

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

В.Н. САМОХВАЛОВ, Е.Г. ГРОМОВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВ ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 24.03.04 Авиастроение, 27.03.02 Управление качеством, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и по специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение

САМАРА
Издательство Самарского университета
2021

УДК 621.98(075)
ББК 34.623я7
С177

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В. А. М и х е е в,
д-р техн. наук, проф. В. А. А н т и п о в

Самохвалов, Владимир Николаевич

С177 **Проектирование штампов для листовой штамповки деталей летательных аппаратов:** учебное пособие / *В.Н. Самохвалов, Е.Г. Громова.* – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. – 80 с.

ISBN 978-5-7883-1653-6

Рассмотрены вопросы проектирования штампов для листовой штамповки летательных аппаратов.

В учебном пособии приведены рекомендации по выбору материалов для изготовления штампа, рекомендации по сборке штампов, а также прочностные расчеты основных конструктивных элементов штампов.

Предназначено для обучающихся по основным образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 24.03.04 Авиастроение, 27.03.02 Управление качеством, 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и по специальности 24.05.07 Самолётостроение и вертолётостроение.

Подготовлено на кафедре производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении.

УДК 621.98(075)
ББК 34.623я7

ISBN 978-5-7883-1653-6

© Самарский университет, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. Выбор материалов для изготовления деталей штампа | 6 |
| 1.1. Материалы рабочих элементов штампа | 7 |
| 1.2. Материалы деталей блока и крепежно-установочных деталей | 13 |
| 2. Сборка штампов..... | 17 |
| 2.1. Требования, предъявляемые к изготовлению штампов | 17 |
| 2.2. Отработка конструкции штампов и их элементов на технологичность | 21 |
| 2.3. Разработка технических требований на изготовление и эксплуатацию штамповой оснастки | 23 |
| 2.4. Особенности сборки штампов | 28 |
| 3. Расчет деталей штампов на прочность | 39 |
| 3.1. Условия работы и расчет пуансонов разделительных штампов..... | 39 |
| 3.2. Условия работы и расчет вырубной матрицы | 44 |
| 3.3. Условия работы и расчет плит штампов..... | 48 |
| 3.4. Условия работы и определение диаметра направляющих колонок..... | 56 |
| 3.5. Расчет подкладных плит..... | 58 |
| 3.6. Расчет съемников | 59 |
| 3.7. Расчет и подбор пружин для съемников, выталкивателей и прижимов | 63 |
| 3.8. Расчет необходимого количества и подбор крепежных деталей в штампе..... | 67 |
| 4. Выполнение требований техники безопасности | 71 |
| 5. Содержание и порядок выполнения работы по проектированию штампа | 75 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 79 |

ВВЕДЕНИЕ

Цель учебного пособия – ознакомить обучающихся с составом и методикой проектирования и изготовления штампов для листовой штамповки, которую можно использовать при выполнении курсового и дипломного проектов. Общие сведения о типовых конструкциях штампов, составе блока и пакета штампа, конструкции из основных элементов, изложены в первой части учебного пособия.

Конструкция штампа оценивается с точки зрения работоспособности, технологичности изготовления, а также возможности сборки и ремонта. В процессе проектирования необходимо стремиться к нахождению простых решений. В соответствии с намеченной технологией выбор штампов осуществляется по следующим признакам: по роду операций и степени их совмещенности (однооперационные и комбинированные); по конструктивному отличию (с направляющими и без них); по эксплуатационным условиям (с ручной и автоматической подачей); по способу удаления деталей и отходов.

Выполнение конструкторских расчетов включает: определение размеров деталей блока штампа (плиты штампов, направляющие элементы, хвостовики) из условия прочности при различных схемах нагружений; определение геометрических параметров приводов в штампах (пружин, резиновых блоков, буферов и жестких выталкивателей, клиновых систем рычажных и др. приводов); определение центра давления штампа, предназначенного для изготовления деталей с несимметричным контуром; определение исполнительных размеров рабочего инструмента пуансона и матрицы; проверка на прочность рабочих деталей штампов (матриц и пуансонов для проведения разделительных операций), отдельных

деталей штампов при действии сдвигающих и нормальных усилий в условиях проведения гибочных операций.

Штампы проектируются под конкретные виды оборудования в соответствии с их технической характеристикой. При этом предусматривается: максимальное использование нормализованных и стандартных деталей и узлов (до 70-90 %); удобство и безопасность в работе; технологичность изготовления и возможность восстановления рабочих деталей; получение штампуемых деталей с заданными качествами. Штампы проектируются в нижнем рабочем положении – так наилучшим образом увязывается взаимодействие рабочих, прижимающих и удаляющих деталей штампа, а также исключается возможность конструктивных ошибок из-за несогласованности верхней и нижней частей штампа.

При проектировании штампов необходимо пользоваться существующими Государственными стандартами, руководящими техническими материалами, отраслевыми нормами и только в том случае, если задание не может быть выполнено на их основании, возможно проектирование специальных деталей, узлов и конструкций.

1. Выбор материалов для изготовления деталей штампа

Правильный выбор материалов для изготовления деталей штампа и рациональный режим их обработки влияют на срок службы штампа. Материалы для рабочих деталей штампа необходимо выбирать в соответствии с характером операции, толщиной и свойствами штампуемого материала, конфигурацией и размерами получаемых деталей.

При изготовлении деталей холодноштамповочной оснастки применяют различные марки сталей и чугуна в соответствии с назначением, условиями эксплуатации и технологией изготовления деталей штампа. От правильного выбора материала для каждого вида деталей и соответствующего режима его термической обработки зависит работоспособность, прочность и сохранение размеров рабочих частей штампов. Так, например, для изготовления вырубного штампа для холодной штамповки из листового материала необходимо, чтобы сталь, идущая на изготовление пуансонов и матриц, обладала следующими основными свойствами:

а) была высокопрочной, так как в процессе работы штамп испытывает большие усилия и ударные нагрузки;

б) обладала высокой твердостью, потому что процесс резания (вырубку) можно выполнить лишь при условии, что твердость материала пуансона и матрицы штампа значительно больше твердости штампуемого материала;

в) обладала износостойкостью, так как долговечность работы вырубного штампа зависит от степени истирания его режущих кромок;

г) имела высокую вязкость, чтобы вследствие частых и сильных ударов режущие кромки не выкрашивались;

д) обладала хорошей закаливемостью, что обеспечивает от-

сутствие трещин после закалки и достаточную глубину закаленного слоя, дающую возможность неоднократно затачивать пуансон штампа и шлифовать зеркало матрицы.

Штамповые стали должны обладать также особыми технологическими свойствами:

а) хорошая обрабатываемость резанием и давлением (в холодном и горячем состоянии);

б) хорошая закаливаемость, т.е. возможность получить высокую твердость и равномерную мелкокристаллическую структуру;

в) малая чувствительность к перегреву, т.е. возможность закалки с нагревом до высоких температур;

г) малая деформация деталей при термической обработке;

д) небольшая чувствительность к обезуглероживанию при нагреве, снижающему твердость поверхностного рабочего слоя металла;

е) хорошая шлифуемость, определяющая высокий класс чистоты шлифованной поверхности и производительность шлифования.

1.1. Материалы рабочих элементов штампа

К рабочим частям (пуансонам и матрицам) штампов для резки предъявляются определенные требования, основными из которых являются следующие: способность материала противостоять большому давлению и ударам, хорошо сопротивляться износу от трения, сохранять острые режущие кромки без разрушения и затупления возможно больший период времени, а также иметь сравнительно небольшую стоимость.

Учитывая условия работы и стоимость сталей различных марок, идущих на изготовление пуансонов и матриц штампов для резки, при выборе материала для них в условиях массового производства можно руководствоваться следующими данными.

При вырубке (пробивке, обрезке) деталей простой конфигура-

ции из материала толщиной до 3...4 мм для пуансонов можно применять инструментальную углеродистую сталь марок У8А и У10А. Для вырубki деталей сложной конфигурации, а также при толщине материала свыше 4 мм следует применять инструментальную легированную сталь марок Х12, Х12М, 9ХВГ при твердости после закалки HRC 56...58.

Для матриц в первом случае можно рекомендовать стали У8А, У10А; во втором случае – Х12, Х12М, 5ХВ2СДХВГ, Х12ТФ, Х12Ф1, а также 7ХГ2ВФМ. Твердость после закалки HRC 58...60.

В разделительных штампах твердость подвижного инструмента выполняется на 2...4 единицы ниже (по шкале HRC) по отношению к неподвижному. Чаще таким инструментом является пуансон. Исключением является твердосплавный инструмент, при котором пуансон и матрица выполняются одинаковой твердости.

В таблице 1.1 приведены основные марки сталей и их заменители для рабочих частей штампов, а также режим их термической обработки.

Для гибочных, вытяжных и формовочных штампов самым важным является способность материала сопротивляться истиранию при значительных давлениях, т.е. обладать хорошей износостойкостью, а для формовочных штампов – также стойкостью ударному воздействию при работе в упор.

При штамповке деталей простой формы рабочие детали штампа изготавливают из инструментальной стали марок У8А и У10А. При этом для штамповки из материала толщиной до 1 мм применяют сталь марки У8А, а при толщине до 3...4 мм – У10А.

Пуансоны и матрицы простой формы изготавливают из сталей У8А, 8ХФ. Твердость матрицы HRC 54...58, пуансона – HRC 52...56. Рабочие части сложной формы изготавливают из сталей Х12М и Х6ВФ (Х12Ф1). Твердость матрицы HRC 56...60, пуансо-

на – HRC 54...58. Вытяжные штампы конструктивно выполняются с прижимом или без прижима.

Пуансоны и матрицы небольших вытяжных штампов для прессов простого действия изготавливают из стали У10А. Твердость матрицы HRC 58...62, пуансона HRC 56...60. Пуансоны и матрицы крупных штампов прессов двойного действия изготавливают из чугуна СЧ 35. Отливки подвергаются искусственному или естественному старению. От качества обработки поверхностей пуансонов и матриц зависит долговечность штампа.

При штамповке деталей сложной формы при массовом производстве, а также в тех случаях, когда рабочие части штампа испытывают большие напряжения во время работы, следует применять легированные стали марок 9ХС, ХВГ, Х12М, Х12ТФ и Х12Ф1; твердость после закалки при этом должна составлять HRC 58...62. Рабочие части штампов рекомендуется азотировать.

При изготовлении крупных деталей и для формоизменяющих операций широкое применение находят штампы, изготовленные из специальных чугунов, примерно следующего химического состава (в %): 3,0...3,3 C; 1,6...2,2 Si; 1,6...2,0 Ni; 0,8...1,1 Cr; 0,6...1,0 Mn; до 0,3 P; до 0,1 S. Эти чугуны закаливаются в масле при температуре 850 °С и отпускаются при 350 °С. Твердость их HB 350.

В последнее время для штампов находит применение «графитизированная сталь», т.е. содержащая после специального отжига некоторое количество графита свыше 0,7 % (углерод отжига). Наличие в указанных сталях графита в виде микроскопически малых включений придает им антифрикционные свойства при штамповке (гибке, вытяжке и формовке), что исключает налипание и задиры материала и обеспечивает тем самым хорошее качество изделий и повышенную стойкость штампов.

Таблица 1.1. Основные марки сталей и их заменители для рабочих частей штампов и режим их термической обработки

| Тип штампа | Детали штампов | Марки материалов | | Твердость по HRC | |
|------------------------|---|--|--|------------------|----------|
| | | Рекомендуемые материалы | Заменяющие материалы | Матрицы | Пуансоны |
| Вырубные, пробивные | Пуансоны и матрицы простой формы для материалов толщиной до 3 мм. | У8А; У10А | У10, 7Х3 | 58...60 | 56...58 |
| | Пуансоны и матрицы сложной форм, а также для материалов толщиной свыше 3 мм | Х12М; Х12Ф1 | 9ХВГ; 5ХВ2С; Х12ТФ; 7ХГ2ВФМ | 56...60 | 54...56 |
| | Пуансоны и матрицы простой формы (азотировать) | У8А; У10А | У8; У10; Модифицированный Чугун МСЧ 32-52 | 58...60 | |
| Гибочные | Пуансоны и матрицы сложной формы (азотировать) | У10А; Х12; Х12М; Х6ВФ; Х12Ф1 | ШХ15, 9ХС, ХВГ; Х12ТФ | 58...60 | |
| | Пуансоны, матрицы, прижимы простой формы | Х12М; Х12Ф1 | Х12ТФ; графитизированная сталь ЭИ293 или ЭИ366 | 60...62 | |
| | Пуансоны, матрицы, прижимы сложной формы (азотировать) | У8А, У10А; МСЧ32-52; низколегированный чугун | Х12; 9ХС; ХВГ; ЭИ293, ЭИ366, ВК8 | 58...60 | |
| Вытяжные и формовочные | Пуансоны, матрицы, прижимы с повышенной износоустойчивостью (азотировать) | У10А; Х12; Х12М; ВК15; специальный никелевый чугун | Х12ТФ; 9ХС; ХВГ; ЭИ293; ЭИ366 | 58...60 | |
| | Детали штампов | Х12М; Х12Ф1; ВК8 | Х12ТФ; ВК15 | 60...62 | |

При изготовлении штампов употребляют графитизированную сталь двух марок ЭИ293 и ЭИ366. Из стали ЭИ293 изготавливают рабочие части гибочных и вытяжных штампов при штамповке материала толщиной до 2 мм, а из стали ЭИ366 – рабочие части гибочных, вытяжных и даже вырубных штампов при толщине штампуемого материала до 4...5 мм.

Стойкость штампов из графитизированной стали выше стойкости штампов, изготовленных из стали У8А, в 5...8 раз.

Матрицы для вытяжки мелких деталей при массовом производстве, а также в случае вытяжки с утонением, рекомендуется изготавливать в виде вставок – втулок или вкладышей из металлокерамических твердых сплавов ВК8, ВК12 и впаивать или впрессовывать их в специальные обоймы. Общая стойкость таких матриц достигает нескольких миллионов штук деталей.

Рабочие части разделительных штампов, эксплуатируемые в нормальных условиях, изготавливают из сталей У8А, У10А, 5ХГС, закаленных до твердости HRC 56...60. Пуансоны и матрицы сложного контура или работающие в тяжелых условиях изготавливают из технологичных для термообработки сталей Х12М и Х12Ф1, обработанных до твердости HRC 54...60.

Чтобы увеличить срок службы штампов для холодной штамповки и высадки, применяют рабочие вставки к штампам, изготовленные из твердых сплавов.

Штампы, армированные твердосплавными вставками, используются в крупносерийном и массовом производстве, где стойкость обычных стальных матриц и пуансонов оказывается недостаточной и приводит к необходимости изготовления большого числа штампов-дублеров. С применением твердых сплавов для вырубных штампов стойкость их увеличивается в 8 и более раз, а при штамповке высокопрочных листовых материалов типа нержавеющей, электротехнических и им подобных сталей, применение

твердых сплавов для рабочих частей штампов позволяет повысить их стойкость до 50 раз. При изготовлении деталей технологической оснастки металллокерамические твердые сплавы применяют в следующих случаях:

ВК6 – для пуансонов и матриц штампов холодной штамповки, быстроизнашивающихся деталей приспособлений, работающих на трение (центры и т.п.);

ВК8 – для дыропробивного инструмента; волочильных и калибровочных вставок, работающих по стали, цветным металлам и сплавам; для быстроизнашивающихся деталей приспособлений, работающих на трение; для направляющих, работающих с сильным износом и т.п.;

ВК10 – для дыропробивных и гибочных штампов, работающих в условиях умеренных нагрузок; для волочильных и калибровочных вставок, работающих по стали; для быстроизнашивающихся деталей приспособлений;

ВК15 – для деталей штампов, работающих при средних ударных нагрузках; для высадочного и дыропробивного инструмента, работающего в условиях повышенных напряжений.

