

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАН**

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Амиров Алтай Эльхан оглы,
Мамедзаде Тамерлан Самир оглы**

**“Оптимизация производства инструментальных частей режущих
штампов”**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Специальность - 060612 – “Специальные технологии и оборудование”

**Специализация: “Интегрированные и компьютеризированные
стендовые системы”**

Заведующий кафедрой: Алекбер Гюльяхмед оглы Гусейнов

Научный руководитель: Чингиз Мирзаммед оглы Мамедов

БАКУ – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА I. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВ	
1.1. Краткий экскурс в историю создания и развития штампов и их классификация.....	11
1.2. Краткие сведения о режущем штампе и выбивном станке.....	12
1.3. Выбивной станок и его работоспособность.....	15
1.4. Чертеж выбивного станка.....	17
1.5. Режущий инструмент.....	24
1.6. Цель работы и основные задачи исследования.....	25
1.7. Инструментальные части режущих штампов.....	27
1.8. Оптимизация ножа.....	28
1.9. Оптимизация рабочего органа.....	29
ГЛАВА II. АНАЛИЗ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЖУЩИХ ШТАМПОВ.....	32
2.1 Основные аспекты анализа и оптимизации режущих штампов.....	32
2.2 Теоретические основы технологии изготовления штампов.....	33
2.3. Выбор и определение ключевых параметров режущего штампа.....	34
2.4. Влияние прочности инструмента режущего штампа.....	35
2.5. Оценка параметров оптимизации.....	36
ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШТАМПОВ.....	33
3.1 Разработки методов оптимизации инструментальных частей режущих штампов.....	33
3.2 Оптимизация геометрических параметров.....	38
3.3. Оптимизация процесса обработки.....	39
3.4. Прочность инструмента режущего штампа.....	40

ГЛАВА IV. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВ. 36

4.1 Основные этапы совершенствования технологических процессов изготовления штамповок.....	41
4.2 Научная новизна.....	42
4.3 Практическая новизна.....	42
4.4. Апробация.....	43
ВЫВОДЫ	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
ЛИТЕРАТУРА	47

ВВЕДЕНИЕ

Штамповка это древний метод формообразования металла, который имеет богатую историю. Она была еще в древние времена, когда люди начали использовать простые инструменты для формирования металлических предметов. В течение веков штамповка металла развивалась и совершенствовалась. Однако наиболее большое влияние на развитие штамповки оказала промышленная революция, которая началась в 18 веке. Тогда появились паровые машины и механические устройства, которые помогли усовершенствовать процесс формообразования металла.

С развитием технологий и появлением новых материалов штамповка стала все более широко применяться в различных отраслях промышленности. В 20 веке с появлением электричества и гидравлики штамповочное оборудование стало еще более эффективным и универсальным. Сейчас штамповка металла это один из основных методов производства металлических деталей. Она позволяет массово и эффективно производить сложные и простые детали с высокой точностью и повторяемостью. С помощью постоянного развитию технологий и использованию новых материалов, штамповка по сей день продолжает быть важным процессом в промышленности и играет огромную роль в производстве различных изделий. Штамповка металла это метод обработки металлических листов при помощи специализированного прессового оборудования, известного как штамп. Основной принцип работы этого штампа заключается в применении значительного давления для придания листу металла желаемой формы.



Рис.1 Применение штампов в промышленности

Штамповка металла применяется во многих отраслях промышленности, где требуется массовое производство металлических деталей.

Вот некоторые из них:

1. Автомобильная промышленность. Производства кузовных деталей, деталей ходовой части, рам автомобилей и других компонентов автомобилей.

2. Электроника. В производстве электронных устройств, таких как мобильные телефоны, компьютеры и бытовая техника, штамповка применяется для изготовления металлических корпусов, рамок и других компонентов.

3. Медицина. Она используется в производстве медицинского оборудования, имплантатов и инструментов, таких как металлические клинки для хирургии.

4. Строительство. Применяется для производства металлических элементов фасадов, оконных и дверных рам, систем отопления и вентиляции, а также других конструкционных деталей.

5. Энергетика. Используется в производстве деталей для энергетического оборудования, включая турбины, генераторы, трансформаторы и другие компоненты.

Штамповка может быть применена для обработки различных металлических материалов, включая:

1. Сталь. Углеродистая сталь, нержавеющая сталь, легированная сталь и другие виды стали.

2. Алюминий. Легкий и прочный металл, широко используемый в автомобильной и авиационной промышленности.

3. Медь. Применяется в электротехнике, медицине и других отраслях.

4. Титан. Популярен в аэрокосмической и медицинской промышленности, где требуется высокая прочность и коррозионная стойкость.

Выбор материала зависит от требуемых свойств детали, ее функциональности, стоимости и особых требований конкретной отрасли.

Штамповка имеет несколько особенностей:

Разделительный вид: включает в себя резку, рубку и пробивку — все метода, предполагающие отделение части заготовки.

Формоизменяющая штамповка металла: позволяет изменять форму листового металла с помощью методов вытяжки, холодного выдавливания, гибки и других процедур обработки. Применение определенных инструментов: для штамповки необходимы прессы, пуансоны, матрицы и другие, которые обеспечивают точность и качество изготавливаемых изделий. Работа в промышленных условиях: штамповка металла проводится в специализированных цехах и предприятиях, где обеспечивается необходимая инфраструктура, оборудование и контроль качества. Высокая производительность: штамповка листового металла позволяет запустить массовое производство однотипных изделий с высокой скоростью и эффективностью. Применение различных материалов: штамповка может быть применена для обработки различных металлических материалов, включая стали, алюминий, медь и сплавы.

Альтернативные методы штамповки

Штамповка — это традиционный метод обработки металла, но существуют и альтернативные методы, которые используются в определенных ситуациях. Например:

1. Магнитно-импульсная штамповка. Он основан на использовании магнитных полей . Металлическая заготовка помещается между электромагнитами, которые создают магнитное поле. Заготовка подвергается быстрому нагреву и деформации с помощью электрических импульсов, что позволяет ей принять желаемую форму.

2. Штамповка взрывом. Он используется взрывчатка для формовки металла. Заряд размещается рядом с металлической заготовкой, и при взрыве создается сильное давление, которое деформирует металл и придает ему нужную форму. Этот метод применяется для обработки сложных и больших деталей.

3. Изотермическая штамповка. В этом методе металлическая заготовка подвергается штамповке при постоянной контролируемой температуре. Такой

подход позволяет улучшить точность формовки и предотвратить возникновение дефектов, таких как трещины или изменение микроструктуры металла.

4. Лазерная штамповка. Здесь используется лазерный луч для нагрева и деформации металла. Он точно и контролируемо нагревает металлическую заготовку, позволяя ей принять желаемую форму. Лазерная штамповка особенно полезна для обработки тонких листовых материалов.

5. Гидроштамповка. Этот метод включает применение высокого давления ручья воды или гидравлического давления для деформации металла. Металлическая заготовка помещается между формами, а затем на нее оказывается сильное давление жидкости или гидравлическими прессами, чтобы она приняла нужную форму. Гидравлический способ позволяет получить без особых усилий ровный срез готовых изделий.

6. Экструзия или пробивка. Он не является классическим методом штамповки, но экструзия также используется для формовки металлических заготовок. При экструзии металл прессуется через шаблон, называемый экструдером, чтобы получать продукт с постоянным сечением.



Рис.2 Альтернативные Методы

Каждый из этих методов штамповки имеет свои особенности и применяется для достижения определенных форм и функций в процессе производства металлических деталей и изделий.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и применяется в зависимости от требований конкретного проекта, чтобы получить готовую деталь. Выбор определенного метода зависит от типа детали, ее размеров, материала, требований и других факторов



Рис.3 Различные виды штамповки

Есть несколько различных видов штамповки металла, каждый из которых имеет свои особенности и применение.

1. Отделительная, то есть разделительная. Он представляет собой разделение частей заготовки из металла. Это включает такие операции, как резка, рубка и пробивка металлических деталей. Также сюда можно включить обрезку и вырубку.

2. Формоизменяющая (формовка). Этот вид подразумевает, штампованный лист металла меняет форму из-за усилий. Он включает процессы вытяжки, холодного выдавливания, гибки и других операций по изменению формы деталей.

3. Гибка — листовой металл сгибается в нужную форму. Она выполняется с помощью гибочного пресса или гибочных машин.

