

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»
(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Технология изготовления детали автомобиля балка крыши задняя

Обучающийся

В.В. Овсец

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

доцент, Д.А. Расторгуев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Содержание

Введение	4
1 Обзорная часть детали «Балка крыши задняя»	6
1.1 Особенности детали 8450006203 MBR CROSS ROOF RR 1ST 160406 ...	6
1.2 Вытяжные инструменты	7
1.3 Дефекты при вытяжке	15
2 Вытяжка заготовки с применением перетяжных ребер и устранение проблем с формуемостью и утонением заготовки	19
2.1 Проблемы формуемости	19
2.2 Проблемы утонения	23
2.3 Перетяжные ребра	25
3 Материал заготовки и инструмента	34
3.1 Материал заготовки.....	34
3.2 Стоимость заготовки.....	39
3.3 Материал инструментов.....	43
4 Прессовое оборудование.....	48
4.1 Усилия на вытяжных инструментах.....	48
4.2 Выбор прессового оборудования	49
4.3 Пресс Innocenti 1000.....	50
4.4 Использование смазки	58
5 Результаты симуляция математической модели после внесенных изменений	61
6 Безопасность технического объекта.....	65
6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	65
6.2 Идентификация профессиональных рисков	66
6.3 Производственный шум.....	66
6.4 Производственная вибрация.....	67
6.5 Производственное освещение	67

6.6 Общая безопасность на месте труда	68
Заключение	69
Список использованных источников	70
Приложение А Чертеж детали «балка крыши задняя»	73
Приложение Б Предельные утонения материалов	74
Приложение В Стандарты для коэффициента.....	78
Приложение Г Сертификаты о публикации статьи.....	79
Приложение Д Математическая модель сборки атомобиля LADA VESTA...	81

Введение

Холодная штамповка – это один из самых используемых способов обработки металла во всем мире. Данный технологический процесс является лучшим выбором при массовом производстве, ибо позволяет получать деталь за кратчайшие сроки с наименьшими затратами. Поэтому автомобилестроительные кампании преимущественно используют штамповку при производстве автомобилей. Холодная штамповка позволяет изготавливать с высокой точностью даже детали сложной конфигурации, имея при этом толщину стенки меньше миллиметра. [1].

Несмотря на вышеперечисленные плюсы, штамповка имеет и недостатки. Этапы разработки технологического процесса и проектирование самого процесса штамповки весьма затратны. Поэтому оптимизация технологического процесса, в особенности вытяжки, является важной задачей технологии штамповки.

Большие масштабы выпуска вынуждает принимать более совершенные и трудоемкие штампы. Повышенная стоимость штамповой оснастки требует бездефектное проектирование, поскольку ошибки проектирования выдают крупные финансовые и временные расходы на исключения проблемы [22].

Использование специализированных программ как AutoForm позволяет производить симуляцию самого процесса получения штампованных деталей, давая возможность определять дефекты заранее на экране, а не во время проведенного эксперимента по получению детали, после которого будут вноситься изменения в процесс изготовления. Это позволяет экономить время и затраты на стадии проектирования детали и штампов.

Проблемы, с которыми сталкиваются инженеры, работающие с технологией холодной штамповки это – образование критических точек и зон утонения и разрыва на деталях после процесса вытяжки. Другими проблемами инженеров технологов является оптимизация заготовки, чтобы предотвращенные критические зоны никак не повлияли на КИМ детали [7].

На данный момент вопрос оптимизации процесса штамповки стоит на мировом уровне, так как любая кампания, как автомобилестроительная, тракторостроительная, судостроительная и даже военные заводы нуждаются в оптимизации потока штампов, ибо процесс проектирования до сих пор является трудоемким [8], [9],[10].

В данной работе будет рассмотрена деталь детали 8450006203 MBR CROSS ROOF RR 1ST 160406 «Балка крыши задняя», ее проблема на производстве и способ решения этой проблемы [12], [22].

Оптимизация технологического процесса вытяжки в данной работе будет осуществляться без внесения изменений в геометрию самой детали. Это не потребует вмешательства инженеров-конструкторов и предотвратит возможное изменение сборки автомобиля в целом.

Основное внимание в данной работе будет уделено такому элементу технологического процесса, как перетяжные ребра. Основное назначение перетяжных ребер это – обеспечение более эффективного торможения заготовки в процессе вытяжки детали.

Перетяжные ребра применяются практически на всех изготавливаемых деталях методом холодной листовой штамповки, они помогают в формовании металла на этапе операции вытяжки, обеспечивая лучшее растяжение металла.

Более эффективная схема торможения также позволяет сократить затраты металла на изготовление одной детали, что увеличит коэффициент использования материала.

Но, применение перетяжных ребер может привести и к образованию излишнего утонения металла или даже его разрыву. Связанно это также с более эффективным торможением заготовки, из-за чего выбор правильных перетяжных ребер для конкретной детали должен быть оптимальным, обеспечивая деталь необходим и достаточным усилием для формования детали без дефектов.

1 Обзорная часть детали «Балка крыши задняя»

1.1 Особенности детали 8450006203 MBR CROSS ROOF RR 1ST 160406

Деталь представляет собой прямоугольный короб с высокой глубиной вытяжки. Также, в детали имеются отверстия под проводку и крепежные изделия. Изображение математической модели детали изображено на рисунке 1. Чертеж детали прикреплен в Приложении А.

Деталь «Балка крыши задняя» – Это внутренняя корпусная деталь автомобиля с толщиной стенки 0,8 мм. За материал заготовки выбрана сталь H220P. Подробнее материал заготовки расписан в пункте 3. Основное назначение детали – это обеспечение жесткости конструкции всего автомобиля.

Для исследования технологичности детали будет использоваться специализированная САЕ (Computer Aided Engineering) программа AutoForm, используемая в отделе Технологии Штамповки АвтоВаза [27], [28], [29], [30].

Программа активно используется в отделе технологии штамповки как для проверки и создания самого технологического процесса на основе присланной инженерами-конструкторами детали.

При разработке технологического процесса изготовления детали в программе будет проведена симуляция непосредственно самого процесса вытяжки, вырубки, пробивки и прочих операций штамповки.

От разработанной инженером-технологом технологии будут зависеть результаты самой симуляции, а от нее уже и реальный результат всего технологического процесса.

Если технологический процесс не позволяет изготовить деталь без дефектов, то выдается запрос инженерам-конструкторам на изменении конструкции детали. Сборка автомобиля указана в приложении Д.

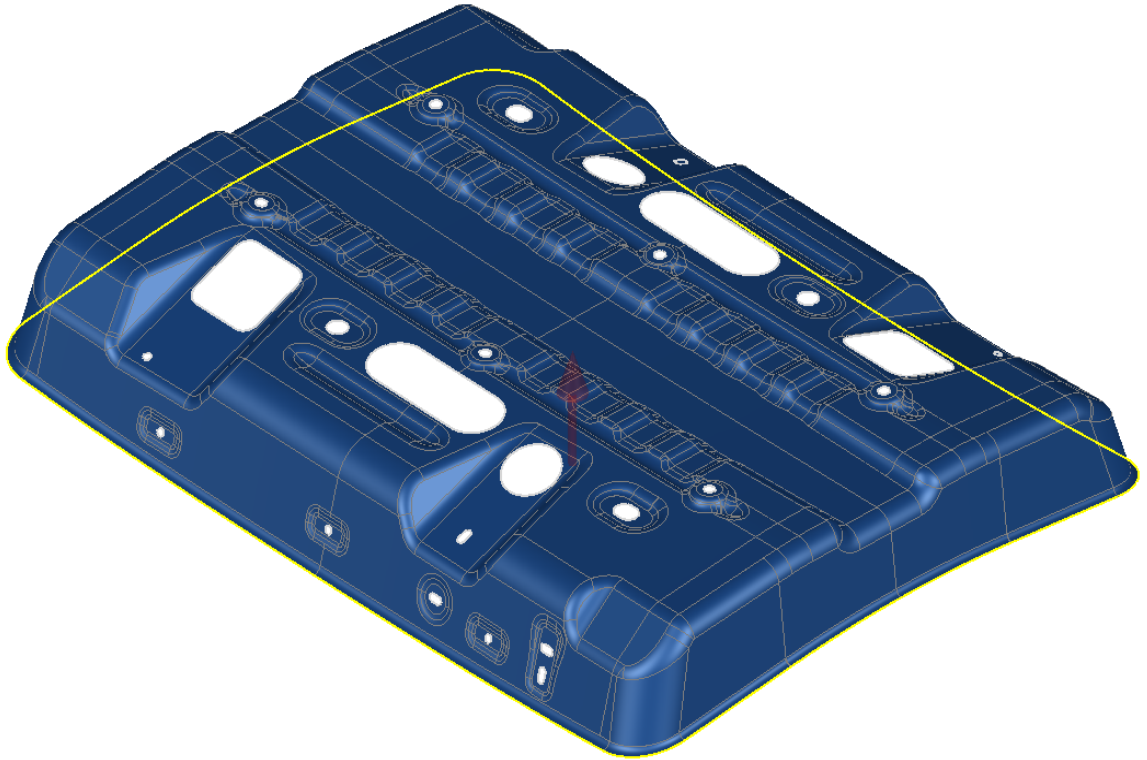


Рисунок 1 – Математическая модель 8450006203_MBR CROSS ROOF RR 1st 160406

1.2 Вытяжные инструменты

Ключевым объектом исследования будет операция вытяжки, так как именно этот технологический процесс является наиболее трудоемким, тогда как прочие операции, а именно фланцевание, пробивка отверстий и обрезка не вызывают трудности при изготовлении детали и не требуют оптимизации процесса [11], [16].

Операция вытяжки – это процесс обработки плоской заготовки, осуществляемый вытяжными штампами.

Штамп – Специализированный инструмент для определения функции изменения формы листового металла путем пластической деформации. Включает в себя две плиты: верхняя и нижняя.

Верхней частью называется элемент конструкции прессы, к которому крепится верхняя часть штампа. Также он называется Адаптером или ползуном.

Нижней частью называется элемент конструкции прессы, к которому крепится нижняя часть штампа. Представляет из себя неподвижный стол, или же подштамповочную плиту. Также называется болстером.

Предварительно сам процесс вытяжки будет рассчитан с помощью программы AutoForm.

Вытяжка будет осуществляться с помощью составных частей штампа: матрицы, пуансона и прижима.

Любой элемент штампа должен иметь достаточную и необходимую контактную жесткость и твердость, что позволит обеспечить длительную эксплуатацию при изготовлении деталей на производстве, он не должен быстро изнашиваться или подвергаться деформации при работе [23], [24], [25].

В противном случае любое изменение геометрии рабочего инструмента приведет к отклонению требуемой формы детали по чертежу. Предупреждение поломок рабочих элементов штампа можно обеспечить оптимальным выбором материала инструмента [19].

Штампы изготавливают методом отливки с припуском на механическую обработку. Отливка учитывает воздушные карманы внутри штампа, что уменьшит затраты металла и вес всего инструмента в целом.

При необходимости штампы можно дорабатывать или обеспечивать замены отдельного его элемента.

Выбор материала рабочих элементов штампа более подробно расписан в пункте 3 [17].

Матрица – элемент штампа, об который пуансон формирует изделие. Матрица повторяет собой форму детали и при необходимости задает зазоры [17], [18], [19].

Изображение математической модели матрицы из программы AutoForm показано на рисунке 2.

Матрица может крепиться как к верхней, так и к нижней плите штампа в зависимости от поставленной задачи

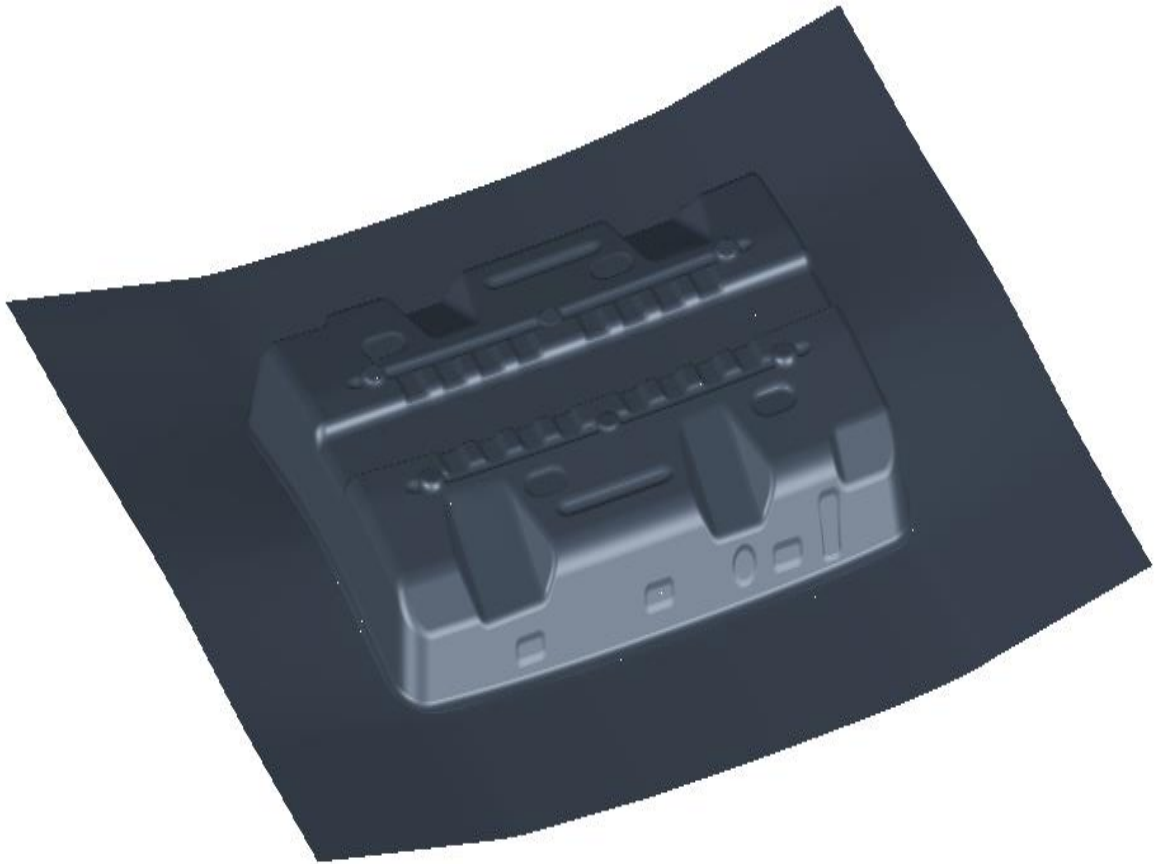


Рисунок 2 – Матрица детали «Балка крыши задняя»

Пуансон – элемент штампа, который формирует изделие. Специальная конструкция, которая совпадает с профилем матрицы. Форма пуансона имеет истинные размеры детали со своими допусками, а зазоры задаются матрицей [17], [18], [19].

Изображение математической модели пуансона из программы AutoForm показано на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пуансон детали «Балка крыши задняя»

Прижим – Элемент штампа, который осуществляет зажатие заготовки перед осуществлением операции вытяжки. Также в обрезных операциях прижим называют съемником, так как перед началом операции прижимает заготовку, предотвращая ее сдвиг, а после обрезки обеспечивает выталкивание перехода из рабочих частей штампа [17], [18], [19].

Изображение математической матрицы пуансона из программы AutoForm показано на рисунке 4.

Аналогично матрице или пуансону, может крепиться на нижнюю или верхнюю плиту штампа.

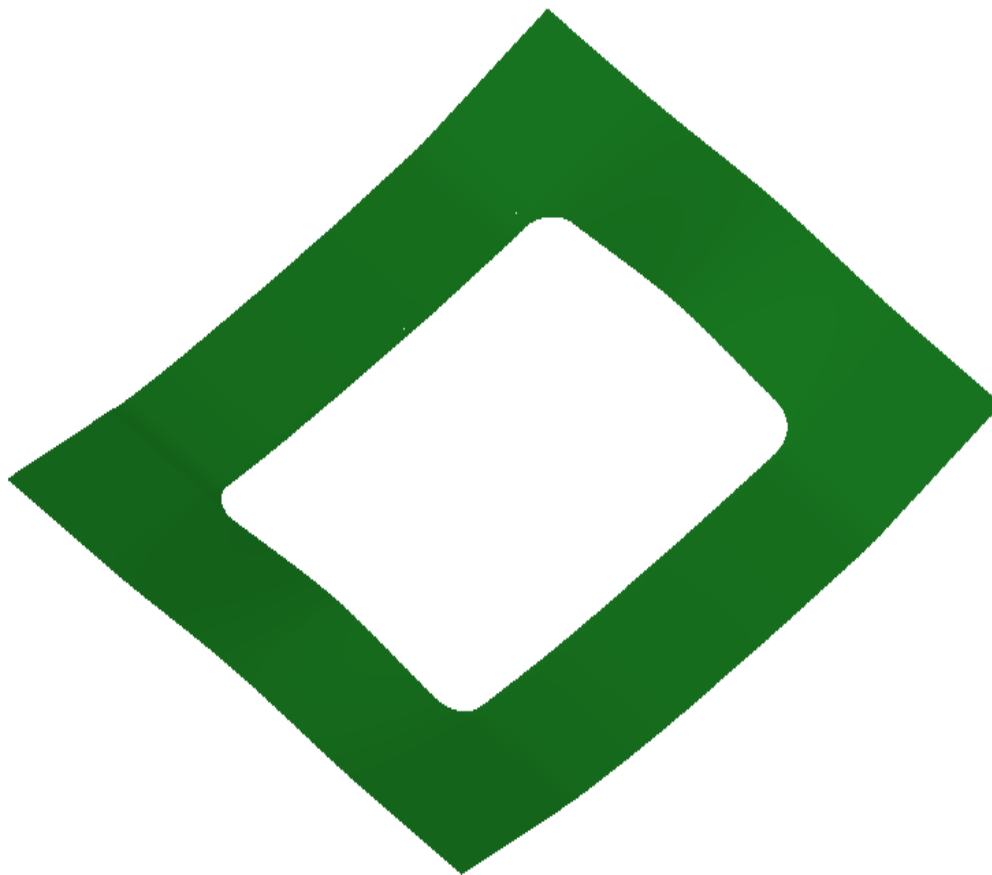


Рисунок 4 – Прижим детали «Балка крыши задняя»

Заготовку помещают между прижимом и матрицей. Расположение заготовки и инструментов изображено на рисунке 5. После чего осуществляется закрытие инструментов для формования детали из листового металла. Изображение инструментов и заготовки в закрытом положении изображено на рисунке 6.

Результатом же является вытяжной переход детали «Балка крыши задняя», который изображен на рисунке 7.