При необходимости высокой твердости и точности в работе, а также при вырубке электротехнических и закаленных сталей, режущие части изготавливают из твердых сплавов ВК25, ВК30.

Штампы с твердосплавными вставками отличаются от стальных штампов некоторыми конструктивными особенностями, что определяется физико-механическими свойствами твердого сплава. При конструировании и изготовлении таких штампов необходимо обеспечить:

- повышенную жесткость конструкции штампа; повышенную износостойкость направляющих колонок, втулок, направляющих планок, упоров и других элементов штампа;

- надежное крепление твердосплавных вставок с тщательной пригонкой их к опорным поверхностям;
- минимальный вход пуансона в матрицу с применением ограничивающих упоров;
- устранение влияния неточности движения ползуна прессы на штамп, путем применения «плавающих» хвостовиков и симметричного расположения направляющих колонок относительно вырезаемого контура;
- увеличение зазоров между пуансоном и матрицей.

Детали, изготовленные из твердых сплавов, могут быть прикреплены к основаниям пуансонов и матриц запрессовкой или припаяны твердыми припоями, закреплены клиньями и винтами. Механическое крепление наиболее надежно и обеспечивает наибольший срок службы штампов. Применение штампов, оснащенных твердосплавными рабочими частями при крупносерийном и особенно при массовом производстве уменьшает удельную стоимость штамповой оснастки.

При проектировании гибочных штампов для массового производства предусматривают на рабочих частях сменные износостойкие вставки. Это упрощает конструкцию штампа и облегчает его обслуживание. Сменные вставки монтируют непосредственно на плите штампа или в матрицедержателе. Увеличенные затраты на изготовление более сложных штампов оправдываются снижением трудоемкости и улучшением качества изготовления изделий, а также повышенной стойкостью штампов.

1.2. Материалы деталей блока и крепежно-установочных деталей

Плиты обычно изготавливают из чугуна марок СЧ 20 или СЧ 25; неотчетственные — из чугуна СЧ 18, а повышенной прочности — из чугуна СЧ 30. При необходимости применяют стали 30Л или 40Л. В конструкциях плит предусматриваются элементы для креп-

ления – отверстия, пазы, полки или посадочные места для хвостовиков, а также приливы – для нанесения обозначений. Направляющие устройства обеспечивают нормальную и надежную работу штампа. Они служат для взаимного направления одной рабочей части штампа относительно другой, облегчения установки и наладки штампа на прессе, а также для транспортирования. В мелкосерийном производстве – для вырубki деталей с невысокой точностью и для простой гибки и вытяжки, допускается использование штампов без направляющих. Из направляющих устройств наиболее распространены колонки и втулки. Они применяются в мелких, средних штампах и в крупных разделительных штампах. В крупных формоизменяющих штампах применяются направляющие призмы и планки. В штампах с шариковым направлением в конструкцию направляющих устройств, кроме колонки и втулки, входит сепаратор с шариками. Шариковые направляющие применяются в разделительных штампах в случаях, когда обычные направляющие не обеспечивают требуемой точности и стойкости. У шариковых направляющих трение скольжения заменяется трением качения. Втулки, колонки, призмы, направляющие изготавливают из сталей 15 и 20. Их цементируют на глубину 0,5...1 мм. Твердость после закалки HRC 55...60. Такую же твердость имеют закаленные колонки и втулки из стали ШХ15.

Узлы и детали штампов обычно крепятся винтами с внутренним шестигранником. Иногда применяются болты с наружным шестигранником и винты со шлицами. Взаимно скрепляемые детали соединяют цилиндрическими штифтами с глухой посадкой. Штифты изготавливают из стали. Твердость HRC 45...50. Неподвижные (жесткие) соединения деталей штампов осуществляются с помощью посадок с натягом – запрессовкой в холодном состоянии или с нагревом охватываемой детали. Материалы и данные о термической обработке деталей штампов приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Материалы и термическая обработка различных деталей штампов

| Детали штампов | Марки материалов | | Твердость по HRC | Примечание |
|--|---|-------------------------|------------------|--|
| | Рекомендуемые | Заменяющие | | |
| Плиты штампов – верхние и нижние литые | Чугун СЧ 21-40, или СЧ 22-44, стальное литье 30Л, 40Л | Стальное литье 30Л, 40Л | - | - |
| Плиты пакетных штампов – верхние и нижние (прокат) | Сталь 35; 40 | Ст. 5; Ст. 3 | - | - |
| Хвостовики простые | Сталь 35; 40; Ст. 5 | | - | - |
| Хвостовики плавающие | У8; Сталь 40; 45 | | 45...50 | Сферическую часть головки калить |
| Направляющие колонки | Сталь 20; Сталь 15 | | 55...60 | Цементировать на глубину 0,5...1,0 мм и калить |
| Втулки | Сталь 20; Сталь 15 | | 55...60 | То же |
| Втулки для шариковых направляющих | ШХ15; ШХ9 | | 58...60 | Калить |
| Пуансоно- и матрицедержатели | Сталь 35; 40; Ст. 5 | | - | - |
| Прокладки под пуансон | У8А; Сталь 10; 15; Ст.2 | | 45...50 | Сталь 10; 15; Ст.2 цементировать и калить |
| Направляющие плиты для пакетных штампов, съемники | Сталь 40; 45; Ст. 5; Ст. 6 | | - | - |
| Прижимы, направляющие линейки | Сталь 40; 45; Ст. 5; Ст. 6 | | - | - |
| Клинья и ползушки: для штампов малых и средних размеров, для штампов больших размеров литые с закаленными планками | У10А; Х12Ф1 Сталь 45; 50 СЧ 24-44 | Х12ТФ; Сталь 40 | 56...58 и выше | Азотировать |

Окончание табл. 1.2.

| Детали штампов | Марки материалов | | Твердость по HRC | Примечание |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|------------------|---|
| | Рекомендуемые | Заменяющие | | |
| Упоры | У8А, Сталь 10; 15 | Сталь 45; 50 Ст.2 | 50...55 | Сталь 10; 15; Ст.2 цементировать и калить |
| Ловители | У8А | У10А | 50...55 | Рабочую часть калить |
| Штифты | У8А | Сталь 45; Ст.6 | 45...50 | - |
| Толкатели, шпильки буферные | Сталь 40; 45 | Ст. 5; Ст. 6 | - | - |
| Винты, болты | Сталь 35; 40 | Ст. 2; Ст. 3 | 40...45 | Цементировать и калить головки винтов для стали Ст. 2 и Ст. 3 |
| Пружины | 65Г; 60С2 | Рояльная проволока | 40...45 | - |

Быстросменные рабочие детали соединяются с державками при помощи дополнительных средств крепления – болтов, шариков, гаек и др.

2. Сборка штампов

2.1. Требования, предъявляемые к изготовлению штампов

К изготовлению штампов для холодной штамповки предъявляются следующие основные требования:

- высокая точность изготовления деталей и сборки;
- высокое качество обработки сопрягаемых и формирующих поверхностей деталей.

Высокое качество обработки поверхностей пуансонов и матриц штампа обеспечивает необходимую стойкость, а точная взаимная подгонка пуансона и матрицы – получение высококачественных деталей и высокую стойкость штампа в работе.

Штамповая оснастка в процессе эксплуатации находится под действием значительных нагрузок. Эти нагрузки различны по величине и направлению и зависят от характера работ, для которых предназначен штамп. Так, например, матрицы вырубных штампов при работе испытывают напряжение на изгиб, на разрыв и на срез; матрицы штампов ударного выдавливания испытывают напряжения на изгиб и разрыв, а пуансоны к этим штампам – напряжения на изгиб и сжатие. Выдержать все эти нагрузки сможет деталь штампа, для изготовления которой правильно выбран материал.

Способность штампов выдержать определенное количество вырубков до ремонта или до полного износа называют их стойкостью. Для вырубных штампов средняя стойкость составляет 15...20 тыс. деталей до переточки и 600...800 тыс. деталей до полного износа.

Точность изготовления деталей штампов связана с точностью, предъявляемой к детали, для которой предназначен штамп. Поэтому вопросы точности рассматриваются в каждом случае, исходя из назначения детали штампа и заданной точности штампуемой

детали. При этом все детали штамповой оснастки разделяются на две группы:

1) детали технологического назначения, непосредственно участвующие в формообразовании штампуемых деталей (матрицы, пуансоны); к изготовлению деталей этой группы предъявляются наиболее высокие требования;

2) детали конструктивного назначения, обеспечивающие связь и взаимную фиксацию частей штампа; детали этой группы изготавливаются с пониженной точностью.

Точность обработки поверхности отдельных участков деталей штампа обычно рассматривается в соответствии с принадлежностью их к одной из трех категорий:

- участки или отдельные элементы деталей, определяющие качество изготовления штампуемых деталей по конфигурации и размерам (рабочие окна матриц, рабочие части вырубных, вытяжных и других пуансонов) эти детали, наиболее трудоемкие и сложные по технике обработки, характеризуются наибольшей точностью изготовления и требуют соблюдения строгих допусков;

- сопрягаемые поверхности, обеспечивающие правильное положение в штампе отдельных его деталей, участвующих в формообразовании штампуемых изделий (плоскости соединения сборных матриц и их посадочные плоскости, установочные поверхности пуансонов, вкладышей, стержней, контурные окна направляющих и пуансонодержателей и т.д.); в большинстве случаев все эти поверхности (при некруглой форме) обрабатываются по месту индивидуальной подгонкой;

- поверхности и участки деталей, не влияющие на точность изготавливаемой детали (верхние и нижние плиты, плоскости пуансонодержателей, основания штампов и т.п.); эти поверхности обрабатывают по допускам свободных размеров.

Наиболее точного изготовления требуют матрицы и пуансоны

вырубных и пробивных штампов, а также направляющие колонки и втулки. Допуски на изготовление вырубных и пробивных пуансонов и матриц тесно связаны с величиной зазора между ними, так как повышенные допуски влекут за собой увеличение величины зазора. Кроме того, погрешности изготовления и измерения находятся в зависимости от номинальных размеров рабочих частей штампа. Таким образом, при установлении допусков на рабочие размеры пуансонов и матриц для операций вырубки и пробивки необходимо исходить из размеров штампуемой детали, ее точности, возможного износа штампа и правильных зазоров между рабочими частями штампа.

Так как износ матрицы приводит к увеличению размеров детали, а износ пуансона к уменьшению размеров детали, размеры матрицы нужно выдерживать минимально допустимые, а размеры пуансона максимальные. Номинальный размер матрицы $D_{M(ном)}$ берется равным наименьшему размеру детали:

$$D_{M(ном)} = D - \Delta,$$

где D – номинальный размер штампуемой детали, мм; Δ – допуск на размеры штампуемой детали, мм.

Предельные размеры матрицы и пуансона D_M и D_{II} при вырубке наружного контура:

$$D_M = (D - \Delta)^{+\delta_M},$$

$$D_{II} = (D - \Delta - z)_{-\delta_{II}},$$

где z – двусторонний зазор между матрицей и пуансоном, мм; δ_M и δ_{II} – допуски на изготовления матрицы и пуансона, мм.

При пробивке отверстий:

$$D_M = (D + \Delta)^{+\delta_M},$$

$$D_{II} = (D + \Delta + z)_{-\delta_{II}}.$$

Допуски на изготовление пуансонов и матриц берут по таблицам допусков (в зависимости от их номинальных размеров) по 2-му классу точности. При штамповке других деталей (стержни винтов и отверстия под них, просверленные отверстия в матрицах и нижних плитах) обрабатывать по 4-му классу чистоты;

Опорные поверхности, к которым не предъявляются высокие требования (опорные поверхности винтов, поверхности хвостовиков, соприкасающиеся с ползуном прессы), обрабатывать по 5-му классу. Неподвижные соединения пуансонов с пуансонодержателем некруглой формы, а также круглой формы, выполняемые по 3-му классу точности (отверстия под пуансоны в пуансонодержателях. Поверхности выталкивающих штифтов, неподвижные соединения пуансонов с ловителями, прилегающие поверхности плит блока), при зазорах между матрицей и пуансоном более 0,05 мм, обрабатывать по 6-му классу чистоты;

Неподвижные соединения деталей круглой формы, изготавливаемые по 2-му классу точности (соединения пуансона или пуансона-матрицы круглой формы с пуансонодержателем, соединения установочных штифтов, упоров, направляющих втулок колонок, прилегающие и опорные поверхности пакета, выталкивателей, съемника, плит блока), при зазорах между матрицей и пуансоном менее 0,05 мм обрабатывать по 7-му классу чистоты;

Рабочие поверхности матриц и пуансонов, оформляющие контур вырезаемых или изгибаемых деталей, а также поверхности вытяжных пуансонов, поверхности скольжения, выполняемые по 1-2-му классам точности (подвижные соединения направляющих колонок и втулок и т.п.), обрабатывать по 8-му классу чистоты;

Рабочие поверхности: матриц, прижимов и выталкивателей вытяжных штампов, рабочие поверхности вырезных штампов при штамповке мягких цветных металлов и сплавов, а также неметаллических материалов; рабочие поверхности пуансонов и матриц

зачистных штампов; поверхности качения в блоках с шариковыми поправляющими; поверхности подвижных соединений направляющих колонок и втулок в блоках прецизионных штампов необходимо выполнять по 9-10-му классам чистоты.

2.2. Обработка конструкции штампов и их элементов на технологичность

Проектируя штамп, надо всегда помнить о том, что он должен быть изготовлен в металле. Чем сложнее конструкция деталей штампа, тем труднее его будет изготовить и тем, следовательно, он будет дороже. И дело даже не в дороговизне. На изготовление сложной с технологической точки зрения конструкции будет затрачено больше времени и, следовательно, увеличится цикл изготовления оснастки. Поэтому надо всегда стремиться к созданию таких деталей и узлов штампа, которые можно изготовить наиболее легко с минимальными затратами труда и времени.

Наиболее простыми в изготовлении являются элементы деталей, имеющие форму тел вращения. Поэтому целесообразно в конструкции предусматривать сопряжение деталей при сборке по цилиндрическим поверхностям. Даже у деталей со сложной конфигурацией рабочих элементов, например, у пуансонов, следует зону посадки делать цилиндрической формы, как наиболее технологичную (рис. 2.1). Не следует допускать острых углов, особенно во впадинах рабочих деталей, подвергаемых закалке, так как в них больше концентрируются внутренние напряжения, приводящие детали к разрушению. В этих же целях не следует допускать большой разницы в толщине смежных стенок деталей. Детали, имеющие сложную конфигурацию и трудоемкие в изготовлении, целесообразно делить па несколько деталей простой формы, более удобных для изготовления, предусматривая простые методы их взаимного соединения.

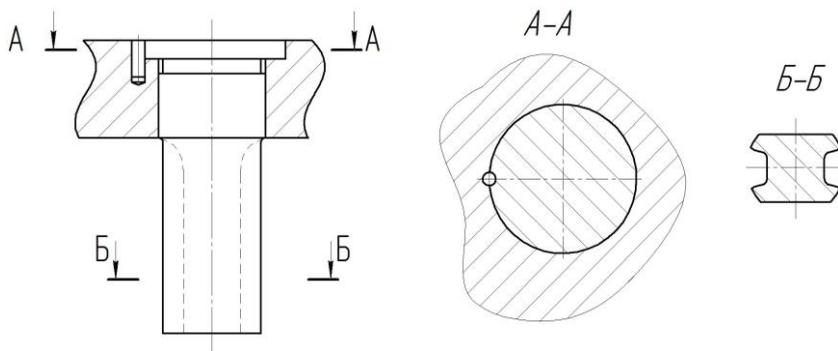


Рис. 2.1. Посадочное место со сложной конфигурацией элементов

Большие детали штампов, изготавливаемые литьем, целесообразно делать пустотелыми, что облегчит транспортировку и эксплуатацию штампов. В целях сокращения механической обработки надо уменьшать размеры обрабатываемых поверхностей, уменьшая, например, зоны деталей, по которым осуществляется их сопряжение. Следует также стремиться к тому, чтобы отдельные поверхности, особенно у крупных деталей, не обрабатывались и оставались такими, какими они получены после литья или штамповки.

