

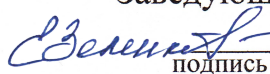
Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Зеленкова Е. Г.
подпись инициалы, фамилия


«__» _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств
код – наименование направления

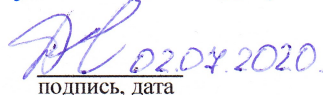
Модернизация конструкции и разработка технологии изготовления
прессовой оснастки для экструзии алюминиевых профилей
тема

Руководитель

 доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

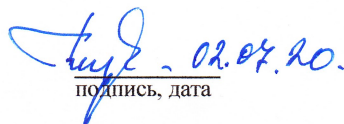
Гордеев Ю.И.
инициалы, фамилия

Выпускник

 02.04.2020.
подпись, дата

Докучаев В.В.
инициалы, фамилия

Нормоконтролёр

 02.04.20.
подпись, дата

Гордеев Ю.И.
инициалы, фамилия

Красноярск 2020


Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Зеленкова Е. Г.
подпись инициалы, фамилия

« ___ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме Бакалаврской работы
бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

| Наименование и содержание этапа (раздела) | Срок выполнения | Примечание |
|---|---------------------|------------|
| 1. Изучение известных методик по прессованию и проектированию прессового инструмента | 23.03.20 – 28.03.20 | |
| 2. Разработка основных геометрических параметров фильеры | 29.03.20 – 04.04.20 | |
| 2. Проектирование одноканальной фильеры | 06.04.20 – 18.04.20 | |
| 3. Анализ и сравнение эффективности прессования многоканальной фильеры | 20.04.20 – 25.04.20 | |
| 4. Проектирование многоканальной фильеры | 27.04.20 – 02.05.20 | |
| 5. Термостатический анализ конструкций фильер | 04.05.20 – 09.05.20 | |
| 6. Моделирование процесса прессования (CAE) | 11.05.20 – 16.05.20 | |
| 7. Технологическое проектирование процесса сборки и механической обработки фильер | 18.05.20 – 30.05.20 | |
| 8. Разработка управляющих программ на токарную и фрезерную обработку многоканальной фильеры | 01.06.20 – 13.06.20 | |


Руководитель



подпись, дата

Гордеев Ю.И.
инициалы, фамилия

Студент



подпись, дата

Докучаев В.В.
инициалы, фамилия

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация конструкции и разработка технологии изготовления прессовой оснастки для экструзии алюминиевых профилей» содержит 65 страниц текстового документа, 44 иллюстрации, 6 таблиц, 10 формул, 15 использованных источников.

Цель работы – расчет и обоснование конструкции и технологии изготовления прессового инструмента для экструзии алюминиевых профилей с повышенной производительностью.

В качестве исходных данных для проектирования использован чертеж профиля КП 4560 (задание литейно-прессового завода «Сегал»). На основании анализа состояния проблемы определены перспективные направления для совершенствования конструкций прессового инструмента. Созданы 3D модели одно и двухканальной фильеры, прочностными расчетами и методами термостатического анализа оптимизированы форма и размеры канала для истечения материала при прессовании. Работоспособность и эффективность принятых конструкторских решений обоснованы и подтверждены методами конечно-элементного анализа. Производительность процесса экструзии при истечении материала после модернизации увеличилась на 98%, а прочностные характеристики составляющих фильеру деталей повысились на 23%. Разработанные 3D – модели модернизированной конструкции фильеры явились основой для проектирования технологических процессов сборки и последовательности изготовления матриц механической обработкой. Предусмотрена автоматизация технологических процессов механической обработки резанием - разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 2 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 Основы технологических процессов экструзии алюминия..... | 6 |
| 1.1 Деформационные процессы при прессовании алюминия..... | 6 |
| 1.2 Механика пластического течения материала при экструзии..... | 11 |
| 1.3 Классификация алюминиевых профилей..... | 13 |
| 1.4 Оборудование и инструмент для экструзии алюминия..... | 14 |
| 1.4.1 Прессовое оборудование..... | 14 |
| 1.4.2 Прессовый инструмент..... | 16 |
| 1.4.3 Фильеры для прессования профилей стандартного сечения..... | 18 |
| 1.4.4 Фильеры для прессования профилей сложного сечения..... | 19 |
| 1.4.5 Особенности конструктивного исполнения камерных матриц..... | 20 |
| 2 Конструкторский раздел..... | 23 |
| 2.1 Проектирование одноканальной фильеры..... | 23 |
| 2.1.1 Исходные данные. Геометрия алюминиевого профиля..... | 23 |
| 2.1.2 Обоснование конструкции и расчет размеров фильеры..... | 23 |
| 2.2 Основания для модернизации конструкции фильеры..... | 32 |
| 2.3 Проектирование двуканальной фильеры..... | 33 |
| 3 Конечно элементное моделирование процессов прессования алюминиевых профилей..... | 37 |
| 3.1 Термостатический анализ элементов конструкции фильеры..... | 37 |
| 3.2 Моделирование прессования на основе Лагранжево-Эйлера подхода..... | 39 |
| 4 Технология изготовления многоканальной фильеры..... | 45 |
| 4.1 Выявление и анализ технических условий и норм точности..... | 46 |
| 4.2 Методы достижения точности..... | 47 |
| 4.2.1 Выбор методов достижения точности..... | 47 |
| 4.3 Разработка последовательности сборки..... | 49 |
| 4.4 Разработка технологического процесса изготовления матрицы..... | 51 |
| 4.4.1 Служебное назначение матрицы..... | 51 |
| 4.4.2 Технические условия..... | 51 |
| 4.4.3 Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки..... | 52 |
| 4.4.4 Проектирование последовательности изготовления..... | 52 |
| 4.4.5 Техническое нормирование операций..... | 56 |
| 4.4.6 Технологическая себестоимость изделия..... | 57 |
| 4.5 Разработка управляющих программ..... | 59 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 62 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А..... | 63 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б..... | 64 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В..... | 65 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 3 |

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие потребление сортамента из алюминиевых сплавов испытывает устойчивый и быстрый рост во всем мире. Алюминиевые профили широко используются в строительстве и архитектуре, аэрокосмической и судостроительной отрасли, автомобильной промышленности.

Развитие прессования алюминиевых сплавов привело к тому, что этот процесс стал одним из ключевых в формировании алюминия из-за высокой эффективности процесса, отличного качества и низкой себестоимости выпускаемой продукции. Большой вклад в развитие процессов прессования внесла комплексная автоматизация, а именно применение станков с ЧПУ и САПР при изготовлении прессового инструмента и симуляции прессования. Подготовка квалифицированных специалистов, имеющих глубокие теоретические знания и способность применять их в производственной деятельности, а также накопленный опыт экспертов в разработке и изготовлении прессового инструмента улучшают и автоматизируют процессы прессования алюминиевых сплавов с каждым днем.

Создание нового прессового инструмента – сложная комплексная задача, которую в кооперации решают конструктора и технологи. От их взаимодействия на этапе разработки будет зависеть качество и стоимость готового инструмента.

Бакалаврская работа выполнялась по заданию одного из ведущих предприятий г. Красноярска и отрасли – литейно-прессового завода «Сегал».

Предприятие «Сегал» – один из крупнейших в России производителей системных алюминиевых профилей для создания строительных конструкций, в течение многих лет уверенно занимает второе место среди российских производителей алюминиевого профиля.

Архитектурные объекты, возведенные с применением конструкции из алюминиевого профиля систем «СИАЛ», можно увидеть в любой точке России – от Владивостока до Москвы: объекты Универсиады в Казани, крупные жилые комплексы в Екатеринбурге и Санкт-Петербурге, бизнес-центры и жилые кварталы в столице РФ и многие другие. С каждым годом растут объемы поставок архитектурного алюминиевого профиля в страны ближнего зарубежья.

На предприятии ведется работа по модернизации существующего и вводу в эксплуатацию нового современного высокоэффективного прессового и покрасочного оборудования. За период с 2007 по 2013 гг. металлургические мощности предприятия удвоились, возрос объем реализации готовой продукции, увеличилось количество рабочих мест. 11 июня 2013 года, в преддверии праздничных мероприятий, посвященных 385-ой годовщине со дня основания города Красноярска на Литейно-прессовом заводе «Сегал» состоялся торжественный запуск пятого прессового комплекса. Шестой прессовый комплекс был запущен на ЛПЗ "Сегал" в мае 2014 года.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 4 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

Литейно-прессовый завод «СЕГАЛ» специализируется на производстве алюминиевых литейных сплавов в виде мелкой чушки и алюминиевых деформируемых сплавов в виде цилиндрических слитков.

Постоянно расширяется номенклатура алюминиевых профилей по чертежам заказчика, изготавливаемых на заводе.

Курс предприятия на модернизацию и развитие производственных мощностей способствует сохранению достигнутых результатов и позволяет заводу уверенно заявлять о себе на российском и зарубежном рынках.

Интенсивно развивается и инжиниринговый потенциал группы компаний. В связи с расширением номенклатуры продукции и выпуском изделий для машиностроительной отрасли, инженерно-технологическая служба ведет работу по освоению производства новых изделий и осуществлению работ по перспективным направлениям деятельности предприятий.

В группе компаний «СИАЛ» успешно реализованы программы по развитию производства транспортных компонентов для рельсового и водного транспорта. По результатам этой работы предприятие входит в число лидеров по поставке алюминиевых изделий для подвижного состава на вагоноремонтные предприятия по всей территории России. Высоких результатов позволила достичь работа с компанией Siemens AG по поставке изделий для скоростных электропоездов компании «Уральские локомотивы» (совместное предприятие ЗАО «Группа Синара» и международного концерна Siemens AG). [1]

В дипломном проекте представлены все основные этапы конструкторско-технологического проектирования, связанные с разработкой фильеры и ее составляющих (рассекателя, матрицы и подкладки), механической обработки деталей и сборки инструмента.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 5 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

условиями; способом приложения внешних сил; формой заготовки и пресс-изделия и др.

В зависимости от схемы относительного перемещения прессуемой заготовки различают способы прессования: с прямым, боковым, обратным или совмещенным истечением металла.

В алюминиевой промышленности успешно применяются два основных способа прессования: прямое и обратное. Для реализации процесса прессования необходимо создать в главном гидравлическом цилиндре значительное давление и через пресс-штемпель и пресс-шайбу воздействовать на заготовку в контейнере.

В бакалаврской работе будут рассматриваться только процессы прямого прессования. Этот процесс, получивший наиболее широкое применение в мировой практике, считается традиционным. Он позволяет получить сплошные и полые профили в широком диапазоне вплоть до размеров, близких к размеру контейнера. Схемы прямого прессования показаны на рисунке 2. [2]

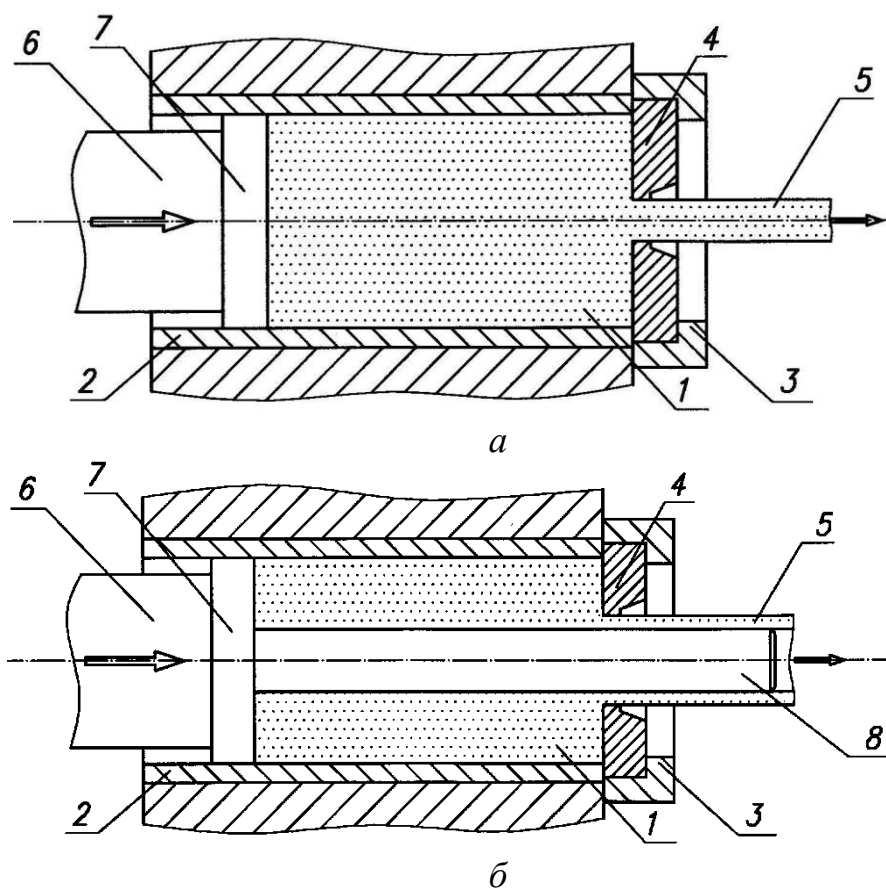


Рисунок 2 – Схемы прямого прессования:
а – сплошного профиля, б – полого профиля

В контейнер 2 помещают нагретый до температуры прессования слиток 1. Матрица 4 размещается в матрицедержателе 3 с входной стороны контейнера. Матрица формирует контур изделия 5. Происходит передача давления к слитку от

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |

главного цилиндра пресса через такие детали как пресс-штемпель 6 и пресс-шайба 7. Истечение материала при воздействии высокого давления и температуры проходит через рабочий канал матрицы, образуя геометрию профиля заданную формой канала матрицы.

Пресс штемпель при прямом прессовании имеет схожее направление движения с направлением течения металла. В ходе процесса сила трения, возникающая из-за скольжения истечения материала по стенкам контейнера значительно увеличивает давление на пресс-шайбе.

Как правило, прямое прессование проводят без смазки, что приводит к значительному торможению поверхностных слоев заготовки и появлению высоких сдвиговых деформаций, распространяющихся вглубь заготовки. Это обуславливает обновление слоев металла, из которых формируется поверхность пресс-изделия.

Процесс прямого прессования имеет особенности течения металла, связанные с появлением упругопластической зоны у матрицы, позволяющей исключить попадание дефектов с поверхности заготовки на поверхность изделия. В следствии этой особенности, профиль полученный методом прямого прессования преобладает повышенным качеством поверхности. За полный цикл прямого прессования не представляется возможности отпрессовать весь металл заготовки. Происходит это из-за так называемого пресс-остатка, который, как правило, отрезается и уходит в отходы. Пресс-остаток при процессе прямого прессования снижает коэффициент использованного материала.

По кривой изменения давления прессования, изображенной на рисунке 3, по ходу процесса можно выделить основные его стадии: I – распрессовка слитка; II – начало истечения; III – условно-постоянное течение; IV – прессование зон затрудненной деформации. [2]

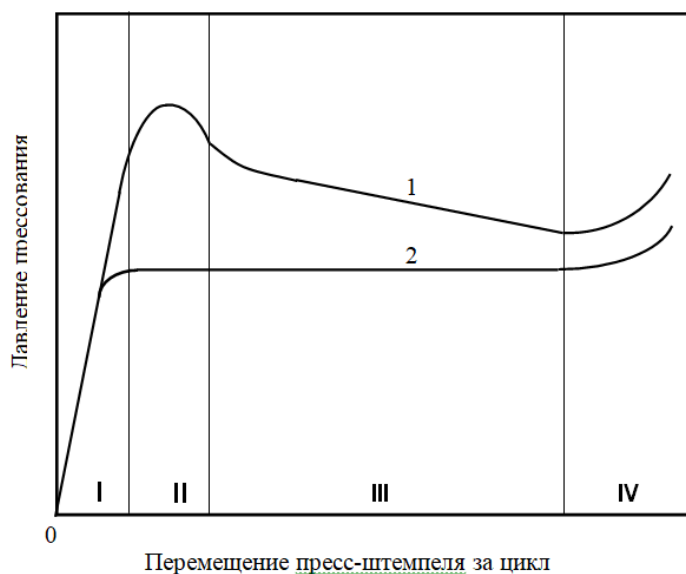


Рисунок 3 – Кривая изменения давления прессования по ходу процесса (I-IV стадии процесса): 1 – прямое, 2 – обратное прессование

1.2 Механика пластического течения материала при экструзии

Большое влияние на качество прессуемых изделий и силовые параметры при прессовании оказывает характер течения деформируемого металла в формующих элементах во время прессования, т.е. характер перемещения отдельных объемов металла, их деформированное состояние.

При формовании металлов для исследования механики пластических деформаций применяется теория пластичности. Исследования позволяют анализировать и прогнозировать следующее:

1. Течение материала, в том числе скорости деформации материала и возникающие в нем напряжения;
2. Температуру и теплопередачу;
3. Локальные изменения прочности материала или напряжения потока материала;
4. Напряжения, формирующие нагрузки, давление и выделяемую энергию.

Механика пластического деформирования предоставляет средства для определения того, как протекает металл при различных операциях формования, средства получения требуемой геометрии посредством пластического деформирования и средства определения перспективных механических и физических свойств получаемого металла.

При простом однородном (одноосном) сжатии или растяжении металл течет пластически, когда напряжение σ достигает величины напряжения потока $\bar{\sigma}$. Поток алюминия во время экструзии является интерметаллическим сдвиговым потоком. Существенная разница в сдвиговом потоке алюминия по сравнению с другими экструдированными металлами заключается в том, что сначала экструдирован центр алюминиевой заготовки, а периферийная часть слитка истекает позже, что приводит к увеличению сдвиговых деформаций. При превышении усилия, необходимого для вдавливания заготовки в поверхность контейнера над силой сдвига материала, начинает преобладать трение прилипания, и деформация происходит сдвигом в объеме заготовки. На поток металла во время экструзии влияют следующие факторы:

1. Измененные свойства материала при повышенной температуре;
2. Трение поверхности раздела заготовка-контейнер и металл-матрица;
3. Коэффициент экструзии.

Достаточно большое количество исследований характеристик текучести металлов, таких как свинец, олово и алюминий, было проведено с использованием технологии разделения заготовок. Типичные схемы течения, наблюдаемые при экструзии, показаны на рисунке 6. [3]

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 11 |

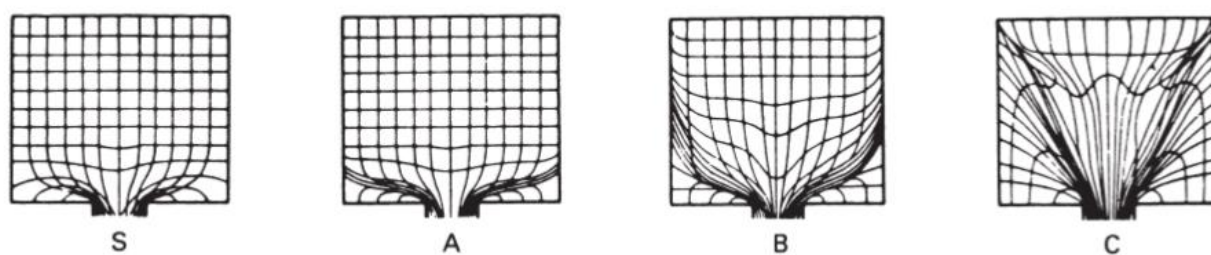


Рисунок 6 – Схема различных типов течения при экструзии металла

Характер течения S обнаруживается при экструзии однородных материалов и отсутствии трения на границе раздела контейнера и матрицы. Экструзионные свойства должны быть однородными, как в продольном, так и в поперечном направлениях соответственно. Такая схема течения обычно получается в полностью смазанных условиях, как в контейнере, так и в матрице.

