

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы автоматизированного проектирования в машиностроении

(профиль)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Совершенствование процесса проектирования оснастки для
листовой штамповки изделий электротехнической промышленности

Студент(ка)

С.П. Пестрикова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Е.Н. Почекуев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы канд. техн. наук., доцент Е.Н. Почекуев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д-р. техн. наук., профессор В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018.

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Анализ конструкций оснастки для изделий электротехнической промышленности.....	7
1.1 Классификация изделий электротехнической промышленности.....	7
1.2 Описание типовых видов штампов.....	9
1.3 Характеристика материалов оснастки.....	20
1.4 Методы унификации и параметризации элементов оснастки.....	25
1.5 Выводы.....	28
Глава 2 Промышленные комплексы для проектирования оснастки.....	29
2.1 Характеристика CAD/CAM/CAE систем.....	29
2.2 Методы использования NX для разработки технологических процессов листовой штамповки.....	36
2.3 Разработка конструкций штампов в NX.....	37
2.3.1 Методы создания электронных моделей деталей штампа.....	39
2.3.2 Способы разработки электронных моделей рабочих инструментов штампа.....	44
2.3.3 Основные понятия модуля Сборки NX PLM SOFTWARE.....	44
2.3.4 Методы работы со сборками штампов.....	47
2.4 Выводы.....	47
Глава 3 Разработка параметризированной конструкции штампа.....	49
3.1 Документированная процедура проектирования оснастки.....	49
3.2 Разработка компоновки типового разделительного штампа.....	53
3.3 Структура однопозиционного вырубного штампа.....	55
3.4 Выводы.....	57
Глава 4 Разработка инструкции и технических мероприятий внедрения метода проектирования с помощью WAVE.....	58
4.1 Описание параметризации WAVE.....	58
4.1.1 Создание управляющих структур.....	60

4.1.2 Разработка ассоциативности при проектировании рабочих элементов и деталей штампа.....	61
4.2 Алгоритм создания нового штампа с использованием замены контура вырубаемой детали с помощью модуля WAVE на основе ранее созданной модели.....	64
4.2.1 Создание типового штампа.....	64
4.2.2 Редактирование частей штампа с учетом контура вырубки.....	69
4.2.3 Преобразование связанных тел в детали сборки.....	72
4.2.4 Замена контура вырубки.....	73
4.3 Внедрение методики на предприятии.....	74
4.4 Выводы.....	74
Заключение.....	75
Список используемых источников.....	76

Введение

Изготовление деталей методом листовой штамповки – один из наиболее широко распространённых и прогрессивных методов обработки металлов давлением. Этот метод позволяет изготавливать детали сложных форм с высокой точностью размеров и минимальной последующей обработкой. В качестве заготовок используются лист, полоса или лента металла. Эффективность изготовления изделий штамповкой можно охарактеризовать основным показателем, демонстрирующим в сравнении литьем, ковкой и обработкой проката снижение массы одновременно с повышением жесткости и прочности полученных деталей.

Листовая штамповка находит широкое применение во многих областях промышленности, например, в автомобиле- и авиастроении, приборостроении, в оборонной промышленности, а также в изготовлении изделий электротехнической промышленности.

Холодная штамповка наибольшее распространение получила в массовом и крупносерийном производстве, где в связи с большими объёмами выпуска появляется возможность применять более сложные, дорогие и технически совершенные штампы, например, комбинированные, сочетающие одновременно несколько операций.

Холодная штамповка позволяет:

- 1) изготавливать сложные детали, которые практически невозможно получить иным методом изготовления;
- 2) производить легкие, но при этом прочные и жесткие изделия при малом расходе материала;
- 3) изготавливать детали с минимумом или полным отсутствием необходимости последующей обработки.

Холодная штамповка обладает рядом преимуществ в экономическом отношении:

- 1) малым расходом материала и достаточно небольшими отходами;

2) высокой производительностью и возможностью автоматизировать процесс выпуска;

3) низкой (при массовом и крупносерийном производстве) стоимостью производимых изделий.

Максимальная эффективность применения метода холодной штамповки может быть достигнута комплексным подходом к решению технических задач всех стадий подготовки производства.

Максимальный экономический эффект от применения холодной штамповки достигается в случае комплексного решения технических вопросов, возникающих в ходе выполнения стадий подготовки производства, начиная с создания технологичных конструкций деталей, позволяющих снизить издержки производства при их изготовлении.

Проектирование штампа практически всегда требует от разработчика индивидуальных решений, причем при проектировании вручную на творческое конструирование тратится лишь 10% всего времени, остальное идет на поиск требуемой информации, расчеты, создание чертежей, хотя с этими задачами вполне мог бы справиться ЭВМ.

Актуальность работы заключается в упрощении и ускорении проектирования и внедрения на производстве разработок; рекомендуется использовать приложения системы CAD/CAM/CAE верхнего уровня, которые обеспечивают поддержку полного цикла создания продукта и повышают эффективность технической подготовки производства.

Цель работы: разработка методики подготовки технологической и конструкторской документации для проектирования разделительных штампов в электротехнической промышленности с наименьшей себестоимостью за счёт увеличения скорости проектирования и повышения качества проекта с помощью современных методов параметризации.

Объект: однопозиционный вырубной штамп.

Предмет: методика реализации редактирования конструкции штампов в контекстной сборке.

Задачи:

1. Анализ конструкции типовой штамповой оснастки.
2. Изучение возможностей программных комплексов для проектирования оснастки.
3. Разработка параметризованной модели конструкции.
4. Создание методики редактирования конструкции штампа в контекстной сборке.
5. Разработка технических мероприятий внедрения типовой параметризованной оснастки на предприятии.

Научная новизна: разработка методики ускоренного проектирования штампов с использованием ассоциативных связей в контекстной сборке.

Практическая значимость: разработан простой алгоритм, позволяющий быстро заменить контур вырубки во всех деталях электронной модели штампа.

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач работы; разработке способа замены кривых, определяющих проем вырубки во всех взаимосвязанных компонентах сборки.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с заключением, списком использованной литературы, включающим 32 наименования. Основная часть работы изложена на 78 страницах машинописного текста, содержит 35 рисунков и 7 таблиц.

Глава 1 Анализ конструкций оснастки для изделий электротехнической промышленности

1.1 Классификация изделий электротехнической промышленности

Использование метода листовой штамповки позволяет производить в течение одной рабочей смены большое количество деталей при минимальных затратах и загрузке по ресурсам.

Процесс штампования позволяет производить операции вырубки и формования тонких листовых заготовок с целью получения изделий необходимой формы. Производимые штамповкой изделия могут быть наделены различными характеристиками, такими как высокая прочность, вязкость, теплостойкость, магнитная и электрическая проводимость.

Электротехническое производство производит широкую номенклатуру изделий, представляющих собой сложные крупногабаритные сборочные единицы, состоящие из большого количества различных деталей.

Изделия, выпускаемые предприятиями электротехнической промышленности, по габаритности делятся на:

1. мелкие (узлы бытовой техники – обмотки, якоря);
2. средние (компрессоры, электродвигатели);
3. крупные (трансформаторы, реакторы, столбовые подстанции).

Трансформаторы бывают:

- общего назначения;
- для работы в блоке с генератором;
- сетевые – самые распространенные, используются повсеместно в энергосистеме страны;
- для питания резкопеременных нагрузок – для ударных нагрузок литейных печей и прокатных станов в металлургическом производстве;
- для электрифицированных железных дорог;

- сейсмостойкие.

Также электротехнические предприятия производят управляемые шунтирующие реакторы трансформаторного типа, столбовые подстанции.

Детали, получаемые холодной штамповкой, нашли применение в электротехнической промышленности в виде кронштейнов, крепежных элементов, корпусных и отделочных деталей, разделительных элементов, а также в качестве проводников тока (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Детали, получаемые штамповкой в электротехнической промышленности

1.2 Описание типовых видов штампов

Классификация штампов, предназначенных для холодной листовой штамповки, осуществляется по трем основным признакам [1]:

- технологический (по роду совмещенности операций);
- конструктивный (по методу направления);
- эксплуатационный (по способу подачи и установки заготовки, по способу удаления штампованных изделий и отходов).

По технологическому признаку штампы подразделяются на группы в зависимости от рода выполняемых операций.

По совмещенности операций разделяют простые штампы, выполняющие одну операцию за раз, и многооперационные, так называемые комбинированные штампы. Комбинированные штампы подразделяются на штампы последовательного, совмещенного и последовательно-совмещенного действия (рисунок 1.2.1).

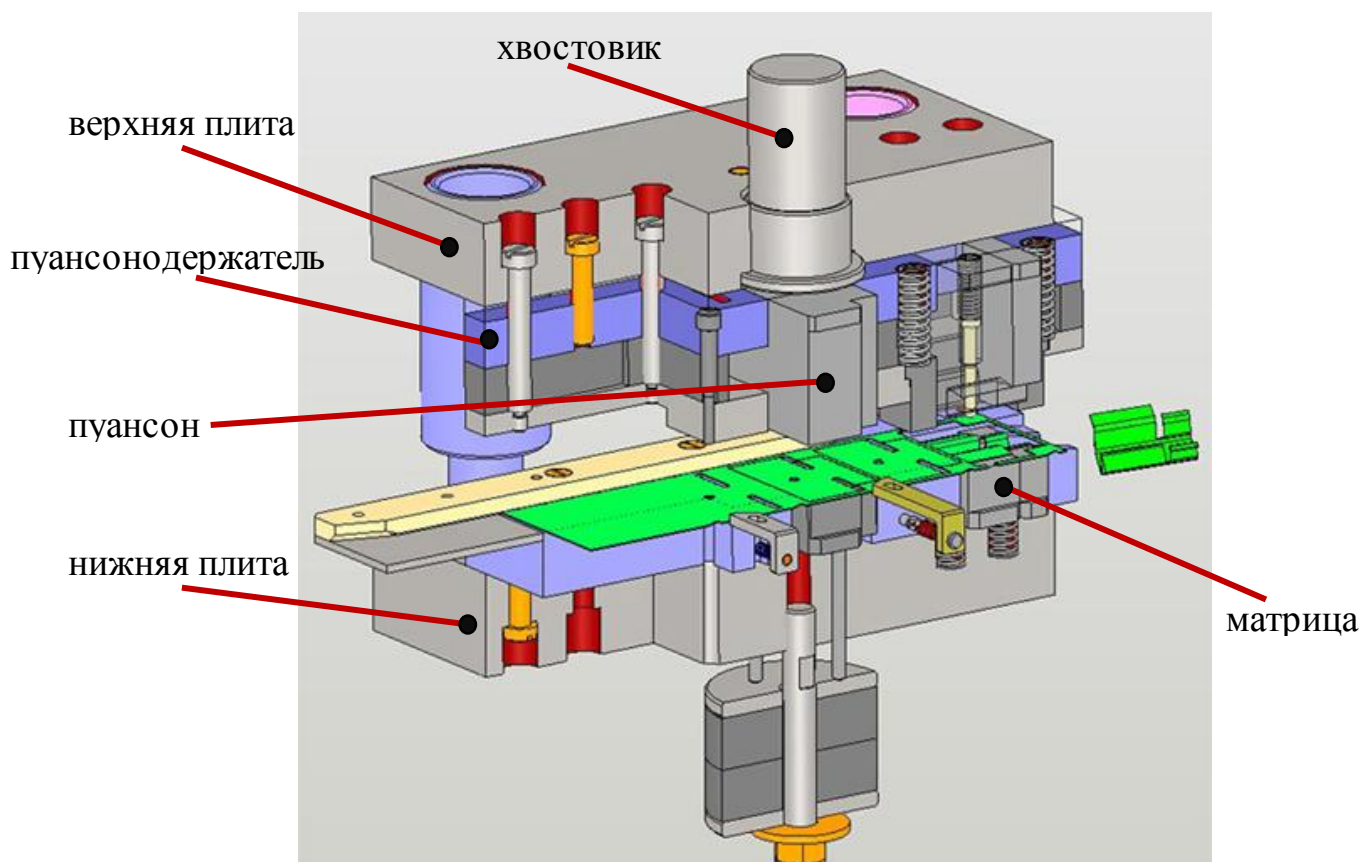


Рисунок 1.2.1 – Комбинированный штамп

Деление узлов и деталей штампов по назначению:

- звенья технологического назначения:
 - рабочие элементы и фиксирующие звенья, обеспечивающие правильное положение заготовки в ходе выполнения операции (упоры, фиксаторы);
 - детали для прижима и удаления заготовки (съемники, прижимы, выталкиватели)
- звенья конструктивного назначения:
 - держащие и опорные элементы (пуансонодержатели, плиты);
 - крепежные, направляющие узлы (втулки, колонки).

Также некоторые штампы могут содержать детали, относящиеся к третьей группе – звенья кинематического назначения, которые служат для обеспечения правильного перемещения частей штампа: «преобразование вертикального движения ползуна пресса в поступательные, вращательные, колебательные движения отдельных элементов штампа и вспомогательных узлов» [2].

Конструкция штампа содержит два основных узла – блок и пакет: блок обеспечивает фиксацию пакета и сжимимость рабочих частей во время штамповки, пакет – крепление рабочих элементов. Пакет крепится в блоке.

Блок состоит из верхней и нижней плит и направляющих узлов. Пакет содержит обычно все детали, включая рабочие элементы, необходимые для выполнения заданных операций.

Типовые конструкции штампов, используемых на предприятии

1. Вырубной штамп простого действия, предназначенный для резки ленты на заготовки (рисунок 1.2.2) на прессе Инноченти 300 тс с автоматической подачей. Раскрой ленты позволяет получить две одинаковые заготовки за один рабочий ход. При этом отходами будут являться только начальный и конечный края ленты.

Неподвижная часть штампа состоит из нижней плиты, двух нижних режущих секций, трафаретов; подвижная часть включает верхнюю плиту, к которой крепятся две верхние режущие секции, прижим, действующий от пружин

и обеспечивающий устойчивость ленты в процессе резания. В нижней плите выполнены две наклонные плоскости, на которые крепятся два лотка. Верхняя часть перемещается относительно нижней, совмещаясь с ней, благодаря четырем направляющим колонкам и втулкам.

Лента подается поперек фронта штампа, справа налево. Штамп оснащен специальными роликами, регулирующими ширину ленты. К нижней плите крепятся держатели, в которые устанавливаются толкатели с ходом 20 мм, работающие от пружин. Толкатели поднимают ленту на заданную высоту подачи.

В начале работы лента подается не более чем на полшага. При совершении прямого хода лента прижимается прижимом, пуансон начинает работу только при зажатом материале и отрезает начальный край ленты. Этот отход удаляется по наклонной плоскости в нижней плите. Затем лента подается на полный шаг, ее положение фиксируется трафаретами. При совершении рабочего хода прижим зажимает ленту, происходит отрезка двух заготовок. Отрезанные заготовки удаляются через уклоны в плите, на которые установлены лотки, в тару.

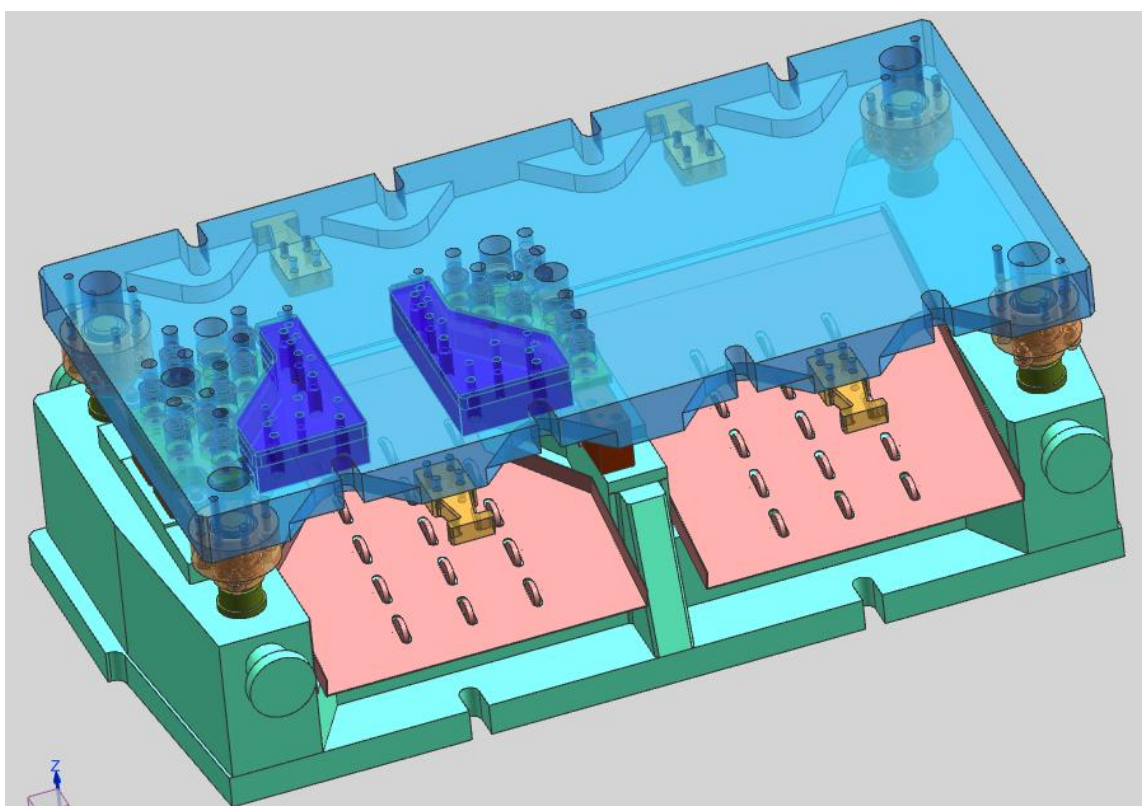
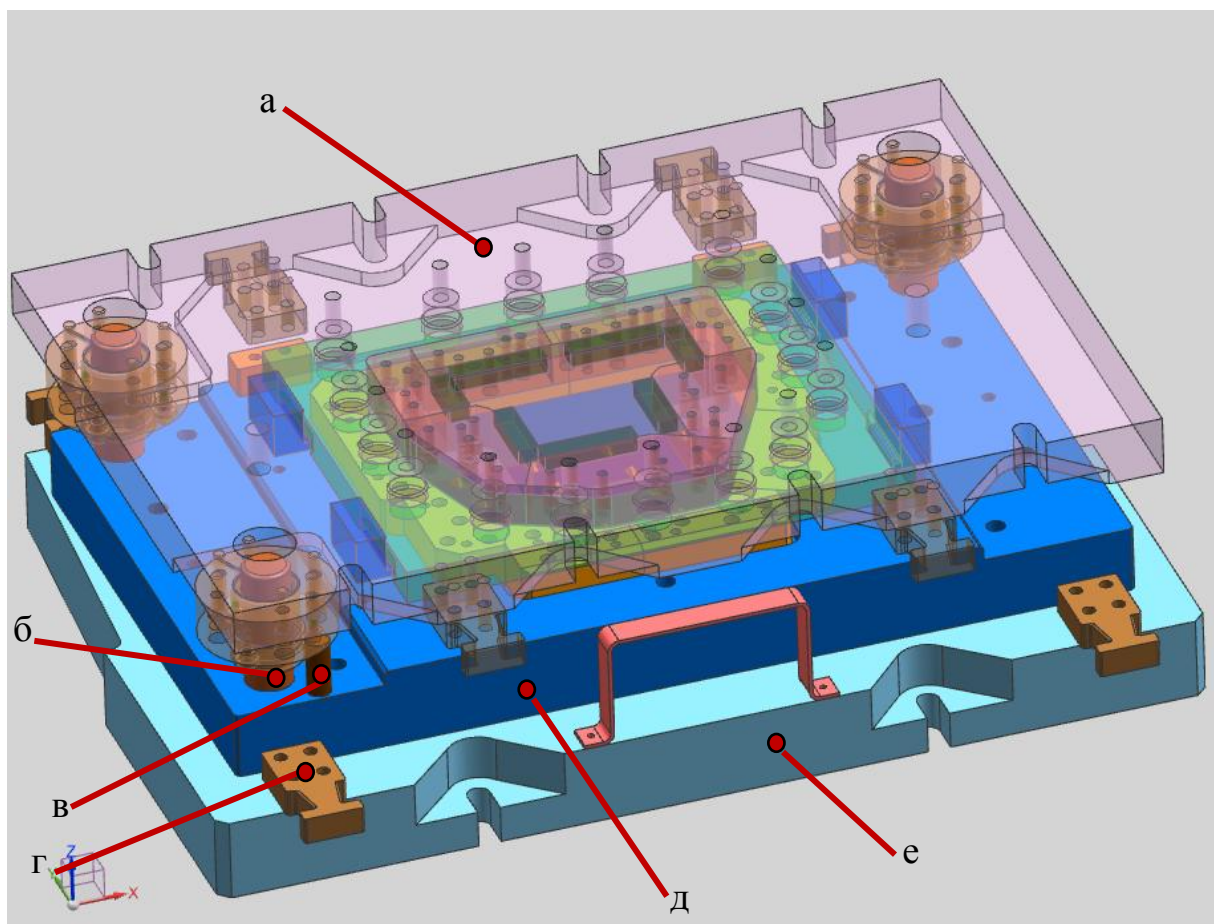


Рисунок 1.2.2 – Штамп для вырубki детали из ленты

2. Вырубной штамп простого действия, предназначенный для вырубки замкнутого контура одной заготовки детали из листа (рисунок 1.2.3а, 1.2.3б). Вырубка осуществляется на прессе К3132А.