4. Объемная штамповка — обработка металлов давлением. Отличие её от обработки горячей штамповкой в том, что для изготовления деталей используют

температуры ниже точки рекристаллизации. Ее выполняют за счет пластической деформации.

5. Вытяжка — листовой металл вытягивается для создания глубоких и сложных форм. Этот вид относится к формоизменяющим виду.

6. Глубокая — используется для создания глубоких и высоких деталей, таких как цилиндры, капсулы или ванны. В результате получается объемная конструкция, выполненная при помощи горячей или холодной деформации, вытяжки или приложения других усилий.

7. Листовая — процесс формования металлических листов путем их деформации с использованием специальных пресс-форм. В результате работ получают листы металла разной толщины, в зависимости от чертежей.

8. Вырубка, пробивка — процесс создания отверстий или выемок на поверхности детали с использованием специального штампа.

9. Отбортовка — формируется борт или кромка на краю металлической детали. Он относится к разделительному, в процессе работы прилагаются усилия для отделения части заготовки, чтобы получилось нужное изделие.

10. Фланцовка - Формирование выступающей плоскости или края детали с целью соединения с другими элементами.

11. Обжим — В результате на поверхности металла образуются выступы или ребра. Можно достичь этого при помощи вытяжки, использования горячего вида штамповки и других способов.

12. Жидкая - При воздействии высокого давления жидкости на металл происходит его деформация.

13. Высадка — Существует возможность погружения или опускания детали, которая находится на поверхности металла.

Каждый из этих методов штамповки имеет свои особенности и применяется для достижения определенных форм и функций в процессе производства металлических деталей и изделий.



Рис.4. Этапы изготовления штампов

1.Проектирование: На этом этапе определяются геометрические параметры и функциональные характеристики штампа, а также создается его конструкция и сборочные чертежи.

2.Изготовление: Для изготовления штампа применяются специальные металлообрабатывающие станки. Основные операции включают фрезеровку, точение, сверление, шлифовку и электроэрозионную обработку. В результате этих операций получается готовый штамп.

3.Термообработка: В некоторых случаях штампы подвергаются термической обработке, которая может включать нагрев, отжиг или закалку. Термообработка улучшает механические свойства штампа и его стойкость к износу.

4.Монтаж и настройка: После изготовления штампа он монтируется на специальное оборудование, такое как пресс, и производится его настройка и испытание. Настройка включает проверку готовности штампа к работе и установку оптимальных параметров для получения требуемого результата.

ГЛАВА I. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ШТАМПОВ

1.1 Краткий экскурс в историю создания и развития штампов и их классификация

Современные тенденции развития машиностроения связаны с количеством и качеством изготавливаемой продукции разнообразной номенклатуры с минимальными временными и материальными затратами. Как правило, крупные производства и предприятия с массовым производством привлекают больше внимания за счет более обширных возможностей автоматизации технологических процессов, ритмичности выпуска продукции и хода выполнения обработки деталей.

Но в условиях рыночной экономики, часто требуется переход к мелкосерийному или единичному производству, что имеет ввиду потребность в способности предприятия в кратчайшие сроки адаптироваться к новым требованиям рынка .

Гибкость управленческой структуры и возможность оперативно перестраивать производственные процессы являются преимуществами малых и средних предприятий машиностроения. Цеха изготовления оснастки в заготовительно-штамповочном производстве характеризуются схожестью управленческой структуры с выше-указанными, а также единичным выпуском деталей различных конструкций и частой сменой объекта производства на неспециализированных рабочих местах.

В таких условиях время механообработки на станке составляет малую долю всего рабочего времени, большая часть которого тратится на подготовительно-заключительные операции, такие как переналадка станка. Кроме того, особенностью производства в таких цехах является необходимость определённому сроку.

Изделия могут выпускаться парно в прямом и обратном исполнениях, как в авто и авиастроении. Имеется проблема, состоящая в том, что широкая

номенклатура и единичный выпуск изделий не позволяют накапливать данные о технологических процессах и затрудняют оптимизацию технологии производства, ввиду отсутствия нужной системы планирования. Традиционные системы планирования, которые подходят для крупносерийного производства, устарели и нуждаются в модернизации под требования предприятий малого бизнеса.

1.2. Режущий штамп и выбивной станок

Режущий штамп (англ. cutting die) - это инструмент, который используется в металлообработке и других отраслях промышленности для получения геометрически сложных форм или деталей из металла или других материалов. Режущие штампы отличаются от других видов штампов тем, что имеют многогранные или сложные формы, позволяющие создавать детали с точной формой и высокой точностью.

Выбивной станок (англ. punching machine) - это специализированное механическое устройство, которое используется для вырезания или выбивания отверстий в металлических или других твердых материалах. Выбивной станок состоит из нескольких основных компонентов: штампа (die), матрица (Matrix), беретка (punch) и рамки (frame). Матрица имеет заготовочные отверстия, в которые помещаются штампы для вырезания или выбивания отверстий.



Рис.5



Рис.6

Верхняя подвижная часть и нижняя неподвижная часть

Верхняя подвижная часть устанавливается на нижнюю неподвижную с помощью специальных анкерных болтов и отверстий стоящих на них.



Рис.7



Рис.8

Эти резины используются для амортизации. Чтобы при ударе пресса кольца не вышли из строя и не получили трещины.



Рис.9

На рис 9 показана готовая штампа которая находится на вырубном станке.

Выбивной станок — это мощный и эффективный инструмент, применяемый для обработки металлических изделий. Он используется в различных отраслях промышленности, Например: автомобильное производство, машиностроение и судостроение, для выполнения таких операций, как проклепка, выбивка отверстий и набивка резьбы.

Выбивной станок для обработки металла используется для вырубки отдельных деталей из листового металла. Он работает по принципу прессования. Металлический лист помещается на рабочую поверхность станка, потом специальным инструментом нажимается на лист, вырубая необходимую форму. Таким образом, станок обеспечивает точное и высококачественную обработку металла.

Этот станок имеет несколько особенностей, которые делают его незаменимым инструментом в процессе обработки металла. К примеру он имеет высокую точность и повторяемость ударов, что обеспечивает качественную обработку изделий.

Данный станок на (рис.4) обладает силой удара в 8 атмосфер. Он предназначен для работы с режущими штампами.

Преимущества выбивного станка включают в себя его высокую производительность, надежность и долговечность. Благодаря своей конструкции и мощности, он способен обрабатывать большие объемы металла и обеспечивать высокую скорость работы.

Основная задача выбивного станка состоит в создании качественных и прочных отверстий в металле. Он способен осуществлять выбивку как простых отверстий, так и сложных форм, включая вырезку и резку с контрольными элементами или штамповку логотипов. Благодаря своей высокой производительности и точности работы, этот тип станка является незаменимым инструментом для производства различных металлических деталей и изделий.

Преимущества использования выбивного станка включают:

1. Высокая точность обработки металла;
2. Быстрая и эффективная работа;

3. Минимальное количество отходов и брака;
4. Широкие возможности для создания различных форм и отверстий;

1.3. Выбивной станок и его работоспособность

Выбивной станок – это мощное и надежное оборудование, которая предназначена для обработки металлических заготовок различных форм и размеров. В него входят особые приспособления, которые позволяют достичь высокой точности и качества обработки. Основные технические характеристики выбивного станка включают:

1. Мощность: Выбивные станки обладают высокой мощностью, которая обеспечивает эффективную работу с металлическими заготовками различной толщины.

2. Скорость: Станки оснащены специальными механизмами, которые обеспечивают высокую скорость выбивки металла, которая позволяет сэкономить время при обработке большого объема деталей.

3. Рабочая : Область: выбивные станки имеют достаточно большую рабочую область, что позволяет обрабатывать заготовки различных размеров.

4. Точность: Обработывая металлические заготовки, выбивной станок обеспечивает высокую точность обработки, что особенно важно при создании деталей с точно заданными параметрами.

5. Надежность: Выбивные станки изготавливаются из прочных материалов и имеют надежные механизмы, что обеспечивает продолжительный срок службы оборудования.