Углы несквозных окон, предназначенных для посадки деталей, надо делать не острыми, а с закруглениями, обеспечивающими свободный доступ инструмента при их обработке. В отдельных случаях следует предусматривать специальные выходы для инструмента в виде технологических отверстий (рис. 2.2).

При обработке различных окон и выемок должен предусматриваться свободный доступ к ним режущего измерительного инструмента. При сложном контуре деталей, получаемых вырубкой, особенно три больших габаритных размера, целесообразно применять секционные матрицы, которые проще в изготовлении и менее подвержены короблению при термообработке [4, 7].

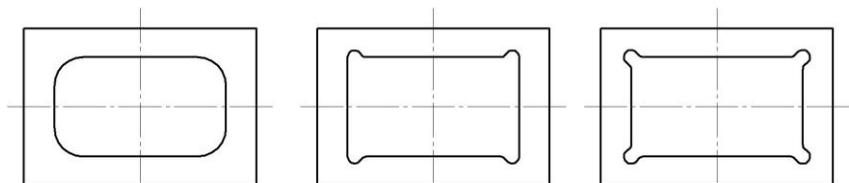


Рис. 2.2. Примеры выполнения глухих и сквозных посадочных мест для крепления рабочих элементов штампов

2.3. Разработка технических требований на изготовление и эксплуатацию штамповой оснастки

Качество штампа, а, следовательно, и качество изготовленных им деталей обеспечивается не только за счет рациональности его конструкции, но и за счет эффективной технологии изготовления и правильной его эксплуатации. Поэтому конструктор, проектируя штамп, обязан разработать технические требования на его изготовление и эксплуатацию, которые должны обеспечить его нормальную работу. Наибольшую трудность представляет обеспечение высокого качества и эксплуатационной надежности штампов для разделительных операций, поэтому требования к этим штампам разрабатываются наиболее полно и являются более строгими.

Технические требования приводятся в сборочных чертежах и чертежах деталей, они учитываются при разработке технологического процесса изготовления штампа. К основным требованиям можно отнести следующие:

- строгая параллельность вертикальных поверхностей всех вырубных и пробивных пуансонов и их перпендикулярность к плоскости матрицы;

- строгая параллельность поверхностей верхней и нижней плит блока, она выдерживается обычно в пределах 0,01 мм на каждые 100 мм ширины или длины плит;

- строгая параллельность осей колонок, которая выдерживается в пределах 0,01 мм на 100 мм длины колонок;

- строгая перпендикулярность осей колонок и втулок к поверхностям плит (в пределах, предусмотренных ГОСТ 13139-74);

- перемещение верхней части блока относительно нижней должно осуществляться без чрезмерного усилия и вместе с тем без ощутимого люфта. Колонки и втулки должны быть тщательно взаимно притерты. Верхняя плита, поднятая в крайнее положение, должна плавно опускаться под действием собственной массы без заедания;

- хвостовик должен быть расположен симметрично относительно осей направляющих втулок и колонок при строгой перпендикулярности его оси к верхней плоскости плиты блока;

- крепежные винты и болты должны быть затянуты до отказа при надежной запрессовке фиксирующих и контрольных штифтов. В процессе эксплуатации штампа степень затяжки крепежных элементов должна периодически проверяться.

В зависимости от технологического назначения разделительного штампа его рабочие элементы изготавливают по разной технологии. У вырубных штампов первой изготавливают матрицу, так как от точности ее рабочей проймы зависит точность штампуемой детали. Пуансон изготавливают по готовой закаленной матрице путем оттиска и последующей обработки его с заданным зазором от контура матрицы.

При пробивке отверстий их размеры определяются размерами пуансонов. Поэтому пуансон дыропробивного штампа изготавливают первым. Затем на заготовке матрицы с предварительно обработанной рабочей проймой делают оттиск пуансоном (пуансон должен быть закаленным), после чего контур матрицы обрабатывают окончательно с учетом необходимого зазора. Аналогичным образом по готовым пуансону и матрице могут быть обработаны съемники, выталкиватели, пуансоно- и матрицедержатели штампов.

Способ обработки и взаимного согласования размеров и формы рабочих и вспомогательных элементов штампа является одним из основных технологических требований и должен быть отражен в рабочих чертежах в виде технических требований.

Существенное значение для обеспечения большой стойкости штампа и высокого качества кромки среза с образованием минимальных заусенцев играет равномерность зазора между пуансоном и матрицей, но периметру резки. Это требование указывается на сборочном чертеже в следующем виде: «При сборке штампа обеспечить заданную величину и строгую равномерность зазора между пуансоном и матрицей по всему периметру резки с точностью ... мм». Особо точное и равномерное распределение зазора надо соблюдать при штамповке тонких листовых материалов.

Во вновь проектируемых штампах не всегда удается, а иногда и нецелесообразно устанавливать размеры на рабочие поверхности пуансона и матрицы. В этих случаях изготовление элементов может быть произведено непосредственно по чертежу штампуемой детали или по шаблонам, изготовленным по соответствующим первоисточникам увязки. Указание по этому вопросу следует привести в текстовой части сборочного чертежа штампа.

Кроме указанных технических условий, касающихся технологии изготовления штамповой оснастки, студент обязан разработать требования к условиям эксплуатации спроектированного штампа. В них должно быть указано, на каком прессе следует работать штампом спроектированной конструкции, какие при этом надо применить средства механизации или автоматизации технологического процесса штамповки детали и использовать стандартные или специальные средства обеспечения безопасности набаты.

Разрабатываются также требования по обеспечению нормальной эксплуатации штампа, обеспечивающие его высокую стойкость, долговечность и надежность работы. К ним относятся,

например, требования, связанные с периодической смазкой трущихся поверхностей, проверкой и подтяжкой крепежных элементов и т. п. Полезно также разработать соответствующие требования к установке штампа на прессе, его настройки и проверки качества работы после установки.

Разработанные студентом технические требования, обеспечивающие высокие эксплуатационные свойства спроектированной штамповой оснастки, вносятся в рабочие чертежи. Все требования, как следует из выше изложенного, делятся на две категории:

1. Технологические, связанные с изготовлением деталей и сборкой штампов.

2. Эксплуатационные, связанные с использованием штамповой оснастки в производстве.

Требования, связанные с изготовлением деталей, вносятся в основном в детальные чертежи, а относящиеся к сборке и эксплуатации штампов – в сборочные чертежи. Технологические и эксплуатационные требования на сборочных чертежах записываются раздельно в повелительном наклонении под соответствующими заголовками. Их текст должен быть кратким, лаконичным и однозначно определять характер предъявляемых требований. В качестве примера приводим рекомендуемую форму записи.

Технологические требования

1. Обеспечить параллельность вертикальных поверхностей всех вырубных и дыропробивных пуансонов и их перпендикулярность к плоскости матрицы в пределах 0,01 мм на 100 мм их длины.

2. Обеспечить параллельность поверхностей верхней и нижней плит блока в пределах не более 0,01 мм на каждые 100 мм ширины и длины плит.

3. Обеспечить параллельность осей направляющих колонок с точностью 0,01 мм на 100 мм их длины.

4. Обеспечить перпендикулярность осей направляющих колонок к поверхностям плит с точностью 0,01 мм на 100 мм длины колонок.

5. Ребра А изготовить острыми. Остальные ребра и кромки притупить и т.д.

Эксплуатационные требования

1. Работать на прессе ... с усилием ... кН.

2. Работать с автоматической подачей при установленном шаге ... мм.

3. Отштампованные детали удалять сжатым воздухом.

4. Заготовки (детали) закладывать в штамп пинцетом.

5. Отштампованные детали удалять сбрасывающим устройством ... смонтированным на прессе.

6. Работать с включенной блокировкой.

7. Работать с двуручным управлением.

8. Работать с защитной решеткой.

9. Работать с наклоненной станиной пресса.

10. Направляющие колонки и втулки смазывать через каждые 20 часов работы и т. д.

В случае необходимости в качестве основных требований на сборочном чертеже приводятся наименования отдельных операций технологического процесса сборки штампа, направленные на улучшение его эксплуатационных свойств и повышение качества штампуемых деталей. Например, «Направляющие втулки залить пластмассой на основе смолы ЭДб с цементным наполнителем».

В технических требованиях на сборочном чертеже в случае необходимости экспериментального уточнения размеров рабочих элементов штампа допускается приводить соответствующие указания на этот счет, например, «Угол пуансона откорректировать на угол пружинения детали, который определить экспериментально».

Размеры соответствующих рабочих элементов штампа, подлежащих уточнению, при этом заключаются в круглые скобки.

В технических условиях указывают также марку прессы и его технические характеристики (ход ползуна, количество двойных ходов в минуту и т.д.).

Текстовая часть сборочного чертежа, относящаяся к техническим требованиям, в соответствии с ГОСТ 2.316-2008 размещается над основной надписью (между угловым штампом чертежа и операционным эскизом) со сквозной нумерацией пунктов. На деталь-ных чертежах текст технических требований размещают над основной надписью, допускается их размещение и в других свобод-ных местах на чертеже.

2.4. Особенности сборки штампов

Сборка является завершающим и наиболее ответственным этапом в изготовлении штампов. Малейшая небрежность в сборке может привести к уменьшению срока службы штампа или вызвать аварию при его эксплуатации. Сборка штампов сводится к выполнению следующих работ:

- комплектование и проверка качества деталей для штампов;
- выполнение отдельных слесарных и механических операций с целью подготовки деталей к сборке (снятие фасок, сверление, зенкование и нарезание отверстий под винты, сверление и развертывание отверстий под контрольные шпильки и т. п.);
- сборка матрицы с нижней плитой;
- сборка пуансонов с пуансонодержателями;
- выверка и подгонка опорной плоскости пуансонодержателей и режущих поверхностей пуансонов;
- сборка верхней и нижней плит на направляющих колонках;
- установка и крепление пуансонодержателей с пуансонами к верхней плите;
- монтаж съемно-удаляющих и установочных деталей;

- общая сборка с проверкой действия подвижных частей и зазоров между рабочими частями;

- испытание штампа на прессе, выявление недостатков и их устранение;

- пробная штамповка деталей, маркировка штампа и сдача готового штампа в отдел технического контроля (ОТК).

При сборке штампов необходимо обращать особое внимание на качество обработки всех идущих в сборку деталей, на соответствие их геометрической формы и размеров указаниям чертежа. К вырубным штампам при сборке предъявляют следующие требования:

- соблюдение геометрической формы и размеров окон в матрице и контура пуансона в соответствии с чертежом;

- обеспечение прямолинейности вертикальных стенок окон в матрице и уклона, расширяющегося книзу;

- соблюдение шагового расстояния между контурными окнами, отверстиями под проколочные пуансоны и окнами под шаговые ножи; обеспечение параллельности их внутренних рубящих сторон;

- отсутствие положительного уклона на пуансоне, увеличивающегося в сторону хвостовой части;

- обеспечение равномерного зазора между стенками контурных окон и поверхностями пуансонов после установки последних в пуансонодержатель;

- соблюдение шаговых расстояний матрицы в штампах последовательного действия и увеличение окон под шаговые ножи на 0,2...0,3 мм в штампах с ловителями;

- равномерность расчеканки (расклепывания) головок контурных пуансонов и ножей (предотвращает их перекося в пуансонодержателе);

- надежность крепления пуансонов и ножей в пуансонодержателе за счет плотной посадки их в окна (а не за счет расчеканки);
- перпендикулярность пуансонов и ножей к плоскости пуансонодержателя и их равная высота;
- отсутствие уклонов в окнах направляющей плиты и правильное сопряжение их с пуансонами без заметного зазора;
- надежность запрессовки направляющих колонок и втулок в плитах блока и правильность их взаимного расположения (по расстояниям между центрами);
- перпендикулярность колонок и втулок к опорным плоскостям плит блока и взаимная параллельность плоскостей плит блока.

После проверки правильности изготовления всех деталей штампа приступают к его сборке. При изготовлении вырубных, пробивных и комбинированных штампов последовательного действия сборку начинают с установки направляющих линеек. Увеличенный размер между линейками приводит к тому, что штампуемая деталь получится разносторонней. Если на пуансонах имеются ловители, то размер между линейками может быть больше расстояния между ножами на 0,2...0,3 мм. После крепления струбцинами обеих линеек, в них через матрицу сверлят и развертывают отверстия под контрольные штифты. Запрессовку пуансонов в пуансонодержатель выполняют после установки направляющей плиты.

Точное совпадение окон направляющей плиты и матрицы обеспечивается тем, что контурные пуансоны и ножи, вставляемые через направляющую плиту в матрицу на глубину 3...4 мм, не дают ей возможности смещаться от правильного положения. Закрепив в таком положении струбцинами матрицу и направляющую плиту, сверлят и калибруют разверткой через матрицу отверстия под контрольные штифты, а после установки штифтов

сверлят отверстия под крепежные винты. После этого устанавливают пуансоны и ножи в пуансонодержатель.

Эту операцию выполняют обычно последовательно, начиная с установки основного (контурного) пуансона, вырубавшего деталь (рис. 2.3, а).

В пуансонодержатель вставляют вырубавший контур детали пуансон 2, соблюдая его перпендикулярность к плоскости пуансонодержателя. После установки контурного пуансона в окно пуансонодержателя вставляют следующий пуансон или нож. При этом, на пуансонодержатель накладывают матрицу и контролируют, чтобы зазоры при надевании матрицы на пуансоны и нож были равномерными по всему контуру.

Пуансоны должны быть слегка запрессованы в пуансонодержатель. Чем больше в штампе пуансонов, тем сложнее их установка в штампе. С целью облегчения этой операции применяют не запрессовку пуансонов в пуансонодержателе, а заливку их легкоплавким сплавом или быстротвердеющей пластмассой (рис. 2.3, б).

Установка пуансонодержателей, собранных с пуансонами, может быть выполнена различными двумя способами. В первом случае, сначала собирают матрицу с нижней плитой штампа, а пуансонодержатель с пуансоном и ножами – с верхней плитой (рис. 2.3, в). После этого верхнюю часть штампа соединяют с нижней так, чтобы между пуансоном 2 и матрицей 4 поместились пластинки фольги 8 толщиной, равной технологическому зазору. Затем верх штампа опускают на две параллельные подкладки 5. В таком виде пакет готов к растачиванию с одной установки всех отверстий для направляющих колонок и втулок.