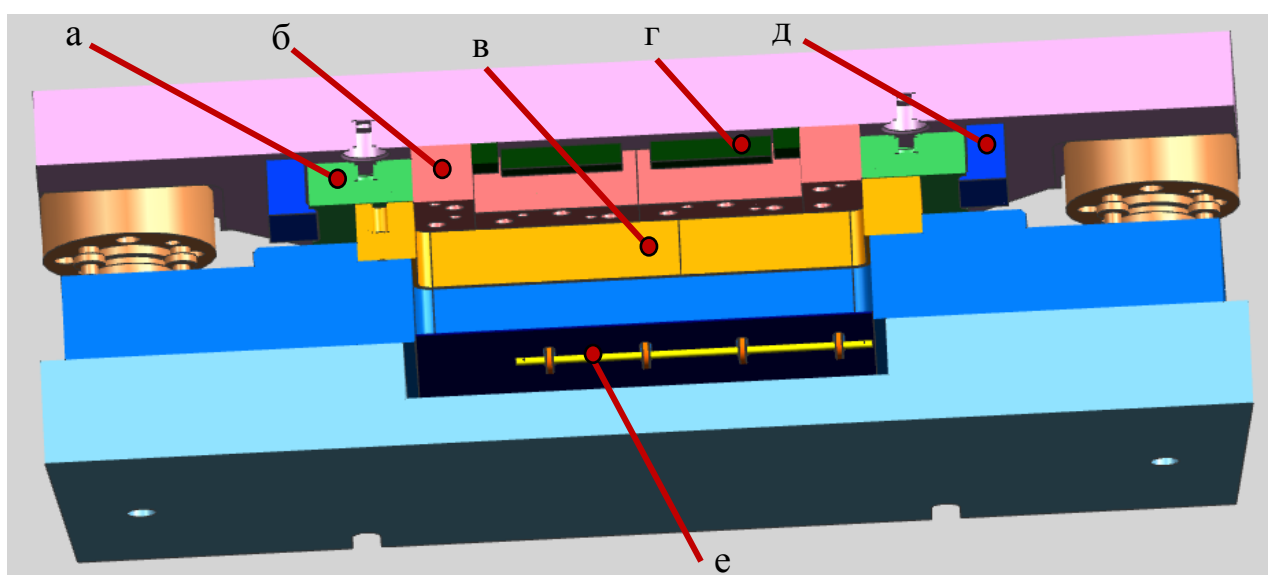
К верхней плите винтами крепятся секции пуансона. Сдвиг этих секций контролируют с помощью штифтов и накладных шпонок. В состав нижней части входят: нижняя плита, на которую установлена опорная плита и планка для удобства подачи исходной заготовки. К опорной плите с помощью винтов и штифтов крепятся секции матрицы. Подвижный подпружиненный съемник располагается в верхней части штампа. Он обеспечивает не только съем детали с секций пуансона, но и прижимает исходную заготовку к секциям матрицы. При разжатом состоянии пружин съемник находится в нижнем положении, при этом он удерживается скобами. Верхняя часть строго направляется и центрируется относительно нижней части тремя направляющими колонками и втулками. Для ограничения хода верхней плиты на опорной плите установлены цилиндрические ограничители.

Штампующую прямоугольную заготовку закладывают в штамп с фронта вручную; ее положение контролируется утопающими фиксаторами, установленными в секциях матрицы. Раскрой исходной заготовки позволяет получить два вырубленных контура из одного листа. После вырубки первого контура, заготовку перебрасывают через фиксаторы и смещают до упора, чтобы произвести вырубку второго контура. При этом отштампованный отход лежит на двух опорах, установленных на опорной плите. Вырубленная деталь удаляется из рабочей зоны через провальное отверстие в нижней плите, где установлен лоток; отходы удаляются вручную в тару для отхода.



а – верхняя плита; б – направляющая колонка; в – ограничитель; г – штырь транспортный; д – плита; е – нижняя плита

Рисунок 1.2.3а – Штамп для вырубki детали из листа



а – пуансонодержатель; б – пуансон составной; в – матрица составная; г – шпонка; д – прижим; е – ось с роликами

Рисунок 1.2.3б – Штамп для вырубki детали из листа

3. Штамп совмещенного действия, предназначен для вырубки контура одной детали и пробивки отверстий (рисунок 1.2.4). В качестве исходной заготовки используется лента. Операция вырубки-пробивки осуществляется на прессе Инноченти 300 тс с автоматической подачей.

На специальных плитах штамп-пакета располагаются взаимодействующие элементы. Комплект направляющих колонка-втулка гарантированно обеспечивает соосное расположение движущихся частей штампа и взаимное перемещение данных элементов конструкции. Части штамп-пакета крепятся соответственно к верхней и нижней плитам блока штампа с помощью резьбовых соединений, предварительно для обеспечения соосности штифтуется.

Заготовку-ленту подают справа налево поперек фронта штампа, ширину ленты регулируют специально предназначенными роликами.

Основой данного штампа является пуансон-матрица, рабочий контур которой зеркально имитирует форму по периметру и расположение отверстий штампуемой детали. Составная матрица с равномерно идущим зазором резания охватывает пуансон-матрицу по всему периметру в форме рабочего контура. Пуансоны для пробивки отверстий стыкуется (при соблюдении такого же зазора) с соответствующими отверстиями в пуансон-матрице. Пуансон-матрица расположена в нижней части штампа, а составная матрица крепится к верхней части штампа.

При вырубке отделенная от ленты заготовка запрессовывается в матрицу, а затем проталкивается в противоположном направлении с помощью механического выталкивателя пресса. Промежуточной деталью для проталкивания заготовки служит траверса, которая через шпильки осуществляет связь между толкателями пресса и выталкивателем, расположенным в матрице штампа и непосредственно контактирующим с получаемой в процессе штампования деталью.

Съемник удаляет остаток ленты с пуансон-матрицы. Съемник выполняет одновременно функции по удержанию штампуемого материала и его направлению при перемещении. В качестве привода подвижного съемника

служит буфер прессы. Передаточным звеном между плитой буфера и съемником штампа являются толкатели с буртиком.

Удаление получившихся штамповкой деталей из рабочей зоны данного штампа после проталкивания их через матрицу осуществляется с помощью лоткового механизма.

В процессе вырубки, когда верхняя и нижняя части штампа сомкнуты, верхний и нижний ножи обрезают отход от предыдущей вырубки, который по склизу попадает в тару для отхода.

Выгреб отходов от пробивки отверстий осуществляется пневмосдувом, установленным в нише нижней плиты штампа.

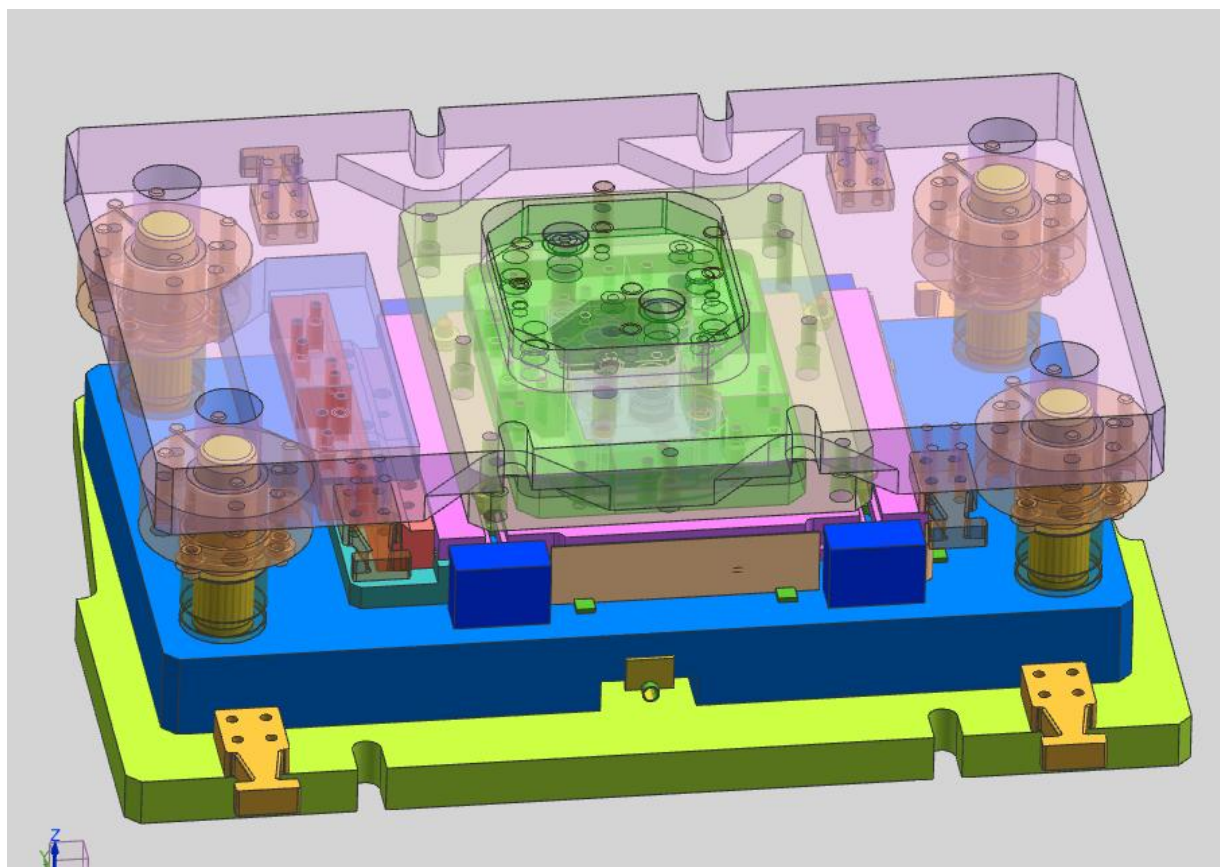


Рисунок 1.2.4 – Штамп для вырубки-пробивки

4. Штамп совмещенного действия, предназначенный для вырубки контура деталей и пробивки отверстий с применением двухрядного раскроя ленты на прессе Инноченти 300 тс с автоматической подачей. Лента подается поперек фронта прессы, справа–налево.

Вырубка-пробивка осуществляется одновременно на двух позициях, т.е. пакет штампа содержит две пуансон-матрицы. Отличительной особенностью этого штампа от предыдущей конструкции является схема выталкивания штампуемой детали. Здесь существует прямая связь выталкивателя пресса через толкатель с выталкивателем штампа. В остальном конструкция штампа аналогична конструкции штампа 3, описанного выше.

5. Штамп совмещенного действия предназначен для вырубки контура деталей и пробивки отверстий с применением однорядного раскроя ленты на прессе Инноченти 300 тс с автоматической подачей. Лента подается поперек фронта пресса, справа–налево.

Вырубка-пробивка также осуществляется одновременно на двух позициях, т.е. пакет штампа содержит две пуансон-матрицы. В остальном конструкция штампа аналогична конструкции штампа 4.

Схематично штампы 4 и 5 изображены на рисунке 1.2.5.

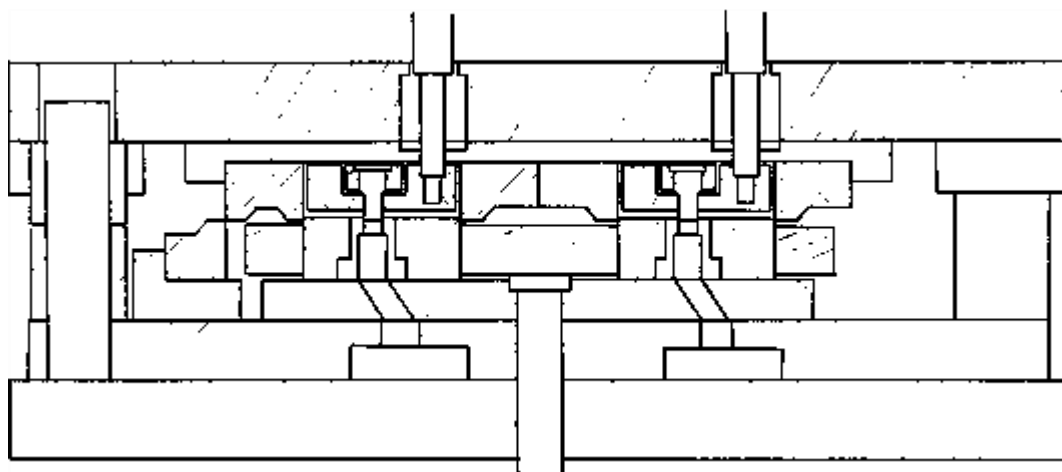


Рисунок 1.2.5 – Схема штампа совмещенного действия для вырубки контура деталей и пробивки отверстий с применением однорядного раскроя ленты

6. Штамп совмещенного действия предназначен для вырубки контура деталей и пробивки отверстий с применением двухрядного раскроя ленты на прессе К3034 с автоматической подачей. Лента подается по фронту пресса.

Вырубка-пробивка также осуществляется одновременно на двух позициях,

т.е. пакет штампа содержит две пуансон-матрицы.

Конструктивной особенностью этого двухпозиционного штампа является присутствие в конструкции единой траверсы, которая служит для передачи усилия на оба выталкивателя, расположенных в матрицах. Вырубленные детали остаются в полостях матрицы и поднимаются вместе с ней до тех пор, пока толкатели штампа не упрутся в коромысло выталкивающего устройства пресса. Под его воздействием толкатели через траверсу и шпильки перемещают выталкиватели штампа вниз относительно матрицы и таким образом вырубленные детали выталкиваются из полостей матрицы.

Остаток ленты снимается с пуансон-матрицы подпружиненным съемником.

Вырубленная деталь удаляется с помощью лоткового механизма; отходы от вырубки измельчаются ножами и попадают по склизу в тару для отходов; отходы от пробивки удаляются пневмосдувом.

Схематично штамп изображен на рисунке 1.2.6.

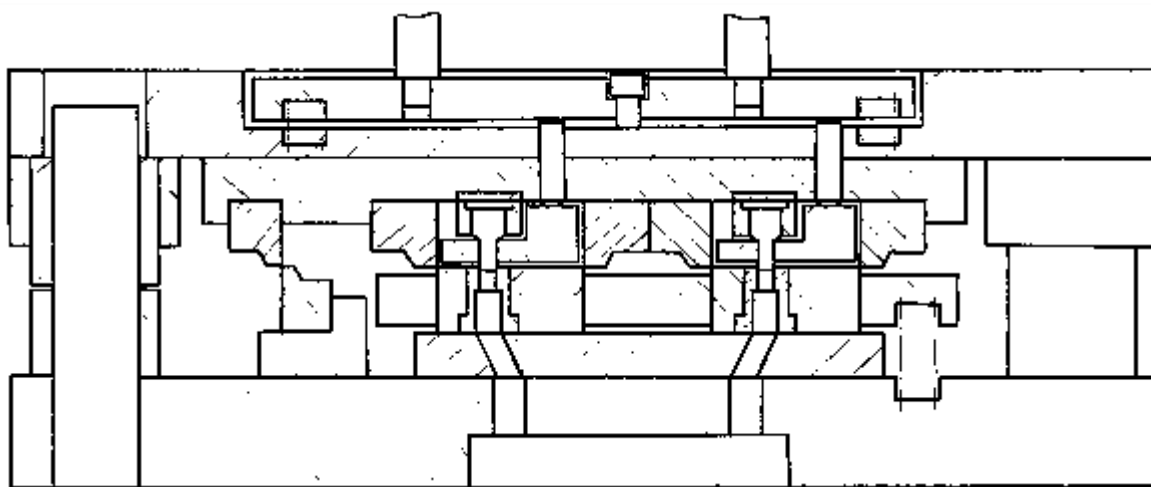


Рисунок 1.2.6 – Схема штампа совмещенного действия предназначен для вырубки контура деталей и пробивки отверстий с применением двухрядного раскроя ленты

Технологические и конструктивные признаки вышеописанных штампов сведены в таблицы 1.2.1 и 1.2.2 соответственно.

Таблица 1.2.1 – Технологические признаки типовых штампов

Штампы																																								
		Вид технологической операции			Способ действия	Оборудование		Вид исходной заготовки	Тип раскроя	Размещение заготовки относительно фронта работы	Количество деталей получаемых за один рабочий ход	Способ подачи заготовки		Способ удаления детали					Способ удаления отходов вырубки	Способ удаления отходов пробивки																				
1	2	3	4	5	6	t11	t12	t13	t21	t22	t23	t31	t32	t33	t41	t42	t43	t51	t52	t53	t54	t55	t61	t62	t63	t71	t72	t81	t82	t91	t92	t93	t94	t95	t10 1	t10 2	t10 3	t11 1	t11 2	
							*																																	
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																*		*		
							*		*									*		*																				

Таблица 1.2.2 – Конструктивные признаки типовых штампов

	Штампы		Тип блока штампа		Тип пакета	Род направляющих узлов	Схема фиксации заготовки	Вид упоров	Вид фиксаторов	Прижим в отрезных штампах	Вид съёмника	Вытапливатели	
1			k11	без направляющих	круглый	направляющие качения	упор шаговый	постоянный	штифтовые	прижим исходной заготовки	жесткий (неподвижный)	нижние (от буфера)	верхние
2			k12	с задним расположением направляющих									
3			k13	с диагональным расположением направляющих	прямоугольный	направляющие скольжения	упор боковой	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	толкатели	толкатели
4			k14	с осевым расположением направляющих									
5			k15	3 направляющих	с угловым расположением	упор разовый	утопающий	передвижные универсальные	цельные	верхний	пружинный	с буртиком	с буртиком
6			k16	4 направляющих									
		*	k21		направляющие качения	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k22										
		*	k31		направляющие скольжения	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k32										
		*	k41		упор шаговый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k42										
		*	k43		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k51										
		*	k52		упор шаговый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k53										
		*	k61		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k62										
		*	k63		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k64										
		*	k71		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k72										
		*	k81		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k82										
		*	k83		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k84										
		*	k85		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k91										
		*	k92		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k10 1										
		*	k10 2		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k10 3										
		*	k10 4		упор разовый	упор боковой	постоянный	переставной	составные планочные	прижим отрезаемой детали	закрытый	с буртиком	с буртиком
		*	k10 4										

Деление штампов на группы будем производить, прежде всего, по технологическому признаку. Так, штамп 1 простого действия предназначенный для резки ленточного материала относится к группе **отрезных** штампов; штамп 2 простого действия, предназначенный для вырубки замкнутого контура из штучных заготовок относится к группе **вырубных** штампов. Штампы 3, 4, 5 и 6 совмещенного действия, предназначенные для вырубки замкнутого контура из ленточной заготовки и пробивки отверстий относятся к группе штампов для **вырубки-пробивки**.