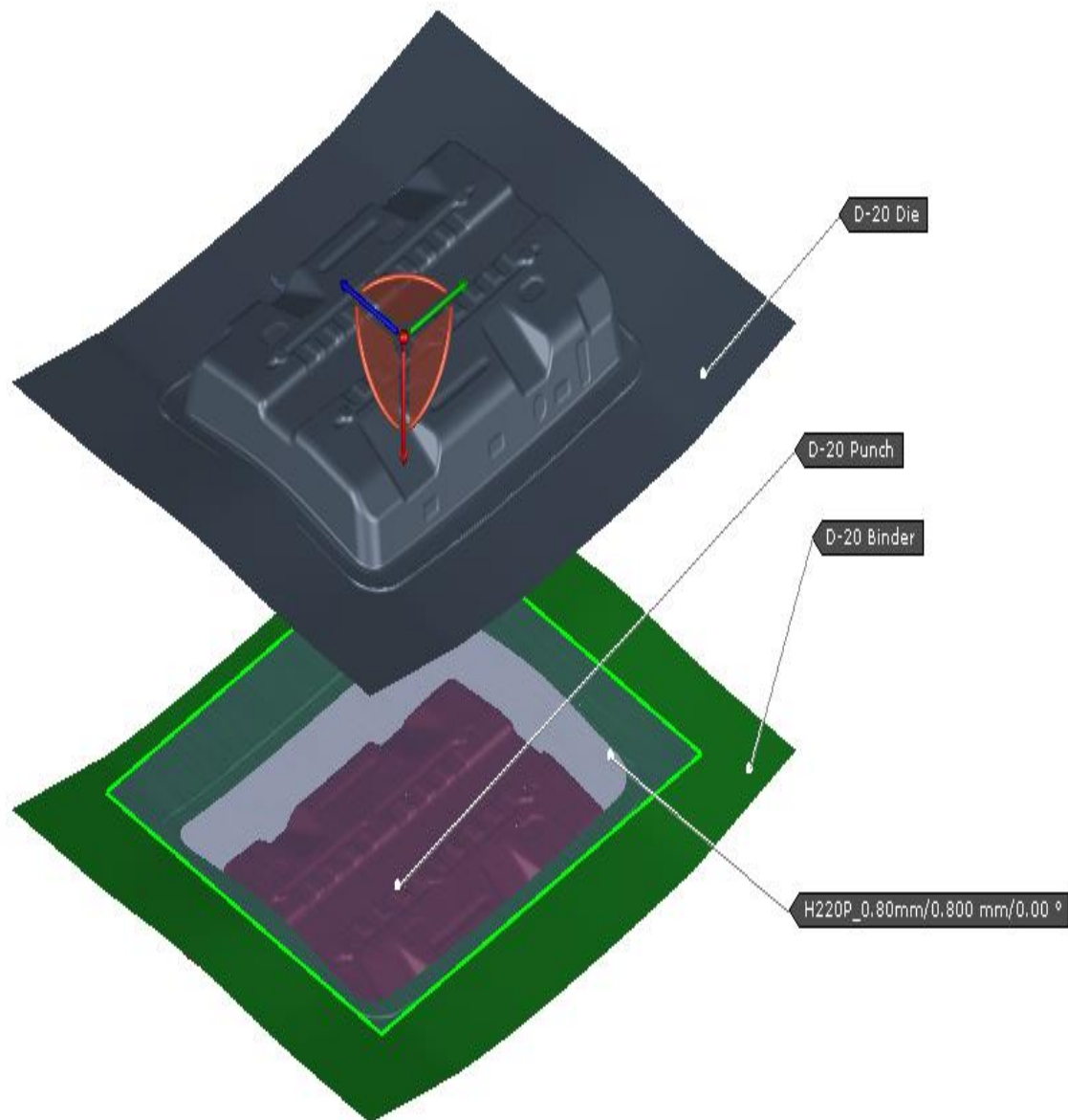


Рисунок 5 – Положение заготовки между инструментов в программе AutoForm

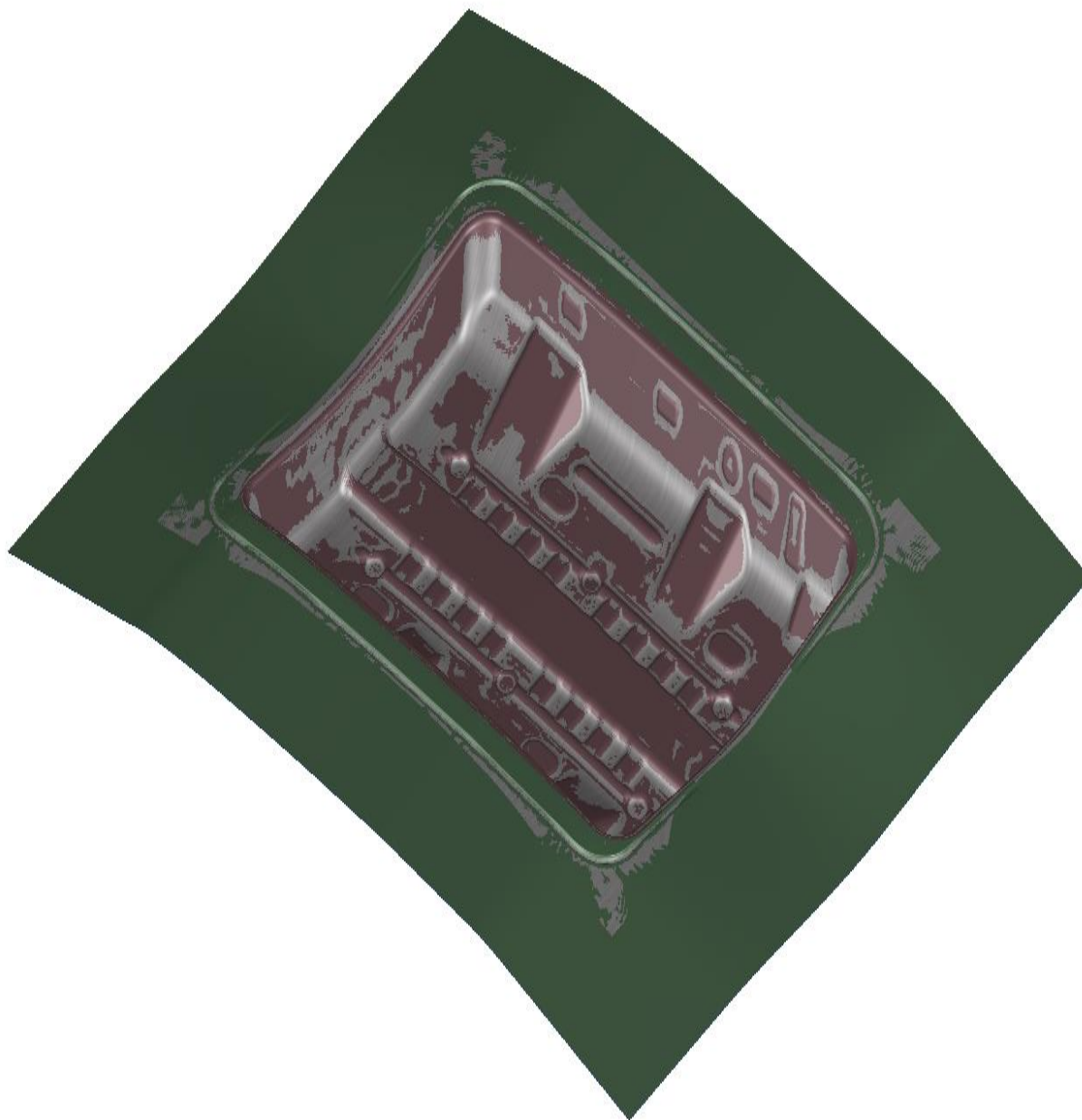


Рисунок 6 – Закрытие инструментов в программе AutoForm

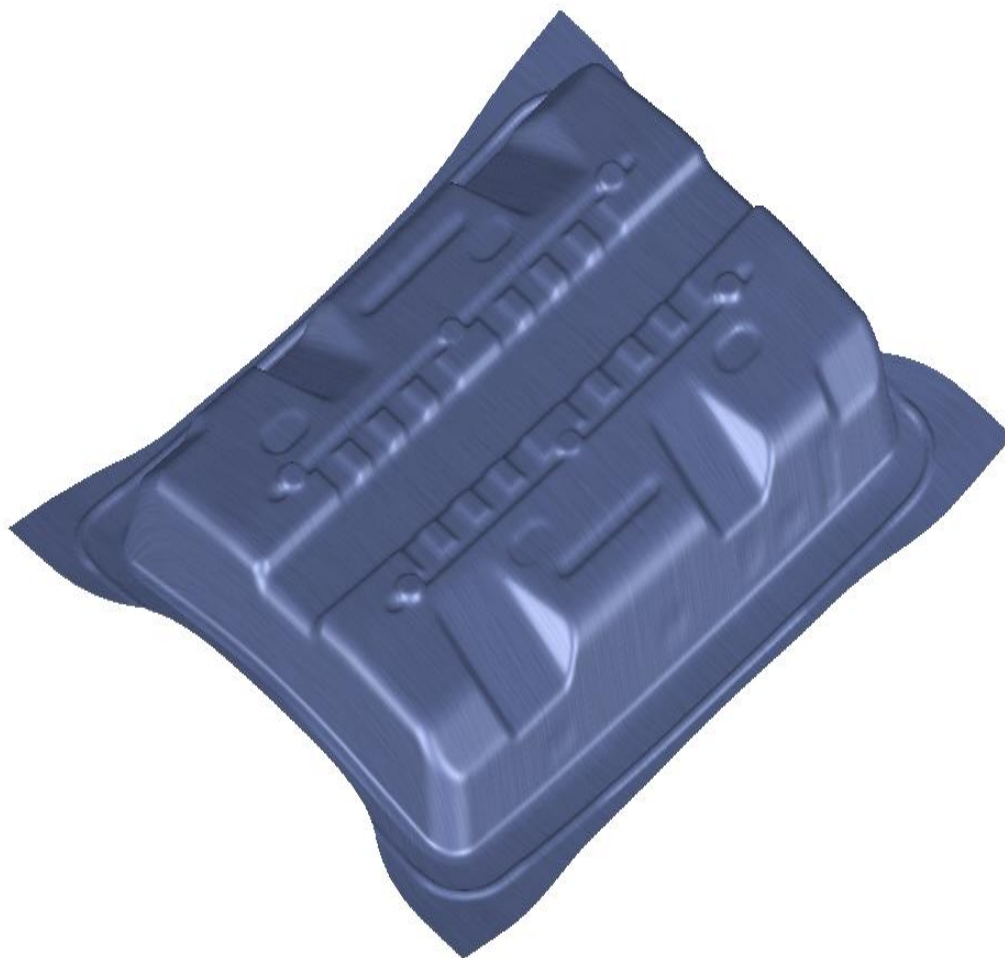


Рисунок 7 – Полученный вытяжной переход детали «Балка крыши задняя».
после вытяжки в программе AutoForm

При решении нашей задачи мы должны учитывать то, что вытяжка детали «Балка крыши задняя» будет не простого действия, а вытяжкой двойного действия. Конкретно меняется ориентация инструментов. В данном случае матрица находится на болстере и является неподвижной. Прижим, при данном способе вытяжки, крепится к наружному ползуну прессы, а пуансон к внутреннему. Первично в движение приходит прижимная плита, являющаяся наружным ползуном прессы, и зажимает заготовку по всей поверхности с матрицей. После происходит движение, и внутренняя часть ползуна прессы непосредственно производит сам процесс вытяжки. Во время движения

внутреннего ползуна с пуансоном прижим остается неподвижным. Обратное движение начинается с пуансона, после небольшой задержки приводится в движение наружный ползун с прижимом. Вытяжной переход остается в матрице. Извлечение перехода из матрицы осуществляется без участия человека с помощью матрица-подъемниками с ходом от 60 до 100 мм, механическая рука прессы зажимает переход и подает его на транспортер, который расположен между прессами разных операций. Для обеспечения безопасной транспортировки перехода устанавливается роликовая дорожка (транспортная лента), по которой переход скатывается на транспортер. Более подробно о прессовом оборудовании и его оптимальном выборе для нашей детали рассмотрим в пункте 4 прессовое оборудование.

1.3 Дефекты при вытяжке

Дефекты, возникающие в процессе производства, вызываются рядом причин, которые можно поделить на следующие виды:

Дефект по вине рабочего – Возникает на производстве при традиционной ручной штамповке без автоматических линий подачи. Рабочий самостоятельно кладет заготовку под пресс и самостоятельно вытаскивает ее на следующую операцию. Сам же дефект возникает из-за человеческого фактора, таких как – невнимательность или несвоевременная чистка рабочего места.

Захламленность и грязь на рабочем месте может привести к застреванию в штампе инородных тел или отходов производства прошлых операций, которые, в свою очередь, способны помять, оставить отпечатки и царапины на будущей детали.

Дефекты материала – Обусловлены несоответствием исходного материала техническим требованиям штампуемости, толщине и качеству поверхности.

Дефекты, связанные с качеством изготовления или ремонта – Являются наиболее частыми причинами брака на производстве. Они обоснованы неправильной регулировкой и настройкой штампов, износом и поломкой вытяжных инструментов. Неправильной наладкой инструментов и так далее.

Дефекты, связанные с несоответствием технологии изготовления. – Не соблюдена правильная последовательность операций, несоответствие габаритов заготовки.

Основные дефекты, возникающие в процессе вытяжки – Это утонение, разрыв металла, складки.

Пример разрыва металла на математической модели в симуляции процесса вытяжки программой AutoForm изображен на рисунке 8.

Разрыв может образоваться из-за сильного утонения металла, который, в свою очередь, появляется из-за маленьких радиусов или крутых углов детали. Также утонение может проявляться в подштамповках и тому подобных конструкторских элементах детали.

Пример разрыва металла при вытяжке на производстве изображен на рисунке 9.

Пример утонения металла на математической модели в симуляции процесса вытяжки программой AutoForm изображен на рисунке 10.

Пример утонения металла при вытяжке на производстве изображен на рисунке 11.

Складкообразование металла представляет из себя волнообразные скопления металла в одной точке. Возникает, если в зоне их образования, преимущественно, преобладают сжимающие силы. Их скопление, обычно, возле радиусов выступов или резкого ухода геометрии в глубину.

Для предотвращения складкообразования металла необходимо использовать эффективную схему торможения заготовки и достаточное усилие при вытяжке детали.

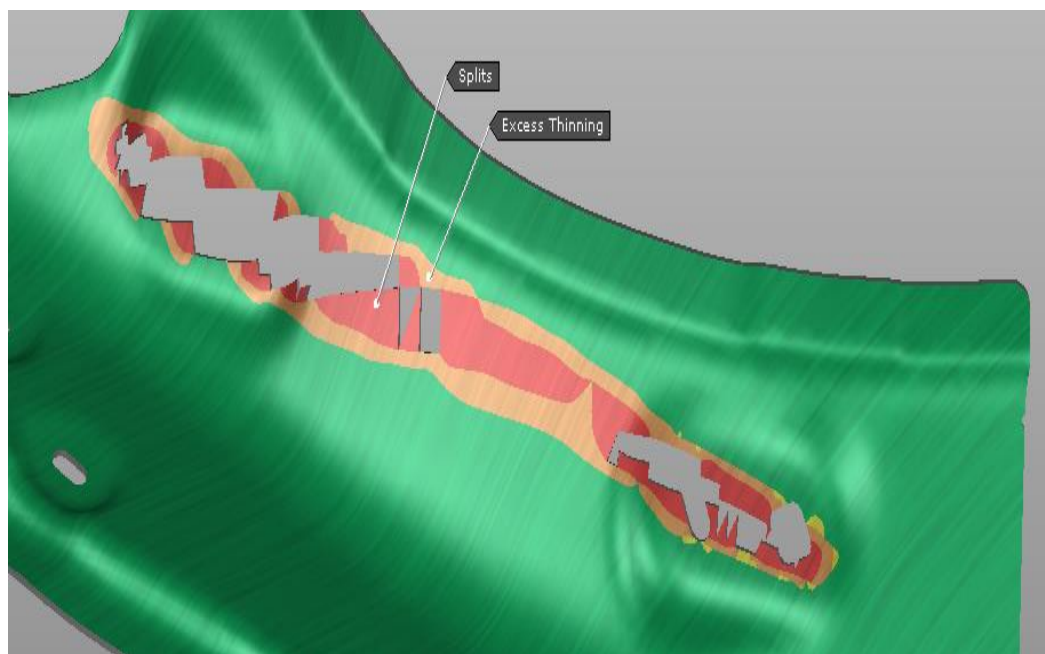


Рисунок 8 – Разрыв металла после симуляции вытяжки в программе AutoForm

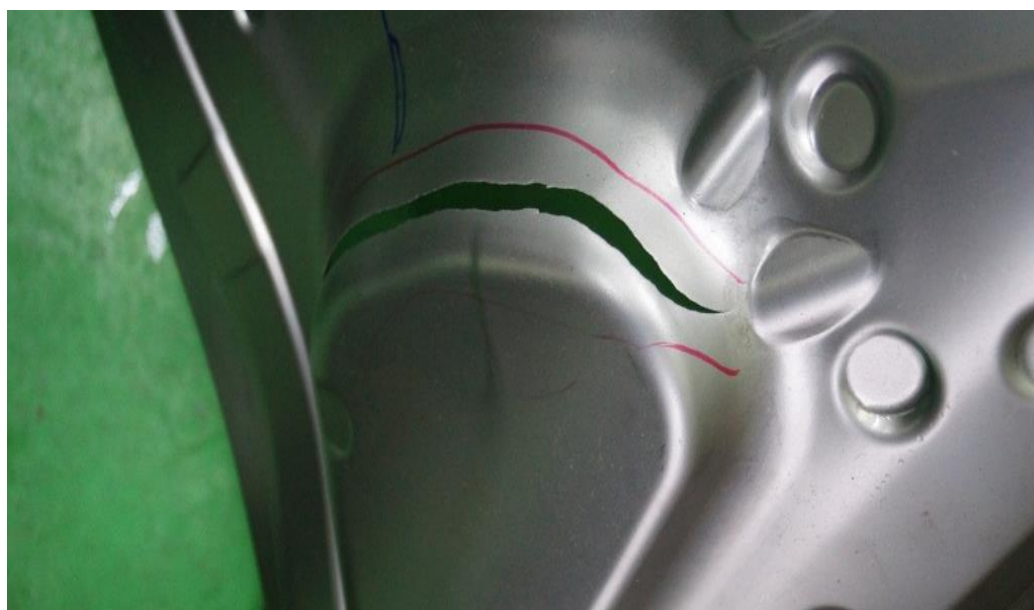


Рисунок 9 – Разрыва металла после вытяжки на производстве

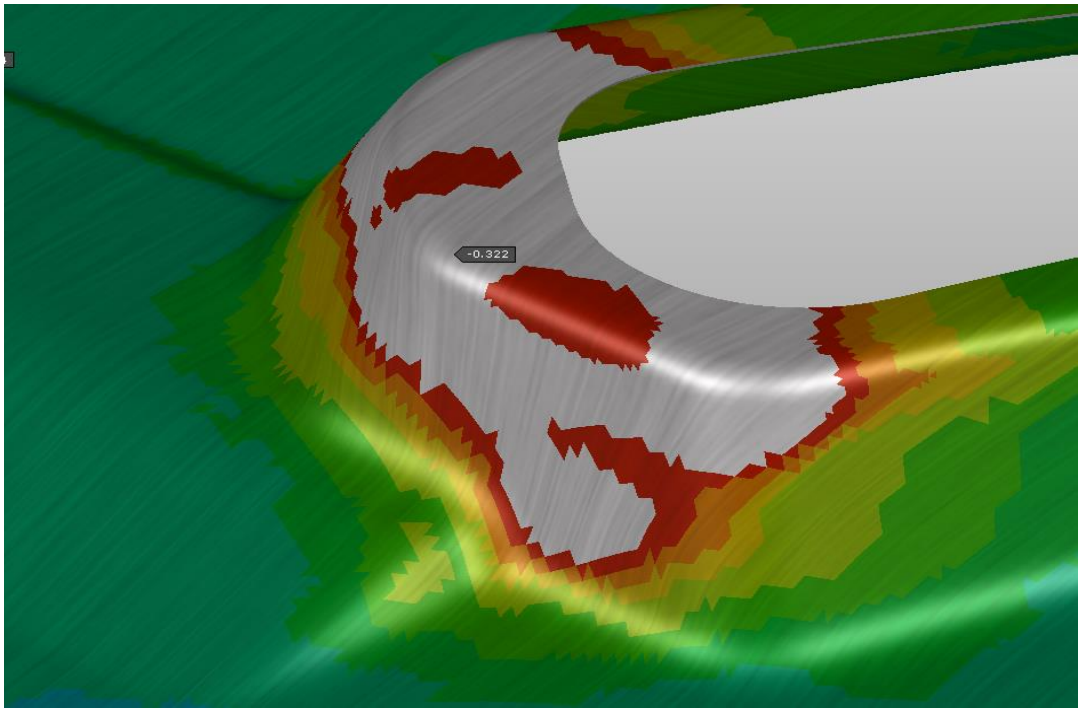


Рисунок 10 – Утонение металла после симуляции втяжки в программе AutoForm



Рисунок 11 – Утонение металла при вытяжке на производстве

2 Вытяжка заготовки с применением перетяжных ребер и устранение проблем с формуемостью и утонением заготовки

2.1 Проблемы формуемости

Проверить наличие дефектов детали «Балка крыши задняя» можно с помощью симуляции процесса вытяжки программой AutoForm.

Загрузим математическую модель нашей детали в программу AutoForm. Программа использует математические модели из таких программ, как CATIA, NX и тому подобных. [5].

Для симулирования процесса вытяжки программа AutoForm может автоматически смоделировать элементы штампа, такие как пунсон, матрица и прижим, но, при необходимости их можно изменить. Стоит учитывать, что изменение пуансона и матрицы приведет к отклонению геометрии получаемой детали от оригинала в процессе вытяжки.

Если геометрия детали в результате изменения вытяжных инструментов будет изменена, то это может повлиять на сборку автомобиля в целом. Следовательно, делать такие изменения можно только при согласовании с конструкцией автомобиля в целом.

В данной работе не будет происходить изменение рабочих зон вытяжных инструментов, которые непосредственно формируют саму деталь, поэтому геометрии деталей проектного и базового варианта не будут отличаться.

Проведем симуляцию процесса вытяжки в программе AutoForm. Полученный результат математической модели изображен на рисунке 12.

Полученная математическая модель после симуляции представляет собой вытяжной переход, который будет отправлен на последующие операции, пока не будет получена готовая деталь [3].

В программе можно отслеживать формуемость детали, чтобы получить полноценную информацию о разных зонах вытяжного перехода и предугадать в каких местах на производстве может оказаться брак.

На рисунке 12 разным цветом обозначаются состояния той или иной области вытяжного перехода.

Зеленый – Растянутые участки металла, которые будут менее или полностью не подвержены пружиненною металла после завершения процесса вытяжки. Это связано с тем, что величина пластической деформации металла выше 2%.

Серый – Участки практически или полностью не подвергшиеся пластической деформации.

Желтый – Риск образования разрыва и утонения металла

Оранжевый – Зона сильного утонения металла

Красный – Раскол металла

Синий – Сжатие металла

Фиолетовый – Утолщение металла

Образование зеленых зон является предпочтительным, так как это прямо влияет на качество детали. Синие, желтые, фиолетовые зоны являются нежелательными, красные, и оранжевые зоны недопустимыми. Чем больше толщина металла, тем сложнее растянуть его и добиться большего процента положительного растяжения. Но также и труднее получить риски разрыва металла [20].

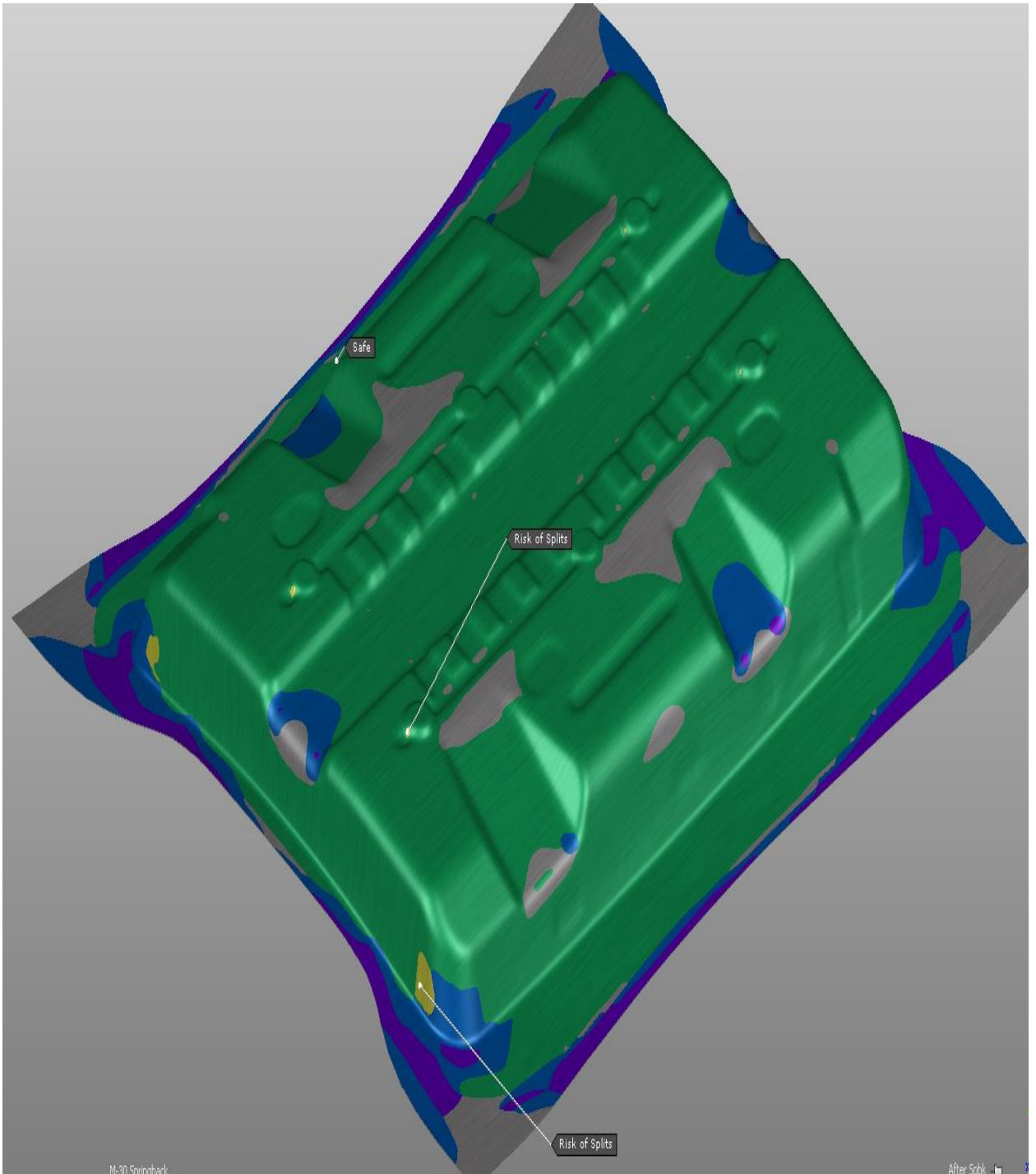


Рисунок 12 – Результаты симуляции программы AutoForm с цветным изображением разных зон формемости

Более подробно состояние формуемости детали можно посмотреть на получаемой карте формуемости металла, изображенной на рисунке 13.

