

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. Влияние показателей технологического процесса на качество и точность поверхности среза при разделительных операциях холодной листовой штамповки	6
Глава 2. Анализ работ по исследованию методов процесса резки тонколистовых материалов	17
Глава 3. Моделирование процесса резки тонколистовых заготовок.....	19
3.1 Модели износа инструмента.....	25
3.2 Расчет процесса резки.....	32
3.3 Обоснование выбора материала инструмента	46
3.4 Обоснование выбора материала заготовки.....	48
3.5 Результаты расчета и анализ полученных данных.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	89

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент особое внимание уделяется качеству и точности поверхностей изготавливаемых деталей и конкурентоспособности изделий отечественного машиностроения. В процессе выполнения вырубки – пробивки качество деталей тесно связано с точностью производства и наладки оснастки, так как наиболее важным фактором, обуславливающим качество поверхности среза, является зазор между режущими поверхностями пуансона и матрицы [1]. Зазоры между поверхностями режущих инструментов имеют немалое технологическое значение в процессе резки листовых заготовок как в отношении качества поверхности среза, так и в отношении качества режущих поверхностей штампов [2]. Несовершенства поверхности среза появляются вследствие неравномерного распределения зазора по контуру реза, а также при затуплении режущих кромок матрицы и пуансона [2]. Исправление причин возникновения заусенцев и дефектов поверхности среза тесно связано со значительными экономическими расходами, включающими в себя доработку оснастки по причине неточности изготовления, доработку рабочих поверхностей пуансона и матрицы в связи с интенсивным износом, что в конечном итоге приводит к увеличению себестоимости изготавливаемой детали и отрицательно влияет на конкурентоспособность отечественного машиностроения [1].

Актуальность исследования. Опыт полученный в процессе производства показывает, что усиленный износ режущих поверхностей штампов для разделительных операций значительно снижает показатели качества деталей, получаемых штамповкой, увеличивает сопротивление резанию до 20%, а общую работу резания до 40% по сравнению с использованием инструмента с острозаточенными режущими поверхностями.

Вследствие этого, в данный момент нахождение и изучение новых технологических решений, сосредоточенных на том, чтобы повысить работоспособность штампов для разделительных операций при разнообразном характере их нагружения и увеличения качества деталей, выполняемых штамповкой, является актуальным.

Целью диссертации является разработка методики исследования процесса износа рабочего инструмента на основе численного моделирования операции резки тонколистового материала в САЕ – системе.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие **задачи**.

- Выполнить анализ существующих методов исследования износа рабочего инструмента при выполнении разделительных операций.
- Провести конечно – элементный анализ процесса износа рабочего инструмента при выполнении разделительных операций для тонколистовых заготовок.
- Определить влияние величины зазора резания на степень износа поверхности рабочего инструмента.

Методы исследования: Для решения поставленных в работе задач использовался метод инженерного анализа, а именно метод конечных элементов, а также методы автоматизированного проектирования конструкций

Научная новизна магистерской диссертации заключается в разработке методики численного анализа процесса износа рабочего инструмента и оценки влияния величины зазора на степень износа его рабочей поверхности.

Достоверность результатов работы подтверждается совпадением результатов, полученных при практических и теоретических исследованиях разделительных операций.

Практическая новизна. Использование предлагаемой методики позволяет прогнозировать степень износа рабочего инструмента в процессе осуществления разделительных операций для тонколистового материала.

Объектом исследования является износ рабочего инструмента.

Предметом исследования выступает численная оценка стойкости рабочего инструмента при выполнении разделительных операций.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» тольяттинского государственного университета.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и четырех приложений. Общий объем диссертации – 98 страниц. Список использованных источников состоит из 30 наименований. Диссертация содержит 36 рисунков и 8 таблиц.

Публикации. По теме диссертации опубликовано две печатные работы в сборнике тезисов студенческих работ «Студенческие дни науки ТГУ».

Глава 1. Влияние показателей технологического процесса на качество и точность поверхности среза при разделительных операциях холодной листовой штамповки

Точность при разделительных операциях зависит от конфигурации размера вырубаемой детали, пробиваемого отверстия, толщины, свойств и состояния материала, анизотропии, точности изготовления деталей штампа.

Для вырубki деталей обыкновенной точности допуски на изготовление частей штампа принимаются по третьему классу, иногда по второму классу точности.

В процессе исследований выяснено, что вследствие неравномерных напряжений в материале детали последняя получается не плоской, а выпуклой (тарельчатой) в сторону матрицы. Данный дефект отчасти может быть устранен использованием прижима.

Вследствие анизотропии материала искажается форма детали, в особенности при штамповке крупногабаритных деталей. При вырубке из отожженных листов форма искажается меньше, а из наклепанных больше.

В связи с действием упругих деформаций размеры отштампованных деталей отличаются от фактических размеров рабочей части матрицы, а после пробивки размеры отверстий отличаются от размеров рабочей части пуансонов.

Величина упругих деформаций зависит от:

- Технологического зазора между пуансоном и матрицей: с повышением зазора размер вырубленной детали уменьшается, а размер пробитых отверстий увеличивается и наоборот.
- Рода материала детали: чем мягче материал, тем меньше абсолютные величины упругих деформаций и больше абсолютные величины остаточных деформаций.
- Габаритных размеров детали: при увеличении габаритных размеров детали абсолютные величины деформации повышаются.
- Размещения отверстий при пробивке в предварительно вырезанной заготовке; если отверстия размещены от края заготовки на расстоянии менее двух-трех толщин материала, контур детали и отверстия будут искажены.
- Толщины материала заготовки: с ростом толщины предельные значения упругих деформаций понижаются, а остаточные повышаются.

К погрешностям формы вырубленных деталей относится погрешность поверхности среза. При толщине более одного миллиметра погрешность поверхности среза имеет следующие ясно выраженные элементы, показанные на рисунке 1.1: утяжина, блестящий пояс (ободок) и зону скалывания.

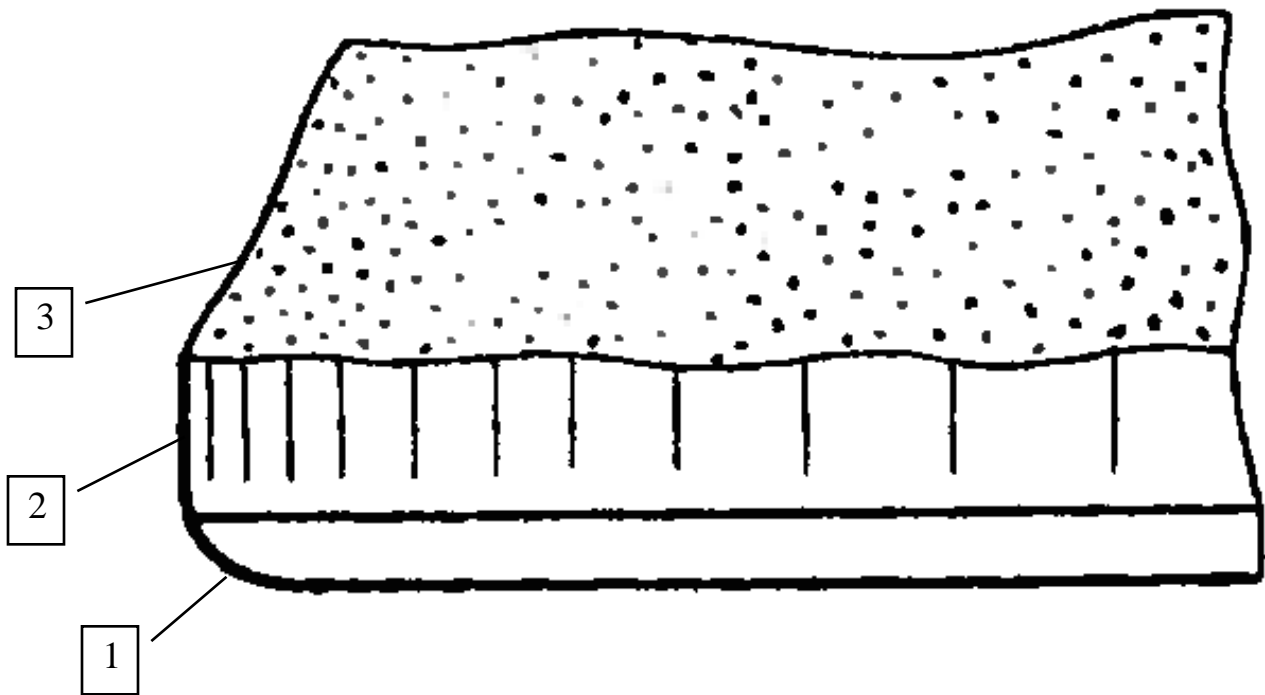


Рисунок 1.1 – Поверхность среза при резке: 1 – утяжина, 2 – блестящий пояс, 3 – зона скалывания

Основными параметрами, которые определяют качество поверхности среза, являются:

- Конструкция и состояние штампов в особенности рабочих частей; шероховатость поверхностей рабочих частей штампа при вырубке и пробивке деталей толщиной до одного миллиметра рекомендуется выполнять по восьмому классу, а для деталей толщиной свыше одного миллиметра по шестому или седьмому классу чистоты.
- Величина и равномерность технологического зазора между матрицей и пуансоном. При нормальном зазоре, и изношенных рабочих кромках матрицы и пуансона качество поверхности ухудшается вследствие возникновения заусенцев по контуру детали или отверстия.

- Физико-механические свойства материала детали. При повышении пластичности материала детали качество поверхности среза ухудшается. Неудовлетворительное качество поверхности среза получается вследствие применения нержавеющей аустенитных сталей, титановых сплавов, и материалов, которые предрасположены к наволакиванию. Вырубку (пробивку) деталей из хромоникелевых сталей следует производить с применением вязкого сульфидированного масла.

- Количество ходов прессы. Вырубка деталей из материала толщиной до одного миллиметра на прессах с количеством ходов 400 и более сопровождается улучшением шероховатости поверхности среза.

Основные виды брака

При вырубке и пробивке на поверхности среза детали появляются заусенцы или неровный (рваный) срез, который может быть распределен как равномерно, так и неравномерно по всему контуру вырубленной или пробитой детали (рисунок 1.2, а).

Причины появления заусенцев или рваного края на поверхности среза при вырубке (пробивке) на штампуемой детали следующие:

- Рабочие поверхности матрицы или пуансона вследствие эксплуатации затупились (рисунок 1.2, б, в).

- Режущие кромки матрицы имеют обратный конус (рисунок 1.2, г, д).

- Технологический зазор между матрицей и пуансоном не соответствует оптимальному для данной толщины и марки обрабатываемого материала.

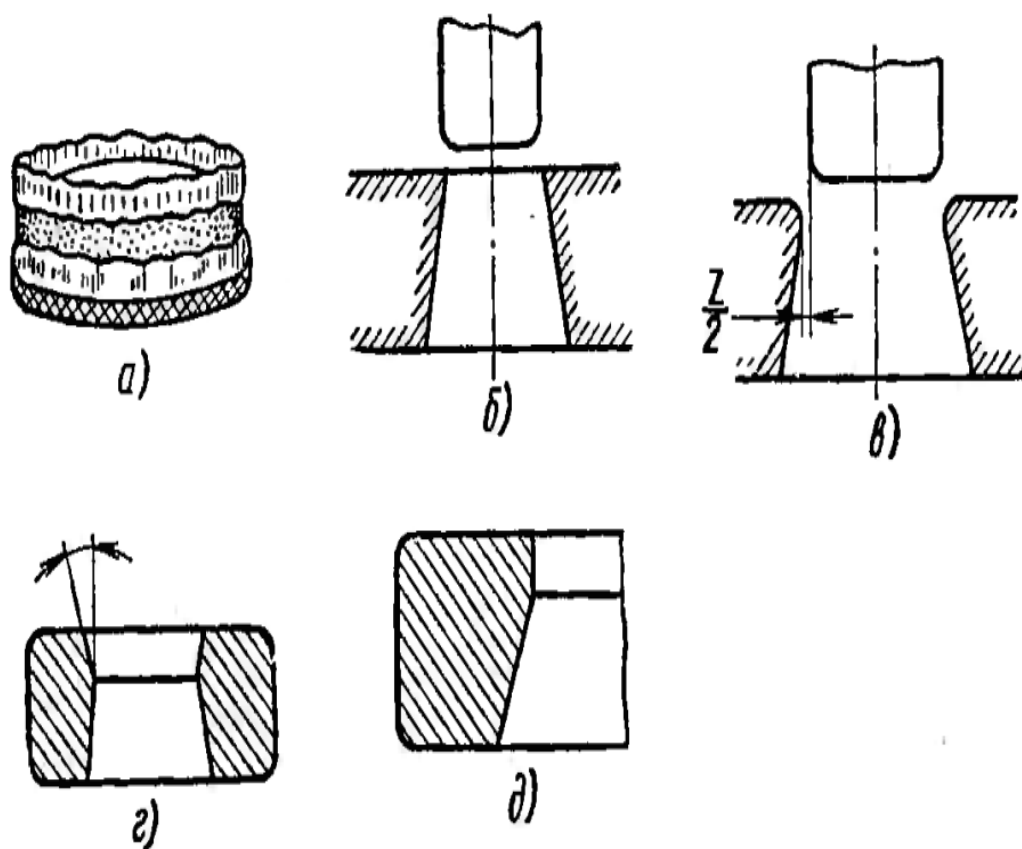


Рисунок 1.2 – Виды брака при резке

В случае затупления рабочих поверхностей матрицы и пуансона, заусенцы будут появляться на отходе и детали в любом случае. Размер заусенца зависит степени износа рабочих поверхностей матрицы и пуансона: чем выше износ, тем больше заусенец.

Износ рабочих поверхностей матрицы и пуансона, кроме заусенцев, порождает искажение размеров вырубаемой детали. После выхода из матрицы деталь выпрямляется, размеры, детали становятся больше размеров матрицы (для деталей с габаритами более двухсот миллиметров данное увеличение может достичь 0,2 – 0,25 миллиметра). Данный дефект устраняется своевременной заточкой рабочих поверхностей матрицы и пуансона.

Во время заточки рабочих поверхностей матрицы и пуансона нужно обращать внимание на их состояние. При наличии на рабочих поверхностях матрицы или пуансона продольных рисок, не следует устанавливать такой инструмент на пресс, потому что рабочие поверхности будут быстро выкрашиваться, а вырубаемые детали получатся с рваным краем.

Следующая причина появления заусенца – присутствие обратного конуса на рабочей поверхности матрицы, т. е. конуса со стороны перемещения пуансона (рисунок 1.3). При удалении от поверхности матрицы размер отверстия в ней становится меньше. В данном случае во время вырубки на детали, а при пробивке на отходе будет появляться заусенец. Проталкивание подобной детали или отхода через отверстие матрицы затруднено; тонкостенные матрицы иногда разрываются.

Названный выше недостаток инструмента исправляется только при помощи расшлифовки отверстия матрицы (если только это не скажется на допустимом зазоре между матрицей и пуансоном) или термопосадкой матрицы и последующим шлифованием до необходимых размеров.

Обратный конус можно наблюдать только на матрицах с цилиндрическим пояском (рисунок 1.3, а). Рабочие поверхности данной матрицы достаточно быстро изнашиваются, в связи с этим данные матрицы необходимо часто затачивать для предотвращения возникновения заусенцев на вырубаемых деталях, при этом удаляется значительный слой металла с матрицы.

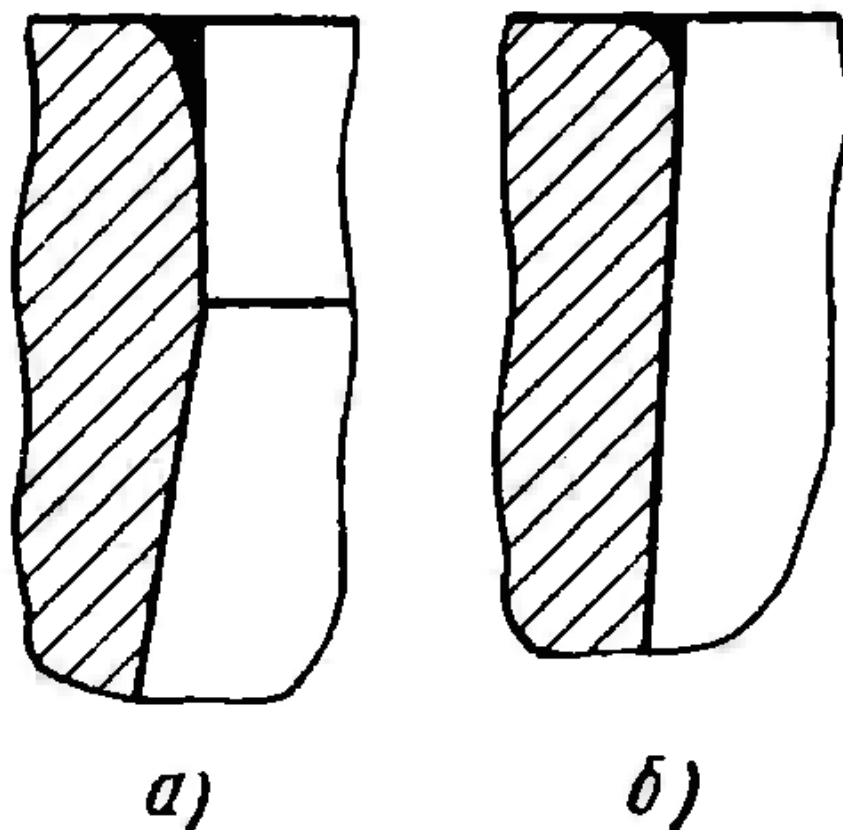


Рисунок 1.3 – Рабочая поверхность матриц

К недостаткам матриц с цилиндрическим пояском можно отнести высокий износ рабочих поверхностей матрицы, так как вырубаемая деталь или отход проталкиваются через матрицу. Использование матриц с цилиндрическим пояском необходимо, тогда, когда вырубленная деталь или отход проталкиваются на поверхность матрицы, если толщина вырубленной детали больше двух миллиметров или деталь имеет сложную конструкцию.

В остальных случаях, исходя из практики, лучше исполнять рабочую поверхность матрицы с конусом (рисунок 1.3, б).

После каждой переточки рабочих поверхностей матрицы, размер отверстия матрицы увеличивается, что влияет на размер пробиваемого отверстия или вырубленной детали. В связи с этим данный угол лучше всего выполнять как можно меньшим.

При больших и малых значениях угла конуса матрицы, можно заметить повышение износа рабочих частей матрицы, что отрицательно влияет на стойкость разделительного штампа. Из практика видно, для большей стойкости матрицы более подходящим углом конуса является угол, в пределах от 30' до 40'. Чем больше толщина обрабатываемого материала, тем больше угол конуса матрицы. При высоких углах конуса рабочая поверхность матрицы делается слабой и не может выдерживать большое количество ударных нагрузок. В данном случае износ рабочей поверхности происходит по причине выкрашивания.

При угле конуса α от 30° до 40° рабочая поверхность матрицы имеет достаточную прочность и может выдерживать большое количество ударов. Застраивания в матрице вырубленного отхода или детали почти не наблюдается.

Высокая трудоемкость изготовления матрицы с конусом окупается лучшим качеством вырубленных деталей, повышением износостойкости матрицы и уменьшением времени на заточку. Опыт показал, что данные матрицы с конусом на рабочей поверхности могут использоваться на 2/3 их высоты.

Следующей причиной возникновения заусенцев, которые равномерно распределены по всей поверхности среза на вырубаемых деталях, выражается неверным выбором технологического зазора между матрицей и пуансоном. Если технологический зазор между матрицей и пуансоном отвечает толщине вырубаемого материала и механическим свойствам и распределен равномерно, то на поверхности среза не будут присутствовать заусенцы. В таком случае на отходе или детали со стороны матрицы, на высоте, меньше половины толщины вырубленной детали, будет наблюдаться так называемый блестящий пояс, а на остальном участке поверхности среза наблюдается поверхность излома.

Во время вырубки на провал в матрице, которая имеет уклон стенок, технологический зазор между матрицей и пуансоном будет повышаться при каждой переточки рабочих поверхностей матрицы. Чаще всего подобное повышение технологического зазора между матрицей и пуансоном нежелательно в связи с появлением заусенца и неосуществимости производить вырубку вовремя обработки тонколистовых материалов. В данном случае можно изготовить пуансон, который имеет обратный конус на своей рабочей поверхности. В связи с тем, что вовремя переточек с пуансона снимается слой материала, в 1,5 раза больше чем с матрицы, угол обратного конуса пуансона нужно делать меньше чем на матрице. В данном случае во время использования вырубного штампа матрица и пуансон работают в более благоприятных условиях, в связи с тем, что технологический зазор между матрицей и пуансоном почти не меняется.

Кроме ухудшения качества вырубаемых деталей, малый технологический зазор между матрицей и пуансоном – это также еще одна из главных причин уменьшения стойкости вырубного штампа до проведения заточки. Помимо этого, разрушение (разрыв) матрицы во время работы чаще всего происходит не вследствие термического воздействия, как чаще всего считать, а от малой величины технологического зазора между матрицей и пуансоном.

Все выше сказанное относится к случаю, когда заусенцы расположены равномерно на поверхности среза вырубаемой детали. При неравномерном расположении заусенцев (односторонние заусенцы), причиной появления брака считается не верное распределение технологического зазора между матрицей и пуансоном вследствие смещения пуансона по отношению к рабочим поверхностям матрицы, стола пресса или подштамповая плита не параллельна нижней поверхности ползуна пресса или поверхности плиты матрицы, что означает не параллельность матрицы к верхней части штампа или же, хвостовик штампа или при его отсутствии, то верхняя часть штампа установлены неверно, т. е. центр давления штампа и ось ползуна не имеют совпадения.

Сдвиг пуансона во время работы штампа относительно рабочих поверхностей матрицы происходит при обстоятельствах, указанных ниже:

- Одна из рабочих поверхностей матрицы затупилась прежде других поверхностей; у изношенного края в таком случае появляется высокое боковое усилие, вследствие чего повышается величина технологического зазора между матрицей и пуансоном за счет изменения положения пуансона и одностороннего изнашивания направляющих; причиной неравномерного изнашивания рабочих поверхностей считается неодинаковая твердость матрицы и пуансона после термической обработки.

- Изгиб и пружинение пуансонов имеющих не большой диаметр, вследствие неоднородной заточки рабочих поверхностей.
- Не симметричное распределение усилия по периметру среза, что сильнее всего влияет на работу пуансонов и матриц, имеющих скошенные рабочие поверхности.
- Неровное (иногда) срабатывание направляющей плиты вследствие не правильного контура пуансона.
- Неравномерный износ направляющих колонок, который происходит вследствие перекоса направляющих ползуна пресса или по причине перекоса пуансона, а также когда зазор в направляющих устройствах больше чем технологический зазор между матрицей и пуансоном.
- Пружинение станины пресса при пробивке или вырубке, вследствие которого появляется перекос осей матрицы и пуансона, что ведет к неравномерному распределению технологического зазора между матрицей и пуансоном.

Также нужно отметить, то что самое высокое пружинение имеют пресса открытого типа, за ними идут эксцентриковые пресса. Прессами имеющими наименьшее пружинение считаются пресса с арочной станиной.

Вследствие одной из причин, указанных выше, которые вызывают изменение положения пуансона, технологический зазор между матрицей и пуансоном будет с одной стороны больше нормального, а с другой – меньше.

Вследствие перекоса быстрее тупятся рабочие поверхности и изнашиваются направляющие.

Если рассмотренные выше причины, которые вызывают появление заусенцев, не будут устранены, то в технологический процесс нужно включить после пробивки или вырубки операцию зачистки заусенцев на виброустановках в среде свободного абразива.

Глава 2. Анализ работ по исследованию методов процесса резки тонколистовых материалов

В данной главе магистерской диссертации будут рассмотрены способы анализа процесса резки методами обработки металлов давлением (ОМД), которые были выполнены ранее.

Теоретические исследования процесса резки рассматривают анализ напряженно-деформированного состояния и оценивают силовые режимы процесса резки до момента зарождения трещины, что не позволяет прогнозировать форму поверхности среза и отклонения формы и шероховатость поверхности разделения.

Холин Н.Н. и Османова Т.З. в работе [14] рассмотрели разнохарактерность поля деформирования при разделительных операциях и проанализировали технологические процессы, происходящие в заготовке до момента разрушения.

В работах [15, 16] было проведено математическое моделирование технологических процессов разделительных операций штамповки. Основой моделей послужили численные решения задач термоупругопластичности и теплопроводности. Задача данной работы заключается в уменьшении соответственных функционалов. Для разрешения данной задачи предложен подход, основанный на раздельном анализе соприкасающихся объектов.

В работе [17] рассмотрено решение задачи прогнозирования качества поверхности резания при помощи математической модели. В данной работе процесс резания заготовки в виде трубы импульсным магнитным полем моделируется на основании метода конечных разностей.

В работе [19] при помощи метода линий скольжения была получена зависимость усредненного количества штампуемых деталей, вырубка которых допустима до появления заусенцев максимальной высоты.

Недостатком данной модели можно считать большое количество принятых в выводе допущений, что приводит к расхождениям результатов, полученных при помощи формулы, выведенной автором и результатами экспериментальных исследований.

В этом направлении также известны работы [20, 21] зарубежных авторов. Данные работы отличаются в основном принципом разрушения материала. Проблема крупных деформаций находит решение при помощи поэтапного изменения сетки конечных элементов. Механизм распространения трещины осуществляется с помощью прерывистых приращений шага трещины, которая требует изменения конечно – элементной сетки, для изображения новой геометрической зоны с учетом появившейся трещины.

Глава 3. Моделирование процесса резки тонколистовых заготовок

В данной главе магистерской диссертации будет рассмотрен анализ износа инструмента, применяемого при разделительных операциях холодной листовой штамповки, а также модели износа инструмента при исследовании процесса резки в программе «DEFORM-2D».

