерации столбцов номера проставляют в отдельной строке под головкой.

При переносе таблицы на следующую страницу заголовков помещают только над ее первой частью, а над продолжением пишут “Продолжение табл.4”. Вместо заголовков граф допускается применение их нумерации.

К иллюстрациям относятся чертежи, схемы, диаграммы, фотографии, рисунки. Все иллюстрации именуется рисунками. Иллюстрации размещаются в тексте или на отдельных листах. Иллюстрации обозначаются словом “Рисунок” и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах всей пояснительной записки, кроме приложений. Например: Рис. 4(прил. 8).

Все иллюстрации должны иметь наименование, которое помещают снизу. При необходимости иллюстрации снабжают поясняющими данными, которые

располагают снизу (подрисуночный текст). Номер иллюстрации помещают ниже поясняющих данных.

Функциональные зависимости двух или нескольких переменных величин геометрически изображают в виде диаграммы (графика). Для этого чаще всего используется прямоугольная система координат. На осях координат строят шкалы. Поле графика разбивается координатной сеткой.

Буквенные обозначения и единицы измерения переменных величин пишут через запятую вместо последнего числа шкалы, например: м/мин; Р, кН. Если величины указывают наименованием или математическим выражением функциональной зависимости, то надпись размещают у середины шкалы с ее внешней стороны вдоль осей координат, например: “Температура штамповки, °С”; “Давление, МПа”.

Если на диаграмме нанесено несколько кривых, то их или вычерчивают разными линиями (сплошной, штриховой), или нумеруют арабскими цифрами, или обозначают буквами. Шкал тоже может быть несколько.

Для показа экспериментальных точек используют условные обозначения в виде кружков, крестиков, звездочек. Расшифровку условных буквенных и цифровых обозначений кривых и точек помещают в подрисуночном тексте.

При оформлении записки в тексте должны быть ссылки на все рисунки, таблицы, формулы, использованные источники и приложения.

При ссылке на использованные источники в тексте указывают порядковый номер по списку источников, выделенный двумя косыми чертами, например: “Расчет размеров заготовки производится по методике /3/, которая учитывает...”.

Ссылки на иллюстрации указывают порядковым номером иллюстрации, например: “... показано на рис.3”.

Ссылки на формулы указывают порядковым номером формулы в скобках, например: “... в формуле (36).”

Ссылки на таблицы указывают ее порядковым номером, например: “... в табл.2”.

Ссылку на приложение делают в скобках, например: “...(приложение) или (см. приложение 1)”.

5.2. Графическая часть

Графическая часть дипломного проекта содержит следующие виды изделий (ГОСТ 2.101-68 ЕСКД. Виды изделий (табл. 11)).

Таблица 11

Виды изделий	
Виды изделия	Определение
1	2
Деталь	Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций. Например, чертежи отдельных деталей, оснастки, оборудования и т.п.
Сборочная единица	Изделия, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, сваркой и т.п.)
Комплекс	Два и более изделий, не соединенных сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций. Например, планировка цеха, участка и т.п.

К конструкторским документам, составляющим дипломный проект (по ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов), относятся графические и текстовые документы, которые подразделяют на виды, наиболее распространенные из которых указаны в табл. 12.

Таблица 12

Виды графических и текстовых документов

Шифр документа	Вид документа	Определение
1	2	3
-	Чертеж детали	Документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля
СБ	Сборочный чертеж	Документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. Например, чертеж штампа
ВО	Чертеж общего вида	Документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия. Например, чертеж штампа, устройства

1	2	3
ГЧ	Габаритный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритами, установочными и присоединительными размерами. Например, чертеж установки штампа на прессе и т. п.
МЧ	Монтажный чертеж	Документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. Например, планировка цеха, специальный фундамент, планировка участка и т. п.
	Схема	Документ, на котором показаны в виде условных обозначений или изображений составные части изделия и связи между ними. Например, схема штампа, устройства, автоматизации процесса и т. п.