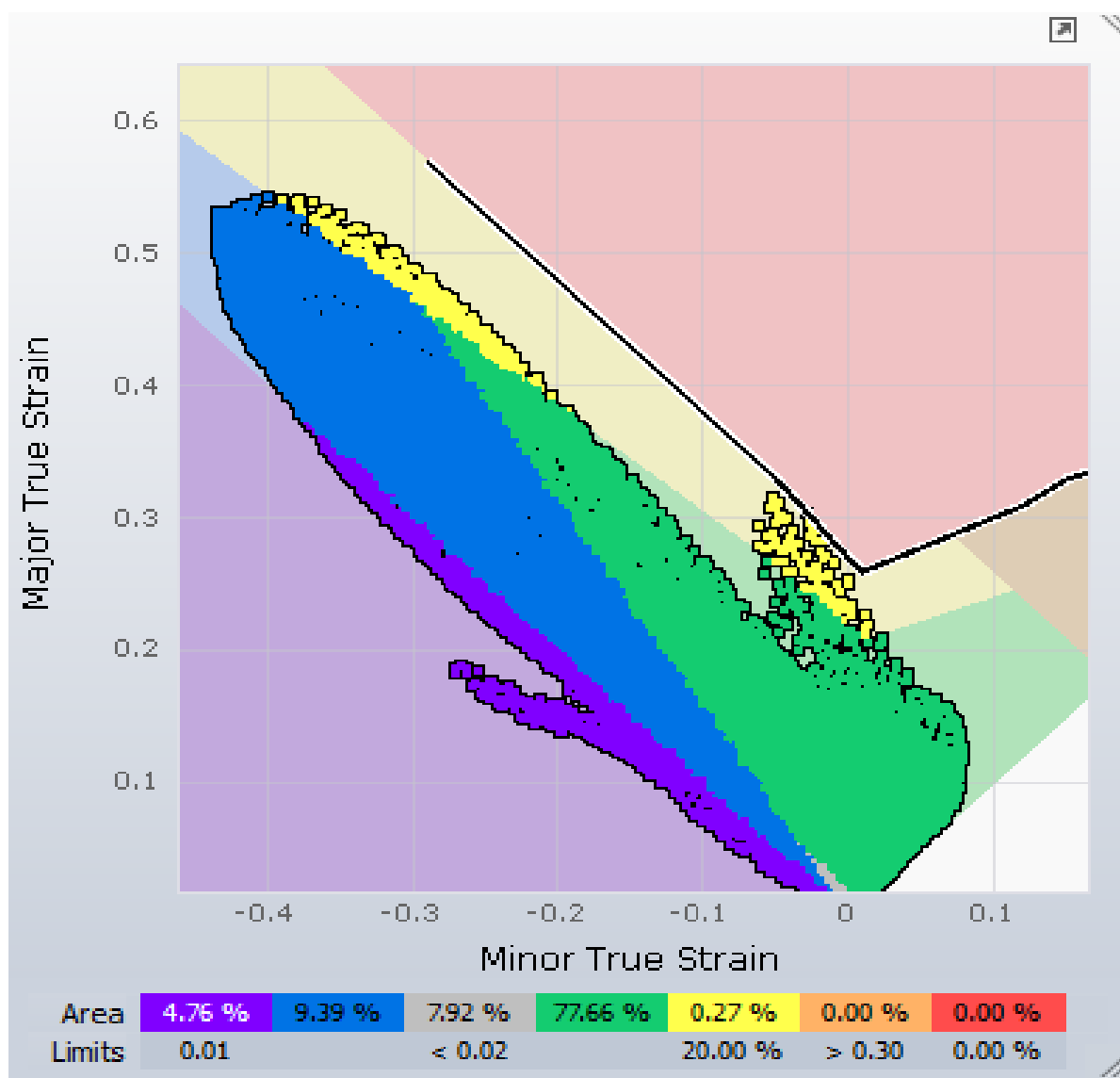


Рисунок 13 – Карта формуемости детали

В данном случае модель имеет зону с риском образования раскола и утонения на углах детали при глубокой вытяжке, в этих зонах на производстве, с небольшим шансом, может возникнуть брак в виде излишне утоненного металла, в более редких случаях разрыв.

2.2 Проблемы утонения

Помимо рисков возникновения разрыва металла также и существуют зоны с утонением. Утонение может привести к потере жесткости конструкции, образованию «Хлопунов» и зазору между стыками соседних деталей в сборке автомобиля. Чем меньше процент утонения, тем более плотно прилегают друг к другу детали, что уменьшает вибрацию при эксплуатации автомобиля.

Полученное утонение на математической модели по результатам симуляции вытяжки в программе AutoForm изображено на рисунке 14.

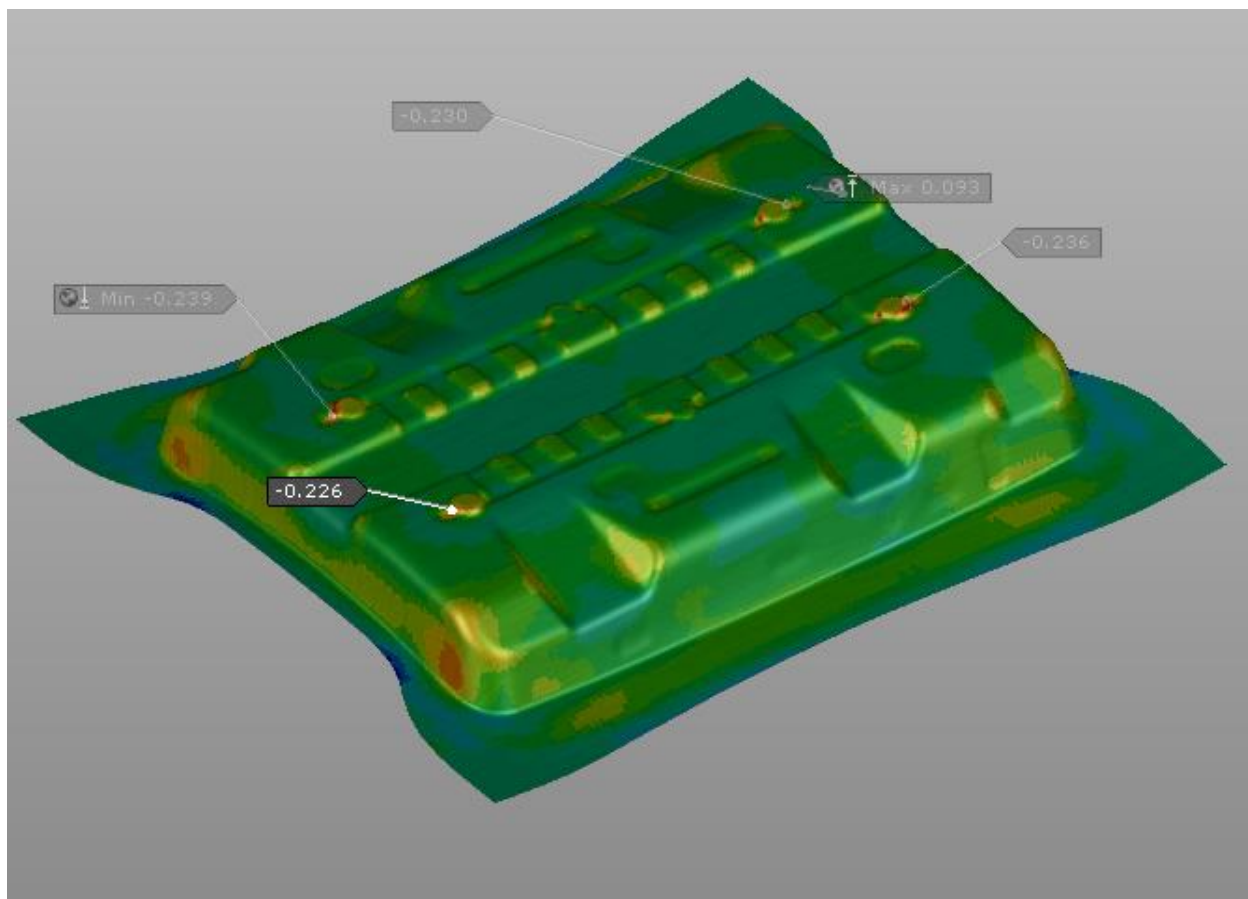


Рисунок 14 – Результаты симуляции программы AutoForm с цветным изображением разных зон формруемости

Места с утонением в основном расположены на подштамповках. В зависимости от материала и толщины заготовки допуски на процентное

утонение может разниться. Нашим же материалом выступаем сталь H220P с толщиной 0,8 мм. Допуски на утонение металла от его толщины и маркировки указаны в Приложении Б.

В данном случае аналогом нашего материала будет служить материал HC220Y. Для материала толщиной 0,8 мм следует допустимое утонение величиной не более чем в 25%. Как видно на Рисунке X, утонение находится на близкой к критической величине и равно 0,239 или 24%, что находится в зоне допуска, но не имеет запаса на величину 1,5%. Это не считается дефектом, но способно отразиться на качестве детали в ряде случаев.

Одной из причин повышенного риска возникновения утонения является поставка металла, которая будет отличаться от предыдущей. Обусловлено это тем, что химический состав будет постоянно, хоть и не значительно, но отличаться из-за погрешностей металлургического завода. Если не будет обеспечен запас на утонение, то на одной из поставок может возникнуть значительное количество бракованных деталей.

Другой проблемой может выступать человеческий фактор, как неправильное или невовремя обслуженное прессовое оборудование. При эксплуатации прессовой линии после определенного количества отштампованных заготовок необходимо провести очистку прессы от скоплений грязного масла, скомканной пыли и мусора, мелких отходов металла и от застрявших крупных отходов.

Температура заготовок и инструментов тоже влияет на утонение металла при вытяжке, особенно это влияние более существенно в холодные сезоны.

При ручной линии подачи заготовки от того, насколько опытен оператор также будут зависеть показатели утонения металла.

При неправильном обслуживании станка или своевременном ремонте истертый инструмент также может привести к утонению металла.

Из-за всех этих факторов иметь запас на утонение металла позволит избежать превышение допуска на утонение при нарушении одних из факторов [20].

2.3 Перетяжные ребра

Для выполнения операции вытяжки всегда необходимо выбирать оптимальную схему торможения заготовки. Если при выполнении процесса вытяжки есть необходимость применения дополнительных средств торможения, то их предусматривают на конструкции вытяжного штампа. Для увеличения торможения заготовки применяются перетяжные ребра или пороги. В для решения нашей задачи будут рассматриваться перетяжные ребра. [13].

Перетяжное ребро – это элемент вытяжного технологического процесса, предназначенный для лучшего торможения заготовки. Конструктивно представляет из себя выступы и канавки на матрице и прижиме. Схематично сечение перетяжного ребра изображено на рисунках 15, 16, 17.

Перетяжные ребра предназначены для повышения качества детали получаемых путем вытяжки. Они предотвращают складкообразование, сокращают расход листового металла. Экономия металла происходит за счет того, что перетяжные ребра во время формообразования способствуют более интенсивному растяжению штампуемого металла из-за большего торможения заготовки. Следовательно, в увеличении заготовки для лучшего растяжения металла нет необходимости.

Схематичное изображение перетяжных ребер изображено на рисунке 18.

При необходимости перетяжные ребра можно корректировать на производстве. Либо подтачивать их или наплавлять, доводя их размеры до требуемых к решению задачи. Это убирает необходимость полностью менять весь элемент штампа целиком, предотвращая расходы на полную себестоимость.

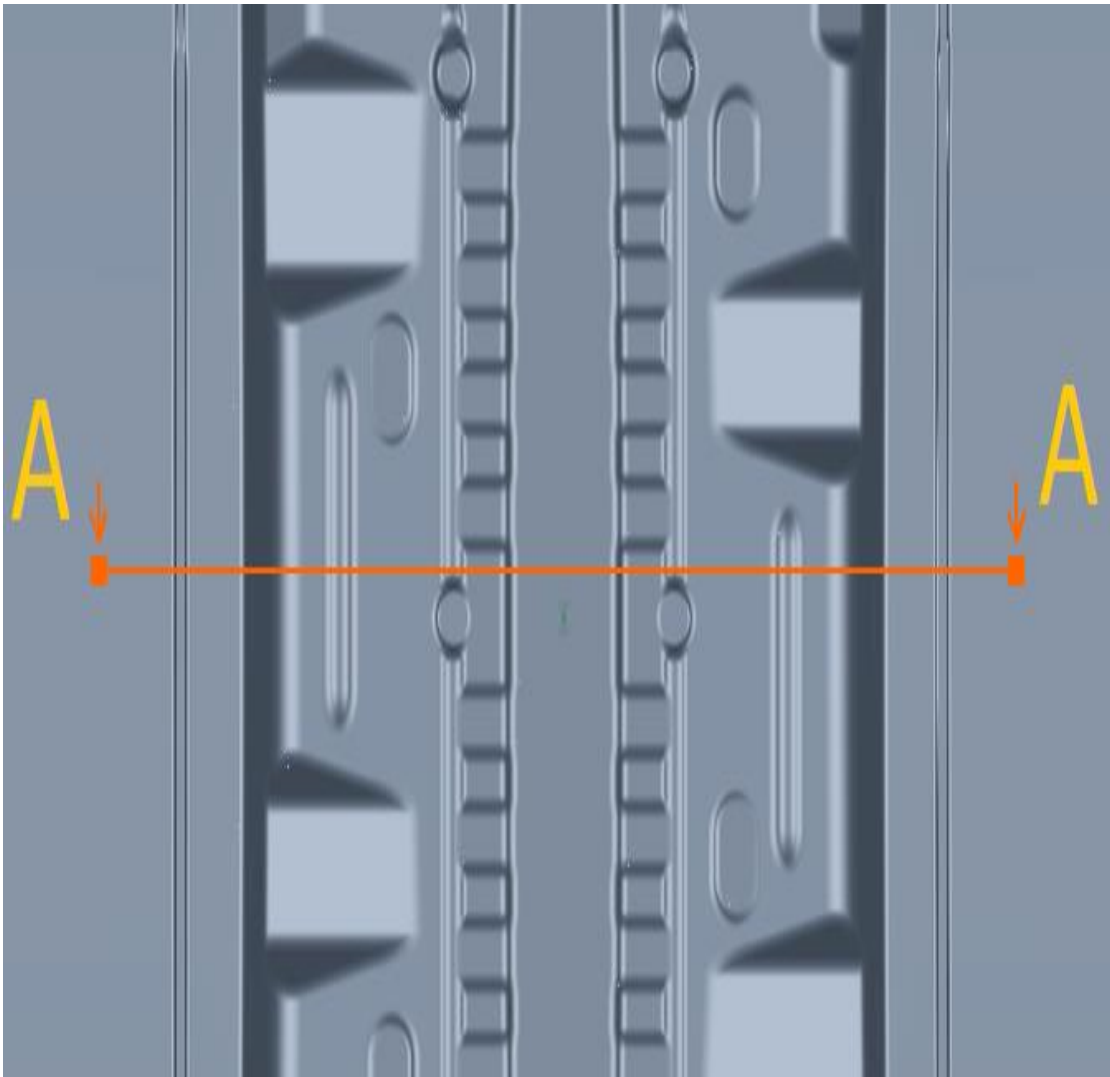


Рисунок 15 – Сечение матрицы, прижима и заготовки

Обычно, если толщина металла больше 2 мм, то необходимость в перетяжных ребрах отпадает, так как более толстые листы заготовки менее подвержены образованию складок.

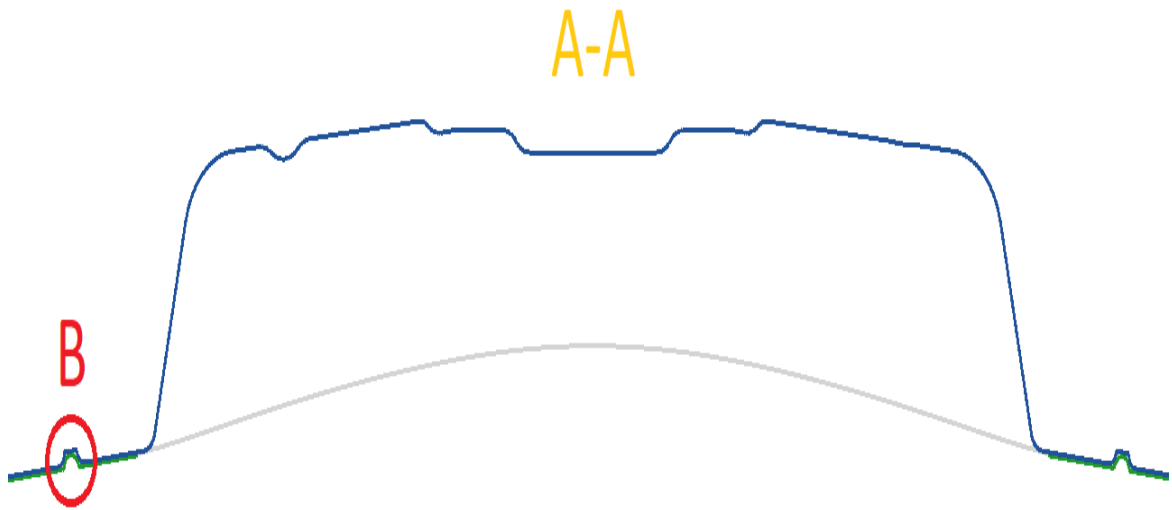


Рисунок 16 – Сечение А-А

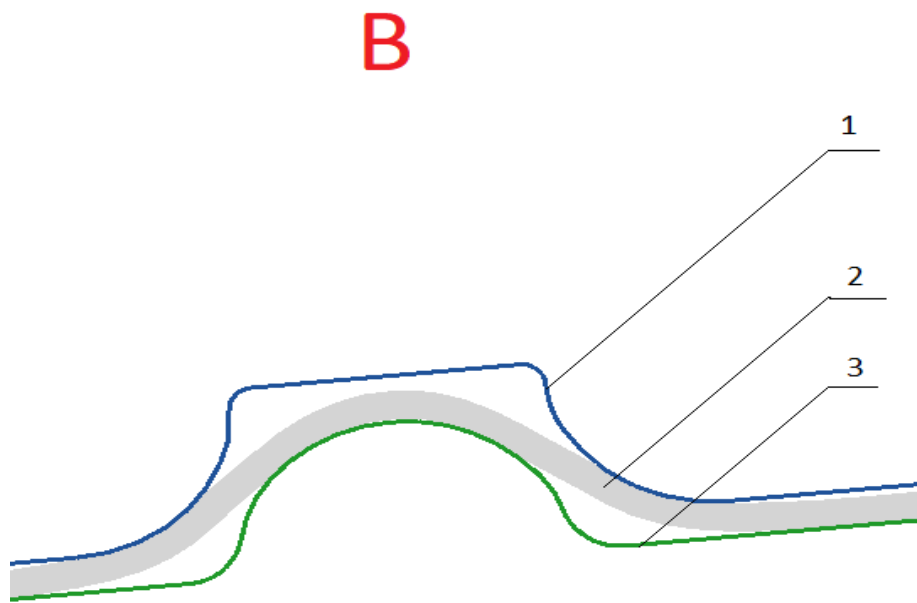


Рисунок 17 – Сегмент В

1. – Матрица
2. – Заготовка
3. – Прижим

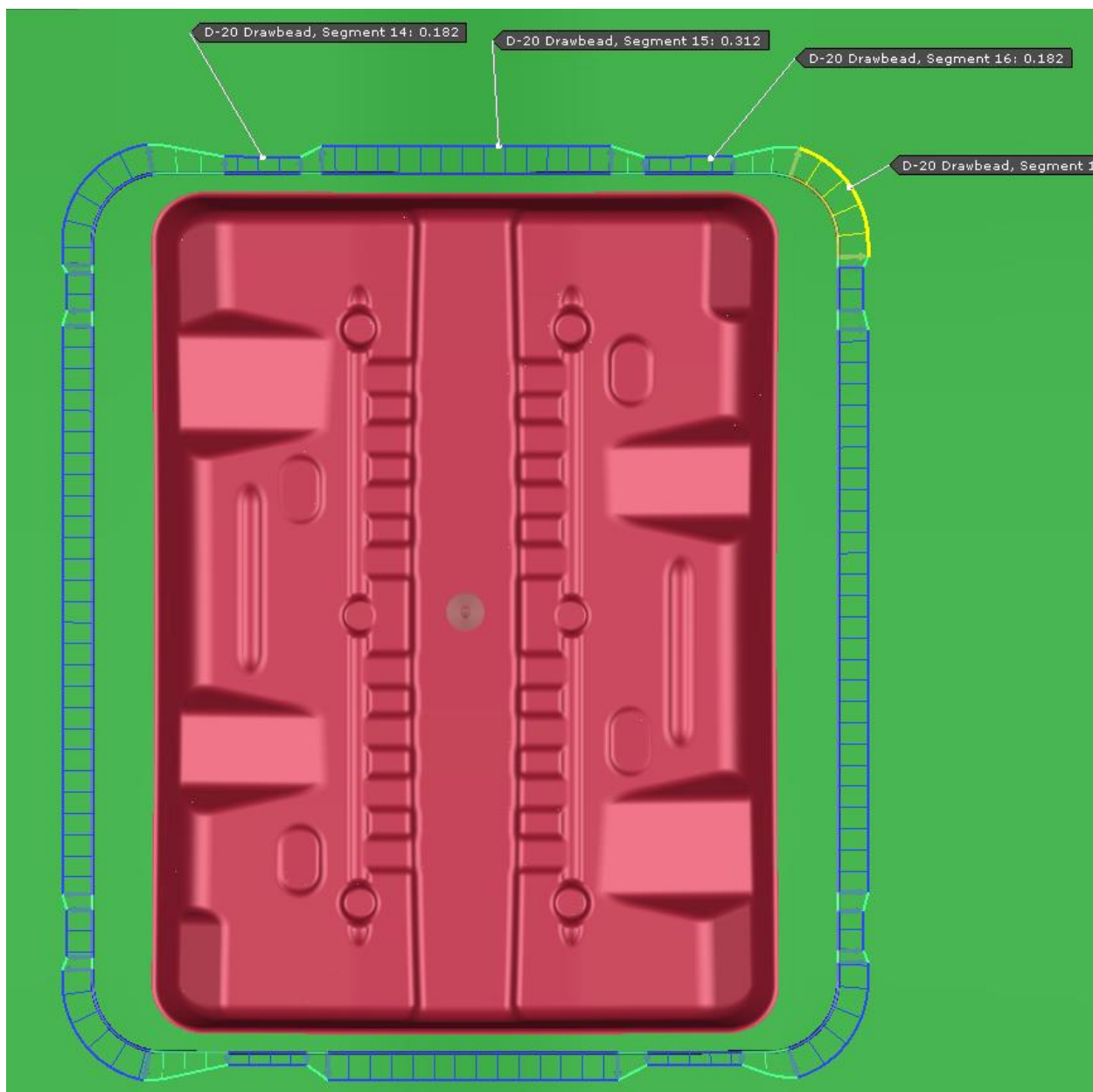


Рисунок 18 – Перетяжные ребра, изображенные схематично в программе AutoForm

В данном случае использовался кольцевидный профиль ребра на прижиме и трапецеидальный на матрице. Возьмем за пример 14-ый, 15-ой и 16-ий сегмент, их характеристики изображены на рисунках 19 и 20.