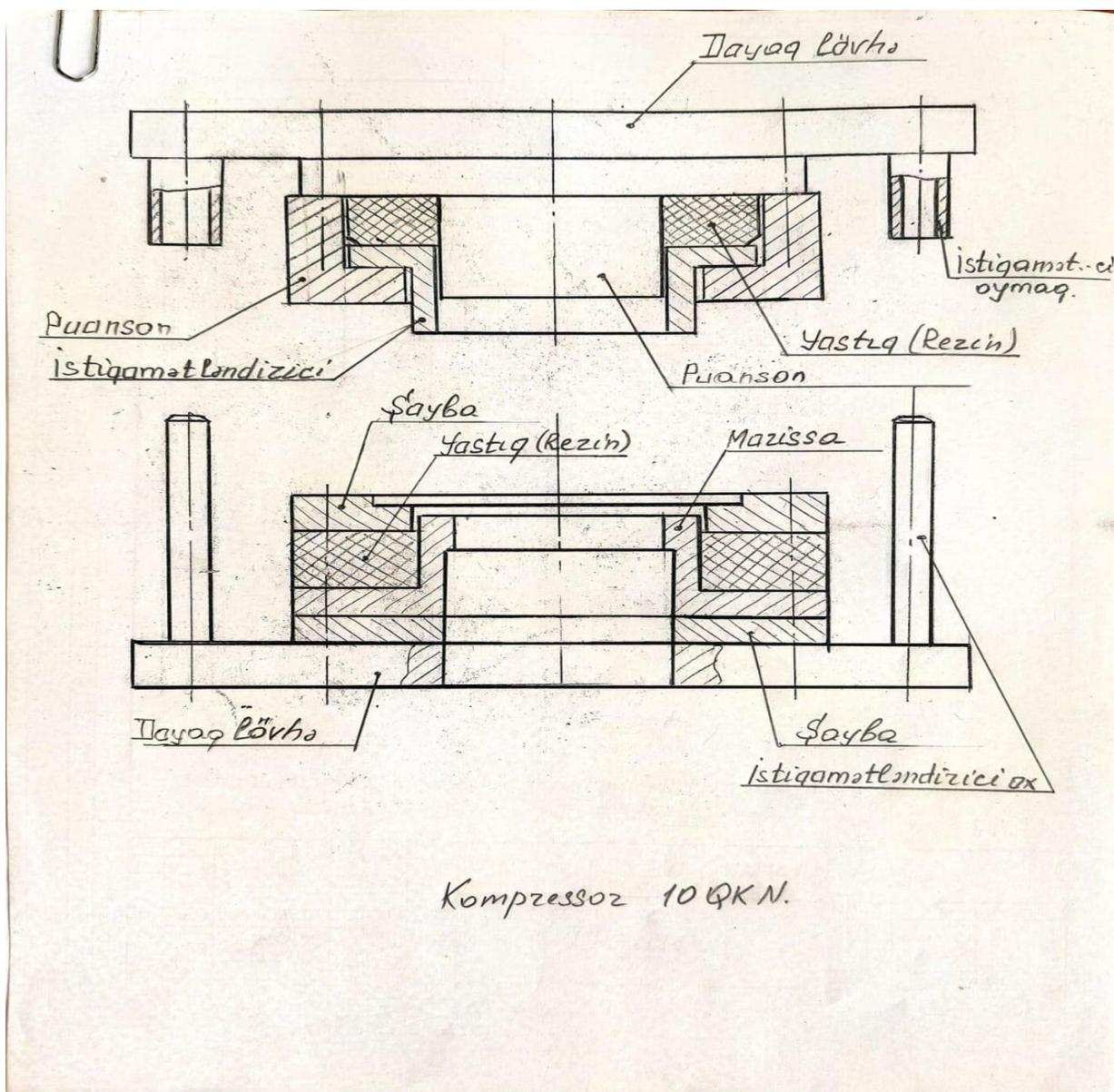
6. Удобство использования: Станки оснащены современными системами управления, которые позволяют быстро подстроить оборудование под требуемые параметры и обеспечивают удобство в работе.



Рис.9 Вырубной станок в 8 атмосфер

1.4 Чертеж выбивного станка

Чертеж выбивного станка содержит все необходимые технические данные, такие как размеры, формы и размеры отверстий, материалы и методы крепления компонентов.



Распределительная планка: это базовая платформа, на которой располагаются другие компоненты станка. Она обеспечивает стабильность и устойчивость станка во время работы.

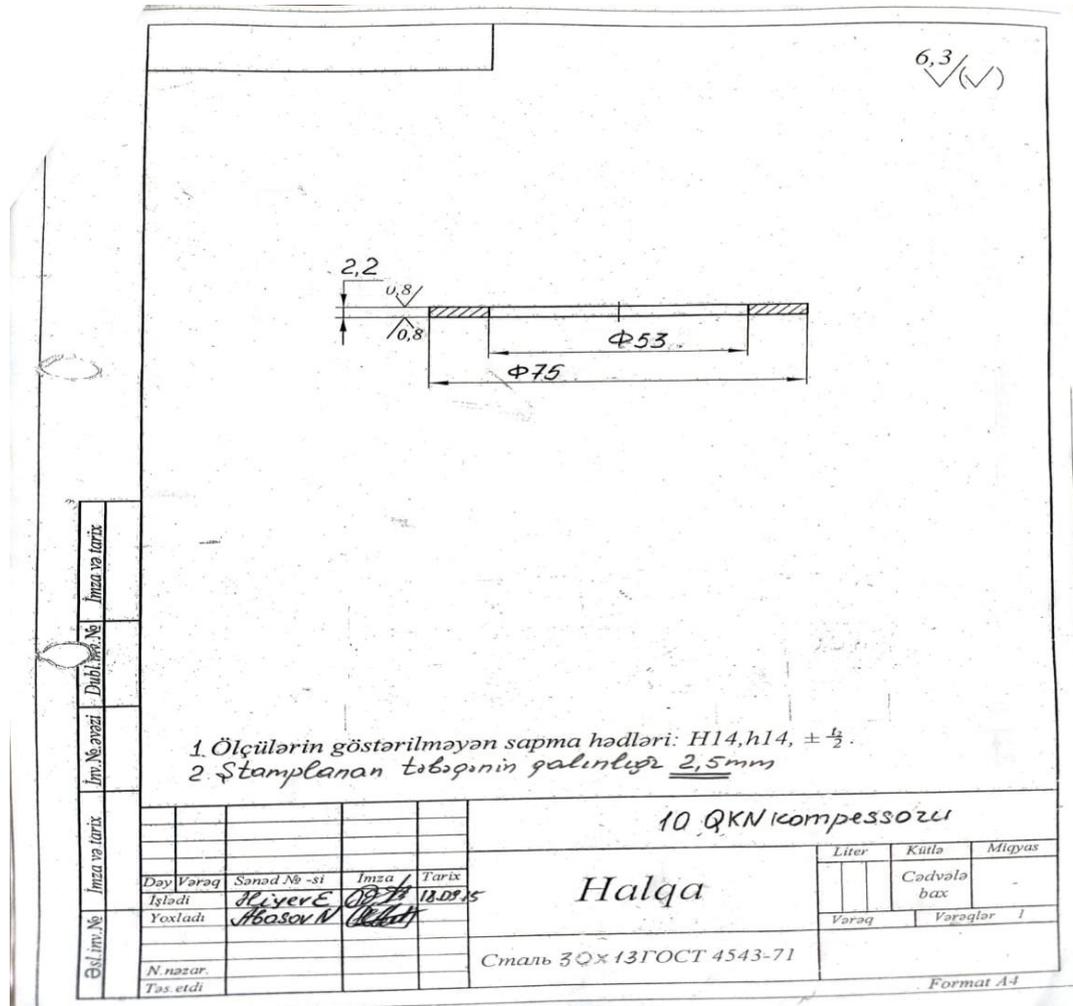
Штампы и беретка: штампы и беретка являются основными инструментами станка, которые используются для вырезания или выбивания

отверстий в материале. Штампы имеют различные формы и размеры, в зависимости от типа отверстий, которые необходимо создать.

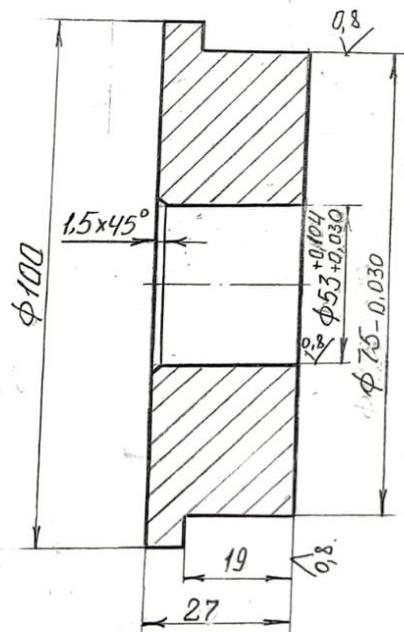
Механизм перемещения: это система, которая обеспечивает перемещение штампов и беретки в вертикальном и горизонтальном направлениях, позволяя создавать отверстия в материале.