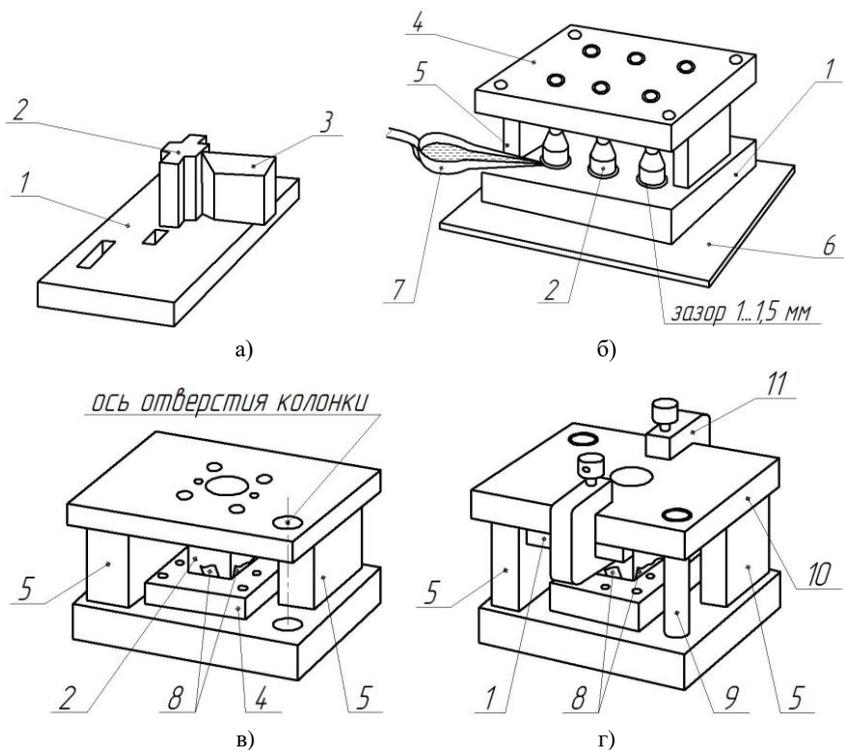


Рис. 2.3. Примеры сборки штампов: а) установка пуансона в пуансонодержатель, б) заливка пуансонов расплавленным сплавом, в) и г) – способы установки пуансонодержателя; 1 – пуансонодержатель, 2 – пуансон, 3 – лекальный угольник, 4 – матрица, 5 – подкладка, 6 – асбестовая прокладка, 7 – ковш, 8 – фольга, 9 – колонка, 10 – верхняя плита, 11 – струбцина

По второму способу (рис. 2.3, г) заранее собирают пакет штампа, т.е. матрицу соединяют с нижней плитой и закрепляют штифтами, затем, пользуясь листочками фольги 8, собранный с пуансонодержателем пуансон устанавливают в отверстие матрицы, соблюдая заданный зазор. После этого верхнюю плиту 10 опускают по колонкам 9 до соприкосновения ее с опорной плоскостью пуансонодержателя 1 и опускают на параллельные проклад-

ки. Скрепив в таком положении струбцинами 11 пуансонодержатель с верхней плитой 10, высверливают в них и развертывают сквозные отверстия под штифты. После постановки штифтов в пуансонодержателе и верхней плите выполняют отверстия под крепежные винты. Этим обеспечивается правильная сборка штампа.

При сборке блочных штампов пакет штампа устанавливают в блок в такой последовательности (рис. 2.4).

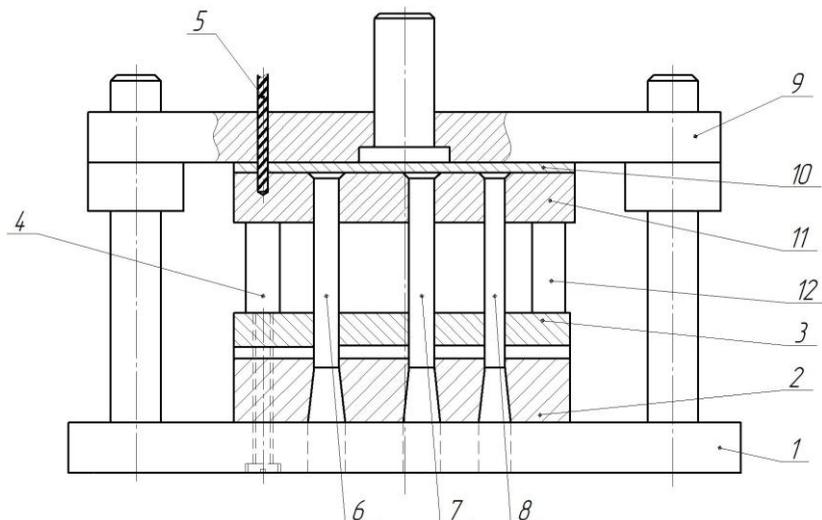


Рис. 2.4. Блок штампа: 1 – нижняя плита, 2 – матрица, 3 – съёмник, 4, 12 – прокладки, 5 – сверло, 6, 7, 8 – пуансоны, 9 – верхняя плита, 10 – прокладка, 11 – пуансонодержатель

Сначала нижнюю часть штампа – матрицу 2 со съёмником 3 – ставят по центру нижней плиты 1 блока, сжимают струбцинами и через матрицу сверлят в нижней плите блока отверстия под винты. После сверления этих отверстий на проход и привертывания матрицы к плите блока снова через матрицу сверлят и развертывают отверстия под контрольные штифты. Затем штифты устанавливают

ют на место. Перед креплением верхней части штампа пуансоны 6, 7 и 8, установленные в пуансонодержателе 11, вводят на глубину 1,5...2,0 мм в окна матрицы 2. Чтобы избежать перекосов, между съемником 3 и пуансонодержателем 11 ставят две параллельные и одинаковые по высоте прокладки 12 и 4. На установленный таким образом штамп опускают верхнюю плиту блока 9.

Применяют два способа крепления верхней части штампа к плите блока. При первом способе пуансонодержатель крепят двумя струбцинами к плите блока, снимают ее с колонок и через пуансонодержатель в плите блока сверлом 5 сверлят отверстия, которые затем разворачивают под контрольные штифты. После их установки сверлят отверстия под винты. Этот способ имеет тот недостаток, что при непрочном креплении струбцинами пуансонодержатель может сдвинуться и нарушить правильное сопряжение с матрицей. Отверстия под винты сверлят через пуансонодержатель после установки контрольных штифтов и разборки штампа. Недостатком этого способа является то, что прокладка 10 подвергается термической обработке только после сверления всех отверстий, что задерживает сборку штампа.

Установка штампа в блок. Правильность установки пуансонов, упоров, шагового расстояния, ширины прохода для полосы или ленты между направляющими линейками и т.д. проверяют полосками бумаги или картоном, имеющими такую же толщину и ширину, как и у штампуемого материала.

Контроль и наладка штампов. После сборки штампы осматривают и проверяют соответствие их размеров и формы техническим условиям.

В гибочных, вытяжных и прессовочных штампах необходимо проверять правильность сочетания элементов профиля и рельефов, согласованность взаимного расположения верхней и нижней частей штампа и правильность взаимодействия сопрягающихся де-

талей и узлов. Наиболее надежным способом комплексного контроля качества изготовления штампа служит испытание его в производственных условиях, т.е. установка штампа на пресс и пробная штамповка.

Испытание проводят на оборудовании и заготовках штамповочного цеха, на специально предназначенных для испытания и отладки штампов прессах.

В период испытания нужно тщательно соблюдать все правила эксплуатации штампов. При установке штампа на пресс необходимо соблюдать следующие правила:

- устанавливать штамп только на тот пресс, который пригоден для испытания данного штампа;

- перед установкой штампа убедиться в исправности пресса, наличии необходимых ограждений и принадлежностей, исправном состоянии всех предохранительных устройств и правильном регулировании зазоров в направляющих ползуна;

- следить, чтобы при установке штампа на плите пресса не было ненужных предметов и инструментов; опорные поверхности штампа и поверхность плиты протереть;

- при установке тяжелых штампов применять подъемные механизмы;

- при установке штампов, работающих с использованием пневматического буфера, проверить, не забиты ли отверстия в плите пресса отходами (высечками) и мусором и нет ли отходов на поверхности самого буфера; кроме этого, проверить длину передаточных стержней;

- устанавливать штамп на пресс только тогда, когда расстояние между ползуном пресса (при его нижнем положении и регулировании хода вверх) и плитой стола больше высоты сомкнутого штампа;

- при установке вырубных, обрезных и дыропробивных штампов ползун отрегулировать так, чтобы глубина проникновения пуансона в матрицу равнялась толщине штампуемого материала;

- устанавливая гибочные и формовочные штампы, предназначенные для штамповки металла толщиной до 2 мм, шатун прессы отрегулировать на соприкосновение пуансона с матрицей. Если толщина штампуемого металла более 2 мм, то перед регулированием шатуна заложить полоски штампуемого металла;

- для обеспечения безопасности работы и сохранения хорошей стойкости штампа надежно крепить штампы к прессам; для крепления штампа пользоваться специальными планками, скобами, болтами и шайбами; не пользоваться кусками металла в качестве планок и подкладок.

На прессах, находящихся в длительной эксплуатации, плоскость стола может быть наклонена к опорной плоскости ползуна прессы (т.е. плоскость стола неперпендикулярна к оси ползуна). Угольником и индикатором на штативе необходимо проверить положение стола, чтобы учесть имеющиеся отклонения при монтаже штампа. После осмотра прессы и его механизмов и очистки стола устанавливают нужный ход ползуна и межштамповую высоту для выполнения заданной операции и приступают к монтажу штампа. Если штампуемые детали должны проваливаться в окно стола прессы, необходимо проверить, соответствует ли отверстие стола размеру штампуемой детали. Если детали проваливаться не должны, то штамп устанавливают на шлифованных подкладках с тем, чтобы кованные детали можно было вынимать из-под нижней плиты штампа.

Прокладки нужно устанавливать как можно ближе к окнам нижней плиты штампа, чтобы плита меньше работала на изгиб, но отштампованные детали могли свободно проваливаться.

Установка и наладка мелких и средних штампов. В штампах, предназначенных для установки на прессах усилием менее 100 тонн, обычно имеется хвостовик, которым верхняя часть штампа соединяется с ползуном прессы. При больших размерах верхней плиты штампа такого способа крепления верхней части штампа бывает недостаточно, и плиту крепят дополнительно болтами через отверстия в ползуне и штампе. Нижнюю часть штампа можно крепить к плите прессы двумя способами: планками или скобами за полки плиты с помощью болтов и болтами через пазы в полках нижней плиты штампа. Последний способ более надежен.

Поместив сомкнутый штамп на стол прессы так, чтобы хвостовик вошел в гнездо ползуна, опускают ползун в его нижнее положение и предварительно закрепляют верхнюю часть штампа на ползуне. Затем вращением винта шатуна ползун опускают до плотного прилегания его плоскости к поверхности верхней плиты штампа и хвостовик штампа окончательно зажимают прижимом, болтами и гайками. После этого медленными движениями ползуна вверх и вниз проверяют центрирование штампа и устраняют смещения и перекосы. Для крепления нижней плиты штампа болты с надетыми на них прихватами, шайбами и гайками вставляют в пазы стола прессы и придвигают к штампу, затем укладывают прихваты на нижнюю плиту штампа и равномерно, чтобы не было перекоса штампа, затягивают гайками. При правильном креплении прихват должен лежать параллельно столу прессы и опираться одним концом на плиту штампа, а другим – на подкладку. Нельзя применять при креплении штампа набор случайных планок и гаек, которые могут привести к поломке штампа и выходу прессы из строя. При окончательном креплении штампа необходимо проверить щупом плотность прилегания опорной поверхности нижней плиты к зеркалу стола прессы по всему периметру. При обнаруже-

нии зазоров штамп устанавливают на подкладках, затем проверяют в движении на отсутствие перекосов. После закрепления верхней и нижней частей штампа, ползун пресса регулируют по высоте. Если штамп имеет направляющие колонки, то после установки и закрепления его на прессе следует проверить на нескольких холостых ходах пресса работу направляющих.

3. Расчет деталей штампов на прочность

Многообразие форм и размеров штампуемых деталей определяет различные формы и размеры деталей штампов. Установление оптимальных размеров элементов штампа является трудной задачей. Формы и размеры элементов штампов, близкие к оптимальным, т.е. обеспечивающие необходимую точность и качество получаемых деталей, конструктор может установить расчетным путем.

Для прочностного расчета деталей штампов необходимо знать допускаемые напряжения или деформации и величину, направление и очередность действия сил.

3.1. Условия работы и расчет пуансонов разделительных штампов

При проектировании разделительных штампов производят поперечные расчеты пуансонов на продольный изгиб и сжатие.

Пуансон теряет устойчивость на рабочем участке при появлении пластического и упругой деформации или от разрушения в поперечном направлении [4]. Таким образом, проверка пуансона возможна по двум вариантам:

1) на устойчивость по формуле Эйлера:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{4l_1^2 \eta_d} \geq P [4], \quad (3.1)$$

где $P_{кр}$ – критическая нагрузка, вызывающая продольный изгиб, Н; E – модуль упругости материала пуансона (для инструментальной стали $E = 2,2 \times 10^5$ МПа), Па; J – момент инерции наименьшего сечения пуансона, мм²; l_1 – длина рабочего участка пуансона, см; η_d – коэффициент динамичности, учитывающий ударный характер

нагрузки при вырубке-пробивке ($\eta_d = 2 \dots 3$ при установке штампа на универсальный кривошипный пресс); P – потребное (технологическое) усилие, Н.

Осевой момент инерции относительно центральных осей:

- для круглого сечения

$$J = \frac{\pi d^4}{64} \approx 0,05d^4,$$

где d – диаметр рабочей части пуансона, мм;

- для прямоугольного сечения

$$J = \frac{bh^3}{12},$$

где b и h – меньшая и большая стороны прямоугольного сечения рабочей части пуансона, мм.

2) на сжатие и устойчивость из условия прочности:

$$P_{\text{ист}} \leq P_{\text{доп}}, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{ист}}$ – истинное удельное усилие на сжатие, приходящееся на единицу площади рабочей части пуансона, Па; $P_{\text{доп}}$ – допускаемое удельное усилие на сжатие и устойчивость с учетом ударной нагрузки (для кривошипных прессов), Па.

Истинное удельное усилие на сжатие:

$$P_{\text{ист}} = \frac{P}{F_{\text{усл}}}, \quad (3.3)$$

где $F_{\text{усл}}$ – условная площадь контакта рабочего торца пуансона со штампуемым материалом.

Условная площадь контакта $F_{\text{усл}}$ определяется по формулам:

- при $\frac{S}{d} \geq 1, \frac{S}{b} \geq 1$ (S – толщина штампуемого материала)

(рис. 3.1, а):

$$F_{\text{усл}} = F_{\text{сеч}},$$

где $F_{\text{сеч}}$ – полная площадь сечения рабочей части, мм².

- при $\frac{S}{d} < 1$, $\frac{S}{b} < 1$ площадь контакта принимается равной площади пояска шириной $0,5S$ по всему периметру рабочего торца пуансона (рисунок 3.1, б). Например, для круглого пуансона:

$$F_{\text{усл}} = \frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi(d-S)^2}{4}. \quad (3.4)$$

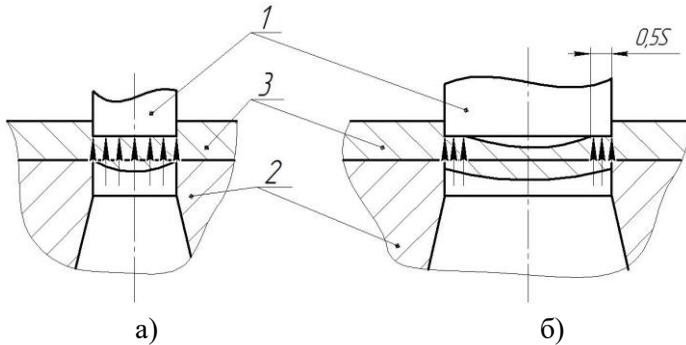


Рис. 3.1. К определению условной площади контакта рабочего торца пуансона со штампуемым материалом: а – при $\frac{S}{d} \geq 1$, $\frac{S}{b} \geq 1$; б – при $\frac{S}{d} < 1$, $\frac{S}{b} < 1$;
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – штампуемый материал

Допускаемое удельное усилие на сжатие и устойчивость:

$$p_{\text{доп}} = \varphi[\sigma_{\text{сж}}], \quad (3.5)$$

где φ – коэффициент уменьшения допускаемого напряжения; $[\sigma_{\text{сж}}]$ – допускаемое напряжение на сжатие для закаленного пуансона, МПа. Ориентировочно для высокоуглеродистой стали (типа У10А) принимается $[\sigma_{\text{сж}}]=1600$ МПа, для высоколегированной стали (типа Х12М, 9ХС) $[\sigma_{\text{сж}}]=2000$ МПа.