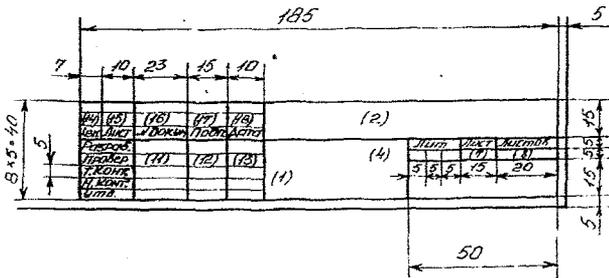


Рис.19. Основная надпись на текстовых документах. Первый лист

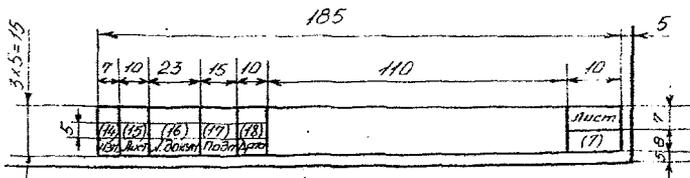


Рис.20. Основная надпись на текстовых документах. Последующие листы

5.3. Оформление спецификации

Спецификацию выполняют в виде таблицы на отдельных листах формата А4 на каждую сборочную единицу (штамп, наладка инструмента) и комплек

(планировка цеха, участка) по форме 1 – первый лист и форме 1а – последующие листы (ГОСТ 2.108-68. ЕСКД. Спецификация).

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия.

Шифр документа	Вид документа	Определение
-	Спецификация (текстовый документ)	Документ, определяющий состав сборочной единицы или комплекса. Например, штампа, устройства, планировки цеха и т.п.
ПЗ	Пояснительная записка (текстовый документ)	Документ, содержащий описание устройства и принципа действия изделия. В дипломном проекте пояснительная записка объединяет такие виды документов, как расчеты, таблицы, обоснование технических и технико-экономических решений и т.п.

5.4. Основная надпись на чертежах, схемах, и текстовых документах (ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи)

Содержание, расположение и размеры граф основных надписей на чертежах и схемах должны соответствовать форме I (рис. 21).

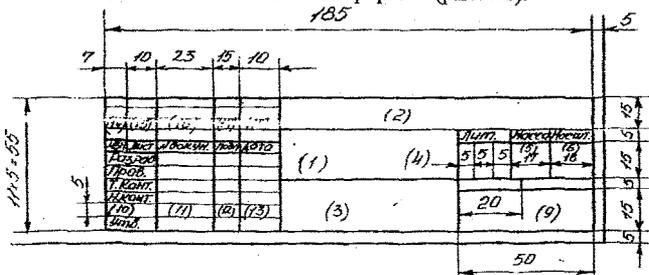


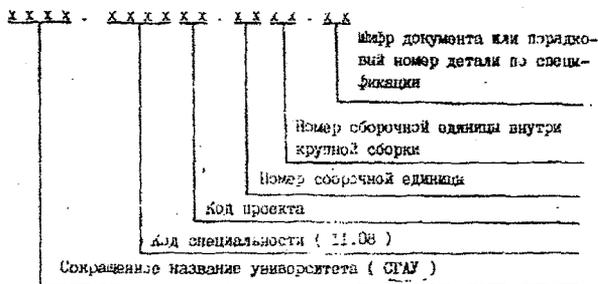
Рис. 21. Основная надпись для чертежей и схем

В учебных конструкторских документах дополнительные графы по ГОСТ 2.104-68 допускается не делать.

Ниже приводится расшифровка граф основной надписи (номера граф на форме показаны в скобках).

Графа 1 – наименование изделия в именительном падеже единственного числа, а также наименование документа, если этому документу присвоен шифр. Например, "Штамп молотовый. Чертёж общего вида", "Планировка цеха. Монтажный чертёж".