Для повышения качества и точности поверхностей штампуемых деталей за счет установления рациональных условий резки при помощи прогнозирования износа инструмента используется CAE – система «DEFORM-2D», так как данная система имеет следующие преимущества:

- Универсальность – программа «DEFORM» позволяет рассчитывать большое количество технологических процессов, применяемых на производствах.
- Совместима с большим количеством программ предназначенных для создания CAD – моделей и сетки конечных элементов.
- Возможность создания сетки конечных элементов.
- Возможность применения разнообразных моделей пластичности материала.
- Крупная база данных, содержащая характеристики материалов и кузнечно-прессового оборудования, также имеются возможности для редактирования и добавления баз данных.
- Возможность моделирования разнообразных условий взаимодействия между инструментом и заготовкой.
- Обширные возможности моделирования разнообразных типов передвижения инструмента.
- Удобный и простой интерфейс.

DEFORM - это система моделирования процессов на основе метода конечных элементов (МКЭ), предназначенная для анализа различных процессов формовки и термообработки, используемых для производства металлов и смежных отраслей. Моделируя производственные процессы на компьютере, этот усовершенствованный инструмент позволяет дизайнерам и инженерам:

- Уменьшать необходимость в дорогостоящих цеховых испытаниях и переделке инструментов и процессов;
- Улучшать конструкцию инструмента и матрицы для снижения производственных и материальных затрат;
- Сократить время выполнения заказов новый продукт на рынок.

Программа «DEFORM» имеет модульную структуру, что дает возможность выбрать оптимальную конфигурацию программы. Имеются следующие модули программы:

- DEFORM-2D. Данный модуль используется при анализе двумерного поведения материала при разных операциях обработки давлением. Применяется во время расчета деталей, которые имеют осесимметричную форму.
- DEFORM-3D. Данный модуль, используется при анализе трехмерного поведения материала при разных операциях обработки давлением. Данный модуль применяется при анализе изделий, которые имеют сложную трехмерную форму.
- DEFORM-HT – это дополнительный модуль для программ «DEFORM-2D» и «DEFORM-3D», использующийся во время расчета сложных процессов, которые происходят в изделии в процессе термообработки.
- DEFORM-TOOLS – это модуль, который применяется для создания анимации, очередей задач и презентаций.

- DEFORM DOE. Данный модуль используется для планирования эксперимента, он позволяет систематически изучать технологический процесс при помощи варьирования одного или нескольких параметров, также есть возможность совершать оптимизацию технологических процессов, находя технологические параметры, позволившие бы увеличить или уменьшить ту или иную целевую функцию. После того как пользователь выберет технологический параметр процесса и задаст интересующий его выходной параметр программа «DEFORM» автоматически проводит все необходимые расчеты. Файл, с полученными данными визуализируется с помощью постпроцессора DEFORM DOE.

- Ring Rolling 3D – это модуль который предназначен для моделирования процесса раскатки колец.

- Cogging (3D) – это приложение для модуля DEFORM–3D которое используется для моделирования операции протяжки на молоте.

- Shape Rolling (3D) – это приложение для модуля DEFORM–3D которое применяется для моделирования операций прокатки для предотвращения появления растяжек, складок в материале, изгибов и т.д.

- Inverse Property Extraction – это приложение для модулей DEFORM–3D и DEFORM–2D, предназначенное для определения коэффициента теплопередачи на границе заготовки.

- Simulation Queue – это модуль, который позволяет осуществлять пакетный режим обработки нескольких заданий.

- Microstructure 3D и Microstructure 2D – это приложения для модулей DEFORM-3D и DEFORM-2D, применяемые для моделирования процессов термической обработки. Функционально эти приложения соответствуют модулям DEFORM HT3 и DEFORM HT2, за исключением того, что позволяют моделировать микроструктурные превращения в изделии при ее деформации.

- Machining 3D и Machining 2D – это приложения для модулей DEFORM-3D и DEFORM-2D соответственно, предназначенных для моделирования процессов механической обработки

В программе «DEFORM» присутствует утилита, при помощи которой можно перенести результаты расчета из модуля DEFORM-2D в модуль DEFORM-3D. Помимо этого, есть возможность переносить результаты расчета для отдельных сечений из модуля DEFORM-3D для продолжения расчета в модуле DEFORM-2D. Для этого применяется комплекс DEFORM-2D+3D.

В программе «DEFORM» отсутствует ограничение на количество объектов, которые участвуют в процессе – как деформирующих, так и деформируемых, что позволяет моделировать достаточно сложные операции в которых участвуют сборные заготовки и любое количество инструментов. При этом инструмент может быть как неподвижным так и перемещаться в любом направлении в зависимости от параметров заданного оборудования. Можно задать инструмент как деформируемый, абсолютно жесткий или упругий. Имеется возможность расчета прочности инструмента. Можно провести расчет как для упругого, так и для жесткого инструмента при любом шаге расчета.

В Программе «DEFORM» имеется широкий инструментарий, который применяется для обработки результатов, оценки операции на присутствие дефектов (не заполнение штампа, образование складок, трещин, и др.), анализа течения материала. Результаты расчета могут быть представлены как графически, так и таблично, это могут быть поля распределения напряжений, температуры, деформаций и график усилия.

В отличие от кодов МКЭ общего назначения, DEFORM предназначен для моделирования деформации. Удобный графический пользовательский интерфейс обеспечивает легкую подготовку и анализ данных, поэтому инженеры могут сосредоточиться на формировании, а не на изучении громоздкой компьютерной системы. Ключевым компонентом этого является полностью автоматизированная и оптимизированная система построения сетки МКЭ, адаптированная для больших проблем с деформацией.

DEFORM-HT добавляет возможность моделирования процессов термообработки, включая нормализацию, отжиг, закалку, отпуск, старение и науглероживание. DEFORM-HT может предсказывать твердость, остаточные напряжения, деформацию гашения и другие механические и материальные характеристики, важные для тех, которые нагревают.

Модели износа могут быть определены для каждой пары объектов, которые соприкасаются во время процесса. Они определяются в рамках данных между объектами. Нормы износа вычисляются для главного объекта, и этот объект должен иметь сетку конечных элементов.

В постпроцессоре пользователь может оценить общую (интегрированную) глубину износа до определенного шага для процесса, а также прирост износа за временной интервал последнего шага. Кроме того, пользователь может получить скользящие скорости, контактное давление и температуру раздела на поверхности контактной головки в постпроцессоре. Это означает, что для данной модели, для которой были вычислены данные деформации, пользователь может оценить различные модели износа без повторного запуска моделирования. Все переменные износа инструмента сохраняются как для основных, так и для ведомых объектов.

3.1 Модели износа инструмента

При моделировании процесса резки в программе «DEFORM-2D», применяются следующие модели износа инструмента:

а) Модель «Archard».

Данную эмпирическую модель расчета скорости абразивного износа поверхностей трения, основанную на шероховатости поверхностей, разработал британский инженер Джон Ф. Арчард в пятидесятых годах двадцатого века. Было выведено следующее уравнение:

$$Q = \frac{K \times W \times L}{H}, \quad (1)$$

где Q – скорость износа;

K – постоянный коэффициент износа;

W – общая нормальная нагрузка;

L – путь трения поверхностей;

H – твердость более мягкой из двух поверхностей.

Согласно данной модели сила трения пропорциональна объему материала удаленного в результате абразивного износа.

Модель Archard в основном предназначена для прогнозирования темпа износа инструмента с течением времени, она учитывает общее влияние таких факторов как например: прочность поверхностей режущего инструмента, коэффициент износа, скорость взаимодействия рабочих поверхностей инструмента, свойства материала инструмента и механические нагрузки.

Необходимо учесть, что модель Archard не предназначена для моделирования процессов с большими скоростями, характерными, например, для обработки металла резанием (фрезерованием, точением и т.д.), Модель Archard не учитывает воздействие температуры, так как коэффициент износа и прочность поверхности изменяются при воздействии на поверхности инструмента температуры около 900°C, возникающей при обработке металла резанием. Из это следует то, что модель Archard не подходит для прогнозирования износа инструмента, применяемого при обработке резанием, так как недостаточно описывает стойкость инструмента.

Модель износа Archard больше подходит для процессов таких, как холодная или горячая штамповка.

В программе «DEFORM» модель Archard имеет следующий вид:

$$W = \int K \frac{p^a v^b}{H^c} dt, \quad (2)$$

где W – износ инструмента;

p – давление между двумя поверхностями (контактное давление), МПа;

v – скорость скольжения, мм/сек;

H – твердость материала инструмента, HRC (при $K = 50$);

dt – приращение времени;

K – коэффициент масштабирования (при K равном 50 твердость вводится в HRC);

a, b, c – поправочные коэффициенты (для стального инструмента «a» и «b» равно 1, а «с» равно 2).

Значения коэффициентов K, a, b, c рекомендованы разработчиками программы «DEFORM».

На рисунке 3.1 показано диалоговое окно, которое предназначено для ввода значений коэффициентов для модели износа Archard в программе «DEFORM»

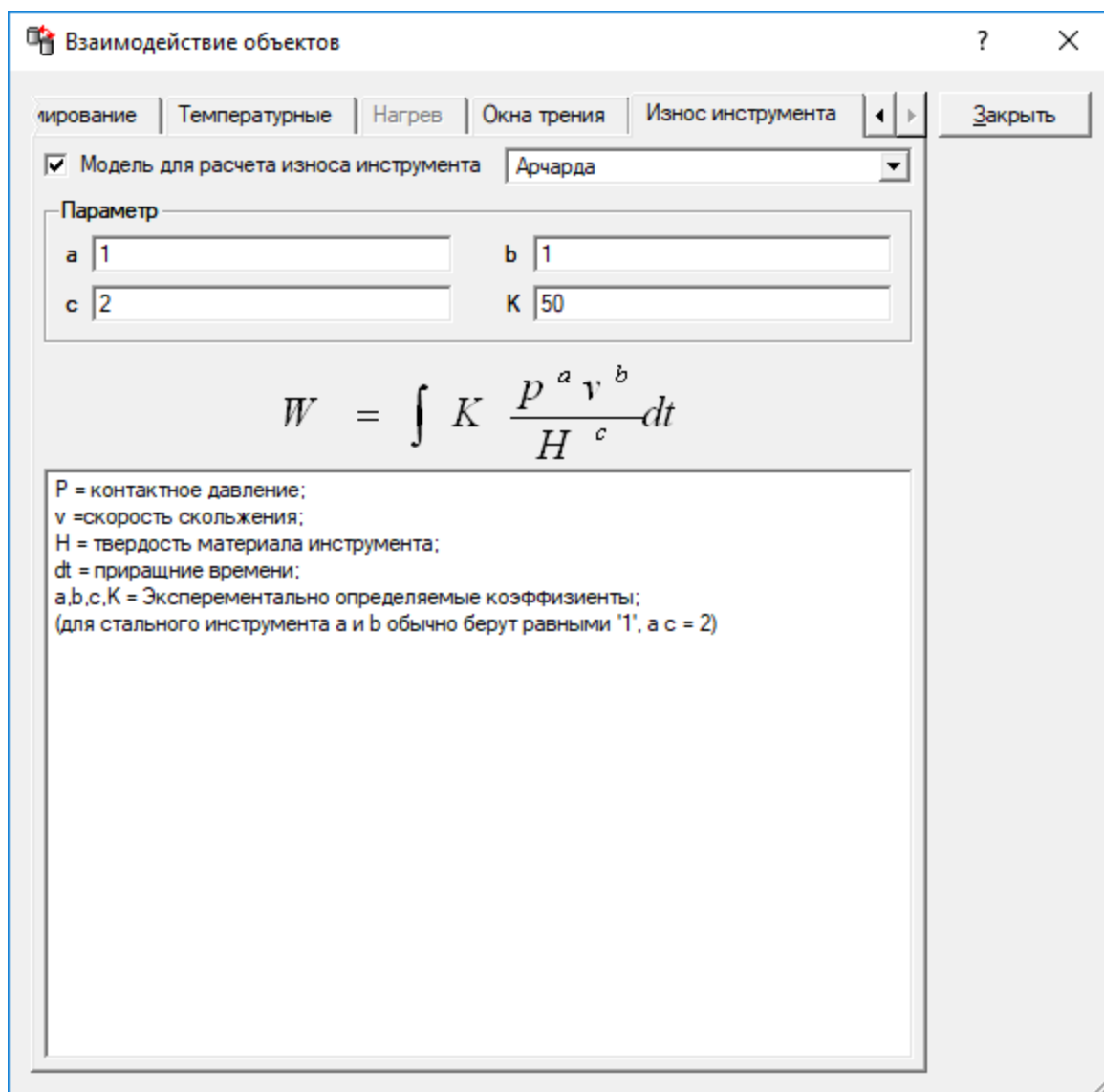


Рисунок 3.1 – Окно ввода значений коэффициентов для модели износа Archard в программе «DEFORM»

б) Модель «Usui».

Модель износа Usui рекомендуется разработчиками «DEFORM» для расчета непрерывных процессов, таких как обработка металла резанием.

В программе «DEFORM» модель Usui имеет следующий вид:

$$W = \int apVe^{-\frac{b}{T}} dt, \quad (3)$$

где p – давление между двумя поверхностями (контактное давление), МПа;

v – скорость скольжения, мм/сек;

T – температура поверхности;

dt – приращение времени;

a – межфазное давление на границе поверхности ($a = 1 \times 10^{-5}$).

a, b , – экспериментально определяемые поправочные коэффициенты (a – межфазное давление на границе поверхности равно 1×10^{-5} , b – порядок абсолютной температуры поверхности равный 1000).

На рисунке 3.2 показано диалоговое окно, которое предназначено для ввода значений коэффициентов для модели износа Usui в программе «DEFORM»

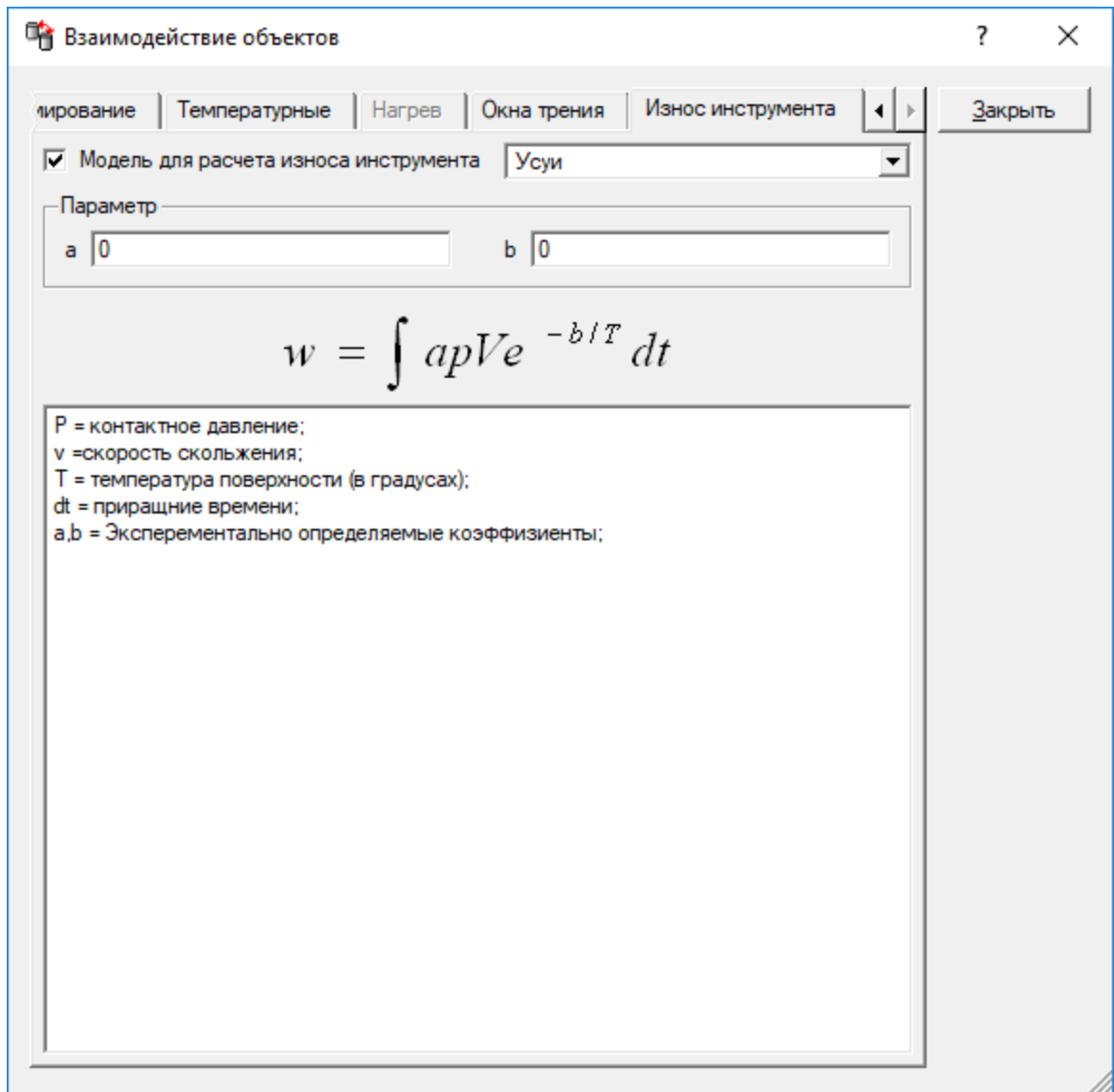


Рисунок 3.2 – Окно ввода значений коэффициентов для модели износа Usui в программе «DEFORM»

Обычно коэффициенты, используемые для этих моделей, должны исходить из серии калибровочных экспериментов. Вместо откалиброванных данных можно использовать стандартные значения для получения относительной скорости износа для аналогичных процессов. Правильные методы моделирования покрытий и обработки поверхности (например, азотирования) по-прежнему остаются предметом очень активных исследований. Поэтому сравнение эффектов различных обработок поверхности трудно без дополнительных данных.

В дополнение к моделям «Archard» и «Usui» также была предоставлена функциональность пользовательского шаблона, где пользователь может оценить любую другую модель, используя базовые данные модели, такие как скорость скольжения, давление интерфейса и температура интерфейса.

Из выше описанного следует, то что, для моделирования износа инструмента при выполнении разделительных операций, предназначенных для штамповки из тонколистовых заготовок наиболее подходящей является модель износа Archard. Также данная модель рекомендована разработчиками программы «DEFORM» для моделирования износа при осуществлении разделительных операций.

На рисунке 3.3 показано диалоговое окно «Взаимодействие объектов» с помощью которого накладываются связи между объектами и выбирается модель износа инструмента.

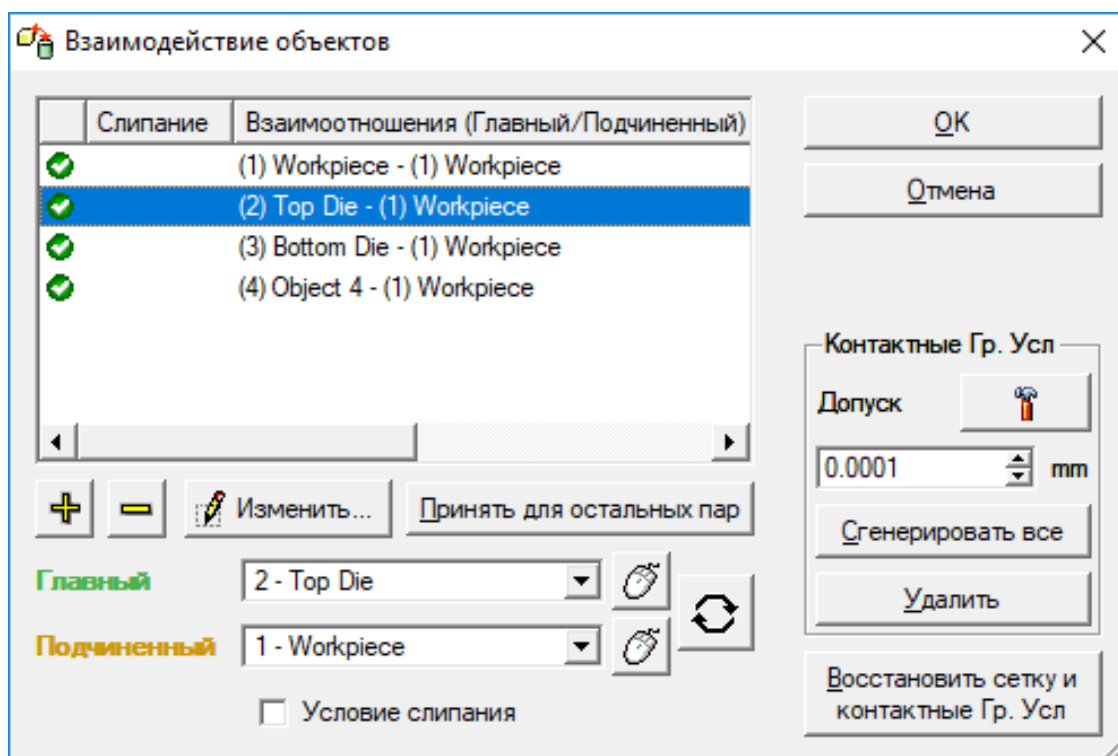


Рисунок 3.3 – Диалоговое окно «Взаимодействие объектов»

3.2 Расчет процесса резки

На рисунке 3.4 изображена модель, используемая для расчета процесса резки и моделирования износа инструмента. При расчете использовались такие элементы штампа как матрица, пуансон и прижим. Толщина заготовки 0,8 мм.

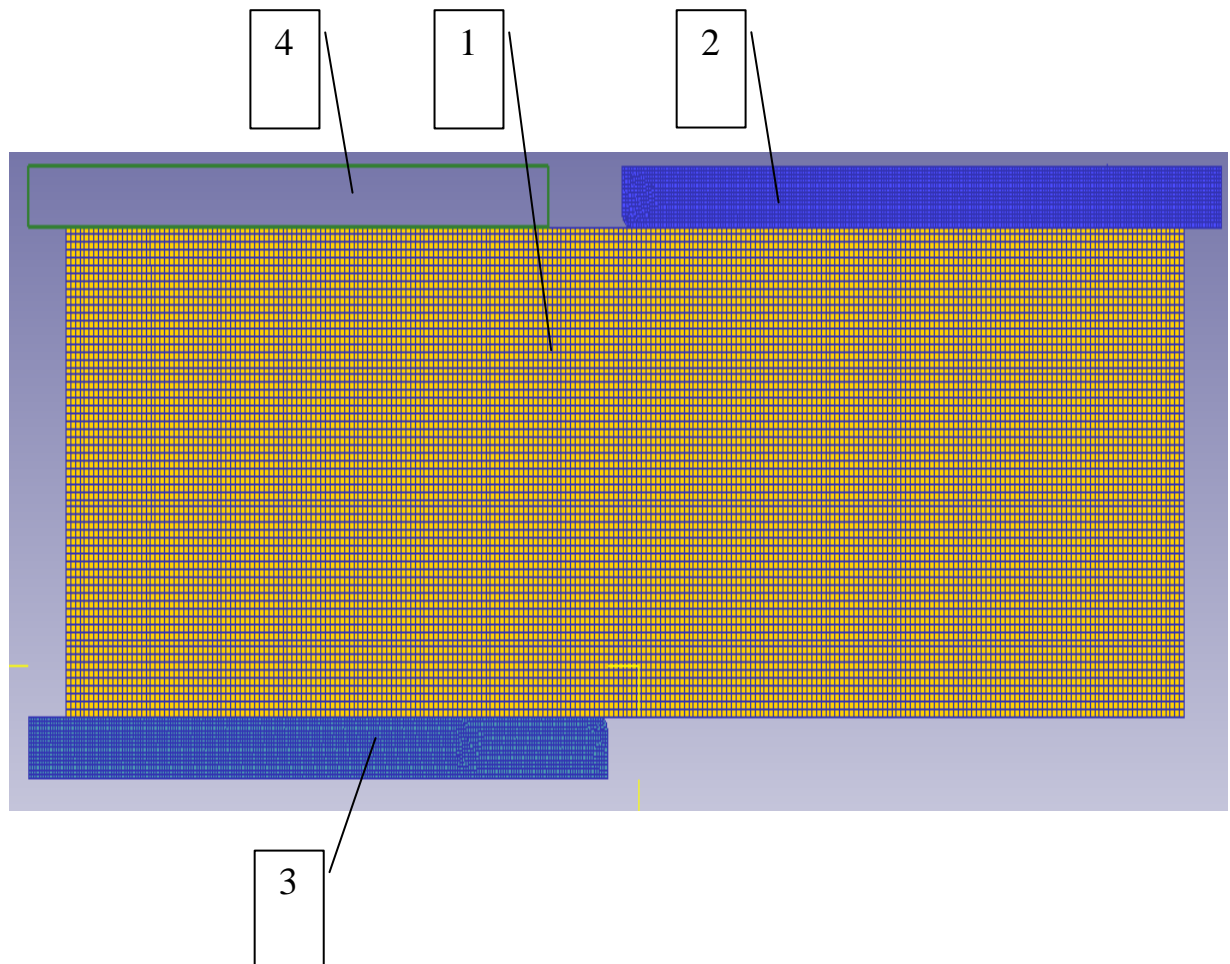


Рисунок 3.4 – Схема расположения частей штампа: 1 – заготовка;
2 – пуансон; 3 – матрица; 4 – прижим

В таблице 3.1 приведены основные исходные данные используемые в расчете: материал инструмента и заготовки, скорость перемещения пуансона, твердость материала инструмента и заготовки и т.д.