Схема течения A получается при экструзии однородных материалов при наличии трения на границе раздела матрицы, а не на границе раздела контейнер-заготовка. Эта структура течения хороша для процесса обратной экструзии. Центральная часть слитка-заготовки движется быстрее материала, истекающего по краям контейнера. Края торца слитка-заготовки формируют отдельную металлическую зону между лицевой поверхностью матрицы и стенкой контейнера, известную как зона пресс-остатка металла. Материал около поверхности подвергается сдвиговому деформированию по сравнению с чистым деформированием в центре, и он течет по диагонали в отверстие матрицы, образуя внешнюю оболочку экструзии.

Схема течения B происходит в однородных материалах, когда существует трение как на поверхности раздела между контейнером, так и на поверхности матрицы. Эта структура потока хороша для процессов прямой экструзии. При таком потоке формируется достаточно большая зона пресс-остатка. В этом случае наблюдается более значительное превосходство сдвиговых деформаций, по сравнению с деформациями течения A. Экструзия имеет неоднородные свойства по сравнению с экструзией A.

Модель течения C получается при прессовании материала, имеющего неоднородные свойства материала, или же при прессовании при неоднородном распределении температуры в заготовке. Материалы подвергаются более серьезным сдвиговым деформациям вдоль стенки контейнера, а также образуют более протяженную зону пресс-остатка. [3]

На свойства экструдированных алюминиевых профилей сильно влияет то, как металл протекает во время экструзии. На течение металла влияют многие факторы:

1. Тип экструзии, прямой или обратный;
2. Объем пресса, размер и форма контейнера;
3. Эффекты трения в матрице, или в контейнере и в матрице;
4. Тип, компоновка и конструкция матрицы;

5. Тип сплава и длина слитка-заготовки;
6. Температура контейнера и заготовки;
7. Коэффициент экструзии;
8. Температура матрицы и оснастки;
9. Скорость экструзии.

Тип, расположение и конструкция матрицы могут изменить процесс обработки материала во время экструзии. Полые матрицы выполняют гораздо больше механической работы с материалом, чем сплошные формы.

В зонах пресс-остатка происходит накопление металла и последующее срезание его вдоль грани пресс-остатка. Эта зона представляет собой коническую поверхность матрицы. Процесс прессования в свою очередь может продолжаться вдоль этой созданной зоны. При этом процессе на экструдированном изделии, скорее всего, возникнут поверхностные и подповерхностные дефекты, если не будет сохранено достаточное хорошее соединение стыка.

Контроль течения материала

При проектировании фильеры перед конструктором поставлен комплекс задач, решение которых обеспечивает уменьшение асимметрии заготовки и изделия. Также комплекс включает в себя решение по корректировке элементов влияющих на истечение материала на отдельных участках профиля. Основными мероприятиями по контролю течения материала являются:

1. Изменение радиуса входной части калибрующего пояска;
2. Проектирование наклонных зон на торцевой поверхности матрицы, которые уменьшают скорость истечения материала;
3. Применение скоса образующей пояска для торможения металла;
4. Изменение эффективных длин калибрующего пояска;
5. Рациональное расположение канала относительно оси матрицы;
6. Введение многоканального прессования.

1.3 Классификация алюминиевых профилей

Бывают сплошные, полузамкнутые и полые типы профилей. Предельные отклонения и геометрические размеры имеют различные величины соответственно типу профиля. Типы профилей из алюминиевых сплавов, получаемые методом прессования или экструзии показаны на рисунке 7. Кроме того, в ДСТУ Б В.2.6-3-95 различают профили обычной (нормальной), повышенной и особой точности. ГОСТ 8617-81 предъявляет пониженные требования к точности профилей из сплавов АМг5 и АМг6. В отличие от ДСТУ и DIN ASD не имеет градаций профилей по точности.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 13 |

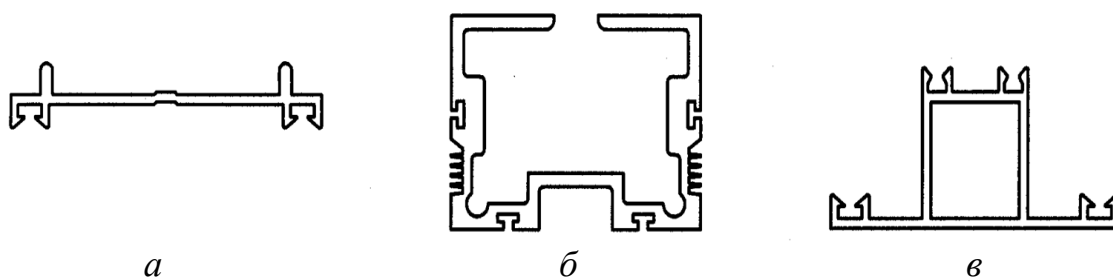


Рисунок 7 – Типы профилей: *а* – сплошной, *б* – полузамкнутый, *в* – полый

В соответствии с ГОСТ 8617-81 профили подразделяют по состоянию материала: без термической обработки (обозначают маркой алюминия или его сплава без дополнительных знаков); отожженные (М), закаленные и естественно состаренные (Т), закаленные и искусственно состаренные (Т1). В ДСТУ Б В.2.6-3-95, кроме указанных, обозначают не полностью закаленные и естественно состаренные – Т4 и отсутствует обозначение М. [2]

1.4 Оборудование и инструмент для экструзии алюминия

1.4.1 Прессовое оборудование

Горизонтальный гидравлический пресс является наиболее распространенным видом пресса для процесса прямого прессования. Производительность пресса варьируется в зависимости от размера используемых штампов, которые могут иметь диаметры от 100 до 1000 мм. Для наиболее распространенных экструдированных изделий используются штампы диаметром от 175 до 250 мм. Для этих диаметров штампов требуются прессы производительностью от 1500 до 3000 МТ.

Перечислим основные элементы гидравлического прессы:

1. Рабочий (основной) цилиндр;
2. Задняя поперечина;
3. Пресс-штемпель;
4. Колонны;
5. Контейнер;
6. Устройство перемещения держателя матрицы;
7. Устройство для отделения пресс остатка;
8. Передняя поперечина;
9. Держатель матрицы (салазки);
10. Наклонные направляющие;
11. Контейнеродержатель;
12. Цилиндры перемещения контейнера;

- 13. Подвижная поперечина;
- 14. Цилиндры двойного хода.

Конструкция современного горизонтального гидравлического пресса для прямого прессования алюминиевых профилей изображена на рисунке 8.

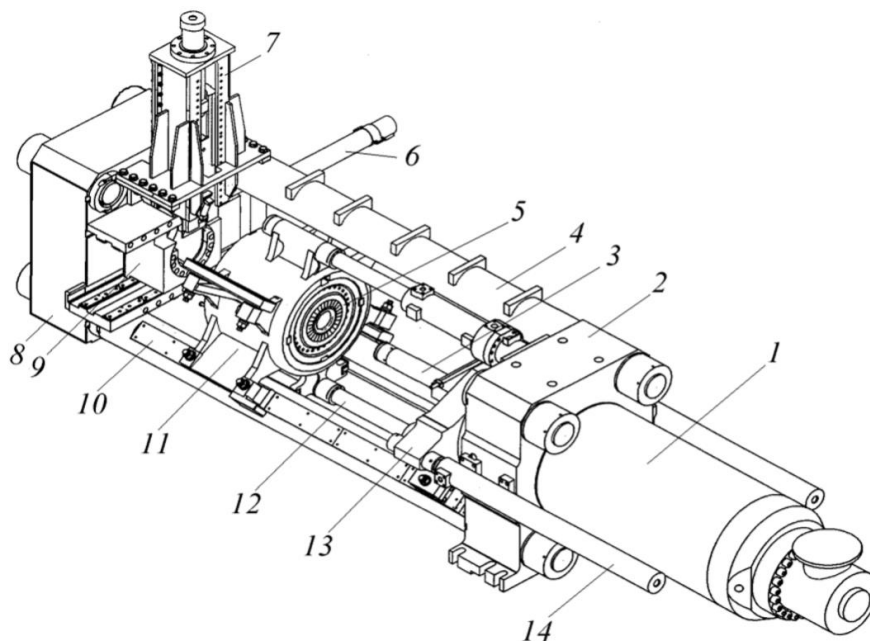


Рисунок 8 – Схема горизонтального гидравлического пресса прямого действия для прессования профилей из алюминиевых сплавов

Основные узлы пресса – станина, подвижная поперечина 13, рабочий цилиндр 1, контейнеродержатель 11 с контейнером 5, цилиндры перемещения контейнера 12, салазки 9 и устройство для отделения пресс-остатка 7. Станина состоит из неподвижных передней 8 и задней 2 поперечин, которые соединены колоннами 4 в жесткую раму, которая образует замкнутый силовой контур пресса. На задней поперечине находится рабочий цилиндр 1 и цилиндры двойного хода 14, которые служат для быстрого перемещения подвижной поперечины. На передней поперечине 8 со стороны контейнера находится стол, по которому с помощью цилиндра 6 перемещается салазки 9, а также устройство для отделения пресс-остатка 7. Подвижная поперечина (прессующая траверса) 13, служащая для передачи усилия от рабочего цилиндра к прессуемой заготовке через закрепленный на ней пресс-штемпель 3, связана с плунжерами рабочего цилиндра 1, цилиндрами двойного хода 14 и цилиндрами перемещения контейнера 12. Подвижная поперечина перемещается по наклонным направляющим 10 колонн 4. Полное усилие прессования создается рабочим (главным) цилиндром 1 и двумя цилиндрами двойного хода 14. Основная задача цилиндров заключается в обеспечении ускоренного холостого хода вперед прессующей траверсы и отвод ее после прессования.

Держатель матрицы сделан в виде салазок 9 с поперечным перемещением по направляющим стола, который закреплен на передней поперечине прессы 5. Пресс имеет две позиции для размещения матричного комплекта и передвигается для размещения последнего при помощи гидравлического цилиндра 6. С такой конструкцией держателя матрицы можно производить смену матриц, очистку, смазку и контроль формы ее рабочего канала без остановки процесса прессования. Устройство для отделения пресс-остатка выполнено в виде ножа, закрепленного с внутренней стороны передней поперечины прессы. Устройство производит рабочий ход после отвода контейнера от матрицы. Последовательность технологических операций:

- Установить прессующую траверсу с пресс-штемпелем в исходное положение. При этом прессующая траверса с пресс-штемпелем должна быть максимально удалена от контейнера. При холостом ходе прессующей траверсы вперед пресс-штемпель заталкивает заготовку в контейнер, после чего подающий механизм возвращается в исходное положение, освобождая пространство для дальнейшего движения прессующей траверсы. При последующем движении пресс-штемпеля после прижатия контейнера к матрице происходит распрессовка (заготовка осаживается так, что ее диаметр становится равным внутреннему диаметру контейнера) и выпуск воздуха из зазора между заготовкой и контейнером;

- Прессование. Прессование идет до тех пор, пока длина пресс-остатка не достигает заданной величины, после чего подвижную поперечину останавливают;

- Удаление пресс-остатка. Для удаления пресс-остатка контейнер отводят от матрицы, тогда освобождается пространство для прохода ползуна ножа и отбойника прессостатка. Движением ножа пресс-остаток отделяют от изделия, после чего он скатывается по желобу в приемник, а ползун ножа возвращается в исходное положение;

- Возвращение пресс-штемпеля в начальное положение одновременно с операциями отделения пресс-остатка от изделия происходит возвращение пресс-штемпеля в крайнее заднее положение и загрузка следующей заготовки в контейнер прессы, т.е. начинается следующий цикл прессования. [2]

1.4.2 Прессовый инструмент

Прессовый инструмент включает в себя детали, которые каким либо образом контактируют с заготовкой и формируют изделия: обычно это матрица, контейнер и пресс-шайба.

Прессовый инструмент должен обеспечивать следующие функции:

1. Отличное качество поверхности и точность геометрических размеров профилей;
2. Равномерность механических свойств по сечению профиля;
3. Минимальные усилия и максимальная скорость прессования;

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 16 |

4. Минимальная величина отходов;
5. Наибольшая стойкость в условиях эксплуатации.

На рисунках 9 и 10 показан традиционный вид матричных комплектов с плоской и комбинированной матрицей.

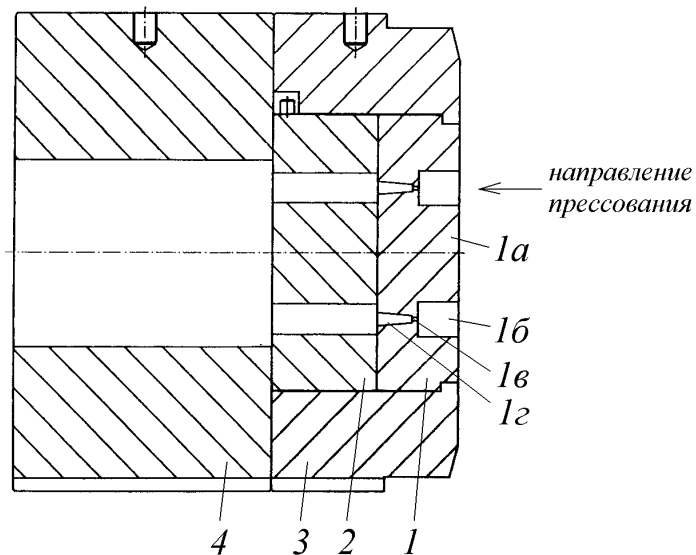


Рисунок 9 – Матричный комплект с плоской матрицей: 1 – плоская матрица; 2 – подкладка; 3 – обойма матрицедержателя; 4 – опорное кольцо (больстер); 1а – зеркало матрицы; 1б – форкамера; 1в – рабочий поясok; 1г – выходная часть (распушка)

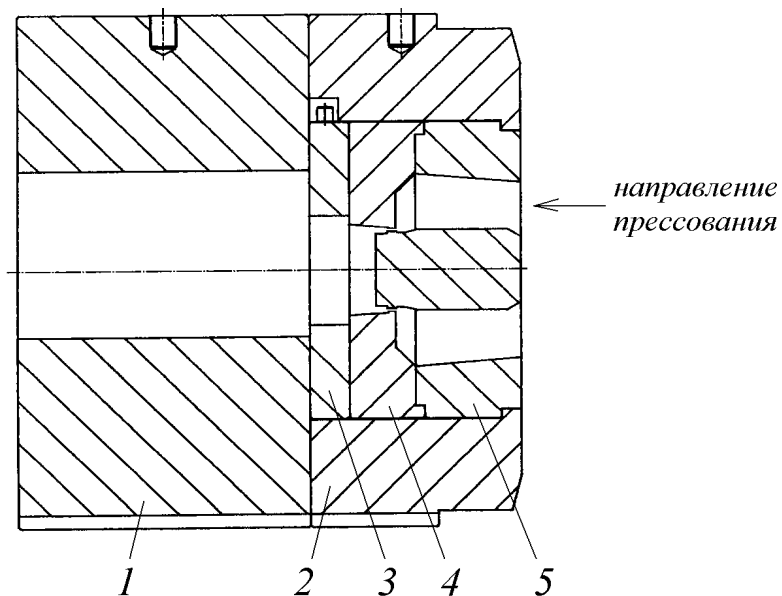


Рисунок 10 – Матричный комплект с комбинированной матрицей: 1 – опорное кольцо; 2 – обойма матрицедержателя; 3 – подкладка; 4 – матрица; 5 – рассекатель

Фильеры подразделяются на два больших класса: сплошные (рисунок 9) и комбинированные (рисунок 10). Сплошные матрицы позволяют прессовать сплошные и большую часть полузамкнутых профилей.

Комбинированные (язычковые) матрицы предназначены для прессования профилей с одной или несколькими полостями.

Полузамкнутые профили могут быть получены с использованием сплошных либо комбинированных матриц в зависимости от формы консольного элемента, образующегося в матрице. Оценить, какой тип матрицы нужно применить, можно, например, по соотношениям приведенным в DIN 1748.

По количеству каналов (ниток) матрицы подразделяются на одно- и многоканальные. В случае применения многоканальных матриц увеличивается производительность процесса прессования, облегчается истечение металла, однако усложняется проектирование матрицы, и появляется опасность рассогласования скоростей истечения металла из разных каналов в связи с возможной неточностью их размеров. [2]

1.4.3 Фильеры для прессования профилей стандартного сечения

Фильеры для прессования стандартного сечения (сплошные) используются для производства профилей, не имеющих, каких либо полостей.

От правильного выбора типа матрицы, размеров пояска и даже радиусов закругления зависит насколько эффективно фильера будет использоваться на протяжении всего времени эксплуатации. [2]

Сплошные фильеры имеют множество конструкций, они изображены на рисунке 11, каждая из которых имеет свою область применения.

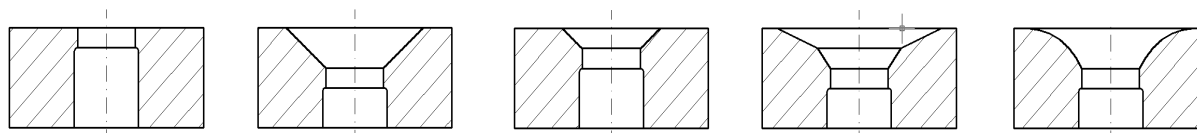


Рисунок 11 – Типы матриц для прессования сплошных профилей: *a* – плоская, *б* – коническая, *в* – плоско-коническая, *г* – двухконусная, *д* - радиальная

Все виды матриц имеют калибрующую часть – поясок, которая определяет размеры и форму деформируемых профилей, и входную часть, которая предохраняет калибрующий поясок от выкрашивания, а прессуемый профиль от задиров на поверхности.

Большим преимуществом неплоских матриц является снижение усилия прессования, что позволяет значительно повысить стойкость матрицы. В то же время, при прессовании через конические матрицы объем мертвой зоны значительно уменьшается, и она не задерживает продвижение через матрицу в готовый профиль различных загрязнений с поверхности заготовки. Для снижения

возможности попадания в изделие дефектных и заоложенных слоев и уменьшения деформаций применяют матрицы с двойным конусом, плоскоконические, радиальные и плоскорadiaльные. [2]

1.4.4 Филеры для прессования профилей сложного сечения

В последнее время из-за высокого спроса предприятию необходимо постоянно повышать производственные мощности, а в частности появляется необходимость в проектировании и использовании более эффективных по производительности и работоспособности прессовых инструментов. Таким новым решением стала фильера "портхол". Конструкция такой фильеры представляет собой матрицу и диск рассекателя с оправкой. Рассекатель, который формирует внутреннюю форму профиля удерживается выступом наружного кольца матрицы. Этот выступ сделан так, чтобы обеспечить наименьшее возможное поперечное сечение заготовки алюминия, но достаточное, чтобы обеспечить прочность, необходимую для противодействия силам прессования без значительных отклонений. В этом случае диск рассекателя выполняется как единое целое с оправкой. Диски оправки и матрицы имеют одинаковые диаметры. Полости, образуемые рассекателями и кольцом диска, – питающие каналы – также называют портами. Конструкция камерной матрицы изображена на рисунке 12.