Графа 2 – обозначение документа. Устанавливается следующая структура обозначения конструкторской документации:



Под кодом проекта подразумевается тип производства, по которому выполнен дипломный проект:

- 01 – кузнечное производство;
- 02 – листостамповочное производство;
- 03 – прокатное производство;
- 04 – прессовое производство;
- 05 – трубoproкатное производство;
- 06 – литейное производство;
- 07 – исследовательский проект.

Например, сборочный чертёж штампа для вытяжки листовой детали может быть обозначен следующим образом:

СГАУ. 110802. 1000. СБ.

Пуансон (12 позиция на сборочном чертеже) этого штампа:

СГАУ. 110802. 1000. 12.

Листы спецтемы и исследовательских проектов, содержащие графики, монограммы, схемы, выполняются без основной надписи и не кодируются.

Графа 3 – обозначение материала детали с указанием ГОСТа. Графу заполняют только на чертежах деталей.

Графа 4 – литера, присвоенная данному документу по ГОСТ 2.103-68: "П" – техническое предложение; "Э" – эскизный проект; "Т" – технический проект; без литеры – опытный образец.

Графа 5 – масса (расчётная) в килограммах без указания наименования. На габаритных и монтажных чертежах, а также на чертежах деталей опытных образцов допускается массу не указывать.

Графа 6 – масштаб по ГОСТ 2.302-68.

Графа 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют).

Графа 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе). Если чертёж изделия не может быть представлен на одном листе (большие размеры, отдельные проекции выполнены на других листах и т.д.), то допускается его деление на отдельные листы. Каждый лист в этом случае должен иметь свою основную надпись и одинаковое обозначение (графа 2).

Графа 9 – наименование и различительный индекс предприятия, выпускающего документ. Указывается сокращённое название кафедры и буквенное обозначение вида работы: ДП – дипломный проект, КР – курсовая работа и т.д. Например, ОМД, ДП.

Графа 10 – характер работы, выполняемый лицом, подписавшим документ.

“Разработал” – студент.

“Проверил” – руководитель проекта.

“Т. контр.” – рецензент.

“Н. контр.” – руководитель проекта.

“Утв.” – председатель просмотрной комиссии, допускающей проект к защите в ГЭК.

Графа 11 – фамилии лиц, подписавших документ.

Графа 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Графа 13 – дата подписания документа.

Графа 14–18 – не заполняются.

Листы исследовательских дипломных проектов и спецтема, оформленные в виде плакатов, подписываются с лицевой стороны дипломником и руководителем проекта.

Основные надписи на текстовых документах (спецификации, ведомости) оформляются по форме 2 (первый лист) (рис. 19) и форме 2а (рис. 20) (последующие листы).

В пояснительной записке разрешается основную надпись на листах не делать.

В студенческих проектах чертежи выпускаются не на все детали сборочной единицы, поэтому допускается не делать раздел спецификации “Материалы”. Для деталей, на которые выпущены чертежи, материал допускается указывать сразу за наименованием детали.

Заполнение граф спецификации производят сверху вниз.

1. В графе “Формат” указывают форматы документов. Если документ выполнен на нескольких листах, то их перечисляют в графе “Примечание”.

В разделах “Стандартные изделия”, “Прочие изделия” и “Материалы” графу не заполняют.

Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают: ВЧ.

2. Графа “Зона”, как правило, не заполняется.

3. В графе “Поз.” указывают порядковые номера составных частей изделия.

4. В графе “Обозначение” указывают обозначения документов. В разделах “Стандартные изделия”, “Прочие изделия” и “Материалы” графу не заполняют.
5. В графе “Наименование” указывают: в разделе “Документация” – наименование документа (“Сборочный чертёж”); в разделах “Сборочные единицы”, “Детали” – наименование изделий; в разделе “Стандартные изделия” – наименования и обозначения в соответствии со стандартами, действующими на это изделие.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

После прохождения преддипломной практики и сдачи зачёта студент приступает к дипломному проектированию.

Дипломный проект выполняется на основе критического анализа материалов, собранных в процессе преддипломной практики и литературных данных.