Таблица 3.1 – Исходные для расчета разделительной операции

Параметр расчета	Значение
Количество шагов расчета	100
Перемещение инструмента, мм/шаг	0,01
Количество конечных элементов: -для частей штампа -для заготовки	3000 15000
Материал: -для частей штампа -для заготовки	У10А 08Ю
Температура, °С	20
Твёрдость: -для частей штампа, HRC -для заготовки, HB	62 248
Скорость перемещения пуансона, мм/сек	10

На рисунках с 3.6 по 3.14 изображены диалоговые окна для ввода основных исходных данных приведенных в таблице 3.1., используемых при расчете в программе «DEFORM».

Проводится несколько расчетов, которые отличаются между собой величиной технологического зазора между пуансоном и матрицей. Использовались следующие величины технологического зазора между инструментами: 0,001 мм, 0,02 мм, 0,04 мм, 0,06 мм, 0,08 мм, 0,1 мм.

Изменение технологического зазора между инструментами в программе «DEFORM» проводится в диалоговом окне «Позиционирование объектов» изображённом на рисунке 3.5.

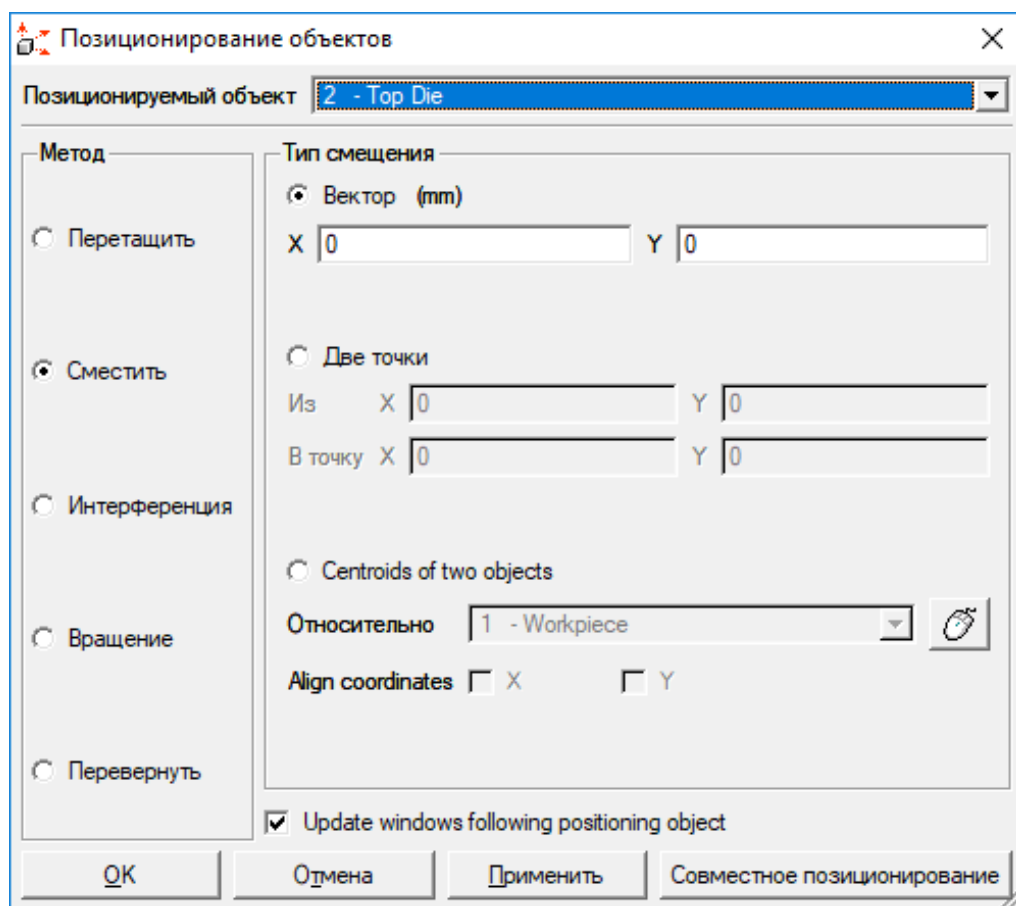


Рисунок 3.5 – Диалоговое окно «Позиционирование объектов»

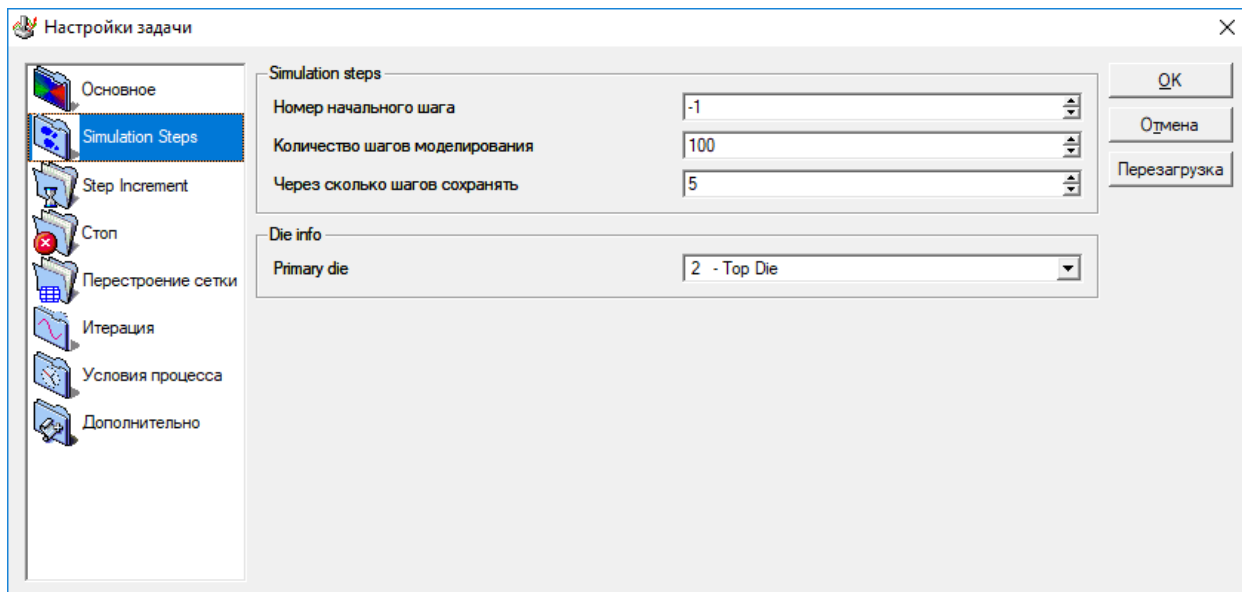


Рисунок 3.6 – Окно ввода количества шагов расчета в программе «DEFORM»

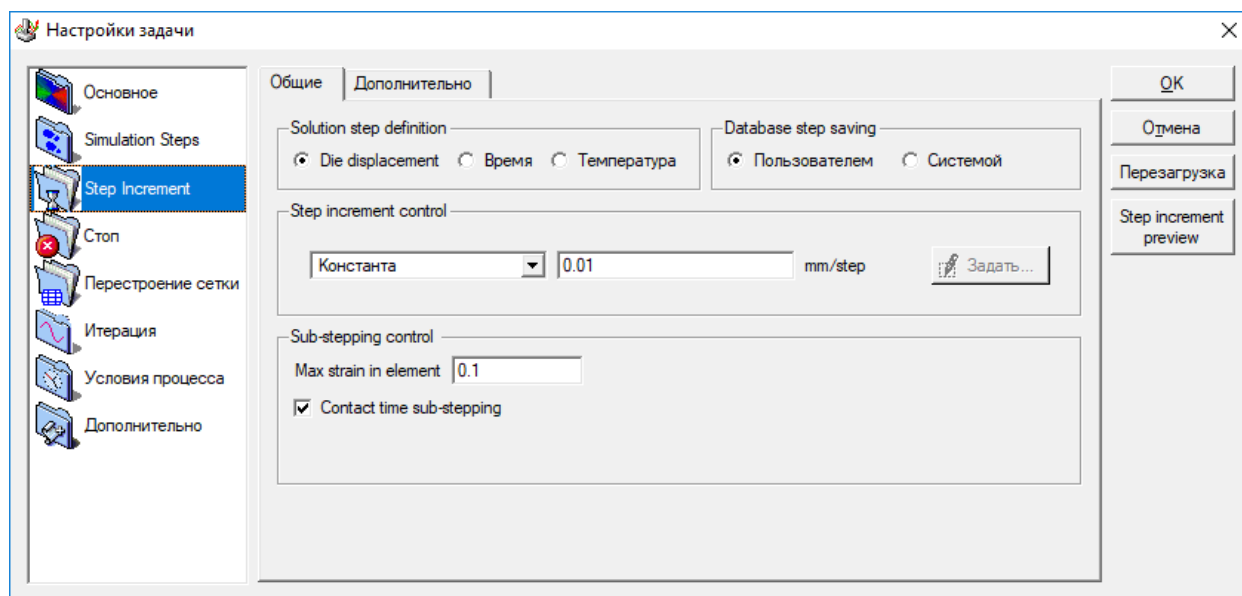


Рисунок 3.7 – Окно ввода значения перемещения инструмента в программе «DEFORM»

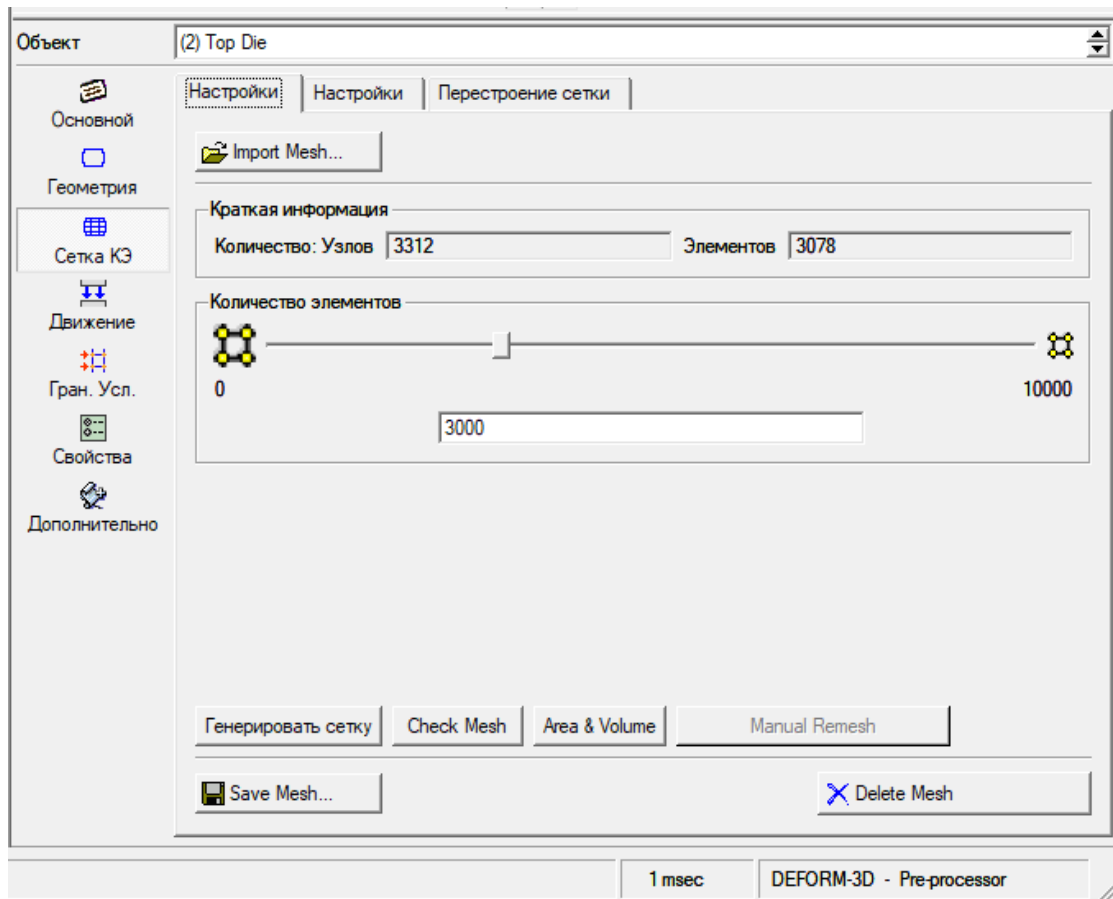


Рисунок 3.8 – Окно ввода значения количества конечных элементов для частей штампа в программе «DEFORM»

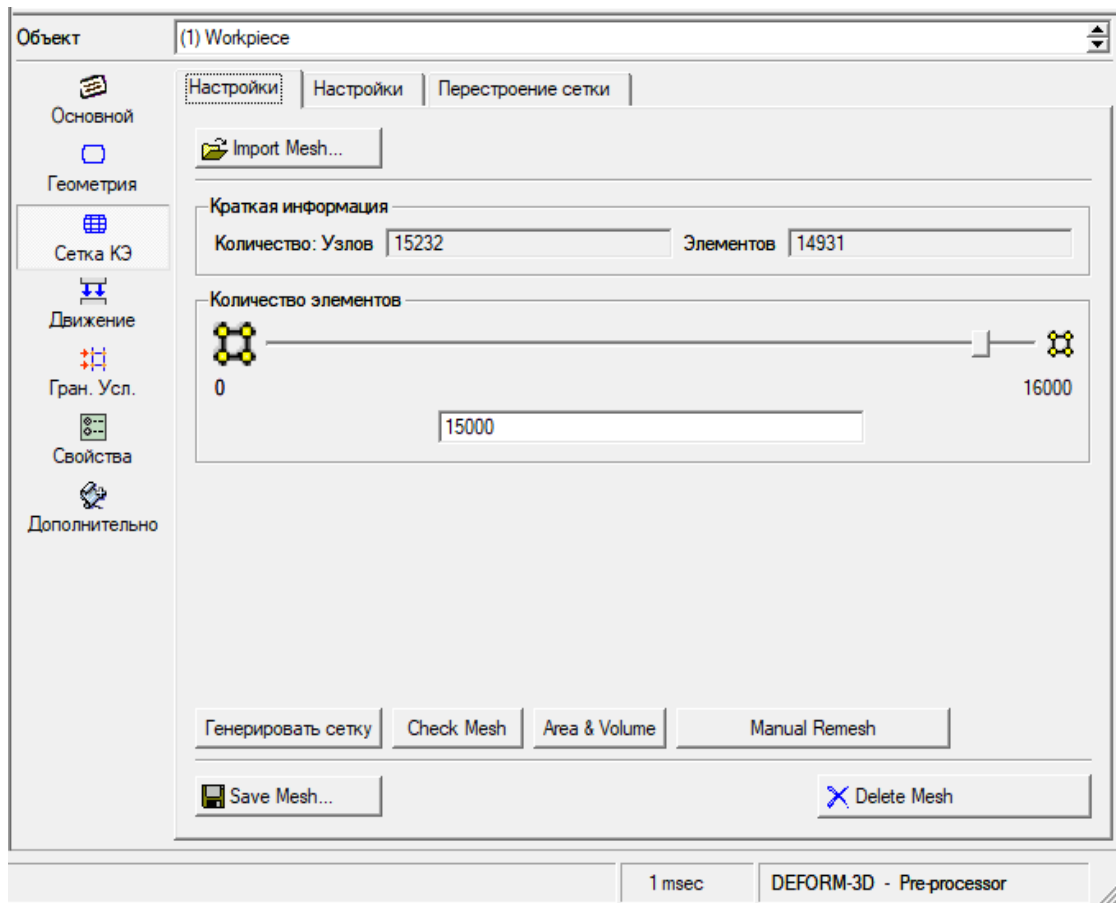


Рисунок 3.9 – Окно ввода значения количества конечных элементов для заготовки в программе «DEFORM»

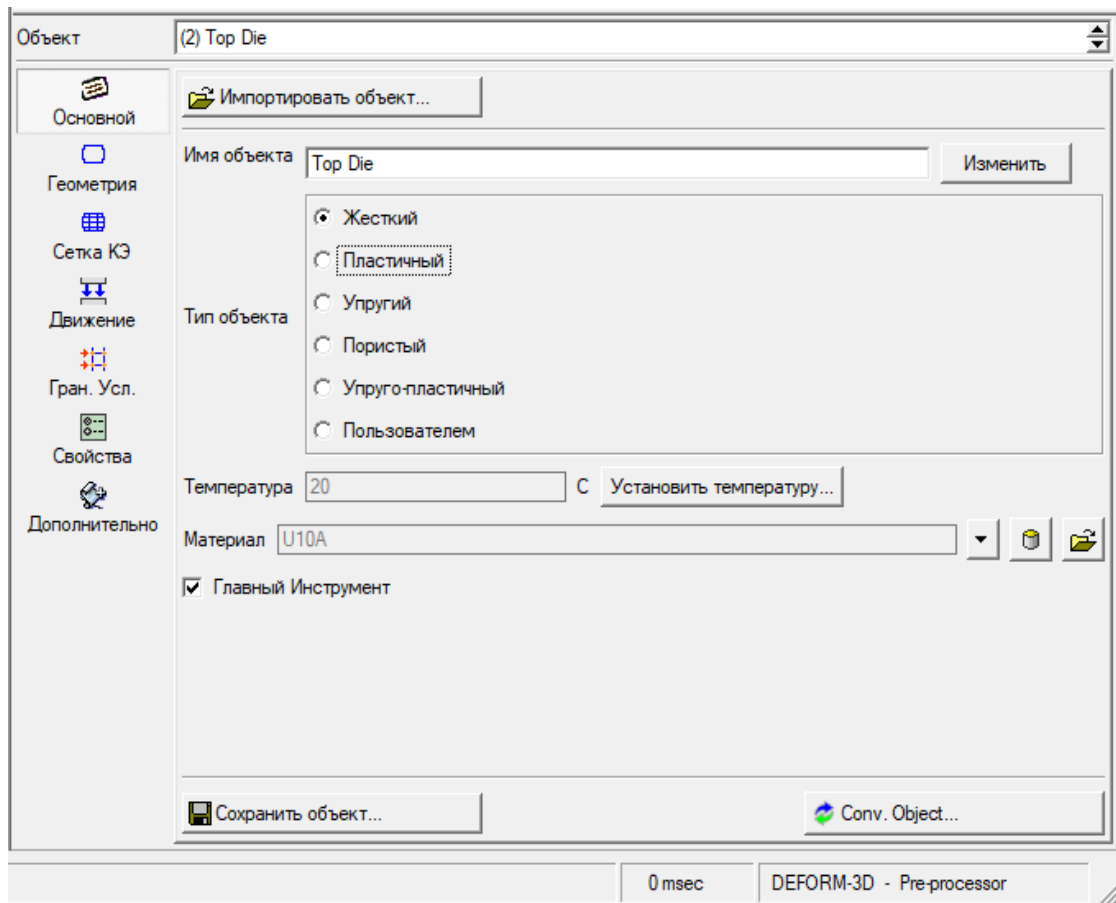


Рисунок 3.10 – Окно ввода значения температуры и выбора материала для частей штампа в программе «DEFORM»

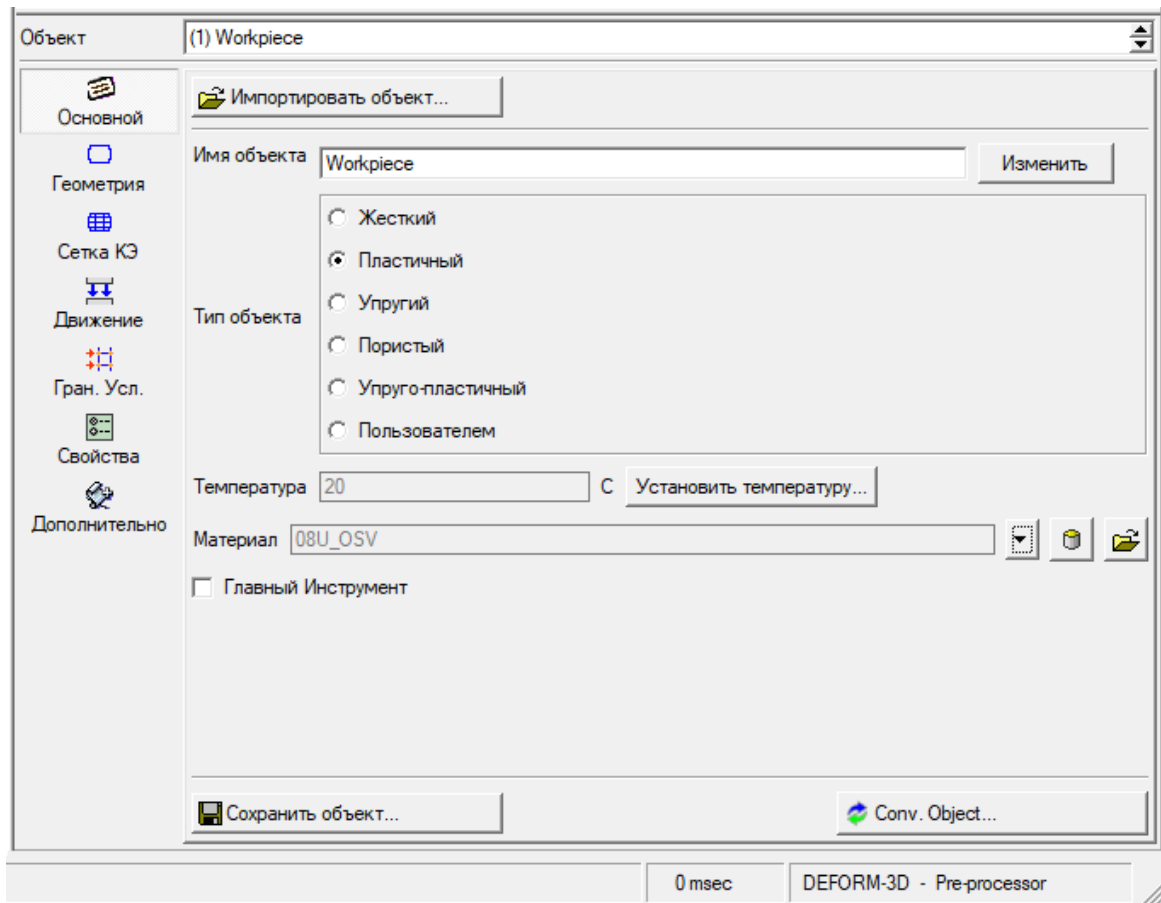


Рисунок 3.11 – Окно ввода значения температуры и выбора материала для заготовки в программе «DEFORM»

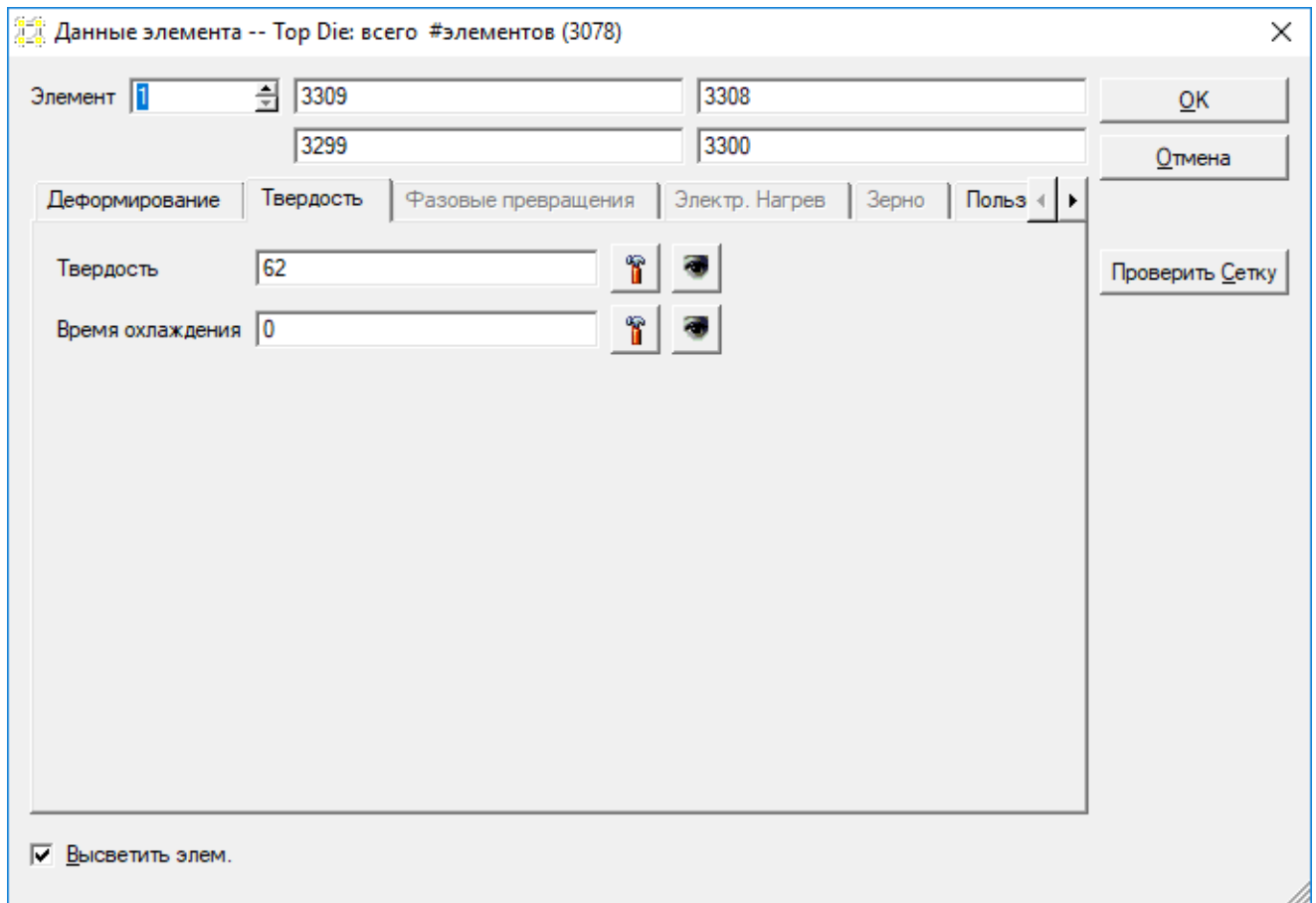


Рисунок 3.12 – Окно ввода значения твердости (в HRC) для частей штампа в программе «DEFORM»