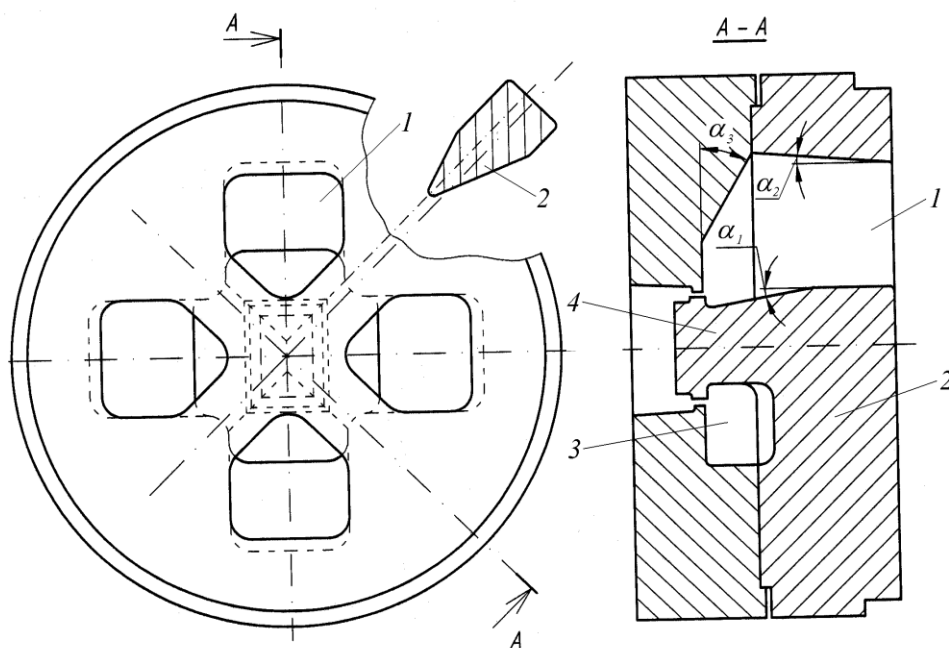


Рисунок 12 – Камерная матрица (портхол)

Сварочная камера может располагаться или в самой матрице, или в диске оправки, или наполовину в матрице, наполовину в диске оправки. Первый вариант исполнения наиболее распространен и предпочтителен с точки зрения

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

уменьшения упругой деформации и удобства механической обработки. Варианты размещения сварочной камеры изображены на рисунке 13.

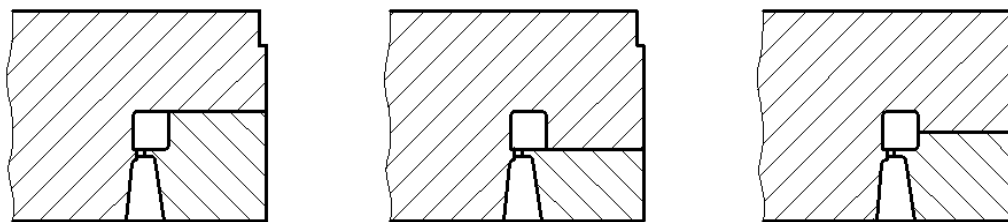


Рисунок 13 – Варианты размещения сварочной камеры:
a – в матрице, *б* – в рассекателе, *в* – в матрице и в рассекателе

Существенным преимуществом матрицы "портхол" является возможность отделения пресс-остатка при помощи ножа и осуществления полунепрерывного прессования, недостатком – повышенное давление прессования и трудность удаления металла из питающих каналов. Преимущества камерных матриц наиболее полно проявляются при прессовании сплавов низкой и средней прочности. [3]

1.4.5 Особенности конструктивного исполнения камерных матриц

Самым сложным и наиболее важным инструментом для изготовления профилей из алюминиевых сплавов с низким и средним содержанием сплава является камерная матрица. На рисунке 14 схематически показаны две типичные камерные матрицы в двухканальной и одноканальной конструкции для изготовления полых профилей из алюминиевого сплава.

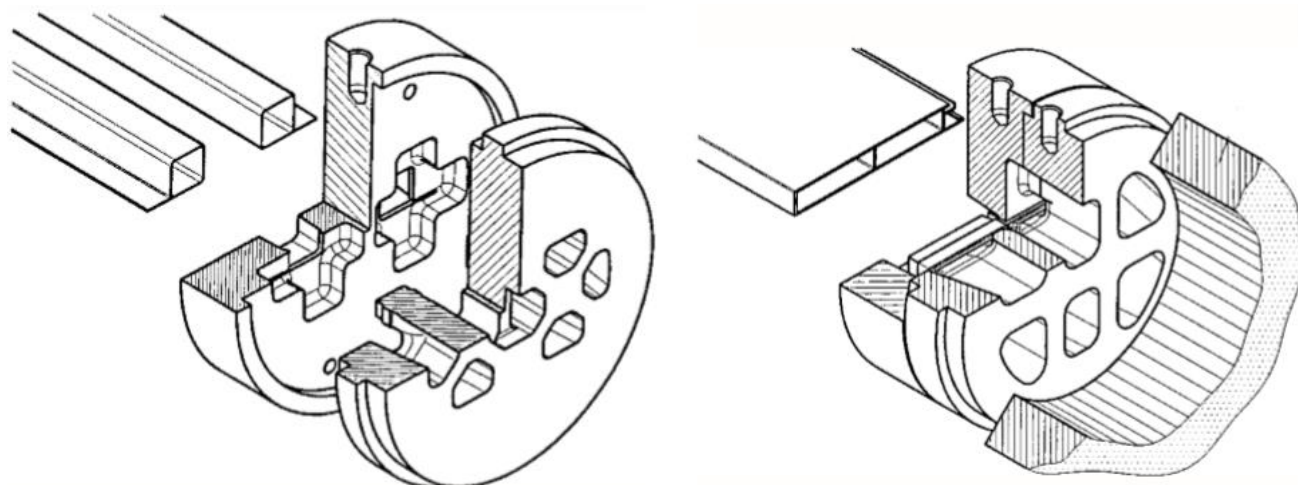


Рисунок 14 – Типы камерных матриц

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

С помощью этих матрицы можно изготавливать экструдированные изделия из алюминиевых сплавов с очень высокими требованиями к размеру и точности формы. Без этих специальных инструментов не было бы технологии с большим сечением с определенной геометрией поперечного сечения профиля напряжения для требовательных конструкций. Камерные матрицы обычно состоят из двух частей. Формирование внутренней формы профиля происходит в верхней части (рассекателе), а внешнее в нижней части (матрице). [3]

Экономическое производство предполагает использование многоканальных фильер для крупных заказов. Это также относится к плоским фильерам. Каналы матрицы должны быть расположены на определенных расстояниях от оси матрицы или центральной линии контейнера. При проектировании таких фильер нужно придерживаться определенных правил, принятых для каналов с различными поперечными сечениями. Уменьшение скорости течения материала к стенке вкладыша контейнера также должно быть компенсировано увеличением размера отверстий. Этот процесс иллюстрируется схемой на рисунке 15.

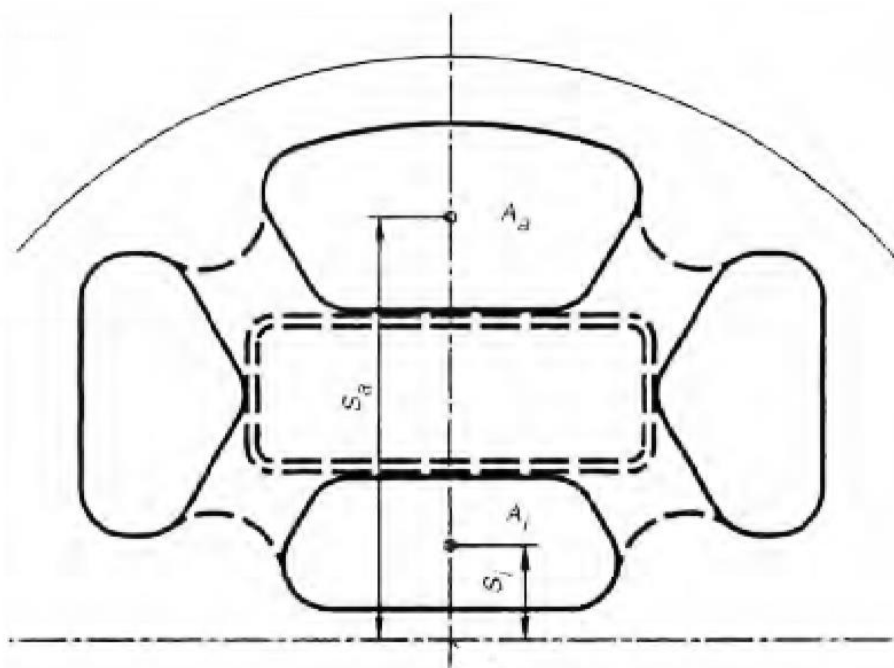


Рисунок 15 – Схема расположения каналов

Руководящие указания для конкретного увеличения размера областей каналов в зависимости от расстояния от оси матрицы или контейнера могут быть получены с использованием соотношений, основанных на практическом опыте, приведенном ниже:

$$A_a = \left[1 + \frac{S_a - S_i}{100} \right] \cdot A_i, \text{ мм}^2 \quad (1)$$

где A_a – площадь камеры, расположенной дальше всего к оси матрицы;

A_i – площадь камеры, расположенной ближе всего к оси матрицы;

S_a – расстояние от центра камеры, расположенной дальше всего от оси матрицы;

S_i – расстояние от центра камеры, расположенной ближе всего от оси матрицы;

Опоры (мосты), соединяющие камеры в верхней части, также влияют на поток материала в фильере. Обычно они должны располагаться в углах поперечного сечения профиля, как показано на рисунке выше. [3]

Методика проектирования фильер

Проектирование и изготовление фильер являются наиболее важными и требовательными аспектами всего процесса экструзии. На конструкцию матрицы влияют многие факторы, в том числе процесс прессования и обслуживание пресса, понимание сечения профиля и его допусков, а также характеристик сплава.

В основе проектирования и производства фильер лежит многолетний опыт. Часть этого опыта отражена в эмпирических правилах проектирования, но разработка детали типа рассекатель сильно зависит от личного суждения, интуиции и опыта разработчика. Не существует двух одинаковых по форме, материалу, твердости и шероховатости поверхности фильер.

Проектирование фильер включает в себя решение задач:

- Выбор формы и определение продольного профиля фильеры, в основном выбор осуществляется из двух вариантов – плоской и конической. При проектировании комбинированных матриц определяют количество сварных швов в прессуемом изделии, тип матрицы и форму рассекателя;
- Вычисление поперечного размера канала матрицы, учитывая температурные изменения, упругие деформации кромок, уменьшение толщин кромок профиля из-за внеконтактной и других упругих деформаций. Этот расчет должен обеспечить наибольшую точность поперечных сечений размеров профиля;
- Вычисление других характеристик фильеры, влияющие на течение прессуемого материала: расположение каналов относительно оси фильеры, высота рабочих поясков, угла наклона поясков к продольной оси фильеры, присутствие форкамер, взаимного расположения отдельных каналов при проектировании многоканальных фильер.
- Проведение расчета на сопротивление нагрузкам с учетом наибольшего давления на пресс-шайбу и матрицу.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 22 |

габаритов деталей. На рисунке 17 приведена схема расположения элементов фильеры и их габаритные размеры.

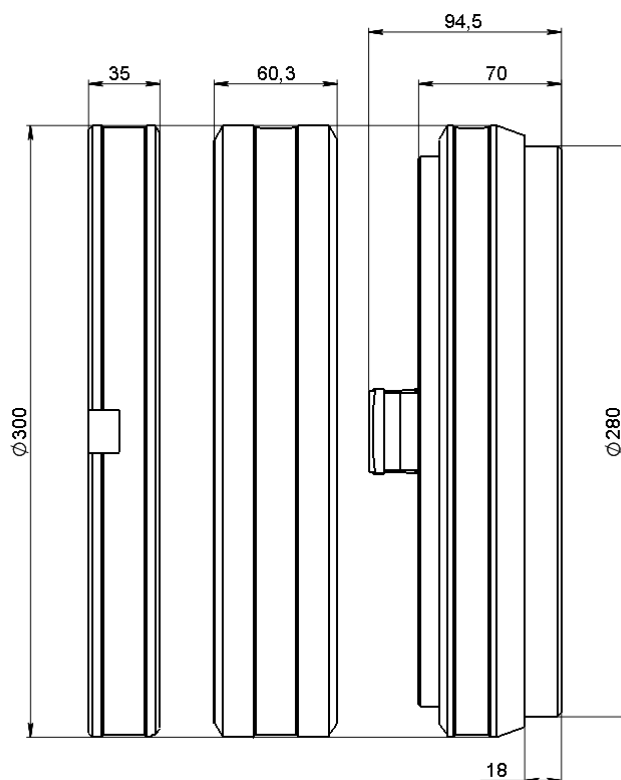


Рисунок 17 – Габаритные размеры элементов фильеры

Расположение рабочего канала в матрице

Форма поперечного сечения профиля, при одноканальном исполнении матрицы, является важнейшим условием, которое влияет на местоположение рабочего канала в матрице. Степень симметрии профиля относительно системы координат является ключевым фактором формы.

При расположении рабочего канала матрицы следует понимать, что скорость течения материала убывает по мере удаления от центра матрицы.

При проектировании расположения рабочего канала, конструктор должен учесть выход профиля из матрицы и сориентировать его так, чтобы отпрессованный профиль ложился на стол ребрами или углами, в противном случае, скорее всего, стол оставит на поверхности профиля царапины. Также необходимо учесть то, что профиль после прессования горячий и недостаточно жесткий, поэтому важно аккуратно уложить его на стол.

Исходя из этого условия, можно сделать вывод, что поверхность соприкосновения профиля со столом пресса должна быть минимальной, и невидимой после монтажа профиля в общую конструкцию. Профиль не должно скручивать, что может привести к появлению волнистости, для этого положение профиля на столе должно быть устойчивым.

Пользуясь вышеуказанными определениями, задаем точку центра масс поперечного сечения профиля и располагаем эту точку в центре матрицы. На рисунке 18 показано расположение рабочего канала в матрице.

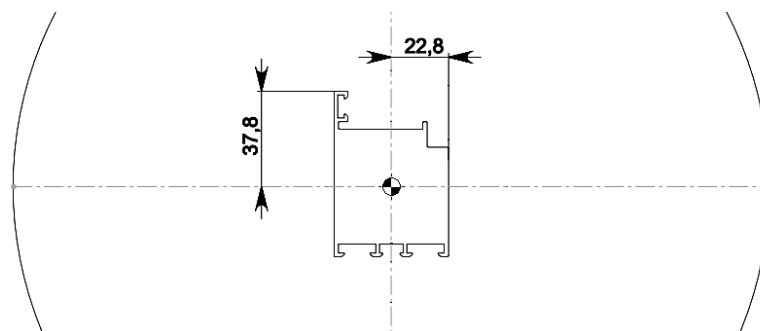


Рисунок 18 – Расположение рабочего канала в матрице

Предварительный расчет толщины поясков

Одним из самых важных инструментов для выравнивания и корректировки скоростей течения материала является изменение размеров поверхности контакта калибрующей части матрицы при различных элементах профиля. Увеличивая площадь поверхности поясков, тем самым увеличивается сила трения и гидростатическое давление соответственно элементу зоны пластических деформаций.

Именно поэтому, на участках с наименьшими размерами поперечного сечения профиля увеличивают толщину калибрующих поясков, а на участках с наибольшими размерами профиля – наоборот. Переходы между элементами поясков с разной толщиной не должны выполняться в форме ступеней, они должны быть плавными.

Существует множество способов теоретически посчитать толщину поясков, это может быть как метод зависимости Б.И.Матвеева и Е.Б.Журавского, а также метод разделения профиля на элементы, вписывая в него окружности. Конструкторы предприятия «Сегал» эмпирически получили свою формулу:

$$b_{п} = S_{п} \cdot 2,3 \dots 2,7 \quad (2.1)$$

где $b_{п}$ – высота элемента пояска, $S_{п}$ – толщина элемента профиля в сечении, 2,3...2,7 – коэффициент, значение которого определяется в зависимости от сложности профиля, обычно он составляет среднее значение – 2,5.

По вышеприведенной формуле и рекомендациям конструкторов, высчитываем толщины поясков профиля КП 4560 С. Результаты расчета приведены на схеме, изображенной на рисунке 19.

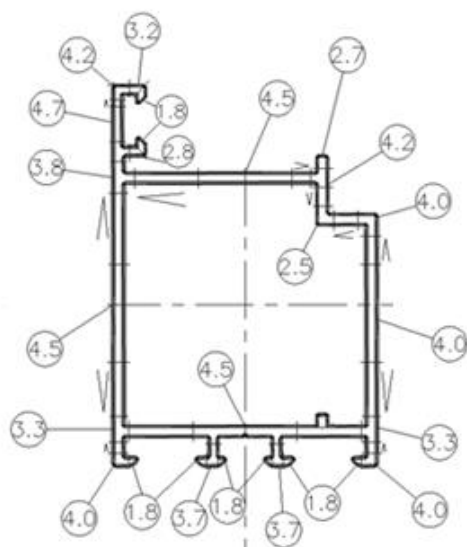


Рисунок 19 – Расчет толщины поясков

На схеме линиями указаны разделения элементов профиля. В этих местах происходят переходы по высоте в верхнюю или нижнюю сторону. Стрелками показаны направления изменения высоты пояска.

Определение размеров форкамеры

Во многих случаях, чтобы оказать воздействие и выровнять истечения отдельных элементов профиля не ограничиваются только коррекцией рабочего пояска, добавляя проточки и канавки дополнительно к основному каналу, формирующему сечение профиля на зеркале матрицы, около этих элементов. Такие канавки называют карманами или форкамерами. Их различные исполнения свойственны геометрии профиля, они облегчают течение материала в затрудненных местах и способствуют выравниваю скоростей прессования различных элементов профиля.

При использовании форкамер уменьшается прогиб матрицы, что оказывает положительный эффект, особенно важно их применение при прессовании разветвленных профилей или профилей полузамкнутого типа.

При использовании форкамер можно выделить такие преимущества как: стабилизация размеров получаемого профиля, снижение вероятности поломки рабочего пояска, облегчение ручной и возможность использования станочной корректировки матрицы. Форкамеры имеют глубину минимум 5 мм. Обычно порядка 15 мм при диаметре описанной вокруг профиля окружности 50...200 мм.