Приводы: это механизмы, которые обеспечивают движение компонентов станка. Они могут быть гидравлическими, пневматическими или электрическими.

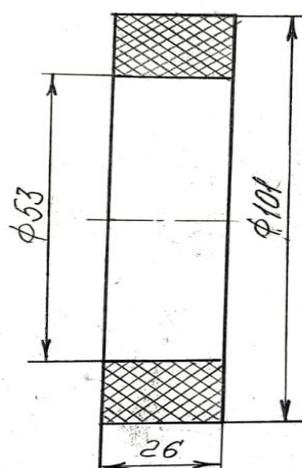
Система управления: это электронный блок, который контролирует работу станка и обеспечивает точность и надежность его работы.



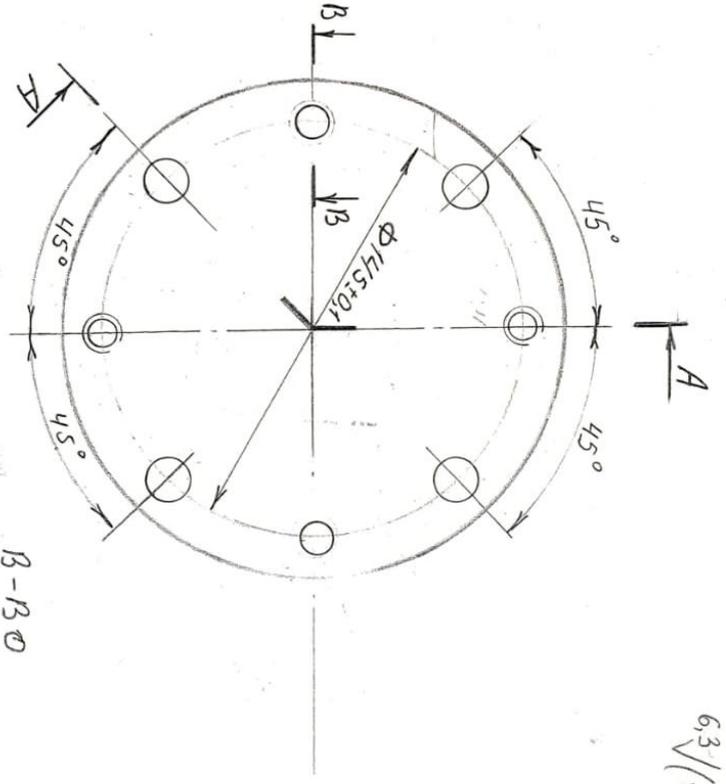
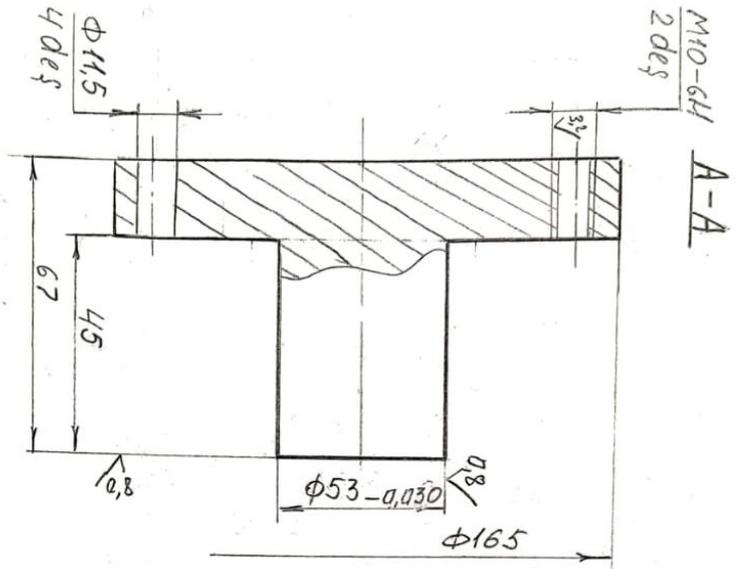
Кольцо



Направляющий
Сталь 40Х

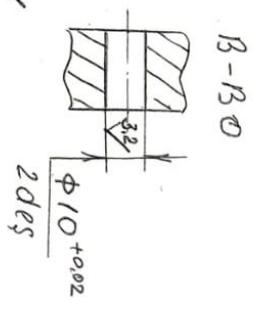


Подушка
(Резина)



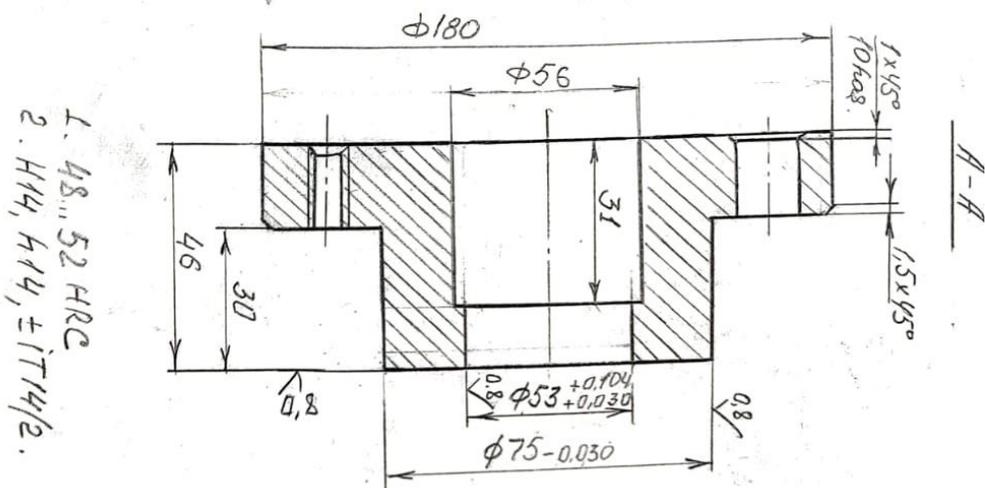
1. 48...52 HRC
 2. 4141 h14, f 2/14

1с. пуансон
 сталь 40x

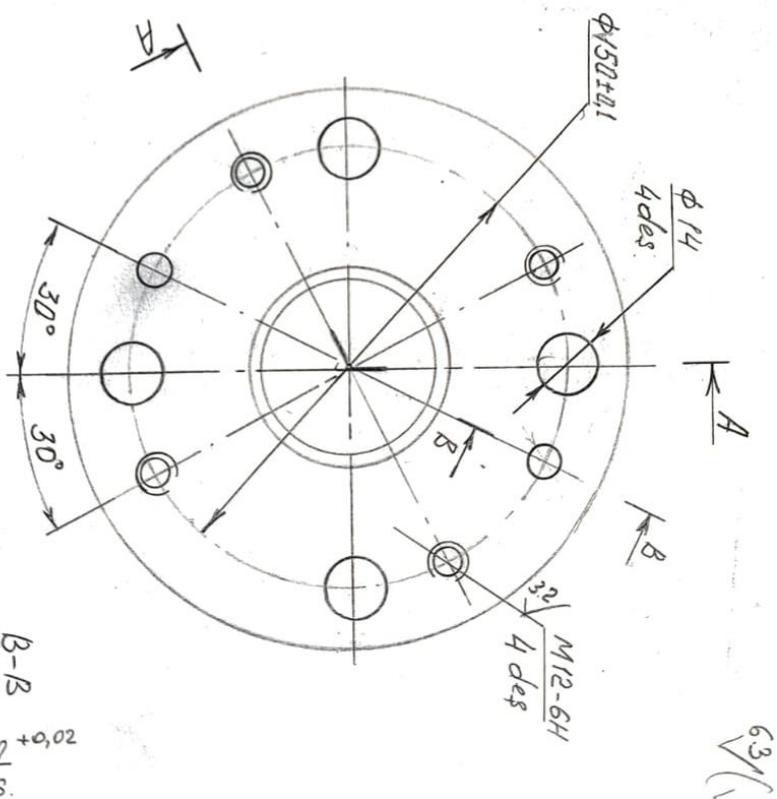


Внутренний пуансон
 Сталь 40X

6,3/1/1



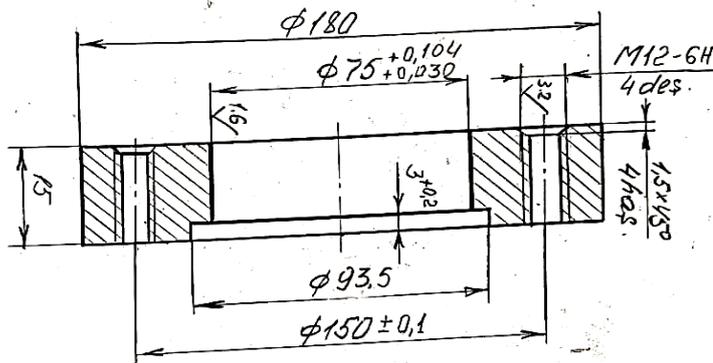
1. 48...52 HRC
2. H14, h14, ±IT14/2.