Последние штампы имеют наибольшее количество схожих технологических и конструктивных признаков: операция вырубки-пробивки осуществляется на автоматических прессах с автоматической подачей, штампы имеют одинаковую схему удаления детали (при помощи лоткового съемника), а также удаления отходов вырубки (по склизу, после измельчения) и отходов пробивки (пневмосдувом). Кроме этого, блоки штампов имеют одинаковую схему фиксации заготовки в рабочей зоне, а остаток ленты снимается с пуансон-матрицы съемником (подпружиненным, либо буферным). Различиями в этих штампах являются: способ раскроя исходной заготовки (ленты), который влияет на размер рабочей зоны штампа и схема верхних выталкивателей. В штампах 4 и 5 осуществлена прямая связь выталкивателя пресса через толкатель с выталкивателем штампа, а в штампах 3 и 6 процесс выталкивания проходит благодаря траверсе, являющейся промежуточной деталью. Еще одним различием является размещение заготовки относительно фронта работы: в штампе 6 лента подается вдоль фронта, когда как в остальных штампах подача происходит поперек фронта, справа–налево.

1.3 Характеристика материалов оснастки

В штампах для холодной штамповки только формообразующие детали, т. е. пуансон и матрицу, изготавливают из инструментальной стали.

Стали У7, У8, У9 и У10 - углеродистые инструментальные стали пониженной прокаливаемости. Пуансоны и матрицы, предназначенные для холодной штамповки, изготавливают из данных сталей в том случае, если их рабочий контур имеет простую форму (в этих штампах нет резких переходов между элементами; отсутствуют узкие прорезы, тонкие перемычки металла между отверстиями и т. п.). Это связано с тем, что стали пониженной прокаливаемости деформируются при закалке, в результате чего образуются трещины.

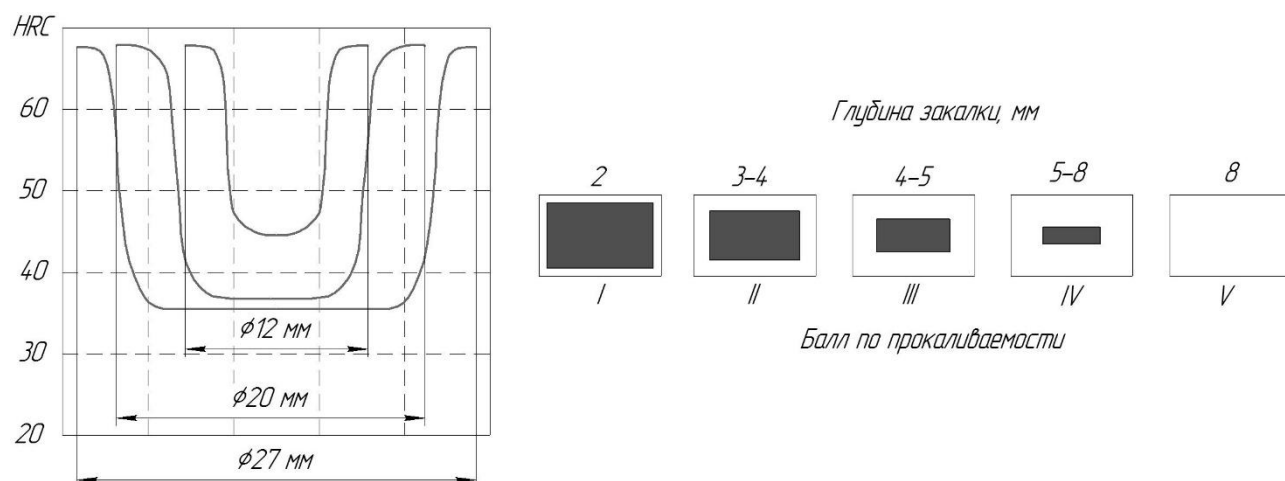
Таблица 1.3.1 – Состав инструментальных сталей пониженной прокаливаемости

Марка стали	С	Mn	Cr	V
У7	0,65 – 0,74	0,20 – 0,40	$\leq 0,15$	-
У8	0,75 – 0,84	0,15 – 0,40	$\leq 0,15$	-
У9	0,85 – 0,94	0,15 – 0,35	$\leq 0,15$	-
У10	0,95 – 1,04	0,15 – 0,35	$\leq 0,15$	-
У11	1,05 – 1,14	0,15 – 0,35	$\leq 0,15$	-
У12	1,15 – 1,24	0,15 – 0,35	$\leq 0,15$	-
У13	1,25 – 1,35	0,15 – 0,35	$\leq 0,15$	-
Х05	1,25 – 1,40	0,20 – 0,40	0,4 – 0,6	-
Х06	1,05 – 1,14	0,40 – 0,70	0,4 – 0,6	-
65ХФ	0,6 – 0,7	0,3 – 0,6	0,45 – 0,7	0,15 – 0,30
85ХФ	0,8 – 0,9	0,3 – 0,6	0,45 – 0,7	0,15 – 0,30

Примечание: в приведенных в таблице 1.3.1 сталях ограничено содержание кремния 0,30–0,35%, никеля <0,2%, серы и фосфора <0,02%, в высококачественной (группа А) и <0,03% в качественных сталях.

Практические исследования термообработки инструмента показали, что оптимальная твердость сердцевины составляет 40 – 45 HRC. При отклонении от этой величины велика вероятность образования трещин, поверхностных при

большей твердости, внутренние кольцевые при меньшей. При назначении величины заковки для достижения нужного значения сердцевины необходимо учитывать не только параметры прокаливаемости и охлаждающей среды, но и также от размеров детали. Распределение прокаливаемости представлено на рисунке 1.3.2 [3].



а – сталь У12А, заковка в воде от 790°С; б – шкала прокаливаемости

Рис. 1.3.2. Прокаливаемость углеродистой инструментальной стали

Таблица 1.3.2 – Режим ковки, отжига и заковки углеродистых сталей

Марка стали	Температура ковки, °С		Отжиг		Твердость НВ после отжига, не более	Температура нагрева для заковки, °С	Твердость HRC после заковки
	Начало	Конец	Температура нагрева, °С	Скорость охлаждения до 550°С, град/час			
У7, У7А	1130	800-830	740-760	30-50	187	800-830	61-63
У8, У8А, У8Г, У8ГА	1120	800-850	740-760	30-50	187	790-820	62-64
У9, У9А	1100	800-850	750-770	20-40	192	780-810	62-65
У10, У10А, У11, У11А, У12, У12А	1100	820-860	750-770	20-30	197 207	760-790	62-65
У13, У13А	1080	820-870	750-770	20-30	217	760-790	62-66

Пуансоны и матрицы штампов для холодной штамповки более сложной формы делают из сталей марок Х, 9ХС, ХВГ, ХГС и других повышенной прокаливаемости.

Пуансоны и матрицы штампов для холодной штамповки весьма сложной формы изготавливают из сталей марок X12Ф, X12Т, X12М высокой прокаливаемости. Эти стали, близкие по своим свойствам к быстрорежущим сталям, содержат около 1% углерода, 12% хрома и около 1% ванадия (титана или молибдена), характеризуются высокими прочностью, износостойкостью, теплостойкостью (около 500°C). Важным достоинством сталей высокой прокаливаемости являются малая деформация и, следовательно, сохранение размеров их рабочего контура при закалке. К недостаткам относятся склонность к карбидной неоднородности и плохая обрабатываемость резанием. Сталь марки X12Ф почти в 2,5 раза дороже, чем углеродистая сталь марки У10. Свойства сталей данной группы показаны в таблице 1.3.3.

Таблица 1.3.3 – Физико-механические свойства сталей

Марка стали	Физико-механические свойства							Процент карбидной фазы	Теплостой- кость, °С
	ρ, г/см ³	НВ, МПа	После отжига		После закалки и отпуска				
			НВ, МПа	σ _в , МПа	σ _и , МПа	α _к ·10 ⁵ , Дж/м ²	HRC ₉		
11Х, 11ХФ	7,82	3410	2170	-	2,7	1,6	63-65	15,5-17,0	200-250
9ХС	7,83	4150	2410	0,7	2,2	0,25	63-66	12,5-14,0	240-250
ХВСТ	7,83	3880	2550	-	3,2	-	62-64	14,0-15,5	200-220
ХВГ	7,83	5140	2550	-	3,4	-	63-66	14,0-16,0	200-220
Х6ВФ	-	5780	2290	0,73	3,15	-	59-61	12,0-14,0	400-500
X12Φ1	-	5780	2250	-	3,0	2,95	63-65	15,0-17,0	490-510
X12М	-	5780	2550	-	-	-	63-65	-	490-510

Тонкие и длинные пуансоны дыропробивных штампов для холодной штамповки и другие нежесткие детали изготавливают из сталей марок 4ХС, 5ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С и т. п. повышенной вязкости. Снижение хрупкости у этих сталей достигается уменьшением содержания углерода (не более 0,5%), а высокая износостойкость определяется наличием хрома и вольфрама. Теплостойкость сталей этой группы около 300 °С; закаливают их в масле, сквозную закалку получают у образцов диаметром до 50 мм.

Таблица 1.3.4 – Материалы и нормы твердости деталей различного назначения [3]

Детали штампов	Рекомендуемые марки материалов	HRC после термообработки
Детали технологического назначения		
Упоры:		
к шаговым ножам	У10А	59-63
цилиндрические, грибовые, Г-образные и др.	45	42-46,5
Шпильки упорные	45	38,5-42,5
Планки направляющие для направления полосы (ленты)	45	34-38
Фиксаторы всех видов	У8А	51,5-55
Съемники неподвижные:		
ненаправляющие	Ст3	-
Направляющие	45, 45Х	42-46,5
простой формы (в твердосплавных штампах)	У8А, У10А	42-45,5
сложной формы (в твердосплавных штампах)	9ХС, 9ХВГ	42-46,5
Детали конструктивного назначения		
Плиты верхние и нижние штампов	Ст3, Ст4	-
Матрице- и пуансонодержатели	Ст3	-
Шпонки для фиксации положения пуансонов и матриц	45	42-46,5
Колонки направляющих скольжения	20	59-63
Втулки направляющих скольжения	20	55-59
Вспомогательные детали		
Хвостовики неподвижные	35, Ст4, Ст5	42-46,5
Хвостовики плавающие	45	42-46,5
Толкатели всех видов	45	37-41,5
Ограничители хода всех видов	45	36,5-39,5
Штыри транспортные:		
резьбовые	45	
накладные	30	

1.4 Методы унификации и параметризации элементов оснастки

Унификация штамповой оснастки

Многообразие конструкций штампов базируется на ограниченном количестве типов с определенным набором характерных узлов и деталей, каждая из которых изготавливается из ограниченного списка марок материалов, с определенными параметрами (твердость, посадка, шероховатость), с типовым технологическим процессом изготовления.

Детали штампов подразделяются на нормализованные и специальные. Конструкция нормализованных узлов может быть установлена заранее и не зависит от штампуемой детали, за исключением подбора по габаритам и требуемому усилию штамповки.

Любой штамп на 40-90% состоит из стандартных деталей, определенных по весу и номенклатуре. Конструктор при разработке штампа должен ориентироваться на оборудование, применяемое на предприятии и осуществимость изготовления требуемой детали. Основным документом, содержащим информацию о структуре, параметрах, характеристиках стандартизированной детали является ГОСТ. Также конструктор может руководствоваться нормами и стандартами, принятыми на предприятии, разработанными на основе опыта изготовления подобных проектируемой конструкций и выполнимыми в рамках возможностей конкретного производства.

Нормализованными деталями штампов чаще всего являются:

- верхняя и нижняя плиты;
- направляющие втулки и колонки, фиксаторы, упоры, пружины, вставки;
- толкатели и элементы, предназначенные для извлечения готовых деталей из штампов;
- хвостовики, шестерни, подшипники;

- тэны, приборы и датчики контроля и измерения, элементы системы охлаждения;
- крепежные и центрирующие элементы.

К специальным деталям штампов относятся матрицы, пуансоны, съемники, крепежные секции, плиты с обнижениями под размер заготовки - детали, зависящие от контура вырубки.

Наиболее трудоемким элементом штампа является матрица, так как она формирует контур вырубаемого изделия. Все элементы штампа, исключая систему формообразования, могут являться стандартными. За счет снижения числа специальных изделий повышается скорость проектирования оснастки.

Параметризация штампов

Суть процесса параметрического моделирования состоит в накоплении конструктивных соотношений и параметров во время проектирования, в создании истории построения геометрии. Построение связей между деталями проектируемой конструкции позволяет проводить простые изменения параметров для модификации и перестроения связанных частей модели.

При проектировании штамп-пакета на основе существующей модели часть элементов подлежит перестроению и изменению конструкции. В основном, это детали и узлы, напрямую зависящие от формы контура вырубки, а именно режущие части (пуансон и матрица либо секции этих частей), прижимы, пуансонодержатели, упоры, выталкиватели, ловители и т.д. База параметризованных твердотельных элементов штамповой оснастки формируется в виде библиотеки САПР, которая пополняется и по мере необходимости редактируются исполнителем.

Зачастую в блоке штампа подвижной разрабатывается верхняя плита, она ходит благодаря направляющим колонкам, количество и размещение которых определено прототипом. При необходимости параметры этих направляющих также могут редактироваться.

Кроме стандартных деталей, базовый набор прототипа обязан включать достаточно массивный пакет нестандартных узлов и деталей, а именно:

- плиты, буферные устройства, ограждения;
- основные детали, содержащие рабочий контур;
- элементы с измененным размером или расположением отверстий под крепеж, направляющие и т.д.

Первое и необходимое условие создания типовой конструкции штампа – создание параметрических связей в сборочной модели. С помощью параметризации происходит формирование топологии проектируемой сборки. Это позволяет более качественно управлять изменениями модели, легче, быстрее и качественнее проводить модернизацию модели. При внесении изменения в систему параметров или размеров происходит перестроение всех связанных узлов изменяемой сборки.

Второе и необходимое условие конструирования сборки – оценка зависимости одних элементов от параметров других, например, обусловленность размеров рабочего пространства штампа способом раскроя заготовки, а также подчинение форме изготавливаемой детали рабочего контура пуансона и матрицы. Пользователь единожды устанавливает подобную зависимость с помощью параметризации, и далее при изменении размеров, геометрии либо иных параметров задающих элементов происходит автоматическое или автоматизированное перестроение в подчиненных частях. Такой метод проектирования способствует снижению временных затрат на внесение в конструкцию изменений либо отработку нескольких конструктивных вариантов.

На базе имеющихся электронных моделей возможно создавать также новые, достаточно сильно отличающиеся от существующих. Например, в электронной модели совмещенного штампа для вырубки-пробивки можно заменить подвижной буферный съемник на пружинный. Недостающие детали могут быть получены из библиотеки САПР, содержащей как стандартные, так и нестандартные элементы. Если какой-то элемент отсутствует, его следует

создать средствами Siemens NX. Полученную электронную модель штампа следует записать как исходную модель и в дальнейшем использовать при проектировании подобных штампов.

1.5 Выводы

1. Проведен обзор изделий, получаемых холодной штамповкой в электротехнической промышленности.
2. Разработаны признаки типовых штампов и описана структура и принцип действия.
3. Проведен обзор материалов, применяемых для изготовления деталей штампов. Плиты пакетных штампов изготавливают из Ст3, 09Г2С; колонки, съемники, пуансоны и матрицедержатели, направляющие из Стали 35, 40.
4. Рассмотрены методы унификации и параметризации штампов. Унификация по конструктивному (по способу подачи и установки заготовки и удаления деталей и отходов). Наиболее распространенным методом параметризации является создание связей между объектами сборки ЭМ и задание параметрических уравнений и зависимостей между размерами деталей сборки.

Глава 2 Промышленные комплексы для проектирования оснастки

2.1 Характеристика CAD/CAM/CAE систем

Расшифровка значений:

- CAD (Computer Aided Design) – компьютерная поддержка проектирования – САПР – позволяет создавать 3D-модели и конструкторскую документацию на их основе;
- CAM (Computer Aided Manufacturing) – компьютерная поддержка изготовления – АСТПП – проектирование механической обработки электронной модели и написание программ для станков с ЧПУ;
- CAE (Computer Aided Engineering) – поддержка инженерных расчетов – ГПС, АСУП – анализ поведения трехмерной модели по различным сценариям (прочность, влияние температур и т.п.).

Проектирование штампов для листовой штамповки занимает достаточно много времени. Некоторые штампы разрабатываются порой целый месяц или более длительный срок.

В настоящее время предприятия пытаются повысить свою эффективность. Решение этой задачи достигается за счет уменьшения времени и повышения качества автоматизированного проектирования. Предприятия разрабатывают собственные базы данных деталей штампов, но применяют традиционные методы сборки – ускорение при этом наблюдается незначительное.

Традиционные методы проектирования, целью которых является создание чертежей оснастки, обладают существенными недостатками:

- недостаточной визуализацией как штампа в целом, так и отдельных его элементов;

- низкой производительностью конструктора за счет рутинной работы по встраиванию на чертеже типовых элементов и узлов или их повторной разработки;
- наличием возможных ошибок, возникающих в результате пересечения элементов;
- значительными проблемами использования вновь разработанных элементов в новых штампах;
- большими затратами времени для модификации и пересчета размеров отдельных элементов в сборке при необходимости модернизации оснастки;
- затягиванием времени изготовления штампов вследствие разработки и создания различных моделей элементов штамповой оснастки;
- сложностью написания программ для ЧПУ и привлечением для этого квалифицированных кадров и т.д.

Автоматизация проектирования позволяет существенно снизить сроки разработки, повысить качество и уменьшить материальные затраты на проект. Идет распределение функций между проектировщиком, решающим творческие задачи, и ЭВМ, решающей вопросы, поддающиеся алгоритмизации.

Важнейшей функцией автоматизированного проектирования является возможность частичной или полной замены дорогостоящих натурных испытаний математическим моделированием.

Средства проектирования подразделяются на легкий, средний и тяжелый классы. Распределение некоторых существующих систем на группы продемонстрировано в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Состав рынка САПР [4]

Класс САПР	Продукт	Компания
Тяжелый	NX	Siemens PLM
	CATIA	Dassault Systemes/IBM
	Pro/Engineer	PTC
Средний	Зарубежные системы	
	SolidEdge	Siemens PLM
	SolidWorks	SolidWorks
	Inventor и Mechanical Desktop	Autodesk
	Cimatron	Cimatron
	think3	Think3 S.p.A.
	CadKey	CadKey
	PowerSolutions	Delcam
	Отечественные продукты	
	КОМПАС(CAD/CAM/CAE/PDM)	«Аскон»
	T-Flex (CAD/CAM/CAE/PDM)	«Топ Системы»
	КРЕДО (CAE)	НИЦ АСК
Легкий	AutoCAD	Autodesk
	SurfCAM 2D	Surfware
	DataCAD	DataCAD
	IntelliCAD	CADopia
	TurboCAD	IMSI

Рассмотрим возможности и назначение наиболее часто используемых в машиностроении программных комплексов.

AutoCAD – программа легкого класса, разработанная Autodesk, значительно усовершенствовалась с момента появления на рынке. С ее помощью можно получить как примитивные объемные тела, выполненные в два клика методом выдавливания контура, так и полноценные сложные объекты. Они строятся по облакам точек. В зависимости от необходимой детализации используется разное их количество. Разработчики AutoCAD делают упор на мобильность программы, включая онлайн-режим и мобильное приложение, а также на разработку конструкторской документации. Разработаны дополнительные модули для проектирования архитектуры, электрики, вентиляции и трубопроводов.

КОМПАС 3D – программа, разработанная российским производителем АСКОН, постоянно совершенствуется, обладает интуитивно понятным интерфейсом и достаточно обширным набором возможностей. В Машиностроительной конфигурации программы присутствует модуль Штампы-3D, данный инструмент предназначен для облегчения и ускорения проектирования штампов.

Среди возможностей Штампов 3D:

- разворачивание исходной детали в заготовку;
- проектирование полосы (причем для более высокой производительности и экономии материала приложение автоматически формирует оптимальный раскрой);
- проектирование пуансонов;
- проектирование пакета штампа;
- автоматическое создание полного комплекта необходимой для выпуска штампа документации, оформленной по ЕСКД.