В первом приближении принято считать, что ширина отверстия форкамеры обратно пропорциональна толщине соответствующего элемента канала матрицы. На рисунке 20 приведена зависимость удельного периметра (отношения

периметра к площади) форкамеры от удельного периметра канала, полученная путем аппроксимации производственных данных.

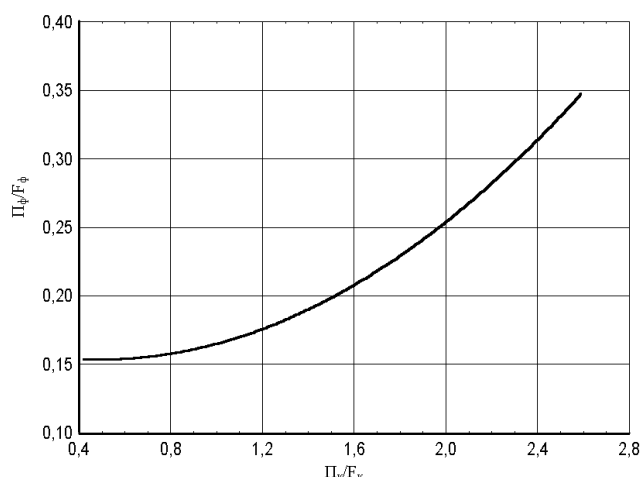


Рисунок 20 – Зависимость удельного периметра форкамеры от удельного периметра канала

Размер элемента от стенки канала до стенки форкамеры больше в тех областях, где течение материала затруднено, и обычно это расстояние составляет 2...10 мм. В областях тупиковых элементов профиля стенку форкамеры располагают в 1,5-2 раза дальше по сравнению с соседними элементами. Еще одним важным конструкторским элементом является заглубление в области консольных элементов, обычно оно составляет 3...5 мм ниже плоскости матрицы.

Обычно применяют формы форкамер, приведенные на рисунке 21.

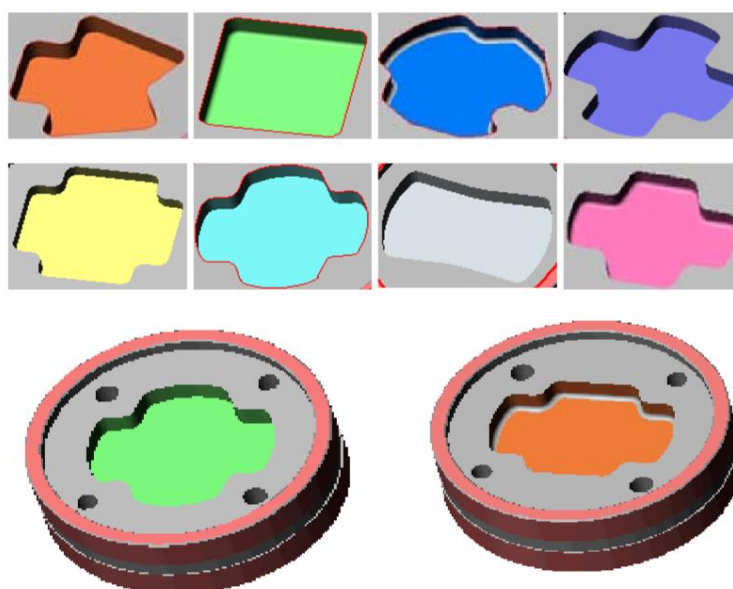


Рисунок 21 – Общеприменяемые формы форкамер

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |

Пользуясь вышеприведенными рекомендациями и зависимостями, выполняем форкамеру в матрице со следующими геометрическими формами и размерами: глубина форкамеры – 15 мм, описанная окружность форкамеры 181 мм, остальные конструкционные размеры выполнены для эффективной механической обработки элемента (R12,5). На рисунке 22 проиллюстрировано исполнение форкамеры в матрице.

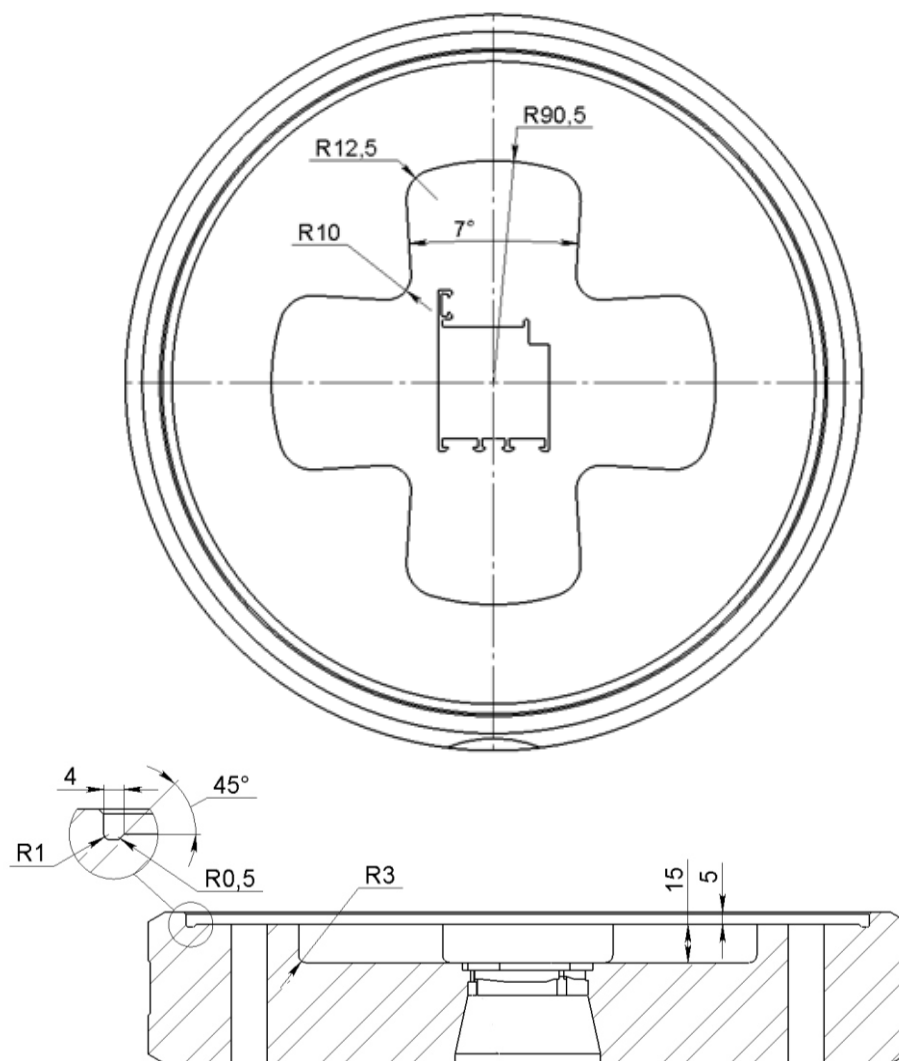


Рисунок 22 – Исполнение форкамеры в матрице

Выходная часть матрицы

Выходная часть представляет собой эквидистанту формы профиля. Почти всегда, она выполняется с расширением по удалению от кромок корректирующих поясков и имеет некий угол. Иногда же выходную часть выполняют ступенями, отступая эквидистантой профиля равномерные шаги в 1-3 мм от канала профиля. При проектировании и изготовлении выходного канала важно соблюсти

Порт

Конструктора имеют множество методов по контролю истечения материала. Размер и геометрия портов, также называемые камерами, оказывают сильное влияние на скорость течения. Также важным фактором в контроле истечения является взаимное расположение камер относительно друг друга. В одноканальном исполнении порты располагаются симметрично относительно оси фильеры.

Согласно площади элемента канала матрицы, площадь питающих портов должна быть максимально возможной. При подборе этого размера важно не забывать про прочностные характеристики мостов, ведь при увеличении этого размера, с одной стороны, возможно уменьшение размера рассекателя, с другой же, рассекатель теряет свои прочностные свойства и может не выдержать прилагаемых нагрузок.

3D-модель области построения портов показана на рисунке 25.

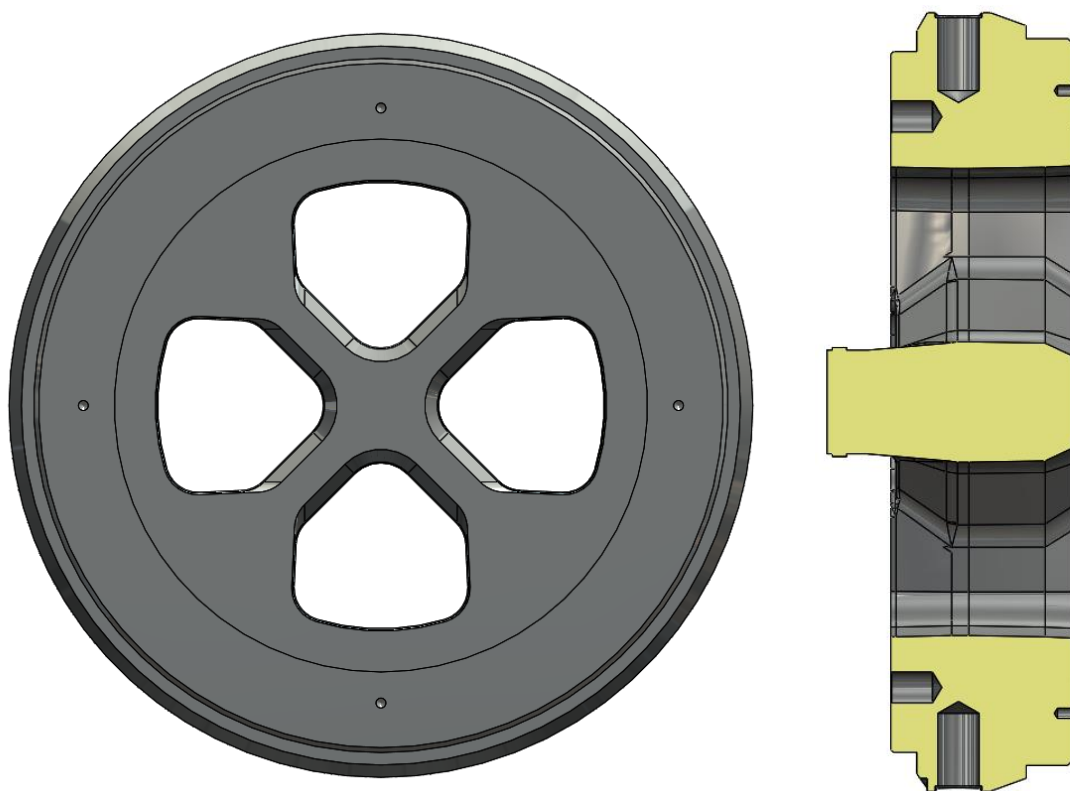


Рисунок 25 – Исполнение портов на рассекателе

Стенки каналов портов обычно выполняют под наклоном – угол между осью прессования и стенкой около 5° (угол α_1 на рисунке 12). Этот угол позволяет облегчить течение металла за счет создания застойных зон периферийной зоне порта.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 30 |

Мостик рассекателя

В настоящее время задача по оптимизации формы рассекателя решается эмпирически, исходя из накопленного производственного опыта конструкторов.

При использовании комбинированных матриц скорость прессования и прочих факторов ограничена скоростью процессов сварки потоков материала, выходящего из различных портов. Добиться максимальной скорости можно при уменьшении толщины рассекателя и угла при его нижней вершине. Однако при этом уменьшается и прочность рассекателя. Для того, чтобы добиться оптимального решения принимают соотношение между площадью поверхности рассекателя, воспринимающей давление прессования, и площадью поперечного сечения рассекателя не более 0,75. Проведем проверочный расчет мостов после проектирования портов рассекателя. С помощью программы SolidWorks измерим площади элементов моста и сравним их соотношение с рекомендуемым. Результаты проведенных измерений приведены на рисунке 26.

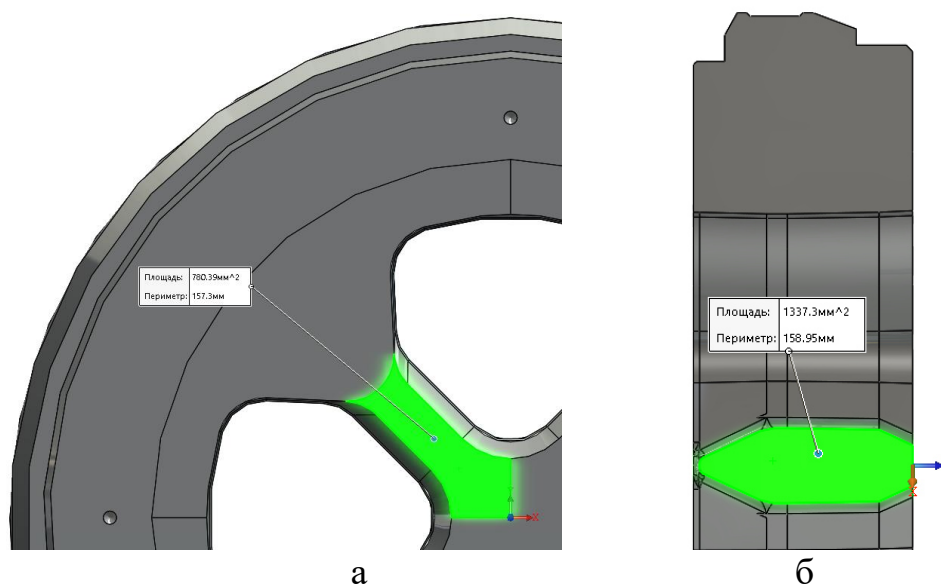


Рисунок 26 – Мостик рассекателя камерной матрицы

Соотношение измеренных площадей равно 0,58.

Технологические элементы конструкции фильеры

Фильера, состоящая из таких элементов как рассекатель, матрица и подкладка, имеет сборочные и технологические элементы. На рисунке 27 показаны три разреза фильеры в сборке.

Рисунок 27 а – (проекция XZ) иллюстрирует такие элементы как отверстия под винты M12x95. Эти отверстия выполняют на каждой детали отдельно,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|------|
| | | | | | ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 31 |

поэтому при механической обработке важно соблюсти concentricity каждого отверстия.

Рисунок 27 б – (проекция ХУ) иллюстрирует такие элементы как отверстия под рым-болты, сделанные с двух сторон на внешней стороне рассекателя и матрицы. Эти отверстия нужны для транспортировки вышеперечисленных элементов, так как их вес составляет более 30 кг. Также на этом рисунке можно увидеть отверстия под штифты, которые позволяют центрировать две основные детали, рассекатель и матрицу, в момент сборки.

Рисунок 27 в – (проекция ХУ под углом 45 градусов) иллюстрирует такие элементы как технологические отверстия, сделанные в деталях матрицы и подкладке для точного переустановки этих элементов при механической обработке их на фрезерном центре.

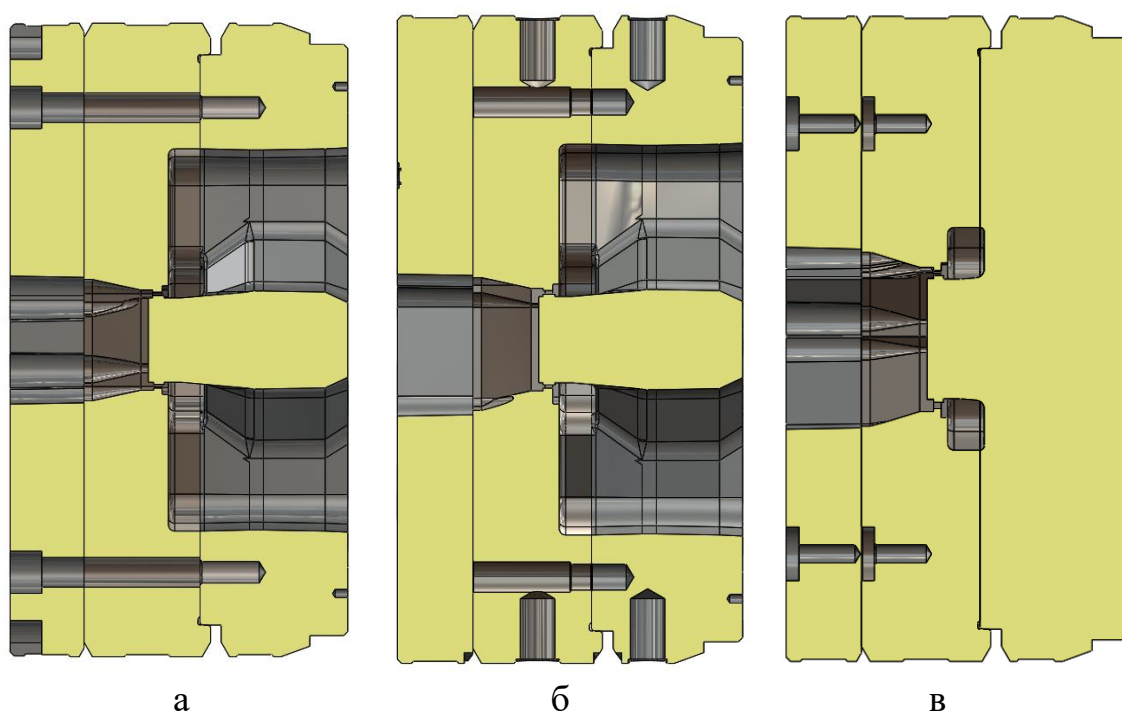


Рисунок 27 – Технологические элементы в фильере

Особенности конструктивного исполнения учитывались при модернизации.

2.2 Основания для модернизации конструкции фильеры

Основанием для модернизации фильеры в многоканальное исполнение служит увеличение производительности процесса прессования, а также облегчение истечения материала, однако при этом усложняется проектирование фильеры. Также большим недостатком проектирования многоканальной фильеры

является рассогласование скоростей истечения материала, за счет возможной неточности размеров каналов.

При увеличении каналов в фильере производительность повышается прямо пропорционально только в том случае, если площадь каналов имеет ту же площадь, что и при одноканальном исполнении. В большинстве случаев площадь увеличивается, тем самым повышая силы трения, воздействующие на истечение. Таким образом, обычно прирост производительности составляет 95...99%.

При многоканальном прессовании прочность мостов возрастает благодаря увеличению каналов и «ножей» соответственно. Прирост прочности обычно составляет около 25%.

2.3 Проектирование двуканальной фильеры

При проектировании многоканальной фильеры используется общая методика, свойственная и одноканальной фильере. Одной из ключевых проблем, которую необходимо учитывать при разработке конструкции является плохая обрабатываемость при резании. На этом этапе проектирования конструктор и технолог должны работать кооперативно для достижения наибольшей эффективности прессового инструмента. Рассмотрим основные изменения, произведенные в одноканальной фильере при ее модернизации в многоканальное исполнение.

Изменение расположения рабочих каналов в матрице

Чтобы увеличить производительность и снизить внеконтактные деформации, число рабочих каналов было изменено до двух. Расположение рабочих каналов фильеры показано на рисунке 28.