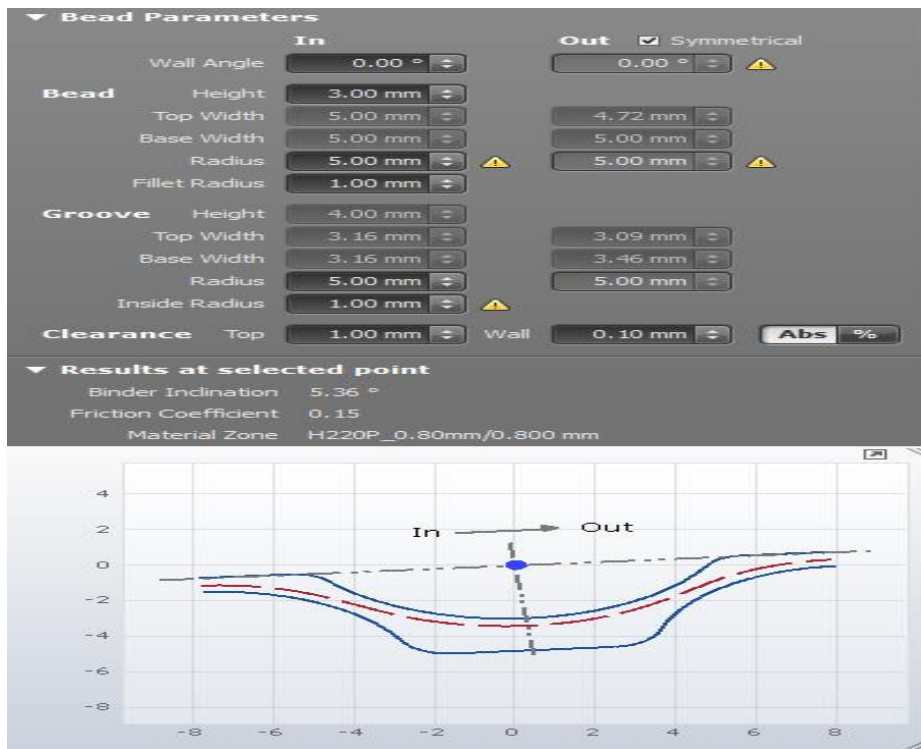


Рисунок 19 – Перетяжное ребро 15-го сегмента

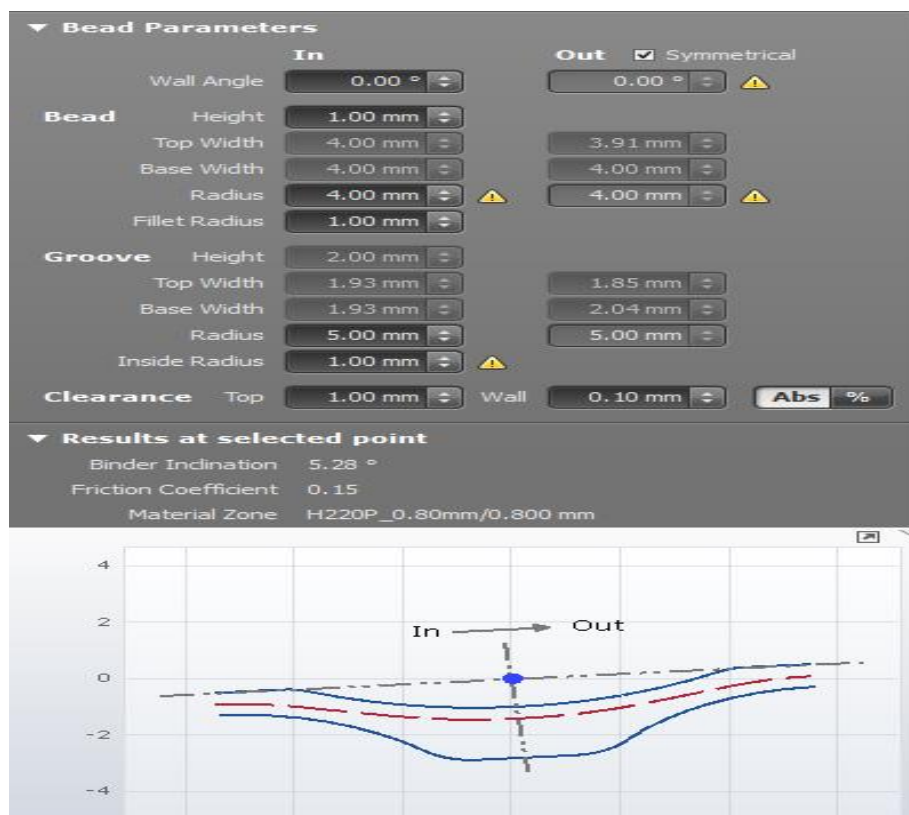


Рисунок 20 – Перетяжное ребро 14-го и 16-го сегмента

Для устранения критической зоны я предлагаю использовать другие перетяжные ребра, взятые из стандартных в библиотеке Renault, применяемые на АвтоВазе. Также предлагаю уменьшить длины ребер, чтобы более плавно перераспределить усилия прижима.

Для сегмента 15 используем ребро B9W8, его радиус ребра будет меньше на 1мм, а высота выше на 1мм. Характеристики ребра изображены на рисунке 21.

Для сегмента 14 и 16 используем менее жесткие ребра B12W8 с радиусом ребра 8,5 мм и высотой 1 мм. Характеристики ребра изображены на рисунке 22.

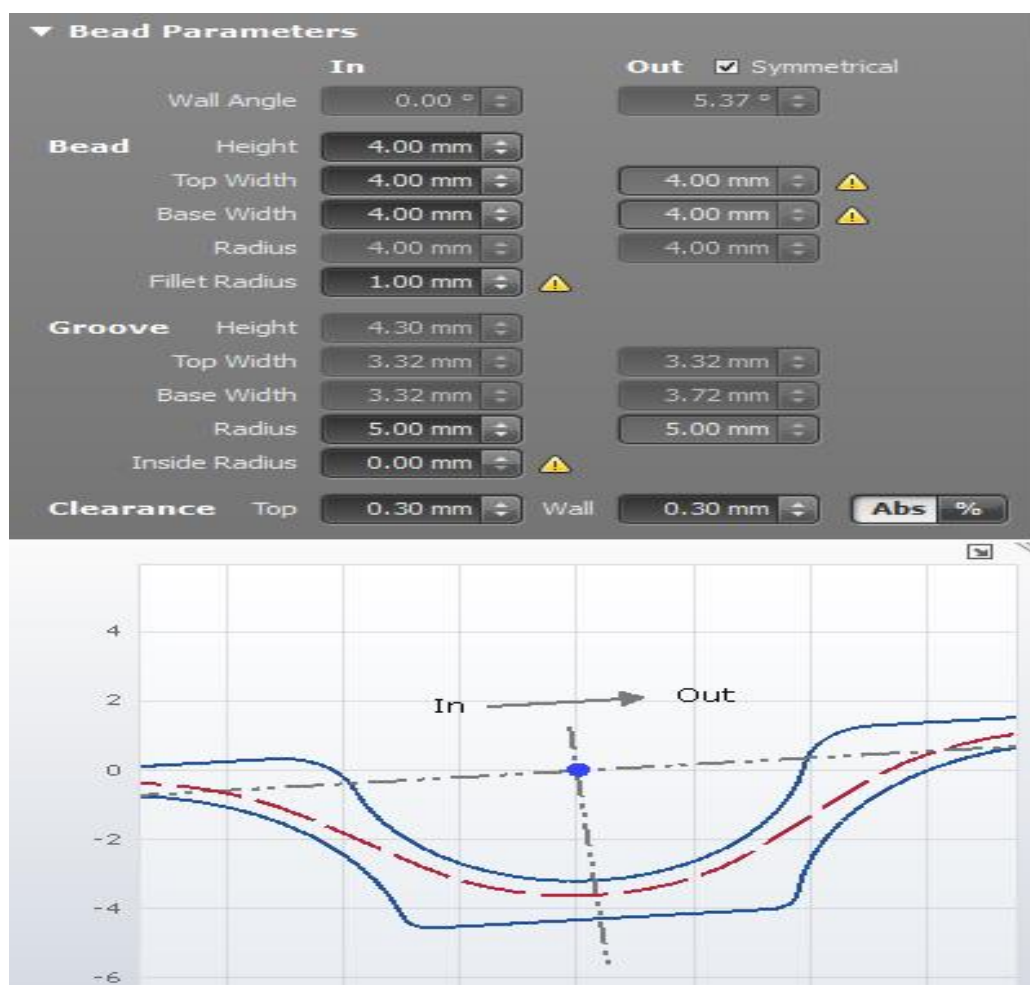


Рисунок 21 – Перетяжное ребро B9W8



Рисунок 22 – Перетяжное ребро В12W8

Аналогично заменим перетяжные ребра для прочих профилей.

Перетяжные ребра для углов, а именно 1,5,9, и 13 являются одинаковыми, как и 15 сегмент на рисунке 17, для них используем перетяжные ребра В8W8. Характеристики ребра изображены на рисунке 23.

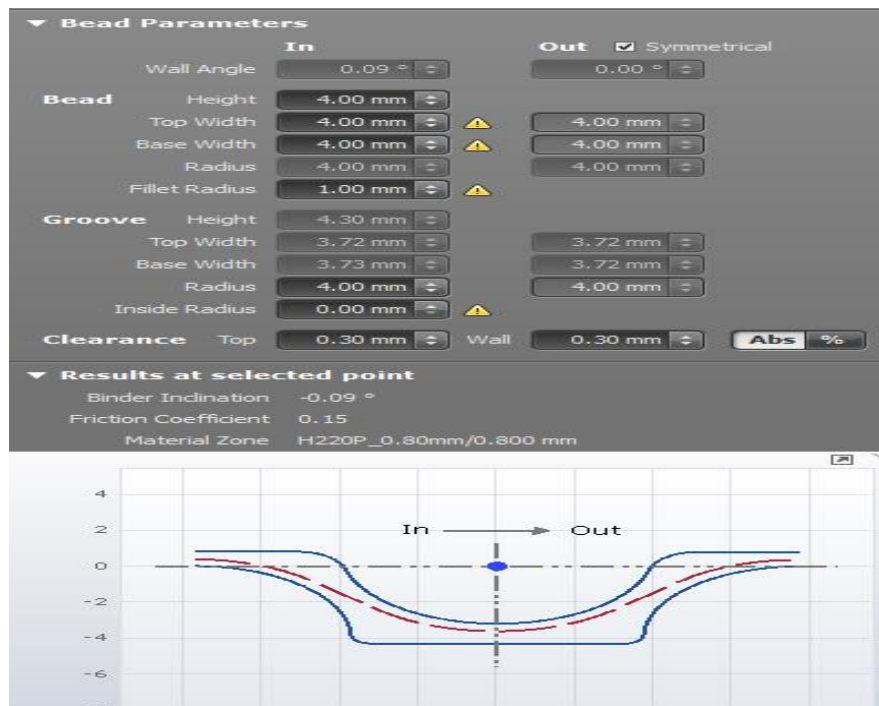


Рисунок 23 – Перетяжное ребро V8W8

Аналогично для симметричных ребер 2,4 и 10,12 используем ребра V10W8. Характеристики ребра изображены на рисунке 24.

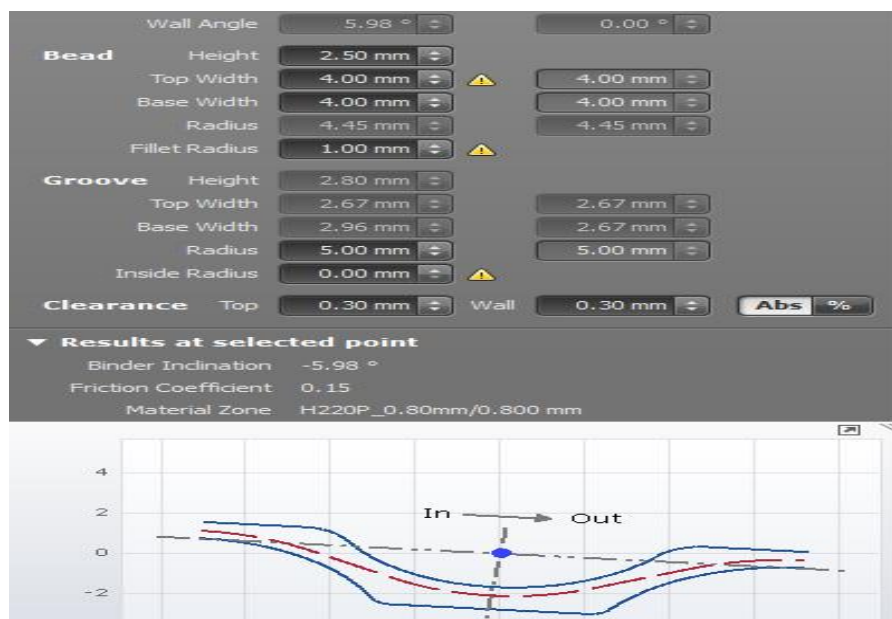


Рисунок 24 – Перетяжное ребро V10W8

Для двух последних ребер 3 и 11 используем тот же профиль, что у угловых, а именно В8W8.

Теперь изменим длины меж новых ребер, сделав отступ между 13 и 14 сегментом равным 25 мм, вместо 37 мм, а между сегментами 15 и 16 отступ 50 мм вместо 25 мм. Это необходимо для более плавного перехода между ребрами разных радиусов и глубин, это предотвратит резкие скачки усилий, провоцирующие образование утонений металла. Результаты базового и проектного варианта длин ребер изображены на рисунках 25 и 26.

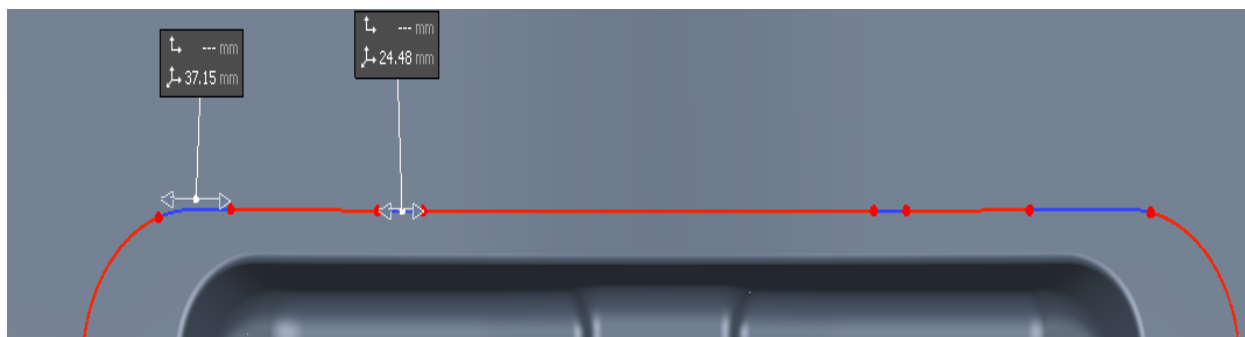


Рисунок 25 – Длина ребер, базовый вариант

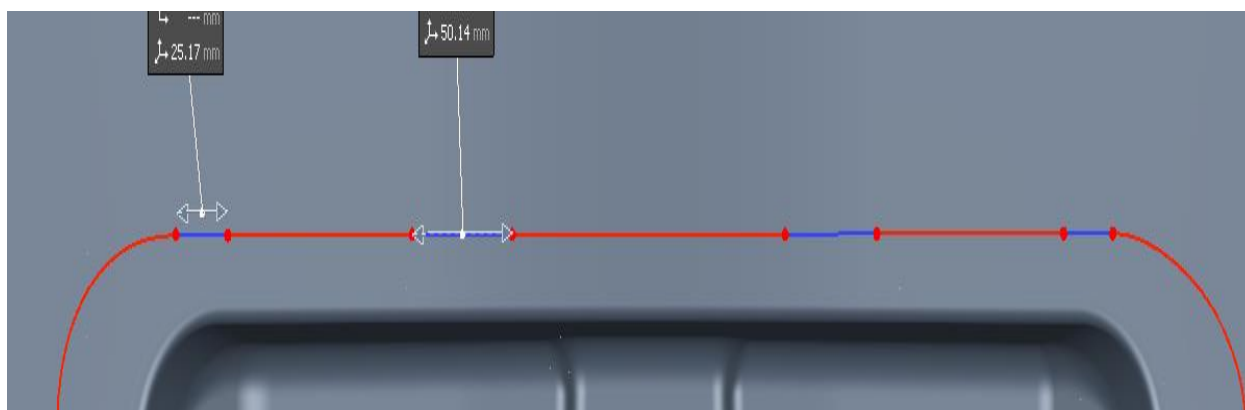


Рисунок 26 – Длина ребер, проектный вариант

Полученные результаты симуляции новой проектной математической модели рассмотрим в пункте 5.

3 Материал заготовки и инструмента

3.1 Материал заготовки

«Выбор оптимального материала на массовом производстве является одной из основных задач при проектировании. Заготовка для прессового производства должна быть прочной и пластичной. Но материал, несмотря на пластичность, должен быть прочным и выдерживать все вредные эксплуатационные факторы, например, такие как погода» [15].

«Технологический процесс должен выполнять требования выпуска высококачественной продукции при минимальных расходах на изготовление. Из-за чего важное место в качестве и экономичности изготавливаемой продукции занимают физико-механические свойства материала» [15].

«Наиболее выгодный вариант при выборе материала - это использование для холодной штамповки малоуглеродистой качественной или нестареющей стали» [15].

Как описывалось ранее, за материал заготовки взята германская марка стали H220P, химический состав запишем в таблицу 1. Инженерная кривая, которая представляет собой кривую деформирования материала изображенная на рисунке 27, поможет определить коэффициент трения, позволяющий более точно провести симуляцию детали. Это необходимо для того, чтобы определить коэффициент трения, который мы должны задать в программу для более точного моделирования процесса вытяжки [21].

Таблица 1. Химический состав H220P

C	Si	Mn	P	S	Al	Fe
<0,6	<0,5	<0,7	<0,08	<0,03	>0,02	Остальное



Рисунок 27 – График Напряжение-Деформирование стали H220P

На графике σ_0 является величиной, близкой к условному пределу текучести $\sigma_{0,2}$. В нашем случае σ_0 равна 196,3 МПа. Для данной величины напряжения следует выбрать коэффициент трения равный 0,16. Выбор величины коэффициента трения в зависимости от σ_0 указан в приложении В.

«Предотвращение старения стали будет обеспечено удалением кислорода при выплавке путем раскисления. В данном случае в стали H220P используется Mn и Si и легирующий элемент – Al. Вредные примеси как сера

и фосфор присутствуют в стали, но их количество минимально, чтобы они могли значительно повлиять на физико-механические свойства материала» [15].

Рассмотрим диаграмму железо-углерод, изображенной на рисунке 28.

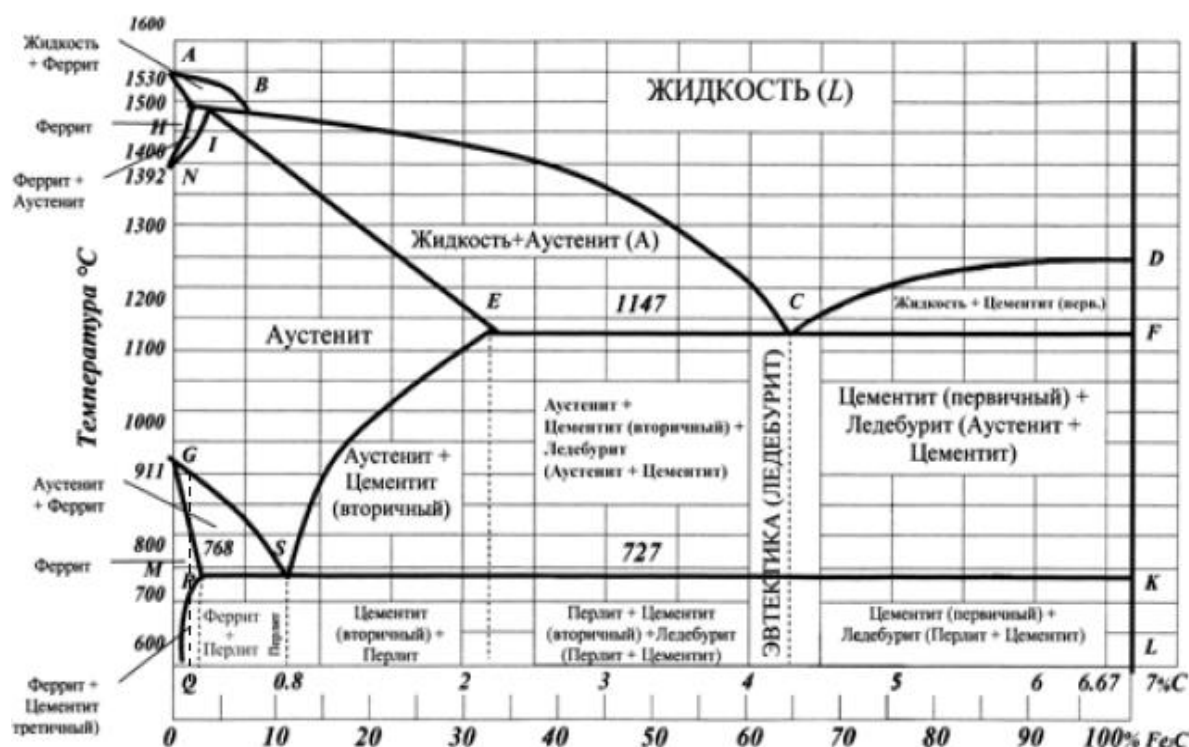


Рисунок 28 – Диаграмма железо – углерод

«При охлаждении материала будет обеспечена структура феррита и перлита. Данная структура с содержанием феррита будет обладать хорошими пластинчатыми свойствами, что позволяет использовать листовой металл из стали Н220Р на любом прессе. Также данная структура хорошо поддается сварке» [15].

Влияние углерода.

«После медленного охлаждения фаза стали будет составлять феррит цементит. Цементит растет пропорционально проценту углерода в стали. Наличие структурно-свободного цементита будет неблагоприятно

сказываться на пластичности стали. Но его небольшое количество не будет препятствовать хорошей штампуемости детали» [15].