Дипломный проект является самостоятельной творческой работой студента. За принятые в проекте технические и экономические решения, а также за правильность всех производственных расчетов полностью отвечает студент – автор проекта.

Задача руководителя проекта и консультантов – методическое руководство работой студента, ознакомление его с возможными вариантами решений отдельных вопросов, методами расчёта, что помогает дипломнику творчески и самостоятельно работать над темой.

Разделы по металловедческой части, безопасности жизнедеятельности, технико-экономическим расчётам подписываются соответствующими консультантами. Руководитель проекта подписывает все чертежи и пояснительную записку.

В течение первой недели дипломного проектирования руководитель проекта при участии студента устанавливает ему детально разработанный календарный график работы на весь период проектирования с ориентировочным указанием очередности, сроков выполнения и трудоёмкости отдельных этапов работы.

В процессе работы над проектом студент обязан систематически консультироваться и отчитываться перед руководителем (не реже одного раза в неделю) и согласовывать все отступления от ранее намеченного плана работы. На основании графика прохождения контрольных точек проверяющий от кафедры преподаватель фиксирует степень готовности дипломного проекта (в процентах к общему объёму работы).

Законченный дипломный проект, подписанный студентом, консультантами и руководителем, представляется вместе с отзывом руководителя в просмотровую комиссию, возглавляемую заведующим кафедрой, для прохождения предварительной защиты.

После ознакомления с проектом и отзывом руководителя, собеседования со студентом просмотревшая комиссия решает вопрос о допуске проекта к защите, подписывает его и направляет проект на рецензирование. В случае, если комиссия не считает возможным допустить студента к защите дипломного проекта, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя.

Защита дипломного проекта проводится на открытом заседании государственной аттестационной комиссии (ГАК), возглавляемой главным специалистом предприятия, соответствующего профилю выпускаемых специалистов. Кроме этого, в составе ГАК работает ряд ведущих инженерно-технических работников основных производств, что позволяет наряду с объективной оценкой качества выпускников оперативно информировать заводские службы об интересных проектных решениях студентов.

В день защиты дипломант должен представить секретарю ГАК отзыв руководителя проекта, рецензию, выписку из протокола заседания выпускающей кафедры, учётно-информационную карточку с рекомендациями о возможности внедрения проекта или его части в производство.

Чертежи, плакаты, вывешиваются на стенды, а расчётно-пояснительная записка предъявляется председателю ГАК.

Защита дипломного проекта начинается с объявления фамилии дипломника и темы дипломного проекта. Затем студент-дипломник в течение 10-12 минут докладывает о выполненной работе. В докладе необходимо обосновать актуальность проекта, дать краткую характеристику номенклатуры деталей цеха, выбранных материалов, основных технологических процессов, оснастки оборудования; изложить основные принципы размещения, грузопотоков в цехе, а также меры по безопасности жизнедеятельности.

Завершается доклад сообщением по спешке проекта и анализом технико-экономических показателей работы проектируемого цеха, которые сравниваются с достигнутыми в промышленности уровнем.

После доклада члены ГАК задают дипломнику вопросы в соответствии с темой и содержанием проекта, устанавливая при этом глубину его знаний по отдельным разделам проекта, а также по основам общепромышленных и профилирующих дисциплин.

Далее на заседании ГАК зачитывается основное содержание отзывов руководителя проекта и рецензента и дипломнику предоставляется слово для ответа на замечания рецензента.

Окончательная оценка дипломного проекта и его защиты производится на закрытом заседании ГАК открытым голосованием. При этом ГАК принимает во внимание:

- а) актуальность темы;
- б) степень самостоятельности в работе;
- в) качество проработки и оригинальность принятых решений;
- г) успеваемость студента во время учёбы в университете;
- д) содержание и теоретический уровень расчётно-пояснительной записки;
- е) качество оформления чертежей; соблюдение норм и положений ЕСКД и ЕСТД;

ж) знание достижений науки, передового производственного опыта и технической литературы по теме проекта;

з) четкость доклада и правильность ответов на вопросы при защите проекта;

и) оценку проекта руководителем и рецензентом.