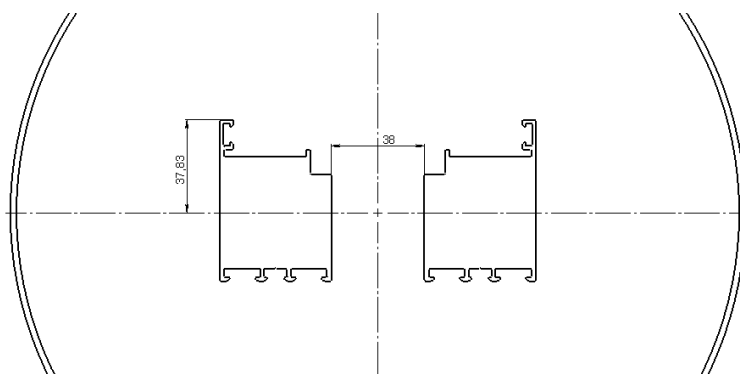


Рисунок 28 – Расположение рабочих каналов в многоканальной матрице

Увеличение количества каналов до трех является невозможным из-за неизбежных проблем с рассогласованием скоростей истечения материала из отдельных каналов.

Изменения размеров форкамеры

Увеличение количества каналов, в свою очередь, влияет на изменение геометрии и размеров форкамеры. При проектировании форкамеры для двухканальной фильеры с расположением каналов симметрично относительно осевой линии матрицы используется форма, показанная на рисунке 29.

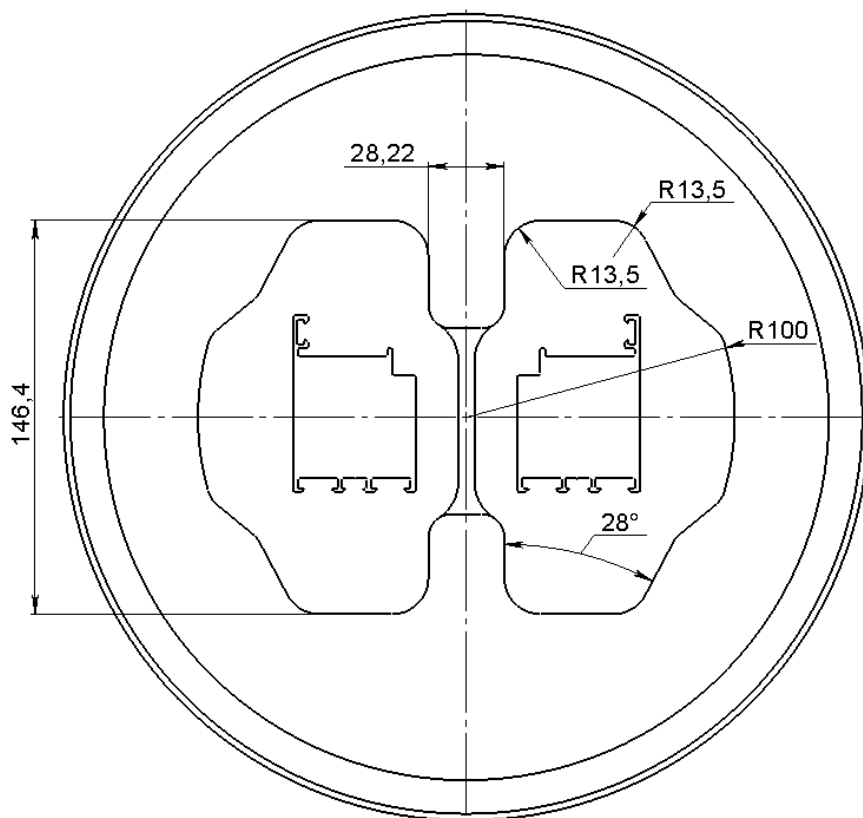


Рисунок 29 – Геометрия и размеры форкамеры

Еще одним конструкторским изменением, которое решено было сделать – разделяющая ступень форкамеры, которая будет перераспределять поток течения материала в сварочную камеру каждого отдельного канала.

Изменение выходной части матрицы

Было также принято решение упростить выходную часть матрицы в двухканальном исполнении. Это было сделано для того, чтобы уменьшить время механической обработки матрицы. Исполнение этого конструкторского решения можно увидеть на рисунке 30.

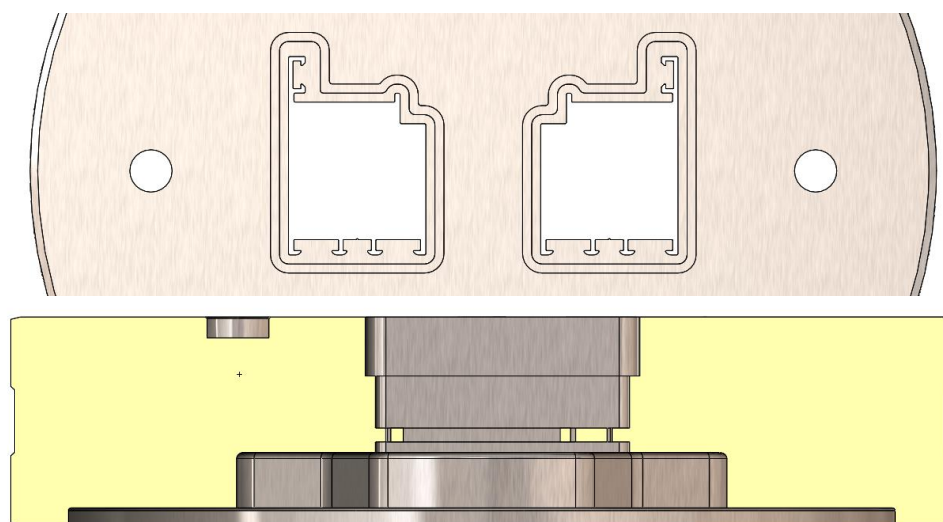


Рисунок 30 – Выходная часть матрицы

Выходная часть выполнена параллельными ступенями с формой эквидистанты профиля.

Изменение портов рассекателя

При увеличении количества каналов увеличивается количество портов питающих свой канал. Так при добавлении одного канала, количество портов увеличивается до семи штук, что позволяет питать канал профиля независимо друг от друга. Размещение портов рассекателя в двуканальном исполнении проиллюстрировано на рисунке 31.

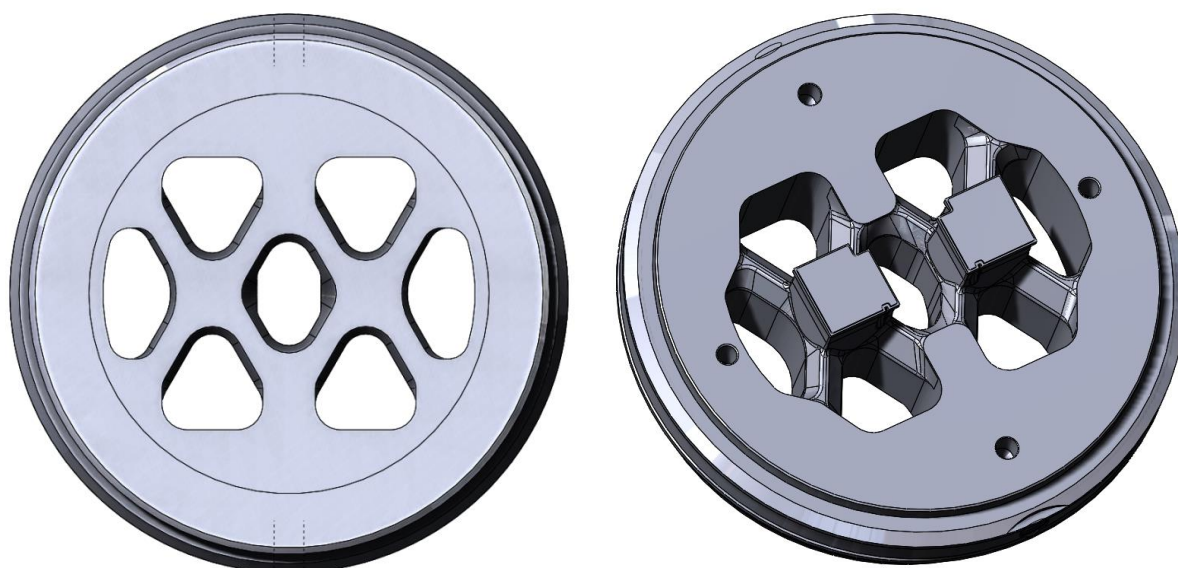


Рисунок 31 – Размещение портов в двуканальном рассекателе

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Лист

35

При проектировании в порты закладываются максимально возможные размеры, пропорционально площади элемента канала матрицы, который он питает.

Промежуточный вывод по конструкторскому разделу

Значимыми основаниями для модернизации фильеры в многоканальное исполнение являются:

1. Увеличение производительности процесса прессования на 98%;
2. Облегчение истечения материала;
3. Увеличение прочности мостов рассекателя на ~ 25%

Однако, при модернизации конструкции появляются сложности, связанные с такими факторами как:

1. Высокая сложность механической обработки рассекателя;
2. Рассогласование скоростей истечения из разных каналов в связи с неточностью размеров;
3. Отсутствие надежных методик аналитического прочностного расчета сложнопрофильных многоканальных фильер.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 36 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

3 Конечно элементное моделирование процессов прессования алюминиевых профилей

3.1 Термостатический анализ элементов конструкции фильеры

Факт, что прессовый инструмент работает в чрезвычайно тяжелых условиях, является общеизвестным. Коэффициент запаса прочности таких конструкций, как фильера может быть близким к единице.

Самыми уязвимыми местами в фильере являются мосты рассекателя, ведь все нагрузки, передаваемые с пресса на заготовку, переходят на рассекатель, который в свою очередь разрезает слиток заготовки на несколько частей. Помимо высоких нагрузок, рассекатель, как и весь матричный комплект подвержен высоким температурам.

Проведем термостатический анализ одноканального рассекателя в программном комплексе Fusion 360 при следующих граничных условиях:

1. Диаметр заготовки-слитка 215 мм;
2. Сила прессования 2500 ТС (~ 24,5 МПа);
3. Температура рассекателя 250 °С.

Возникающие напряжения и деформации приведены на рисунках 32 и 33 соответственно.

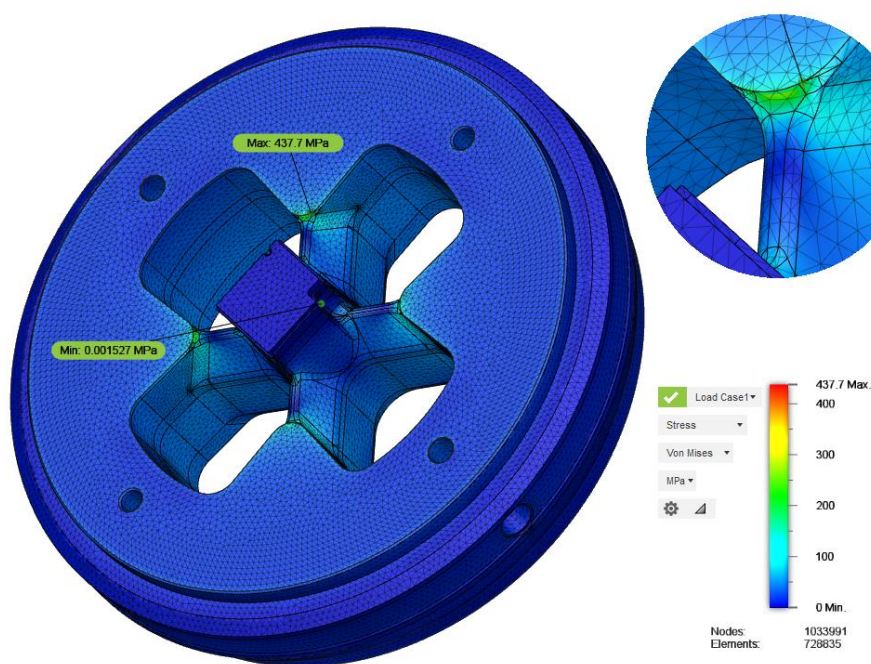


Рисунок 32 – Напряжения в одноканальном рассекателе

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |

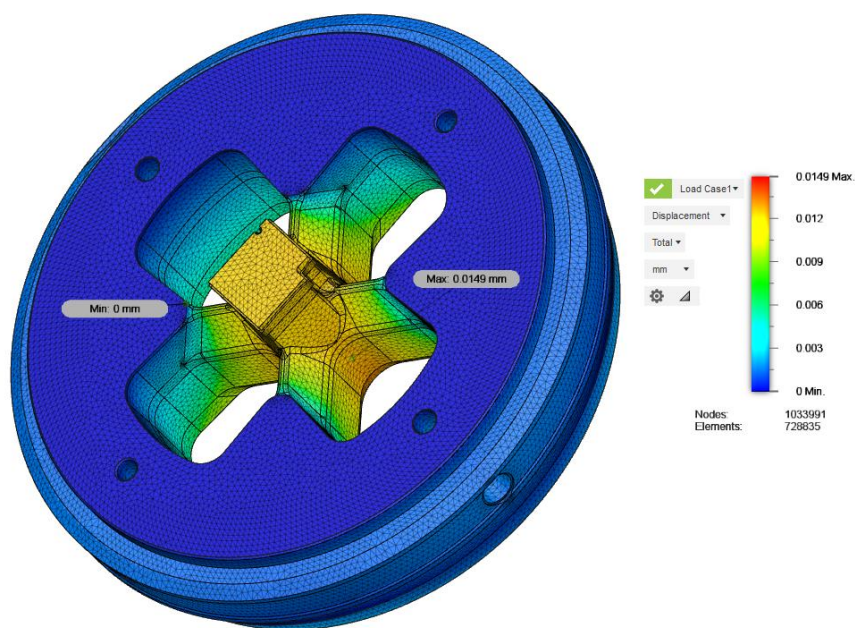


Рисунок 33 – Деформации в одноканальном рассекателе

В результате расчета коэффициент запаса прочности составил 3.4, максимальные возникающие напряжения в рассекателе равны 437.7 МПа, максимальные перемещения равны 0.0149 мм.

Проведем термостатический анализ многоканального рассекателя при неизменных граничных условиях.

Возникающие напряжения и деформации приведены на рисунках 34 и 35 соответственно.

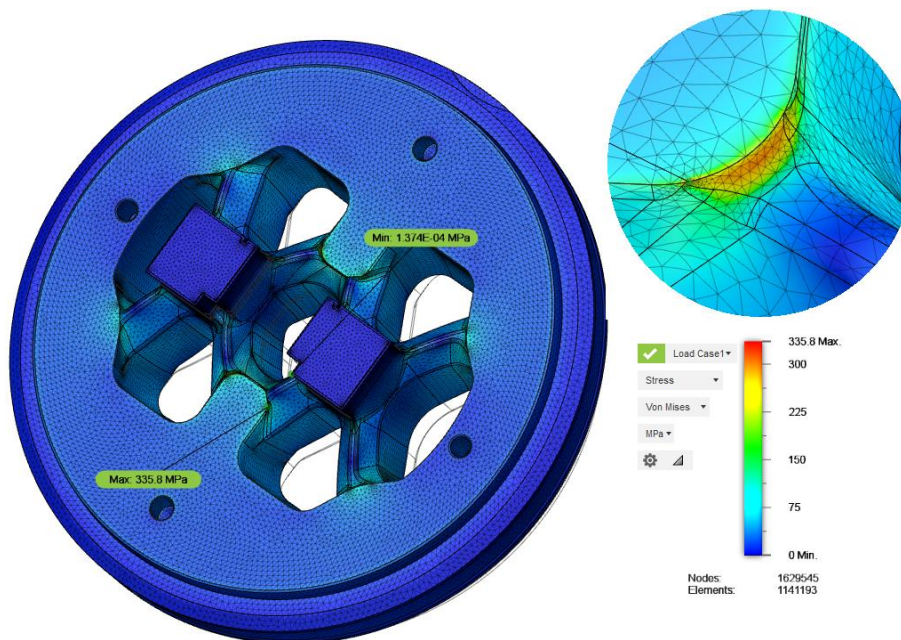


Рисунок 34 – Напряжения в многоканальном рассекателе

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

Цель компьютерного моделирования состоит в том, чтобы предсказать нежелательные искажения профиля и найти пути по оптимизации истечения и минимизации различных отклонений от требуемой формы. Во время производственной практики проведены натурные эксперименты в реальных производственных условиях, которые подтвердили достоверность расчетов по применяемой модели по силе выдавливания, картине истечения металла и распределению температуры.

Наиболее важная стадия истечения металла с практической точки зрения – это квазистационарная стадия, когда формируется форма профиля продукта и его свойства. В течение квазистационарной стадии такие параметры, как температура и сила могут изменяться, но эти изменения не оказывают значительного влияния на истечение и в большинстве случаев ими можно пренебречь.

Основные исходные данные для моделирования:

1. Геометрические модели матричного комплекта, спроектированные в САД системе;
2. Свойства прессуемого материала (зависимость сопротивления деформации от скорости деформации, температуры и накопленной деформации);
3. Граничные условия на контакте поверхности прессуемого материала с инструментом (трение, коэффициент теплопередачи и температура инструментов);
4. Параметры процесса (температура подогрева заготовки, скорость прессштемпеля и сила выдавливания).

Моделирование процесса прессования выполняется в пределах так называемой области расчёта. Область расчёта – это объём выдавливаемого материала, который частично заполняет контейнер и полностью заполняет внутреннее пространство матричного комплекта вплоть до малого выхода профиля из зоны пояска. В случае проектирования комбинированного инструмента для полого профиля, инструмент имеет такие элементы как рассекатель, матрицедержатель, распушку и опорное кольцо. При прессовании комбинированного профиля инструмент проектируется в зависимости от специфики конкретной геометрии, ее сложности. Прессуемый материал заполняет пространство внутри контейнера и контактирует с рассекателем и матричным узлом в случае прессования полого профиля. Другие части матричного комплекта (распушка и опорное кольцо) не имеют непосредственного контакта с материалом и не используются при создании области расчёта. Их конструкция и свойства принимаются во внимание при моделировании напряжённо деформированного состояния всего матричного комплекта и его упругой деформации.

Область расчета показана на рисунке 36, где мы отчетливо видим объём материала, который заполнил контейнер, форкамеру с карманами и матрицу.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 40 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

T_a – силы, необходимые для преодоления адгезионных сил сцепления;

T_d – силы, необходимые для пластической деформации приконтактного слоя.

Силы адгезионного трения порождаются молекулярными связями контактирующих тел и зависят в основном от их физических свойств. Деформационная составляющая сил трения необходима для преодоления неровностей и зависит от шероховатости поверхности инструмента, сопротивления деформации деформируемого металла, контактного давления и относительной скорости движения материала. При высоких контактных давлениях преобладает деформационная составляющая сил трения T_d . При низких контактных давлениях начинают преобладать силы адгезионного трения T_a .

Обозначим τ_a напряжения трения, вызванные адгезионным механизмом. Эти напряжения зависят от фактора трения m_a и сопротивления деформации материала S :

$$\tau_a = \frac{T_a}{A} = m_a \cdot S \quad (3.2)$$

где A является контактной областью.