Внутри приложения пользователь обнаружит всю необходимую для быстрого проектирования штампов справочную информацию — базу многих видов существующих конструкций штампов (а при необходимости возможно самостоятельное заполнение и расширение базы), базу по прессовому оборудованию, параметрические каталоги 3D-деталей по ГОСТ и других конструктивных элементов штампов.

CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) – система автоматизированного проектирования (САПР) французской фирмы Dassault Systemes. Относится к тяжелому классу программ, совмещает возможности CAD/CAM/CAE, позволяет проводить построение крайне сложных поверхностей и тел на их основе, инженерный анализ, программирование обработки на станках с ЧПУ, обмен данными и управление в процессе проектирования на всех его стадиях. Программа получила довольно широкое распространение в мире и используется на крупнейших предприятиях. Русскоязычная версия и инструкции по эксплуатации отсутствуют.

Программа осуществляет ту или иную функцию через модули: средства механического проектирования, инженерный анализ, проектирование листовых тел, анализ геометрических конфликтов, модуль проектирования сборок и т.д.

NX – ведущая CAD/CAM/CAE-система, разработана Siemens PLM. Относится к тяжелому классу, может быть установлена на широкий спектр операционных систем. С ее помощью возможно создание ассоциативной сборки любой сложности и управление ее глобальными изменениями благодаря широким возможностям параметризации, структуре сборок и технологии WAVE. Это позволяет реализовать процесс параллельного проектирования изделия. Изменения на концептуальном уровне сборки благодаря ассоциативной зависимости позволяют автоматически менять входящие в узел детали и технологические модели.

Благодаря новейшим технологиям и особенностям функционирования NX позволяет осуществлять параллельное проектирование с возможностью сохранения связей между элементами для быстрого внесения и отслеживания изменений модели. Геометрическое моделирование является основополагающей частью современных CAD систем. Возможность создания точных моделей детали является фундаментом компьютерного проектирования.

NX дает пользователю неограниченные по применению инструменты и возможности по созданию и изменению геометрии модели, включающие метод эскизов, параметрический подход, традиционное и прямое моделирование, модель может быть твердотельной, каркасной или поверхностной.

NX обладает широкими возможностями работы со сборками. Концепция мастер модели и проектирования в контексте сборки дают возможность работать над деталью, наблюдая всю сборку и используя ее геометрию. NX предлагает широкий набор инструментов, решающих специализированные задачи. Эти специальные инструменты имеют ту же рабочую среду, что и другие средства системы для всех инженерных процессов. Такими специальными решениями в NX являются модули проектирования трубопроводов, электропроводки, листовых деталей, помощник создания

сварных конструкций и т.д. Для повышения уровня автоматизации проектирования применяется механизм создания параметрических и атрибутивных связей между деталями в сборке.

В связи с постоянным усложнением конструкции изделий растет и сложность технологической оснастки, с помощью которой производится деталь для того или иного изделия. Это приводит к увеличению сроков проектирования штампов. Для реализации разнообразных процессов разработки техпроцесса и оснастки штампов система NX предлагает несколько специализированных приложений. Так, модуль Progressive Die Wizard содержит инструменты и базы данных для проектирования объектов и процессов последовательной штамповки. Для проектирования процессов изготовления сложных деталей предлагаются приложения Die Engineering и Die Design. Их инструментарий позволяет получить геометрию сложных вытяжных переходов деталей с последующим автоматизированным созданием штампов. Дополнительные возможности анализа обеспечивают CAE-приложения – например, встроенный модуль One Step Formability (одношаговый анализ формуемости).

Мастер-процессы (Wizards) представляют собой узкоспециализированные приложения для облегчения и ускорения работы, интерфейс которых отвечает ряду требований. Инструменты проектирования в них расположены в определенном порядке. Проектирование осуществляется пошагово таким образом, что, не закончив определенный шаг, нельзя перейти к следующему. К отличительным чертам мастер-процессов относится автоматическое формирование иерархической структуры проекта, а также использование баз данных стандартных деталей или элементов проектирования. Данные мастер-процессы позволяют значительно сократить сроки проектирования штампов и уменьшить количество ошибок (вплоть до полного исключения), которые конструктор штампов может допустить при проектировании.

Решения, используемые в NX, повышают степень интеграции средств анализа и проектирования. Это дает колоссальный потенциал для оптимизации

конструкции и повышения качества изделия. Технологии NX расширяют традиционную область использования средств анализа как в сторону более массового использования конструкторами, так и в сторону увеличения возможностей анализа различных физических процессов, что резко сокращает затраты на проектирование и повышает качество изделия. NX обладает набором средств анализа, используемых для решения сложных нелинейных задач в области механики твердого тела, гидродинамики, переноса тепла, вибрационной акустики.

Интеграция средства анализа и моделирования, прямая ассоциативная связь геометрии и расчетных моделей резко сокращают сроки оптимизации конструкции и повышают качество изделия. NX предлагает серию решений, объединенных общим названием MasterFEM. MasterFEM позволяет проводить следующие типы расчетов: механический структурный анализ, моделирование трехмерного воздушного потока и термического поведения электронных систем, моделирование теплопередачи, воздействие звуковых волн на конструкцию, оценка композитных конструкций, оценка течения пластика во время цикла инжекционного формования и многое другое.

В NX имеется возможность создавать библиотеки инструментов, станков, режимов резания, элементов крепления заготовки и т.д. Для этого используются встроенные средства NX или специально разработанная база данных, которая работает непосредственно с приложением управления ресурсами предприятия системой Teamcenter Manufacturing. Это приложение позволяет пользователю не только создавать библиотеки, а иметь базу данных, которая связана непосредственно с производственным процессом и позволяет осуществлять контроль перемещения инструмента, заготовок, элементов крепления в процессе производства. При этом возможен контроль столкновений инструмента с любым элементом станка, таким как фрезерная головка, люнет, задняя бабка и т.д.

2.2 Методы использования NX для разработки технологических процессов листовой штамповки

Ранее разработка технологических процессов листовой штамповки происходила на «бумажном» носителе информации. Вычислительная техника применялась весьма редко и исключительно для определения энергосиловых и геометрических параметров.

В настоящее время современная вычислительная техника и программное обеспечение позволяют значительно ускорить техническую подготовку производства.

С помощью NX можно не только визуализировать геометрию деталей листовой штамповки, но и рассчитать и создать ЭМ разверток листовых тел. NX дает возможность построить изменение ЭМ по операциям штамповки, рассчитать раскрой и выбрать оптимальное размещение разверток в полосе, определить усилия штамповки, съема и определить другие параметры.

В NX существуют два специализированных приложения: мастер – процесс проектирования последовательных штампов и проектирование штампов, которые предназначены для работы по созданию технологии последовательной штамповки и штамповки крупных и средних деталей автомобильной промышленности. Они позволяют решать широкий спектр задач проектирования технологии листовой штамповки.

Однако используя возможности таких приложений, как Моделирование, Сборки, Листовой металл NX, Авиационный листовой металл, Анализ можно также проводить разработку процессов листовой штамповки.

Разработка технологического процесса штамповки.

К основным этапам разработки технологического процесса листовой штамповки относятся: проектирование раскроя и выбор заготовки, разработка разделительных и формоизменяющих операций штамповки.

Разработка ЭМ раскроя материала и геометрии детали по операциям (переходам) штамповки важнейший этап работы технолога. Он определяет решение экономических и технических вопросов изготовления детали.

В большой степени помогает в этом проектирование ЭМ деталей по операциям, расчет величин коэффициента использования материала и энергосиловых параметров штамповки.

Визуализация ЭМ по операциям штамповки ускоряет процесс разработки технологии и штампов и предотвращает возникновение ошибок.

Размещение ЭМ детали и заготовок в соответствии с операциями штамповки, конечно можно выполнить и с помощью модуля Моделирование. Однако, удобнее создать симуляцию последовательности операций штамповки с использованием ассоциативно связанных ЭМ с помощью модуля Сборки.

Для деталей, которые изготавливают последовательной штамповкой или на линиях крупной штамповки, лучше применить приложения NX Мастер – процесс проектирование последовательных штампов или Проектирование штампов.

2.3 Разработка конструкций штампов в NX

Проектирование штампов в NX накладывает на методы работы конструктора характерные особенности использования этого программного продукта.

Они связаны как с конструкцией самого штампа – устройства, сборочной единицы, состоящей из большого количества различных механизмов, узлов и деталей, так и с экономикой и организацией технической подготовки производства.

Повышение производительности труда конструктора (время проектирования крупных штампов в автомобилестроении составляет 150-200 часов), снижение трудоемкости изготовления (время изготовления крупных штампов для производства автомобиля - до одного года) за счет

стандартизации, унификации и использования заводских нормалей определяют требования к работе конструктора штампов в среде NX.

Разработку конструкции штампа эффективнее проводить в приложениях NX:

- Мастер-процесс проектирования штампов последовательного действия;
- Проектирование штампов (разработка технологии штамповки);
- Проектирование штампа (разработка конструкции штампа).

Однако высокопроизводительная работа в этих приложениях требует значительного времени и затрат для создания баз данных деталей и механизмов, баз знаний и правил проектирования, библиотек и методик проектирования, комплексов сопровождающих программ и программного обеспечения. Обучение персонала и создание сопровождающей инфраструктуры также процесс долговременный, который не возможен без высокой квалификации кадров как в специальной сфере (разработка штампов и конструирование оснастки), так и в сфере информационных технологий, ориентированных на САПР.

Для единичного производства и производства изделий листовой штамповки небольшими сериями разработка конструкций штампов успешно реализуется в модулях Моделирование и Сборки NX.

Тем не менее, проектирование штампов и в этом случае связано с технологией работы на основании использования специальных методов применения NX.

Предполагая, что читатель, приступая к проектированию штампов знаком с основами работы в модулях Моделирование и Сборки NX, акцент будет сделан на средствах NX, которые позволят расширить возможности конструктора, повысить качество работы и ускорить процесс проектирования штампов.

2.3.1 Методы создания электронных моделей деталей штампа

Современные методы проектирования штампов ориентированы на широкое использование программного обеспечения САПР и создание ЭМ сборок штампов, узлов и деталей оснастки.

Разработка ЭМ отдельных деталей штамповой оснастки может производиться обычными методами разработки ЭМ «твердых тел».

Эти методы должны приводить к созданию параметризованных ЭМ «твердых тел».

Параметрическими можно назвать такие электронные модели деталей, для которых форма и размеры объемного тела определяются на основе аналитических выражений и геометрических ограничений (перпендикулярность, параллельность, непрерывность касательных и др.). Важной особенностью параметрических моделей является возможность управления формой и размерами тел, изменяя аналитические выражения и геометрические ограничения после их создания.

К основным методам разработки параметрических моделей относятся:

- Метод создания ЭМ на основе примитивов и операций булевой алгебры над ними (рисунок 2.3.1);

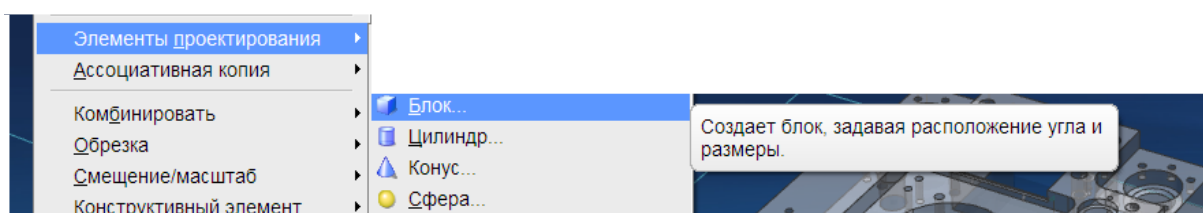


Рисунок 2.3.1 – Меню Элементы проектирования – примитивы

- Метод создания параметризованных ЭМ на основе примитивов, элементов проектирования объемных тел (feature) и операций булевой алгебры над ними (рисунок 2.3.2);

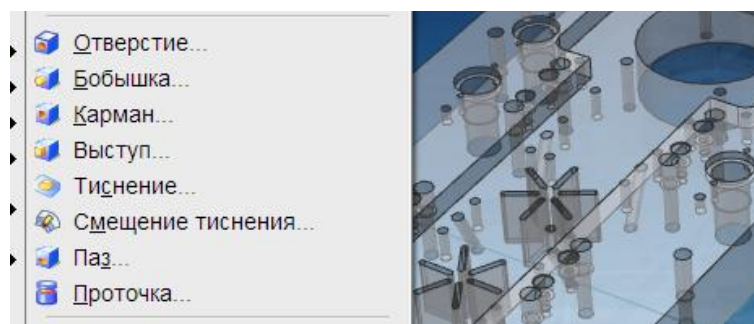


Рисунок 2.3.2 – Меню Элементы проектирования – feature

- Метод создания ЭМ на основе параметризованных эскизов и операций заметания, которые позволяют получить методом выдавливания и вращения параметризованные объемные тела (рисунок 2.3.3).

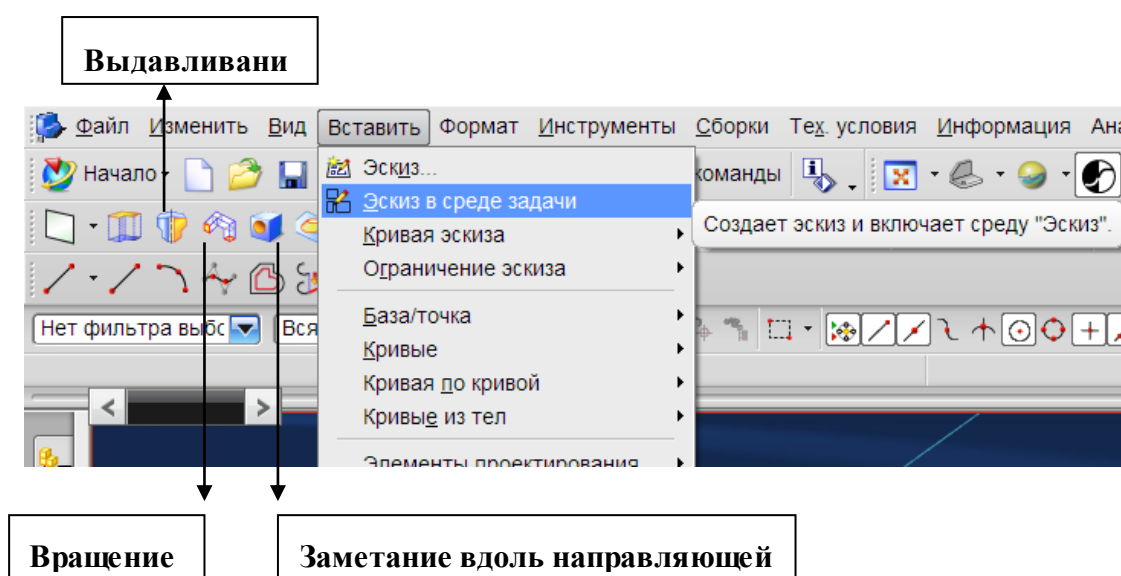


Рисунок 2.3.3 – Меню Вставить > Эскиз в среде задачи и опции заметания

Первые два способа объединены в меню NX (Вставить > Элементы проектирования). В реальной практике конструирования штампов обычно форма деталей штампов достаточно сложная и получить ее, используя только первый метод порой невозможно.

Поэтому при разработке применяют гибридную технологию, которая объединяет все вышеперечисленные способы, что позволяет создавать за короткое время параметрические ЭМ деталей штампов.

В течении процесса проектирования ЭМ и после его окончания для изменения моделей широко применяются также и такие операции как закругление ребер, построение фасок, уклонов и т.д. Эти опции относят к опциям редактирования объемных моделей (рисунок 2.3.4), хотя они приводят к формообразованию тела.

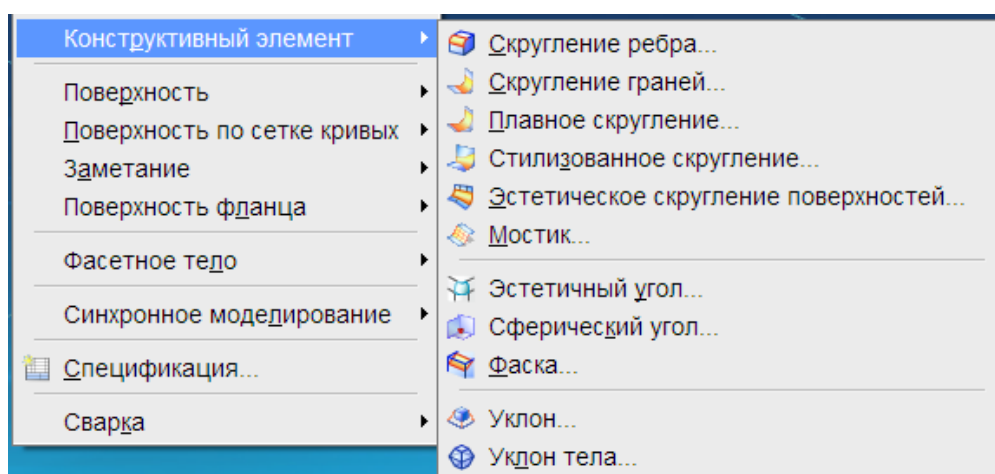


Рисунок 2.3.4 – Опции меню Вставить > Конструктивный элемент

К редактированию ЭМ также можно отнести и Синхронное моделирование. Этот функционал имеет еще и другое важное назначение. С помощью этого модуля, возможно, частично провести параметризацию ЭМ детали, которая была представлена файлом в одном из нейтральных форматов или в файлах другой системы CAD, т.е. в файле без параметризации.

Синхронное моделирование является разработкой Siemens PLM Software. Этот модуль постоянно развивается, предоставляя пользователю все более широкий набор инструментов (см. рисунок 2.3.5).

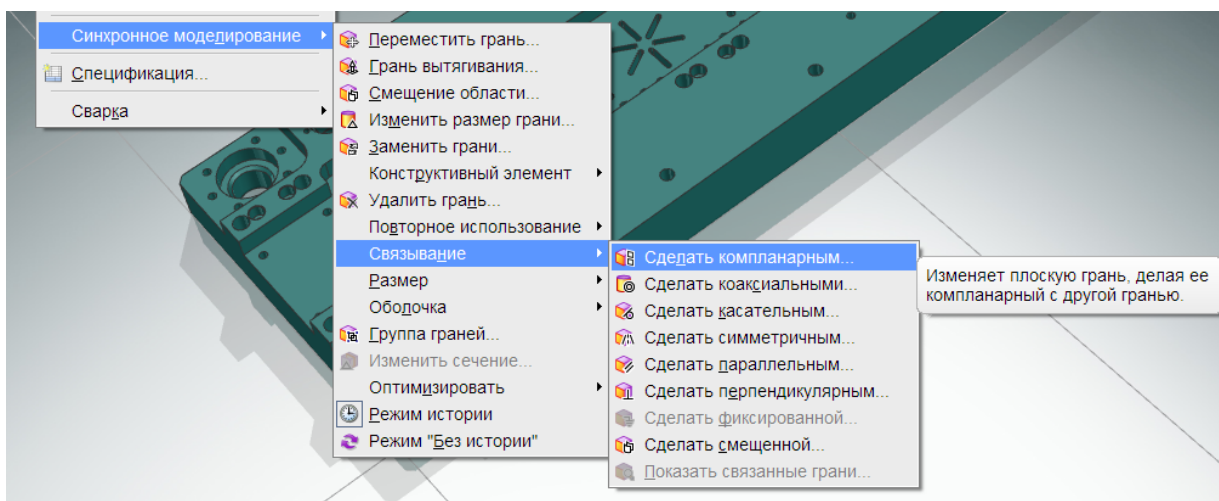


Рисунок 2.3.5 – Меню Синхронное моделирование

Для ЭМ деталей штамповой оснастки чрезвычайно важно свойство их корректного изменения совместно с ЭМ деталей непосредственного окружения. Такие изменения ЭМ возникают в процессе моделирования и отладки технологического процесса штамповки, или в результате конструктивных изменений детали геометрии, или при переходе на штамповку детали другой конструкции, относящейся к данной группе классификатора изделий.