Matuzisa (INQK.02.032A. $\phi 53 \times \phi 72$)
 Pabal 40X.

Матрица
 Сталь 40X

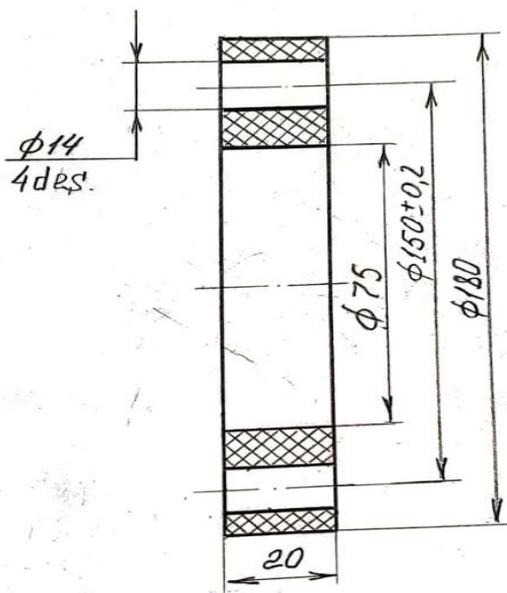
1. 48...52 HRC
2. H14, h14, ±IT7/4/2.



Шайба
Сталь 40Х

Шайба

Сталь 40Х



Подушка

(Резина)

1.5. Режущий инструмент

Режущий инструмент в производстве штампов и пресс-форм. Технология изготовления штампов и пресс-форм использует различные методы обработки: резанием (фрезерование, сверление.), абразивными материалами (шлифование, полирование, хонингование и др.), электроэрозионную. Даже нетрадиционные, способы, например, резание водяной струёй, тоже встречаются в пресс-штамповом производстве. Но всё-таки формирование поверхностей путём снятия материала резанием по-прежнему главенствуют в отрасли.

Профиль штампов и пресс-форм отличается большим многообразием, а определяющие его размеры изменяются в широких пределах. Во многих случаях в процессе изготовления требуется удаление значительного объёма материала, поэтому последовательность технологических операций состоит из черновых и чистовых. Для черновой обработки характерны значительные припуски и интенсивный съём материала, а для чистовой обработки на первый план выступают точность и чистота поверхности. Развитие металлорежущих станков с ЧПУ, САПР и автоматизированного управления производством кардинально изменило изготовление пресс-форм и штампов, наделив инструментальщиков принципиально новыми методами многокоординатной обработки и передовыми средствами компьютерного моделирования технологических операций.

Резание твёрдых материалов, высокие показатели стойкости, надёжности и производительности, направленные на значительное снижение и даже исключение электроэрозионной обработки и ручной доводки - вот те требования, которые предъявляет сегодня пресс-штамповая отрасль к режущему инструменту.

И только инструмент, действительно отвечающий им, может считаться по-настоящему эффективным в производстве штампов и пресс-форм.

Инструментальные стали. Инструментальные стали служат в основном, для изготовления инструментов для резания материалов или их обработки давлением. Различные национальные и международные стандарты определяют

системы обозначения инструментальных сталей. Более того, металлургические компании, стремясь найти ответ на нужды своих заказчиков, выпускают стали в соответствии с собственными системами кодирования. Для таких сталей часто отсутствует обозначение по стандарту, и вместо него используется торговая марка. В справочной информации в конце руководства приводится таблица с обозначениями материалов, принятыми стандартами различных стран.

При изготовлении штампов и пресс-форм сталкиваются с необходимостью обработки сталей в широком диапазоне твёрдости: от низкой (HB 200 и ниже) до высокой (HRC 63). В соответствии с системой обозначения материалов Американского института чёрной металлургии (AISI) и Общества автомобильных инженеров (SAE) определены 6 категорий инструментальных сталей широкого применения и 2 класса специальных инструментальных сталей.

Из них наибольшее распространение в производстве штампов и пресс-форм нашли следующие:

- Инструментальные стали для холодного деформирования, включая А-серию (среднелегированная с закалкой на воздухе), D-серию (высокоуглеродистая высокохромистая) и O-серию (с закалкой в масле)
- Инструментальная сталь для горячего деформирования H-серии
- Инструментальная сталь с закалкой в воде W-серии
- Инструментальная сталь для пресс-форм P-серии
- Ударопрочная инструментальная сталь S-серии
- Низколегированная инструментальная сталь для специальных приложений L-серии

Сталелитейная индустрия поставляет металлообрабатывающим предприятиям сталь в различных состояниях: отожжённую, закалённую и отпущенную до предварительной повышенной твёрдости, а также высокой твёрдости.

В результате прессоштамповое производство сталкивается с необходимостью обработки инструментальных сталей в широком диапазоне твёрдости: от HB 200 и ниже (низкой твёрдости) до HRC 63 и даже более (высокой твёрдости). Как правило, значительный темп (интенсивность) удаления металла наблюдается при черновом резании мягких сталей, в то время как необходимость обеспечения жёстких допусков диктует небольшие припуски при

чистовом резании твёрдых сталей. Понятие “средняя твёрдость” пока не нашло строгого определения. Оно говорит, что сталь закалена и отпущена до относительно невысокой твёрдости, однако сталелитейные компании ориентируются на различные значения твёрдости в данном вопросе. Обычно подразумевается твёрдость ниже HRC 45, хотя в технической литературе такие значения часто относят и к сталям высокой твёрдости.

1.6. Цель работы и основные задачи исследования

Цель работы по оптимизации инструментальных частей режущих штампов заключается в разработке и анализе новых методов и подходов к оптимизации, которые позволяют:

1. Улучшить производительность процесса резки.
2. Повысить точность и качество поверхности деталей.
3. Уменьшить износ инструментальных частей и снизить затраты на их замену.
4. Снизить время остановки обработки для замены изношенных инструментальных частей.
5. Увеличить срок службы инструмент

Определение основных задач исследования важно для успешной реализации диссертационной работы. В рамках исследования по оптимизации инструментальных частей режущих штампов выполняются следующие задачи:

1. Анализ методов оптимизации инструментальных частей и выявление их ограничений и проблем.
2. Разработка и моделирование новых подходов к оптимизации с учетом поставленных целей.
3. Разработка рекомендаций по выбору материалов и конструкции инструментальных частей режущих штампов для повышения их эффективности и увеличения срока службы.
4. Проведение экспериментов и опытов для оценки эффективности разработанных методов и технологий.

5. Анализ полученных результатов, определение возможностей улучшения и потенциала новых подходов.

6. Создание рекомендаций по внедрению разработанных методов и технологий в практическую деятельность.

7. Предложение мер по улучшению качества и эффективности производства режущих штампов с учетом оптимизированных инструментальных частей.

8. Изучение возможностей применения машинного обучения для автоматизации процессов оптимизации и повышение точности результатов.

1.7. Инструментальные части режущих штампов

Рабочий орган - это основная часть штампа, которая выполняет режущее действие. Он обычно выполняется из твердого металла, такого как хромированная сталь или ковкая сталь, чтобы обеспечить прочность и долговечность.

Нож - еще одна важная деталь режущей головки, которая отвечает за нарезку материала. Она также изготавливается из твердых материалов, таких как быстрорежущая сталь или карбид вольфрама, для обеспечения долговечности и остроты.

Насадка ножа - это компонент, который устанавливается в нож и соединяется с рабочим органом штампа. Она обеспечивает прочность и удержание ножа в механизме штампа.