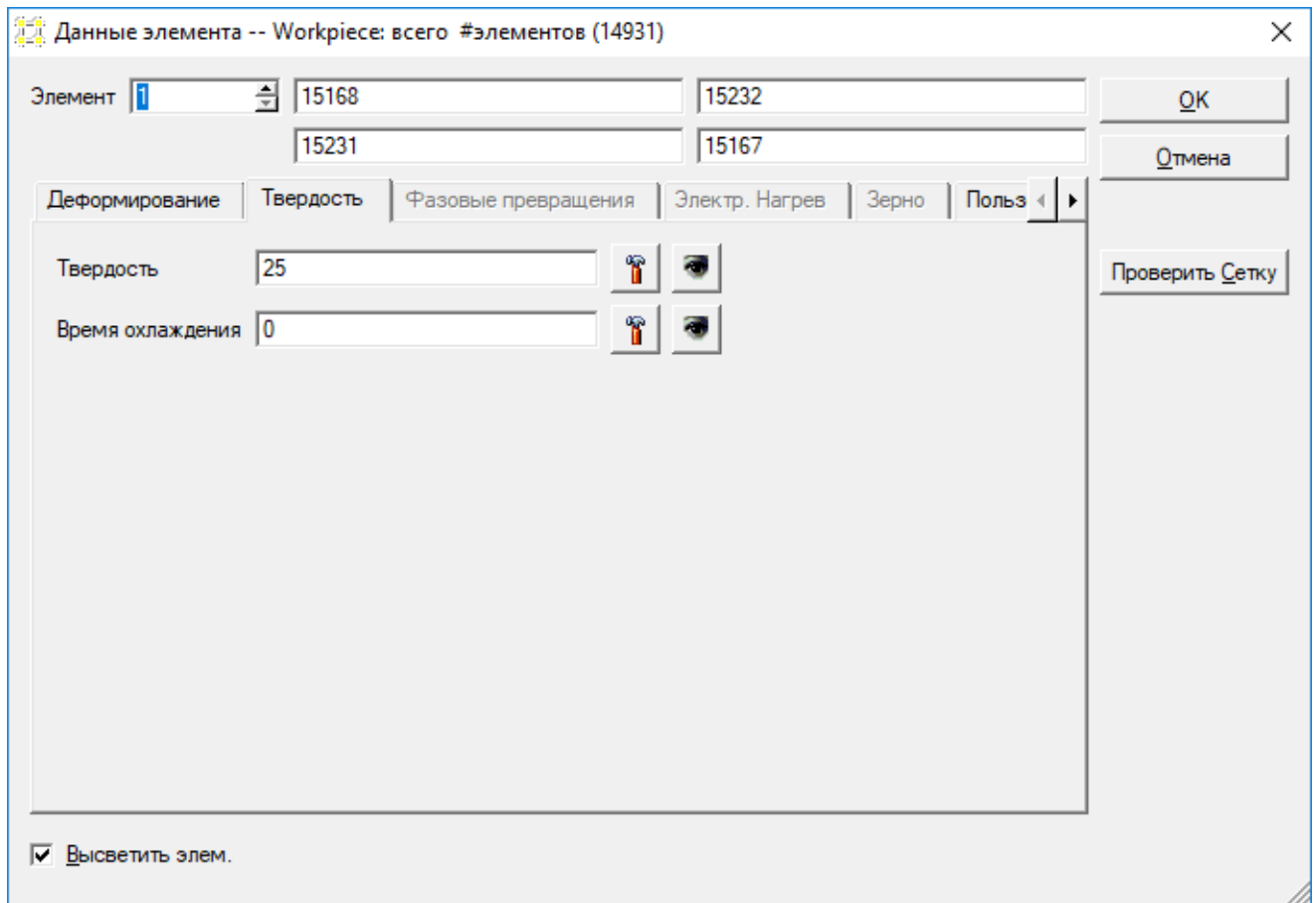


Рисунок 3.13 – Окно ввода значения твердости (в HRC) для заготовки в программе «DEFORM»

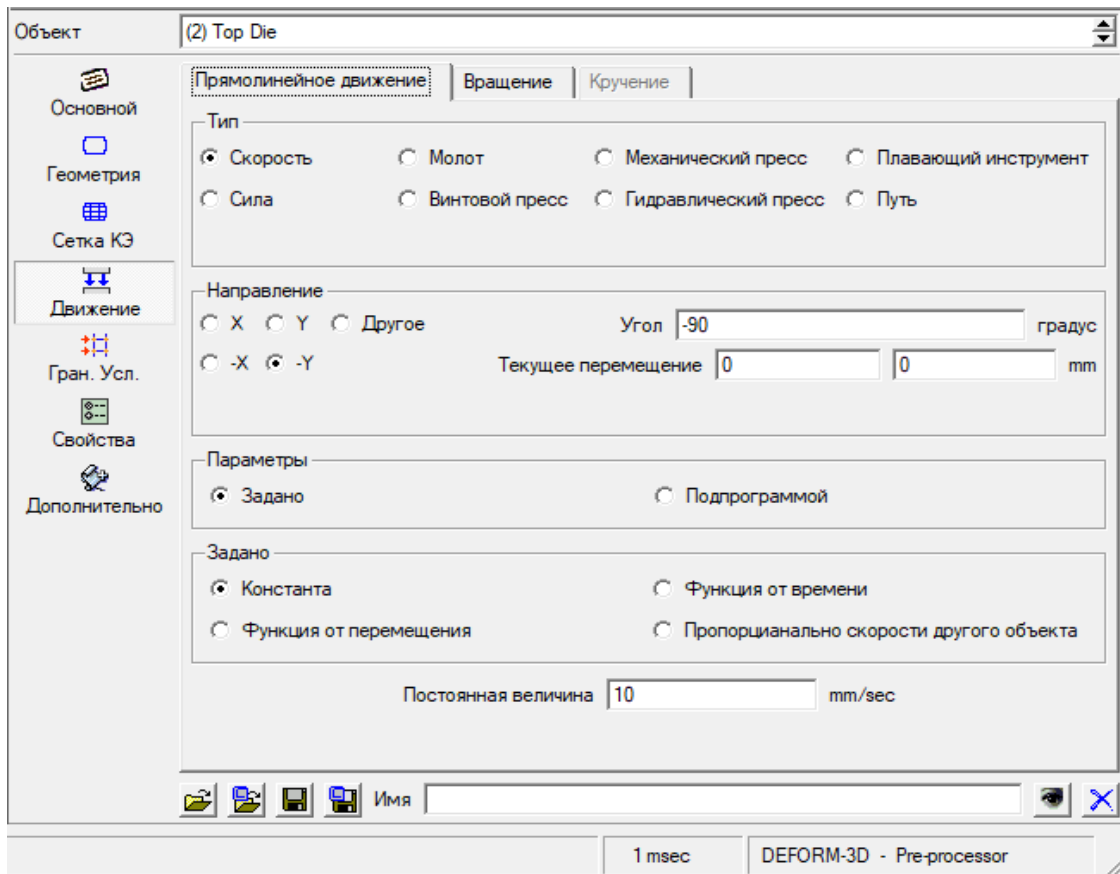


Рисунок 3.14 – Окно ввода скорости и направления движения пуансона в программе «DEFORM»

Перед запуском расчета необходимо проверить возможность генерации базы данных (рисунок 3.15) и сгенерировать (рисунок 3.16) базу данных расчета.

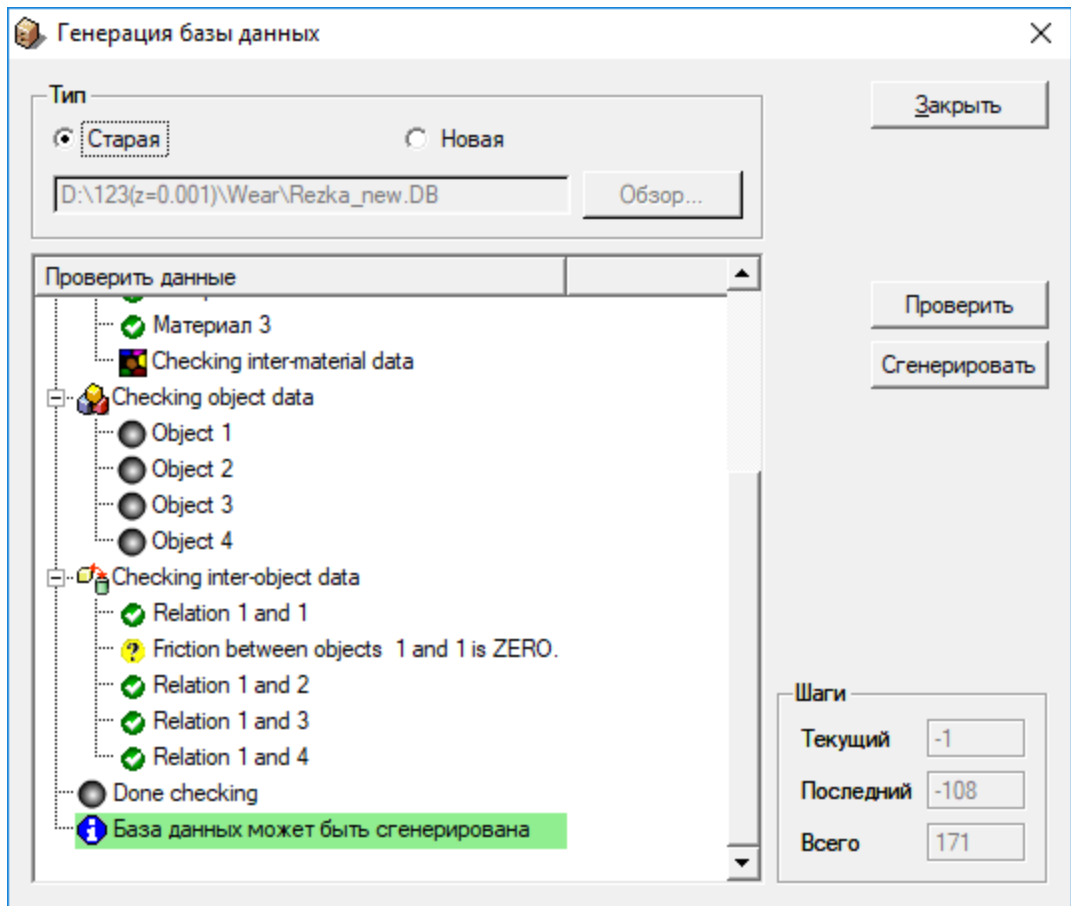


Рисунок 3.15 – Проверка возможности генерации базы данных в диалоговом окне «Генерация базы данных»

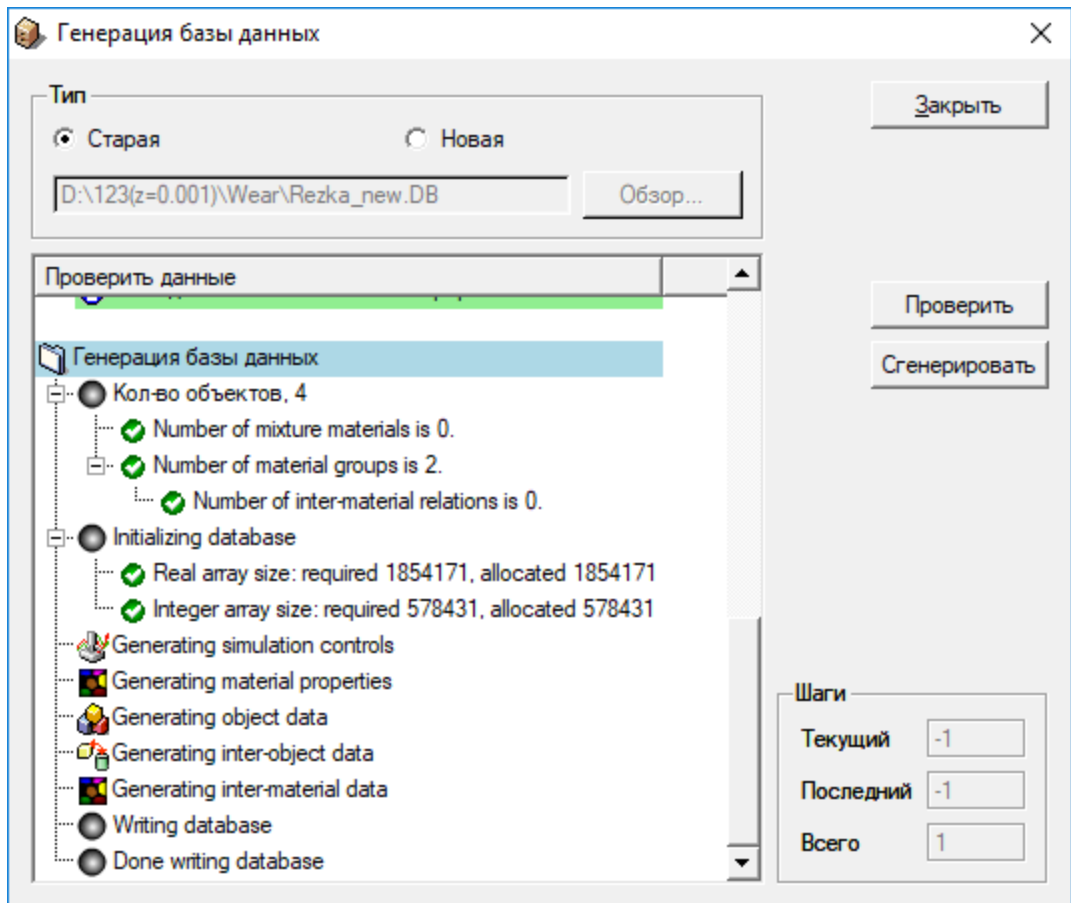


Рисунок 3.16 –Генерация базы данных в диалоговом окне «Генерация базы данных»

3.3 Обоснование выбора материала инструмента

Инструмент, который используют в холодной листовой штамповке (матрицы и пуансоны) производят из штамповых сталей.

Штамповые стали характеризуют следующие свойства: высокая износостойкость, твердость, прочность, сопротивление пластическим деформациям, вязкость (чтобы воспринимать ударные нагрузки).

При изготовлении штампов, которые имеют небольшие размеры (до 25 мм) применяют углеродистые инструментальные стали У10, У11, У12. После закалки и низкого отпуска данные стали имеют твердость от 57 до 65 HRC. В связи с этим инструмент имеет высокую ударную вязкость и износостойкость.

В качестве материала инструмента выбрана инструментальная углеродистая высококачественная сталь У10А, так как данная сталь применяется для изготовления инструментов небольших размеров и работающих без разогрева режущей кромки.

Расшифровка марки стали У10А: буква У говорит о том, что это инструментальная нелегированная сталь, с содержанием углерода 1%, буква А на конце марки стали показывает на то что это высококачественная сталь с малым количеством вредных примесей.

Применение в промышленности: Инструмент который работает в условиях, которые не вызывают разогрева рабочих поверхностей, а именно это матрицы и пуансоны для холодной штамповки, надфили, ручные метчики, пилы для обработки древесины, рашпили, гладкие калибры, топоры.

Характеристики стали У10А приведены в таблицах с 3.2 по 3.5.

Таблица 3.2 – Массовая доля элементов в стали У10А, %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,96- 1,03	0,17- 0,33	0,17- 0,28	до 0,2	до 0,018	до 0,025	до 0,2	до 0,2

Таблица 3.3 – Механические свойства проката сечением 0,1 – 4,0 мм (ГОСТ 2283-79)

Состояние поставки	σ_B (МПа)	δ_5 (%)
Лента холоднокатанная:		
отожженная	750	10
нагартованная	750-1200	–
нагартованная, класса прочности Н1	750-900	–
нагартованная, класса прочности Н3	1050-1200	–
Лента отожженная высшей категории качества	700	13

Таблица 3.4 – Твердость в зависимости от температуры отпуска

Температура отпуска, °С	HRC
Закалка 760-780°С, вода	
160-200	63-65
200-300	57-63
300-400	49-57
400-500	40-49

Таблица 3.5 – Механические свойства в зависимости от температуры испытания

Температура испытаний, °С	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ (%)
Образец диаметром 5 мм и длиной 25 мм деформированный и отожженный. Скорость деформирования 10 мм/мин. Скорость деформации 0,007 1/с			
700	105	50	87
800	90	52	100
900	55	59	100
1000	29	70	100
1100	18	78	100
1200	16	86	100

3.4 Обоснование выбора материала заготовки

Сталь 08Ю выбрана в качестве материала заготовки так как выбранная сталь часто применяется при изготовлении деталей в автомобилестроении и машиностроении методами холодной листовой штамповки с особо сложной и сложной вытяжкой.

08Ю это конструкционная углеродистая качественная сталь, которая содержит углерода 0,8%, буква Ю на конце марки стали показывает на то что в данной стали содержится алюминий с массовой долей от 0,02 до 0,07%.

Характеристики стали 08Ю приведены в таблицах с 3.6 по 3.8.

Таблица 3.6 – Массовая доля элементов в стали 08Ю, %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Al	Cu
До 0,07	До 0,01	0,2-0,35	До 0,06	До 0,025	До 0,02	До 0,03	0,02- 0,07	До 0,06

Таблица 3.7 – Зарубежные аналоги

США	A619, A620, K00040
Германия	1.0338, 1.0346, 1.0347, DC03, DC04, DC04G1, RRSt3, St12, St14, St4
Япония	CR4, SPCC, SPCE
Франция	3C, DC03, DC04, E, ES, FeP01
Англия	1449-12CR, 1449-1CR, 1449-3CR, 1CS, 1HR, 1HS, 2HR, 3HR, DC03, DC04, FeP01
Евросоюз	DC01, E, FeP03, FeP04
Италия	DC01, DC03, DC04, FeP02, FeP04
Испания	AP04, DC03, DC04
Швеция	1142, 1147
Польша	08J, 08JA
Румыния	A3k
Чехия	11305, 11321
Финляндия	RACOLD03F, RACOLD04F
Австрия	St02F, St04F
Австралия	CA2, CA3, CA4, HA3, HA4N

Таблица 3.8 – Механические свойства при $T = 20^{\circ}\text{C}$

Сортамент	Размер	σ_B	σ_T	δ_5	ψ
	мм	МПа	МПа	%	%
Лист термообработанный, ГОСТ 4041-71	4-8	360	–	36	–
Трубы, ГОСТ 10705-80	–	255	174	30	–
Полоса, ГОСТ 1577-93	6-60	290	175	35	60

3.5 Результаты расчета и анализ полученных данных

На рисунке 3.17 представлено диалоговое окно выбора анализируемого параметра, а именно глубина износа инструмента (Wear depth).

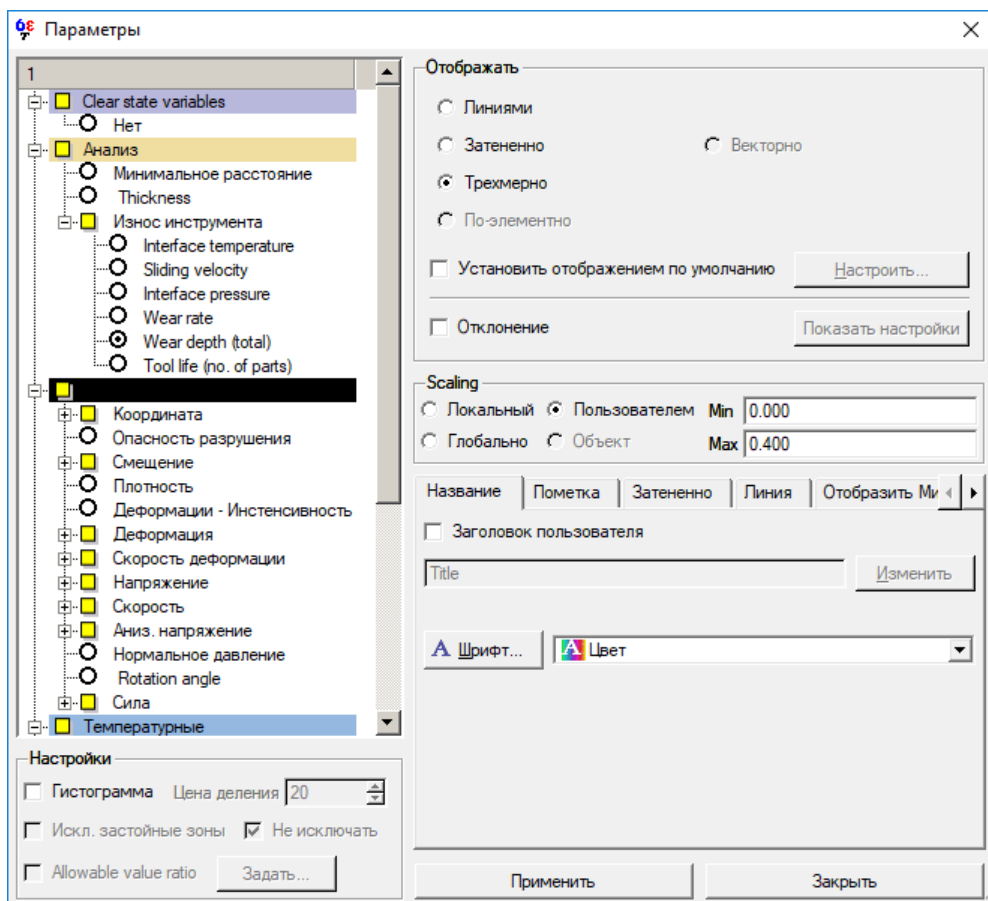


Рисунок 3.17 – Диалоговое окно выбора анализируемого параметра

На основании расчета был получен график отношения средней глубины износа пуансона и матрицы к технологическому зазору между инструментами (рисунок 3.18), а также установлены профили инструмента с показанным на нем износом при различных величинах зазора между матрицей и пуансоном изображенных на рисунках с 3.22 по 3.33.

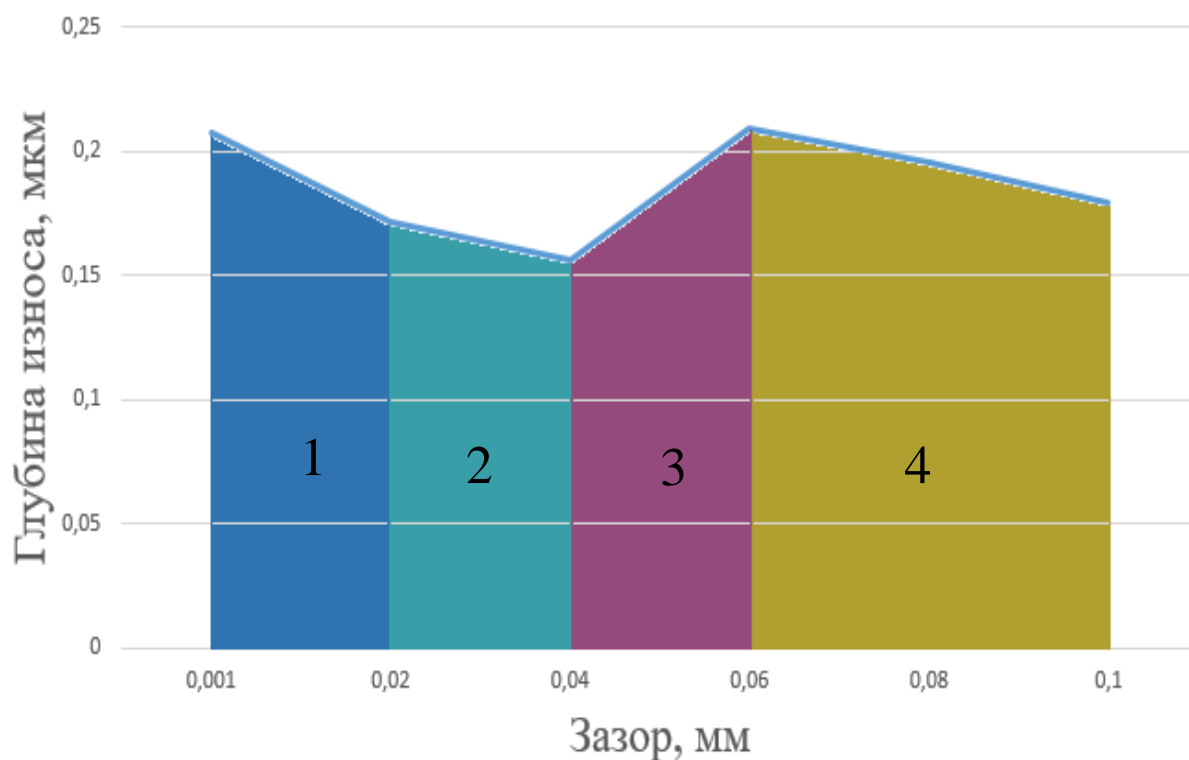


Рисунок 3.18 – График отношения средней глубины износа пуансона и матрицы к технологическому зазору между инструментами

Средняя глубина износа инструмента получена в результате замера значения максимального торцевого и бокового износа матрицы и пуансона (рисунок 3.19) после окончания расчета в программе «DEFORM», с последующим вычисление среднего износа для каждого значения величины технологического зазора между инструментами.