Итоги защиты в ГАК подводятся ежедневно по окончании защит. Объявляются оценки и решение ГАК о присвоении инженерной квалификации всем студентам, получившим положительные оценки. По окончании всех защит текущего года издается приказ по результатам работы ГАК, и молодым специалистам на торжественном заседании вручаются нагрудные знаки и дипломы об окончании университета.

Дипломный проект после защиты сдается на выпускающую кафедру. Кафедра организует хранение дипломных проектов до передачи их в архив университета. Дипломнику разрешается по его желанию снять копию дипломного проекта. При необходимости передачи дипломного проекта предприятию для использования его в производстве с него также должна быть снята копия.

В тех случаях, когда защита дипломного проекта признается неудовлетворительной, ГАК устанавливает, может ли студент представить к повторной защите тот же проект с доработкой, определяемой комиссией, или он обязан разработать новую тему, назначенную выпускающей кафедрой. Одновременно студент отчисляется из университета и ему выдается академическая справка установленного образца.

Лица, получившие при защите дипломного проекта неудовлетворительную оценку, допускаются к повторной защите в течение последующих пяти лет после окончания университета.

Вопросы для самоконтроля перед защитой дипломного проекта.

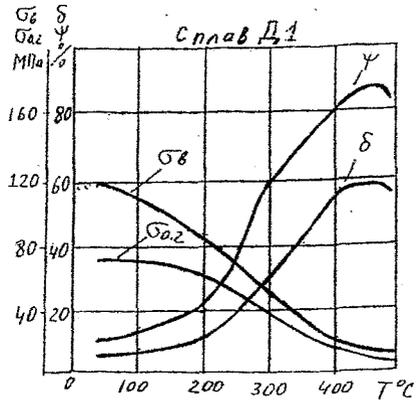
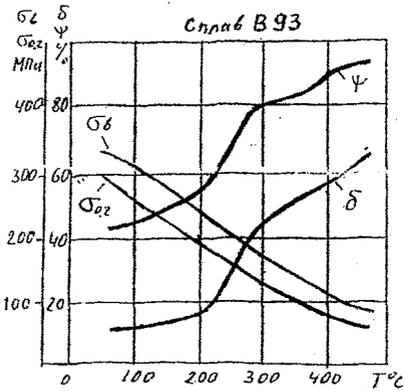
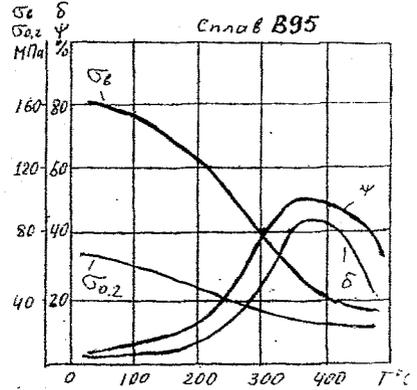
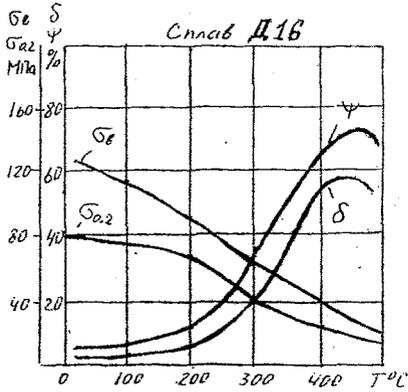
1. В чем сущность процесса прессования?
2. Назовите преимущества и недостатки прямого прессования.
3. Преимущества и недостатки процесса обратного прессования.
4. Технологическая схема изготовления профилей из алюминиевых сплавов при прессовании.
5. Перечислите методы подготовки поверхности заготовок к прессованию.
6. Назовите печи для нагрева заготовок перед прессованием.
7. Чем измеряют температуру заготовок перед прессованием?
8. В чем заключается принцип действия гидравлического пресса?
9. Состав прессовой установки для прессования профилей из алюминиевых сплавов.
10. Как отделяют пресс-остаток от изделия?
11. Назовите основные узлы типового горизонтального гидравлического пресса.
12. Перечислите способы выравнивания скоростей истечения отдельных элементов профиля.
13. Назовите поверхностные дефекты и способы их устранения.