Рис.11



Рис.(5)

На рисунке 11 показан режущий элемент(нож) а на рисунке насадка ножа вместе с рабочим органом.

Далее будет представлено оптимизация каждой из этих элементов. Так как оптимизировав только оду деталь там не получить долгосрочную, эффективную и самое главное износостойкую деталь.

Для оптимизации прежде всего нужно знать из какого материала созданы части.

Ведь не все инструментальные части созданы из одного и того же материала.

1.8. Оптимизация ножа

Оптимизация ножа режущего штампа - это улучшения эффективность и продолжительность работы штампа с помощью оптимизации дизайна, материалов и процесса изготовления ножа. Это обеспечивает более точные и быстрые результаты при резке, а также продлевает срок службы ножа. Методы оптимизации ножа режущего штампа следующие:

Выбор оптимального материала: хромированная сталь или твердосплавные материалы. Например: ванадий, кобальт

Обработка поверхности: Обработка поверхности ножа, такая как заточка, шлифовка может улучшить качество резания и уменьшить напряжение на материале, и это снижает износ и увеличивает продолжительность службы ножа.

Оптимизация процесса резки: Улучшение параметров процесса резки, таких как силу, удлинение и скорость резки, может повысить эффективность и долговечность ножа. Например, оптимальная глубина резьбы и правильное удлинение могут снизить силы, приложенные на материал, и снизить износ ножа

Дизайн ножа: Дизайн ножа режущего штампа может быть усовершенствован, чтобы улучшить его режущую способность и продолжительность службы. Например, спиральная форма ножа может уменьшить сопротивление режущему процессу и увеличить скорость резки.

1.9. Оптимизация рабочего органа

Это один из важных процессов усовершенствования конструкции и характеристики штампа для повышения его производительности, эффективности и снижения износа. Оптимизация включает в себя различные аспекты, такие как форму режущей части, материал, охлаждение и силу.

Форма режущей части режущего штампа имеет значительное влияние на качество резки и производительность штампа. Оптимизация формы режущей части может быть достигнута с помощью компьютерного моделирования и симуляции. Материал, из которого изготовлен штамп, может влиять на его долговечность и качество резки. Оптимальный материал должен обеспечивать нужную прочность, пластичность и коррозионное сопротивление. Например, высокопрочные стали, такие как H13, M32, и M42, являются лучшими материалами для изготовления режущих штампов.

Оптимизация рабочего органа режущего штампа - это непрерывающийся процесс, который требует постоянного мониторинга и внедрения новых технологий и методов. Это позволит повысить эффективность производства, снизить затраты и улучшить качество продукции.

Материалы для оптимизации рабочего органа режущего штампа:

Материал для оптимизации рабочего органа режущего штампа сильно влияет на эффективность и продолжительность службы инструмента. Нужно выбирать правильный материал, учитывая различные факторы, такие как требования к точности, прочность и износ.

Карбид вольфрама (WC) с кобальтом (Co): Карбид вольфрама с добавкой кобальта является одним из самых распространенных и надежных материалов для режущих инструментов. Он обладает высокой твердостью и выносливостью, что позволяет добиться высокой точности резки и удовлетворительной продолжительности службы.

Цирконий карбид (C4): Цирконий карбид - это другой материал с высокой твердостью, который тоже широко используется для режущих штампов. Он

обладает хорошей износостойкостью и применяется для резки сложных и хрупких материалов.

Кобальт-хромированная сталь (CoCr): Кобальт-хромированные стали обладают высокой прочностью и износостойкостью, что делает их подходящим материалом для режущих штампов, которые работают с абразивными материалами.

Стоматологическая сталь является более недорогим и распространенным материалом для режущих штампов. Она обладает достаточной прочностью и износостойкостью для многих приложений, но может быть менее подходящей для более требовательных задач.

Выбор нужного материала для рабочего органа зависит от конкретных требований к точности, прочности и износостойкости, а также от бюджета. Важно тщательно изучить характеристики каждого материала и выбрать тот, который наилучшим образом соответствует вашим потребностям.

Все эти материалы могут привести к ряду положительных результатов, таких как повышение продолжительности срока службы инструмента, повышение производительности штамповки и улучшение качества получаемой продукции. В основном используются следующие материалы:

Хардметаллы(Жесткие металлы) - это сплавы, состоящие из углеродистого железа, стали и других твердых металлов, таких как хрома, ванадия, кобальта и другие. Они обладают высокой твердостью и ударной прочностью, что позволяет им выдерживать высокие нагрузки и износ. Хардметаллы широко используются в режущих инструментах, где требуется высокая прочность и износостойкость

Ковальные сплавы обладают высокими физико-механическими свойствами, такими как прочность, твердость, износостойкость и ударная прочность, что обеспечивает длительный срок службы и высокую производительность.

Такие сплавы обычно состоят из твердой основной массы, такой как карбид углерода, оксид хрома или бериллий, и легирующих элементов, таких как ниобий, ванадий и тантал.

Выбор кованных сплавов для режущих штампов зависит от типа материала, который необходимо обработать, а также от специфики технологического процесса и требований к качеству выработки формы поверхности детали.

Важно учитывать, что кованные сплавы для режущих штампов могут иметь различные маркирования в зависимости от производителя и стран выпуска. Однако, основные различия в свойствах материалов обусловлены составленными из них легирующими элементами и добавками.

ГЛАВА II. АНАЛИЗ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЖУЩИХ ШТАМПОВ

2.1 Основные аспекты анализа и оптимизации режущих штампов

Анализ задачи оптимизации производства режущих штампов может быть очень сложным, так как это требует учета многих параметров и факторов, влияющих на эффективность и качество производственного процесса.

1. Определение задачи: Первым шагом является определение цели и основных параметров, которые необходимо оптимизировать. В данном этапе целью является увеличение эффективности и качества режущих штампов с учетом минимального времени и затрат.

2. Идентификация взаимосвязей: Во многих производственных процессах существуют взаимосвязи между различными параметрами и факторами. В нашем случае, важно учесть взаимосвязи между размерами штампа, материалом, свойствами режущей резьбы и параметрами производственного оборудования.

3. Оценка исходных данных: Для корректной оптимизации необходимо иметь точные и актуальные исходные данные, которые получаются от производителя, продавца или других источников. Это включает в себя информацию о размерах и формах штампов, материалах, технологии производства и др.

4. Моделирование процесса: Для оптимизации производства режущих штампов можно использовать различные методы моделирования, такие как симуляция, математическое моделирование или комбинация этих методов. Это позволяет оценить возможные варианты производства и выбрать наиболее эффективный.

5. Определение оптимального параметра: Основная цель анализа задачи оптимизации это определение оптимального параметра, который увеличивает эффективность и качество производства режущих штампов. Для этого

используется ряд методов, таких как метод градиентного спуска, метод оптимального программирования или глобальные оптимизаторы.

6. Проверка и уточнение: После определения оптимального параметра необходимо проверить его на практике и, если необходимо, провести дополнительные исследования для уточнения параметров. Это включает в себя тестирование на реальном оборудовании, проверка качества штампов и т.д.

7. Реализация и мониторинг: После определения и уточнения оптимального параметра нужно начать его реализацию на производстве. Мониторинг процесса и анализ результатов помогает определить, достигнута ли задача оптимизации, и в случае если нет, выявление районов, требующих дальнейшей оптимизации.

Таким образом для анализа задачи оптимизации производства режущих штампов нужно учитывать много аспектов, включая определение цели, идентификацию взаимосвязей, оценку исходных данных, моделирование процесса, определение оптимального параметра, проверку и уточнение, а также реализацию и мониторинг на практике.

2.2 Теоретические основы технологии изготовления штампов

Теоретические основы технологии изготовления штампов включают в себя различные методы и процессы, использованные в производстве металлических и пластмассовых штампов. Ниже приведены некоторые из основных теорий и подходов, которые часто используются в этом контексте:

1. Основы металлорезания и обработки металлов: Техника изготовления штампов затрагивают знания о металлорезании, обработке металлов и технологии литья. Она имеет в себе такие свойства, как литье под давлением, литье под воздействием силы тяжести, литье сухим способом и литье по утолщенному рисунку.

2. Теория пластики и литья пластмасс: нужно изучить технику пластики и процесс литья пластмасс. Это включает в себя такие методы, как жидкостное наполнение и литье под давлением.