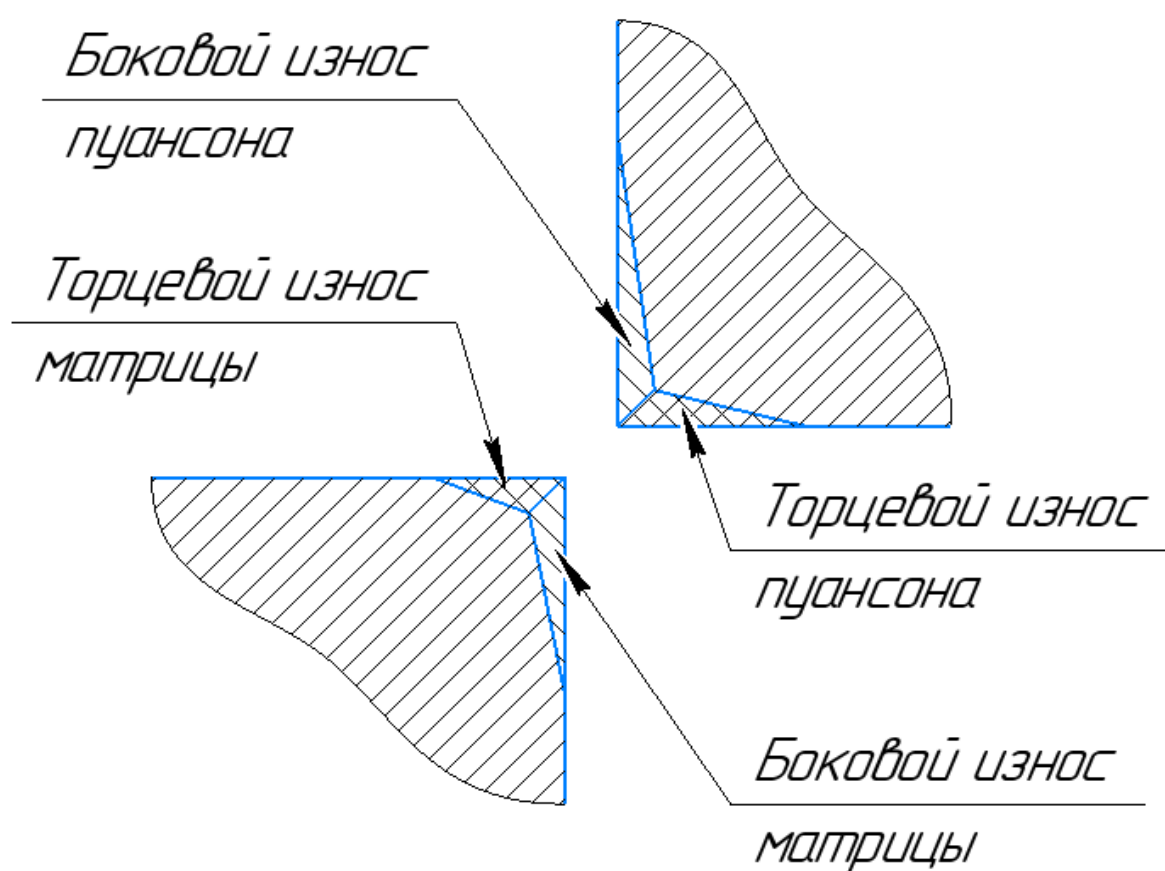


Рисунок 3.19 – Принципиальная схема классификации износа рабочих частей матрицы и пуансона

В программе «DEFORM» есть возможность построения графиков (рисунок 3.21), показывающих изменение исследуемого параметра в нескольких точках располагаемыми пользователем на объекте симуляции (рисунок 3.20).

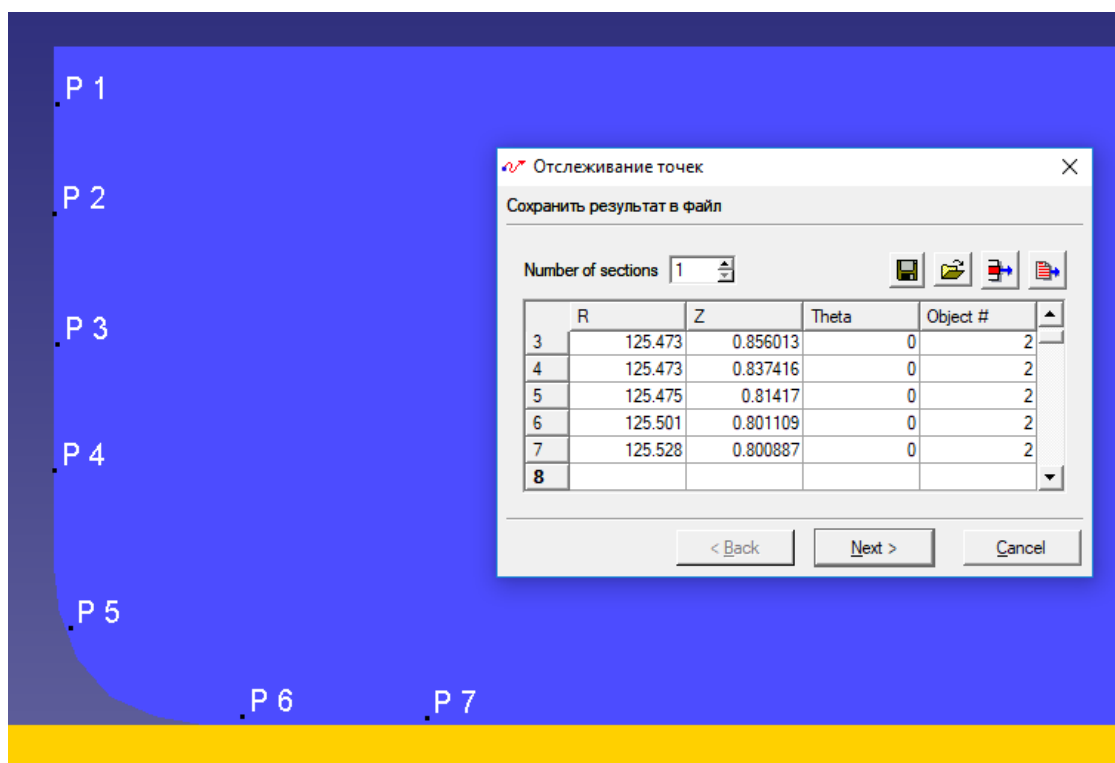


Рисунок 3.20 – Расположение исследуемых точек на пуансоне

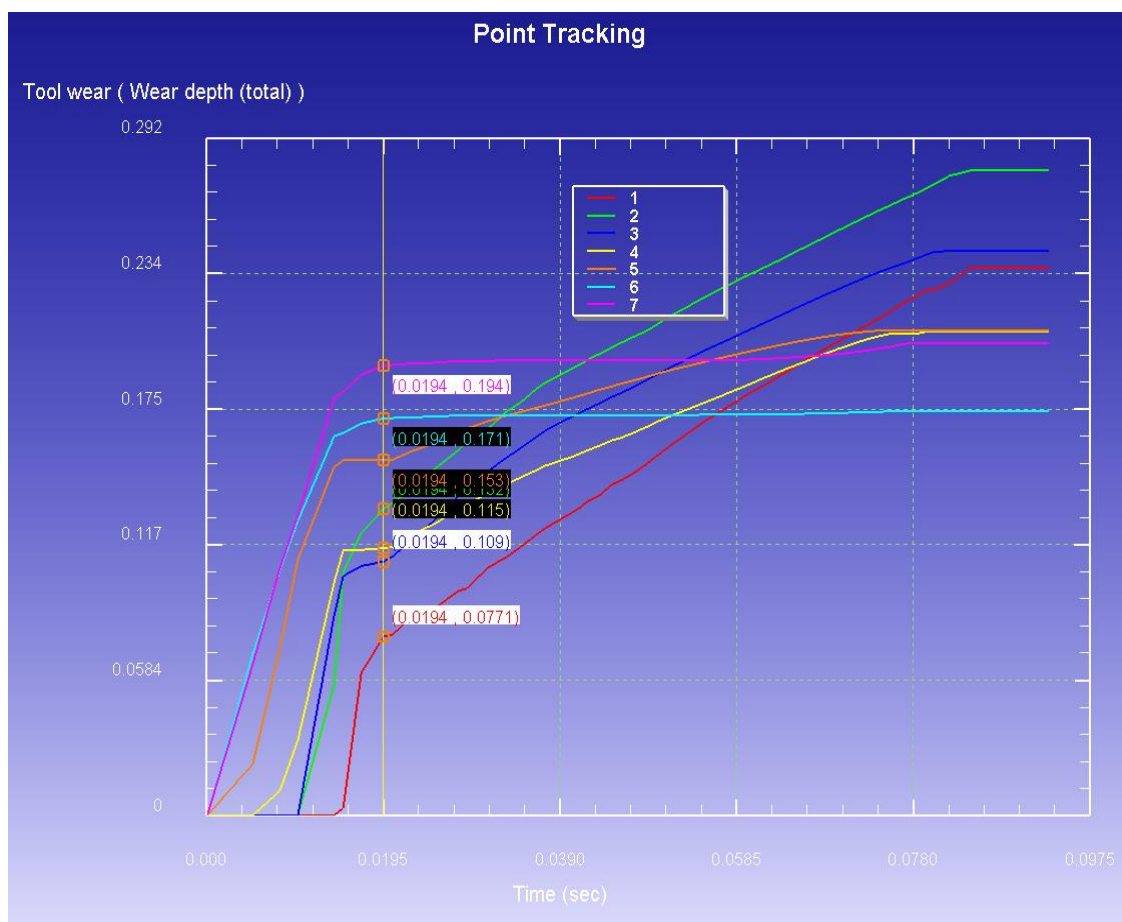


Рисунок 3.21 – График показывающий изменение глубины износа в нескольких точках, расположенных на пунсоне

График изображенный на рисунке 3.18 разделен на четыре зоны, каждой из которой соответствует повышение или понижение величины износа.

В зоне 1 наблюдается интенсивный износ пуансона и матрицы, что объясняется наличием значительных сил внешнего трения на боковых рабочих поверхностях инструмента как при внедрении пуансона в деформируемый материал, так и в период проталкивания детали.

В зоне 2 износ инструмента интенсивно замедляется, что обусловлено наличием благоприятных условий (таких как совпадение скалывающих трещин, идущих от режущих кромок матрицы и пуансона, а также уменьшение затраты усилия на преодоление сил трения) для разделения металла в очаге деформации, так как при данном интервале зазора общая работа разделения меньше, чем в зоне 1.

В зоне 3 наблюдается повышение износа инструмента по сравнению с зоной 2, так как увеличивается общая работа резания в связи с возникновением таких дополнительных явлений, сопровождающих процесс резания, как изгиб и растяжение деформируемого материала.

В зоне 4, для которой характерны большие значения технологического зазора между инструментами, наблюдается уменьшение износа по причине низкого сопротивления разделению и, как следствие, уменьшение работы разделения.

Анализ представленных на графике зависимостей показал, что наименьшая величина износа на инструменте характеризует наиболее благоприятные условия осуществления разделительной операции.

Наименьшее значение износа наблюдается при величине зазора между инструментами в интервале от 0,02 до 0,04 мм, что определяет необходимость применения данных величин зазора для снижения интенсивности износа рабочих поверхностей матрицы и пуансона.

При высоком технологическом зазоре между матрицей и пуансоном на поверхности вырубаемой детали со стороны матрицы, появляется высокий изгиб, а на кромках поверхности детали со стороны пуансона, возникает заусенец.

При недостаточном зазоре поверхность среза на детали вместо одной блестящей полосы имеет две: одну сверху, а другую снизу со значительными наплывами, а по кромке поверхности, обращенной к пуансону, появляется протянутый рваный заусенец с небольшим уширением кверху.