Чтобы не проектировать ЭМ штампа заново, требуется внести изменения, которые зачастую невозможно произвести с помощью указанных ранее методов параметризации.

Для решения таких проблем используют методы проектирования (моделирования) детали в контексте с ЭМ других деталей окружения с использованием ассоциативных методов параметризации.

Такой способ разработки ЭМ деталей штампа встречается при проектировании в сборках методом «сверху - вниз» или при контекстном проектировании в модуле моделирования и без технологии WAVE (What is Alternative Value Engineering) невозможен.

Этот способ проектирования важен, когда следует передавать результаты создания ЭМ деталей на последующие этапы разработки с предыдущих этапов (от «родителей» к «детям»).

Например, передавать ЭМ формы изделия от одной операции листовой штамповки к другой.

К методам, которые существенно ускоряют процесс проектирования штампов, принадлежат способы использования унифицированных и нормализованных деталей штампов из баз данных элементов.

В NX была представлена студия шаблонов PTS с целью расширения возможностей и упрощения методов работы, генерирования элементов пользователя.

Студия шаблонов PTS реализована отдельным приложением и запускается автономно от NX из меню Пуск Windows и группы программ NX.

Для создания элементов пользователя в NX можно все работы выполнить в модуле Моделирование NX. В этом модуле базы данных элементов разрабатывают при помощи мастер – процесса создания типовых элементов пользователя (UDF – User Defined Feature) и способом генерирования семейства однотипных деталей (Part Families).

Вторым способом создания типовых элементов штамповой оснастки является использование функционала Семейства деталей меню Инструменты. Основой для создания семейства деталей являются параметризованные детали таблицы Excel.

Предварительно созданные таблицы Excel, ассоциативные с типовыми деталями штампов широко применяются, также для генерирования ГОСТ и нормалей на крепежные изделия и другие детали, употребляемые в штампах – элементы пневмоарматуры и гидроаппаратуры, фиксаторы, пружины и др.

Базы данных деталей штампов позволяют сократить время проектирования штампов на 15...20%.

Наибольший эффект достигается созданием и применением параметризованных шаблонов штампов.

2.3.2 Способы разработки электронных моделей рабочих инструментов штампа

ЭМ рабочих элементов штампов разрабатываются по аналогичным методам, также как все остальные детали штампов.

Но моделирование рабочих поверхностей инструментов обладает рядом особенностей, которые надо соблюдать.

Рабочие поверхности пуансонов и матриц, предназначенных для листовой штамповки, во многих деталях повторяют друг друга. Но между ними есть отличия, которые относятся к значениям радиусам закруглений.

Поэтому в программных продуктах, ориентированных на моделирование объектов и процессов листовой штамповки обычно разделяют такие понятия, как поверхность инструмента, выполненная по пуансону и поверхность инструмента, спроектированная по матрице.

Такие параметрические модели позволяют ускорить процесс проектирования.

2.3.3 Основные понятия модуля Сборки NX PLM SOFTWARE

Модуль **Сборки** используется для разработки ЭМ различных устройств – сборочных единиц, в том числе и штампов для листовой штамповки.

Структура файловой системы сборки обязательно содержит главный файл сборки, который хранит указатели на файлы компонентов и файлы подсборок, и он не имеет данных геометрии ЭМ [5].

Структура файловой системы сборки также содержит и файлы компонентов, которые и хранят сведения о геометрии ЭМ.

Каждый указатель на часть сборки называется **компонентом**.

Файл, содержащий ЭМ детали, называется **файлом компонента**.

Файловая структура сборки может включать в себя и файлы подсборок, они содержат указатели на файлы компонентов подсборок.

В качестве примера рассмотрим файловую структуру сборки блока штампа для листовой штамповки (рисунок 2.3.6).

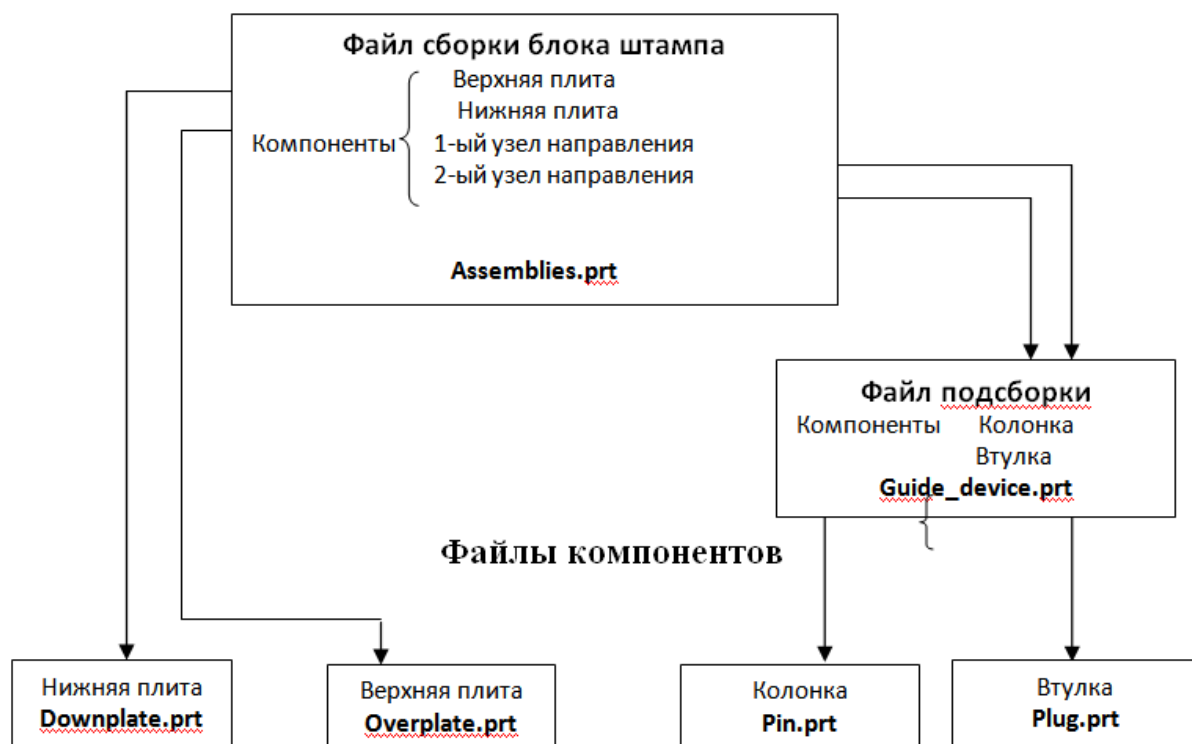


Рисунок 2.3.6 – Схема файловой структуры

Проектирование в модуле Сборки может осуществляться по трем технологиям:

- Метод **снизу – вверх** начинается с разработки ЭМ деталей сборки, которые можно создавать в приложении Моделирование. После получения ЭМ всех деталей приступают к их сборке в приложении Сборки.
- Метод **сверху – вниз** отличается тем, что детали непосредственно создаются в приложении Сборки. Это позволяет учесть взаимные связи между компонентами сборки и проводить параметризацию на уровне ассоциации (связи) геометрических объектов ЭМ отдельных компонентов.
- **Комбинированный** метод предполагает использование и метода снизу – вверх и метода сверху – вниз.

При наличии корректных ассоциативных связей между компонентами сборок можно ускорить процесс изменений и исправлений конструкции устройства. Так как изменение в геометрии одной из детали приводит к коррекции геометрии других деталей, которые имеют ассоциативные связи.

Ассоциативность между ЭМ сборок устройств и чертежами, выполненными в модуле Черчение, соблюдается по умолчанию. Это важное качество, позволяет предотвратить возможные ошибки при изменении ЭМ компонентов.

В приложении Сборки файл компонента сборки может иметь различный статус, который влияет на возможности работы с ним.

Различают следующие состояния файл компонента сборки:

- **Загруженная деталь** - Состояние загрузки ЭМ компонента в приложение Сборки. Выделяют три состояния при загрузке: полностью загруженный, частично загруженный и незагруженный файл.
- **Рабочая деталь** – файл компонента, для которого в приложении Сборки можно производить изменения геометрии или другие действия. Он «подсвечивается» на фоне других деталей сборки или сохраняет свою окраску. Рабочей деталью могут быть и файл сборки и файлы подборок;
- **Отображаемая деталь** – файл компонента или файлы компонентов (подсборка), которые представлены в графическом окне и он является рабочим файлом.

Ссылочный набор – это геометрические данные модели, которые используются для ее визуализации на экране. *Ссылочный набор* данных может определяться пользователем и управление визуализацией модели может происходить на основе стандартных наборов, таких как – *Модель, Вся деталь, Пустой*.

Например, при выборе в качестве стандартного *Ссылочный набора Модель* на сборке визуализируются только модели тел, при выборе *Вся деталь*

наряду с моделью появятся дополнительные элементы построений, при выборе *Пустой* компонент не будет вообще показан на экране.

2.3.4 Методы работы со сборками штампов

Разнообразие приемов и методов работы со сборками ставит довольно сложную задачу выбора из них наиболее актуальных способов и описание работы с их помощью.

В практике работы с существующими сборками штампов довольно часто появляется задачи изменения конструкции штампа для листовой штамповки.

Эта необходимость возникает в случае:

- Проектирования штампа листовой штамповки методом сверху-вниз;
- Исправлений и внесение корректировок в конструкцию штампа в процессе его проектирования;
- Изменения технологии и ЭМ штампуемых изделий;
- Использования типовых штампов для разработки новой оснастки;
- Проектирования нового штампа на основе существующей оснастки.

Для сложной, существующей сборки штампа эти операции могут привести к негативным последствиям.

В этих случаях полезным приемом будет являться метод проектирования штампа в контексте сборки.

2.4 Выводы

1. Проведен обзор методов проектирования технологических процессов листовой штамповки в САПР. Установлено, что все существующие САПР позволяют производить параметризацию объектов в процессе проектирования 3D-моделей, используя уравнения и присвоение переменных. Особенностью параметризации Siemens NX является возможность использования WAVE-

метода, состоящего в задании в качестве объекта параметризации контура кривой.

2. Установлено, что к основным этапам разработки технологического процесса листовой штамповки относятся: проектирование раскроя и выбор заготовки, разработка разделительных и формоизменяющих операций штамповки.

3. Выявлено, что разработка ЭМ отдельных деталей штамповой оснастки может производиться:

- Методом создания ЭМ на основе примитивов и операций булевой алгебры над ними;
- Методом создания параметризованных ЭМ на основе примитивов, элементов проектирования объемных тел (feature) и операций булевой алгебры над ними;
- Методом создания ЭМ на основе параметризованных эскизов и операций заметания, которые позволяют получить методом выдавливания и вращения параметризованные объемные тела К редактированию ЭМ также можно отнести и Синхронное моделирование. Важное свойство этого модуля заключается в том, что с его помощью возможно частично провести параметризацию ЭМ детали, которая была представлена файлом в одном из нейтральных форматов или в файлах другой системы CAD, т.е. в файле без параметризации;
- Методом гибридной технологии.

4. Установлено, что наиболее производительным методом разработки ЭМ деталей штампа встречается при проектировании в сборках методом «сверху - вниз» или при контекстном проектировании в модуле моделирования и является технология WAVE (What is Alternative Value Engineering).

Глава 3 Разработка параметризованной конструкции штампа

3.1 Документированная процедура проектирования оснастки

По базовому варианту для проектируемой оснастки этапы проектирования выглядят следующим образом:

- получение и согласование технического задания;
- планирование проектирования;
- проектирование технологии штамповки изделия.

Целью этапа планирование проектирования является определение сроков выполнения технического задания;

На этапе проектирование технологии штамповки изделия разрабатывается технология листовой штамповки с целью получения штампованной детали в соответствии с техническим заданием заказчика с использованием программного продукта NX.

По окончании проектирования технологической документации выпускается карта эскизов, электронные модели штамповочных переходов и прототипы переходов штамповки. Схема выполнения этапа проектирования технологии штамповки изделия представлена на рисунке 3.1.1.

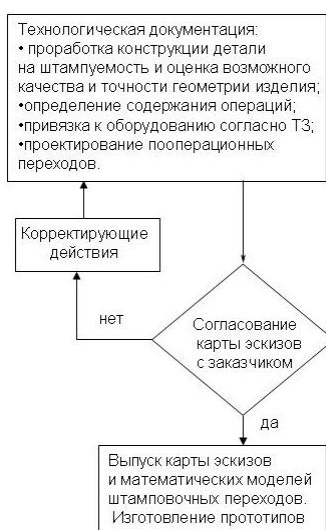


Рисунок 3.1.1 – Схема выполнения этапа проектирования технологии штамповки изделия

- согласование технологической документации;
- анализ штампуемости проводит бюро САПР. При необходимости корректировки электронных моделей штамповочных переходов, карта эскизов (КЭ), по результатам анализа штампуемости проводится корректировка согласно схеме, представленной на рисунке 3.1.2.

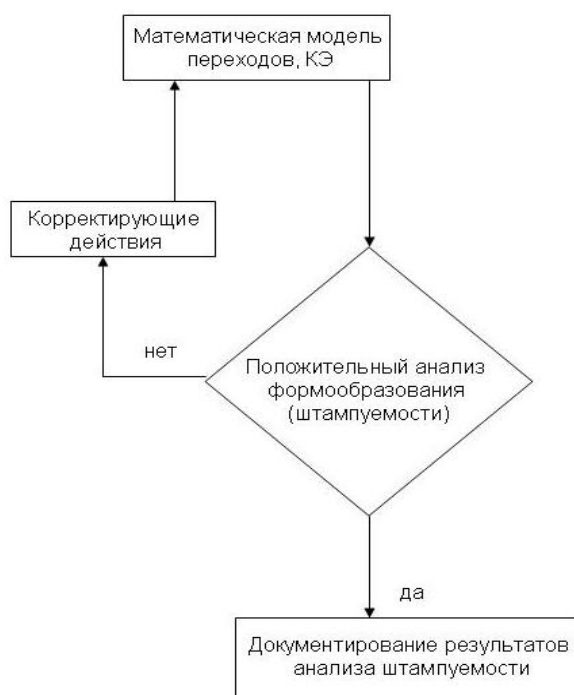


Рисунок 3.1.2 – Схема выполнения анализа штампуемости

- проектирование штамповой оснастки. Целью данного этапа является выпуск чертежей штамповой оснастки согласно техническому заданию заказчика и имеющиеся технологии изготовления штамповой оснастки. Начало проектирования оснастки после согласования карты эскизов и условий технического задания заказчика по конструкции оснастки согласно срокам плана-отчета бюро планирования подготовки производства. Окончание проектирования оснастки завершается выпуском согласованной конструкторской документации штамповой оснастки: чертеж штамповой оснастки, спецификация, ведомость отливок и поковок, ведомость покупных изделий. Схема выполнения этапа проектирования штамповой оснастки показана на рисунке 3.1.3.

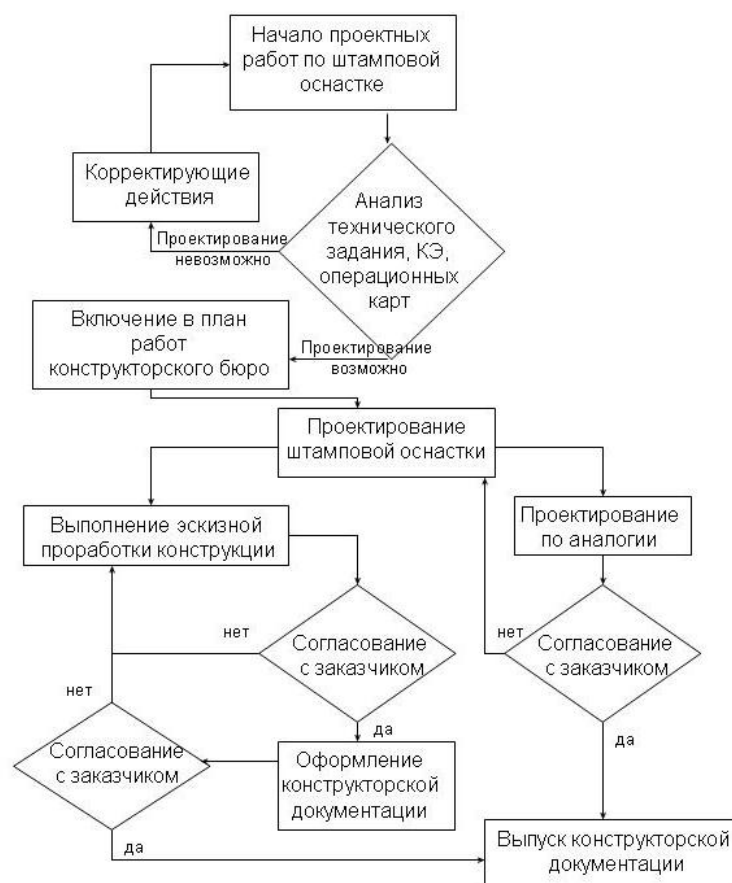


Рисунок 3.1.3 – Схема выполнения этапа проектирования штамповой оснастки

- согласование конструкторской документации;
- размножение чертежей;
- моделирование (оцифровка) штамповой оснастки производится согласно планам бюро планирования подготовки производства. Используется программный пакет NX. Целью данного этапа является разработка цифровой модели штамповой оснастки согласно техническому заданию заказчика или технологии изготовления. Схема этапа моделирования (оцифровки) показана на рисунке 3.1.4.

В проектном варианте на этапе проектирования технологии с использованием программного продукта NX частично изменен этап проектирования штамповой оснастки и исключен этап моделирования

(оцифровки) оснастки. Схема выполнения этапа проектирования штамповой оснастки по проектному варианту показана на рисунке 3.1.5.

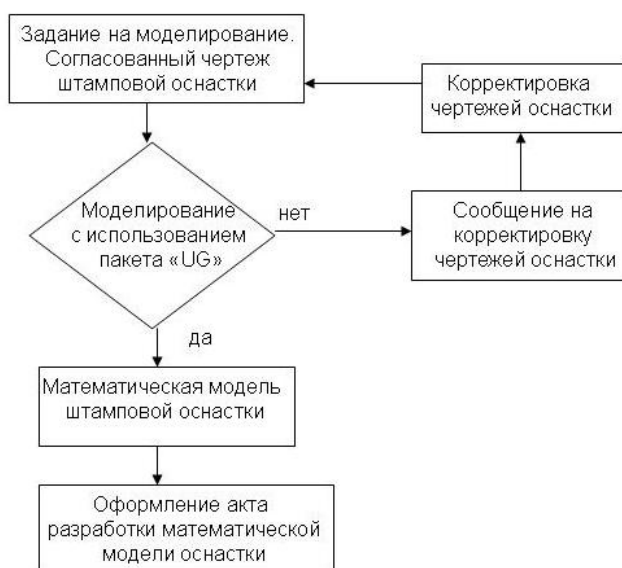


Рисунок 3.1.4 – Схема выполнения этапа моделирования (оцифровки) оснастки

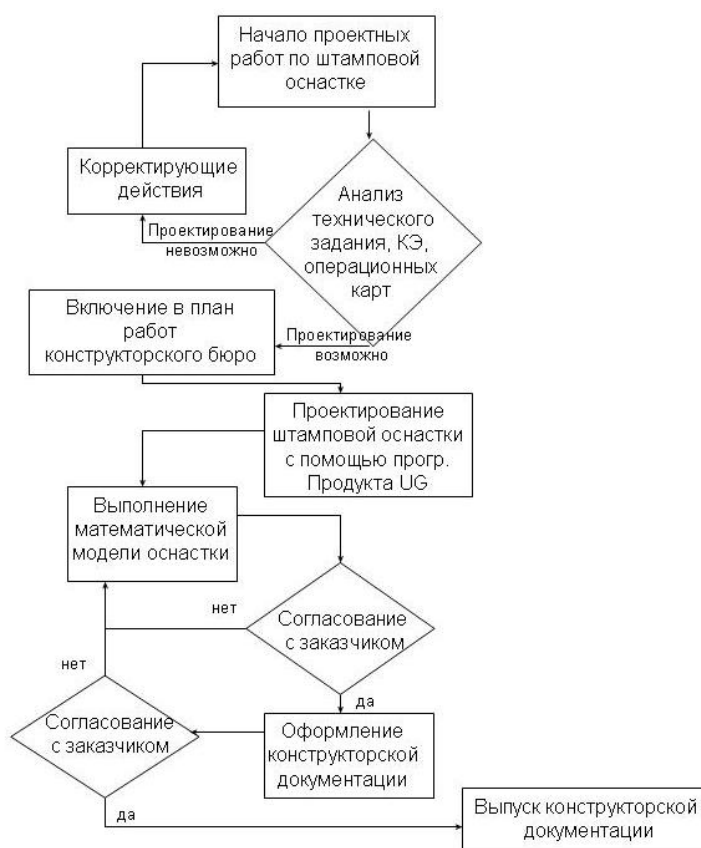


Рисунок 3.1.5 – Схема выполнения этапа проектирования оснастки по проектному варианту

При внедрении автоматизированного проектирования на этап проектирования штамповой оснастки пропадает необходимость в этапе моделирования оснастки, так как результатом проектирования разделительных штампов является электронная модель всех элементов штампа. Более того, на этапе проектирования штамповой оснастки можно при необходимости проводить расчеты на прочность элементов проектируемого штампа. Снижение количества этапов проектирования несомненно приведет к повышению качества и снижению времени, затраченного на проектирование оснастки. В базовом варианте этап проектирования технологии штамповки проводится на компьютере, этап проектирования оснастки – вручную, этап моделирования оснастки – на компьютере. Постоянный переход от бумажных чертежей к электронным моделям и обратно при проектировании ведет к увеличению вероятности потери части данных, что полностью исключено в проектном варианте. Высокий уровень ассоциативности означает минимум трудозатрат при изменениях в конструкции штампа.