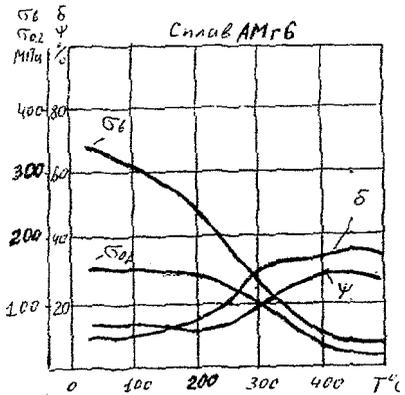
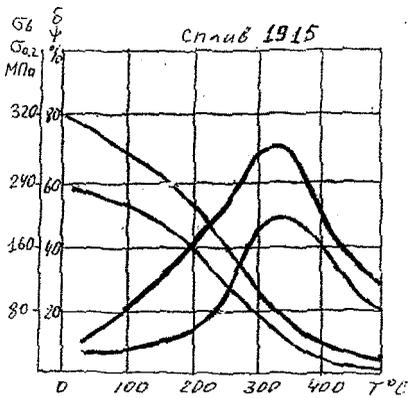
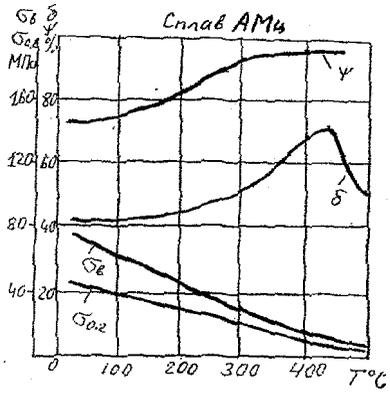
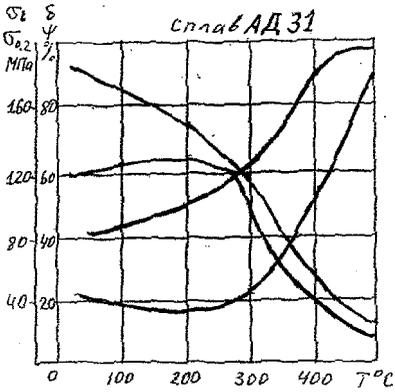
14. Почему при прессовании профилей из алюминиевых сплавов не применяют смазку?
15. Как получить точный профиль при прессовании?
16. Что такое крупнокристаллический ободок?
17. Как назначают коэффициент вытяжки?
18. Перечислите основные операции при прессовании.
19. Как устанавливают скоростной режим при прессовании?
20. Что такое пресс-утяжина?
21. Описать структуру пресс-изделий.
22. Основное назначение пресс-остатка.
23. Что входит в комплект инструмента типового пресса?
24. Назначение прессующей траверсы пресса.
25. Как осуществляется регулировка подвижных узлов типового пресса?
26. Основные типы матричных узлов, их достоинства и недостатки.
27. Назовите типы привода гидравлических прессов.
28. Как определяют размеры заготовок при прессовании?
29. Какие отходы возникают при прессовании?
30. Что такое выход годного?
31. Как выбрать температурный режим прессования?
32. Основные виды брака при прессовании и причина их возникновения.
33. Из каких материалов изготавливают прессовый инструмент?
34. Назначение и конструкция контейнера.
35. Основные виды разрушения прессового инструмента.
36. В чем сущность закалки алюминиевых сплавов?
37. Что такое старение сплавов?
38. Какие виды правки применяют в прессовых цехах?
39. Назначение и содержание стандартов на профили.
40. Какие службы проводят контроль качества продукции?
41. Как оформляют технологическую карту?
42. Как рассчитать консольные элементы матриц?
43. Каковы преимущества плоских матриц перед коническими?
44. Расчет пресс-штемпеля на прочность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерманок М.З., Фейгин В.И., Сухоруков М.А. Прессование профилей из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1977. 263 с.
2. Ерманок М.З., Каган Л.С., Головинов М.Ф. Прессование труб из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1976. 247 с.
3. Старостин Ю.С., Головинов М.Ф., Каргин В.Р. Ребристые трубы из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1983. 134 с.
4. Райтберг Л.Х. Производство прессованных профилей. М.: Металлургия, 1984. 264 с.
5. Гильдергорн М.С., Керов В.Г., Кривонос Г.А. Прессование со сваркой полых изделий из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1975. 239 с.
6. Шур И.А. Технологическое оборудование для прессования металлов. М.: Металлургия, 1983. 192 с.
7. Элементы проектирования технологии прессования профилей из алюминиевых сплавов: Метод. указания/ Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. Каргин В.Р., Макаров Е.М., Хардин В.Б. Самара, 1991. 36 с.
8. Перлин И.Л., Райтберг Л.Х. Теория прессования металлов. М.: Металлургия, 1975. 448 с.
9. Ерманок М.З. Прессование панелей из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1974. 231 с.
10. Каталог. Прессованные профили. М.: Оборонгиз, 1975. 356 с.
11. Профили, прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. ГОСТ 8617-81. М.: Изд-во стандартов, 1984. 25 с.
12. Оборудование для производства авиационных профилей, панелей, труб: Учеб. пособие/ В.Б. Хардин; Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1979. 76 с.
13. Жолобов В.В., Зверев Г.И. Оборудование гидропрессовых цехов. М.: Металлургия, 1974. 271 с.
14. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983. 527 с.
15. Поздняк Л.Н., Скрыченко Ю.М., Тишаев С.И. Штамповые стали. М.: Металлургия, 1980. 244 с.
16. Жолобов В.В., Зверев Г.И. Инструмент для горячего прессования металлов. М.: Машиностроение, 1965. 163 с.
17. Формообразующий инструмент для прессования и волочения / А.Н. Равин, Э.Ш. Суходрев, Л.Р. Дудецкая и др. Минск: Наука и техника, 1988. 232 с.
18. Шур И.А. Технологическое оборудование для прессования металлов. М.: Металлургия, 1983. 286 с.
19. Содержание, объём и оформление дипломного проекта по специальности 11.08 / Обработка металлов давлением: Метод. указания/ Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. А.Ю. Иголкин, В.Р. Каргин, М.Г. Лосев, М.В. Оводенко, В.Д. Хардин. Самара, 1993.