Значение m_a может варьироваться от 0,05 до 1 благодаря хорошей адгезии алюминия относительно стали. Для описания деформационной составляющей напряжения трения воспользуемся такой же зависимостью, но с другим коэффициентом:

$$\tau_d = \frac{T_d}{A} = m \cdot S \quad (3.3)$$

где m является фактором трения, который учитывает только деформационные компоненты трения.

Таким образом, суммарное значение напряжения трения τ может быть представлено как

$$\tau = (m_a + m) \cdot S \quad (3.4)$$

При экструзии профилей очаг деформации можно разделить на 2 зоны с точки зрения условий трения.

Первая зона включает область контейнера, питателей и форкамеры. Здесь вследствие высокого давления деформационный коэффициент трения m близок к 1. т.е. напряжение трения τ равно сопротивлению деформации металла S и даже может превышать его вследствие дополнительного вклада адгезионного трения. В этом случае в очаге деформации возникает внутреннее трение, т.е. на контактной поверхности возникает прилипание, а интенсивные сдвиги наблюдаются в глубине металла. Эту картину можно видеть на многих экспериментах с деформационными сетками. Первая контактная зона условий трения показана на рисунке 37.

Сравнение результатов моделирования с практическими примерами

Сравнение расчётных и практических результатов для широкой номенклатуры профиля КП 4560 С представлена на рисунке 38.

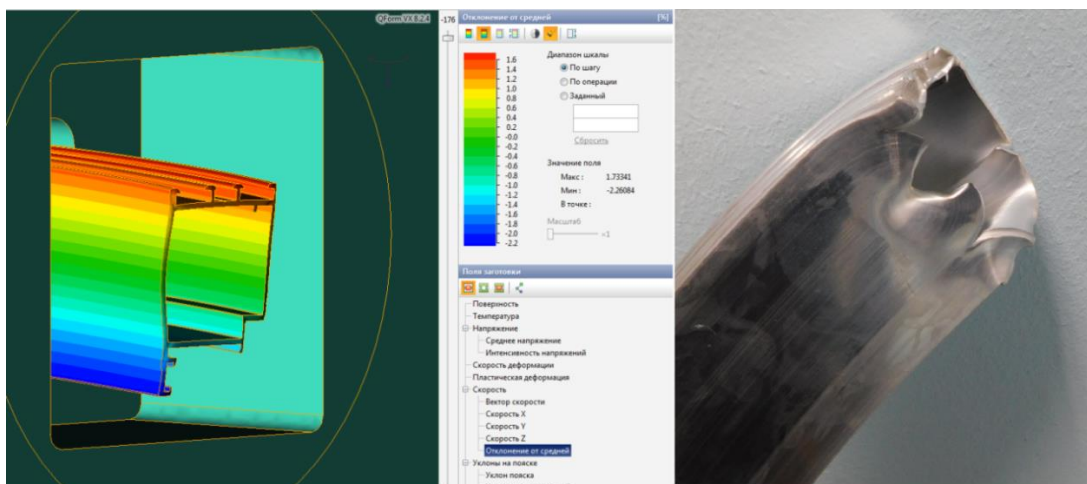


Рисунок 38 – Сравнение результатов профиля КП 4560 С

Сложно измерить распределение скоростей истечения металла по всей длине профиля во время реального выдавливания. Поэтому для сравнения результатов предпочтителен такой способ, как сопоставление формы переднего жёсткого конца, полученного на практике, с формой выхода профиля, полученного моделированием. Как видно из рисунка, результаты сравнения показывают высокую сходимость между моделированием и практикой. Важно понимать, что различные участки профиля при прессовании могут изменять скорость истечения со временем. Например, нижняя перемычка профиля в начале процесса является самым медленно выдавливаемым сегментом, но в течение процесса скорость в этом месте становится выше и образуется схожая с экспериментом форма.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Лист

44

4 Технология изготовления многоканальной фильеры

Современные автоматизированные производства нацелены на наращивание производственных мощностей, повышение качества изделий и экономии трудовых ресурсов, затрачиваемых на их изготовление. Для достижения этих целей нужно опираться на современные производственные технологии, такие как применение новых инструментов, станков ЧПУ и систем САПР.

В технологическом разделе выполнены все этапы технологического проектирования: оценка качества изделий, анализ и расчет размерных цепей, сборка изделий и механическая обработка деталей.

При разработке технологии изготовления фильер руководствовались общепринятой методикой, применяемой для деталей подобного типа. Технологическая схема производства матриц состоит из следующих этапов:

1. Подготовка заготовок – разрезка поковок или пруткового проката на дисковых или ленточных пилах;
2. Токарная обработка внешних и внутренних габаритных размеров;
3. Шлифование торцов;
4. Маркировка;
5. Обработка форкамеры на фрезерном центре с ЧПУ;
6. Сверление отверстий для соединения матрицы с рассекателем и подкладкой;
7. Изготовление электрода на электроискровом станке с ЧПУ для выжигания материала, который невозможно обработать на фрезерном центре;
8. Прошивка выходного отверстия графитовым или медным электродом;
9. Фрезерование выходного канала конической скругленной фрезой для придания каналу расширения;
10. Сверление отверстия под ввод проволоки-электрода при последующей обработке на электроэрозионном станке, снабженном соответствующим устройством;
11. Термическая обработка прессового комплекта;
12. Обработка канала матрицы на электроэрозионном проволочном станке;
13. Полировка рабочих поверхностей на установках экструзионного хонингования посредством многократного продавливания через канал абразивной (алмазной) пасты, что позволяет довести шероховатость поверхности рабочего пояса до 10 – 12-го класса;
14. Измерительные работы с использованием прожекторов, микрометров, калибров.

При производстве рассекателей камерных фильер после операций отрезки заготовки, обточки, шлифовки, разметки и маркировки производится сверление отверстий для последующей фрезеровки портов (окон), а также сверление и

нарезание резьбы под болтовые соединения рассекателя с матрицей. После фрезеровки портов и термообработки производится электроэрозионная обработка оправки с помощью медного электрода и окончательная машинная доводка.

Технологическая схема изготовления подкладки включает: отрезку заготовки, обточку, шлифовку, разметку и маркировку, сверление отверстия для ввода полотна пилы, прорезание канала на вертикальной ленточной пиле, доводку на фрезерном станке, выполнение соединительных отверстий под болты и штифты, термообработку и выходной контроль.

На разных предприятиях применяются разные последовательности выполнения операций при изготовлении каналов матриц. Так, на одних предприятиях вначале прожигают канал матрицы, а затем изготавливают "распушку", т.е. выходной канал, а на других вначале прожигают выходной канал, а затем прожигают рабочий канал, используя полость выходного канала как направляющую. Прорезание рабочего канала можно осуществлять с помощью прошивного, а не проволочного электроэрозионного станка. Термообработка также может проводиться либо до, либо после обработки на электроэрозионных станках.

4.1 Выявление и анализ технических условий и норм точности

Инструмент для прессования изделий должен обеспечивать точность размеров изделий, обладать высокой прочностью, чтобы противостоять весьма большим напряжениям, возникающим при прессовании, обладать высокой жесткостью во избежание деформаций, приводящих к трещинообразованию в прессовках и повышенному износу инструмента, иметь высокую поверхностную твердость, чтобы противостоять износу, иметь минимальные допуски на формообразующие размеры, иметь высокую чистоту поверхности, обеспечивать высокую производительность, быть долговечным в работе. К инструменту относятся детали пресс-форм технологического назначения: матрицы, пуансоны, стержни. Рассмотрим принципы конструирования этих наиболее ответственных деталей пресс-форм.

Матрицы в пресс-формах применяются трех видов: сплошные, составные и сборные. Составные и сборные матрицы могут быть как цельные, так и разрезные. Разрезные матрицы, в свою очередь, бывают разъемными и неразъемными. При конструировании разрезных матриц необходимо правильно выбрать число разрезов и их места. При проектировании калибровочных матриц большое значение имеют форма, длина и угол заходного и выходного конусов.

Вкладыши – это детали (или деталь) матрицы, пуансона или стержня, образующие либо формующую полость (вкладыши матрицы или пуансона), либо формующий элемент пуансона, матрицы или стержня, создающий углубления в прессуемом изделии.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 46 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

Основные требования, предъявляемые к прессовому инструменту, в полной мере относятся и к калибрующему (точность размеров, чистота поверхности, необходимые твердость, прочность и жесткость).

4.2 Методы достижения точности

4.2.1 Выбор методов достижения точности

Размерная цепь A

При сборке необходимо обеспечить габаритный размер зазор $A_d = 160_{-0,3}$ мм между торцом раскатателя и торцом подкладки. Зазор должен компенсировать тепловые деформации деталей при работе узла.

Составляющими звеньями размерной цепи, представленной на рисунке 39, являются: A_d – габаритный размер фильеры; A_1 – ширина раскатателя; A_2 – ширина матрицы; A_3 – ширина подкладки;

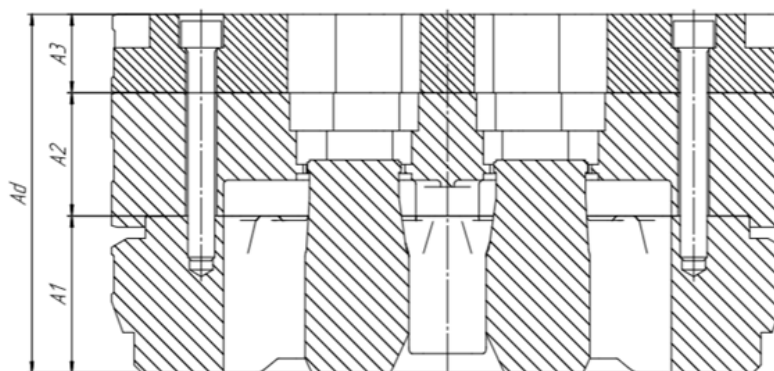


Рисунок 37 – Размерная цепь A

Уравнение размерной цепи:

$$A_d = \sum_{i=1}^{n_i} A_i^{\rightarrow} - \sum_{j=1}^{n_j} A_j^{\leftarrow} = A_1^{\leftarrow} + A_2^{\leftarrow} + A_3^{\leftarrow} \quad (4.1)$$

где n_i, n_j – число соответственно увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Проверим правильность составления уравнения размерной цепи:

$$A_{\Delta} = 70 + 55 + 35 = 160$$

Посчитаем допуск звена по методу полной взаимозаменяемости, используя формулу:

$$\sum_{i=1}^{m-1} |\xi_{Ai}| T_{Ai} = T_{A\Delta} \quad (4.2)$$

В линейной размерной цепи $|\xi_{Ai}| = 1$.

$$T_{A\Delta} = (-0,1) + (-0,1) + (-0,1) = -0,3 \text{ мм}$$

Допуск звена, рассчитанный по методу полной взаимозаменяемости, соответствует требуемому допуску. Следовательно, возможно обеспечить требуемый допуск замыкающего звена данным методом.

Таблица 1 – Звенья размерной цепи

| Звено размерной цепи | Наименование звена | Номинальный размер, мм | Допускаемые предельные отклонения, мм | Допуск, мм | Координата середины поля допуска |
|----------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------------|------------|----------------------------------|
| A_{Δ} | Габаритный размер | 160 | 0 -0,3 | 0,300 | -0,150 |
| A_1^+ | Высота рассекателя | 70 | 0 -0,1 | 0,100 | -0,050 |
| A_2^- | Высота матрицы | 55 | 0 -0,1 | 0,100 | -0,050 |
| A_3^- | Высота прокладки | 35 | 0 -0,1 | 0,100 | -0,050 |

Размерная цепь a

На рисунке 40 показаны следующие оси:

- 1 – внешняя цилиндрическая поверхность рассекателя;
- 2 – внешняя цилиндрическая поверхность выступа рассекателя;
- 3 – внутренняя цилиндрическая поверхность углубления матрицы;
- 4 – отверстие под штифт в матрице;
- 5 – штифт;
- 6 – отверстие под штифт в подкладке;
- 7 – внешняя цилиндрическая поверхность подкладки;

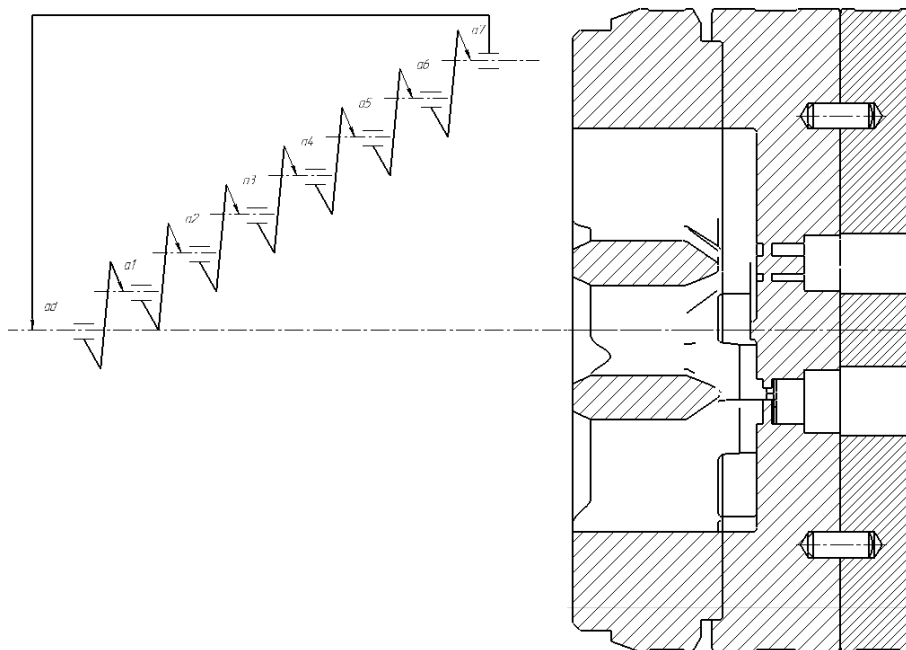


Рисунок 40 – Размерная цепь a

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

Составляющими звеньями размерной цепи α являются:

α_1 – смещение и поворот оси диаметра внешней цилиндрической поверхности рассекателя вследствие смещения оси внутренней цилиндрической поверхности углубления матрицы;

α_2 – смещение и поворот оси диаметра внешней цилиндрической поверхности выступа рассекателя;

α_3 – смещение оси внутренней цилиндрической поверхности углубления матрицы вследствие смещения оси штифтового отверстия в матрице;

α_4 – отклонение от параллельности осей отверстий в матрице;

α_5 – смещение оси штифта вследствие смещения отверстий в подкладке;

α_6 – отклонение от параллельности осей отверстий в подкладке;

α_7 – смещение и поворот оси диаметра внешней цилиндрической поверхности подкладки;

α_Δ – отклонение от параллельности осей внешних цилиндрических поверхностей рассекателя, матрицы и подкладки.

Таблица 2 – Звенья размерной цепи

| Звено размерной цепи | Наименование звена | Номинальный размер, мм | Допускаемые предельные отклонения, мм | Допуск, мм | Координата середины поля допуска |
|----------------------|---|------------------------|---------------------------------------|------------|----------------------------------|
| α_Δ | Предельное отклонение от параллельности осей | 0 | +0,038 -0,038 | 0,076 | 0 |
| α_1 | Смещение оси внешней цилиндрической поверхности рассекателя | 0 | 0 -0,004 | 0,004 | -0,002 |
| α_2 | Смещение оси внешней цилиндрической поверхности выступа рассекателя | 0 | +0,0125 -0,0125 | 0,025 | 0 |
| α_3 | Смещение оси внутренней цилиндрической поверхности углубления матрицы | 0 | +0,010 0 | 0,010 | 0,005 |
| α_4 | Отклонение от параллельности осей отверстий в матрице | 0 | +0,015 -0,015 | 0,03 | 0 |
| α_5 | Смещение оси штифта | 0 | +0,010 0 | 0,010 | 0,005 |
| α_6 | Отклонение от параллельности осей отверстий в подкладке | 0 | +0,0125 -0,0125 | 0,025 | 0 |
| α_7 | Смещение оси внешней цилиндрической поверхности подкладки | 0 | 0 -0,005 | 0,005 | -0,0025 |

4.3 Разработка последовательности сборки

Последовательность общей сборки фильеры является однотипным для всех исполнений. В сборке участвуют три основных детали – рассекатель, матрица и подкладка, также нужны два комплекта штифтов и один комплект винтов.

Общую сборку фильеры начинаем с установки на сборочный стенд основной базирующей детали – рассекателя, после этого запрессовываются штифты.

Поверх рассекателя устанавливается матрица, центрируя ее по ранее поставленным штифтам, такой же процесс выполняется с подкладкой. Все три центрированные детали притягиваются винтами. Последовательность сборки узла многоканальной фильеры представлена на рисунке 41.

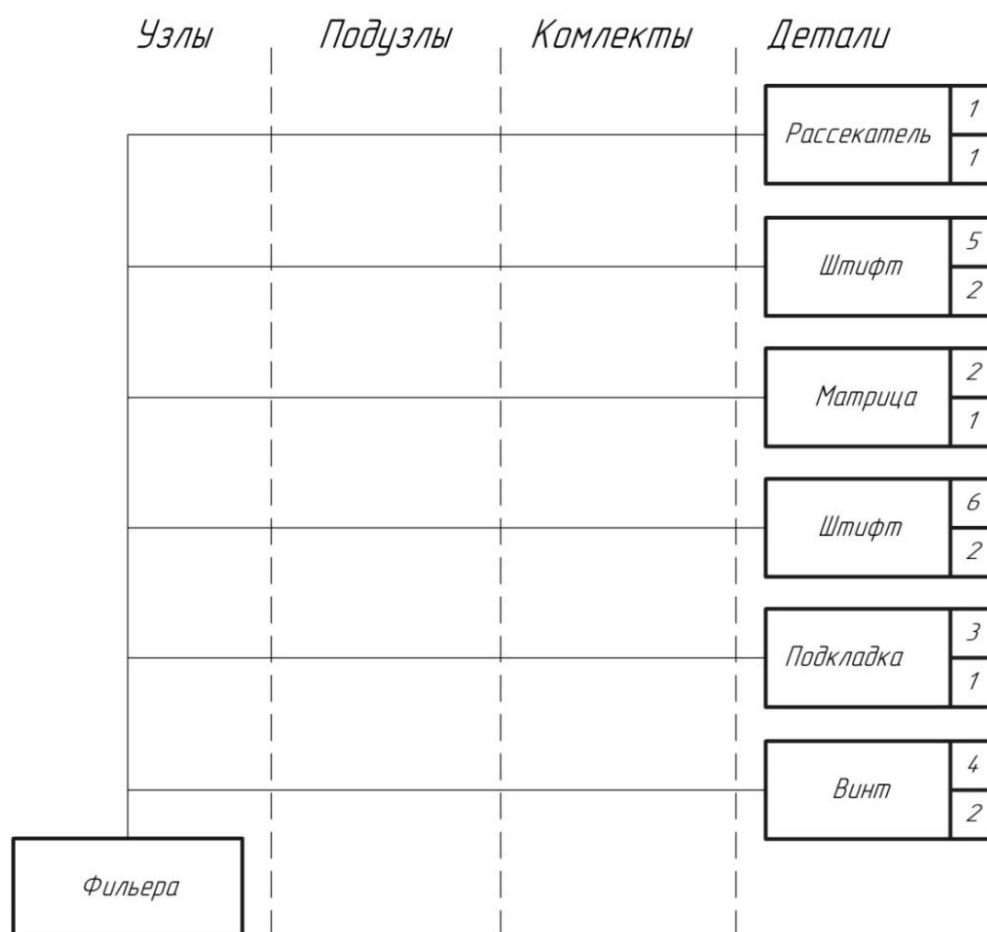


Рисунок 41 – Последовательность сборки фильеры

При практическом применении разработанной технологии сборки на производстве рекомендуется пользоваться также 3D моделью сборки прессовой оснастки с разнесением деталей по осям.