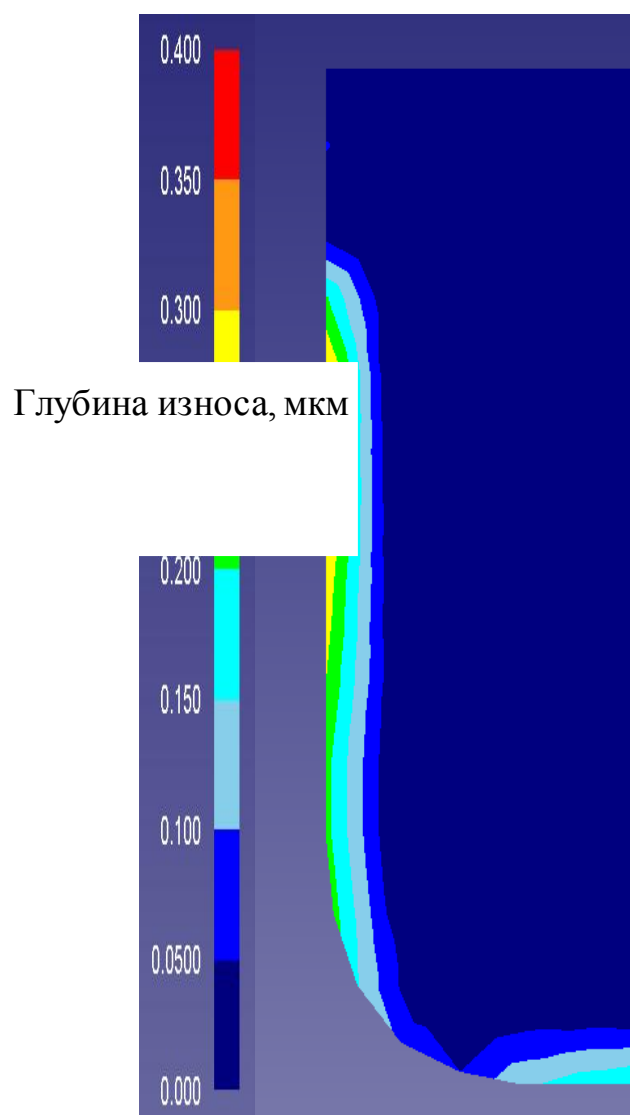


Рисунок 3.22 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,001 мм

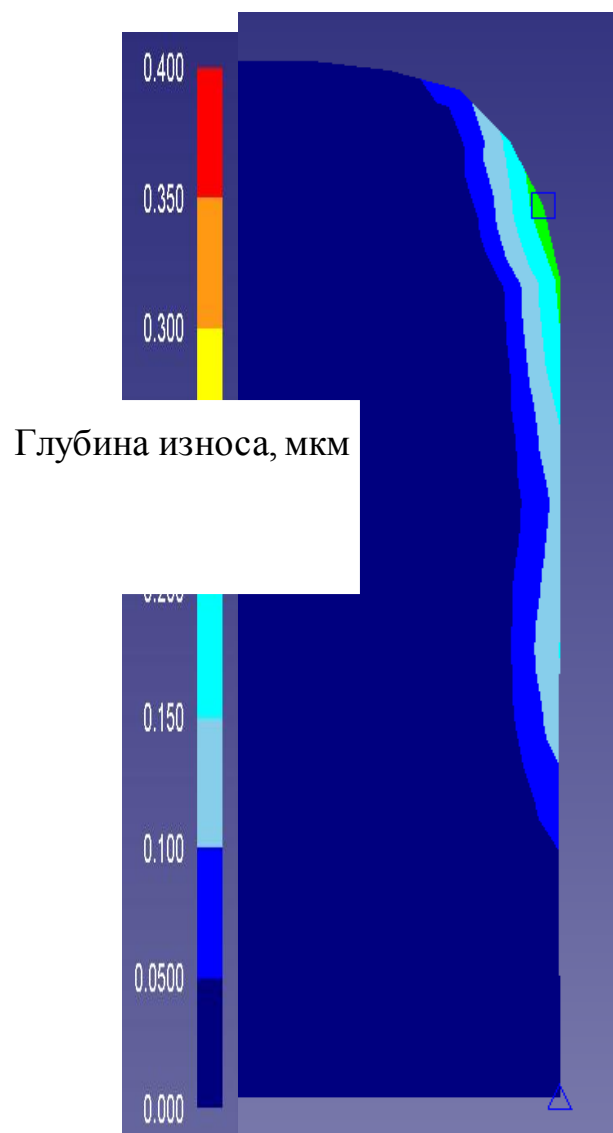


Рисунок 3.23 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,001 мм

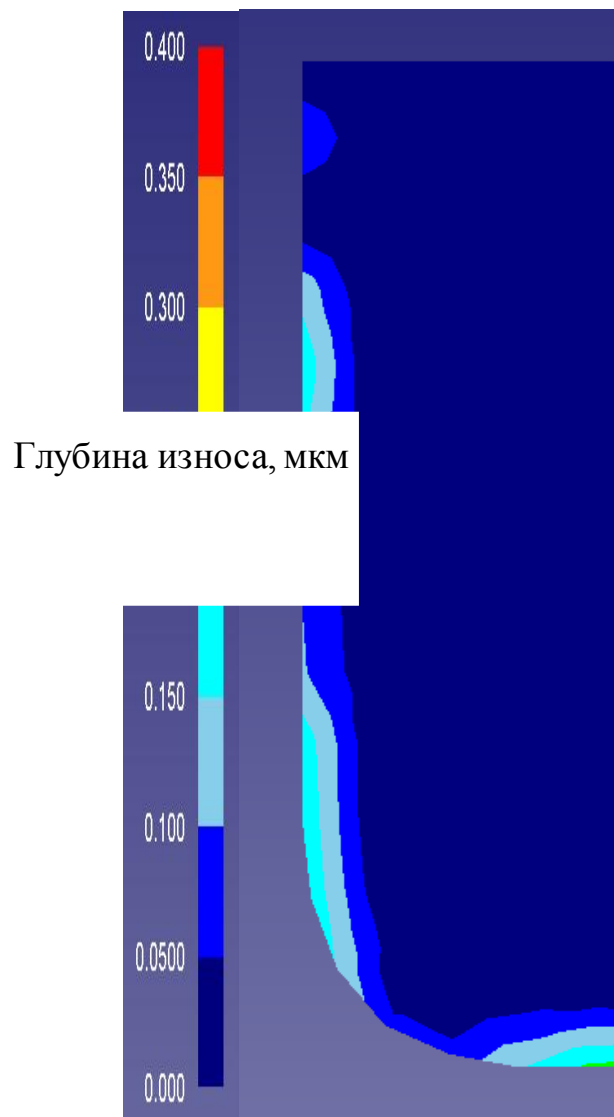


Рисунок 3.24 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,02 мм

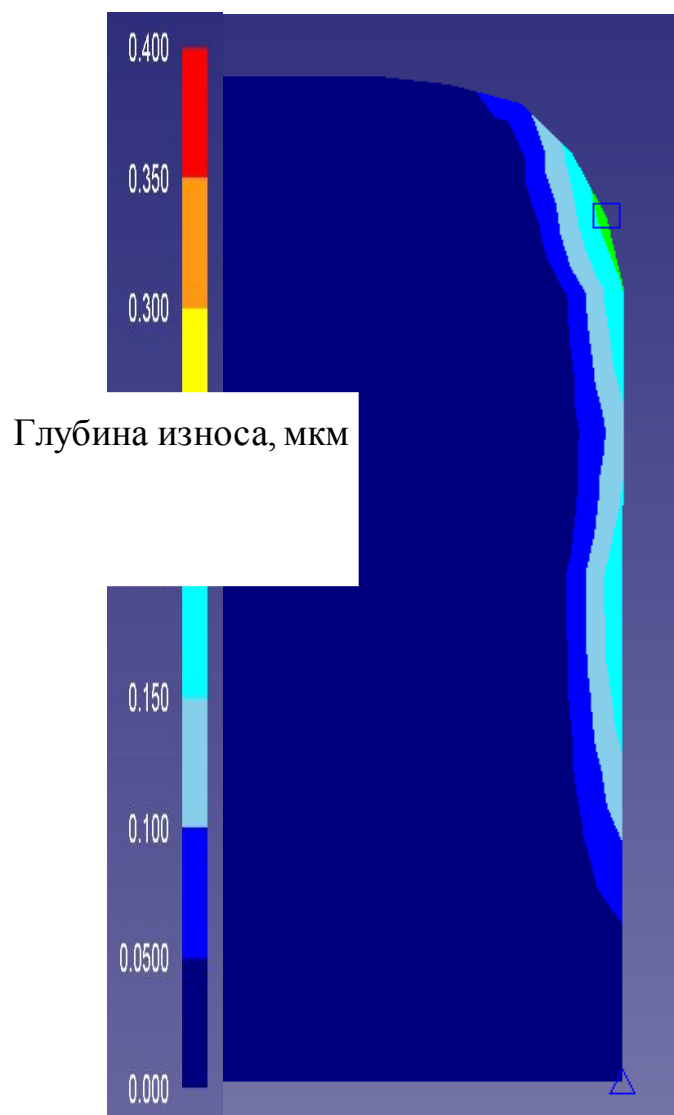


Рисунок 3.25 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,02 мм

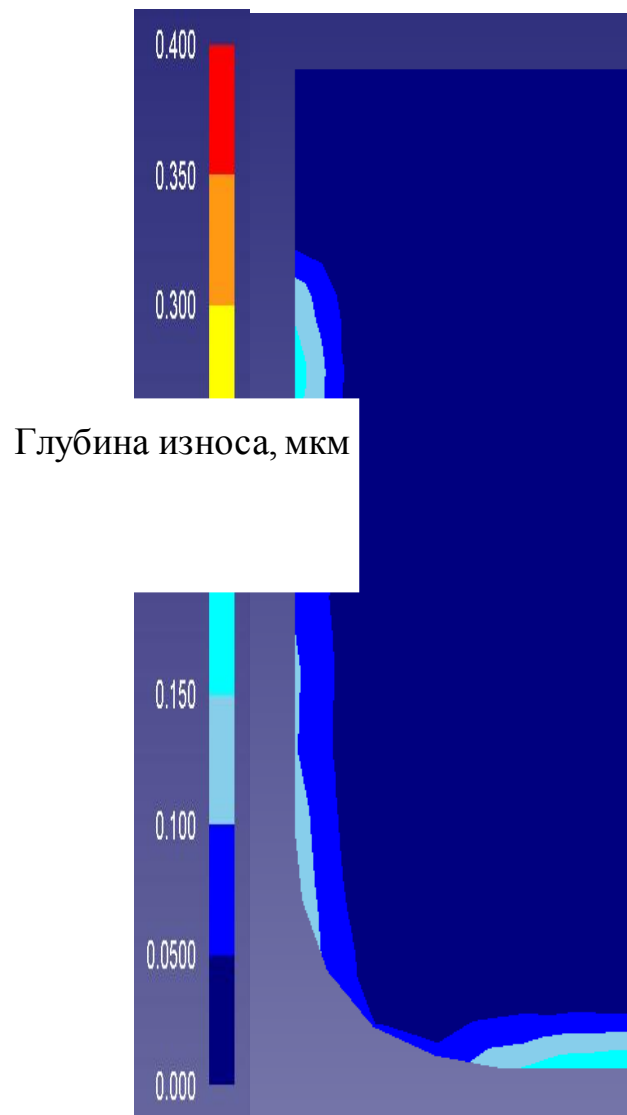


Рисунок 3.26 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,04 мм

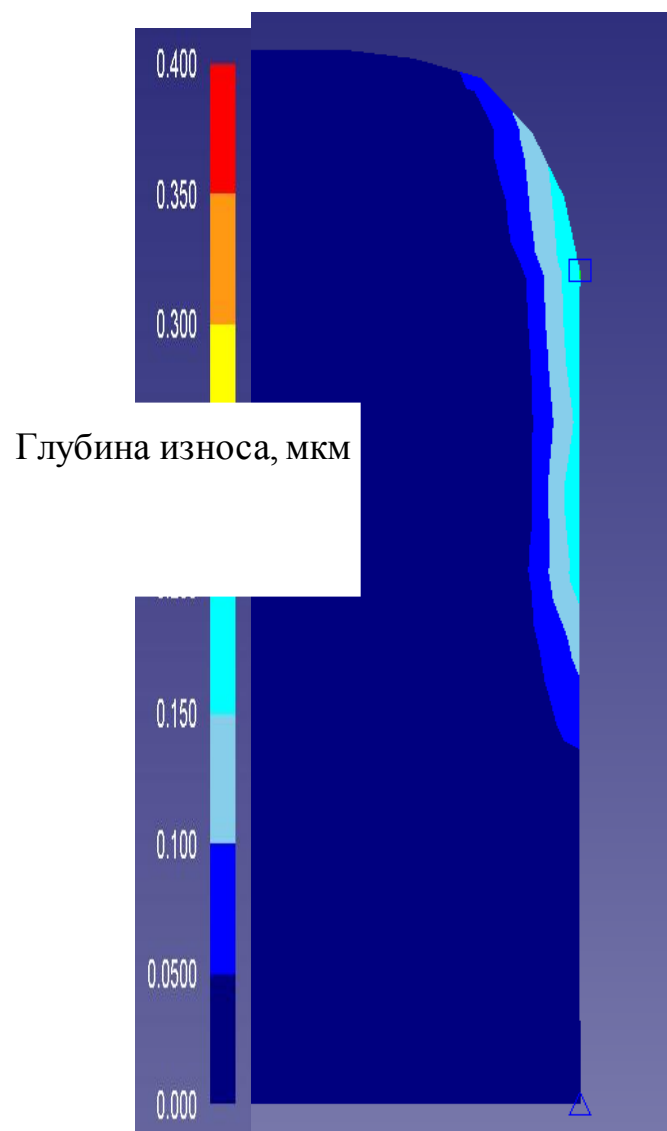


Рисунок 3.27 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,04 мм

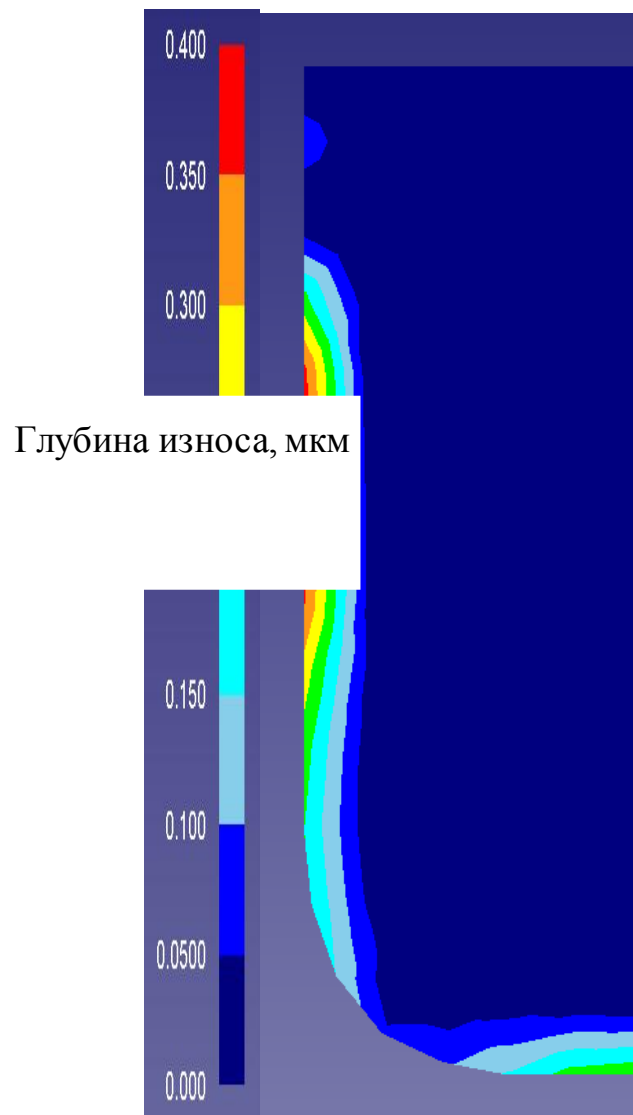


Рисунок 3.28 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,06 мм

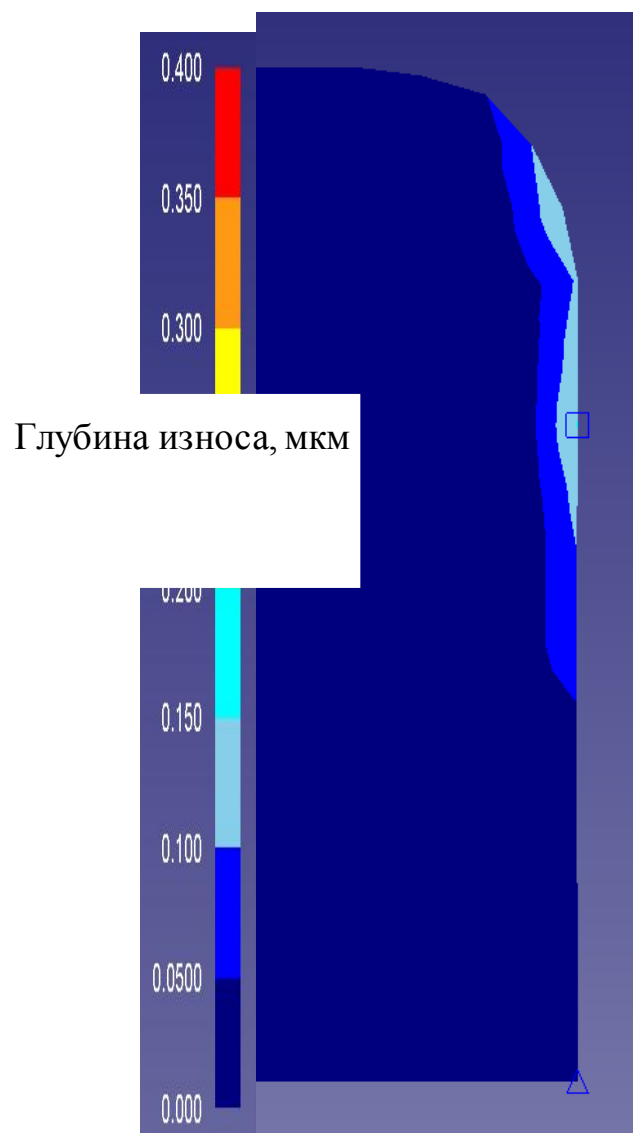


Рисунок 3.29 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,06 мм

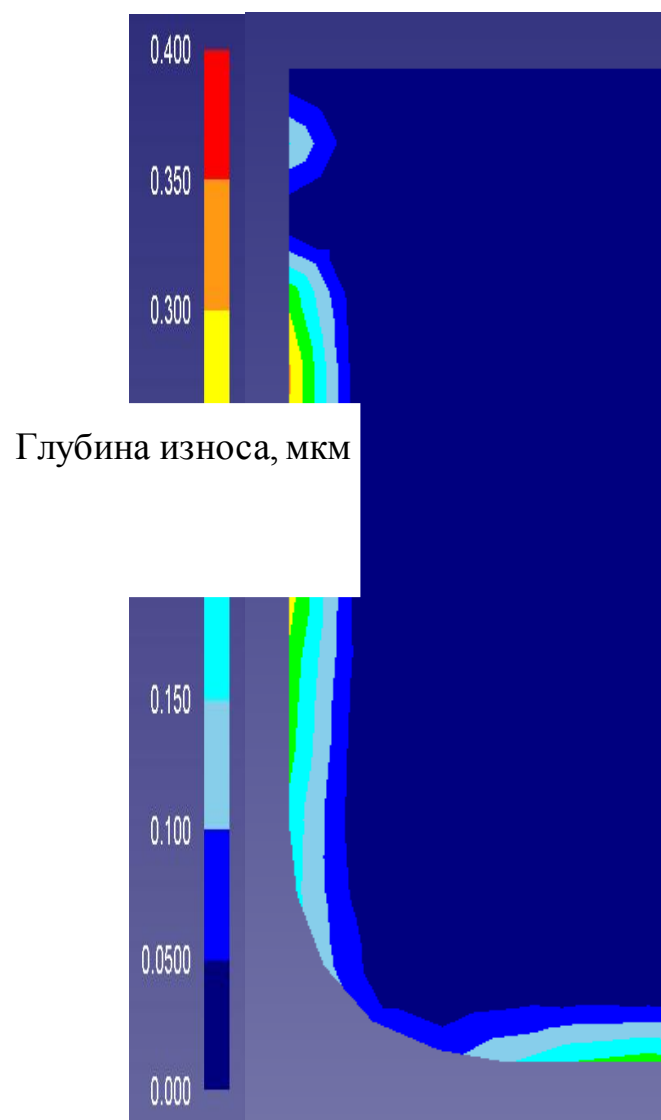


Рисунок 3.30 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,08 мм

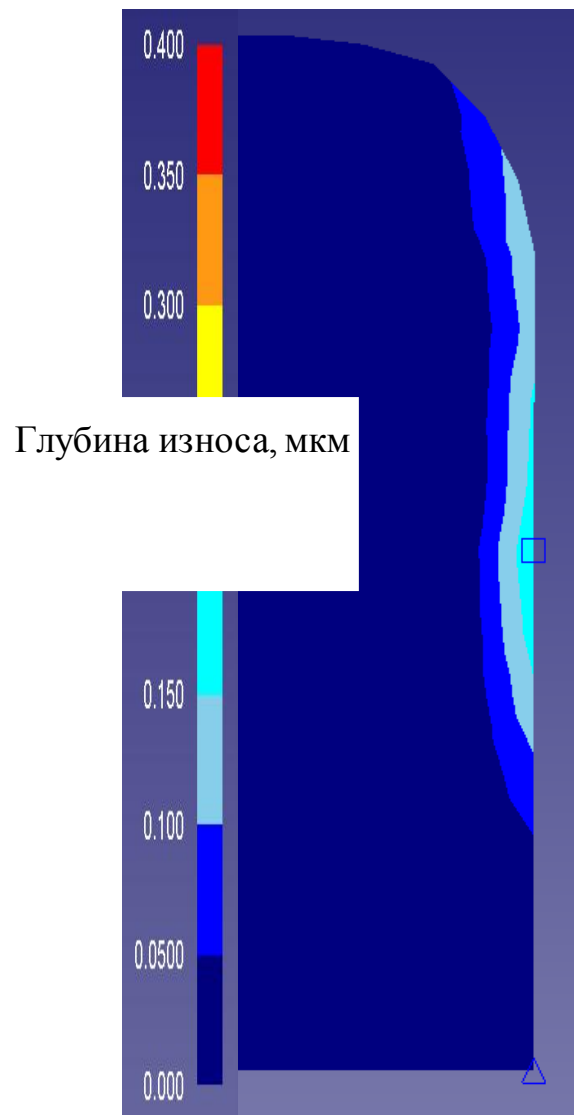


Рисунок 3.31 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,08 мм

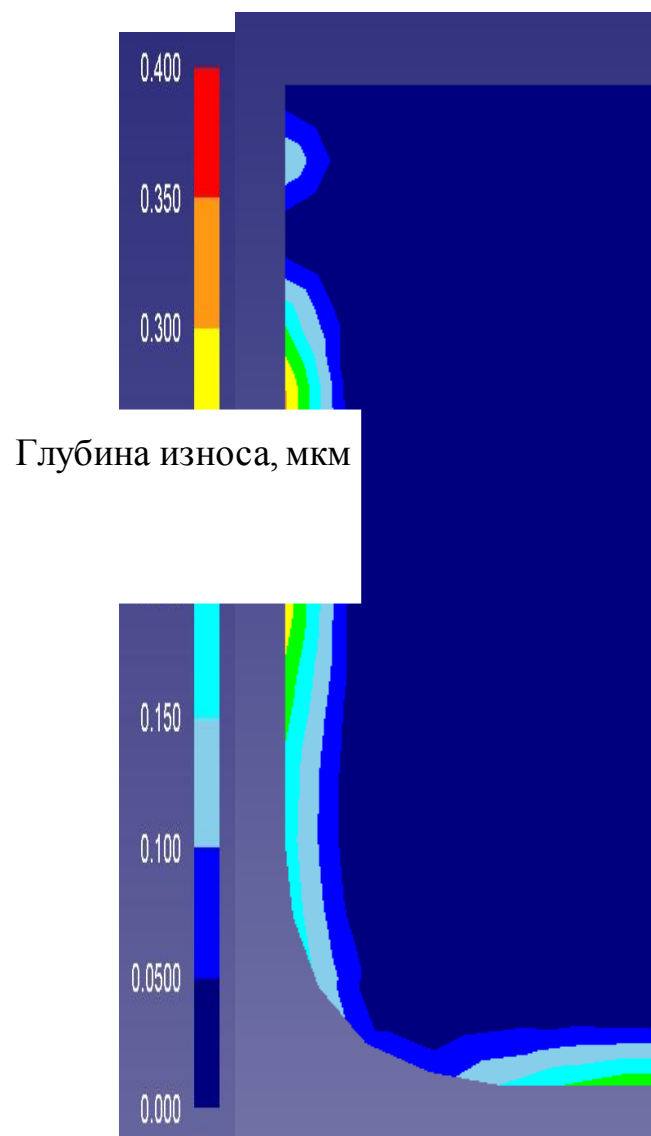


Рисунок 3.32 – Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,1 мм

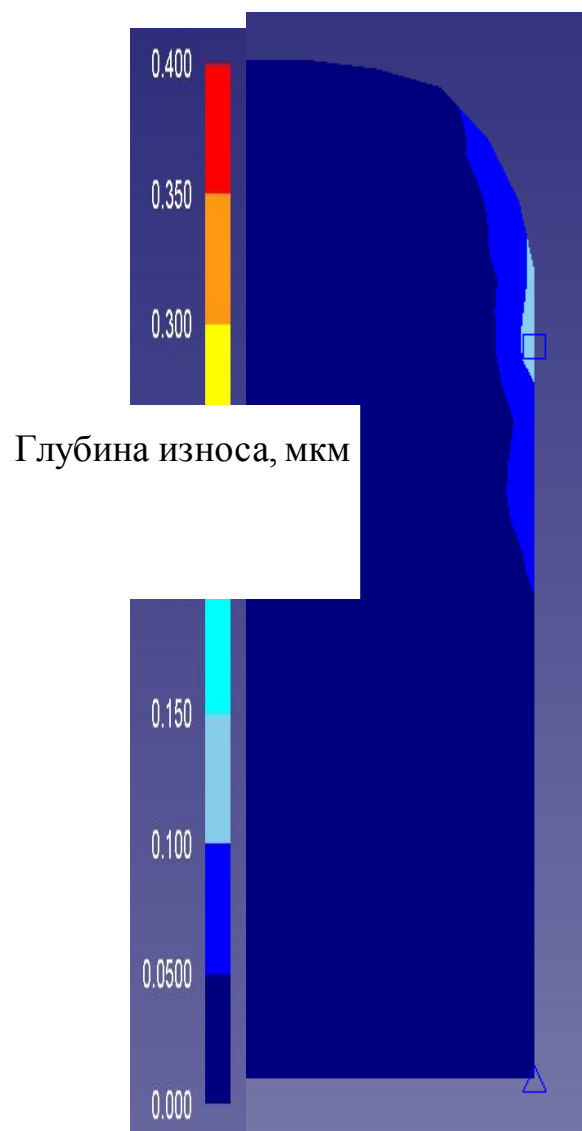


Рисунок 3.33 – Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,1 мм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации рассмотрены причины появления дефектов на поверхности среза при выполнении разделительных операций холодной листовой штамповки, а также причины износа матрицы и пуансона. Проанализированы теоретические и практические методы изучения разделительных операций холодной листовой штамповки, которые были рассмотрены ранее в других работах.

Были рассмотрены две модели износа инструмента «Archard» и «Usui», применяемые в программе «DEFORM». Создана конечно-элементная модель разделительной операции. Проведен расчет процесса резки и моделирование износа инструмента. На основании расчета был получен график отношения средней глубины износа пуансона и матрицы к технологическому зазору между инструментами, а также получены профили инструмента с показанным на нем износом при различных величинах зазора между матрицей и пуансоном.

Анализ представленных на полученном графике зависимостей показал, что наименьшая величина износа на инструменте характеризует наиболее благоприятные условия осуществления разделительной операции. Наименьшее значение износа наблюдается при величине зазора между инструментами в интервале от 0,02 до 0,04 мм, что определяет необходимость применения данных величин зазора для снижения интенсивности износа рабочих поверхностей матрицы и пуансона.

Использование предлагаемой методики позволяет прогнозировать степень износа рабочего инструмента в процессе осуществления разделительных операций холодной листовой штамповки для тонколистового материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Князев, Ю. Г. Разработка уточненной методики проектирования процессов обрезки крупногабаритных тонколистовых деталей: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. : Спец. 05.03.05; [Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана]. / Князев Юрий Геннадьевич – М., 2000. - 15 с.
2. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
3. Ahmed, M. H. A Study of Stresses in the Double Cropping Process / Ahmed M. H., Das M. K. A // Proceedings of the 18 International Machine Tool Design & Research Conference. London, 1977. - P. 183-191.
4. Кучер, П. Н. Исследование методом характеристик процесса резки заготовок в штампах / П. Н. Кучер // Обработка металлов давлением: Тр. ХГУ (Харьков). 1968. - Вып.3. - С. 23-29.
5. Головащенко, С. Ф. Повышение качества процессов обрезки тонкостенных деталей в штампах / С. Ф. Головащенко, Ю. Г. Князев // Вестник МГТУ. Машиностроение. - 1999. -№ 1. -С. 20-26.
6. Князев, Ю. Г. Повышение качества поверхности разделения при штамповке крупногабаритных тонколистовых деталей / Ю. Г. Князев // Технология металлов. 1999. - № 2. - С. 2-5.
7. Гончаров, П.С. NX для конструктора-машиностроителя : [учеб. пособие] / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков, И.В. Лаптев, В.А. Осипук .— М. : ДМК-Пресс, 2010 .— 501 с.
8. 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.

9. Боровков, А. И. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие. / А. И. Боровков. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.
10. Скворцов, Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
11. Проскурин, А. А. Разработка устройства и исследование режимов реверсивной вырубки деталей из тонколистового проката без заусенцев : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.09 / Проскурин Александр Александрович; [Место защиты: Нац. исслед. технол. ун-т]. - Москва, 2015. - 172 с.
12. Тимошенко, В.А. Нарастание деформации и разрушение заготовки при разрядке / В.А. Тимошенко // Машиностроение: Изв. вузов, 1989. – №8 – С. 87 – 90.
13. Вдовин, С. И. Исследование очага пластической деформации при вырубке листового материала / С.И. Вдовин, Н.А. Акастелов. // Машиностроение: Изв. вузов, 1989. - №8. – С. 90-92.
14. Холин Н.Н., Неоднородность поля деформации при вырубке – пробивке / Н.Н. Холин, Т.З. Османова. // М.: Автоматизация и моделирование в производстве приборов, 1989. – С.3-8.
15. Гнучий, Ю.Б. Методика численного моделирования процесса вырубки – пробивки листового материала / Ю.Б. Гнучий, В.М. Смирягин. // Киев: Вестник киевского политехнического института, 1985. – вып. 22. – С. 9-15.
16. Гнучий, Ю.Б. Анализ результатов численного моделирования процесса вырубки – пробивки / Ю.Б. Гнучий, В.М. Смирягин. // Киев: Вестник киевского политехнического института, 1986. – вып. 23. – С. 17-22.
17. Головащенко, С.В. Математическое моделирование процессов разрушения заготовок при выполнении разделительных операций импульсной штамповки / С.Ф. Головащенко, А.Г. Овчинников. // Вестник машиностроения, 1995. - №4. – С. 25-29.

18. Торопов, А.А. Прогнозирование и минимизация заусенцев при обработке резанием моделированием процессов их образования: дис. канд. технич. наук / Торопов А. А. – СПб.гос.техн.ун-т-СПб, 1999.
19. Беклемищев, Н.Н. Исследование процесса высокоскоростной вырубki листовых деталей / Н.Н. Беклемищев, В.В. Грибков, Э.Н. Пономарёв и др., // Л.: Механические Взаимодействия в сильных магнитных полях, 1974. – С. 82-86.
20. Popat, P.V. Finite-element analysis of the blanking process / P.V. Popat, N.N. //Kishore Journal mesh. Work technol, 1989. – 18. - №3. – p. 269-282.
21. Brokken D. Numerical modeling of the metal blanking process / D. Brokken, W.A.M. Brekelmans, F.P.T. Baaijens // Journal of materials processing technology, 1998. - №83. – p. 192-199.
22. Феофанова А.Е. Повышение интенсивности и надежности формоизменяющих операций листовой штамповки: дис. ... д-ра. техн.наук / Феофанова Анна Евгеньевна. – Москва, 2004. – 289 с.
23. Проскурин А.А. Разработка устройства и исследование режимов реверсивной вырубki деталей из тонколистового проката без заусенцев : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.09 / Проскурин Александр Александрович. [Место защиты: Нац. исслед. технол. ун-т]. – Москва, 2015. – 172 с. : ил.
24. Шеин А. А. Технологическое обеспечение качества деталей в процессах разделительной штамповки путем нанесения на инструмент вакуумно-плазменных покрытий : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.02.08 / Шеин Александр Анатольевич. Моск. гос. технол. ун-т "Станкин". - Москва, 2005. - 20 с.
25. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. – 4-е изд., перераб. и доп. / А. Н. Малов – Машиностроение. – Москва, 1969. – 568 стр.

26. Зубченко А.С., Колосков М.М., Каширский Ю.В. и др. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.: ил.
27. Сорокин В.Г. и др. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / В.Г. Сорокин и др.: Науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев – М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. – 608 с.: ил.
28. DEFORM Integrated 2D-3D Version 10.2 and DEFORM v11.0 (Beta). User's Manual / Scientific Forming Technologies Corporation, 2011. – 877 с
29. DEFORM v10.2. User's Manual / Scientific Forming Technologies Corporation, 2011. – 745 с.
30. DEFORM – 2D Tool Wear Lab (Using Archard's Model) / Scientific Forming Technologies Corporation, 2011. – 9 с

ПРИЛОЖЕНИЕ А

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

Разработка методики исследования процесса резки тонколистовых заготовок в САЕ – системах

Студент: Коротяев А.Б.
Группа: МСм – 1602а.

Тольятти 2018



Актуальность исследования

Производственный опыт показывает что, интенсивный износ рабочих поверхностей разделительных штампов существенно снижает показатели качества штампуемых деталей, увеличивает сопротивление разделению до 20%, а общую работу разделения до 40% по сравнению с эксплуатацией инструмента с острозаточенными режущими кромками.

Поэтому в настоящее время поиск и исследование новых технологических решений, направленных на повышение работоспособности разделительных штампов при различном характере их нагружения и улучшения качества штампуемых деталей, является актуальным.



Цель магистерской диссертации

Целью диссертации является разработка методики исследования процесса износа рабочего инструмента на основе численного моделирования операции резки тонколистового материала в САЕ – системе.



Задачи магистерской диссертации

- Выполнить анализ существующих методов исследования износа рабочего инструмента при выполнении разделительных операций;
- Провести конечно – элементный анализ процесса износа рабочего инструмента при выполнении разделительных операций для тонколистовых заготовок;
- Определить влияние величины зазора резания на степень износа поверхности рабочего инструмента.



Научная новизна

Научная новизна магистерской диссертации заключается в разработке методики численного анализа процесса износа рабочего инструмента и оценки влияния величины зазора на степень износа его рабочей поверхности.

Практическая новизна

Использование предлагаемой методики позволяет прогнозировать степень износа рабочего инструмента.



Объект и предмет исследования

Объектом исследования в данной работе является износ рабочего инструмента.

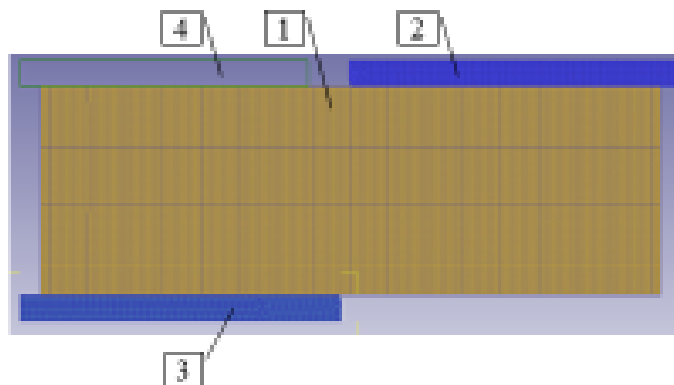
Предметом исследования является численная оценка стойкости рабочего инструмента при выполнении разделительных операций.



Факторы, влияющие на износ инструмента.

- Величина технологического зазора между матрицей и пуансоном;
- Марка стали рабочих деталей штампа и их термообработка;
- Точность изготовления деталей и сборка штампов;
- Конструкция штампа;
- Состояние инструмента и оборудования;
- Свойства штампуемого материала;
- Качество штампуемого материала;
- Технологичность конструкции штампуемой детали;
- Особенности технологического процесса штамповки.

Расчет процесса резки



- 1 – заготовка толщиной 0,8 мм
- 2 – пуансон
- 3 – матрица
- 4 - прижим

Исходные данные расчета

- Количество шагов расчета – 100;
- Перемещение инструмента – 0,01 мм/шаг;
- Количество конечных элементов – для частей штампа 3000, для заготовки 15000;
- Материал – для частей штампа У10А, для заготовки 08Ю;
- Температура – 20°C;
- Твердость – для деталей штампа 62 HRC, для заготовки 248 HB;
- Движение пуансона – 10 мм/сек по оси -Y.



Обоснование выбора материалов инструмента и обрабатываемой заготовки

В качестве материала инструмента выбрана инструментальная углеродистая высококачественная сталь У10А так как данная сталь применяется для изготовления инструментов небольших размеров и работающих без разогрева режущей кромки.

Сталь 08Ю выбрана в качестве материала заготовки так как данная сталь широко применяется для изготовления деталей в машиностроении и автомобилестроении методами холодной штамповки.

Модель износа инструмента

Модель Archard – это эмпирическая модель расчета скорости абразивного износа поверхностей трения, основанная на шероховатости поверхностей.

Данная модель предназначена для прогнозирования темпа износа инструмента с течением времени, и учитывает общее влияние таких факторов как например:

- прочность поверхностей режущего инструмента;
- коэффициент износа;
- скорость взаимодействия рабочих поверхностей инструмента;
- свойства материала инструмента и механические нагрузки.

Данная модель рекомендована разработчиками программы «DEFORM» для моделирования износа при разделительных операциях.