Коэффициент уменьшения допускаемого напряжения зависит от материала и «гибкости» стержня пуансона:

$$\lambda = \frac{\mu l_1}{l_{\min}},$$

где μ – коэффициент приведенной длины, принимаемый для расчетов равным 0,7; l_{\min} – радиус инерции.

В общем случае радиус инерции:

$$l_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F}},$$

Для круглого сечения $l_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F}} = 0,25d$.

Значения коэффициента уменьшения допускаемого напряжения φ приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Значения коэффициента уменьшения допускаемого напряжения φ

| $\frac{\mu l_1}{l_{\min}}$ | До 4 | 4-8 | 8-12 | 12-16 | 16-23 | 23-30 |
|----------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| φ | 1 | 0,80 | 0,75 | 0,72 | 0,65 | 0,60 |

Критерием выбора методики расчета является величина «гибкости» стержня пуансона λ . При $\lambda > \lambda_{кр}$ расчет можно вести по формуле Эйлера (формула 3.1), если $\lambda < \lambda_{кр}$, то расчет осуществляется по второй методике (формула 4.2). Для пуансона, выполненного из высокоуглеродистой стали предельное значение «гибкости» пуансона $\lambda_{кр} = 34$, выполненного из высоколегированной стали $\lambda_{кр} = 30$.

Пуансоны с направленной рабочей частью рассчитывают только на сжатие без учета φ .

Расчет пуансонов на сжатие (предотвращение пластической деформации и разрушения материала в радиальном направлении) производится по традиционной методике [7]:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P}{F_{\text{min}}} \leq [\sigma_{\text{сж}}],$$

где F_{min} – площадь наименьшего сечения пуансона, м².

При проектировании дыропробивных пуансонов, кроме расчета пуансона, производят проверку прочности на смятие опорной плиты, в которую опирается головка (основание) пуансона. Сопоставляют значения удельной нагрузки, возникающей в процесса пробивки отверстия, с величиной предельно допустимого напряжения, возникающего под головкой пуансона:

$$p_{\text{ист}} = \frac{P}{F} \leq [\sigma_{\text{см}}],$$

где F – площадь головки (основания), м²; $[\sigma_{\text{см}}]$ – допускаемое напряжение на смятие, МПа. Для нетермоупрочняемых опорных плит $[\sigma_{\text{см}}] = 100$ МПа.

Для случая $p_{\text{ист}} > [\sigma_{\text{см}}]$ под основание пуансона необходимо устанавливать подкладную плиту, гарантирующую нормальную работу инструмента.

Пример. Выполнить поверочный расчет пуансона для пробивки отверстия диаметром $d = 5,0$ мм в детали. Материал детали 1Х18Н9Т л2,0 (сопротивление срезу $\sigma_{\text{ср}} = 520$ МПа), пуансон предполагается изготовить из стали У10А ($[\sigma_{\text{сж}}] = 1600$ МПа), длина рабочей части пуансона $l_1 = 20$ мм.

Определяем гибкость пуансона:

$$\lambda = \frac{\mu l_1}{0,25d} = \frac{0,7 \times 20}{0,25 \times 5} = 11,2$$

Так как $\lambda < \lambda_{кр} = 34$, расчет производим по условию прочности (формулы 3.2 и 3.3).

Усилие пробивки отверстия

$$P = \pi d S \sigma_{ср} = 3,14 \times 0,005 \times 0,002 \times 520 = 0,01632 \text{ МН}$$

Так как $\frac{S}{d} = \frac{2}{5} = 0,4 < 1$, следовательно, расчет $F_{усл}$ выполняем по формуле 4.4. Подставив значения, получим:

$$F_{усл} = \frac{\pi \times 0,005 (2 \times 0,005 - 0,002)}{4} = 12,56 \times 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Истинное удельное усилие на сжатие:

$$P_{ист} = \frac{0,01632}{12,56 \times 10^{-6}} = 1305 \text{ МПа.}$$

Допускаемое удельное усилие на сжатие и устойчивость находим по формуле 3.5. При этом для $\lambda = 11,2$ по таблице 3.1 определяем $\varphi = 0,75$, находим:

$$P_{доп} = 0,75 \times 1600 = 1200 \text{ МПа.}$$

Так как $P_{ист} > P_{доп}$, пуансон из стали У10А не выдержит нагрузки. Заменим материал пуансона на более прочный, например Х12М с $[\sigma_{сж}] = 2000 \text{ МПа}$.

Следовательно,

$$P_{доп} = 0,75 \times 2000 = 1500 \text{ МПа,}$$

тогда $P_{ист} < P_{доп}$.

3.2. Условия работы и расчет вырубной матрицы

Стенки цилиндрической матрицы испытывают распирающие усилия p_p и давления торцов вырезаемой заготовки (отхода) на

стенки матрицы p_M (рис. 3.2). Максимальное суммарное давление (при пренебрежении сил трения между матрицей и опорной плитой):

$$p_{\text{общ}} = p_P + p_M \cdot \quad (3.6)$$

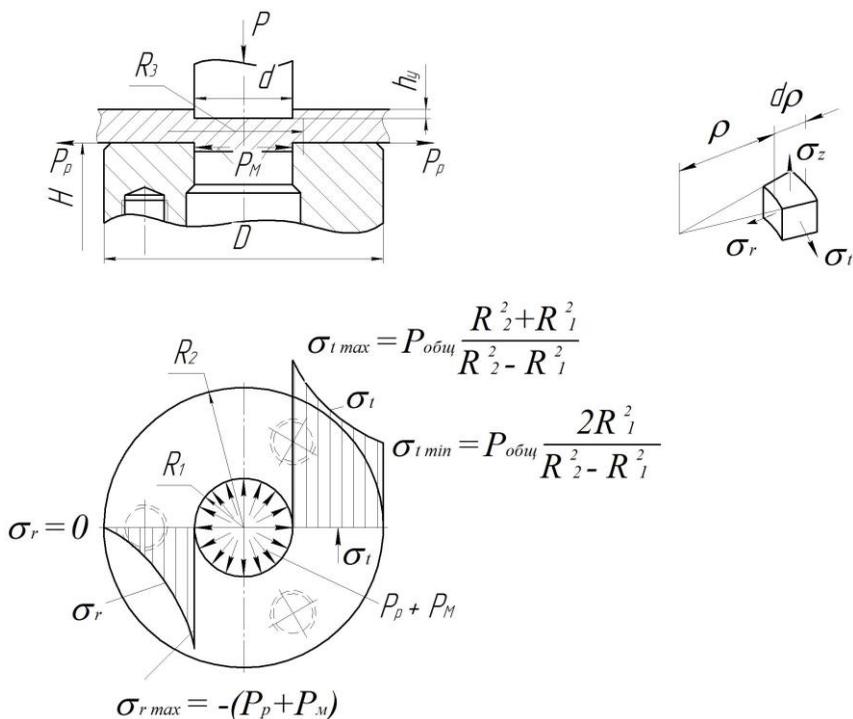


Рис. 3.2. Схема нагружения круглых матриц

Эти составляющие удельной нагрузки определяются по формулам [4]:

$$p_P \approx \frac{0,3P}{\pi d_M h_{\Pi}}, \quad p_M = \frac{\delta}{1,3 \frac{d_M}{E_2} + \frac{d_M}{E_1} (1 - \mu_1)}, \quad (3.7)$$

где P – усилие для вырубki заготовки или пробивки отверстия, Н; d_m – диаметр рабочего отверстия матрицы $d_m = 2R_1$, м; $h_{\text{ц}}$ – высота цилиндрического (блестящего) пояска на отделяемой части материала, м; δ – величина натяга при размещении вырезаемой заготовки (отхода) в проеме матрицы ($\delta \approx 0,001d$, что соответствует прессовой посадке по третьему классу точности), м; E_1 и E_2 – модули упругости первого рода штампуемого материала и материала матрицы, Н/м²; μ_1 – коэффициент Пуассона штампуемого материала.

Поверочный расчет матрицы, в стенках которых нет сквозных отверстий, сводится к сопоставлению возникающих в процессе штамповки главных напряжений с допустимыми напряжениями.

Напряжение на контактной поверхности в осевом направлении зависит от силы P :

$$\sigma_z = \frac{P}{\pi(R_3^2 - R_1^2)}, \quad (3.8)$$

где R_3 – наибольший радиус пояска на отходе или детали, м.

Ширина пояска зависит от рода материала и его толщины, принимается ориентировочно равной $0,5S$, тогда:

$$R_3 = \frac{d_m + S}{2}. \quad (3.9)$$

Напряжение в радиальном направлении:

$$\sigma_r = p_{\text{общ}} \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(1 - \frac{R_2^2}{\rho^2} \right), \quad (3.10)$$

где ρ – координата точки, где определяется напряженное состояние, м.

При $\rho = R_1$ $\sigma_r = -p_{\text{общ}}$, при $\rho = R_2$ $\sigma_r = 0$.

Напряжение в тангенциальном направлении:

$$\sigma_t = p_{\text{общ}} \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left(1 + \frac{R_2^2}{\rho^2} \right), \quad (3.11)$$

На внутренней поверхности матрицы, т.е. при $\rho = R_1$:

$$\sigma_r = -p_{\text{общ}}, \quad \sigma_t = p_{\text{общ}} \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_2^2 - R_1^2}.$$

На наружной поверхности матрицы, т.е. при $\rho = R_2$:

$$\sigma_r = 0, \quad \sigma_t = p_{\text{общ}} \frac{2R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}.$$

Наиболее напряженные точки находятся у рабочей поверхности матрицы ($\rho = R_1$).

Матрица будет удовлетворять условиям прочности, если

$$\sigma_z \leq \sigma_{\text{сж}}, \quad \sigma_r \leq \sigma_{\text{сж}}, \quad \sigma_t \leq \sigma_{\text{в}}, \quad (3.12)$$

где $\sigma_{\text{в}}$, $\sigma_{\text{сж}}$ – соответственно, предел прочности материала матрицы на растяжение и сжатие (например, для стали У10А в закаленном состоянии $\sigma_{\text{сж}} = 1600$ МПа, а $\sigma_{\text{в}} = 500$ МПа).

Расчет на прочность матриц с некруглым рабочим контуром, матриц составной конструкции не производится, ширина стенок таких матриц устанавливается из конструктивных соображений [1, 4, 5, 6]. В случаях, когда основание матрицы не имеет сплошной опоры, производят поверочный расчет на изгиб подобно опорным плитам [7].

Пример. Проверить на прочность сечение кольцевой матрицы диаметрами $d_{\text{м}} = 22$ мм, $D = 64$ мм. Разделяемый материал толщиной $S = 4$ мм, $\sigma_{\text{ср}} = 320$ МПа; односторонний зазор $z = 5\%S$; нормальное давление от торцов вырезаемого материала на стенку матрицы $p_{\text{м}} = 104$ МПа. Материал матрицы сталь У10А. Высота блестящего пояса [4] $h_{\text{н}} = 0,3S = 1,2$ мм. Допускаемые напряже-

ния для стали У10А в закаленном состоянии $[\sigma_{сж}] = 1600\text{МПа}$,
 $[\sigma_B] = 500\text{МПа}$

Потребное усилие для разделения:

$$P = \pi d S \sigma_{cp} = 3,14 \times 0,022 \times 0,004 \times 320 = 0,08842 \text{ МН}$$

Напряжение в осевом направлении по формуле (4.8), с учетом выражения (4.9):

$$\sigma_z = \frac{0,08842}{\pi \left(\left(\frac{0,022 + 0,004}{2} \right)^2 - \left(\frac{0,022}{2} \right)^2 \right)} = 586 \text{ МПа.}$$

Давление деформируемого металла по формулам 3.6, 3.7:

$$p_p \approx \frac{0,3 \times 0,04421}{\pi \times 0,022 \times 0,0012} = 160 \text{ МПа,}$$

$$p_{\text{общ}} = 160 + 104 = 264 \text{ МПа.}$$

Нормальное напряжение в радиальном направлении по формуле 3.10:

$$\sigma_r = -264 \text{ МПа.}$$

Максимальная величина нормального напряжения в тангенциальном направлении будет в точке рабочего контура на окружности диаметром d_m . Следовательно, по формуле 3.11, при $\rho = R_1$:

$$\sigma_t = 264 \frac{11^2 + 32^2}{32^2 - 11^2} = 335 \text{ МПа.}$$

Таким образом, $\sigma_z \leq \sigma_{сж}$, $\sigma_r \leq \sigma_{сж}$, $\sigma_t \leq \sigma_B$. Следовательно, принятая толщина стенки матрицы вполне достаточна.

3.3. Условия работы и расчет плит штампов

Долговечность штампов (особенно вырубных) определяется во многих случаях жесткостью плит и износом направляющих деталей. При деформировании верхних и нижних плит под действием усилия штамповки происходит поворот направляющих колонок

и втулок и их изгиб, что вызывает появление высоких кромочных давлений, приводящих к износу направляющих деталей и снижению точности направления пуансона относительно матрицы. В свою очередь неравномерность зазора приводит к более быстрому износу инструмента, т.е. пуансона и матрицы. Особенно чувствителен в таких случаях твердосплавный инструмент.

Для мало- и среднегабаритных штампов верхняя и нижняя плиты обычно входят в состав стандартных блоков. Плиты для крупногабаритных, а также многооперационных штампов, форма и размеры которых стандартами не предусмотрены, проектируются индивидуально.

Плиты при эксплуатации штампов, как правило, работают на изгиб. Их расчет сводится к определению необходимой толщины в наиболее ослабленном сечении, исходя из прочности или жесткости. Во втором случае, оценивается прогиб плиты, его величина не должна выходить за пределы допустимой. Общие рекомендации и подробная методика расчета плит на прочность и жесткость для различных типовых схем их нагружения приведены в [3, 5, 7].

Пример 1. Произвести расчет на прочность нижней плиты вырубного штампа (рис. 3.3). $c_1 = cd = fe = 216$ мм, $c_2 = cf = de = 100$ мм, $l = 220$ мм, $b = 100$ мм, $a = 2,0$ мм, штампуемый материал Д16АТ толщиной $S = 4,0$ мм (предел прочности $\sigma_B = 450$ МПа, напряжение среза $\sigma_{ср} = 290$ МПа), материал плиты штампа сталь 35Л (допускаемое напряжение на изгиб $[\sigma_{изг}] = 125$ МПа).

Из анализа работ плиты можно установить следующее:

- нагрузка для выполнения операции вырубки заготовки должна распределяться равномерно по режущему контуру матрицы;

- изгиб плиты будет возможен по оси у-у, так как величина ослабленного сечения $b \gg a$.

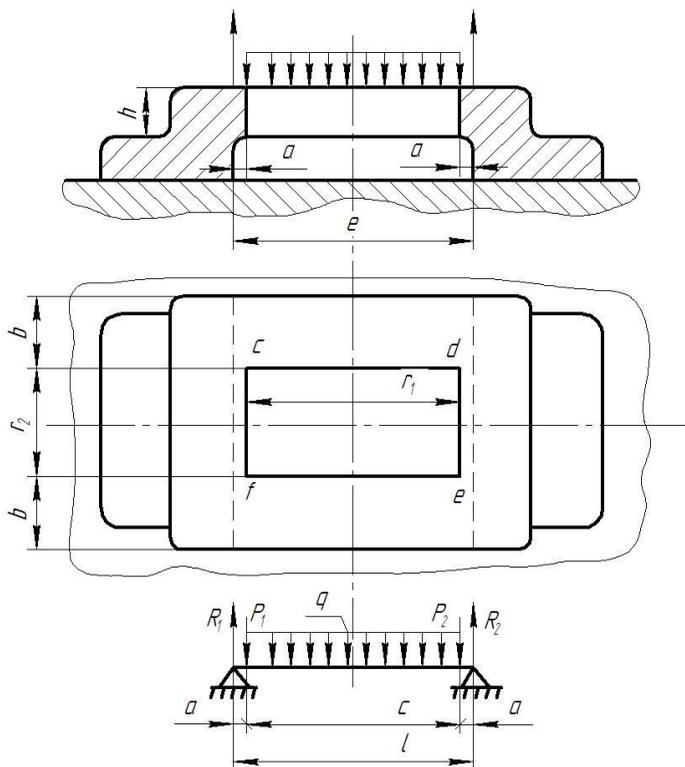


Рис. 3.3. К расчету на прочность нижней плиты вырубного штампа

Изгибающий момент в опасном сечении плиты вдоль оси у-у:

$$M_{\text{изг}} = kW[\sigma_{\text{изг}}], \quad (3.13)$$

где W – момент сопротивления опасного сечения плиты, м^3 ; k – коэффициент, учитывающий вид производства. Для мелкосерийного 1,25, для серийного 1, для крупносерийного 0,83.