«Еще из хороших свойств углерод облегчает переход стали в хладноломкое состояние. Около 0,1% С повышает этот порог хладноломкости на 20 °С, что может быть использовано в специализированных случаях» [15].

Влияние кремня и марганца.

«Данные примеси обеспечивают раскисление стали при выплавке и выходят в виде окислов шлаком» [15].

«Но, также, оставшейся кремень после окисла будет плохо влияет на вытяжку при штамповке, из-за чего содержания кремня должно быть пониженным» [15].

Влияние алюминия.

«Повышает сопротивление стали к старению. Позволяет образовывать мелкозернистую структуру. Увеличивает окалиностойкость» [15].

Влияние азота, кислорода и водорода.

«Данные неметаллические включения являются концентраторами напряжений, что снижает предел выносливости и вязкости разрушения» [15].

«Отдельно можно отметить вредность водорода в стали. Он не только делает сталь более хрупкой, но и обеспечивает появление флокенов. Флокеном является мелкая и тонкая трещина овальной формы. Имеют вид пятен или хлопьев серебристого цвета. Из-за них свойства стали резко ухудшаются, из-за чего металл с флокенами использовать в производстве нельзя» [15].

Влияние серы.

«Сера выступает вредной примесью в стали. Она снижает механические свойства как ударную вязкость и пластичность. Минимальное усилие развития трещины также будет снижено из-за содержания серы. Будет снижена свариваемость и коррозионная стойкость» [15].

Содержание серы не должно превышать 0.06%.

Влияние фосфора.

«Фосфор является вредной примесью, и содержание его в стали допускается не более 0.025 – 0.045%. Вредное влияние фосфора усугубляется тем, что он обладает большой склонностью к ликвации» [15].

«Вследствие этого в срединных слоях слитка отдельные участки обогащаются фосфором и имеют резко пониженную вязкость.

Фосфор выступает в роли вредной примеси. Его содержание не должно превышать 0,045%. Фосфор склонен к ликвации, из-за чего в слоях слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость» [15].

Термическая обработка полуфабрикатов и изделий.

«Для оптимизации процесса штамповки необходимо провести термообработку холоднокатаного листа. Производя разупрочнение стали будет обеспечена лучшая штампуемость, ее производят на заводе – поставщике. Проводиться рекристаллизационный отжиг стали при температуре от 640 °С до границы Ас1 » [15].

«Рекристаллизационный отжиг предназначен специально для холоднодеформированного металла. Уменьшение прочности и увеличение пластичности, снятие наклепа из-за холодной деформации. Из-за наличия алюминия в стали Н220Р процесс рекристаллизации будет замедленным, из-за чего сталь отжигают вблизи температуры Ас1 что придает дополнительное сопротивление старению. Длительность и выдержка нагрева зависят от перепады температуры по сечению рулона. Скорость охлаждения не оказывает существенного воздействия на геометрию на фазовые составляющие, такие как феррит и цементит, но это повлияет на свойства стали, так как происходит выделение азота и углерода из феррита. Повышенная растворимость в интервалах температур для: углерода – 400 ... 720 °С; для азота – 600 ... 800 °С. Для ликвидации свойств стали к старению, охлаждение стоит проводить с медленной скоростью, не выше чем 40 °С/час» [15].

3.2 Стоимость заготовки

При изготовлении любых листоштамповочных деталей (Не учитывая штамповку из точной заготовки) автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин и другой техники, в среднем около 30% а порой и больше половины, в зависимости от сложности конструкции детали, идет в отходы.

Даже учитывая тот факт, что АвтоВаз компания полного производства со своим металлургическим цехом, сокращение получаемых отходов также возымеет свой эффект.

На коэффициент использования материала влияют множество факторов. Это выбор оптимального раскроя материала при разрезке металлического рулона на специальных автоматических линиях. Это одно из основных направлений экономии листового проката в заготовительных цехах с массовым и крупносерийным производством. Экономия металла достигается в основном за счет рационального раскроя рулона на фигурные заготовки деталей, приближающиеся к форме будущей детали. [23].

Для обеспечения малоотходной штамповки также стоит обращать внимание на использование ребер жёсткости, их глубина и форма будет влиять на коэффициент использования материала. Следовательно правильное использование ребер, чтобы обеспечивать необходимое и достаточное растяжение металла для обеспечения качества детали должно быть адекватным. Нет смысла улучшать процент растяжения металла на 1% в обмен на увеличение величины отхода на тот же процент.

Рационально использование отходов тоже считается важным элементом в экономии. Экономия листового проката обеспечивает также рациональное использование отходов при обрезке полуфабрикатов после первой операции вытяжки деталей.

На АвтоВазе создан специализированный участок по проработке отходов штампового производства, позволяя более эффективно использовать

варианте меньше базового на 0,054кг, а периметр заготовки в предложенном варианте меньше базового на 19,2 мм. В итоге вес заготовки будет сокращен на 1,35%.

Для расчета экономической выгоды возьмем поставку рулона РЛН 0,8Х890 Н220Р, где цена за одну тонну будет составлять: 37 100 руб.

Если рассматривать цену за один кг стали Н220Р равный 37,1р., то стоимость заготовки по базовому и проектному варианту определим по формуле 1.

$$C = a \cdot m \quad (1)$$

где a – цена за килограмм стали, руб/кг;

m – масса заготовки.

Определим стоимость заготовки по базовому варианту.

$$c_1 = a \cdot m = 37,1 \cdot 3,905 = 144,88 \text{ руб.}$$

Определим стоимость заготовки по проектному варианту.

$$c_2 = a \cdot m = 37,1 \cdot 3,851 = 142,87 \text{ руб.}$$

Итоги продаж LADA Vesta за 2020 год составили 107,281 автомобилей.

Вытяжной переход для детали 8450006203_MBR CROSS ROOF RR 1ST_160406 включает в себя две спаренные детали, следовательно одна заготовка стоимостью c_1/c_2 включает в себя детали для двух автомобилей.

Узнаем вес деталей, который необходим для создания 107,281 автомобиля по формуле (2) для базового и проектного варианта.

$$M = m \cdot N/2 \quad (2)$$

где m – масса вытяжного перехода;

N – Количество автомобилей.

Вес для производства автомобилей по базовому варианту M_1 , и вес для производства автомобилей по проектному варианту M_2

$$M_1 = 3,905 * \frac{107281}{2} = 209468,105 \text{ кг.}$$

$$M_2 = 3,851 * \frac{107281}{2} = 206571,491 \text{ кг.}$$

Определим затраты за поставку стали H220P по формуле (3). Для базового варианта C_1 , для проектного варианта C_2 .

$$C = M * S \quad (3)$$

Где S – Цена стали H220P за одну тонну.

$$C_1 = 209,468105 * 37100 = 7771266,70 \text{ руб.}$$

$$C_2 = 206,571491 * 37100 = 7663802,32 \text{ руб.}$$

Экономическая выгода составит 107464,48 рублей за год, что подтверждает факт того, что изменение конструкции инструментов ради повышения качества детали не скажется на стоимости производства в отрицательную сторону [6].

3.3 Материал инструментов

«Материал для рабочего элемента следует учитывать из условий: Материала заготовки подлежащего штамповке, режиму работы оборудования, стойкости материала» [15].

«Сам материал оценивается на растяжение, изгиб, смятие и усталостную нагрузку» [15].

«В данном случае, если мы хотим получить заготовку сложной формы, можно использовать чугун из-за пониженной температуры плавления и хороших литейных свойств. Что позволяет сделать отливки куда более трудных форм, нежели из стали» [15].

«Если медленно охлаждать сплав углерода и железа, то будет происходить выделения графита. Для того, чтобы учитывать выделения графита, в диаграмме железо-углерод, также как и метастабильная (сплошная линия), также учитывается стабильная диаграмма железо-графит (штриховая линия)» [15].

Диаграмма железо-углерод представлена на рисунке 30.

Основной материал для изготовления составных элементов штампа является чугун. Выбор данного материала связан с массовостью производства для холодной листовой штамповки. Чугун легко лить для получения самого элемента штампа, а также обладает необходимыми и достаточными физико-механическими свойствами для требований к штамповке.

В некоторых случаях, в зависимости от типа производства, материалы для изготовления штампов могут быть отличными от чугуна. В нашем случае будет рассмотрен именно чугун, так как на прессовом производстве АвтоВАЗа преобладает именно массовое производство.

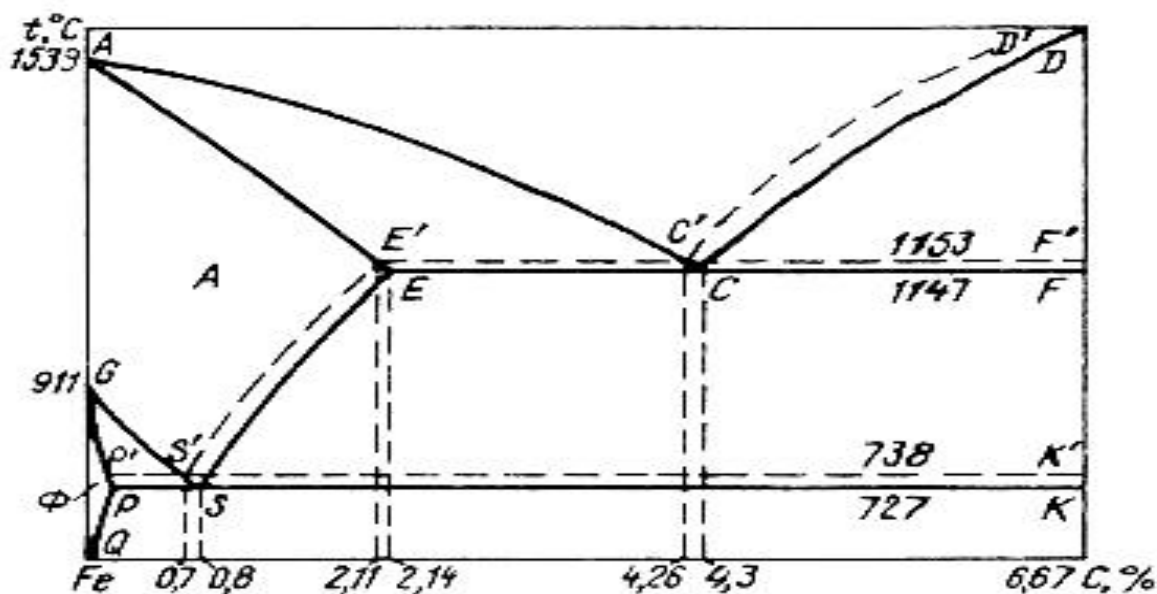


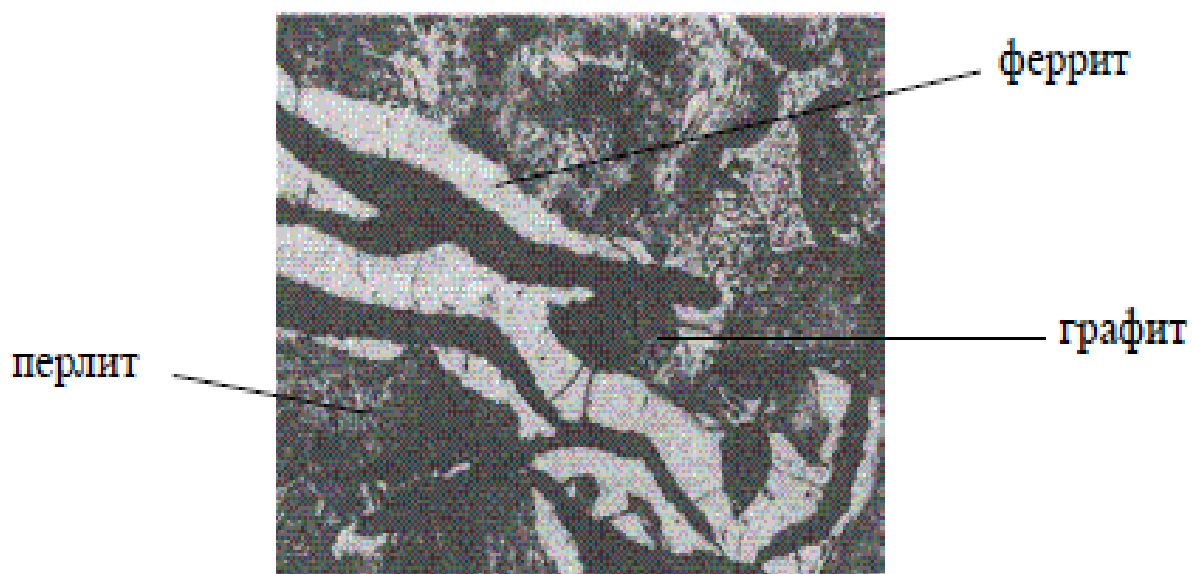
Рисунок 30 – Метастабильная (сплошные линии) и стабильная (штриховые линии) диаграмма Fe – C

«В точках температуры C'D' выделяется первичный графит, в точках линии E'C'F' графитная эвтектика затвердевает – как тонкая механическая смесь аустенита и графита. Дальнейшее охлаждение в точках P'S'K' произойдет распад аустенита на эвтектоидную смесь, состоящую из графита и феррита» [15]. «В графитном виде будет выделен весь углерод только в случае медленного охлаждения, а именно в стабильной зоне диаграммы. В случае ускоренного охлаждения в первичной и вторичной кристаллизации, произойдет образование аустенита, а не графита. Следовательно, при быстром охлаждении в точках P'S'K' графитный эфтектоид прекратит выделяться., из-за чего оставшейся углерод перейдет в ,согласно линии PSK, в перлит» [15].

«В итоге, у полученного чугуна будет основа доэвтектоидной стали, а именно (феррит и перлит). Сам чугун будет с чешуйчатыми включениями графита (ферритно-перлитными). Микроструктура чугуна представлена на рисунке 30.

Рассмотрим ХРТД, структура которого изображена на рисунке 31. Это серый чугун, в основе которого пластинчатый перлит, феррит, фосфидная

эвтектика с включениями пластинчатого графита. Данный чугун применяется для более сложных по форме штампов» [15].



Микроструктура ХРТД, х 300

Рисунок 31 – Структура серого чугуна с пластинчатым перлитом

Рассмотрим химический состав чугуна ХРТД, представленного в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав материала ХРТД по СТП 37.10.0028

Марка чугуна	Массовая доля элементов в %								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Ti
ХРТД	2,7	0,6÷0,9	1,55÷1,75	0,8÷1,05	0,12	0,25÷0,4	0,8÷1,2	0,1÷0,15	0,05÷0,1

Чугун должен обладать высокой твердостью и прочностью, чтобы исключить возможность деформирования или сколов составных частей штампа при эксплуатации.

Механические свойства чугуна приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства материала ХРТД

Марка чугуна	Временное сопротивление при растяжении σ , МПа (кг/мм ²), не менее	Твердость, НВ
ХРТД	265(27)	217...269

Влияние углерода.

«Основная доля углерода находится в виде чешуек графита, что приводит к хрупкости сплава из-за разобщения металлической сплошности» [15].

«В отливках содержание углерода не превышает 4%, в прочных чугунах он не выше 3%. Усадка чугуна при охлаждении понижается из-за увеличения объема при выделении в чугуне графита. Также увеличение углерода в чугуне придает большей жидкотекучести, что улучшает литейные свойства и дает возможность получать качественное тонкостенное литье» [15].

Сера в чугуне.

«Сера выступает вредной примесью. Она снижает литейные свойства, препятствует выделению графита и в общем делает чугун хрупче. Содержание не серы не должно превышать 0,07 %» [15].

Фосфор в чугуне.

«Фосфор также, как и серы, делает чугун хрупче, из-за чего даже небольшие ударные нагрузки могут привести к разрушению. Содержание фосфора не должно превышать 0,3 %» [15].

Марганец в чугуне.

«Марганец повышает, при затвердевании и охлаждении чугуна, устойчивость карбидов железа, что благоприятно сказывается на отбеливании поверхности чугуна» [15].

Содержание марганца в чугуне должно быть около 1%.

Кремний в чугуне.

«Сам кремний необходим для получения, непосредственно, самого серого чугуна. Он образует с железом силициды (бинарное неорганическое соединение железа и кремния) $FeSi$ и Fe_3Si_2 . Что обеспечивает графитное выделение. В итоге содержание кремния в чугуне уменьшает выделение цементита, в следствие дает лучшую обработку режущих кромок инструмента. Также кремний снизит температуру плавления, скорость охлаждения и увеличит жидкотекучесть, все это улучшит формообразование отливок. Содержание кремния от 0,8 до 3,6 %» [15].

При изготовлении составных частей штампа в основном используют чугун для массового производства.

Если габариты штампа позволяют произвести его без литья, то изготавливают его из стального проката.

В мелкосерийном производстве или прототипирование могут применяться штампы из неметаллических материалов (бетонно-смоляные, из сплава “ювелита” (Оловяно-висмутовый сплав)-установка ДУАЛФОРМ)

4 Прессовое оборудование

4.1 Усилия на вытяжных инструментах

Прессовое оборудование для холодной штамповки следует выбирать исходя из необходимых усилий для вытяжки, сложности профиля и габаритов заготовки. Проверить усилия вытяжных инструментов мы можем по результатам симуляции AutoForm, что поможет определиться с оптимальным выбором оборудования для операции вытяжки.

Проведем расчет симуляции нашей математической модели и проверим полученные результаты. Полученные усилия вытяжных инструментов в программе AutoForm изображены на рисунке 32.



Инструмент	Усилия (tf)	Усилия (N)
Die	Max 255.5 tf	
Punch	Max 190.5 tf	
Binder	Max 65.0 tf	
Weight		End.. 38 N

Рисунок 32. – Усилия на вытяжных инструментах.

По полученным результатам усилия составляют:

Усилие на матрице (Die) – 255,5 Тонн

Усилие на Пуансоне (Punch) – 190,5 Тонн

Усилие на Прижиме (Binder) – 65 Тонн

4.2 Выбор прессового оборудования

Выбор оборудования происходит из высоты вытяжки, габаритов заготовки и исходя из усилий на операции. В основном, лимитирующим фактором является усилие на вытяжке.

В ряд случаев (устаревшее оборудование, некорректность расчетов, отклонения физических характеристик материала и прочее) для обеспечения запаса в усилие делается 20% резерв, то есть 80% от номинального усилия по всем вытяжным инструментам.

Произведем расчет по усилиям.

Полное усилие вытяжных инструментов вычисляется из усилий прижима и пуансона. Вычислим их по формуле 4.

$$F = F_b + F_p \quad (4)$$

Где F_b – Усилие на прижиме

F_p – Усилие на пуансоне

Предварительно переведя усилия в тоннах в Ньютонах, занесем значения в формулу 1.

$$F = 650000 + 1905000 = 2555000 \text{ Н}$$

По полученным усилиям необходимо выбрать прессовое оборудование. Возьмем Innocenti 1000t, максимальное усилие которого составляет 450 тонн.

Учтем 20% запас для пресса и рассчитаем допустимое усилие по формуле 5.

$$F = F_{\text{п}} * 0,8 \quad (5)$$

$$F = 1000 * 0,8 = 800\text{т или } 8000000 \text{ Н}$$

Полученное усилие прессы с учетом 20% резерва не превышает усилия на инструментах.

$$8000000 > 2555000 \text{ Н.}$$

Из чего следует, что пресс Innocenti 1000t подходит по усилиям для операции вытяжки детали 8450006203_MBR CROSS ROOF RR 1ST_160406 “Балка крыши задняя”.

4.3 Пресс Innocenti 1000

Техническая характеристика прессы приведена в таблице 4. Чертеж прессы вложен в приложение X.

Таблица 4 – Техническая характеристика прессы Инноченти 1000

Параметр	Нормы
Номинальное усилие внутреннего ползуна, тс	600
Номинальное усилие наружного ползуна, тс	400
Ход внутреннего ползуна, мм	965
Ход наружного ползуна, мм	686
Регулировка внутреннего ползуна, мм	610
Регулировка наружного ползуна, мм	610
Закрытая высота внутреннего ползуна, мм	
Максимальная	1560
Минимальная	950
Закрытая высота наружного ползуна, мм	
Максимальная	1484
Минимальная	874
Число ходов в минуту	16

Причина выбора прессы Innocenti 1000 заключается в необходимости вытяжки двойного действия. После операции вытяжки следуют пресса

простого действия для выполнения последующих операций типа вырубки, пробивки и т.д.

Принцип работы пресса заключается в действии кривошипного механизма, которой задает движение верхней части пресса, а именно адаптеру (ползуну), к которому крепится верхняя часть штампа. На рисунке 33 изображена 3D сборка пресса в закрытом положении. В нашем случае, с вытяжкой двойного действия, верхняя часть пресса будет делиться на внутреннюю и внешнюю часть адаптера, пронумерованные на рисунке 33, где на внешнюю часть ползуна будет закреплена прижимная плита, а на внутреннюю часть ползуна будет закреплён пуансон.

На рисунке 34 указано сечение сборки пресса без нижней части пресса, где пронумерован пуансон и его переходная плита.

На рисунке 35 изображен вид снизу на две верхние плиты пресса, представляющие собой внутренний и наружный ползун, в котором пронумерованы пуансон и прижим, выделенные зеленым цветом.

Нижней частью пресса будет являться болстер, изображенный на рисунке 36, к которому будет крепиться нижняя часть штампа, а именно матрица, выделенная зеленым цветом.

Более подробное изображение с видом на пуансон и перетяжное ребро прижима приведено на рисунке 37.