В программе «DEFORM» модель Archard имеет следующий вид:

$$W = \int K \frac{p^a v^b}{H^c} dt,$$

где W – износ инструмента;

p – давление между двумя поверхностями (контактное давление), МПа;

v – скорость скольжения, мм/сек;

H – твердость материала инструмента, HRC (при $K = 50$);

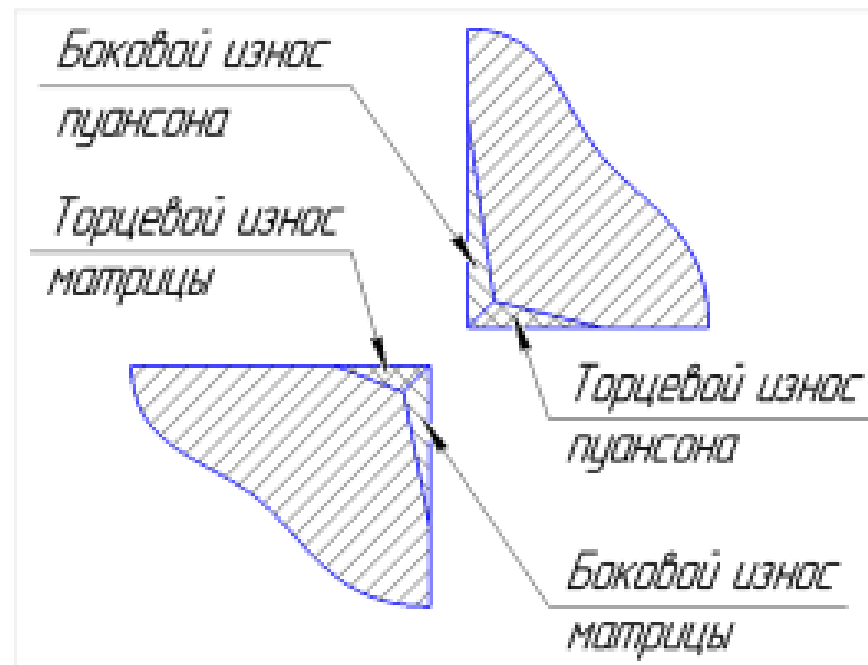
dt – приращение времени;

K – коэффициент масштабирования (при K равном 50 твердость вводится в HRC);

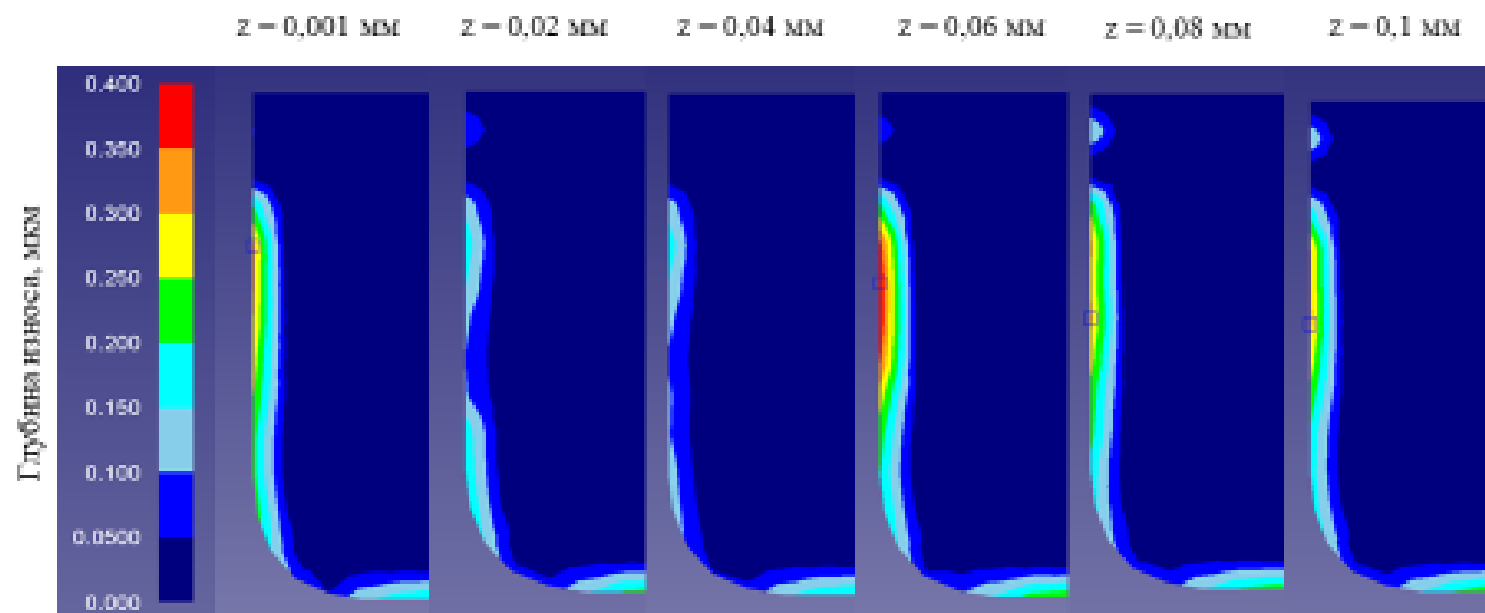
a, b, c – поправочные коэффициенты (для стального инструмента «а» и «b» равно 1, а «с» равно 2).

Значения коэффициентов K, a, b, c рекомендованы разработчиками программы «DEFORM».

Принципиальная схема классификации износа рабочих частей пуансона и матрицы



Износ пуансона изготовленного из стали У10А в при различных значениях технологического зазора между инструментами



Износ матрицы изготовленной из стали У10А при различных значениях технологического зазора между инструментами

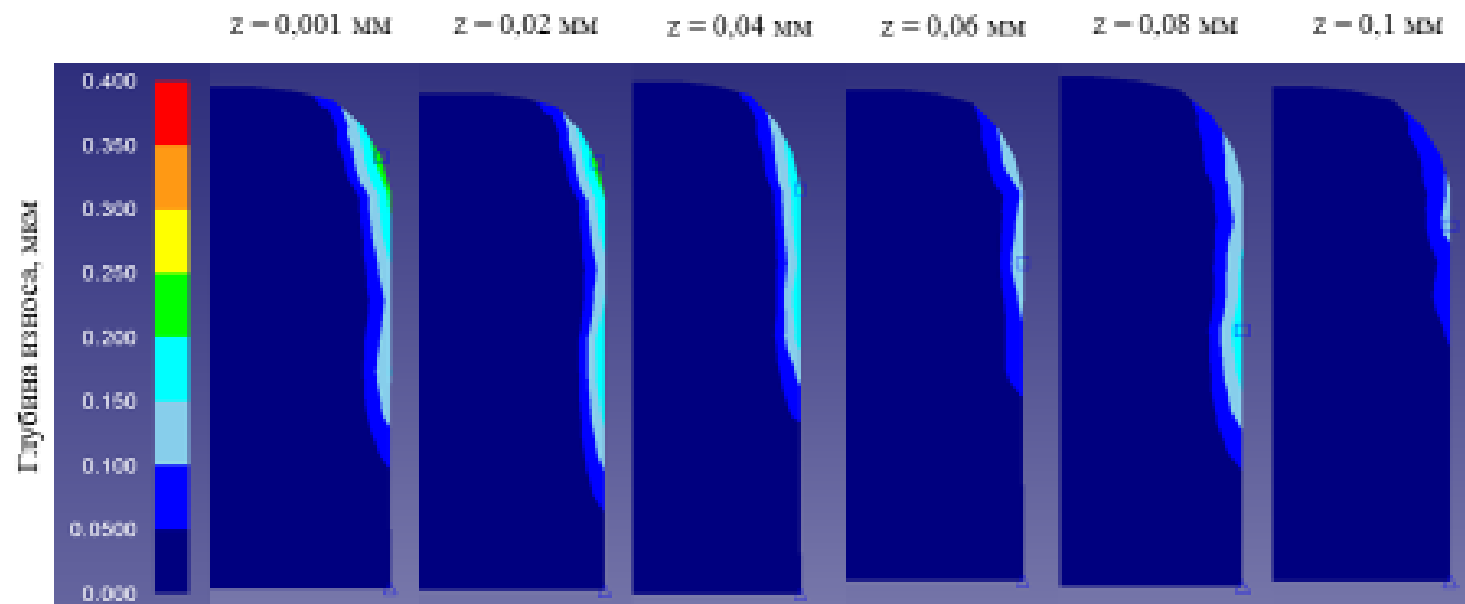
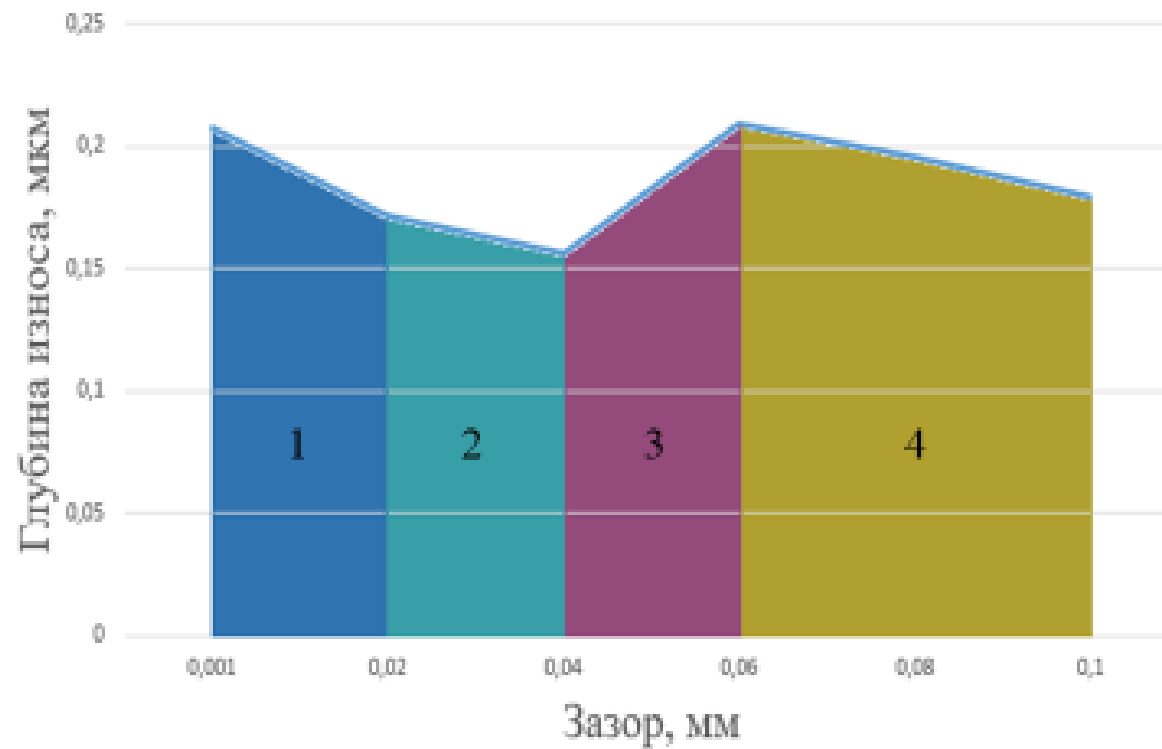


График отношения средней глубины износа пуансона и матрицы к технологическому зазору между инструментами



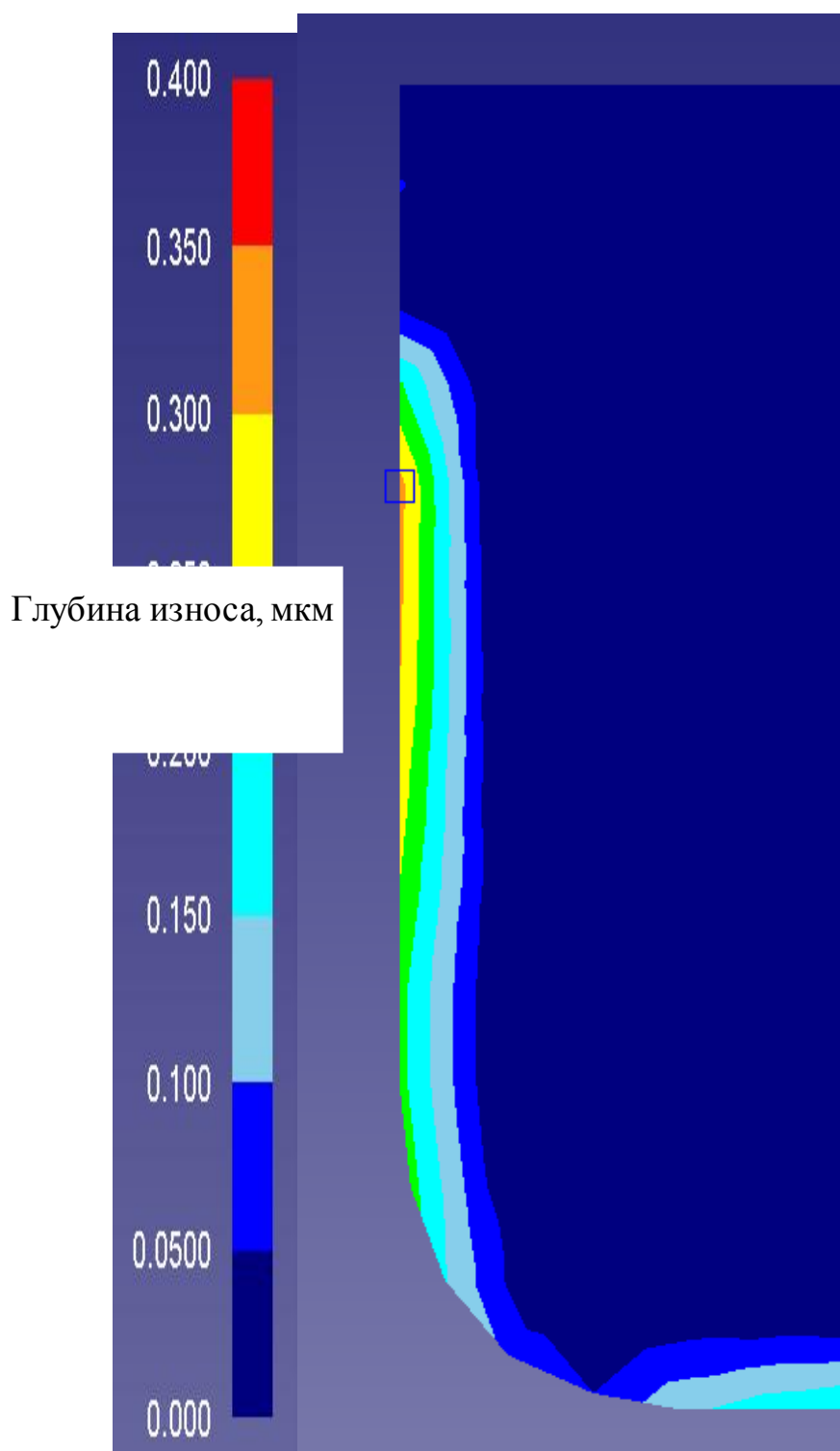


Анализ полученных результатов

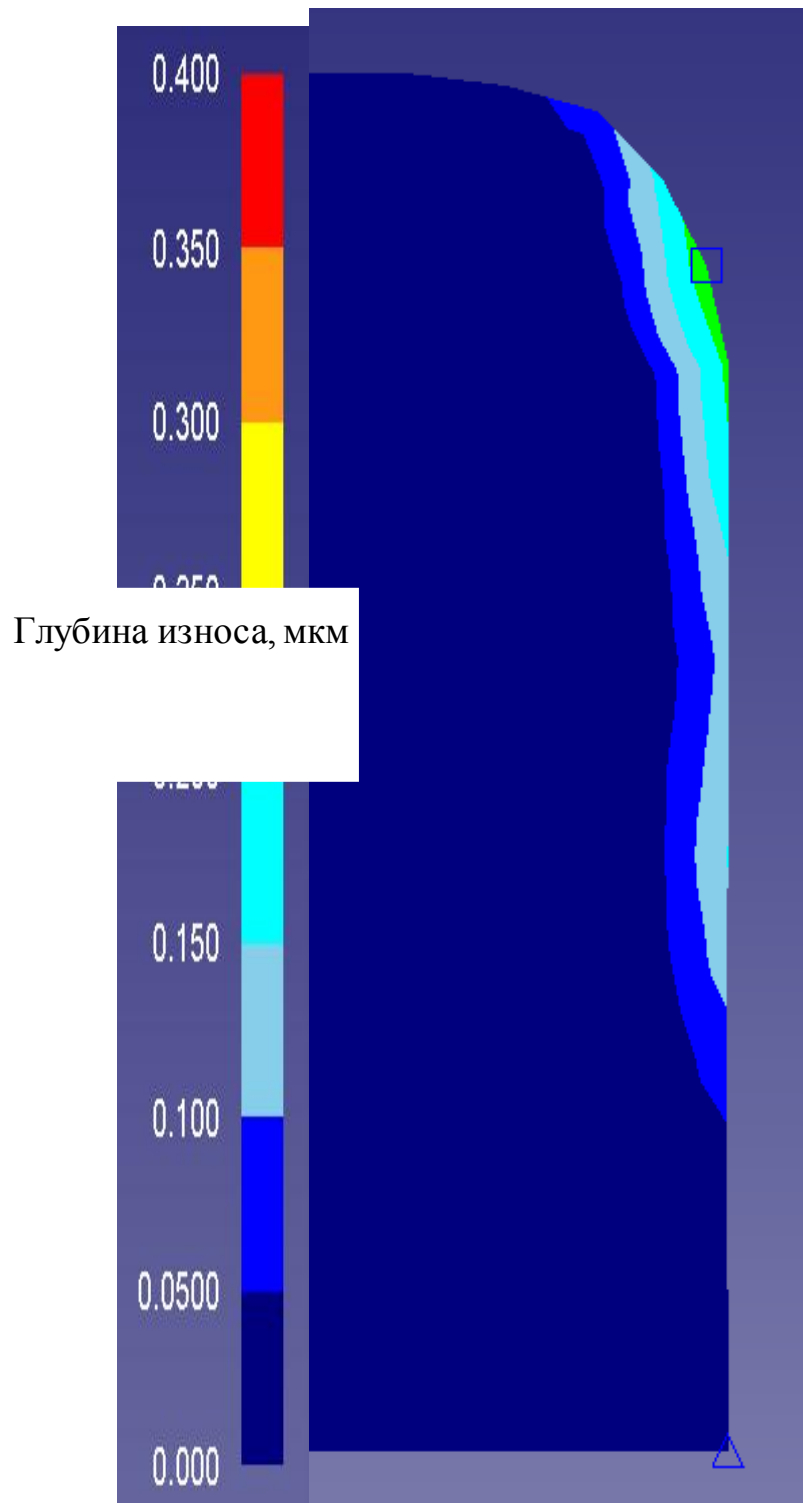
Анализ представленных на графике зависимостей показал, что наименьшая величина износа на инструменте характеризует наиболее благоприятные условия осуществления разделительной операции.

Наименьшее значение износа наблюдается при величине зазора между инструментами в интервале от 0,02 до 0,04 мм, что определяет необходимость применения данных величин зазора для снижения интенсивности износа рабочих поверхностей матрицы и пуансона.

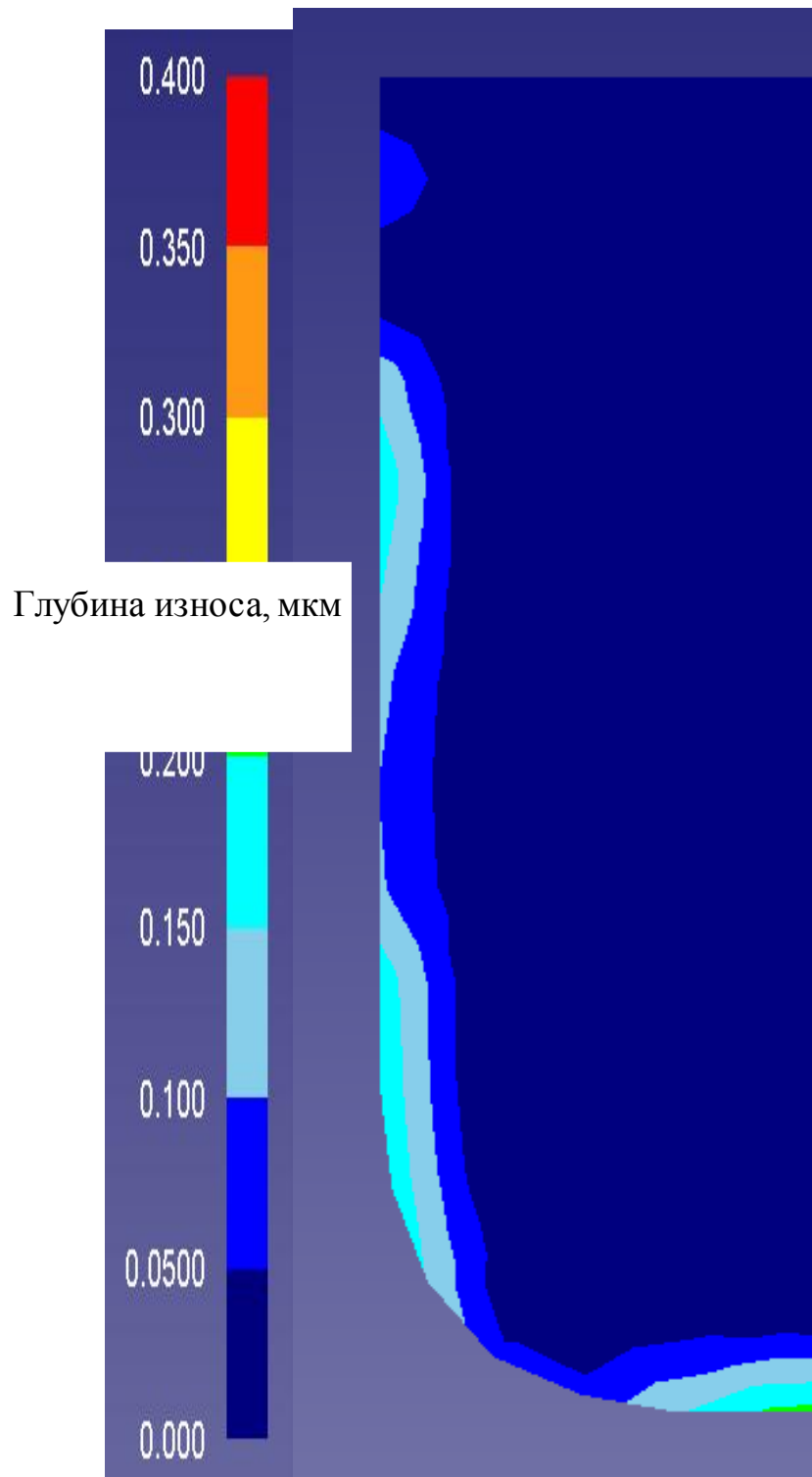
ПРИЛОЖЕНИЕ Б



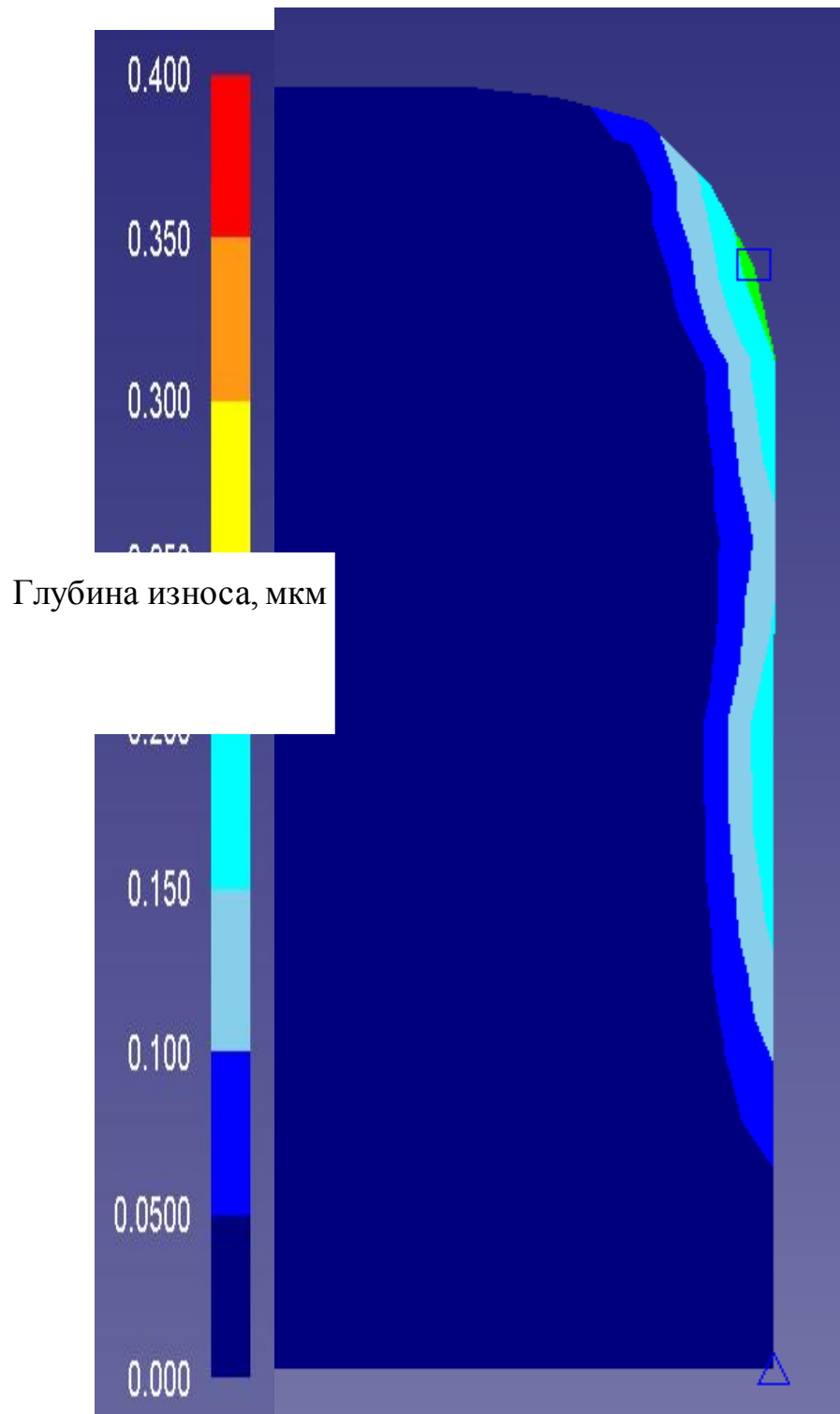
Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,001 мм