Момент сопротивления опасного сечения плиты:

$$W = \frac{(b+b)h^2}{6}, \quad (3.14)$$

где h – толщина опасного сечения плиты.

Толщину опасного сечения плиты найдем из выражения 3.13 с учетом 3.14:

$$h = \sqrt{\frac{6M_{\text{изг}}}{(b+b)k[\sigma_{\text{изг}}]}}$$

Усилие резания по всему рабочему контуру распределяется равномерно, однако на участках cf и de нагрузки воспринимаются сосредоточенными (так как в расчетной схеме каждая нагрузка проектируется в точку):

$$P_1 = P_2 = 1,25c_2S\sigma_{\text{ср}},$$

$$P_1 = P_2 = 1,25 \times 0,1 \times 0,004 \times 290 = 0,145 \text{ МН.}$$

Участки cd и fe проектируются в одну линию длиной c_1 . Нагрузка остается распределенной. Суммарная средняя интенсивность нагрузки на участках cd и fe :

$$q = \frac{1,25(c_1 + c_1)S\sigma_{\text{ср}}}{c_1},$$

$$q = \frac{1,25(0,216 + 0,216) \times 0,004 \times 290}{0,216} = 2,9 \text{ МН/м.}$$

Реакция подштамповой плиты на действие нагрузки:

$$R_1 = R_2 = P_1 + \frac{qc_1}{2},$$

$$R = R_1 = R_2 = 0,145 + \frac{2,9 \times 0,216}{2} = 0,458 \text{ МН.}$$

Наибольший изгибающий момент от нагрузки в сечении у-у:

$$M_{\text{изг}} = R\left(a + \frac{c_1}{2}\right) - P_2 \frac{c_1}{2} - \frac{qc_1}{2} \frac{c_1}{4},$$

$$\begin{aligned} M_{\text{изг}} &= 0,458 \times \left(0,002 + \frac{0,216}{2}\right) - 0,145 \frac{0,216}{2} - \frac{2,9 \times 0,216 \times 0,216}{8} = \\ &= 0,0332 \text{ МПа} \times \text{м.} \end{aligned}$$

На рисунке 3.3 приведена соответствующая эпюра изгибающих моментов.

Толщина опасного сечения плиты должна быть не менее:

$$h = \sqrt{\frac{6 \times 0,0332}{(0,1 + 0,1) \times 1,25 \times 125}} = 0,083 \text{ м.}$$

Пример 2.

Определить толщину верхней плиты разделительного штампа, имеющего круглую нишу для размещения траверсы жесткого выталкивателя (рис. 3.4). Расчет произвести и исходя из величины допустимого прогиба плиты.

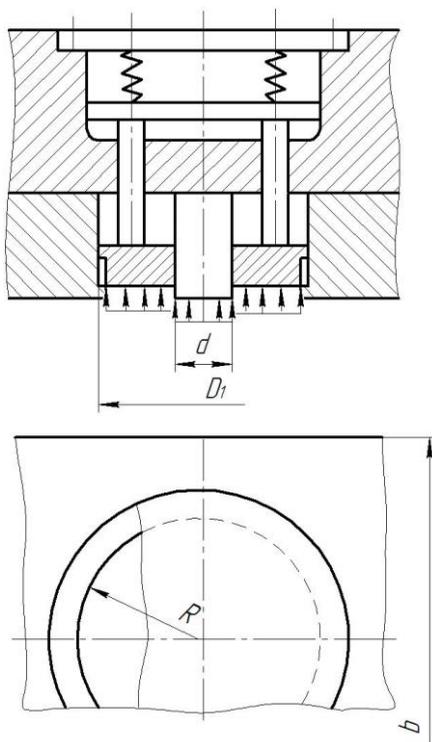


Рис. 3.4. К расчету на прочность верхней плиты разделительного штампа

Технологическое усилие вырубки шайбы $P = 550$ кН, размер ниши $R = 0,06$ м, диаметр внутреннего пуансона $d = 0,1$ м, ширина плиты $b = 0,3$ м, материал плиты сталь 35Л (предел текучести $\sigma_T = 250$ МПа, $[\sigma_{изг}] = 125$ МПа, $E = 1,8 \times 10^5$ МПа).

При равномерно распределенной нагрузке по режущим контурам в штампе совмещенного действия толщина верхней плиты в районе ниши определяется по формуле [4]:

$$h = \sqrt{\frac{9P \left(\left(\frac{1}{\mu} \right)^2 - 1 \right)}{8\pi E \left(\frac{1}{\mu} \right)^2 f_{\max}} \left(4R^2 - 4r^2 \ln \frac{R}{r} - 3r^2 \right)},$$

где μ – коэффициент Пуассона, среднее значение для стали 0,25, для чугуна 0,3; f_{\max} – максимальный прогиб плиты, обеспечивающий нормальную работу штампа, принимаем приближенно равным, м; R – радиус отверстия в плите, м; r – радиус пуансона, м.

$$f_{\max} = (0,25 \dots 0,5) f_{\text{доп}},$$

где $f_{\text{доп}}$ – допускаемая величина прогиба плиты, м.

$$f_{\text{доп}} = \rho - \frac{1}{2} \sqrt{4(\rho^2 - R^2)},$$

где ρ – допускаемый радиус кривизны плиты при свободном прогибе, м.

$$\rho = \frac{h_{\text{усл}}}{2\varepsilon},$$

где $h_{\text{усл}}$ – условная толщина плиты независимо от формы сечения, м; ε – величина деформации.

$$\varepsilon = \frac{\sigma_T}{E}$$

Условная толщина плиты ориентировочно рассчитывается исходя из уравнения изгибающего момента для балки, лежащей на двух опорах, нагруженной в центре сосредоточенной силой.

$$M_{\text{изг}} = \frac{PR}{2} = W[\sigma_{\text{изг}}], \quad W = \frac{bh_{\text{усл}}^2}{6}.$$

Отсюда

$$h_{\text{усл}} = \sqrt{\frac{3RP}{b[\sigma_{\text{изг}}]}} = \sqrt{\frac{3 \times 0,55 \times 0,06}{125 \times 0,3}} = 0,047 \text{ м},$$

$$\rho = \frac{h_{\text{усл}}E}{2\sigma_T} = \frac{0,047 \times 1,8 \times 10^5}{2 \times 250} = 16,92 \text{ м},$$

$$f_{\text{доп}} = 16,92 - \frac{1}{2} \sqrt{4(16,92^2 - 0,06^2)} = 0,001 \text{ м},$$

$$f_{\text{max}} = 0,5 \times 0,001 = 0,0005 \text{ м},$$

$$h = \sqrt{\frac{9 \times 0,55(4^2 - 1)}{8\pi \times 1,8 \times 10^5 \times 4^2 \times 0,0005}} (4 \times 0,06^2 - 4 \times 0,05^2 \ln 0,05 - 3 \times 0,05^2) = 0,0218 \text{ м}.$$

Таким образом, по ГОСТу необходимо подобрать верхнюю плиту штампа толщиной не менее 47 мм, после фрезеровки в ней ниши остаточная толщина плиты должна быть не менее 22 мм.

Пример 3. Выполнить поверочный расчет на жесткость нижней плиты формоизменяющего штампа, работающей на ударное нагружение (рис. 3.5).

Технологическое усилие правки детали $P = 350$ кН, характеристики плиты $l = 0,16$ м, $h = 0,04$ м, $b = 0,4$ м, $a = 0,01$ м, материал плиты сталь 35Л ($E = 1,8 \times 10^5$ МПа), величина допустимого прогиба в центре плиты $f_{\text{доп}} = 0,8$ мм.

Плита принимается за балку, лежащую на двух опорах. Уравнение прогиба для такой балки, при условии $a < 0,1h$:

$$f_{\max} = \frac{ql^4}{12EI},$$

где q – нагрузка, МН/м; I – момент инерции относительно центральной оси; m^4 .

$$I = \frac{bh^3}{12},$$

где b и h – ширина и толщина плиты, м.

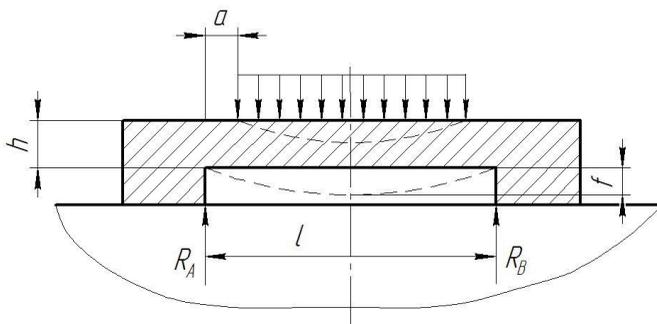


Рис. 3.5. К расчету на жесткость нижней плиты формоизменяющего штампа

Величина равномерно распределенной нагрузки:

$$q = \frac{P}{l-2a} = \frac{0,35}{0,16-2 \times 0,01} = 2,5 \text{ МН/м.}$$

Момент инерции:

$$I = \frac{0,4 \times 0,04^3}{12} = 21 \times 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Величина максимального прогиба плиты:

$$f_{\max} = \frac{2,5 \times 0,16^4}{12 \times 1,8 \times 10^5 \times 21 \times 10^{-7}} = 0,00038 \text{ м.}$$

Плита может обеспечить нормальную эксплуатацию штампа, так как $0,5f_{\text{доп}} > f_{\max}$.

3.4. Условия работы и определение диаметра направляющих колонок

При проектировании штампа, диаметр направляющих колонок штампов устанавливается по ГОСТ 13110-84 13130-84 в зависимости от размеров штамповых плит. Однако условия работы и нагружения колонок в различных штампах меняются и возможно, что колонки не обеспечивают необходимой точности изготовления детали. Точное решение задачи затруднено сложностью расчетной схемы, так как колонки совместно с плитами штампов образуют статически неопределенную систему, с неопределенностью нагрузки.

К основным силам, действующим на колонки, можно отнести:

- силу, возникающую в результате изгиба плиты;
- силу, возникающую при штамповке, если ось пуансона не совпадает с центром давления штампуемой детали;
- силу P_r , появление которой обусловлено устройством кривошипно-шатунного механизма прессы (рис. 3.6).

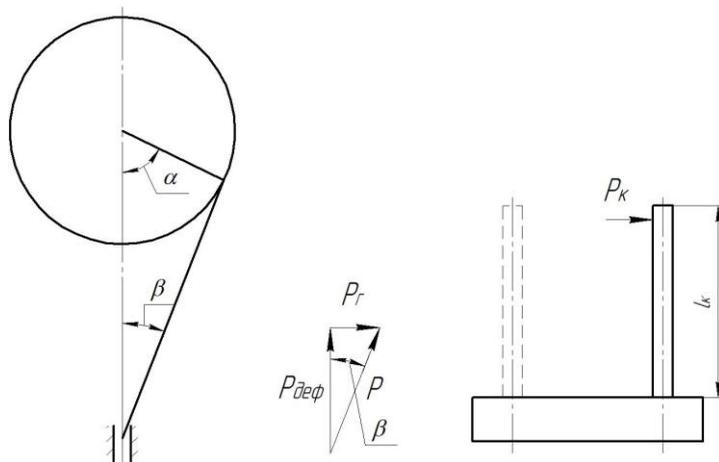


Рис. 3.6. Схема нагружения направляющих колонок при штамповке на кривошипном прессе

Если в основу расчета диаметра колонок положить только силу P_{Γ} , то ее можно найти как:

$$P_{\Gamma} = P_{\text{деф}} \frac{\lambda \sin \alpha}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}}$$

где $P_{\text{деф}}$ – усилие деформирования; $\lambda = \frac{R}{L}$ (R – радиус кривошипа, м; L – длина шатуна, м).

При допущении, что сила P_{Γ} равномерно воспринимается всеми колонками, усилие, приходящееся на одну колонку $P_{\text{К}}$, равно:

$$P_{\text{К}} = \frac{P_{\Gamma}}{n},$$

где n – число направляющих колонок.

Если принять колонку как консольную балку, нагруженную сосредоточенной силой, то диаметр колонки можно определить как:

$$d_{\text{К}} = \sqrt[3]{\frac{P_{\text{К}} l_{\text{К}}}{0,1 \sigma_{\text{из}}}}$$

где $l_{\text{К}}$ – длина колонки, м; $\sigma_{\text{из}}$ – допустимое напряжение изгиба для материала направляющей колонки, МПа.

Величину смещения f верхней половины штампа относительно нижней, вызванную силой P_{Γ} , при диаметре колонки $d_{\text{К}}$ можно найти из выражения:

$$f = \frac{P_{\text{К}} l_{\text{К}}^3}{3EJ} = \frac{64 P_{\Gamma} l_{\text{К}}^3}{3\pi E d_{\text{К}}^4},$$

где J – осевой момент инерции круглого стержня (колонки), м⁴, E – модуль упругости материала колонки, МПа.

Очевидно, что величина смещения f не должна превышать величину одностороннего зазора между матрицей и пуансоном.

Таким образом, по вышеизложенной методике можно установить связь между номинальным усилием прессы ($P_{\text{деф}}$ может достигать $P_{\text{ном}}$), на который устанавливается штамп, допустимым изменением зазора между пуансоном и матрицей и требуемым диаметром направляющих колонок.

3.5. Расчет подкладных плит

Подкладные плиты применяют в штампах в случае ослабления плиты под опорной частью пуансонов, если диаметр головки пуансона меньше диаметра отверстия в плите (рис.3,7) или тогда, когда удельное усилие, передаваемое опорной частью пуансона или пуансон-матрицей, превышает 180...220 МПа при использовании стальных плит и 80...90 МПа при использовании чугунных плит. Подкладная плита предотвращает смятие опорной плиты. Толщина подкладной плиты определяется по методике расчета опорных плит, имеющих сквозную нишу и берется не менее толщины штампуемого материала.

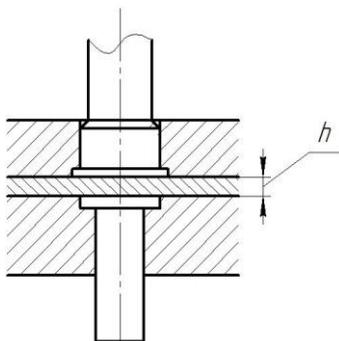


Рис. 3.7. К расчету подкладных плит

Подкладная плита проверяется по удельному давлению смятия от головки пуансона по формуле:

$$q = \frac{P}{F} \leq \sigma_{сж}$$

где P – усилие штамповки, Н; F – площадь контактной поверхности пуансона, передающей давление на плиту или промежуточную пластину, м²; $\sigma_{сж}$ – допустимое напряжение сжатия для материала плиты, МПа.