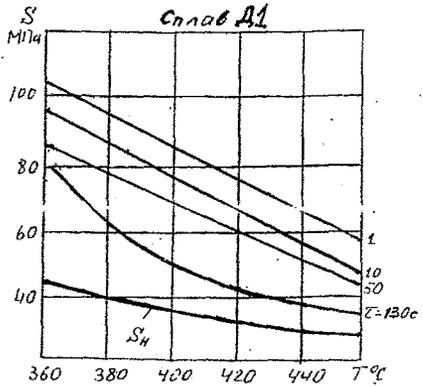
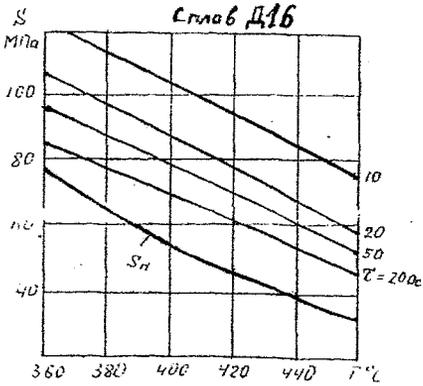
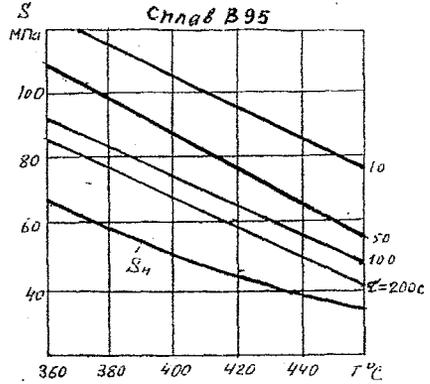
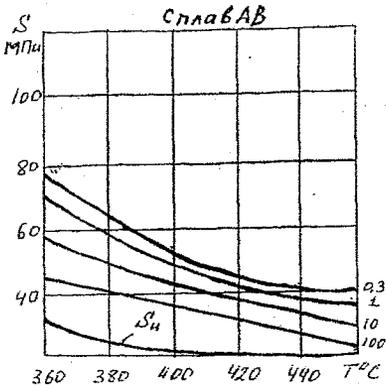
ПРИЛОЖЕНИЕ