Проектирование технологических операций

Для этого узла нормирование сборочных операций данного узла зависит от количества деталей в сборке, массы и степени точности. Исходя из этого, было установлено время на выполнение сборочных переходов.

Используя технологическую схему сборки фильеры, выполним нормирование сборочных переходов. Для каждого перехода назначаем оборудование, инструмент и приспособление. Перечень сборочных работ и нормы на их выполнение приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень сборочных работ и нормы на их выполнение

| № п./п. | Содержание переходов и приемов; размеры необходимые для нормирования | Время, мин. |
|---|---|----------------|
| Сборочно-подготовительные операции | | |
| 1 | Комплектовать основные материалы в соответствии с комплектовочной картой | 8 |
| 2 | Комплектовать вспомогательные материалы | 5 |
| 3 | Подготовить инструментальную оснастку для сборки, проверить качество, отсутствие сколов | 7 |
| 4 | Подготовить тару для хранения и транспорт | 5 |
| Итого на сборочно-подготовительные операции | | 27 |
| Сборка фильеры | | |
| 1 | Установить 2 штифта поз.5 | 2,5 |
| 2 | Установить матрицу поз.2 | 0,5 |
| 3 | Установить 2 штифта поз.6 | 2,5 |
| 4 | Установить подкладку поз.3 | 0,3 |
| 5 | Вернуть 2 винта M12x95 поз.4 | 2,5 |
| Итого на сборочные операции | | 6,3 |
| Итого на сборку узла, фильеры, масса 70 кг. | | 33,3 |

4.4 Разработка технологического процесса изготовления матрицы

4.4.1 Служебное назначение матрицы

Матрица является главным формирующим профиль инструментом и имеет в себе продольное и поперечное сечение канала. По форме продольного сечения матрицы разделяют на плоские и конические. Такие матрицы применяют при изготовлении профилей как сплошных, так и полых, трубным методом.

Большое влияние на качество сварки профилей имеет форма и размеры части матрицы, называемой сварочной зоной. Эта зона расположена под рассекателем в том месте, где разделенные потоки металла, огибая оправку, начинают смыкаться и под воздействием высокого давления и температуры свариваются в один поток, а затем вдоль оправки, которая оказывается внутри этого потока, выдавливаются через втулку матрицы, окончательно принимая форму пресс-изделия. Чем больше находится металла в сварочной зоне, тем качество сварки выше. Время пребывания металла в сварочной зоне можно продлить, или увеличив ее объем или уменьшив скорость прессования, или и тем, и другим вместе.

4.4.2 Технические условия

К детали матрицы предъявим комплекс технических требований:

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 51 |

- точность геометрической формы плоских базирующих поверхностей. Для поверхностей размеров до 500 мм отклонения от плоскости и параллельности находится в пределах 0,01...0,07мм;

- точность относительно поворота плоских базирующих поверхностей. Предельные отклонения от параллельности или перпендикулярности одной плоской поверхности относительно другой составляют 0,05/100...0,025.

Основными базами являются плоские поверхности, а вспомогательными базами – дополнительно выполняемые ступенчатые отверстия.

Основное значение для служебного назначения детали является главный формообразующий канал, называемый зоной сварки, который выполняют роль формирования профиля.

Отклонения от перпендикулярности составляет 0,025 мм, допуск на параллельность осей составляет 0,06 мм.

Шероховатость торцевых поверхностей матрицы составляет $Ra = 1,6$.

Каналы сварочной области имеют шероховатость $Ra = 3,2$.

Все крепежные отверстия для центрирования всех деталей фильеры выполняются с шероховатостью $Ra = 6,3$.

4.4.3 Выбор экономичного варианта получения исходной заготовки

Чтобы существенно сократить расход материала при выборе заготовки, нужно придерживаться принципа обеспечения максимального приближения ее формы, размеров и качества поверхности к таким, которыми обладает деталь.

Для детали «Матрица» за заготовку принимаем пруток $\varnothing 305$ мм из стали 4Х5МФС.

Главным фактором, позволяющим сделать выбор заготовки, является минимизация отходов стружки.

Габариты готовой детали составляют $\varnothing 300$ мм, толщина 60 мм.

Рассчитаем массу стружки при использовании прутка по формуле:

$$M_{\text{ст.пр.}} = M_{\text{заг}} - M_{\text{дет}} \quad (4.3)$$

где $M_{\text{заг}}$ – масса заготовки, $M_{\text{дет}}$ – масса детали (по чертежу 25,44 кг.).

$$M_{\text{заг}} = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = 7716 \cdot \frac{\pi \cdot 0,305^2}{4} \cdot 0,1 = 56,35 \text{ кг} \quad (4.4)$$

Тогда масса стружки составляет:

$$M_{\text{ст.пр.}} = 56,35 - 25,44 = 30,91 \text{ кг.}$$

4.4.4 Проектирование последовательности изготовления

В таблице 4 представлена последовательность обработки матрицы.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 52 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

Таблица 4 – Структура и содержание операций

| Номер и наименование перехода (операции) | Оборудование | Операционный эскиз |
|--|--|---|
| <p>0005 Токарная:</p> <p>Установить, проверить, закрепить.</p> <p>1. Черновое и чистовое точение плоскости основания.</p> <p>2. Черновое и чистовое точение контурной поверхности, выдерживая размер $300^{+0.1}_{-0.1}$</p> | <p>Универсальный токарный станок HAAS TL-1</p> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Операция 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Операция 2</p> </div> </div> |
| <p>0010 Токарная:</p> <p>Установить, проверить, закрепить.</p> <p>1. Черновое и чистовое точение плоскости основания, выдерживая размер $60^{+0.1}_{-0.1}$</p> <p>2. Черновое и чистовое точение контурной поверхности, выдерживая размер $300^{+0.1}_{-0.1}$</p> <p>3. Черновое и чистовое растачивание поверхности, выдерживая размер $55_{-0.1}$</p> | | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Операция 1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Операция 2</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Операция 3</p> </div> </div> |

Продолжение таблицы 4

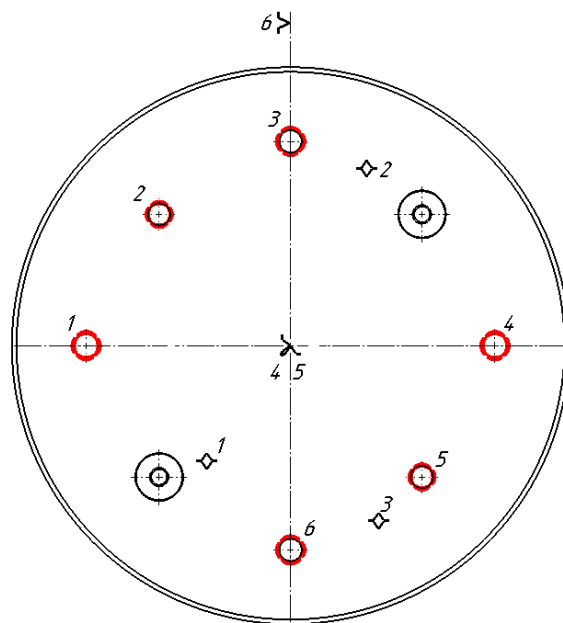
0015 Фрезерно-сверлильная:

Установить, проверить, закрепить.

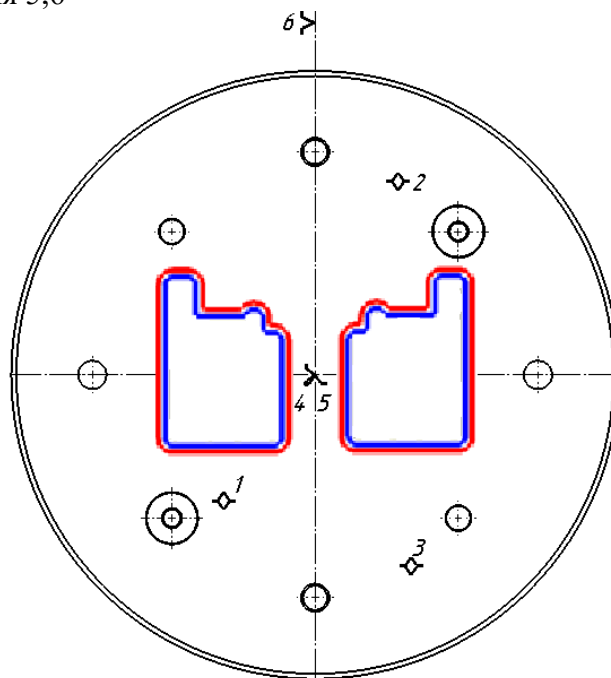
1. Центрирование шести отверстий.
2. Сверление сквозных отверстий диаметром 14 мм (№1 и №4).
3. Сверление сквозных отверстий диаметром 12.1 мм (№2 и №5).
4. Сверление сквозных отверстий диаметром 12 мм (№3 и №6).
5. Сверление отверстий диаметром 14 мм на глубину 49 мм (№3 и №6).
6. Черновое и чистовое фрезерование паза на глубину 17.3 мм (красный профиль)
7. Черновое и чистовое фрезерование паза на глубину 32.3 мм (синий профиль)
8. Центрирование двух боковых отверстий
9. Сверление отверстий диаметром 14 мм на глубину 25 мм
10. Нарезание резьбы М16х2 в двух боковых отверстиях на глубину 20 мм

5-осевой вертикально-фрезерный центр Haas F-2TR

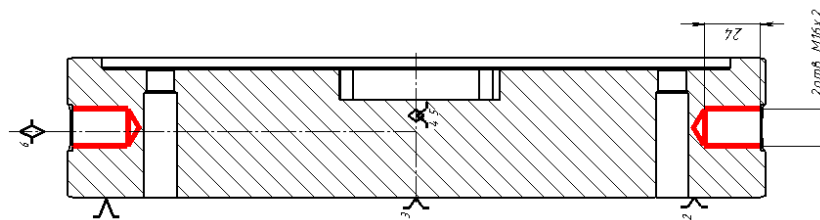
Операция 1,2,3,4



Операция 5,6



Операция 7,8,9



| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Продолжение таблицы 4

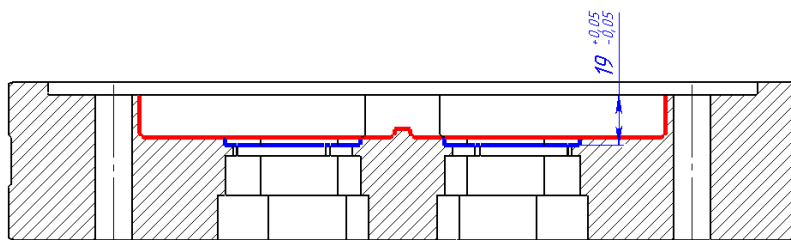
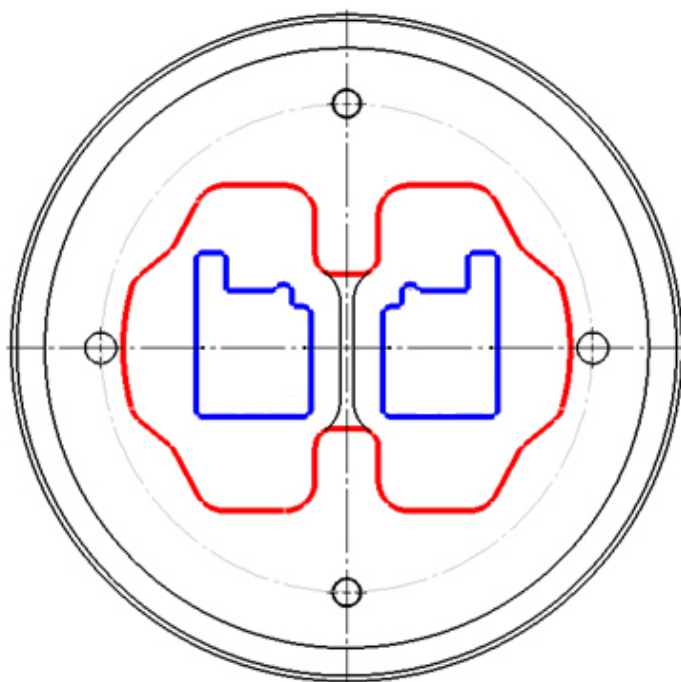
0020 Фрезерная:

Установить,
проверить, закрепить.

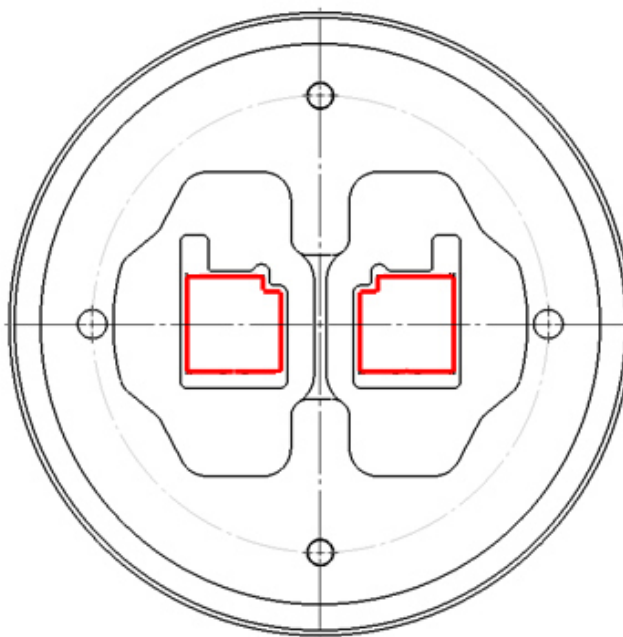
1. Черновое и чистовое фрезерование сварочной камеры (красный профиль)
2. Черновое и чистовое фрезерование паза в сварочной камере, выдерживая размер $19^{+0.05}_{-0.05}$ (синий профиль)
3. Черновое фрезерование полости канала матрицы по профилю

5-осевой вертикально-фрезерный центр Наас F-2TR

Операция 1,2



Операция 3



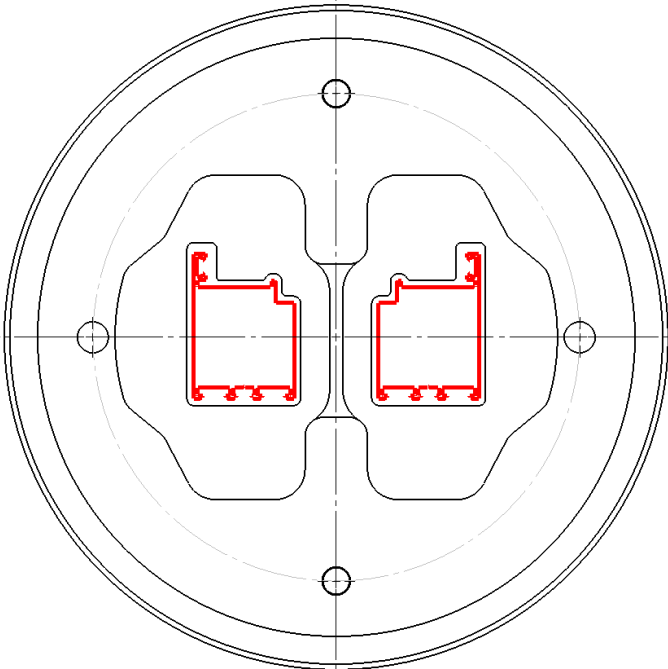
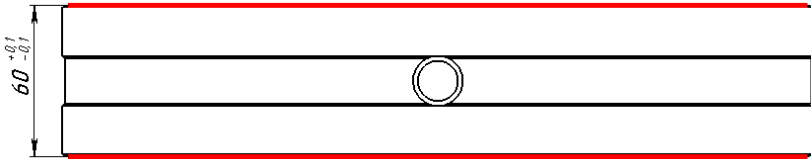
| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Лист

55

Продолжение таблицы 4

| | | |
|--|--|--|
| <p>0025 Электроэрозионная:</p> <p>Установить, проверить, закрепить.</p> <p>1. Прожигание двух каналов</p> | <p>Электроэрозионный копировально-прошивной станок Mitsubishi EA8S</p> | <p>Операция 1</p>  |
| <p>0030 Термическая обработка</p> | | <p>Выполнить закалку до твердости 48-50 HRC</p> |
| <p>0035 Шлифовальная:</p> <p>1. Шлифовать плоскости основания и разъема, выдерживая размер $60^{+0.1}_{-0.1}$</p> | <p>JET JPSG-0618SD Плоскошлифовальный станок</p> | <p>Операция 1</p>  |

4.4.5 Техническое нормирование операций

Таблица 5 – Нормирование операций

| № | Операция | Инструмент | V об/мин | S мм/мин | i, шт | To, мин | твсп, мин |
|--|----------|----------------------------|--------------|----------------|-------|---------|-----------|
| 1 | 0005-1 | CNGM120412F- HGR 7125 | 194 м/мин | 0.532 мм/об | 3 | 4,88 | 0,6 |
| 2 | 0005-2 | DNGM150412F- HGR 7125 | 182 м/мин | 0.179 мм/об | 3 | 7,49 | 1,25 |
| 3 | 0010-1 | CNGM120412F- HGR 7125 | 194 м/мин | 0.532 мм/об | 3 | 4,88 | 0,6 |
| 4 | 0010-2 | DNGM150412F- HGR 7125 | 182 м/мин | 0.179 мм/об | 3 | 7,49 | 1,25 |
| 5 | 0010-3 | CCGW09T312S0102 0F 7115 | 210 м/мин | 0.365 мм/об | 51 | 30,26 | 3,158 |
| Подготовительно заключительное время для подготовки станка | | | | | | 30 | |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Лист

56

Продолжение таблицы 5

| | | | | | | | |
|--|---------|--------------------------|------|------|----|---------|-------|
| Оперативное время токарной обработки | | | | | | 61,858 | |
| Штучное время токарной обработки | | | | | | 86,23 | |
| 6 | 0015-1 | ММ ECD-10X90-2T06 | 2600 | 55 | 6 | 0,75 | 0,183 |
| 7 | 0015-2 | 460.1-1400-063A1-ХМ GC34 | 340 | 65 | 2 | 2,517 | 0,767 |
| 8 | 0015-3 | 460.1-1400-063A1-ХМ GC34 | 370 | 60 | 2 | 0,8 | 0,133 |
| 9 | 0015-4 | 460.1-1200-061A0-ХМ GC34 | 370 | 60 | 2 | 2,733 | 0,767 |
| 10 | 0015-5 | 460.1-1400-063A1-ХМ GC34 | 340 | 65 | 2 | 1,867 | 0,433 |
| 11 | 0015-6 | GM-4W-D12.0 | 1500 | 1000 | 25 | 25,117 | 3,5 |
| 12 | 0015-7 | PM-4E-D6.0 | 1500 | 1000 | 50 | 54,7 | 10 |
| 13 | 0015-8 | ММ ECD-10X90-2T06 | 2600 | 55 | 2 | 0,2 | 0,2 |
| 14 | 0015-9 | 460.1-1400-063A1-ХМ GC34 | 340 | 65 | 2 | 1,2 | 0,2 |
| 15 | 0015-10 | R217.15-120200AC26M 1620 | 1000 | 40 | 2 | 9,8 | 0,3 |
| Подготовительно заключительное время для подготовки станка | | | | | | 30 | |
| Оперативное время фрезерной обработки | | | | | | 116,167 | |
| Штучное время фрезерной обработки | | | | | | 151,4 | |
| 16 | 0020-1 | 415-20ЕН16-05М | 1500 | 1000 | 10 | 17,5 | 3,567 |
| 17 | 0020-2 | PM-4E-D6.0 | 1500 | 1000 | 3 | 3,27 | 0,4 |
| 18 | 0020-3 | PM-4E-D6.0 | 1500 | 1000 | 4 | 4,1 | 0,49 |
| 19 | 0025-1 | - | - | - | - | 25 | 5 |
| 20 | 0030-1 | - | - | - | - | 5 | 1 |
| | | | | | | 273,632 | |

Штучное время обработки изделия равняется 273,632 мин

4.4.6 Технологическая себестоимость изделия

1. Затраты на материал изготавливаемых изделий.