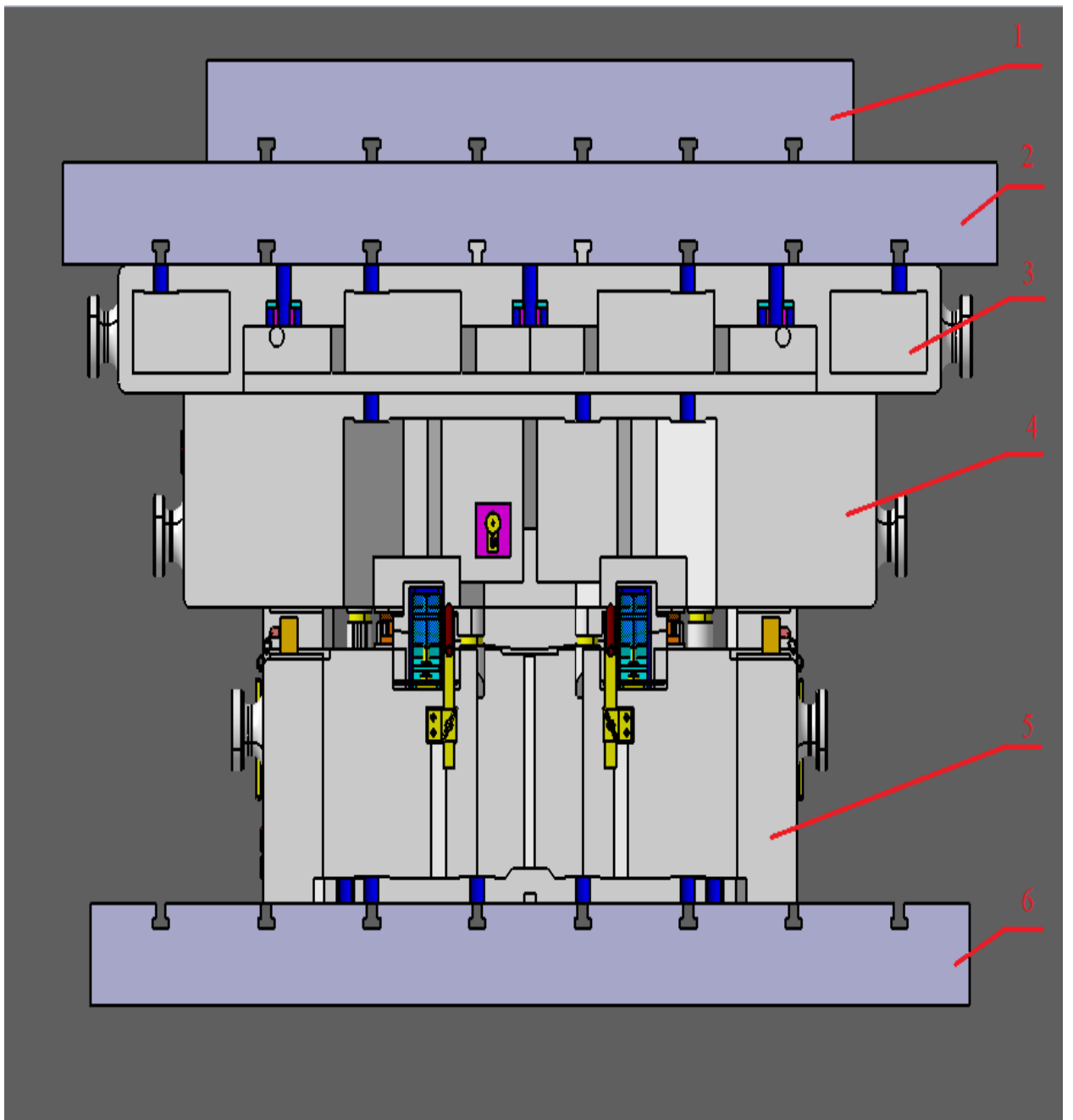


Рисунок 33 – 3D модель штампа вытяжки (в закрытом положении)

1. – Внутренний ползун (Адаптер).
2. – Наружный ползун (Адаптер).
3. – Плита Б/К прижима. (Плита быстрого крепления прижима).
4. – Прижим.
5. – Матрица.
6. – Нижняя плита прессы (Болстер).

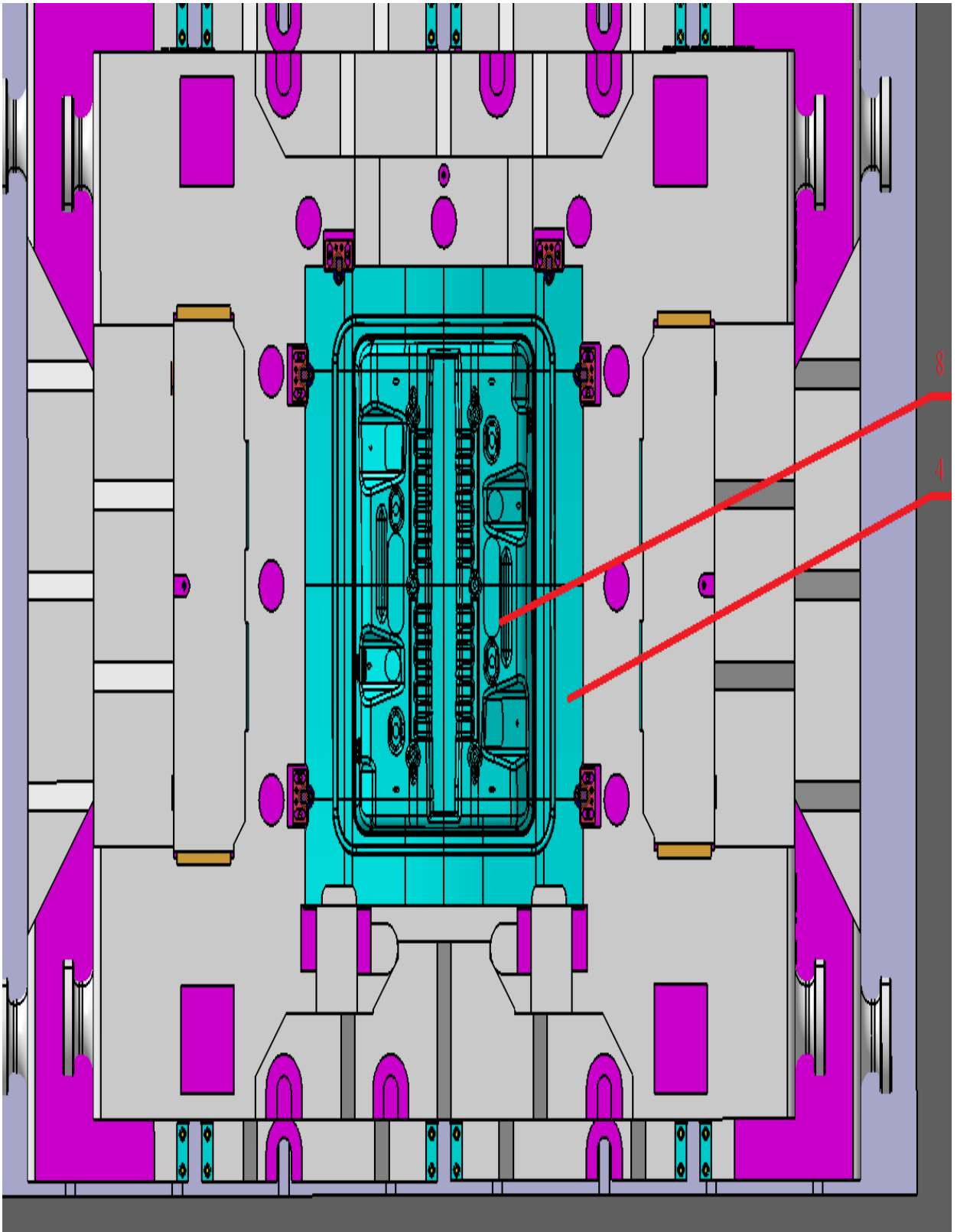


Рисунок 35 – Штамп вытяжки, вид снизу

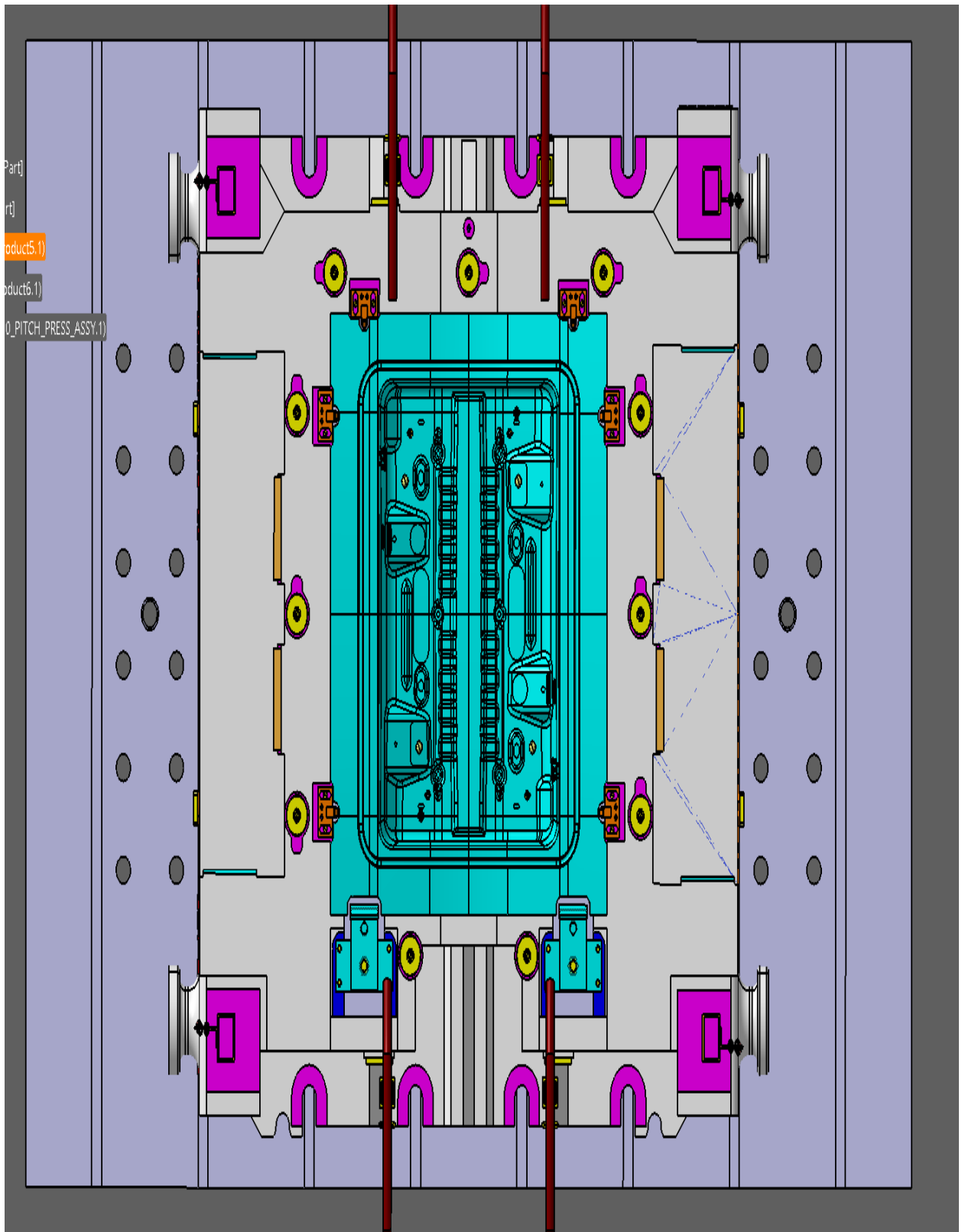


Рисунок 36 – Штамп вытяжки, вид на матрицу сверху

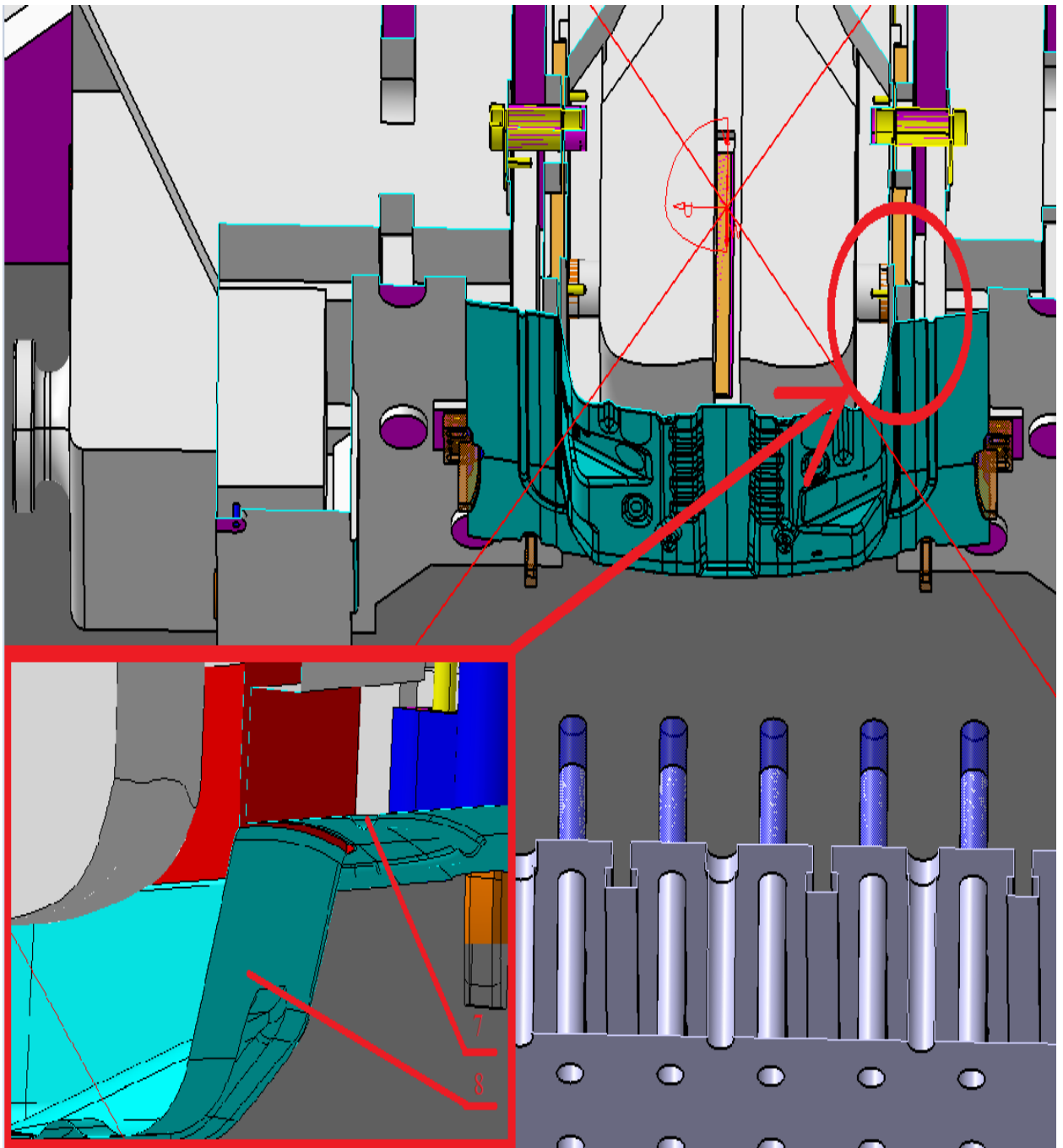


Рисунок 37 – 3D Сечение вытяжного штампа с видом на пуансон и прижим

- 7. – Ребро жесткости на прижиме
- 8. – Пуансон
- 9. – Переходная плита пуансона

Сам пуансон крепится на переходную плиту пуансона, которая находится во внутренней части ползуна. Между прижимом и пуансоном присутствует проем, который предотвращает притирание и удар при работе пресса.

Рассмотрим матрицу на 3D модели без верхней части пресса.

Во время работы пресса кривошипный механизм привода, при достижении нижней своей точки, обеспечивает закрытие пресса. После кривошип возвращается в свое первоначальное положение, обеспечивая открытие вытяжного штампа с уже готовым переходом. Кривая движения инструментов при движении кривошипа изображена на рисунке 38.

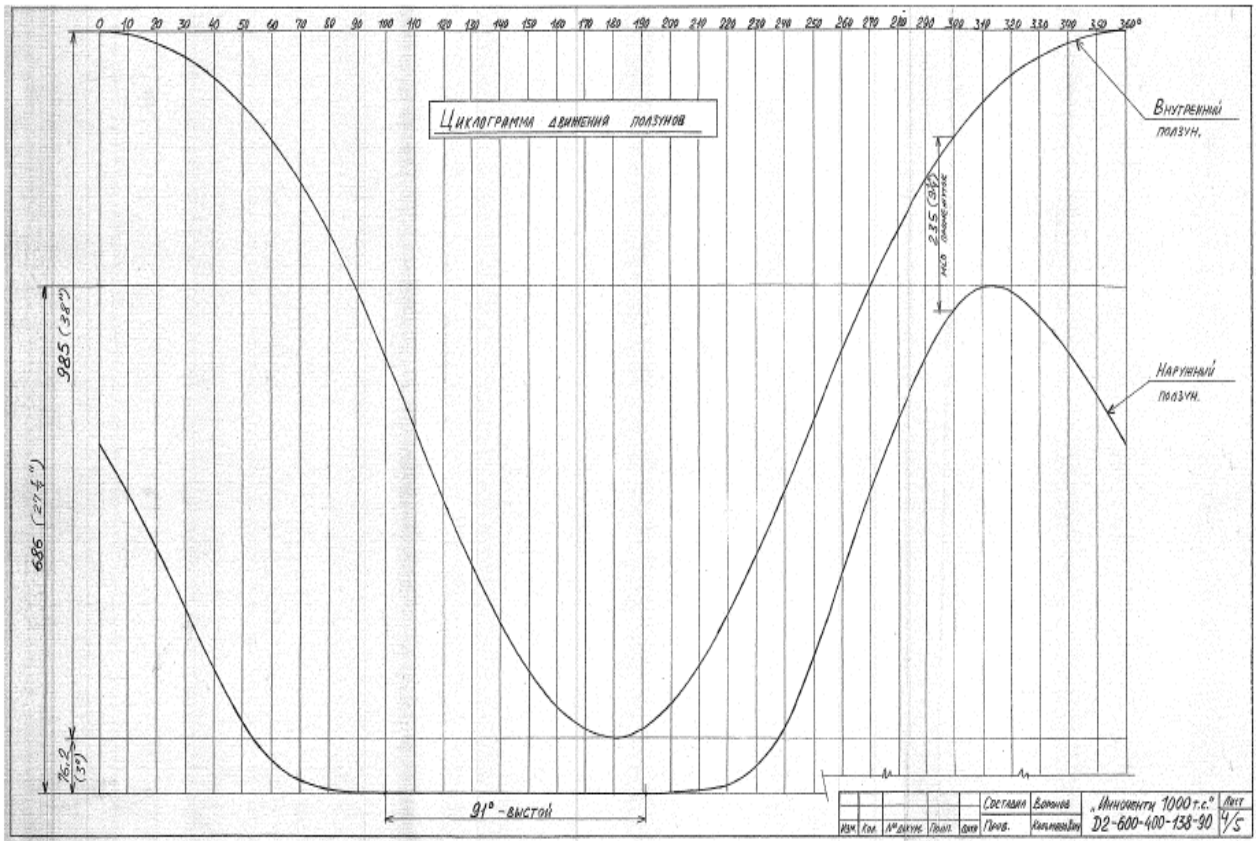


Рисунок 38. – Циклограмма движения ползуна.

4.4 Использование смазки

Смазка оказывает влияние на силовой режим при вытяжке, так как значительная доля усилия расходуется на преодоление сопротивления трения между металлами инструмента и заготовки в процессе деформирования.

Смазка применяется для достижения следующих эффектов:

Уменьшение коэффициента трения между рабочими поверхностями штампа (Пуансоном и матрицей) и вытяжной деталью, что позволяет увеличить степень деформации при вытяжке детали.

Облегчение деформации металла за счет содержания в применяемых смазках поверхностно-активных веществ.

Повышение стойкости штампа за счет меньшего износа пуансона и матрицы.

Уменьшение утонения металла исходной заготовки в месте перехода от дна к стенкам вытянутой детали.

Улучшение качества поверхности вытягиваемой детали.

Требования к смазке, используемой при вытяжке, весьма многогранно и сводится к следующим выполняемым задачам. Выбор типа, состава смазки будет устанавливаться в зависимости от условий вытяжки.

Должна обеспечивать непрерывную пленку между штампуемой заготовкой и рабочей полостью штампа, легко наносится на заготовку и хорошо прилипает перед вытяжкой.

Должна легко удаляться, вытираться и не повреждать заготовку.

Не должна вызывать коррозию вытягиваемого материала и быть безопасной для здоровья рабочего.

При вытяжке у вытягиваемой заготовки с наличием напряжений материала, близким к предельным, следует использовать смазку с повышенным содержанием порошкообразных примесей (Мел, графит, тальк, древесная мука.) Если напряжения в материале небольшие, то допускается использование быстрорастворимой смазки без наполнителей. Для формования

куполообразных деталей вытяжкой, а также когда необходимо охлаждение под непрерывной подачей смазки в штамп, следует использовать эмульсии мыла, растворимого в воде. Эмульсии на основе паст <Г> <Л>, или эмульсии мыла растворенного в легком минеральном масле.

При вытяжке заготовки из высокопрочных сталей и других сплавов на рабочей кромке матрицы возникает высокое контактное давление между заготовкой и инструментом, что в свою очередь вызывает образование надиров, вмятин, зон повышенной шероховатости. Для предотвращения этих дефектов применяют эластичные разделители для трущихся элементов заготовки и инструмента с использованием машинного или веретенного масла.

Если процесс вытяжки будет сопровождаться утонением стенок, то смазка будет уменьшать трение, но также и будет охлаждать инструмент. Сама смазка не должна допускать сухого трения. При вытягивании стальных деталей данных свойств можно достичь омеднением и фосфатированием и т.п. Для этого заготовки поступают на вытяжку с нанесенной пленкой материалов, удерживающих смазку и обладающих самосмазывающим свойством.

Коэффициент трения для малоуглеродистых сталей, в среднем, составляет:

- 1) $\mu = 0,06 \dots 0,10$ при смазке с наполнителями (Мел, тальк, графит – не менее 20% от общего веса).
- 2) $\mu = 0,14 \dots 0,16$ при смазке минеральными маслами (Без наполнителей).
- 3) $\mu = 0,18 \dots 0,20$ без использования смазки.

При вытяжке алюминия и алюминиевых сплавов показатели коэффициентов будут следующими:

- 1) $\mu = 0,35$ без использования смазки.
- 2) $\mu = 0,1 \dots 0,15$ с использованием смазки.

Использование смазки, помимо положительных качеств, имеет и отрицательные. При использовании смазки она будет скапливаться в рабочем пространстве прессы, густеть и собирать грязь. При обильных скоплениях смазки могут происходить поломки и засорение рабочих частей прессы, на

детали могут появиться притирки, что недопустимо для лицевых деталей автомобиля

От чего следует, что необходимо регулярное протирание рабочих частей прессы ветошью от скопления грязной смазки, а это дополнительные затраты по времени и деньгам, также повышенные риски на поломку прессового оборудования.

При поставе рулонов заготовок поставщик наносит на них маленький слой смазки машинного масла для защиты металла от мелких механических повреждений, коррозии и резких температурных перепадов при транспортировке. Этот слой смазки также может быть использован при вытяжке [13].

5 Результаты симуляция математической модели после внесенных изменений

Проведем симуляцию процесса вытяжки с помощью программы AutoForm. Полученные результаты проектного варианта изображены на рисунках 39, 40, 41, 42.