3.2 Разработка компоновки типового разделительного штампа

Типовой штамп имеет следующие признаки:

- предназначен для одного вида технологической операции;
- имеет одну и ту же структуру;
- параметризируемый;
- выполняется свойство ассоциативности с целью замены контура рабочей зоны.

В разделе 1.2 была проведена классификация разделительных штампов по технологическим и конструктивным признакам. Для создания инструкции по изменению контура выберем объектом демонстрации штамп-пакет прессы К3132А (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Пресс двухкровошипный простого действия открытый K3132A

Пресс двухкровошипный простого действия открытый K3132A «Предназначены для различных операций холодной листовой штамповки: вырубки, пробивки отверстий, формообразования, неглубокой вытяжки. Могут работать как отдельно стоящие прессы с ручной загрузкой заготовок и удалением отштампованных деталей съемником, так и в составе поточно-механизированных линий» [6]. Прессы имеют: механизмы смены штампов или выдвигающиеся вперед плиты; зажимы выдвижных подштамповых плит; предохранители от перегрузки; автоматическую циркулярную жидкую смазку; два переносных пульта управления для двурукого включения.

Характеристики прессы:

Номинальное усилие, кН 1600

Ход ползуна, мм 250

Расстояние между столом и ползуном, мм 610

Размер стола ширина/длина мм 750/2000

Габариты станка Длина Ширина Высота (мм) 2940x2990x4750

Масса кг 26000

3.3 Структура однопозиционного вырубного штампа

Штамп простого действия, предназначенный для вырубки замкнутого контура одной заготовки детали из листа, на прессе КЗ132А (рисунок 3.3.1).

Штамп состоит из следующих основных деталей и узлов: верхней и нижней плит, опорной плиты, секций матрицы, секций пуансона, пружинного верхнего съемника.

Подача исходной заготовки осуществляется вручную, с фронта штампа. Положение листа в рабочей зоне штампа контролируется утопающими фиксаторами, установленными в секциях матрицы.

Вырубленная деталь удаляется из рабочей зоны через провальное отверстие в нижней плите, где установлен лоток; отходы удаляются вручную в тару для отхода.

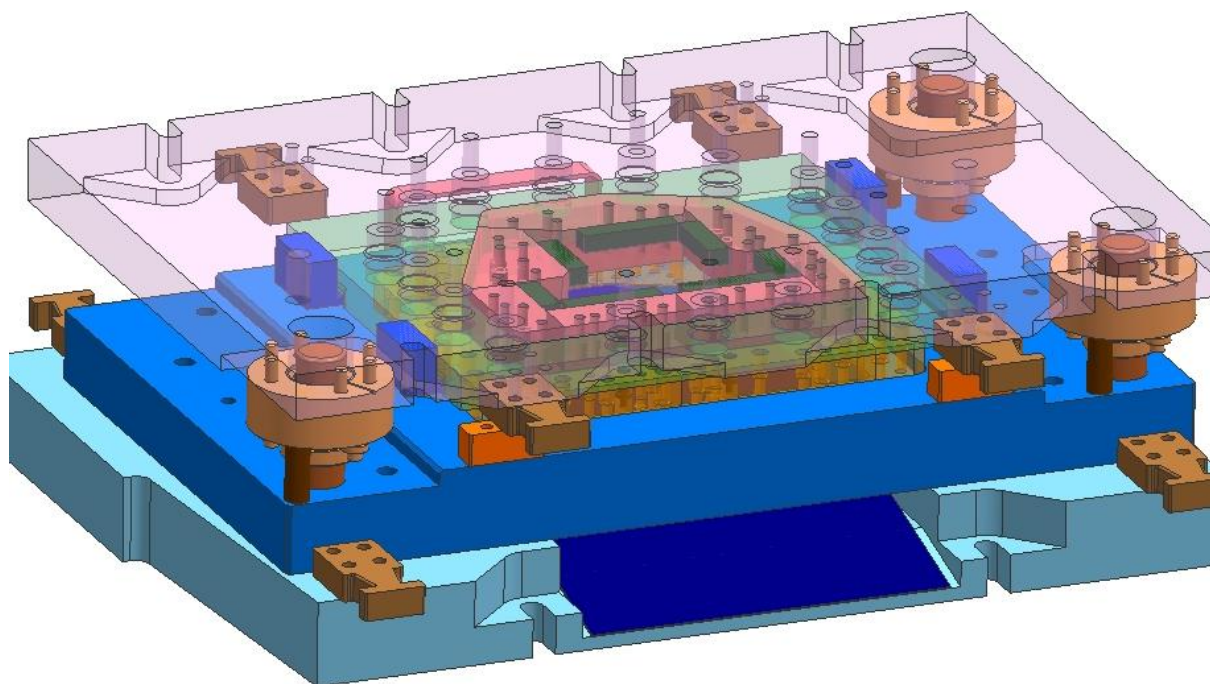


Рисунок 3.3.1 – Конструкция штампа для вырубки

Основные элементы штамп-пакета (размеры в мм):

- плита верхняя 860x1240x80;
- съемник габариты 620x680x45, отверстие зависит от контура пуансона;
- секции верха – пуансон форма и размеры зависят от контура вырубаемой детали;
- секции низа – матрица 585x585x61, отверстие зависит от контура вырубаемой детали;
- плита 720x1200x110 – отверстие зависит от контура вырубаемой детали;
- плита нижняя 920x1320x110;
- колонки $\varnothing 63$ L260 1030-5707 ГОСТ 13119-81, расстояние между колонками – фиксировано для данного комплекта 580 и 1060;
- втулки самосмазывающиеся с буртом в сборе;
- штыри транспортировочные;
- ограничители;
- лоток и оси с роликами;
- шпонки;
- штифты ГОСТ 3128-70.

3.4 Выводы

1. Переход от бумажных чертежей к электронным моделям при проектировании ведет к увеличению вероятности потери части данных. Установлено, что применение ассоциативности объектов в сборках обеспечивает минимум трудозатрат при изменениях в конструкциях штампов.

2. Показано, что практическая реализация результатов с целью разработки конструкции штампа для прессы К3132А позволяет ускорить процесс проектирования в 1,5...2 раза.

3. Выявлено, что применение унификации и параметризации повышает качество проектов и электронных моделей сборок штампов, снижает количество ошибок и недочетов проекта.

Глава 4 Разработка инструкции и технических мероприятий внедрения метода проектирования с помощью WAVE

4.1 Описание параметризации WAVE

Разнообразие методов и приемов работы со сборками создает проблему выбора наиболее практичных и быстро выполнимых из них. Достаточно часто перед конструктором встает задача изменения уже существующей конструкции штампа, предназначенного для листовой штамповки.

Случаи, в которых возникает данная необходимость:

- проектирования штампа методом сверху-вниз;
- внесение корректировок и исправлений в конструкцию штампа в процессе его проектирования;
- изменение ЭМ, либо технологии штампуемых изделий;
- использование существующих конструкций штампов для разработки новой оснастки;
- проектирование нового штампа на основе типовой оснастки.

Операции редактирования существующей многоуровневой сборки штампа могут привести к негативным последствиям.

Полезным приемом в этих случаях будет являться метод проектирования штампа в контексте сборки.

«Инженерная технология WAVE (What if Alternative Value Engineering), предназначена для целевого управления глобальными модификациями, проводимыми в больших сборках сложных изделий. Эта технология позволяет реализовать даже на уровне CAD/CAE/CAM-системы процесс проектирования в параллельном режиме с созданием единой виртуальной цифровой модели. Благодаря WAVE появилась возможность создавать полное электронное представление любого сложного изделия, состоящего из большого числа деталей, поддерживать его параллельное проектирование, эффективно

управлять изменениями в процессе проектирования и создания конечного изделия.

Технология WAVE является базой для параметрического моделирования изделия любой сложности. Механизм управляемой ассоциативной связи между геометрическими моделями дает возможность объединить концептуальное проектирование и детальное конструирование таким образом, чтобы изменения на концептуальном уровне автоматически отражались бы на уровне не только отдельных деталей, но и вторичных технологических моделей. Технология WAVE позволила связать управляемой системой параметров все входящие в сборочную модель детали: между собой и с технологическим процессом их изготовления» [7].

«По этой технологии все управление проектом сконцентрировано в так называемой «управляющей структуре», которая состоит из нескольких наиболее важных параметров, задающих функциональные характеристики изделия и связанных со всей моделью посредством многоуровневых управляемых ассоциативных связей. Задействовав технологию WAVE при создании сборочной модели, можно изменить ассоциативную модель в течение нескольких минут после изменения исходной детали» [8].

Технология проектирования WAVE позволяет конструкторам и технологам сообща редактировать конструкцию изделия, что серьезно уменьшает временной интервал создания (изменения) проекта. «WAVE позволяет проводить оптимизацию конструкции на концептуальной упрощенной электронной модели изделия и транслировать изменения в результате оптимизации на детальную электронную модель сколь угодно сложного изделия» [8].

Основное назначение модуля WAVE - связывать геометрические объекты различных частей, создавая их ассоциативные копии.

4.1.1 Создание управляющих структур

Модуль WAVE используется, когда при определении геометрии части возникает необходимость сослаться на геометрию другой части. Примеры таких ситуаций: группа отверстий, для размещения которых необходимо сделать привязку к местоположению задающего элемента другой части; грани одной части, определяющие профиль кинематической поверхности в другой части.

Некоторые части в управляющей структуре («исходные») содержат геометрию, которая будет использована в локальных фрагментах компонентов сборки («связанных частях»). Связанные части содержат связанные копии геометрии исходных частей. В результате, концептуальные изменения управляющей структуры через локальное решение осуществляют изменение всей сборки.

Для средних и больших сборок очень эффективным использованием геометрического связывания WAVE является создание 3-D шаблонов или управляющих структур. Данный шаблон будет использован для управления детальным представлением сборки. Он может состоять из двух отдельных структур сборки, связанных друг с другом на более низком уровне.

Необходимо определить в управляющей структуре как можно больше информации об изделии, такой как геометрия сопряжения, форма основных компонентов, положение компонентов и т.д.

В нижней части управляющей структуры, с помощью WAVE создан изолированный слой, содержащий ключевые части, которые называются стартовыми частями. Стартовые части затем копируются с помощью WAVE, создавая основу для частей изделия. Новые части, которые называются связанными, затем собираются в обзорную сборку.

Некоторые преимущества данного метода:

- создание облегченных сборок для проверки различных сценариев разработки;

- возможность нахождения сценариев оптимального проектирования;
- возможность накопления 3-D геометрии из различных источников;
- проверка изделия, с помощью перестройки сборки снизу-вверх;
- полная ассоциативность между управляющей структурой и проектируемым изделием.

4.1.2 Разработка ассоциативности при проектировании рабочих элементов и деталей штампа

Основное назначение WAVE модуля – создание связей между геометрическими объектами различных частей сборки, в процессе чего происходит создание их ассоциативных копий.

С помощью WAVE реализованы такие функции:

- создание ассоциативной копии геометрии в сборке;
- задержка обновления связанной геометрии отдельных частей или всех связанных;
- получение по запросу сведений о связях между частями.

После того, как конструктор выполнил ассоциативное копирование геометрических объектов между частями, то даже в том случае, при котором деталь с ее основным описанием не подгружена, операции моделирования способны на данную геометрию ссылаться. Созданная согласно такому способу геометрия именуется «связанной».

Можно связывать геометрию компонентов, входящих в многоуровневую сборочную единицу, в направлениях вверх, вниз или перекрестно, что позволяет во время проектирования обеспечивать большую гибкость "сверху-вниз" и "снизу-вверх".

При внесении изменений в исходную геометрию, в геометрии, связанной с ней, будет происходить автоматическое обновление. При этом для операций

со связанной геометрией обязательное присутствие геометрии исходной не является необходимостью.

Для построения связанной геометрии необходимо использовать инструмент WAVE «построитель связанных геометрических объектов» под названием WAVE Geometry Linker.

Опция WAVE Geometry Linker выпадающего меню Assemblies позволяет создавать в рабочей части ассоциативные и неассоциативные геометрические объекты. Ассоциативные связи создаются между различными частями, но обязательно принадлежащими одной и той же сборке.

Эта опция вызывает одноименное диалоговое окно, с помощью которого можно создавать в рабочей части геометрические объекты, связанные с другими частями этой же сборки. Связанная геометрия ассоциативна по отношению к своей родительской геометрии, т.е. модификация родителя автоматически приводит к обновлению связанной геометрии во всех других частях.

Типы геометрических объектов:

- *линии (curves)* – связывает с рабочей частью линию или ребро из другой части сборки;
- *эскизы/цепочки линий (sketches/strings)* – связывает с рабочей частью эскиз или цепочку линий из другой части сборки;
- *объекты привязки системы координат (datums)* – связывает с рабочей частью объект привязки системы координат из другой части сборки;
- *грани (faces)* – связывает с рабочей частью одну или несколько граней из другой части сборки;
- *зоны (regions)* – создает связь с зоной между различными частями одной сборки;
- *тела (bodies)* – связывает с рабочей частью тело.

Создание связей между данными частями приводит к тому, что внесенные позднее изменения распространяются автоматически на все

связанные части. Это может привести, например, к тому, что монтажное отверстие будет всегда достаточным для болтов. Также можно сильно изменить конструкцию, изменив всего лишь несколько ключевых параметров. Использование связей уменьшает возможность возникновения ошибок, улучшает возможности контроля части и делает объекты многократно используемыми

Можно сказать, что степень автоматизации пропорциональна количеству наложенных связей. Очень важно для разработчиков установить где, как и какую информацию необходимо сделать ключевой для разрабатываемого узла. Правильно установив зависимости между объектами, можно сократить время разработки узла с месяца до недели или даже нескольких дней.

С другой стороны, ошибочное применение связей способно повлечь за собой то, что малейшее изменение какого-либо параметра приведет к сильным нежелательным изменениям во всем узле. По этой причине многие функции связей отключены в установках по умолчанию. Мы рекомендуем, тщательно продумать и спланировать применение связей в конкретном узле, перед тем, как включить функции связей в установках по умолчанию.

NX предоставляет следующие способы создания связей:

- связь параметров (выражения между частями) – позволяют выражению одной части влиять на параметры другой;
- связь положения (условия стыковки) – позволяют положению компонента находится в зависимости от размера и положения другого;
- связь геометрии (WAVE и продвижение) – WAVE позволяет копировать тела, поверхности, грани и т.д. между частями, где они могут использоваться для определения дополнительной геометрии. Продвижение частей - специальная геометрическая связь, особенно полезная при необходимости добавления элементов уровня сборки.

4.2 Алгоритм создания нового штампа с использованием замены контура вырубаемой детали с помощью модуля WAVE на основе ранее созданной модели

4.2.1 Создание типового штампа

ЭМ штампа содержит определенный контур вырубки. В случае изменения контура штампуемой детали требуется редактирование некоторых частей штампа: съёмника, матрицы, пуансона, плиты. При частой смене контура в целях уменьшения срока редактирования конструкции рекомендуется создать типовую ЭМ штампа.

1. Предварительно в *Навигаторе сборки* раскроем все компоненты в иерархическом дереве сборки, используя контекстное меню. Для этого устанавливаем курсор мыши на поле списка *Описательное имя детали*, и нажимаем на правую клавишу мыши, в результате выплывает контекстное меню *Навигатора сборки* (рисунок 4.2.1). Убедимся, что режим WAVE активирован.

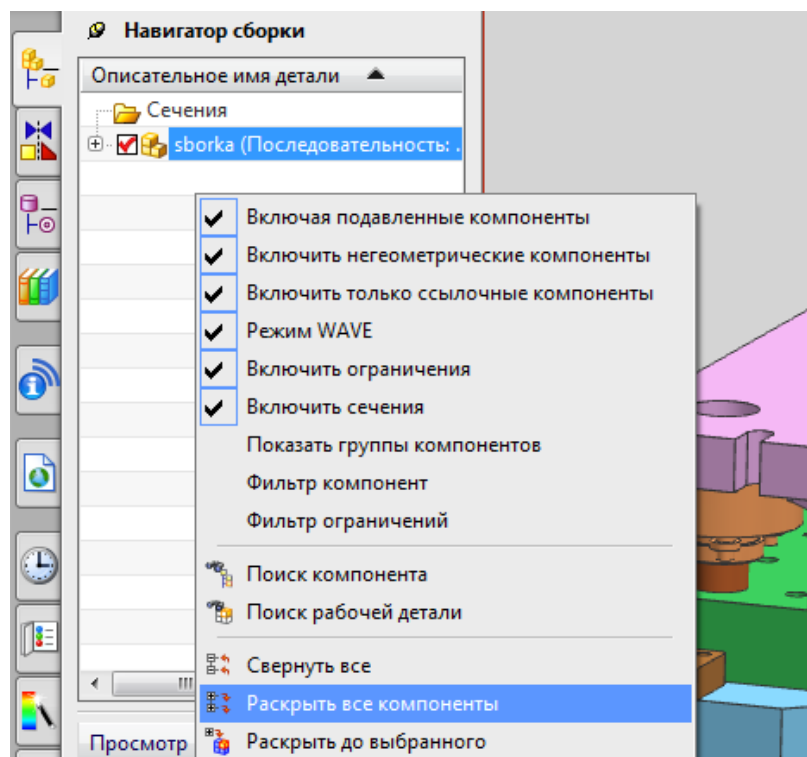


Рисунок 4.2.1 – Контекстное меню *Навигатора сборки*

2. Для создания унифицированной модели контур вырубki исключается из всех деталей, в которых он содержится. Изменяемые детали присутствуют на сборке в виде «заготовок» (рисунок 4.2.2).

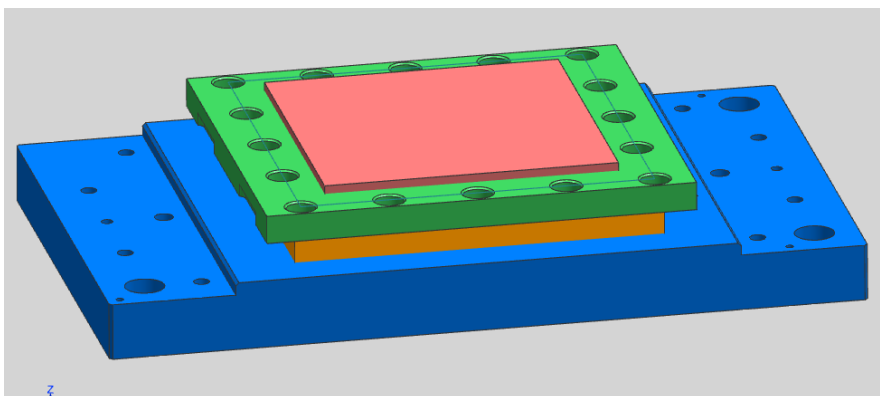


Рисунок 4.2.2 – Изменяемые детали

3. Для удобства редактирования создается файл детали, содержащий только контур вырубki, и загружается в сборку (рисунок 4.2.3).