3. Теория дизайна и технологии форм: Для создания штампов необходимо разработать формы, которые используют для литья. Знание теории дизайна и технологии форм дает возможность создавать оптимальные формы, которые включают качество и точность изготовления штампов.

4. Теория материаловедения

2.3 Выбор и определение ключевых параметров режущего штампа

Выбор материала для режущего штампа сильно влияет на его прочность, точность, износ и стоимость производства. Нужно учитывать, что подходящий материал зависит от конкретных условий работы режущего штампа и требований к производителю.

Выбор и определение ключевых функций режущего штампа важная часть исследования по подбору инструментальных частей режущих штампов. Ключевые параметры могут включать в себя следующие свойства:

1. **Материал инструмента:** Выбор оптимального материала для инструментальной части, зная такие свойства, как твердость, ударная прочность, коррозионная стойкость и теплоотводящие свойства.

2. **Геометрические параметры:** Выбор и определение лучших форм резки, расстояний между нарезками, углов нарезания и других геометрических функций, которые действуют на точность и эффективность процесса резки.

3. **Размеры и форма режущего окна:** Выбор размерных функций и формы режущего окна, которые дадут максимальную производительность и минимальный износ инструмента.

4. **Способ обработки поверхности инструмента:** Выбор технологии и параметров обработки поверхности инструмента, таких как струевая обработка, лазерная обработка или профилирование, для уменьшения коэффициента трения и увеличения срока службы инструмента.

5. **Способ крепления инструментальной части:** Расчет и выбор оптимального крепления инструментальной части на штампе, дает стабильность и точность во время резки.

6. Оптимизация процесса резки: Разработка и тестирование различных настроек процесса резки, таких как например скорость резания, давление, режим работы штампа и другие, для достижения данных целей оптимизации.

7. Экологическая и экономическая эффективность: Исследуя экологических и экономических факторов данных подходов и методов оптимизации, с учетом использования энергии, выбросов в атмосферу и затрат на замену инструмента.

Ниже перечислены основные материалы, используемые для изготовления режущих штампов, и их основные характеристики:

1. Горный чугун: Этот материал обладает сильной ударной прочностью и коррозионной устойчивостью. Но он имеет слабую твердость, что может привести к быстрому износу и потере точности.

2. Высоколегированная сталь: Этот материал обладает лучшей твердостью, чем горный чугун, что позволяет уменьшить износ и увеличить долговечность инструмента.

3. Церуссит - это сплава, имеющий в составе цирконий и кобальт. Они имеют высокой ударной прочностью, твердостью и коррозионной стойкостью, что дает долговечность и точность при работе, но они дороже других материалов.

4. Ковальная сталь: Ковальная сталь

2.4 Влияние прочности инструмента режущего штампа.

Прочность инструмента режущего штампа является важным условием в обеспечении ее долговечности и эффективности в процессе резки. От прочности зависит способность инструмента сохранять форму и точность при работе, а еще также уровень износа и максимальная долгота его использования.

Недостаточная прочность инструмента может привести к необходимости его замены чаще, что снижает производительность и повышает затраты на обслуживание. С другой стороны, слишком высокая прочность может также привести к некоторым проблемам. Например, при варьировании показателей

прочности инструмента могут возникать проблемы с управлением его остротой и износом, что может снизить качество режущей работы и увеличить время обработки.

Выбор оптимального уровня прочности инструмента режущего штампа зависит от многих факторов, таких как материал, геометрические параметры, условия эксплуатации и требования к качеству работы. Существует очень много способов тестирования и определения прочности инструмента, например, твердость Брайта, тест на ударную прочность, контроль расположения границ разорвания и т.д.

Однако наиболее важным является баланс между прочностью, твердостью, ударной прочностью и теплоотводящими свойствами материала инструмента. Это получается путем выбора подходящего материала, оптимизации геометрических параметров и использованием современных технологий обработки поверхности

2.5. Оценка других параметров

1. Размеры и форма режущего окна: Размеры и форма режущего окна влияют на процесс резки, оптимальную скорость резки и качество полученной детали. Они также могут влиять на прочность и точность инструмента.

2. Глубина нарезания: Глубина нарезания влияет на производительность и износ инструмента. Слишком большая глубина нарезания может привести к быстрому износу инструмента и снижению качества резки.

3. Количество нарезок: Количество нарезок на единицу длину режущего инструмента влияет на точность и качество резки, а также износ инструмента. Большее количество нарезок может улучшить точность и качество резки, но также может ускорить износ инструмента.

4. Угол нарезания: Угол нарезания влияет на прочность, износ и точность инструмента

5. Оценка материалов режущих инструментов включает изучение их химического состава и физических свойств, таких как твердость, ударная прочность и теплопроводность. Важно выбрать материал, который будет обеспечивать достаточную прочность и устойчивость при работе при высоких нагрузках и температурах

6. Геометрические характеристики режущих инструментов, такие как форма режущих краев, угол наклона и расстояние между режущими краями, несут ответственность за качество штамповки и продолжительность срока службы инструмента. Оптимизация этих характеристик может оказать положительное влияние на производительность и качество продукции.

7. Ковка и термическая обработка режущих инструментов могут значительно влиять на их прочность и износостойкость.

8. Обработка поверхности режущих инструментов может улучшить их износостойкость и снизить шумы при штамповке

ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШТАМПОВ

3.1 Разработки методов оптимизации инструментальных частей режущих штампов

Оптимизация режущего штампа взаимосвязана от многих факторов, таких как например, материал, геометрические функции, условия использования и требования к качеству работы. Существует несколько вариантов оптимизации режущего штампа, которые могут способствовать увеличить его прочность, точность и долговечность. Ниже перечислены некоторые из этих методов:

1. Оптимизация геометрических параметров: Оптимизация геометрических параметров, таких как размеры и форма режущего окна, глубина нарезания и количество нарезок, может достичь увеличить производительность и уменьшить износ инструмента. Выбор оптимальных геометрических параметров может быть выполнен с использованием компьютерного конструирования и симуляции процесса резки.

2. Материаловедение: Выбор подходящего материала для изготовления режущего штампа играет решающую роль в определении его прочности, точности и долговечности. Различные материалы, такие как горный чугун, высоколегированная сталь, имеют свои преимущества и недостатки. Необходимо замечать конкретные условия работы режущего штампа и условий к производителю, чтобы выбрать оптимальный материал.

3. Оптимизация процесса обработки: Обработка поверхности режущего штампа, может уменьшить коэффициент трения и улучшить качество поверхности резки.

4. Оснащение режущего штампа: Добавление современных технологий

3.2. Оптимизация геометрических параметров.

Оптимизация геометрических параметров режущего штампа является одним из важных свойств процесса резки, который может сильно влиять на его

производительность, точность и долговечность. Некоторые из основных геометрических параметров, которые могут быть оптимизированы, включают:

1. Размеры и форма режущего окна: Размеры и форма режущего окна имеют влияние на скорость резки, процесс нарезания и качество полученной детали. Большой размер режущего окна может увеличить проходную способность штампа, но может также снизить точность резки. Форма режущего окна также влияет роль в определении того, как материал проходит через резку.

2. Глубина нарезания: Глубина нарезания имеет влияние на работоспособность инструмента. Большая глубина нарезания может привести к быстрому износу инструмента и снижению качества резки. Подходящая глубина нарезания зависит от материала, регистра резки, а еще от условий использования и требований к качеству работы.

3. Количество нарезок: Сумма нарезок на единицу длины режущего инструмента действует на точность и качество резки, а также износ инструмента.

3.3. Оптимизация процесса обработки

Оптимизация процесса обработки режущего штампа имеет следующую настройку различных методов и технологий, с помощью которых используются для изготовления и обработки штампа. Это может дать его прочность, точность и долговечность. Ниже рассмотрены основные методы оптимизации процесса обработки:

1. Автоматизация процесса: Автоматизация процесса обработки может увеличить точность штампа, а также уменьшить время и трудоемкость производственного процесса. Автоматизация может быть приобретена с помощью роботов, автоматических систем обработки поверхности и контрольно-измерительного оборудования.

2. Оптимизация технологий обработки: Выбор нужной технологии обработки, такой как сверление, фрезерование или лазерная обработка, должно значительно влиять на производительность и качество штампа. Нужно

учитывать материал, и требования к качеству работы при выборе технологии обработки.