3.6. Расчет съемников

При проектировании штампов для выполнения некоторых разделительных операций очень часто предусматривается использование для сброса полосы с пуансона съемников жесткой конструкции. Определение толщины плиты съемника производится по методике расчета опорных плит, имеющих сквозную нишу, с условием конкретных условий заделки. Рабочей нагрузкой для плиты в этом случае является усилие съема полосы с пуансона, которое по величине значительно меньше усилия вырубки (резки) [7].

Пример 1. Определить толщину плиты жесткого съемника вырубного штампа (рис. 3.8). Полоса для вырубки заготовки из стали 30ХГСА л2,0 ($\sigma_{ср} = 450$ МПа) шириной $B = 174$ мм; диаметр заготовки $D = 150$ мм, перемычка $a = 2$ мм. Съемник из материала сталь 45 ($\sigma_{изг} = 130$ МПа), ширина полки $b = 12$ мм. Усилие вырубки $P_B = 424$ кН.

Усилие съема отхода полосы с пуансона штампа:

$$P_{сн} = k_{сн} P_B,$$

где $k_{сн}$ – коэффициент снятия. Для однопуансонного вырубного штампа [3] $k_{сн} = 0,08$.

Находим $P_{сн} = 0,08 \times 530 = 42,4$ кН.

Рассчитаем величину изгибающего момента от действия усилия вырубki заготовки в середине плиты съёмника (по оси симметрии) [4, 7]:

$$M_{\text{изг}} = \pi \frac{D}{2} S \sigma_{\text{ср}} \left(1,25a + 0,47 \frac{D}{2} \right),$$

$$M_{\text{изг}} = \pi \frac{0,015}{2} 0,002 \times 450 \left(1,25 \times 0,002 + 0,47 \frac{0,015}{2} \right) = 8 \text{ кН} \times \text{м}.$$

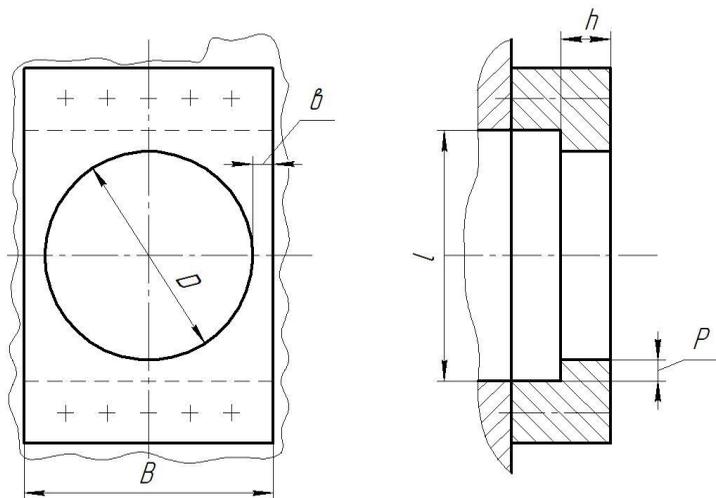


Рис. 3.8. К расчету на прочность жесткого съёмника разделительного

Определим значение изгибающего момента середины плиты от действия усилия съема отхода с пуансона:

$$\frac{M_{\text{изг.сн}}}{M_{\text{изг}}} = \frac{P_{\text{сн}}}{P_{\text{в}}}, \quad M_{\text{изг.сн}} = \frac{P_{\text{сн}} M_{\text{изг}}}{P_{\text{в}}} = \frac{8 \times 42,4}{530} = 0,64 \text{ кН} \times \text{м}.$$

Толщину плиты определим из условия $M_{\text{изг.сн}} = W[\sigma_{\text{изг}}]$. Момент сопротивления опасного сечения плиты:

$$W = \frac{(b+b)h^2}{6} = \frac{(0,012 + 0,012)h^2}{6} = 0,04h^2.$$

Тогда:

$$h = \sqrt{\frac{M_{\text{изг.сн}}}{0,04[\sigma_{\text{изг}}]}} = \sqrt{\frac{0,00064}{0,04 \times 130}} = 0,0111 \text{ м.}$$

Из конструктивных соображений (учитывая ориентировочные размеры съемника 220×280 мм [7]) можно принять толщину плиты $h = 15 \dots 18$ мм.

Пример 2. Определить толщину плиты жесткого консольного съемника вырубного штампа (рис. 3.9). Заготовка из Д16АТ, $S = 3$ мм ($\sigma_{\text{сп}} = 290$ МПа), габариты заготовки $l_1 = 80$ мм, $l_2 = 120$ мм, перемычка между заготовками в полосе $b = 5$ мм. Съемник из материала ст.3 ($\sigma_{\text{изг}} = 120$ МПа), ширина $B = 180$ мм.

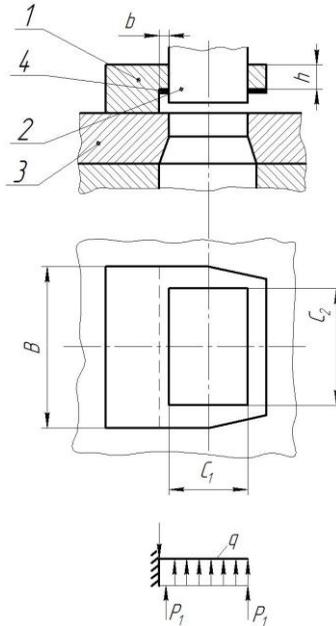


Рис. 3.9. К расчету на прочность жесткого консольного съемника разделительного штампа: 1 – съемник; 2 – пуансон; 3 – матрица; 4 – полоса – отход

Интенсивность распределенной нагрузки определяется из выражения:

$$q = 1,25k_{\text{кор}} S \sigma_{\text{ср}} \frac{P_{\text{сн}}}{P},$$

где $k_{\text{кор}}$ – коэффициент корректировки площади контакта пуансона с вырубаемым материалом; $P_{\text{сн}}$ – усилие снятия отхода с пуансона, Н.

Отношение $\frac{P_{\text{сн}}}{P}$ определяем без подсчета входящих значений [4] в зависимости от отношения перемычка между заготовками в полосе b к средней длине перемычки $l = \frac{120 + 80}{2} = 100$ мм. Для $\frac{b}{l} = \frac{5}{100} = 0,05$ находим $\frac{P_{\text{сн}}}{P} = 0,01$.

Коэффициент корректировки площади контакта пуансона с вырубаемым материалом $k_{\text{кор}} = 0,6$ для $\frac{b}{l} = 0,05$.

Тогда:

$$q = 1,25 \times 0,6 \times 0,003 \times 290 \times 0,01 = 0,0065 \text{ МН/м.}$$

Величина сосредоточенной силы:

$$P_1 = ql_2 = 0,065 \times 0,12 = 0,0078 \text{ МН.}$$

Изгибающий момент для сечения А-А (размер b-b из-за большой величины не учитывается):

$$\begin{aligned} M_{\text{изг}} &= 2 \frac{1}{2} ql_1^2 + P_1 l_1 = 0,0065 \times 0,08^2 + 0,00078 \times 0,08 = \\ &= 0,0001 \text{ МН} \times \text{м.} \end{aligned}$$

Толщину плиты съемника находим из условия $M_{\text{изг.сн}} = W[\sigma_{\text{изг}}]$. Момент сопротивления опасного сечения плиты:

$$W = \frac{(B - l_1)h^2}{6} = \frac{(0,18 - 0,12)h^2}{6} = 0,01h^2 .$$

Тогда:

$$h = \sqrt{\frac{M_{\text{изг.сн}}}{0,01[\sigma_{\text{изг}}]}} = \sqrt{\frac{0,0001}{0,01 \times 120}} = 0,0093 \text{ м.}$$

Учитывая габариты плиты (ориентировочно 180×180 мм) и необходимый запас прочности, можно принять $h = 12\dots15$ мм.

3.7. Расчет и подбор пружин для съемников, выталкивателей и прижимов

При проектировании штампов часто возникает необходимость использовать амортизаторы различной конструкции для прижима заготовки, снятия полосы, проталкивания деталей, возвращения элементов штампа в исходное положение. В качестве упругих элементов используют пружины и буферы. Проектирование или выбор стандартных упругих элементов для штампов обычно производится из величины усилия, которое необходимо получить для выполнения рабочего процесса и заданного перемещения деталей штампа при работе амортизатора [7].

Спиральные пружины сжатия в большинстве случаев подбираются по ГОСТам и нормам. При этом необходимо учесть, что пружина ставится в конструкцию штампа с предварительным сжатием, а это уменьшает исходную величину ее возможного перемещения. Предварительное сжатие определяется величиной технологического усилия (прижима, съема, проталкивания).

Если конструкция штампа не позволяет применить нормализованную пружину, то ее можно спроектировать. Методика расчета изложена в [3, 4].

Например, параметры спиральной пружины сжатия, изготавливаемой из круглой проволоки, можно определить по следующим формулам [3, 7]. Максимально допускаемая нагрузка:

$$P_{\max} = \frac{\pi d^3 \tau_{\text{кр}}}{8D_{\text{ср}}},$$

где P_{\max} – максимальная допускаемая рабочая нагрузка; d – диаметр проволоки; $\tau_{\text{кр}}$ – допускаемое напряжение при кручении (для стали 65Г $\tau_{\text{кр}} = 500$ МПа, для стали 60С2 $\tau_{\text{кр}} = 650$ МПа); $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр пружины ($D_{\text{ср}} = D - d$) – рис. 3.10.

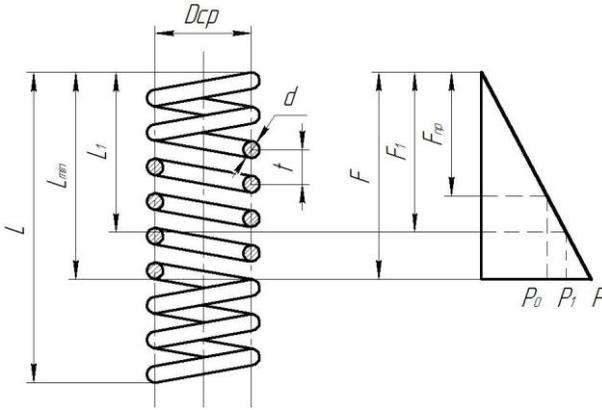


Рис. 3.10. К расчету спиральной цилиндрической пружины

При проектировании задаются диаметром проволоки и наружным диаметром пружины. Для съемника и прижима, также задаются числом пружин.

Перемещение одного витка при сжатой до соприкосновения витков пружине:

$$f = \frac{\pi D_{\text{ср}}^2 \tau_{\text{кр}}}{dG},$$

где G – модуль сдвига (для сталей $G = 8 \times 10^4$ МПа).

Максимальное перемещение всей пружины:

$$F = nf,$$

где n – число витков пружины.

Приведенные формулы действительны при условии $\frac{D_{\text{ср}}}{d} \geq 4$.

Шаг витков:

$$t = d + f.$$

Число витков пружины (рабочих):

$$n = \frac{L - 1,5d}{t},$$

где L – длина пружины в свободном состоянии, мм.

$$L = (n + 1,5)d + nf.$$

Длина пружины при полном сжатии

$$L_{\text{сж}} = (n + 1,5)d.$$

Приведенные формулы действительны при условии $\frac{D_{\text{ср}}}{d} \geq 4$.

Так как сила пружины изменяется по линейному закону (рис. 3.10), то при данной величине сжатия, например, предварительного поджатия, пружина развивает усилие:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{max}} \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{max}}},$$

где $F_{\text{пр}}$ – фактическое (предварительное) сжатие пружины.

Размеры эластичного буфера (рис. 3.11), выполненного из резины или полиуретана выбирают в зависимости от требуемого усилия и величины сжатия буфера – величины хода съемника, выталкивателя или прижима.

Наружный диаметр D и высоту буфера в свободном состоянии H определяют исходя из необходимого усилия:

$$D = \sqrt{\frac{4P_c}{\pi q} + d^2},$$

$$H = \frac{L}{0,15 \dots 0,2},$$

где d – диаметр отверстия в буфере, например, под пуансон, мм; P_c – требуемое усилие (усилие съема, выталкивания или прижима), Н; q – давление резины при предварительном сжатии (20 %), МПа; L – рабочий ход съемника, выталкивателя или прижима, мм.

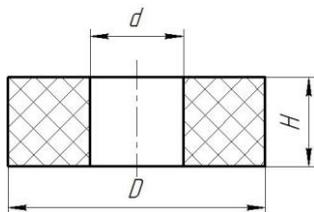


Рис. 3.11. К расчету резинового буфера

Размеры буфера должны быть такими, чтобы максимальное сжатие не превышало 30 % от первоначальной высоты.

Отношение высоты буфера к его диаметру должно находиться в пределах:

$$0,5 < \frac{H}{D} < 1,5 .$$

Если $\frac{H}{D} > 1,5$, буфер разделяют на части (кольца), между которыми прокладывают стальные шайбы.

При конструктивном подборе размеров буфера, усилие, развиваемое резиновым буфером, можно определить по формуле:

$$P = qF ,$$

где P – усилие, Н; q – давление (для резины твердостью 50 ед. $q = 1,5 \dots 2$ МПа, резины твердостью 60 ед. $q = 2,2 \dots 3$ МПа, полиуретана СКУ7Л твердостью 76 ед. $q = 3 \dots 5$ МПа, полиуретана СКУ7Л твердостью 88 ед. $q = 3 \dots 5$ МПа в зависимости от твердости резины или полиуретана), МПа; F – площадь поперечного сечения буфера, м².

3.8. Расчет необходимого количества и подбор крепежных деталей в штампе

В штампе необходимо обеспечить точную взаимную фиксацию рабочих деталей в условиях динамических нагрузок. Основными крепежными деталями в штампе являются:

1) Винты с внутренним шестигранником, винты с внутренним шестигранником и заплечиками (для неподвижных фиксаторов, подкладок), штифты для взаимной фиксации деталей штампов.

Применение винтов с внутренним шестигранником обусловлено тем, что необходимый диаметр гнезда под головку для них примерно в два раза меньше, чем под головку с наружным шестигранником с учетом ключа под него.

Для крепления рабочих деталей штампа не рекомендуется применять винты со шлицами, так как при свертывании деталей они не обеспечивают достаточного натяга в соединении, кроме того, прорези быстро разрабатываются.

2) Штифты – для взаимной фиксации деталей штампов.

Штифты цилиндрические ставят по посадке Н7/г6. Они служат не только для правильного центрирования деталей, но и для восприятия боковых нагрузок во время работы штампа.

Количество и диаметр крепежных элементов определяется из силовых или конструктивных соображений. Силовой расчет проводят с учетом возникающих усилий в рабочих и вспомогательных элементах штампа, которые определяют нагрузки на крепежные детали. Болты и винты в штампах воспринимают нагрузки вдоль оси (растяжение), штифты удерживают детали от смещения и воспринимают нагрузки перпендикулярно оси, то есть работают на смятие, изгиб, срез.

Винты штампов проверяют на разрыв по формуле:

$$\sigma_p = \frac{4P}{\pi d^2 n} \leq [\sigma_p], \quad (3.15)$$

где σ_p – напряжение на разрыв, МПа; P – растягивающая нагрузка, Н; d – диаметр винта, мм; n – количество винтов; $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на разрыв, для стали Ст3 60...80 МПа.

В штампе совмещенного действия для вырубке контура и пробивки отверстий с расположением матрицы в верхней части штампа, если хвостовик выполняет крепежные функции, растягивающая нагрузка складывается из двух компонент – усилия проталкивания детали через матрицу $P_{пр}$ и веса верхней подвижной части штампа $Q_{верх}$. С учетом этого потребное количество винтов для крепления хвостовика можно определить из формулы 3.15:

$$n = \frac{4(P_{пр} + Q_{верх})}{\pi d^2 \sigma_p},$$

где $P_{пр}$ – усилие проталкивания детали через матрицу, кгс; $Q_{верх}$ – вес верхней подвижной части штампа, кгс; σ_p – допускаемое напряжение на растяжение для материала винта с учетом динамических нагрузок, МПа; d – диаметр винта, мм.