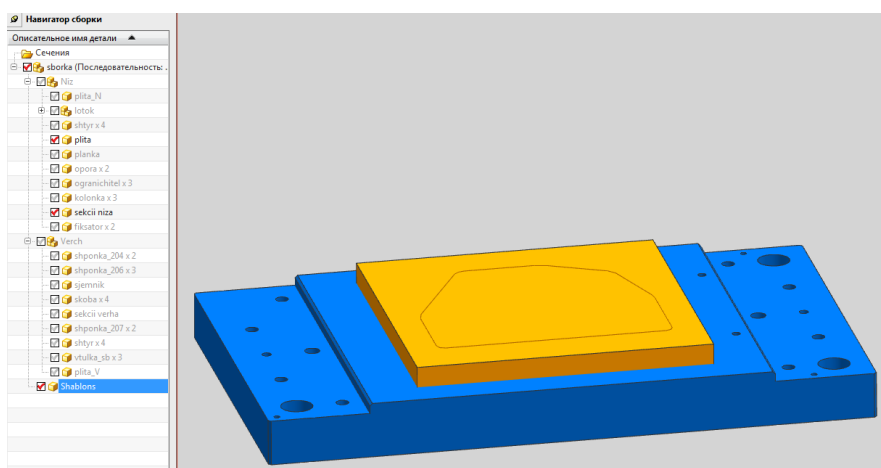


Рисунок 4.2.3 – Сборка с контуром вырубki

Поставим галочки напротив деталей-«заготовок», с которыми предстоит работать в контексте сборки. Определим рабочей деталью саму сборку (рисунок 4.2.4).

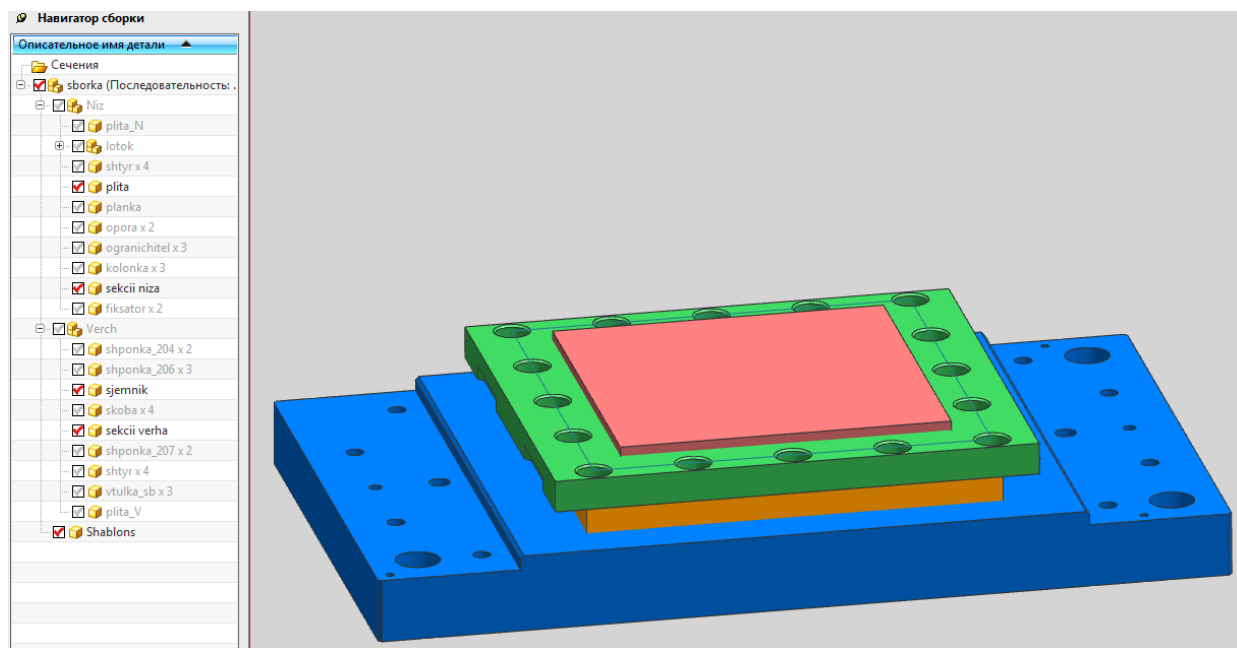


Рисунок 4.2.4 – Визуализация компонентов сборки

4. Работа в контексте сборки проводится с использованием *Редактора геометрических связей WAVE*, чтобы его вызвать, необходимо нажать *Меню – Вставить – Ассоциативная копия - Редактор геометрических связей WAVE* (рисунок 4.2.5).

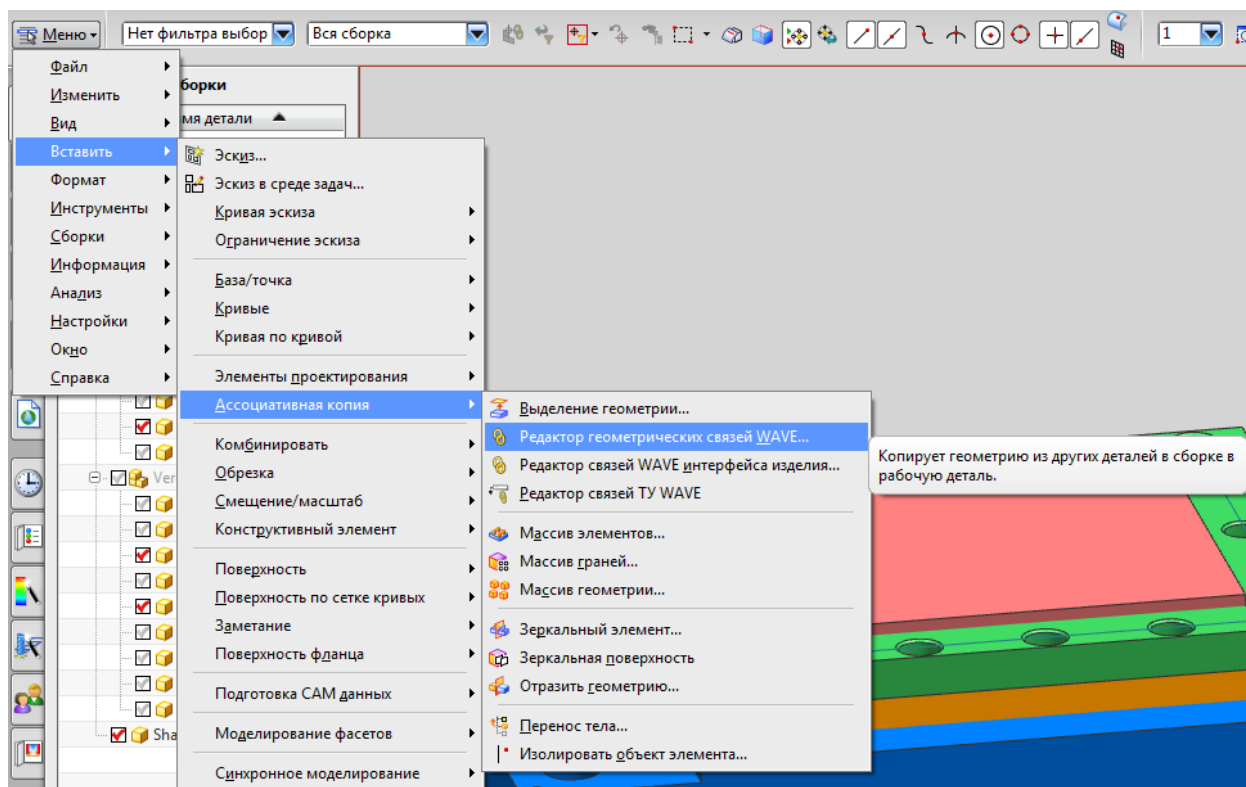


Рисунок 4.2.5 – Создание ассоциативных копий деталей

5. Выбираются изменяемые детали – *Тип «Тело» - Выбор – ОК* (рисунок 4.2.6).

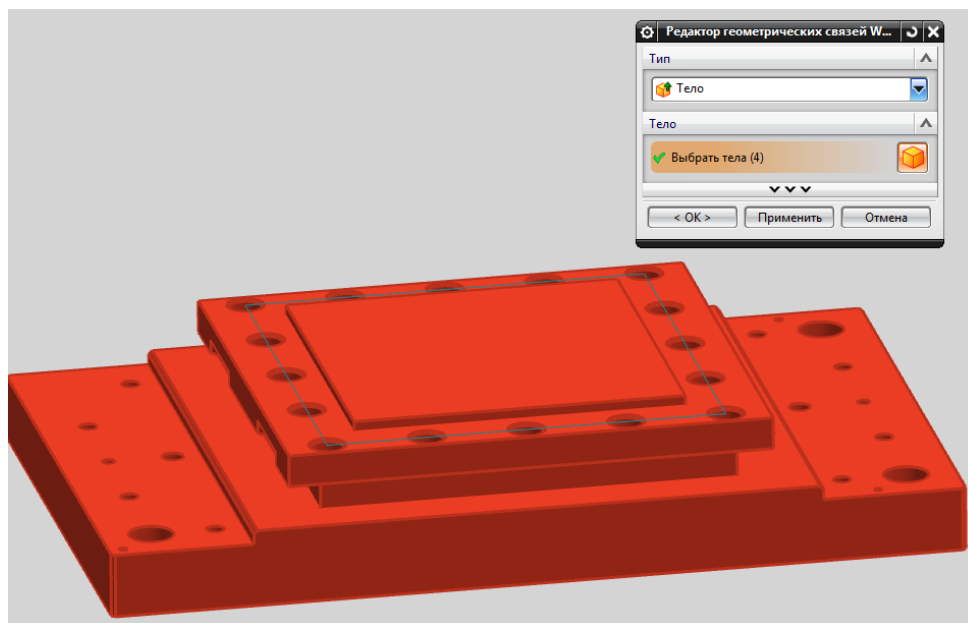


Рисунок 4.2.6 – Создание связанных тел

В результате мы скопировали в файл сборки четыре связанных тела (рисунок 4.2.7). Т.е. кроме четырех компонентов тел, указанных галочками, в файле сборки появилось четыре тела. Это легко проверить, погасив все компоненты в *Навигаторе сборки*. Также, в *Навигаторе модели* мы увидим созданные связанные тела. Повторить операцию копирования для контура вырубki, указав тип операции *Сложная кривая*. Обязательно проверяем, чтобы в строках фильтров выбора были «*Вся сборка*» и «*Касательные кривые*».

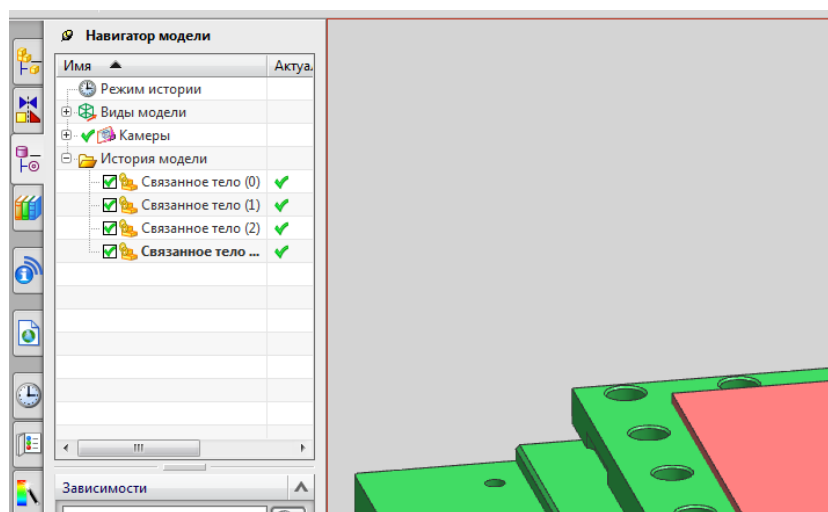


Рисунок 4.2.7 – Связанные тела

Теперь с созданными, «связанными» телами можно работать, как с любой ЭМ деталью, не забывая, что в исходном состоянии в файле сборки определены четыре «твердых», «связанных» тела.

6. С целью предотвращения изменений в сборке следует блокировать влияние на сборку всех действий на «связанные» тела.

Для этого вызовем контекстное меню *Навигатора сборки* и выбрав *WAVE* выполним опцию *Заморозить постоянно* (рисунок 4.2.8).

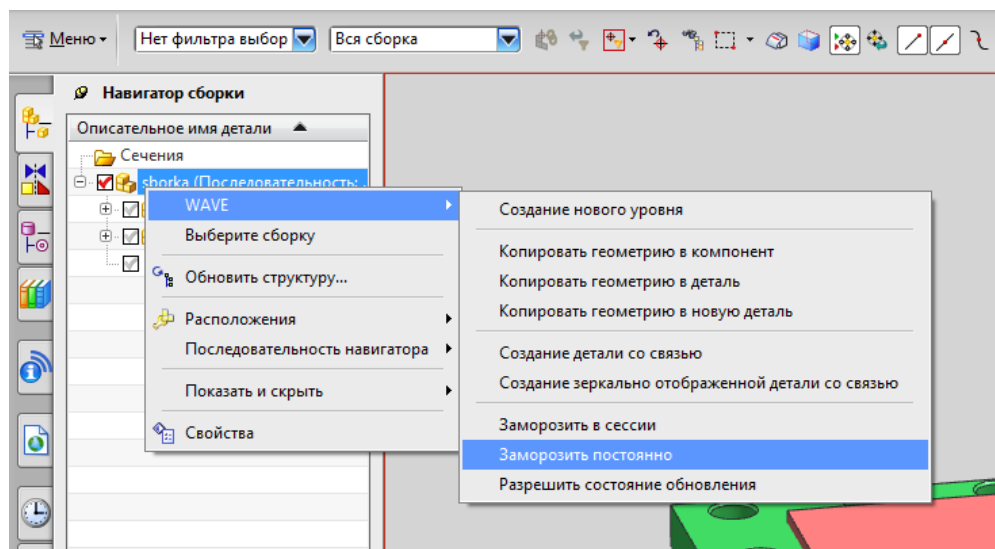


Рисунок 4.2.8 – Заморозка сборки

Можно выгрузить файлы компонентов-оригиналов (рисунок 4.2.9), но геометрия «связанных» тел останется.

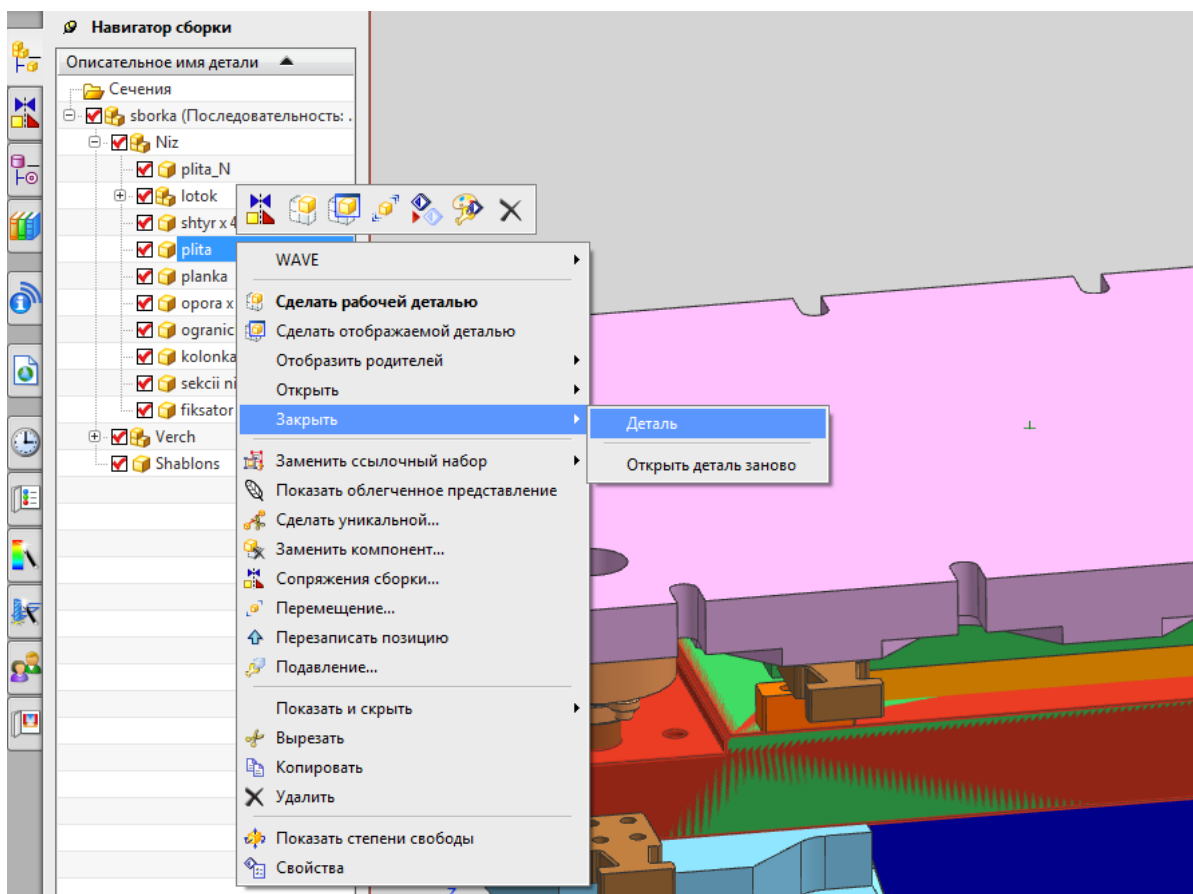


Рисунок 4.2.9 – Выгрузка деталей из сборки

Теперь можно приступить к редактированию геометрии выбранных деталей, используя возможности приложения *Моделирование*. Для проверки выполненных действий в приложении *Моделирование* можно использовать команду *Показать и скрыть* меню *Изменить*, т.к. скрытой является визуализация сборки.

4.2.2 Редактирование частей штампа с учетом контура вырубки

В качестве примера был выбран типовой штамп с заготовками секций инструментов пуансонов и матриц, съемника – прижима и опорной плиты.

Покажем, как сформировать на этих заготовках форму рабочего контура инструментов, проем под вырубной пуансон в съемнике – прижиме и отверстие для удаления отходов в опорной плите.

Используем для этих целей контур шаблона заготовки. Для удобства шаблон вставляется в сборку в виде компонента, содержащего в себе исключительно контур вырубаемой детали, и привязывается к какой-либо плоскости.

Делаем редактируемое в данный момент связанное тело и шаблон видимыми, а сборку - активной. Продемонстрируем технику на примере придания формы пуансону. Вызываем команду *Вытягивание*, указываем связанную кривую, задаём смещение контура «-0,1», соответствующее требованиям к проектированию пуансона (рисунок 4.2.10).