Заготовкой для матрицы будет являться круглый прокат из стали 4Х5МФС диаметром 305 мм, средняя цена по рынку 120 000 руб/тонна. Масса заготовки для матрицы равна 34 кг, пересчитываем цену на заготовку:

$$M_d = \frac{120000 \cdot 56,35}{1000} = 6762 \text{ руб/ед}$$

2. Суммарная заработная плата основных производственных рабочих по всем операциям:

Средняя заработная плата оператора станка ЧПУ равна 60 000 руб/мес.

Пересчитаем сумму на единицу производимой продукции, принимаем месячное рабочее время за 176 часов. Исходя из расчетов нормирования технологических операций принимаем общее время изготовления изделия за 243,152 мин.

| | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------------|--|--|------|
| | | | | | ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ | | | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | 57 |

$$\text{Зосн. р} = \frac{60000 * 273,63}{176 * 60} = 1554,7 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

3. Суммарные амортизационные отчисления:

Таблица 6 – Стоимость оборудования:

| Оборудование | Стоимость, руб |
|-------------------------------|----------------|
| Фрезерный станок Haas UMS 750 | 7 000 000 |
| Электроэрозионный станок | 2 500 000 |
| Электроискровой станок | 1 500 000 |
| Токарный универсальный станок | 2 500 000 |
| Плоскошлифовальный станок | 500 000 |
| Общая стоимость | 14 000 000 |

Посчитаем норму амортизации на 5 лет:

$$K = \frac{1 * 100}{60} = 1,6667.$$

Посчитаем амортизационные отчисления:

$$\text{Зосн. р} = \frac{14000000 * 1,6667}{100} = 200\,000 \frac{\text{руб}}{\text{мес}} = 3733,5 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

4. Суммарные затраты на электроэнергию:

Промышленная стоимость электроэнергии в Красноярском крае равна 3,5 руб/кВт-час. Пересчитаем цену на единицу продукции.

Мощность фрезерного станка Haas UMS 750 – 22.4 кВт

Мощность токарного универсального станка – 7.5 кВт

Пересчитаем энергопотребление на единицу продукции.

$$\text{Зэл. э.} = \frac{(3.5 * 143 * 22.4) + (3.5 * 26 * 7.5)}{60} = 200 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

5. Суммарные затраты на ремонт оборудования:

Суммарные затраты на ремонт составляют 2% от всей технологической себестоимости изделия:

$$\text{Зр. об} = 12050 * 2\% = 241 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

6. Суммарные затраты на приобретаемые детали:

Суммарные затраты на приобретаемые детали составляют 4% от всей технологической себестоимости изделия.

$$\text{Зр. об} = 12050 * 4\% = 482 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

7. Налоговые отчисления

Налоговые отчисления составляют 10% от всей технологической себестоимости изделия

$$\text{Зр. об} = 12773 * 10\% = 1277,32 \frac{\text{руб}}{\text{ед}}$$

Общая технологическая себестоимость изготовления детали составляет 14050,32 руб.

4.5 Разработка управляющих программ

На предприятии «Сегал» подготовку управляющих программ на такие станки как Haas UMS 750 и Haas TL-1 осуществляют в программном продукте PowerMill, выпускаемый в настоящее время компанией Autodesk.

Обработка всех составляющих фильеры начинается с токарной обработки и подготовки заготовки для дальнейшей обработки рабочих каналов на 5-ти осевом фрезерном станке. Фрагмент токарной обработки рассекателя представлен на рисунке 42.

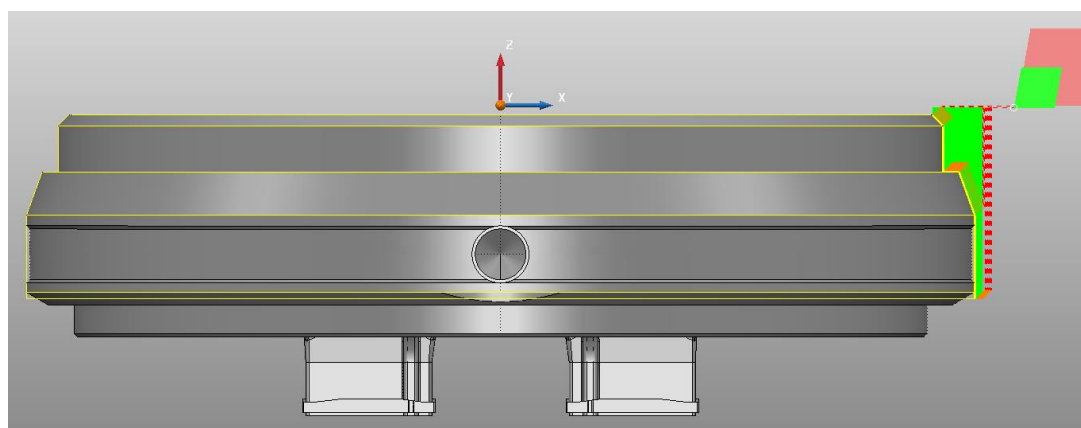


Рисунок 42 – Участок токарной обработки рассекателя

Самыми сложными элементами в обработке рассекателя являются доработка каналов и обработка металла между двумя выступами оправок. Для доведения этих поверхностей под нормативные нормы используются различные инструменты комплексной конструкции, а также сложные траектории обработки. Фрагмент чистовой фрезерной обработки рассекателя показан на рисунке 43.

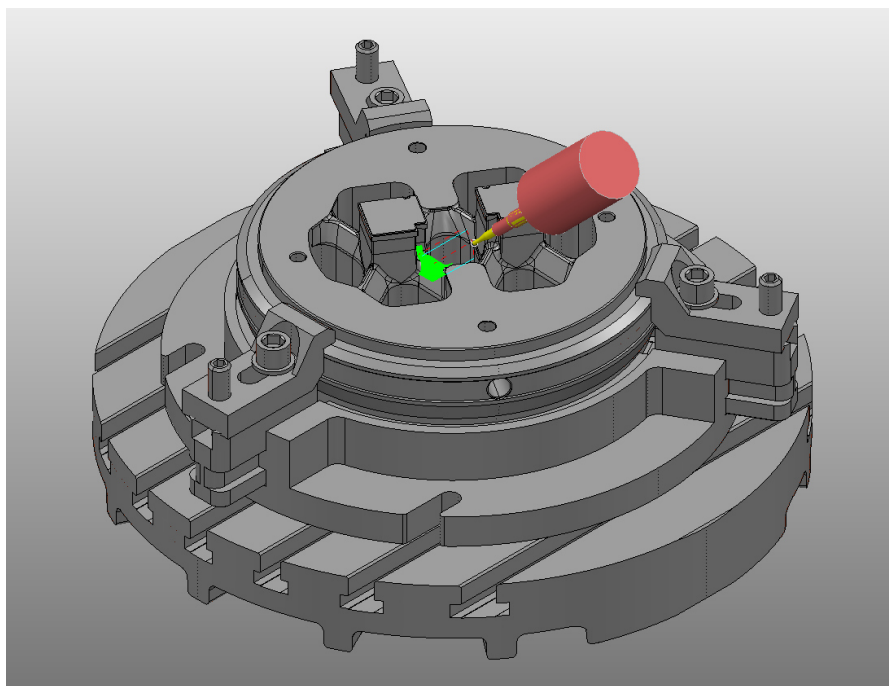


Рисунок 43 – Участок фрезерной чистовой обработки рассекателя

Ниже, на рисунке 44, приведен элемент кода управляющей программы для фрезерной операции описанной выше.

```
( TOOLPATH : 0025_chist_L12)
( STRATEGY USED : Constantz)
( TOOLPATH WP : G55)
(=====)
( TOOL TYPE : ENDMILL)
( TOOL NAME : d6_PM4E_50HRC)
( TOOL DIA.: 6 ; TIP RAD.: 0 & LENGTH : 202)
T22M6
G54G90
S3000M3
M8
G0X-10.361Y-39.116
G43Z10.H22
Z5.
G1Z0F50
X-9.175Y-47.556Z-.447
X-9.129Y-47.81Z-.46
X-9.051Y-48.078Z-.475

...
...
...

X-1.861Y-53.581
X-1.515Y-53.498
X-1.342Y-53.44
G3G17X-.911Y-53.154I-.319J.948
G0Z10.
M9
G49
M5M30
```

Рисунок 38 – Элемент кода чистовой обработки

Разработанные управляющие программы использованы на производстве для изготовления фильер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

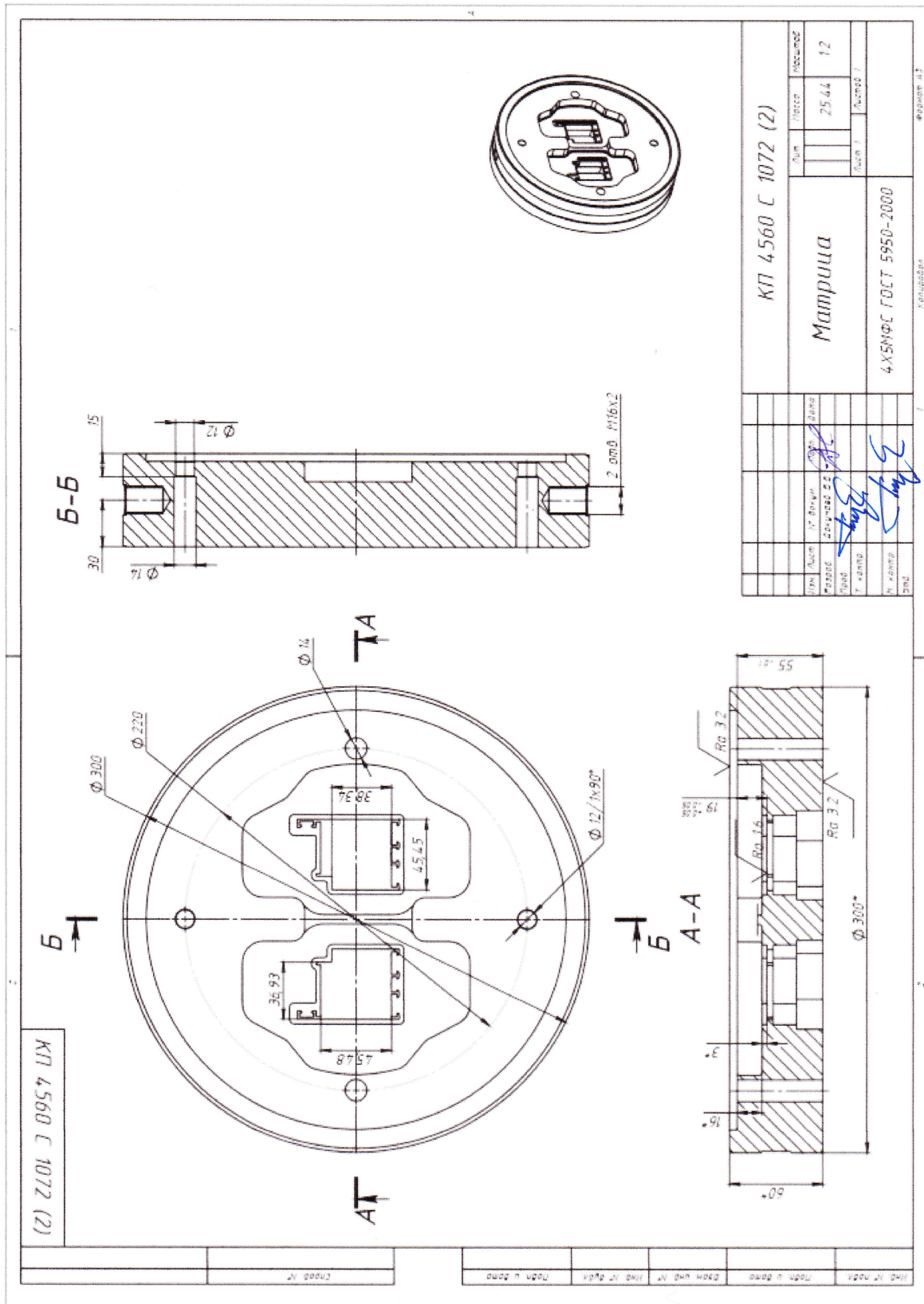
В результате комплексных конструкторско-технологических работ проведенных при выполнении ВКР получены следующие основные результаты:

1. На основании анализа состояния проблемы определены перспективные направления для совершенствования конструкций прессового инструмента;
2. Созданы 3D модели одно и двухканальной фильеры, прочностными расчетами и методами термостатического анализа оптимизированы форма и размеры канала для истечения материала при прессовании;
3. Работоспособность и эффективность принятых конструкторских решений обоснованы и подтверждены методами конечно-элементного анализа. Производительность процесса экструзии при истечении материала после модернизации увеличилась на 98%, а прочностные характеристики составляющих фильеру деталей повысились на 23%;
4. Разработанные 3D – модели модернизированной конструкции фильеры явились основой для проектирования технологических процессов сборки и последовательности изготовления матриц механической обработкой;
5. Предусмотрена автоматизация технологических процессов механической обработки резанием - разработаны управляющие программы для станков с ЧПУ на основные операции.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 61 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Чертеж матрицы



| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ВКР 15.03.05 – 071619811 ПЗ

Отчет о проверке на заимствования №1



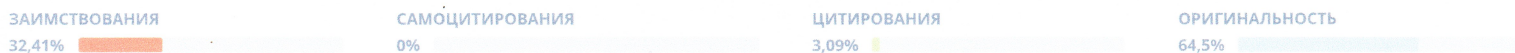
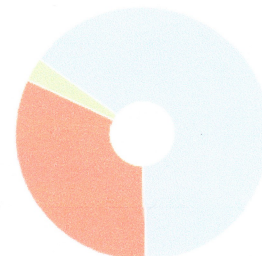
Автор: Докучаев Вадим Викторович
Проверяющий: Захаров Павел Алексеевич (bik@sfu-kras.ru / ID: 256)
Организация: Сибирский федеральный университет
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат»- <http://sfukras.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 91521
 Начало загрузки: 30.06.2020 10:24:20
 Длительность загрузки: 00:00:21
 Имя исходного файла: ВКР Докучаев В.В..pdf
 Название документа: Модернизация конструкции и разработка технологии изготовления прессовой оснастки для экструзии алюминиевых профилей
 Размер текста: 1 кБ
 Тип документа: Выпускная квалификационная работа
 Символов в тексте: 95565
 Слов в тексте: 10952
 Число предложений: 670

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
 Начало проверки: 30.06.2020 10:24:41
 Длительность проверки: 00:02:13
 Комментарии: не указано
 Модули поиска: Модуль поиска общеупотребительных выражений, Сводная коллекция ЭБС, Модуль поиска "СФУ", Модуль поиска "Интернет Плюс", Кольцо вузов, Модуль поиска перефразирований Интернет, Коллекция ГАРАНТ, Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU, Модуль выделения библиографических записей, Модуль поиска ИПС "Адилет", Коллекция РГБ, Цитирование, Модуль поиска переводных заимствований, Модуль поиска переводных заимствований по eLibrary (EnRu), Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu), Коллекция eLIBRARY.RU, Коллекция Медицина, Диссертации и авторефераты НББ, Коллекция Патенты



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
 Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
 Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

| № | Доля в отчете | Доля в тексте | Источник | Ссылка | Актуален на | Модуль поиска | Блоков в отчете | Блоков в тексте |
|------|---------------|---------------|-------------------------------|---|-------------|---|-----------------|-----------------|
| [01] | 7,2% | 8,07% | 4.Теоретические основы пр... | http://perviydoc.ru | 05 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 2 | 3 |
| [02] | 0,45% | 5,93% | не указано | http://dspace.susu.ru | 08 Ноя 2018 | Модуль поиска "Интернет Плюс" | 2 | 16 |
| [03] | 0% | 5% | 4.Теоретические основы пр... | http://perviydoc.ru | раньше 2011 | Модуль поиска "Интернет Плюс" | 0 | 20 |
| [04] | 4,81% | 4,81% | 8.Технологический прессов... | http://perviydoc.ru | 29 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 5 | 5 |
| [05] | 0,86% | 4,4% | 8.3. Прессование | http://studfiles.ru | 28 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 1 | 5 |
| [06] | 0% | 3,68% | Комплексная автоматизаци... | http://otherreferats.allbest.ru | 07 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 0 | 2 |
| [07] | 3,57% | 3,57% | 5.СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДО... | http://perviydoc.ru | 05 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 1 | 1 |
| [08] | 0,09% | 3,46% | 5.СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДО... | http://perviydoc.ru | раньше 2011 | Модуль поиска "Интернет Плюс" | 1 | 27 |
| [09] | 0% | 3,08% | 8.Технологический прессов... | http://perviydoc.ru | раньше 2011 | Модуль поиска "Интернет Плюс" | 0 | 20 |
| [10] | 2,73% | 2,73% | 8.5.Технология изготовлени... | http://perviydoc.ru | 29 Янв 2017 | Модуль поиска перефразирований Интернет | 1 | 1 |
| [11] | 7,71% | 7,71% | Вакансии компании Группы | https://biogoruslan.biz | 18 Июн 2018 | Модуль поиска | 5 | 5 |