Величина $q = \frac{\pi d^2 \sigma_p}{4}$ – допускаемая нагрузка на винты с учетом динамического нагружения при работе штампа. Для винта М12 $q=6500$ Н, для М10 $q=4400$ Н.

Если расчетное количество винтов не размещается на фланце хвостовика, то применяют хвостовик другого типа, который способен выдержать большее усилие. При необходимости, применяют дополнительное крепление верхней части штампа к ползуну прессы.

Для крепления съемника в штампах совмещенного действия (съемник расположен в нижней части штампа, а усилие создается пружинами) потребное количество винтов также можно определить из формулы 3.15. В данном случае, при условии, что

растягивающая нагрузка равна усилию съема полосы с пуансономатрицы $P_{\text{сн}}$:

$$n = \frac{4P_{\text{сн}}}{\pi d^2 \sigma_p}.$$

При выборе количества и размеров крепежных элементов штампа необходимо определить размещение (планировку) крепежных деталей. Правильная планировка мест крепления дает возможность рационально использовать крепежные детали. Общие рекомендации по размещению и выбору размеров крепежных элементов штампа изложены в [2, 3]. При выборе размеров крепежных деталей необходимо учитывать масштабный фактор. Длина винтов l_{max} не должна превышать установленной на практике нормы:

$$l_{\text{max}} = (6..8)d,$$

где l_{max} – максимальная длина стержня; d – диаметр винта, мм.

Нормальная глубина закручивания l_1 :

$$l_1 = (1,5..2,0)d.$$

В конкретном штампе надо стремиться применять минимальное число типоразмеров крепежных деталей. В случае крепления секционных матриц или пуансонов винты, крепящие секции, нужно проверить на прочность.

Число штифтов для одного собираемого узла обычно ограничено двумя. Для фиксации узких, но длинных деталей в некоторых случаях берут три или четыре штифта.

Глубина внедрения штифта в деталь достаточна в пределах $l_2 = (1,5..2,0)d_{\text{шт}}$. Поэтому в толстых деталях (обычно в плитах) рекомендуется несопрягаемую со штифтом часть отверстия обрабатывать на больший диаметр. Для облегчения условий выпрессовки штифтов целесообразно применять сквозные отверстия при штифтовке деталей.

Штифты служат в основном для фиксации положения инструмента (пуансона и матрицы) в штампе. Однако при секционном инструменте штифты воспринимают горизонтальные нагрузки и предохраняют секции инструмента от смещения. В таком случае следует провести расчеты – достаточно ли количество штифтов, конструктивно установленных в секции.

4. Выполнение требований техники безопасности

Эксплуатация технологической оснастки и особенно штампов должна быть безопасной для исполнителя. Степень соответствия этому требованию характеризует качество конструкции оснастки и технологических процессов, выполняемых с ее применением. Совершенно очевидно, что этому обязательному требованию должна удовлетворять и проектируемая студентом штамповал оснастка.

Максимальную безопасность при работе на прессах можно обеспечить путем механизации и автоматизации процессов штамповки. В этих случаях устраняются ручные работы, сопряженные с опасностью травмирования рук рабочего. Поэтому проектирование средств механизации и автоматизации подачи полос и заготовок в рабочую зону штампа, удаления отштампованных деталей из опасной зоны являются важнейшими задачами, стоящими перед студентом при выполнении конструкторской части проекта.

В тех случаях, когда из-за небольшой производственной программы механизировать или автоматизировать процесс штамповки экономически нецелесообразно, в конструкции штампа или отдельно от него следует предусматривать соответствующие защитные устройства, которые могут служить объектом специальной конструкторской разработки. Рабочая зона штампа во всех случаях должна быть ограждена и недоступна для рук рабочего [7].

С этой целью при разработке конструкторской части проекта могут быть применены следующие защитные устройства: неподвижные ограждения, закрывающие штамповое пространство пресса в течение всего его рабочего цикла; подвижные защитные устройства, закрывающие штамповое пространство пресса в момент рабочего хода ползуна (автоматические и блокирующие); защитные устройства, действующие через системы управления

прессом, оставляющие штамповое пространство прессы открытым в течение всего цикла работы, но обеспечивающие занятость рук рабочего органами управления (двуручное управление прессом, фотоэлектронная защита и т.п.).

Проектируя защитные устройства, обучающийся должен обеспечивать выполнение следующих требований: полностью исключать возможность попадания рук в рабочую зону прессы до тех пор, пока ползун не пройдет опасную для штамповщика часть хода, или автоматически удалять руки штамповщика из-под опускающегося ползуна. Защитные устройства должны быть простыми по конструкции и несложными в изготовлении, доступными для осмотра и ремонта, не утомлять, не мешать работе и не препятствовать обозрению штампового пространства, не затруднять наладку, ремонт прессы и смену штампов.

В том случае, если проектирование защитных устройств не входит в задание обучающемуся, соответствующие указания по безопасной эксплуатации штампа должны быть приведены им на сборочном чертеже в качестве соответствующих технических требований.

Меры, обеспечивающие безопасность труда, должны быть предусмотрены и в конструкции штампов. Все острые углы и ребра выступающих деталей штампа (кроме режущих кромок) во избежание травмирования рук рабочего должны быть скруглены путем снятия фаски. Между подвижными и неподвижными частями штампа в нижнем положении ползуна должен быть зазор не менее 15...20 мм, что предотвратит травмирование рук при их попадании в опасную зону (рис.4.1). В конструкциях штампов рекомендуется применять защитные козырьки (рис. 4.2).

При штамповке материалов толщиной до 2 мм в конструкции штампа следует предусматривать отлипатели, исключающие прилипание деталей к пуансону или выталкивателю (рис. 4.3).

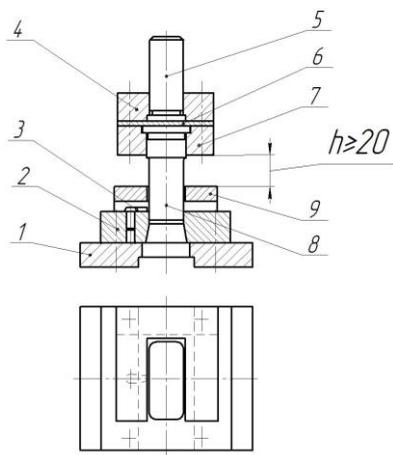


Рис. 4.1. Вырубной штамп: 1 – нижняя плита; 2 – матрица; 3 – шаговый упор; 4 – верхняя плита; 5 – хвостовик; 6 – подкладная плита; 7 – пуансонодержатель; 8 – пуансон; 9 – съемник

Толкатели и съемники должны обеспечивать удаление деталей и отходов без перекоса и заедания. Нельзя допускать сход втулок с колонок при подъеме ползуна прессы. При большом ходе ползуна следует применять специальные удлиненные втулки или предусматривать ограждение зоны их схода специальным защитным устройством. В штампах, имеющих массу более 10 кг, следует предусматривать отверстия, приливы или рым-болты, обеспечивающие их удобную и безопасную транспортировку.

Направляющие колонки следует располагать таким образом, чтобы было удобно работать. Ограничители закрытой высоты штампов следует располагать в зоне, исключающей травмирование рук рабочего. Верхние плиты штампов для безопасности и удобства работы должны иметь меньшие габаритные размеры, чем нижние. С этой же целью подвижные съемники должны иметь как можно меньшие размеры.

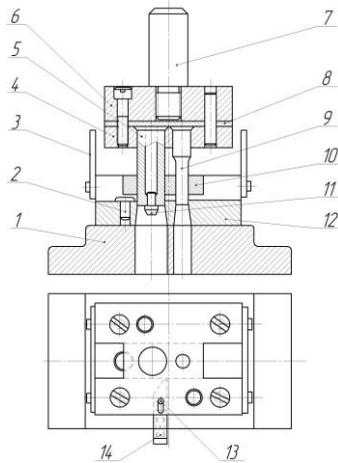


Рис. 4.2. Инструментальный штамп последовательного действия: 1 – нижняя плита; 2 – шаговый упор; 3 – защитный козырек; 4 – пуансонодержатель; 5 – пуансон вырубной; 6 – верхняя плита; 7 – хвостовик; 8 – подкладная плита; 9 – пуансон пробивной

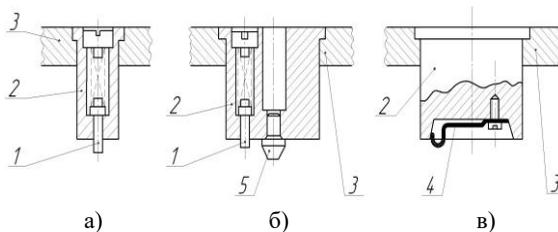


Рис. 4.3. Примеры конструкции отлипателей: а – штырьевой отлипател, расположенный в центре пуансона; б – штырьевой отлипател, расположенный сбоку пуансона; в – отлипател в виде ленточной пружины; 1 – штырьевой отлипател; 2 – пуансон; 3 – пуансонодержатель; 4 – пружинный отлипател; 5 – ловитель

Для облегчения труда штамповщика и улучшения качества деталей следует применять удлиненные направляющие планки, снабженные устройством для бокового прижима полос. Кроме этих общих требований должны выполняться также специальные требования, которые относятся к отдельным типам штампов и приведены в работе [3], а также в ГОСТ 12.2.109-89.

5. Содержание и порядок выполнения работы по проектированию штампа

Работу по проектированию штампа студент выполняет в соответствии с заданием, оформленным на специальном бланке, к которому прилагается чертеж или эскиз штампуемой детали. На последнем указываются размеры детали, точность изготовления отдельных элементов и требования к расположению поверхностей, материалу и другие технические требования. В задании указывается серийность или годовая программа выпуска детали, которая должна быть учтена при разработке проекта.

Проект содержит пояснительную записку и графическую часть.

В пояснительной записке приводятся обоснования всех принятых технических решений по разработке технологического процесса штамповки заданной детали, выбору конструкции штампа и отдельных его деталей.

Записка содержит:

- титульный лист;
- задание на проект, подписанное руководителем и студентом;
- введение, в котором кратко указываются основные задачи штамповочного производства, отмечаются особенности принятых технических решений проекта, их соответствие задачам народного хозяйства и достижениям науки и производства в области холодной штамповки;

- обоснование технологического процесса штамповки, которое включает анализ технологичности детали в заданных условиях, критический анализ возможных вариантов технологии штамповки и обоснование разрабатываемого в проекте, выбор исходных заготовок и полуфабрикатов, расчеты всех технологических операций и показателей процесса, маршрутную карту штамповки;

- обоснование типа штампа и описание его схемы,

обоснование конструкции штампа, выбор материала деталей штампа, меры по обеспечению безопасной работы при штамповке детали;

- заключение, в котором приводятся результаты работы;
- список использованных источников.

Графическая часть проекта состоит из 2-х листов формата А1, содержит сборочные чертежи штампов, рабочие чертежи деталей разработанных штампов.

Пояснительная записка и чертежи проекта выполняются в соответствии действующими государственными стандартами на техническую документацию и требованиями издания.

На консультациях студент предлагает самостоятельно принятые технические решения по соответствующему разделу проекта. При обсуждении выполненной части проекта уточняются следующие разделы, содержание и объем отдельных частей проекта. После оформления соответствующего раздела проекта руководитель проверяет выполненные расчеты и чертежи и подписывает их.

Части проекта имеют следующий ориентировочный объем:

- 1) Разработка технологического процесса штамповки – 35%
- 2) Разработка конструкции и выполнение сборочных чертежей штампов – 45%
- 3) Выполнение рабочих чертежей деталей штампа – 10%
- 4) Оформление материалов пояснительной записки и подготовка к защите проекта – 10%.

Проект целесообразно выполнять в следующей последовательности:

Изучить чертеж детали и требования к ней; определить, какие основные штамповочные операции потребуются для изготовления заданной детали; изучить свойства материала, из которого деталь изготавливается (приложение).

Оценить технологичность детали, обращая внимание на точ-

ность размеров и требуемую точность штампов, возможность получения отдельных элементов детали в соответствующих операциях (отверстий, пазов, уступов, перемычек при вырубке-пробивке, радиусов изогнутых деталей при гибке, радиусов между элементами детали при вытяжке, степени деформации в формовочных операциях).

Если требуемая точность не может быть достигнута в основных операциях, то следует выяснить, какие операции могут обеспечить требуемые размеры и точность детали (правка, калибровка, зачистка, механическая обработка).

С учетом выполненного анализа технологичности детали наметить возможные технологические процессы штамповки, критически проанализировать их и выбрать разрабатываемый в проекте.

Рассчитать размеры штучной заготовки для получения детали, способ получения штучной заготовки и исходную заготовку (лист, ленту, прутки и т.д.). Разработать раскрой выбранной исходной заготовки одного типоразмера на штучные детали, определить коэффициент использования материала.

Разработать первую технологическую операцию: определить размеры полуфабрикатов, обосновать выбор типа штампа для выполнения операций, определить усилие и работу штамповки, необходимый ход ползуна и выбрать пресс для выполнения операции, смазку и способ ее нанесения, определить норму выработки.

Аналогично разработать все последующие операции штамповки.

Выбрать необходимые вспомогательные операции при штамповке (термообработку, контроль т.д.), инструмент и оборудование для их выполнения.

Составить маршрутную карту технологического процесса.

Подробно изучить устройство и принцип действия штампов

для указанных в задании технологических операций, окончательно выбрать тип штампа, разработать конструкцию рабочих частей и пакета штампа. При этом по возможности следует использовать стандартные детали и заготовки.

Выбрать блок штампа или стандартные заготовки плит, направляющие колонки втулки. При этом учитывать необходимый ход ползуна, максимальную и минимальную закрытые высоты пресса, возможный износ рабочих частей штампа. Выполнить расчеты на прочность и жесткость деталей штампа. Окончательно оформить сборочные чертежи штампа.

Разработать рабочие чертежи указанных руководителем нестандартных деталей одного из спроектированных штампов.

Оформить пояснительную записку на проект, представить ее на проверку руководителю.

После подписания руководителем всех чертежей и записки проект допускается к защите. Защита состоит из доклада и ответов студента на вопросы членов комиссии, в которую входит и руководитель проекта.

В докладе сообщается о задании на проект, особенностях штампуемой детали, дается краткое обоснование всех принятых решений, приводятся показатели процесса.

Оценка проекта и его защиты обсуждается комиссией на закрытом совещании. При оценке проекта учитываются: уровень стандартизации и унификации штампов; четкость изложения материала в записке и докладе при защите; правильность ответов на вопросы; соблюдение графика выполнения проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / под общ. ред. Л.И. Рудмана. Москва: Машиностроение, 1988. 496 с.
2. Рудман Л.И. Наладка прессов для холодной штамповки: справочник. Москва: Машиностроение, 1980. 219 с.
3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Ленинград: Машиностроение, 1979. 520 с.
4. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки: Конструкция и расчёт. Москва: Машиностроение, 1972. 360 с.
5. Зубцов М.Е. Листовая штамповка: учебник. Ленинград: Машиностроение, 1980. 432 с.
6. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: учебник. Москва: Машиностроение, 1989. 304 с.
7. Основы конструирования штамповой оснастки для изготовления листовых деталей летательных аппаратов: учебное пособие / П.Я. Пытьев, Е.П. Смеляков. Куйбышев: Куйбышевский авиационный институт, 1990. 96 с.

Учебное издание

*Самохвалов Владимир Николаевич,
Громова Екатерина Георгиевна*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВ
ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Учебное пособие

Редактор И. П. Ведмидская
Компьютерная вёрстка И. П. Ведмидской

Подписано в печать 03.09.2021. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печ. л. 5,0.
Тираж 25 экз. Заказ . Арт. – 9(Р2У)/2021.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.