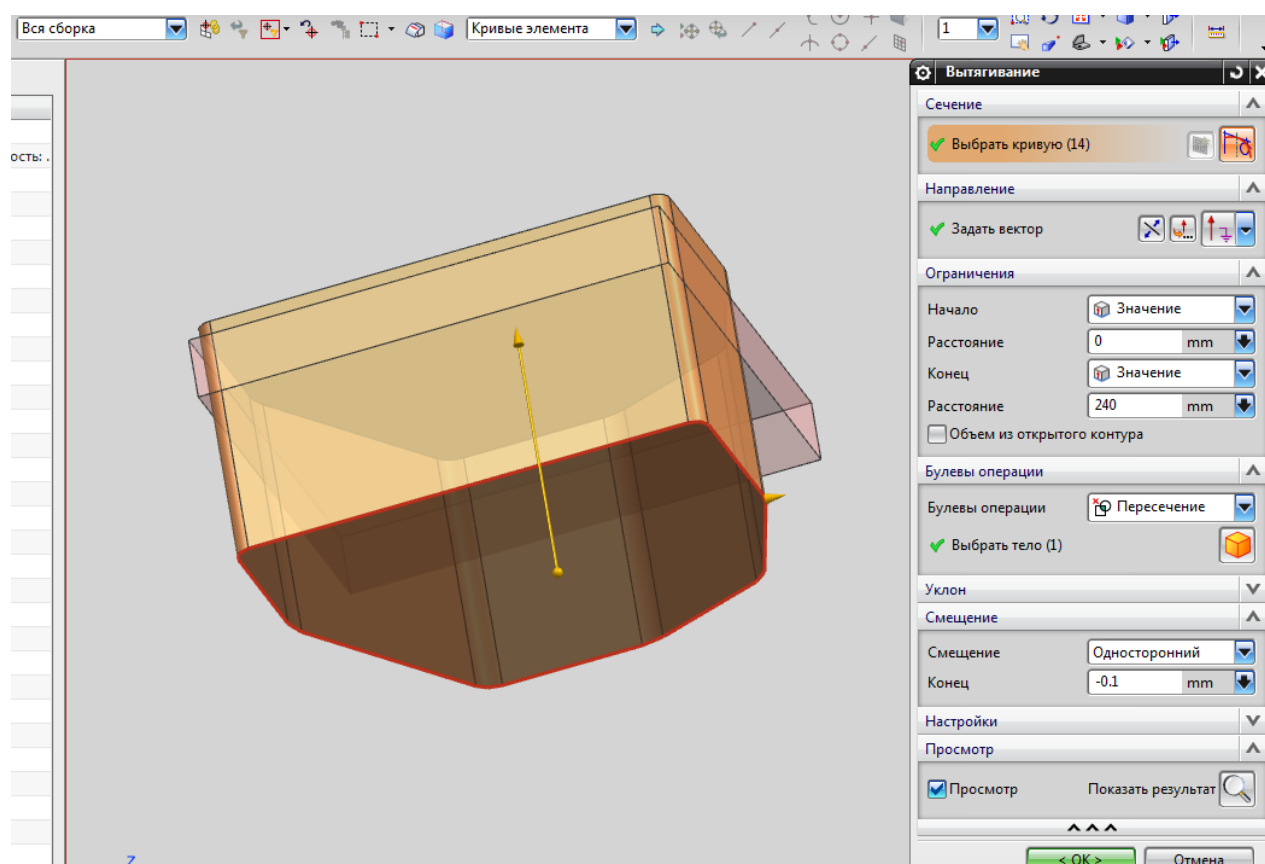


Рисунок 4.2.10 – Редактирование пуансона

Редактируем подобным образом остальные детали (рисунок 4.2.11):

- смещение съёмника +1 мм;
- уклон матрицы 1,5°;
- смещение отверстия плиты +5 мм.

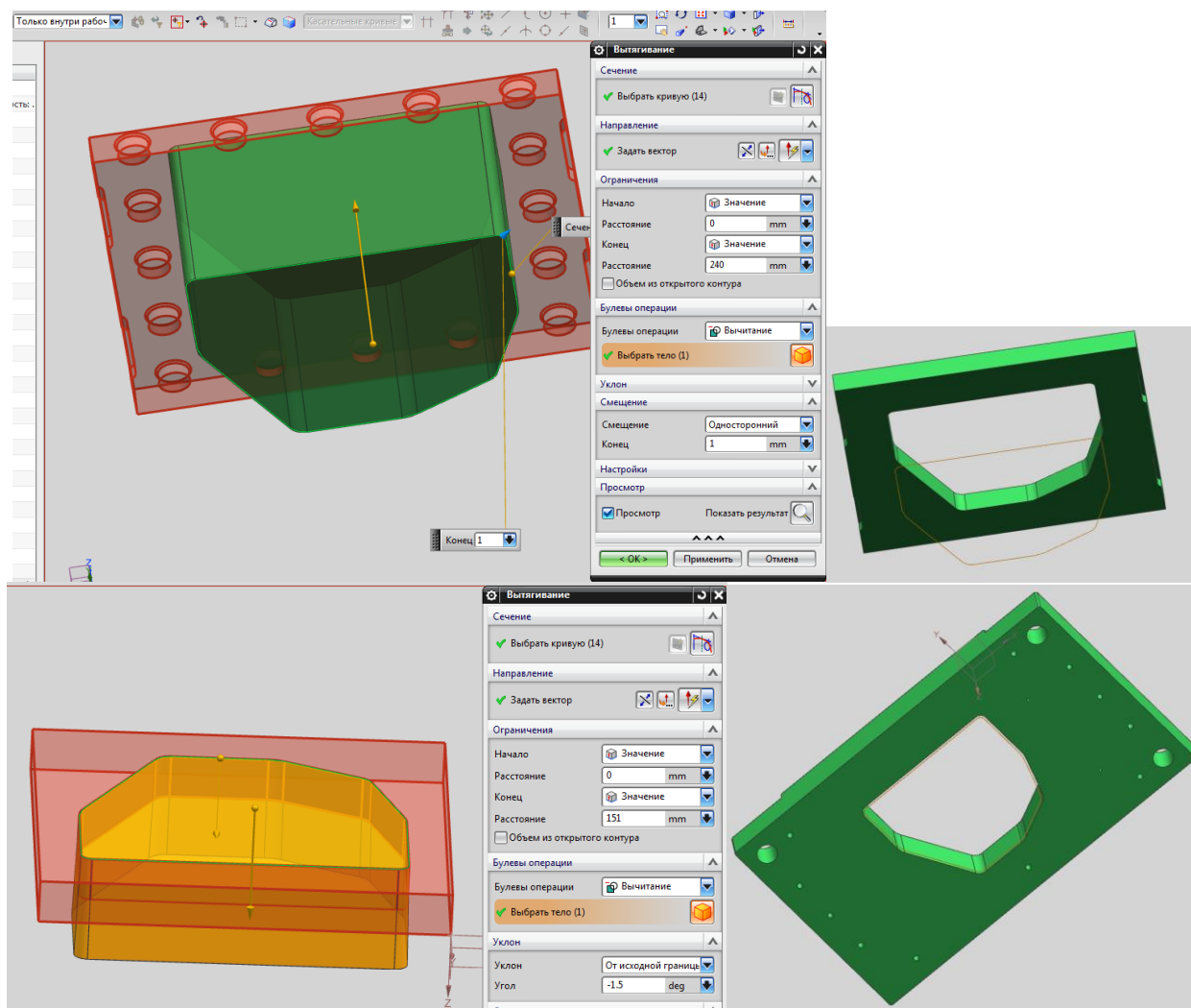


Рисунок 4.2.11 – Редактирование связанных тел

Для завершения работы необходимо *Разморозить сборку*, т.е. открыть все возможности работы со сборкой.

Все ассоциативные связи сохранились и их можно будет применять для дальнейшей работы, например, обработки.

Надо помнить о том, что изменение родительских ЭМ сборки будет приводить к изменениям и созданных «связанных» тел.

Если потребуется сохранить сборку с вновь разработанными деталями, придется разорвать ассоциативные связи и произвести замену существующих компонентов сборки на вновь созданные.

4.2.3 Преобразование связанных тел в детали сборки

Обновлённые детали находятся в сборке только в виде связанных тел. Для того, чтобы создать на их основе самостоятельные файлы деталей, нужно выполнить ряд действий (рисунок 4.2.12).

Создадим новую деталь в сборке *Создать новый – Модель – Sektcii verha new – OK*.

Выделим соответствующее *Связанное тело + Вытягивание – Файл – Экспорт – Деталь – Существующий – Задать деталь - Sektcii verha new – OK – Выбор по классу* – выбираем твердое тело – *OK*.

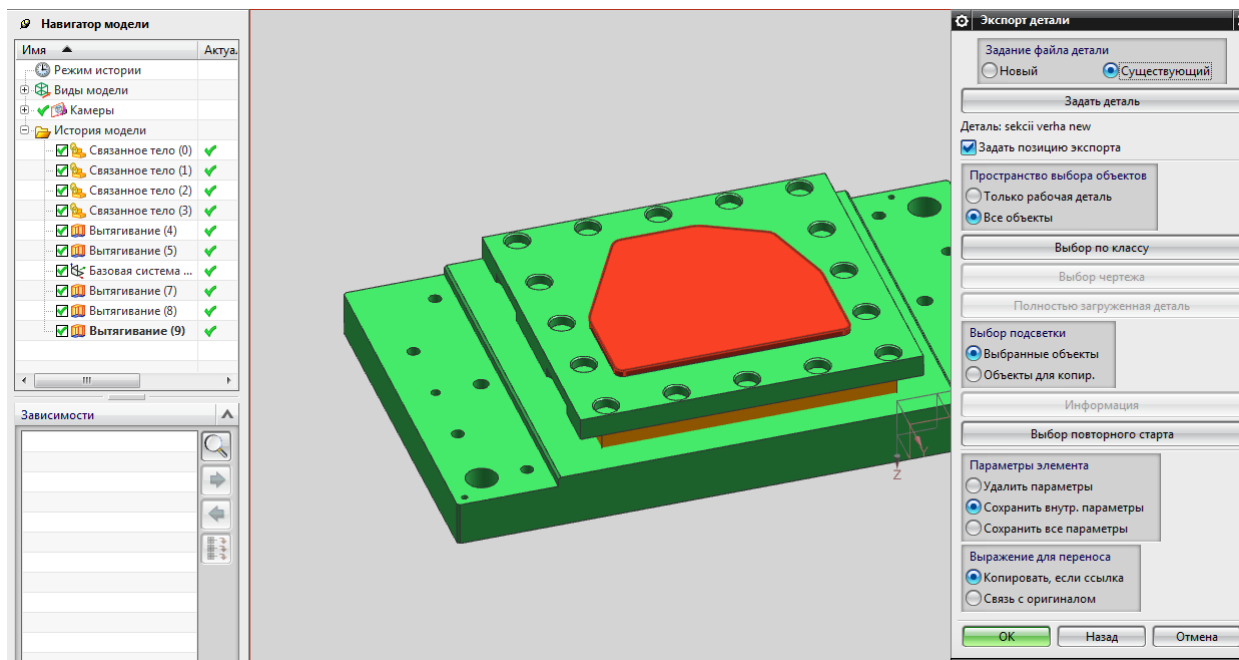


Рисунок 4.2.12 – Экспорт детали

В детали *Sektcii verha new* появилась нужная геометрия.

Чтобы заменить файл в сборке, выбираем предыдущую версию *Sektcii verha – Заменить компонент – Выберите деталь - Sektcii verha new – OK*.

4.2.4 Замена контура вырубки

Для осуществления замены контура необходима сборка с созданными в п.4.2.3 связанными телами, кривой и объектами вытягивания. Эта сборка будет считаться типовой, т.к. созданные в ней объекты необходимы для быстрого редактирования группы деталей, зависящих от контура вырубаемого изделия.

Для наглядной демонстрации метода замены контура создадим в файле шаблона контура вырубки эскиз окружности.

В сборке применим к созданной кривой ассоциативное копирование *Меню – Вставить – Ассоциативная копия - Редактор геометрических связей* *WAVE – Сложная кривая*.

Выделяем в дереве заменяемую кривую, вызываем контекстное меню – *Замена* – заменяемый элемент (верхняя строка) уже выбран, переходим к выбору заменяющей кривой, активируем команду, выбираем желаемый контур (в нашем примере окружность (рисунок 4.2.13)). При нажатии на ОК все связанные тела перестраиваются, при этом все зависимости (смещение контура, уклон) сохраняются. Заменяем детали в сборке согласно п.4.2.3.

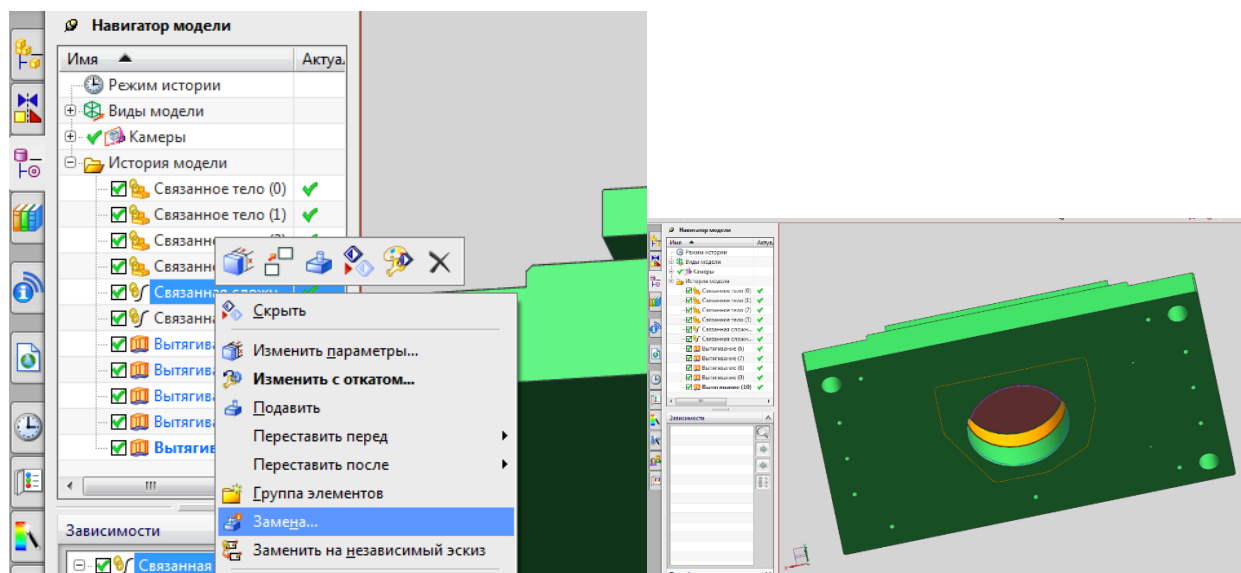


Рисунок 4.2.13 – Замена контура

После замены контура конструктор должен вручную произвести необходимые разбиения секций на детали и размещение крепежных элементов.

Текущий уровень развития программ не позволяет выполнять подобные аналитические действия автоматически.

4.3 Внедрение методики на предприятии

Программа внедрения данного метода проектирования на предприятии ООО «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ТРАНСФОРМАТОР» будет включать в себя организационных мероприятий:

- закупка и установка программного обеспечения NX на АРМ инженеров-проектировщиков и технологов, участвующих в проектировании и изготовлении штампов;
- введение в работу официального документа – стандарта предприятия, устанавливающего порядок проектирования;
- распространение среди участвующих в проектировании лиц разработанной методики в виде инструкции;
- консультационная поддержка пользователей по возникающим вопросам.

4.4 Выводы

1. Разработана методика ускоренного проектирования вырубных штампов для электротехнической промышленности.

2. Показан способ использования WAVE для поддержки параллельного проектирования изделий и качественного управления изменениями при проектировании и в процессе создания конечного изделия.

3. Создана типовая сборка, позволяющая значительно ускорить редактирование штампа.

4. Предложено конструктору самостоятельно производить разбиение на секции и размещение крепежных элементов.

Заключение

1. Проведенный анализ конструкций оснастки для изделий электротехнической промышленности показал перспективность методов унификации и параметризации штамповой оснастки для ускорения проектирования и повышения качества проектов.

2. Доказано, что существующие промышленные комплексы САПР для проектирования оснастки обладают функционалом для разработки технологических процессов листовой штамповки и создания электронных моделей сборок штампов.

3. Разработана параметризованная конструкция типового штампа.

4. Создана методика ассоциативного проектирования и изменения элементов конструкции штампа.

5. Внедрена инструкция и технические мероприятия для метода проектирования оснастки для листовой штамповки с помощью WAVE.

Список используемых источников

1. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. 432 с.
2. Моделирование технологической подготовки производства : метод. указания / [сост.: В.В. Казандаев и др.] – Самара: Изд-во Самар.гос.аэрокосм.ун-та, 2006. 160 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. 544 с.
4. Схиртладзе А. Г., Морозов В. В., Жданов А. В., Залеснов А. И. Автоматизированное проектирование штампов : учеб. пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Изд-во Лань, 2014. 288 с.
5. Почекуев Е.Н. Основы методов автоматизированного проектирования штампов листовой штамповки в САПР. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 210 с.
6. Автоматические линии кузнечно-штамповочного производства: учебное пособие / [сост. А.Ю. Иголкин, С.И. Козий, В.А. Михеев, С.Ф. Тлустенко] – Самара: Изд-во Самар.гос.аэрокосм.ун-та, 2004. 168с.
7. Почекуев, Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. – Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2014. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
8. Ведмидь П.А. Основы NX CAM. – М.: ДМК Пресс, 2012. 216 с.: ил.
9. Гончаров П. С. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров, М. Ю. Ельцов, С. Б. Коршиков, И. В. Лаптев, В. А. Осиюк. – М.: ДМК Пресс, 2010. 501 с.
10. Данилов Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – М.: ДМК Пресс, 2011. 332 с.

11. Гончаров, П. С. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров, И. А. Артамонов, Т. Ф. Халитов, С. В. Денисихин, Д. Е. Сотник – М.: ДМК Пресс, 2012. 504 с.
12. Берлинер Э. М. САПР конструктора машиностроителя: учеб. для студентов вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Гриф УМО. - Москва: ФОРУМ, 2015. - 287 с.
13. Почекуев, Е. Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер. – Москва: ДМК Пресс, 2012. - 331 с.
14. ГОСТ 2.052–2006. Электронная модель изделия. Общие положения. – Москва: Изд-во стандартов, 2006. 11 с.
15. Справочник конструктора штампов : Листовая штамповка / под общей ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. 496 с.: с ил.
16. Ball P. D. et al. Modelling production ramp-up of engineering products // Journal of Engineering Manufacture, vol. 225, pp. 959-971, 2011.
17. Svensson B. A Simulation-Based Optimisation Method for PLC Systems // Manufacturing Science and Engineering, vol. 124, pp. 109-118, 2002.
18. Roll K., Weigand, K. Tendencies and new requirements in the simulation of sheet metal forming processes // Comput. Methods Mater. Sci. 9, pp. 12–24, 2009
19. Ling D., et al. Integrated Stamping Simulation Using State Of The Art Techniques To Fulfill Quality Assessment Requirements // Numerical Simulation of 3D Sheet Metal Forming Process, vol. 17, pp. 126-138, 2005.
20. Mowrtage W. Low-rise 3D panel structures for hot regions: design guidelines and case studies // Arab. J. Sci. Eng. 37(3), pp. 587–600, 2012.
21. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. 520 с.: с ил.
22. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. 192 с.

23. Большаков В.П., Бочков А.Л., Лячек Ю.Т. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo. — СПб.: Питер, 2015. 480 с.
24. Hu W., Yao L. G. and Hua Z. Z. Optimization of sheet metal forming processes by adaptive response surface based on intelligent sampling method // Journal of Materials Processing Technology, Vol. 197, Feb. 2008, pp. 77-88.
25. Сорокин В. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. — Москва: Машиностроение, 1989. 640 с.
26. Михалев О. Н. Повышение степени автоматизации CAD/CAM-систем/ О. Н. Михалев, А. С. Янюшкин // Наука. Технологии. Инновации: Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ми ч. Ч. 3.— Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. С. 25-29.
27. Косиловой А.Г. Справочник технолога – машиностроителя. Том 1 под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
28. Косиловой А.Г. Справочник технолога – машиностроителя. Том 2 под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985.
29. Мендельсон В.С. Технология изготовления штампов и пресс-форм / В.С. Мендельсон, Л.И. Рудман – Москва: Машиностроение, 1982. 207 с.
30. ГОСТ 13130—83. Штампы для листовой штамповки. Блоки. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986. 5 с.
31. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкция и расчеты. Подготовительные работы. М.: Машиностроение, 1974. 300 с.
32. Рабинович И. П., Рудман Л. И. Наладка прессов и штампов. М.: Машиностроение, 1967. 175 с.