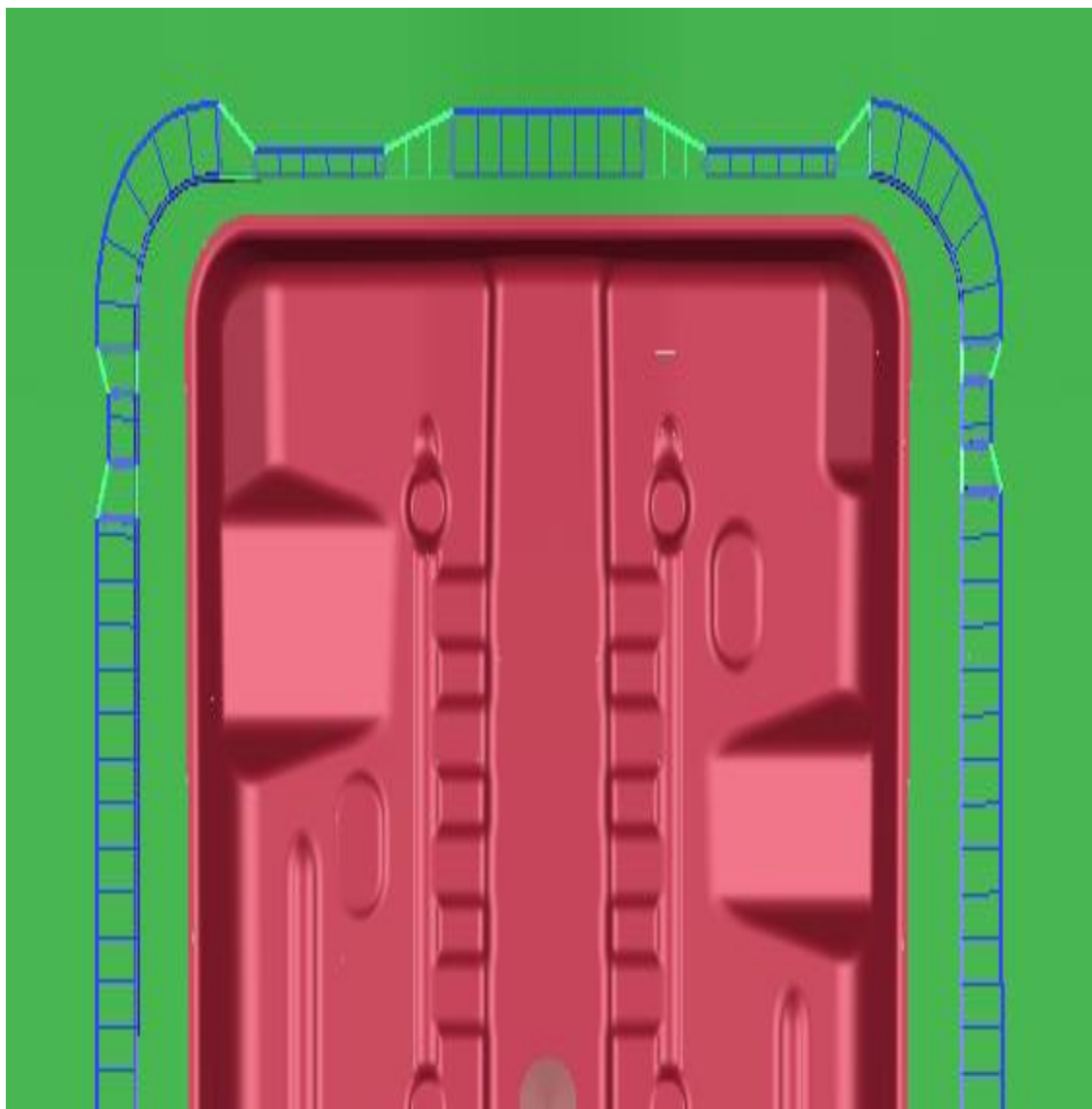


Рисунок 39 – Предложенные перетяжные ребра

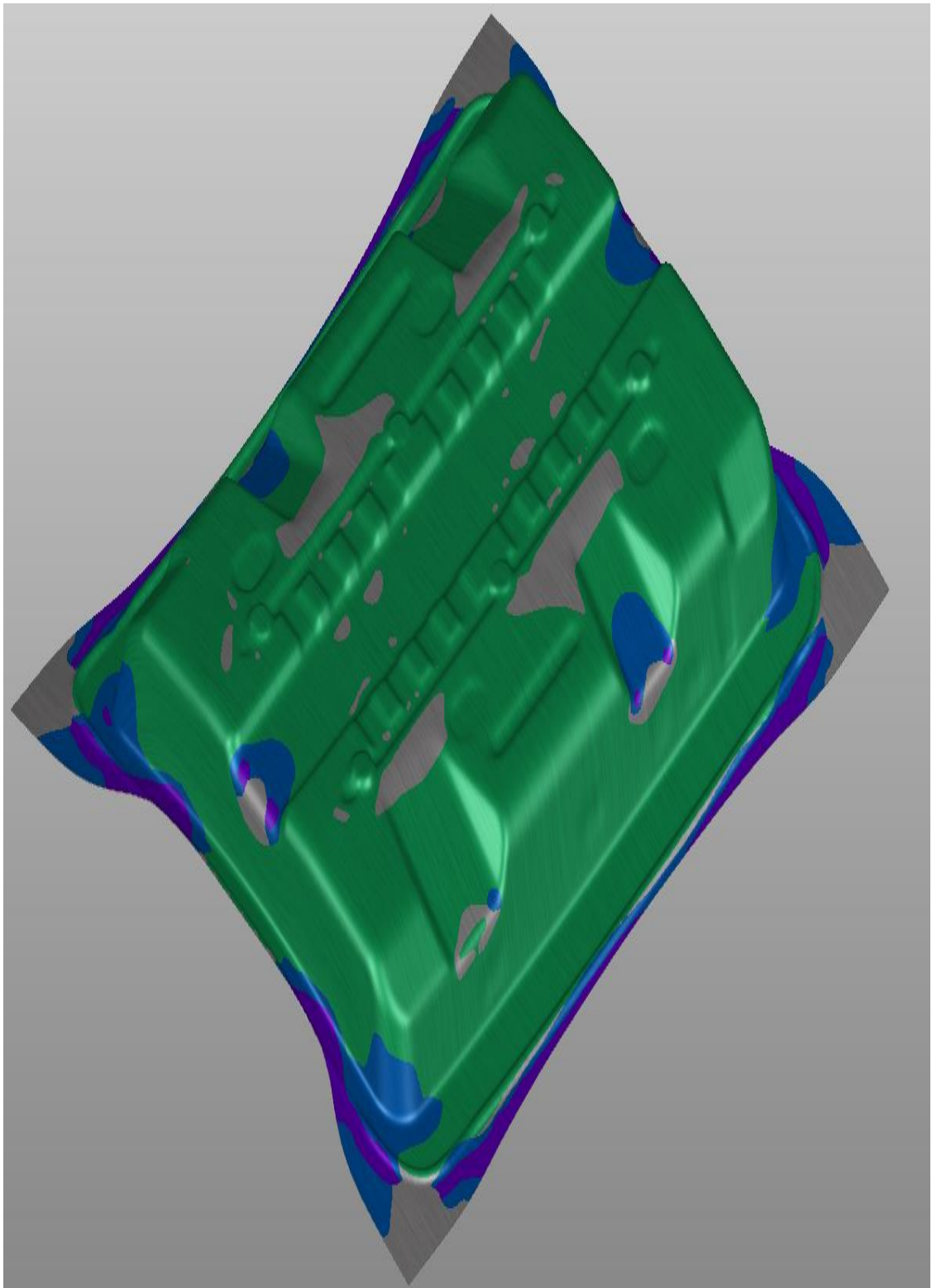


Рисунок 40 – Результат симуляции после внесенных изменений

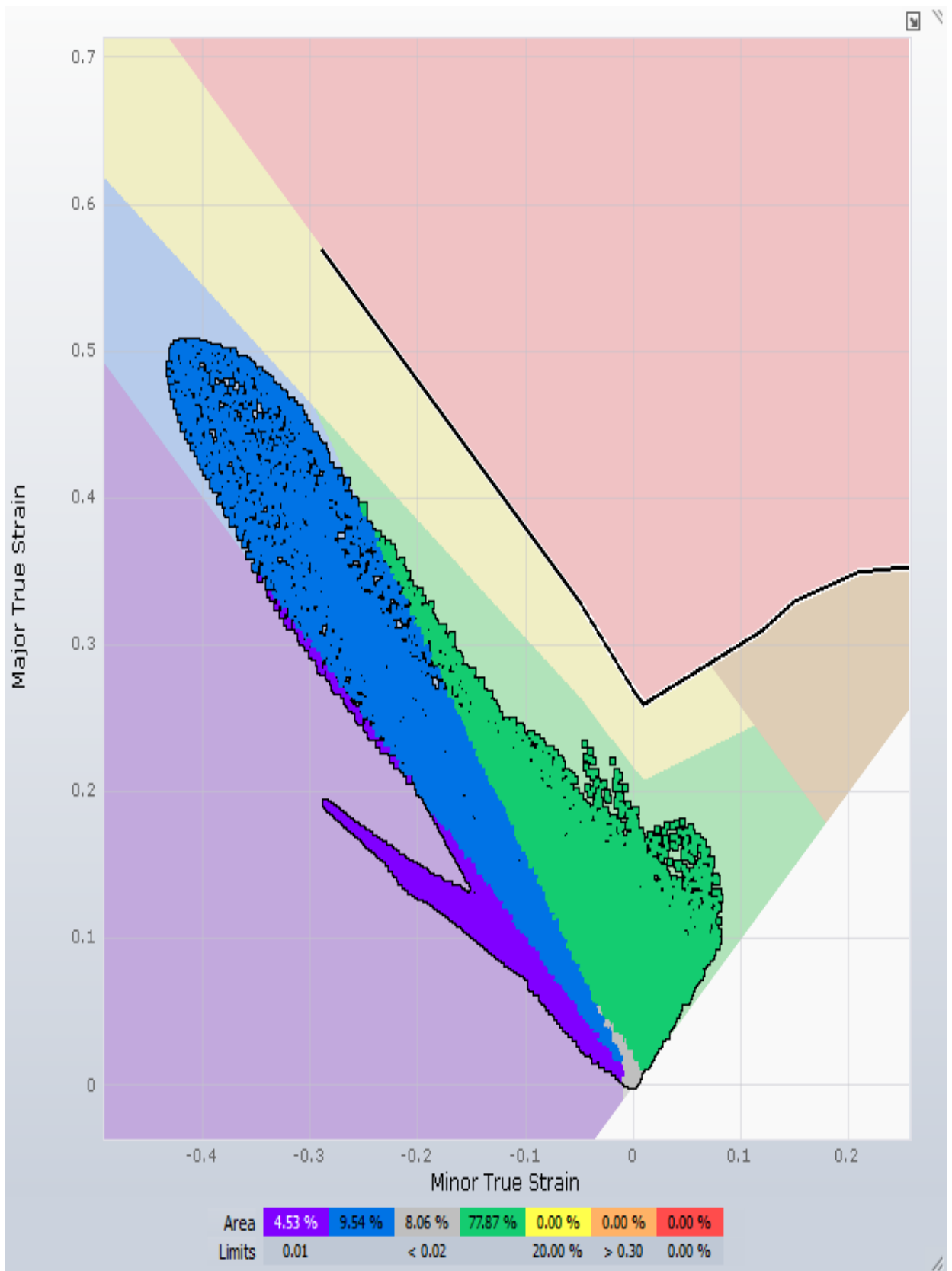


Рисунок 41 – Карта формемости металла после внесенных изменений

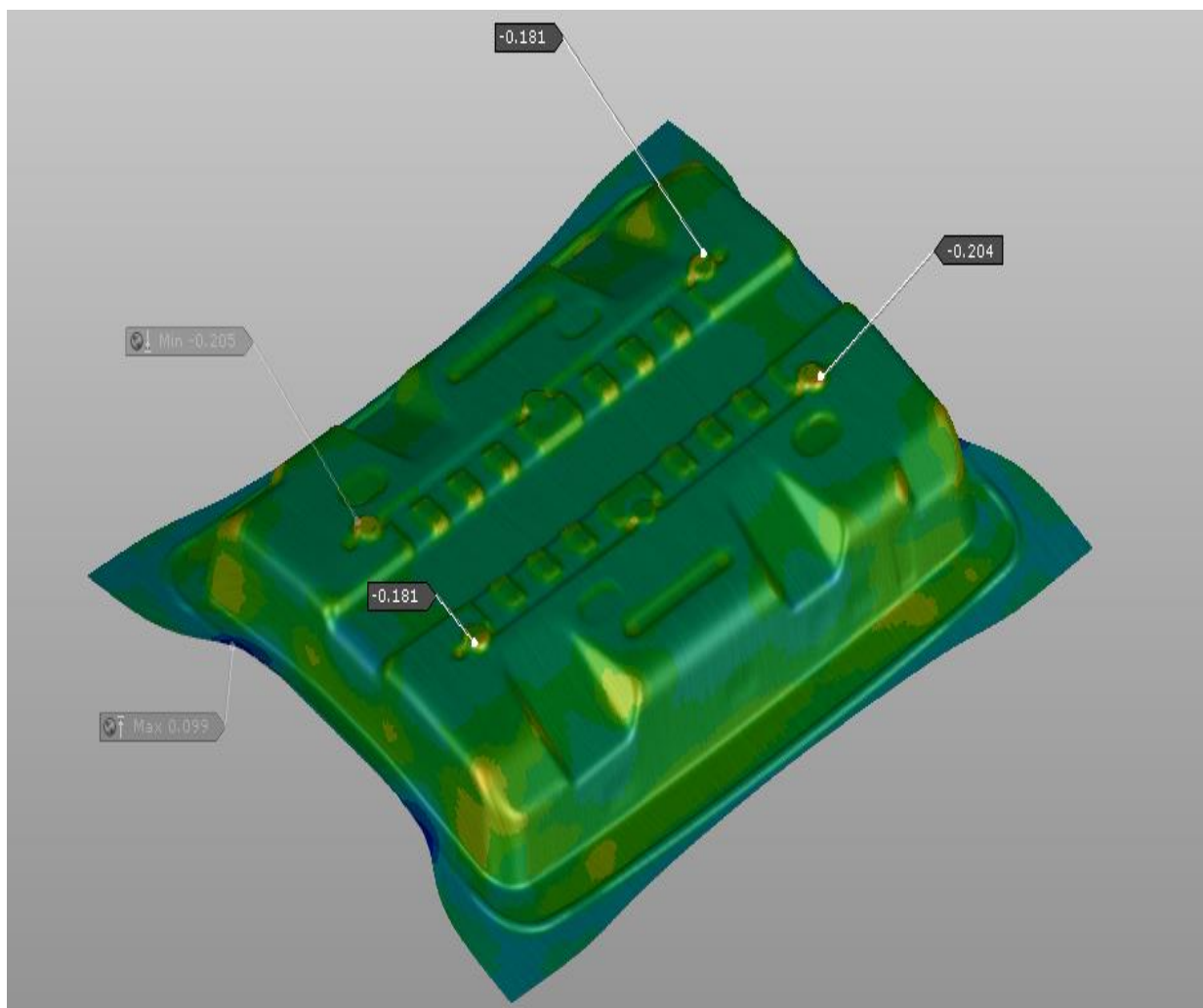


Рисунок 42 – Результат утонения металла после внесенных изменений

По полученным результатам симуляции вытяжки математической модели - зоны риска образования скола устранены, что уменьшит процент образования брака на производстве. По карте формруемости металла критические точки отсутствуют. Утонение металла в зонах подштамповок уменьшилось до $-0,205$ или $20,5\%$, по итогу имея запас по утонению около $4,5\%$. Это положительно скажется на качестве заготовки, уменьшив зазор между смежными деталями будет уменьшено количество создаваемых вибраций и шума на зоне их стыка [26].

6 Безопасность технического объекта

«Безопасность и экологичность технологии является одним из важных факторов на производственном объекте. Вредные и опасные факторы на производстве способны нанести ущерб человеку и окружающей среде. Данные факторы вызывают необходимость в системах обеспечения безопасности окружающей среды и условий труда. Одними из этих целей являются - снижение к минимуму ущерба от аварийности, заболеваний, травм, и удержание в допустимых пределах с условием соблюдения всех технологических работ.» [4], [15].

6.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

Рассмотрим наш технический объект, в основе которого лежит процесс холодной штамповки.

Штамповка представляет из себя технологический процесс, в котором заготовке придается нужная форма и размер путем пластической деформации штампом закрепленном на адаптере и болстере. Технологический паспорт смотри в таблице 5.

Таблица 5 – Технологический паспорт.

Технологический процесс	Технологическая операция.	Наименование должности работника.	Оборудование, тех. Устройство, приспособление	Материалы вещества
Штамповка	Вытяжка	Аппаратчик вытяжки 10166	Пресс Инноченти 450т, Штамп	ХРТД, H220P

6.2 Идентификация профессиональных рисков

Прессовое оборудование является объектом повышенной опасности. Оно производит повышенный шум, создает вибрации, работа прессы происходит в закрытом помещении. Все профессиональные риски запишем в таблицу 6.

Таблица 6 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
Штамповка	Шум, вибрация, Освещение	Работа прессов, закрытое помещение

6.3 Производственный шум

Самый вредный фактор на прессовом производстве – это производимый шум прессов. Уровень шума, образующийся при работе прессов, может превышать 93 дБ, для человека же допустимый уровень шума считается диапазон от 40 до 55 дБ.

Для снижения уровня образываемого шума необходимо производить качественную смазку оборудования и подвижных частей прессы, верно отрегулировать зазоры в соответствии нормам. По возможности использовать звукопоглощающие кожухи, изолируя подвижные части прессы. Проводить своевременные техосмотры оборудования и прессов.

Работникам необходимо носить средства индивидуальной защиты: Вкладыши для ушей и изолирующие наушники.

6.4 Производственная вибрация

При работе пресса генерируется высокий уровень вибрации посредством механических толчков. Для снижения образующихся вибраций необходимо размещать пресса друг от друга на необходимом расстоянии и также не допускать одновременной работы прессов. Синхронная работа прессов может вызвать резонанс, если частота работы оборудования совпадет с частотой окружающей среды, то это может привести к поломке оборудования.

Повышенный уровень вибрации также оказывает на человека вредное воздействие, что приводит к расстройству нервной системы, спазмам сосудов и мышц, нарушению ритму сердца. Если же внутренняя частота колебания человека совпадет с частотой окружающей среды, то это может привести к повреждениям внутренних органов организма человека. Средняя частота человека составляет около 6...9 Гц.

6.5 Производственное освещение

Хорошее освещение в рабочем помещении хорошо сказывается на психическом здоровье человека, повышает работоспособность, снижает утомляемость, что как следствие предотвращает риск производственной травмы из-за невнимательности и утомленности.

-Для обеспечения качественного освещения следует учитывать, что свет не должен быть тусклым или слишком ярким.

-Обеспечить бесперебойное освещение (без моргания света)

-Освещение не должно быть ниже 200 люкс.

-Необходимый спектральный состав для правильной цветопередачи.

Лампы не должны быть цветными, допускаются белые и желтоватые лампы.

-Обеспечить галогенные лампы HL – 20 на рабочих поверхностях штампов.

-Потенциально опасные зоны, об которые можно спотыкнуться, задеть головой и т. д. - должны быть хорошо освещены.

6.6 Общая безопасность на месте труда

Помимо создаваемый вредных эксплуатационных факторов как шум и вибрации, сам пресс является объектом повышенной опасности, так как движущиеся части пресса предоставляют высокую опасность для человека. По неосторожности и не соблюдении техники безопасности конечность или сам человек может оказаться в рабочей зоне пресса.

Для предотвращения и избежание травм на технических объектах обязательно должна быть установлена ограда.

Если прессовая линия автоматическая, то перед начал работы прессовой линии вся рабочая зона пространства автоматически закрывается оградой. Ограда имеет застекленные окна для возможности наблюдать за самим процессом штамповки для пассивного контроля работы всей прессовой линии.

Если прессовая линия ручной штамповки, то сама ограда устанавливается в неиспользуемых человеком зонах, с возможностью доступа для проведения технического осмотра и ремонта. У рабочей зоны штампа также присутствует подъёмная ограда. Для осуществления закрытия штампов, оператору требуется нажать две кнопки активации. Использование двух кнопок связано с тем, чтобы занять у рабочего обе руки, предотвращая случайное попадание конечностей под рабочую зону пресса.

Также на прессовом производстве используются фотоэлектрические датчики безопасности для защиты персонала. Они гарантируют остановку оборудования при обнаружении или входе человека в опасную зону [2], [14].

Заключение

По полученным результатам карты формуемости металла, изображенном на рисунке 39, мы можем заключить, что процент растянутого металла теперь составляет 77,87% по проектному варианту. Тогда, как по базовому варианту, этот процент составляет 77,66%. Это лишь на 0,21% выше от первичного варианта, но подтверждает тот факт, что использование новых перетяжных ребер не окажет отрицательного влияния на качество растянутой заготовки.

Зоны с риском образования сколов и утонения были ликвидированы, что уменьшит количество производимого брака на производстве.

Процент утонения металла был снижен до 20,5% по проектному варианту вместо 24% по базовому, тем самым обеспечив запас по утонению на 4,5%, что вполне достаточно для запаса процента по утонению. Это будет предотвращать возможное недопустимое утонение металла при возникновении разных неблагоприятных производственных факторов.

При технической надстройке штампа вытяжки и изменении перетяжных ребер также удалось достичь увеличения коэффициента использования материала путем уменьшения заготовки на 19,2 мм благодаря измененной схеме торможения заготовки.

Оптимизация технологического процесса изготовления детали «Балка крыши задняя», разработанная в данной работе, также и применима к другим деталям изготавливаемых методом холодной листовой штамповки. Правильное применение эффективной схемы торможения заготовки с помощью перетяжных ребер будет обеспечивать качественное производство будущей детали и также позволит сократить металло-затраты на ее изготовление. Переналадка штампа под новые перетяжные ребра не требует отливки новых элементов конструкции штампа.

Сертификаты о публикации статьи указаны в приложении Г.

Список использованных источников

1. Беляев В.А. Холодная листовая штамповка. 2011 г.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности 2004 г.
3. Гордеев, А.В. Выбор метода получения заготовки. Метод, указания / А.В. Гордеев, - Тольятти, ТГУ, 2004.-9 с.
4. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве. Учеб. Пособие. Тольятти 2016, 68 с.
5. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. Пособие для вузов. / А.Ф.Горбацевич, В.А. Шкред; 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с 4-го издания. – М: ООО ИД «Альянс», 2007.- 256 с.
6. Зубкова, Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ по совершенствованию технологических процессов механической обработки деталей (для студентов специальностей 120100 / Н.В. Зубкова,– Тольятти: ТГУ, 2015, 46 с.
7. Косилова А.Г. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 1/ [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с.
8. Кузнечно-штамповочное производство выпуск 12, ГАО Станкоинструмент и ВНТО машиностроителей 1991 г.
9. Кузнечно-штамповочное производство, обработка материалов давлением, выпуск 8. 1995 г.
10. Кузнечно-штамповочное производство, технологияковки и объемной штамповки, выпуск 6, 1978г.
11. Мещерин. В.Т. Листовая штамповка 1997 г.
12. Михайлов, А.В. Методические указания для студентов по выполнению курсового проекта по специальности 1201 Технология машиностроения по дисциплине «Технология машиностроения» / А.В. Михайлов, – Тольятти, ТГУ, 2005. - 75 с.