3. Контрольно-измерительное оборудование: Использование контрольно-измерительного оборудования дает возможность точно определять размеры, форму и геометрические параметры штампа. Это может помочь заметить некачественные или неверные изготовленные детали, уменьшить количество отказов

3.4. Прочность инструмента режущего штампа

Прочность инструмента режущего штампа имеет ключевую роль в возможности ее долговечности и эффективности в процессе резки. От прочности зависит эффективность инструмента сохранять форму и точность при работе, а также критерии износа и максимальная продолжительность его использования.

Малая прочность инструмента может довести к необходимости его замены чаще, что уменьшает производительность и увеличивает финансы на обслуживание, но слишком высокая прочность способствует к другим проблемам. Например, при варьировании показателей прочности инструмента может возникать проблемы с управлением его остротой и износом, что может снизить качество режущей работы и увеличить время обработки.

Выбор оптимального уровня прочности инструмента режущего штампа зависит от некоторых факторов, таких как материал, геометрические параметры, условия эксплуатации и требования к качеству работы. Есть множество способов анализа и определения прочности инструмента, таких как, твердость Брайта, тест на ударную прочность, контроль расположения границ разорвания и т.д.

Несмотря на это наиболее важным является взаимосвязь между прочностью, твердостью, ударной прочностью и теплоотводящими свойствами материала инструмента. Это подбирается путем выбора подходящего материала, оптимизации геометрических параметров и использованием современных технологий обработки поверхности

ГЛАВА IV. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВ

4.1 Основные этапы совершенствования технологических процессов изготовления штамповок

Усовершенствование технологических процессов создания штамповок является важной целью в производстве металлических изделий. Это дает возможность снизить расходы на производство, повысить качество изделий и сделать их продолжительность службы.

Основные этапы совершенствования технологических процессов изготовления штамповок:

1. Создание новых технологий. Это может быть использование новых материалов, технологий штамповки или обработки поверхности изделий.

2. Исследование и анализ технологических процессов, которые используются в производстве. Это мотивирует выявить возможные пробелы и недостатки, которые могут быть устранены путем внедрения новых технологий и инноваций.

3. Обучение персонала производственных предприятий последними технологиям и инновациям, что позволяет улучшить качество производства и повысить производительность труда.

4. Внедрение систем контроля качества, которые дают возможность контролировать качество штамповок на всех этапах производства. Это может включать в себя использование современного оборудования, проведение периодической проверки качества изделий и анализ результатов.

5. Общая работа с поставщиками и партнерами, чтобы исследовать новые материалы и технологии, которые могут быть использованы в производственный процесс. Это позволяет постоянно модернизировать качество изделий и уменьшать затраты на производство.

6. Постоянное совершенствование технологических процессов, основанное на взаимосвязи от потребителей и опыта производства. Это помогает находить недостатки и улучшать процессы, для того чтобы производить штамповки лучше.

4.2 Научная новизна.

Научная новизна режущих штампов включает в себя улучшение новых методов резки, нововведения в материалах или технологиях, которые позволяют улучшить точность, эффективность и качество резки.

Некоторые примеры научной новизны режущих штампов могут включать следующее:

1. Создание новых материалов для режущих инструментов, таких как сверхтвердые сплавы, которые имеют повышенную износостойкость и увеличение долговечностью.

2. Использование специальных материалов для режущих инструментов, которые позволяют смешивать свойства разных материалов, таких как твердость, упругость и износостойкость.

3. И совершенствование новых техник резки, таких как методы контуровой резки с использованием кинематической компенсации, которые способствуют улучшить точность резки сократить износ режущего инструмента.

4. Использование численного моделирования и симуляции для оптимизации процесса резки и определения оптимальных функций режущих инструментов.

5. Применение новых технологий.

4.3 Практическая новизна

Практическая новизна режущих штампов это новые идеи себя разработку новых материалов или технологий, которые стабилизируют эффективность, экологичность или качество резки.

В этапе практики, были выявлены новые методы оптимизации инструментальных частей режущих штампов, такие как прокаливание, отжиг и добавление некоторых химических элементов.

4.4. Апробация

Апробация - это проверка или оценивание качества, свойств или характеристик материалов или систем с помощью различных методов и тестов. Этот процесс применяют во многих отраслях промышленности, включая производство, строительство и технологии, для оценивания и гарантирования того, что изготовленные изделия или материалы являются подходящими требованиям и стандартам.

Апробация может включать в себя следующие этапы:

1. Выбор тестовых методов и стандартов, которые должны быть использованы для проверки качества и свойств материалов или изделий.
2. Изготовление и подготовка пробы материала или изделия для тестов.
3. Проведение тестирования и оценивание результатов, для того, чтобы определить, подходит ли проба требованиям и стандартам.
4. Решение об успешности проверки или же приводя изменений, если это нужно в производственный процесс или дизайн изделия.
5. Принося необходимых изменений и повторение апробации, если это необходимо, для подтверждения устранения недостатков или усовершенствовании качества.

Апробация, в оптимизации инструментальных частей режущих штампов, - это цикл испытания и оценивание инструментальных частей, чтобы определить их эффективность и качество работы в реальных условиях производства.

Процесс апробации включает в себя следующие этапы:

1. Требования: В этой стадии производятся требования к качеству деталей, скорости производства, нагрузке на инструмент.

2. Исследования: На этом этапе инженеры и специалисты наблюдают за процессом производства, замечают возможные проблемы и фиксируют результаты.

3. Анализ результатов: После производства, результаты апробации анализируются и оцениваются для определения соответствия требований и поиска возможных улучшений.

4. Оптимизация и адаптация: Результаты анализа.

Апробация является важным инструментом для обеспечения высокого качества продукции и удовлетворения потребностей клиентов. Это помогает находить проблемы в производственном процессе, устраняется некачественное производство и улучшается надёжность и долговечность изделий.

ВЫВОДЫ

Теоретические основы технологии изготовления штампов играют важную роль в различных областях промышленности. Они включают в себя такие факторы, как металлорежу, обработку металлов, литье пластмасс, теорию дизайна и технологии форм. Зная эти теории появляется возможность разработать оптимальные процессы и методы, используемые при производстве металлических и пластмассовых штампов.

Изучая теоретические основы они помогают улучшить качество изготовленных изделий, сократить износ инструментов и форм, а также увеличить эффективность производства. В общем и целом, теоретические основы технологии изготовления штампов являются основным элементом при разработке новых продуктов и технологий в производственных процессах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретические основы технологии изготовления штампов это-фундамент для успешного создания проектов в области промышленности. Понимание металло-режи, обработки металлов, литья пластмасс, теории дизайна и технологии форм дают возможность оптимизировать процессы производства и создать высококачественные изделия.

Важность теоретических основах технологии изготовления штампов не сокращаются только производством. Имея понятия этих основ может дать влияние на другие области, такие как научные исследования, образование и создания новых материалов и технологий.

В общем и целом, теоретические основы технологии создания штампов являются основным компонентом успешного проектирования и производства изделий, что дает в свою очередь развитие промышленности и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Məmmədov Çingiz Mirzəmməd oğlu**: Hacıyev Servin Vuqar oğlu:16A20C32 анализ настройки режущего инструмента и параметров геометрии инструмента для повышения точности поверхностей на станке 16A20C32 с ЧПУ. Heydər Əliyevin anadan olmasının 100 illiyinə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda VIII Respublika elmi-texniki konfransinin materialları AZTU. Bakı 2023 sehife 1669-1671
2. Аверченков В.И (2006) Технология машиностроения
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. М.: Изд-во МГТУ им.
4. Виттингтон К., Власов В. Высокоскоростная механообработка // САПР И графика, 2002.-№11
5. Высокоскоростная обработка. High Speed Machining (HSM): Справочное пособие.- М.: ИТО, 2001.-32 с
6. Детали машин. Конструкционная прочность. Трение, износ, смазка. Ред.-сост. Д. Н. Решетов. Отв. ред. К. С. Колесников. — 1995. — 863 с
7. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин. Кн. 1. Ред.-сост., отв. ред. К. С. Колесников. — 1994. — 534 с.
8. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин. Кн. 2. Ред.-сост., отв. ред. К. С. Колесников. — 1995. — 620 с.
9. Заякин С. Режет все таки инструмент // Оборудование. 2006. No 109
10. Технология изготовления деталей машин. Ред.-сост. А. Г. Суслов. Отв. ред. П. Н. Белянин. — 2000. — 839 с