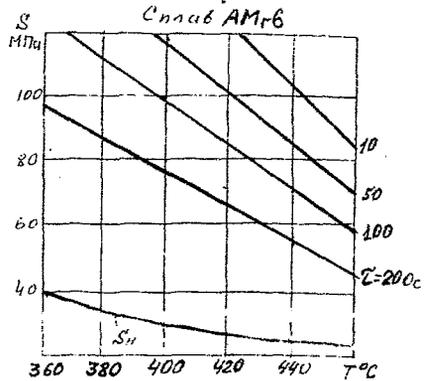
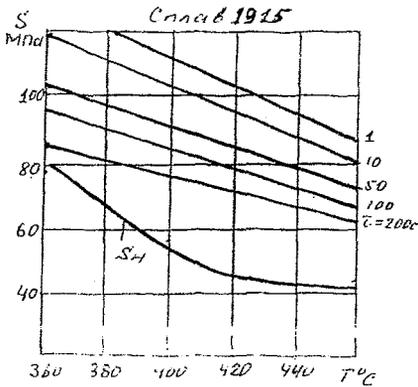
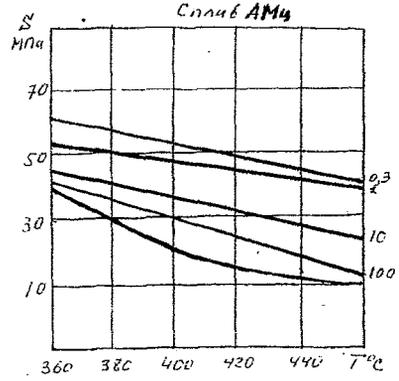
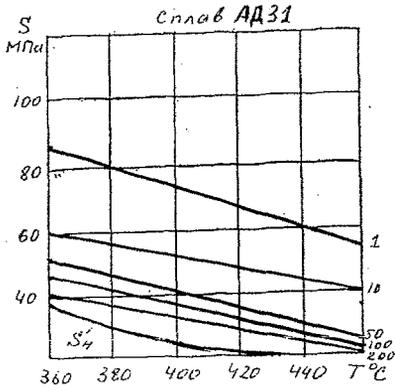
СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ РЯДА
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ1. Изменение механических свойств алюминиевых сплавов
с изменением температуры нагрева



Примечание: Данные приведены для литых гомогенизированных слитков (заготовок).

2. Зависимость сопротивления деформирования (S) алюминиевых сплавов ($T^{\circ}C$) и длительности деформации (τ)





Примечание: Цифры у кривых - длительность деформации в сек.

Учебное издание

*Каргин Владимир Родионович
Дровяников Виктор Иванович
Логвинов Анатолий Николаевич
Федоров Михаил Васильевич*

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕССОВЫХ ЦЕХОВ
Учебное пособие

Редактор Л. Я. Чегодаева
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Л. Я. Чегодаева

Лицензия ЛР № 020301 от 30.12.96 г.

Подписано в печать 08.02.2000 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 4,41. Усл. кр.-отт. 4,53. Уч.-изд.л. 4,75.

Тираж 300 экз. Заказ /6/. Арт. С - 17/99.

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИПО Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.