13. Малов А.Н. Технология холодной штамповки, четвертое издание, переработанное и дополненное. Издательство «Машиностроение» Москва 1969.
14. Морозов В.В, Козий Т.Б. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания для дипломного проектирования /Самарский государственный аэрокосмический университет.
15. Овсеец, В.В. Разработка технологии изготовления детали 1118-5604032 «Панель крышки багажника внутренняя» . Тольяттинский государственный университет, Институт машиностроения, Кафедра Оборудование и технологии машиностроительного производства. <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/11780>
16. Расторгуев Д.А. Проектирование технологических операций : Электронное учеб.-метод. Пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015 – 1 оптический диск.
17. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке Шестое издание, 1979 г.
18. Рудман Л.И. Справочник конструктора штампов. 1988 г.
19. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. 1974 г.
20. Уваров В. В., Носова Е. А. Учебное пособие: «Структура и свойства листовых сталей для холодной штамповки». – Самара: 2004. – 68с.
21. Шишков М.М.. Марочник сталей и сплавов Донецк, 2002 г.
22. Andrews K. The concept of corporate strategy / Strategic process. SPb.: Piter, 2001. S.76-86.
23. Campanella J. Economics of quality. Basic principles and their application. M.: Economics, 2005. 231 p.
24. Davim, J.P. Modern Machining Technology. / J.P. Davim, - A practice guide Woodhead Publishing, 2011. — 412 p.12.
25. Davim, J.P. (ed.) Sustainable Machining / J.P. Davim, - Springer, 2017. — 82 p.

26. Davim, J.P. Machining / J.P. Davim, - Fundamentals and Recent advances. London: Springer, 2008, - 361 p.
27. Lange, Kurt, Eva, Siebert Klaus, AutoForm Fundamental Training, Deep Drawing Fundamentals. 2007.
28. Michael Harag, AutoForm Training, Draw Die Development 2004.
29. Process Engineering 1 AutoForm R8 Base Training 2019
30. Process Engineering 2 AutoForm R8 Base Training 2019

Приложение А

Чертеж детали «балка крыши задняя»

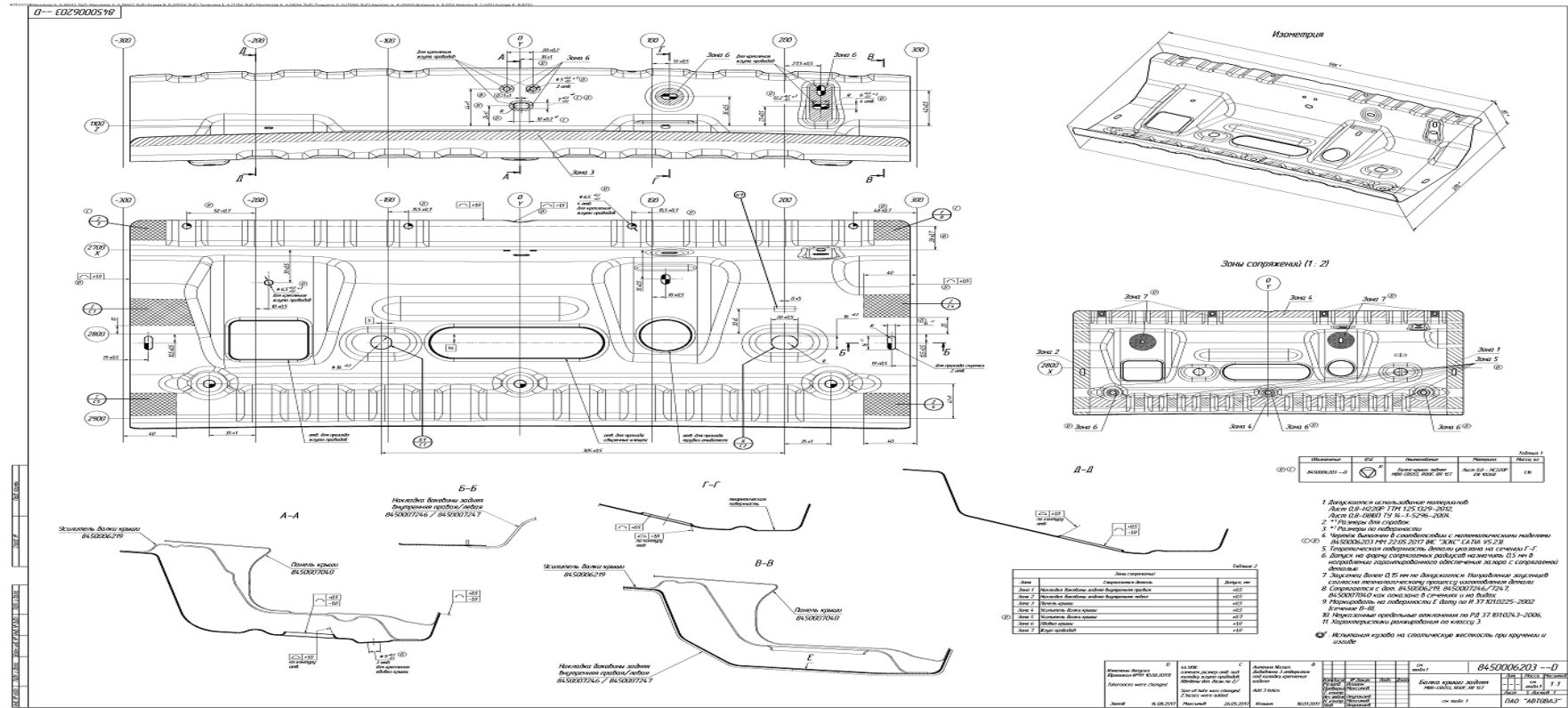


Рисунок А.1 – Чертеж детали балка крыши задняя

Приложение Б

Предельные утонения материалов

Таблица Б.1 – Пределы на утонение материалов в процентах

		DEATCM3 - REGLE METIER - Amincissements - Thinning Nuances RNES(VDA) - RNES(VDA) Grades																											
%	Nuances Grade	CR2	CR3	CR4	CR5	CR210BH	CR210IF	CR240IF	CR270BH	CR300V490T-DP	CR300LA	CR300V590T-DP	CR340LA	CR380LA	CR400V690T-TR	CR420LA	CR440V790T-DP	CR460LA	CR500V990T-DP	CR780V990T-CP	HR2	HR300LA	HR340LA	HR380LA	HR420LA	HR460LA	HR440V590T-TR	HR660V790T-CP	Nuances Grade
0.50 - 0.64	24	24	24	24.5	21.5	21.5	20	18.5	15.5	17.5	12.5	15.5	13	16	11.5	8.5	10	4.5	1.5									0.50 - 0.64	
0.55 - 0.69	24.5	24.5	24.5	25	22	22	20.5	19	15.5	18	12.5	16	13.5	16	11.5	9	10	4.5	2									0.55 - 0.69	
0.60 - 0.84	25	25	25.5	26	22.5	22.5	21	19.5	16	18.5	13	16	13.5	16	12	9	10.5	5	2									0.60 - 0.84	
0.65 - 0.69	26	26	26	26.5	23	23	21.5	19.5	16	18.5	13	16.5	14	16	12	9	10.5	5	2									0.65 - 0.69	
0.70 - 0.74	26.5	26.5	26.5	27	23.5	23.5	21.5	20	16.5	19	13	17	14	16.5	12.5	9	10.5	5	2									0.70 - 0.74	
0.75 - 0.79	27	27	27	28	24	24	22	20.5	16.5	19.5	13	17.5	14.5	16.5	12.5	9	11	5	2									0.75 - 0.79	
0.80 - 0.84	27.5	27.5	28	28.5	24.5	24.5	22.5	21	17	20	13.5	17.5	15	16.5	13	9	11	5	2									0.80 - 0.84	
0.85 - 0.89	28.5	28.5	28.5	29	24.5	24.5	23	21.5	17	20.5	13.5	18	15	16.5	13	9	11.5	5	2									0.85 - 0.89	
0.90 - 0.94	29	29	30	30.5	25.5	25.5	24	22	17.5	21	13.5	18.5	15.5	16.5	13.5	9.5	11.5	5	2.5									0.90 - 0.94	
0.95 - 0.99	29	29	30	30.5	25.5	25.5	24	22	17.5	21	14	19	15.5	17	13.5	9.5	11.5	5.5	2.5									0.95 - 0.99	
1.00 - 1.04	29	29	30	30.5	26	26	24.5	22.5	18	21.5	14	19	16	17	14	9.5	12	5.5	2.5									1.00 - 1.04	
1.10 - 1.14	29	29	30	30.5	27.5	27	25.5	23.5	18.5	22.5	14.5	20	16.5	17	14.5	9.5	12.5	5.5	2.5									1.10 - 1.14	
1.20 - 1.24	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	19	22.5	15	21	17	17.5	15	10	12.5	5.5	2.5									1.20 - 1.24	
1.30 - 1.34	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	19.5	22.5	15	21	17.5	17.5	15.5	10	13	5.5	3									1.30 - 1.34	
1.40 - 1.44	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	20	22.5	15.5	21	18.5	17.5	16	10	13.5	6	3									1.40 - 1.44	
1.50 - 1.54	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	20.5	22.5	16	21	18.5	18	16.5	10	14	6	3									1.50 - 1.54	
1.60 - 1.64	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21	22.5	16.5	21	18.5	18	16.5	10.5	14.5	6	3		29	22.5	21	20	18.5	16.5	14.5	6.5	1.60 - 1.64
1.70 - 1.74	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	16.5	21	18.5	18.5	16.5	10.5	14.5	6.5	3		30	22.5	21	20	18.5	17	15	6.5	1.70 - 1.74
1.80 - 1.84	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	17	21	18.5	18.5	16.5	10.5	15	6.5	3.5		30	22.5	21	20	18.5	17	15.5	6.5	1.80 - 1.84
1.90 - 1.94	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	17.5	21	18.5	18.5	16.5	11	15	6.5	3.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	6.5	1.90 - 1.94
2.00 - 2.04	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	17.5	21	18.5	19	16.5	11	15	6.5	4		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7	2.00 - 2.04
2.10 - 2.14	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	18	21	18.5	19	16.5	11	15	6.5	4		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7	2.10 - 2.14
2.20 - 2.24	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	18.5	21	18.5	19.5	16.5	11.5	15	7	4		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7	2.20 - 2.24
2.30 - 2.34	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	19.5	16.5	11.5	15	7	4		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7.5	2.30 - 2.34
2.40 - 2.44	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	19.5	16.5	11.5	15	7	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7.5	2.40 - 2.44
2.50 - 2.54	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	7.5	2.50 - 2.54
2.60 - 2.64	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8	2.60 - 2.64
2.70 - 2.74	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8	2.70 - 2.74
2.80 - 2.84	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8	2.80 - 2.84
2.90 - 2.94	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8.5	2.90 - 2.94
3.00 - 3.04	29	29	30	30.5	27.5	28	26	24.5	21.5	22.5	19	21	18.5	20	16.5	12	15	7.5	4.5		30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8.5	3.00 - 3.04
3.10 - 3.14																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	8.5	3.10 - 3.14
3.20 - 3.24																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9	3.20 - 3.24
3.30 - 3.34																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9	3.30 - 3.34
3.40 - 3.44																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9	3.40 - 3.44
3.50 - 3.54																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	3.50 - 3.54
3.60 - 3.64																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	3.60 - 3.64
3.70 - 3.74																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	3.70 - 3.74
3.80 - 3.84																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	3.80 - 3.84
3.90 - 3.94																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	3.90 - 3.94
4.00 - 4.04																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.00 - 4.04
4.10 - 4.14																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.10 - 4.14
4.20 - 4.24																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.20 - 4.24
4.30 - 4.34																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.30 - 4.34
4.40 - 4.44																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.40 - 4.44
4.50 - 4.54																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.50 - 4.54
4.60 - 4.64																					30	22.5	21	20	18.5	17.5	15.5	9.5	4.60 - 4.64

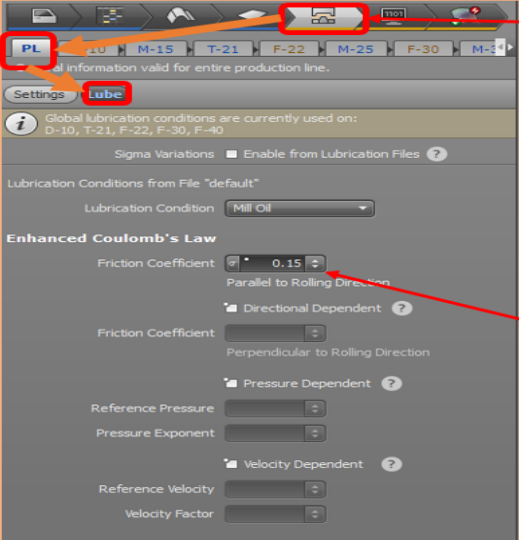
Продолжение Приложения Б

Таблица Б.2 – Пределы на утонение материалов в процентах

		DEATCM3 - REGLE METIER - Amincissements - Thinning Nuances Renault - Renault Grades																							
%	Nuances Grade	HC	HE280M	HE320D	HE360D	HE400M	HE450M	HE600M	HES	XE	XES	XSES	XE200BH	XE260BH	XE280D	XE290B	XE320D	XE360B	XE360D	XE400T	XE450B	XE550B	XE700B	XE780C	Nuances Grade
0.50 - 0.54										22	24	24	21	19	18	15.5	15.5	13	14	17	9	6			0.50 - 0.54
0.55 - 0.59										22.5	24.5	24.5	21.5	19	18.5	15.5	16	13	14.5	17	9	6			0.55 - 0.59
0.60 - 0.64										23	25	25	22	19.5	18.5	16	16.5	13	15	17	9	6			0.60 - 0.64
0.65 - 0.69										24	25.5	25.5	22.5	20	19	16	16.5	13.5	15	17.5	9	6			0.65 - 0.69
0.70 - 0.74										24.5	26	26	23	20.5	19.5	16.5	17	13.5	15.5	17.5	9	6			0.70 - 0.74
0.75 - 0.79										25	27	27	23.5	21	20	16.5	17.5	13.5	15.5	17.5	9.5	6.5			0.75 - 0.79
0.80 - 0.84										25.5	27.5	27.5	24	21	20.5	17	18	14	16	17.5	9.5	6.5		1	0.80 - 0.84
0.85 - 0.89										26	28	28	24.5	21.5	21	17	18	14	16.5	17.5	9.5	6.5		1	0.85 - 0.89
0.90 - 0.94										27	29	29	25	22	21.5	17.5	18.5	14.5	16.5	18	9.5	6.5		1	0.90 - 0.94
0.95 - 0.99										27.5	29.5	29.5	25.5	22.5	21.5	17.5	19	14.5	17	18	9.5	6.5		1	0.95 - 0.99
1.00 - 1.09										27.5	29.5	30	26	23	22	18	19.5	14.5	17.5	18	9.5	6.5		1	1.00 - 1.09
1.10 - 1.19										27.5	29.5	30	27	24	23	18.5	20	15	18	18	10	6.5		1	1.10 - 1.19
1.20 - 1.29										27.5	29.5	30	28	24.5	24	19	21	15.5	19	18.5	10	7		1.5	1.20 - 1.29
1.30 - 1.39										27.5	29.5	30	28	24.5	24	19.5	21	15.5	19.5	18.5	10	7		1.5	1.30 - 1.39
1.40 - 1.49										27.5	29.5	30	28	24.5	24	20	21	16	19.5	18.5	10.5	7		1.5	1.40 - 1.49
1.50 - 1.59										27.5	29.5	30	28	24.5	24	20.5	21	16.5	19.5	19	10.5	7		2	1.50 - 1.59
1.60 - 1.69		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	6.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	21	21	16.5	19.5	19	10.5	7.5			1.60 - 1.69
1.70 - 1.79		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	6.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	21.5	21	17	19.5	19.5	11	7.5			1.70 - 1.79
1.80 - 1.89		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	6.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	17.5	19.5	19.5	11	7.5			1.80 - 1.89
1.90 - 1.99		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	7	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	18	19.5	19.5	11	7.5			1.90 - 1.99
2.00 - 2.09		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	7	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	18	19.5	20	11	8			2.00 - 2.09
2.10 - 2.19		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	7	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	18.5	19.5	20	11.5	8			2.10 - 2.19
2.20 - 2.29		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	7.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	19	19.5	20.5	11.5	8			2.20 - 2.29
2.30 - 2.39		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	7.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	19.5	19.5	20.5	11.5	8			2.30 - 2.39
2.40 - 2.49		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	20.5	12	8.5			2.40 - 2.49
2.50 - 2.59		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	21	12	8.5			2.50 - 2.59
2.60 - 2.69		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	21	12	8.5			2.60 - 2.69
2.70 - 2.79		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	21.5	12.5	8.5			2.70 - 2.79
2.80 - 2.89		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	21.5	12.5	9			2.80 - 2.89
2.90 - 2.99		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	21.5	12.5	9			2.90 - 2.99
3.00 - 3.09		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25	27.5	29.5	30	28	24.5	24	22.5	21	20	19.5	22	13	9			3.00 - 3.09
3.10 - 3.19		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.10 - 3.19
3.20 - 3.29		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.20 - 3.29
3.30 - 3.39		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.30 - 3.39
3.40 - 3.49		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.40 - 3.49
3.50 - 3.59		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.50 - 3.59
3.60 - 3.69		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.60 - 3.69
3.70 - 3.79		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.70 - 3.79
3.80 - 3.89		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.80 - 3.89
3.90 - 3.99		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																3.90 - 3.99
4.00 - 4.09		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.00 - 4.09
4.10 - 4.19		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.10 - 4.19
4.20 - 4.29		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.20 - 4.29
4.30 - 4.39		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.30 - 4.39
4.40 - 4.49		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.40 - 4.49
4.50 - 4.59		23.5	22.5	20.5	20.5	18	14	8.5	25																4.50 - 4.59
4.60 - 4.69																									4.60 - 4.69

Приложение В Стандарты для коэффициента трения

PARAMETRE FROTTEMENT



SELECTIONNER : « PL / Lube »

VERIFIER :

Friction Coefficient suivant le matériaux :

	Acier		Aluminium
	coef	exemple	coef
Ys < 200 MPa	0.16	XES , DX54D, HC, ...	0.10
Ys > 200 MPa	0.15	XE220BH, HC340LA, XE450B, HE450M, HES ...	

VALABLE pour toutes les OP

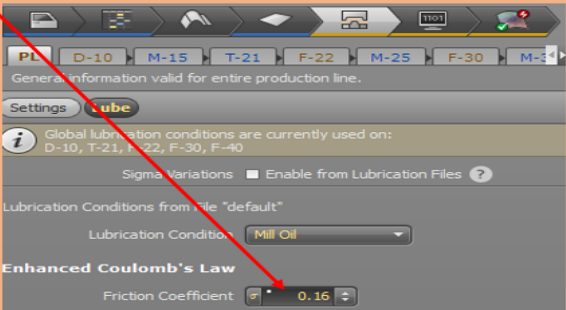


Рисунок В.1. – Стандарты для коэффициентов трения от величины σ_0

Приложение Г
Сертификаты о публикации статьи



Рисунок Г.1. – Сертификат о публикации статьи в научном журнале

Продолжение Приложения Г



Рисунок Г.2 – Сертификат о публикации статьи

Приложение Д
Математическая модель сборки автомобиля LADA VESTA

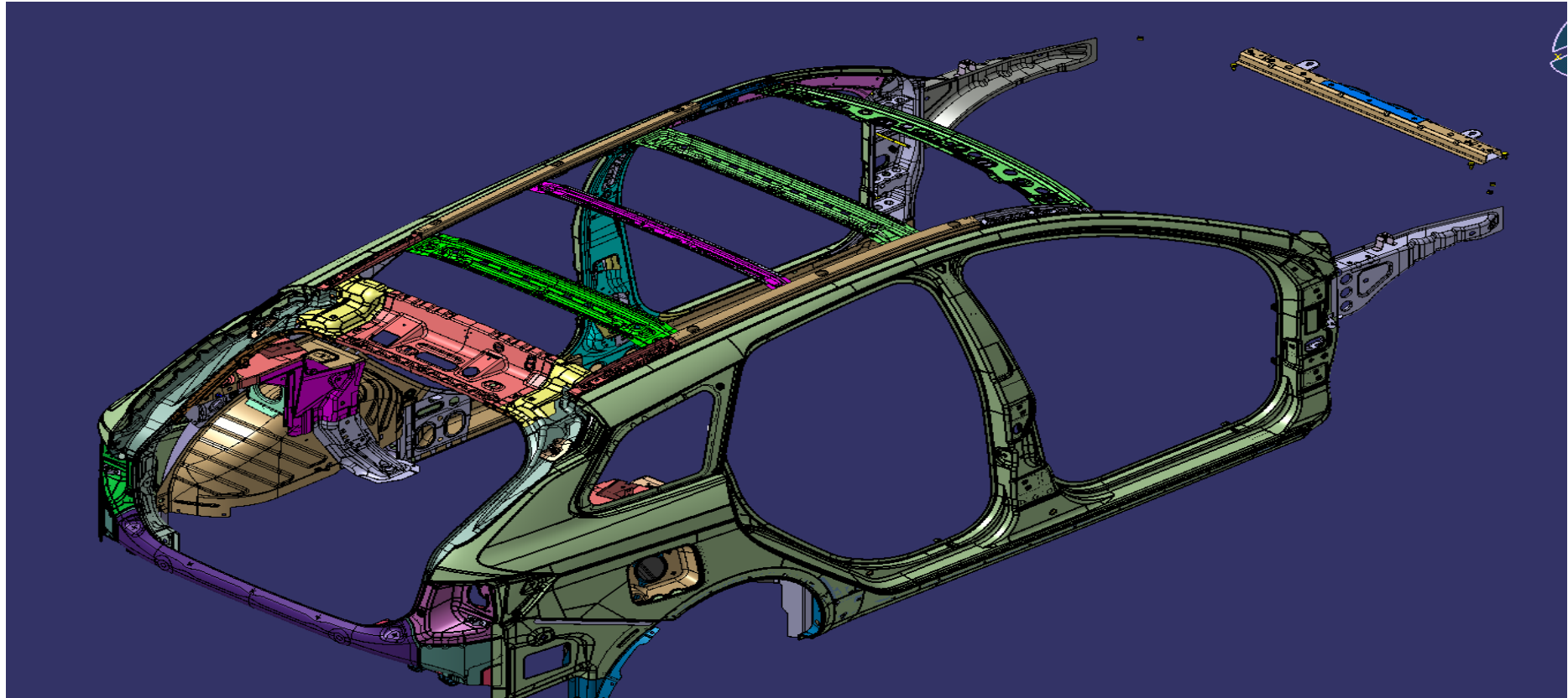


Рисунок Д.1. – Математическая модель сборки автомобиля LADA VESTA