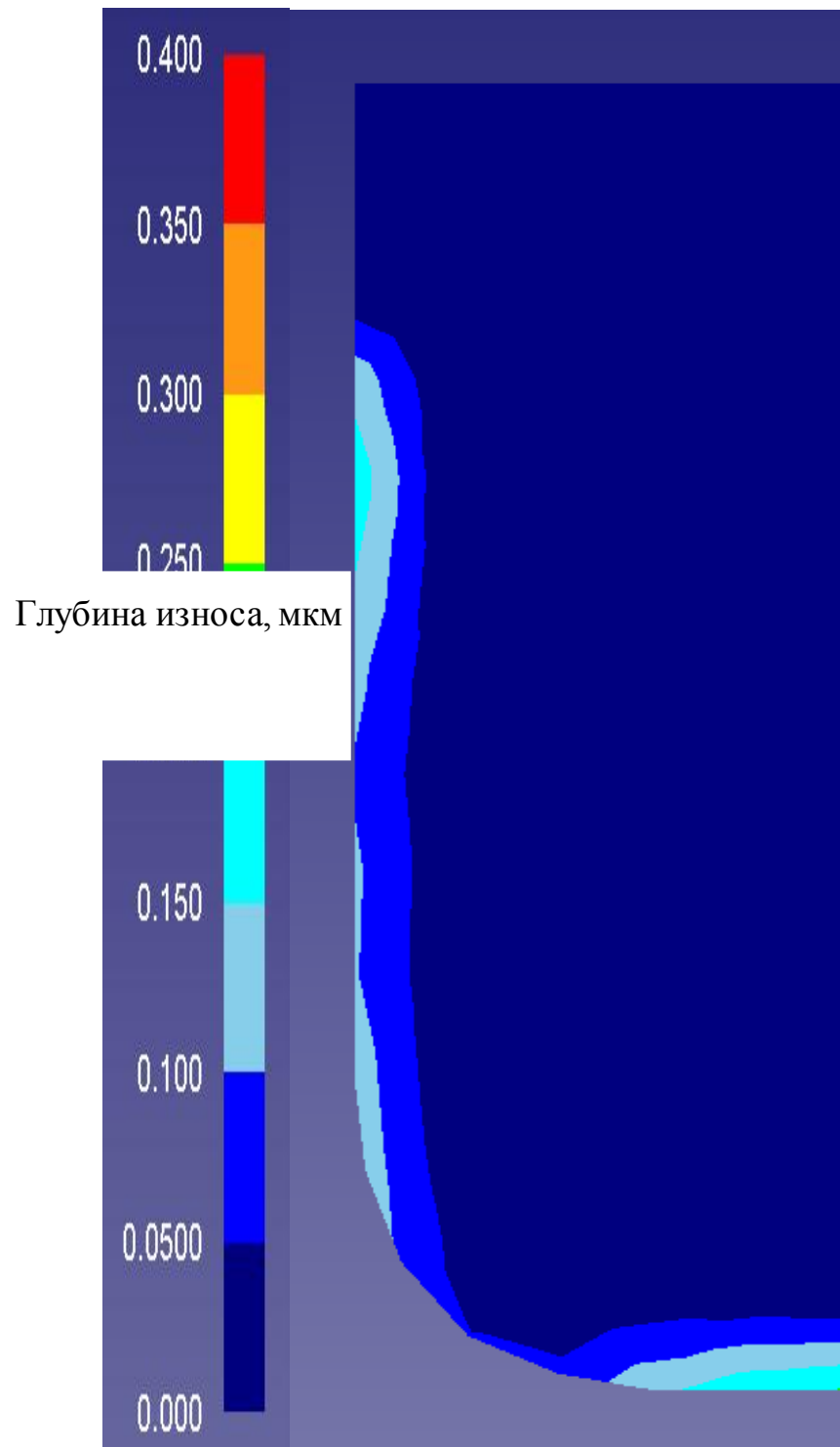
Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,001 мм



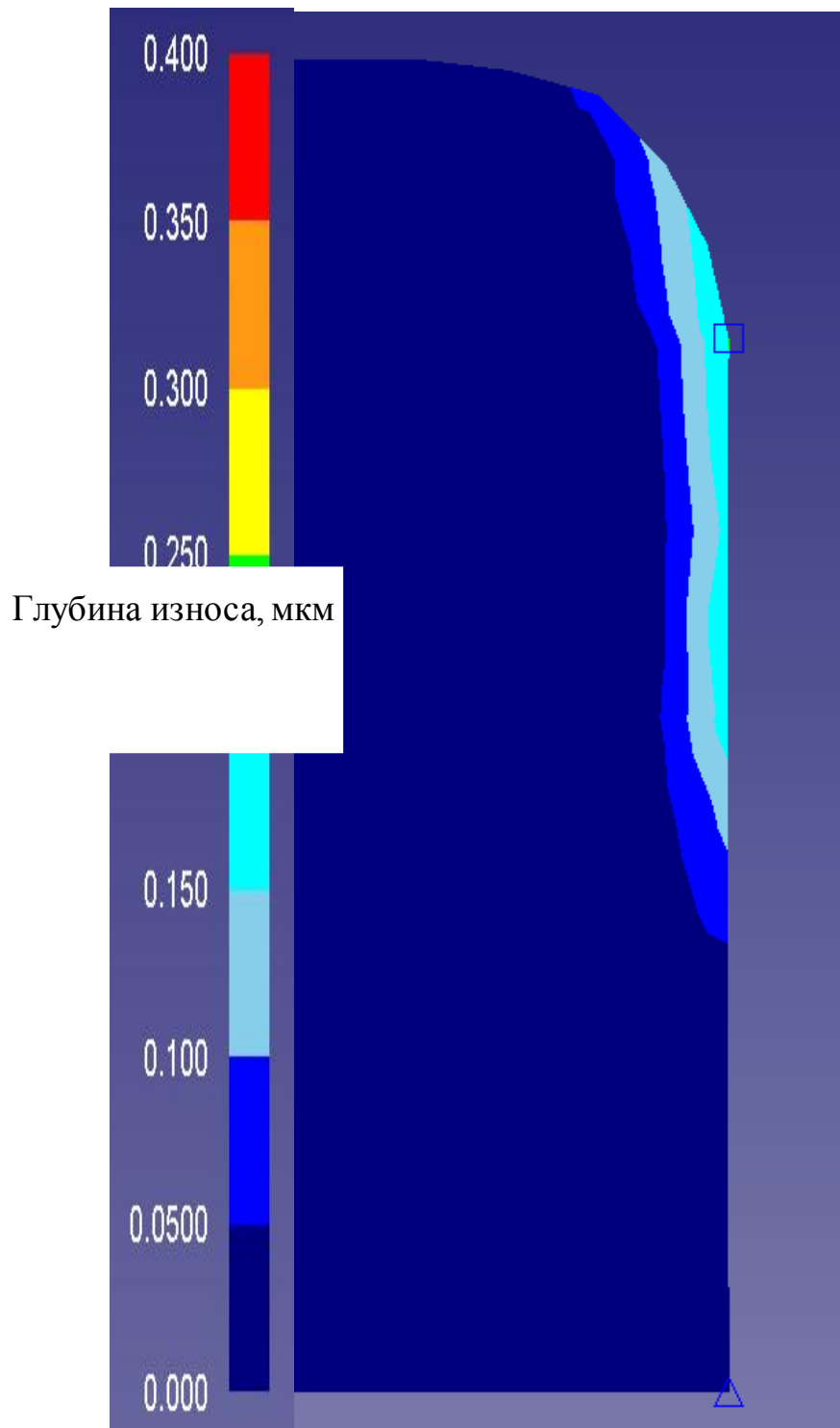
Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,02 мм



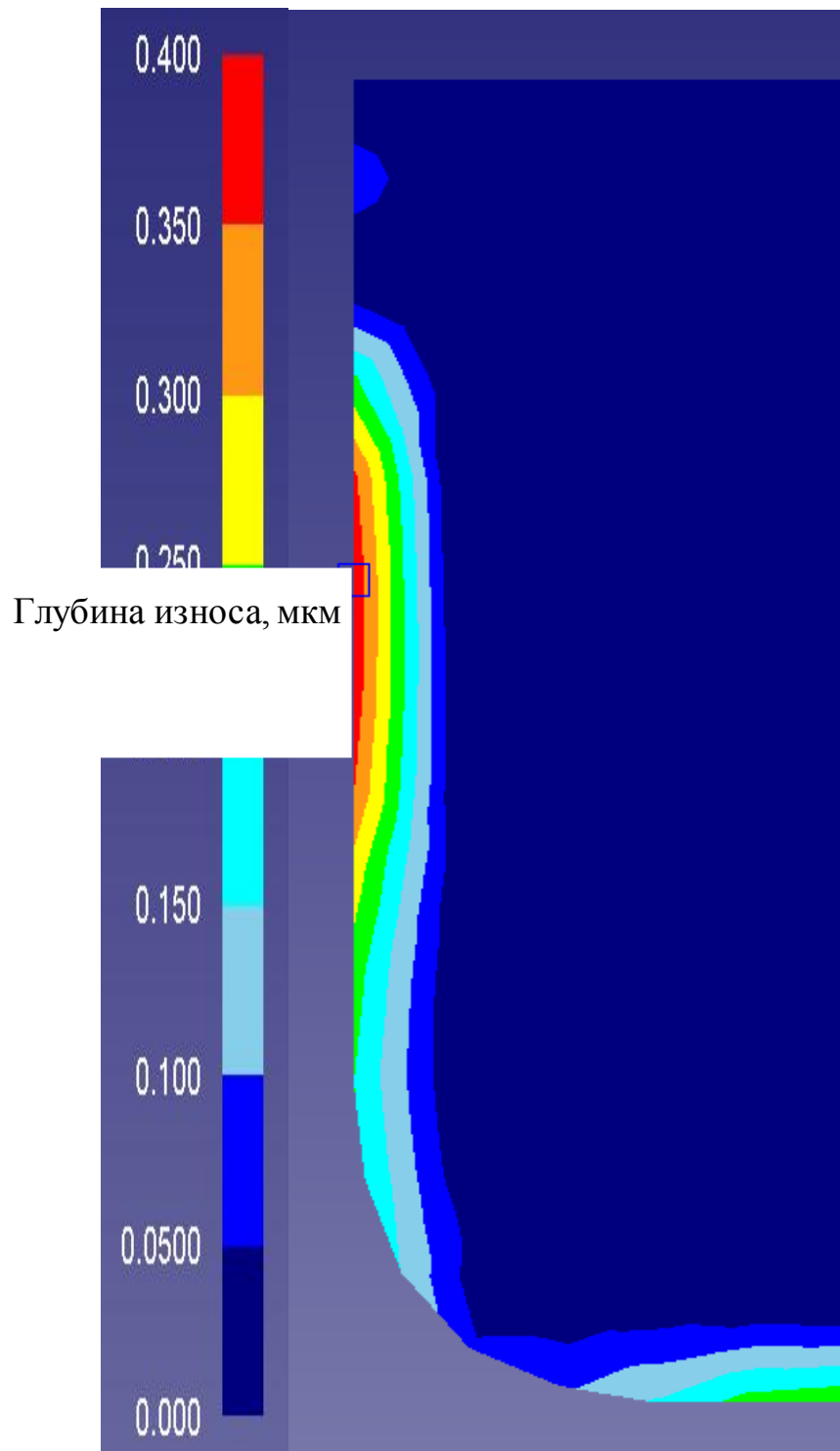
Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,02 мм



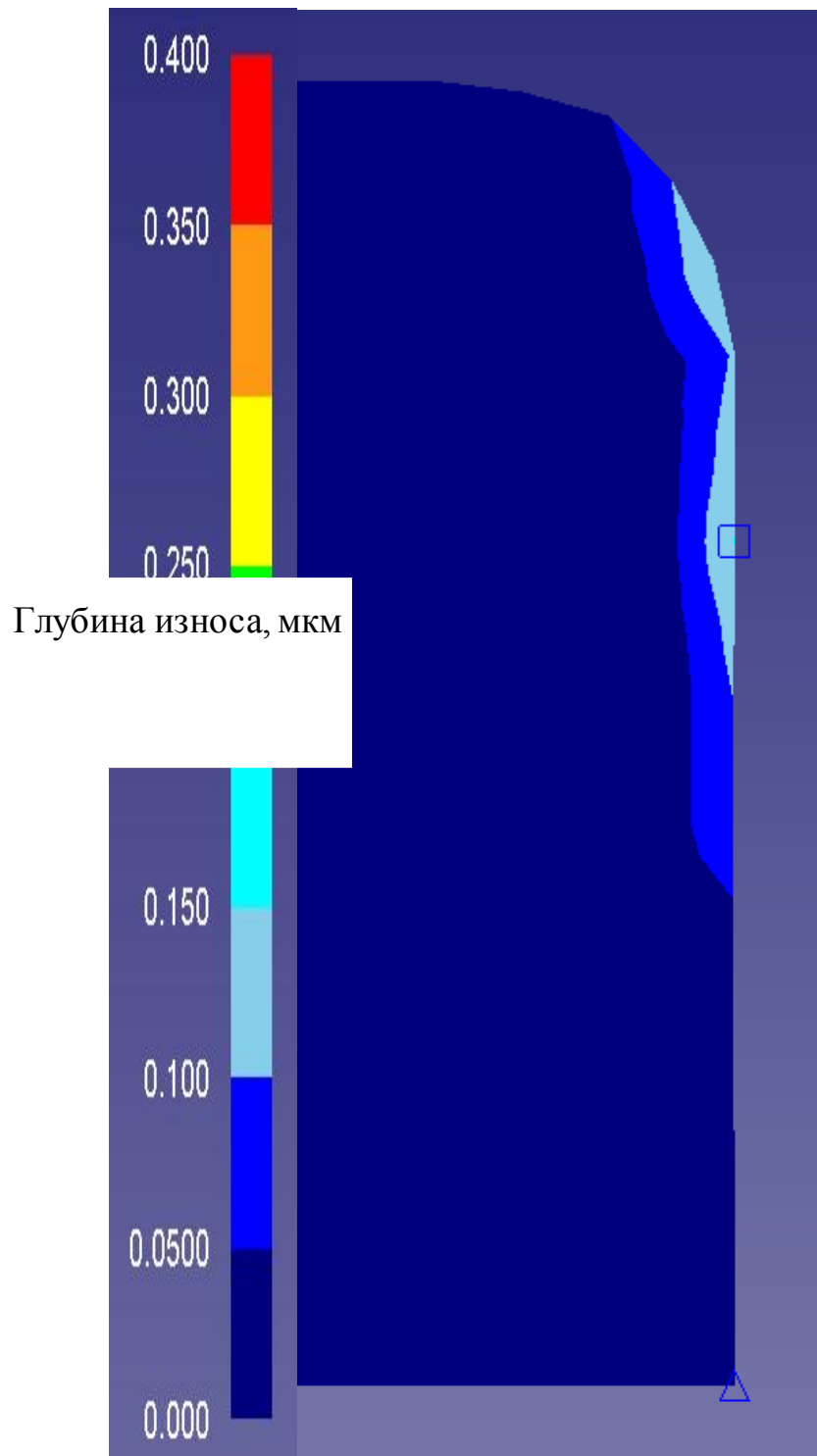
Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,04 мм



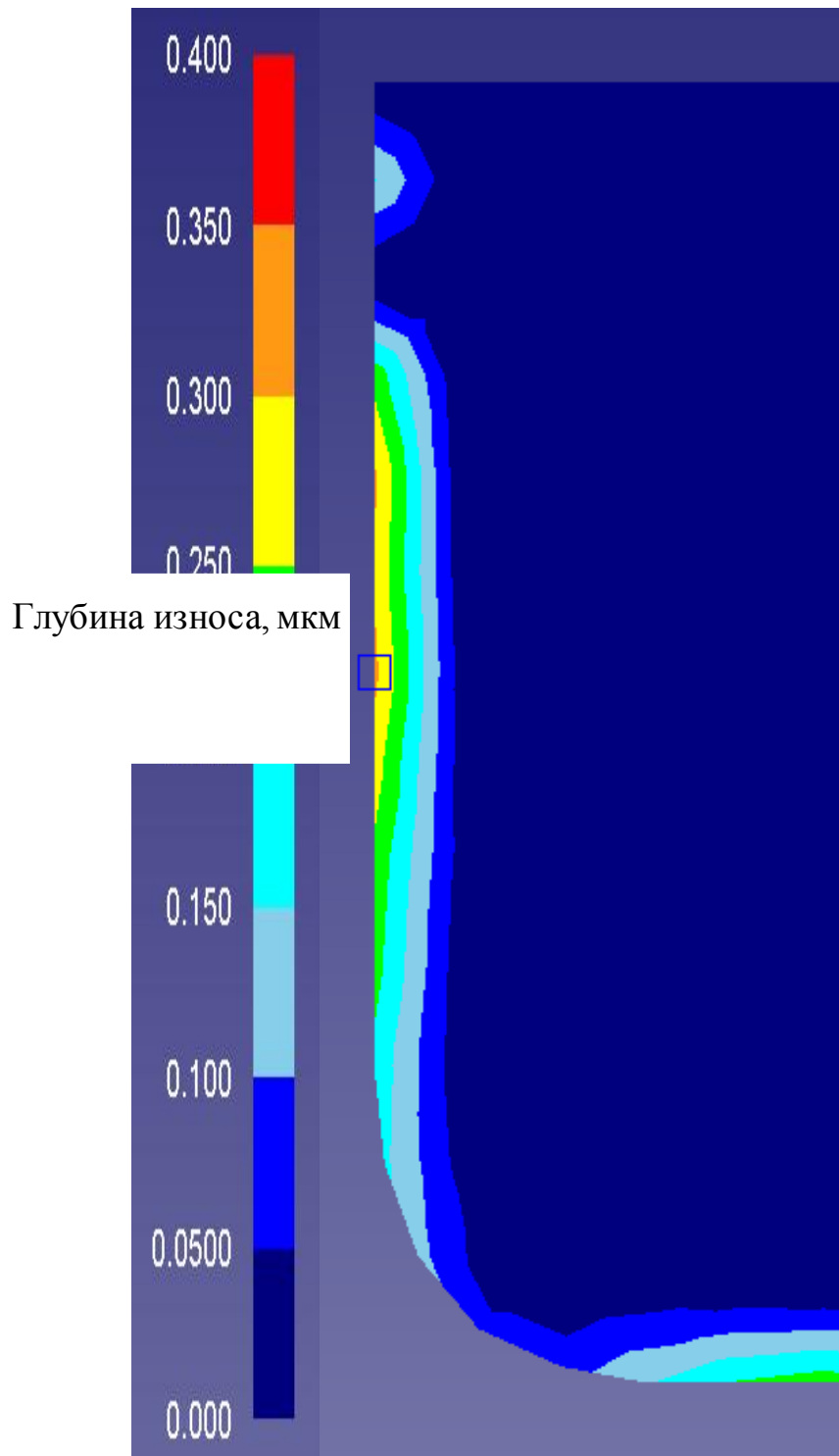
Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,04 мм



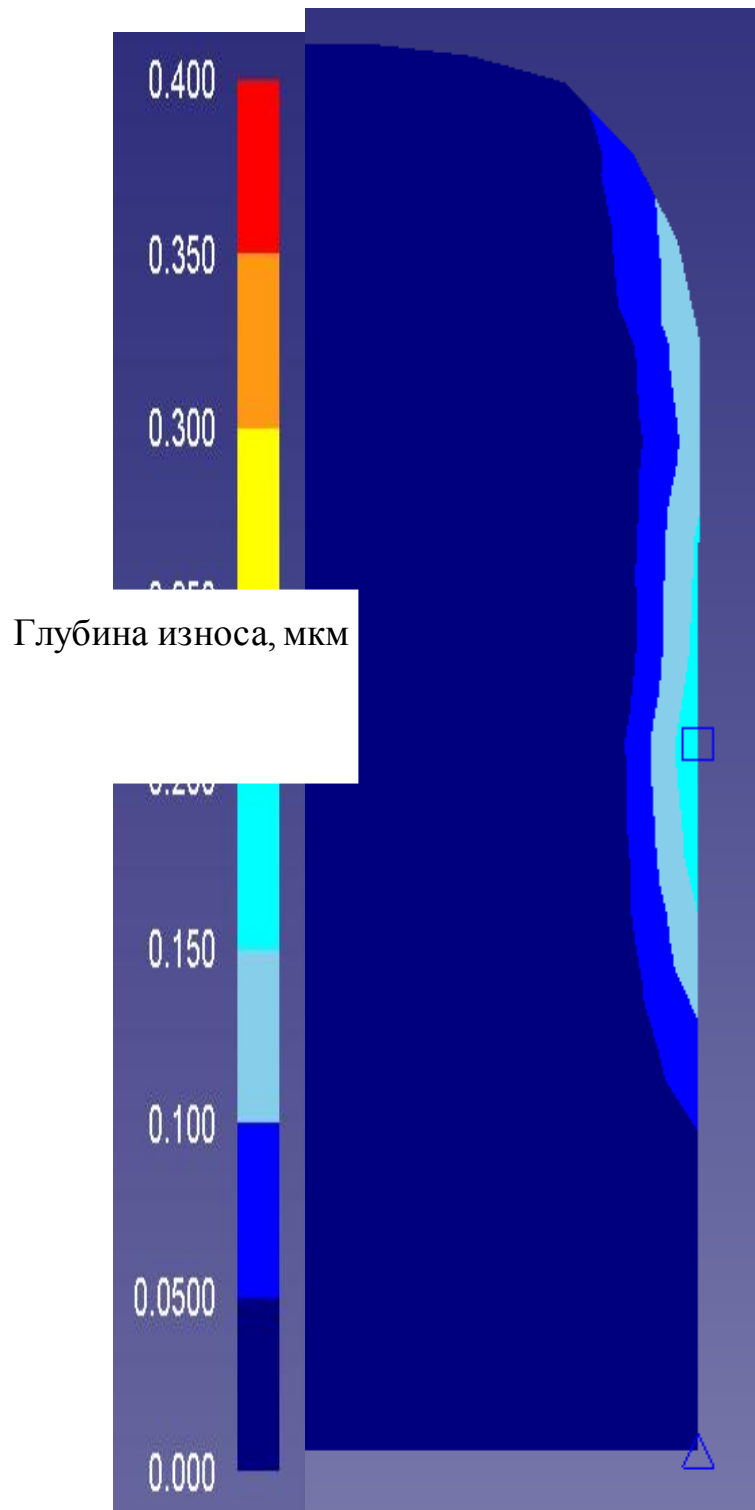
Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,06 мм



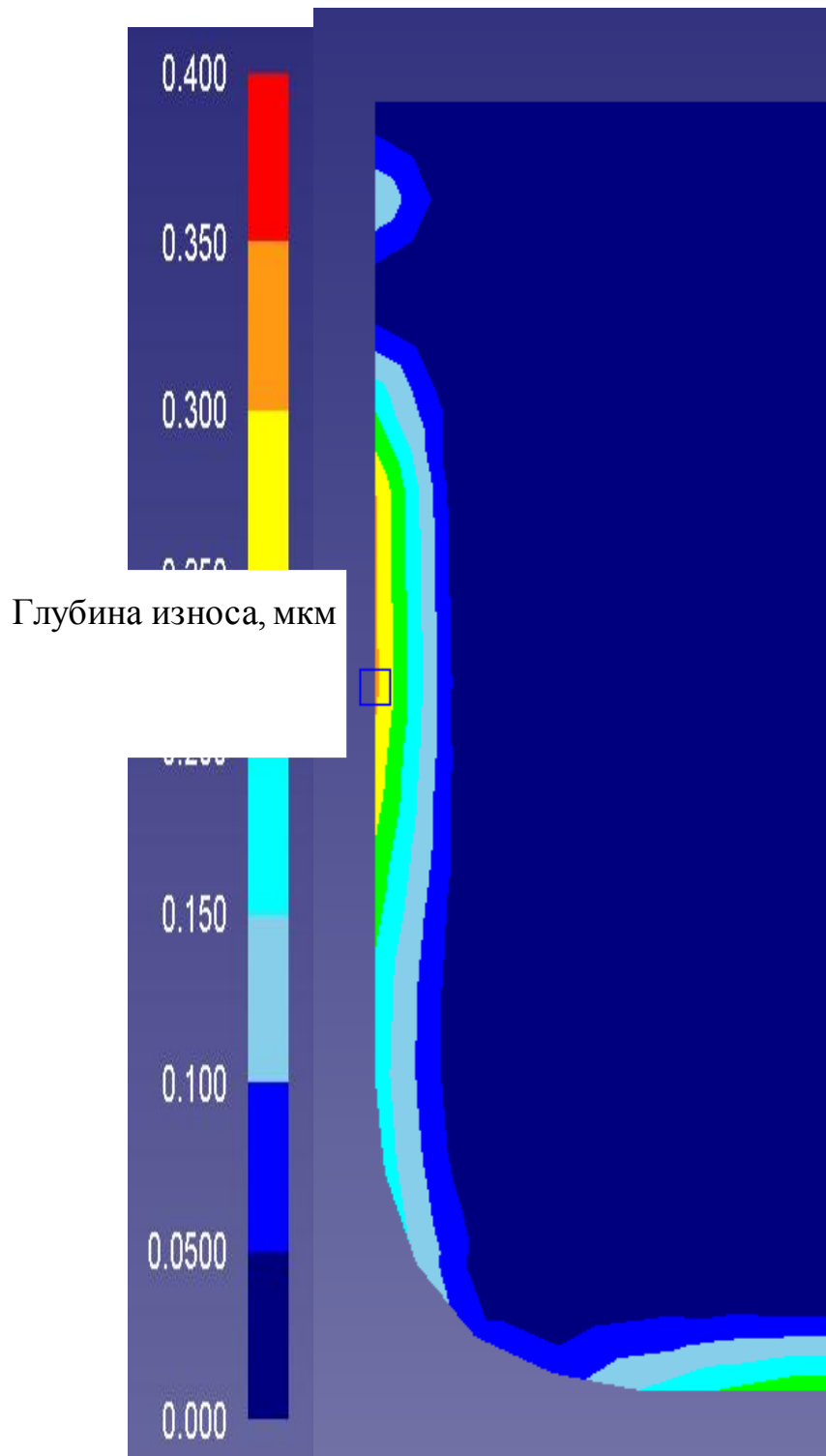
Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,06 мм



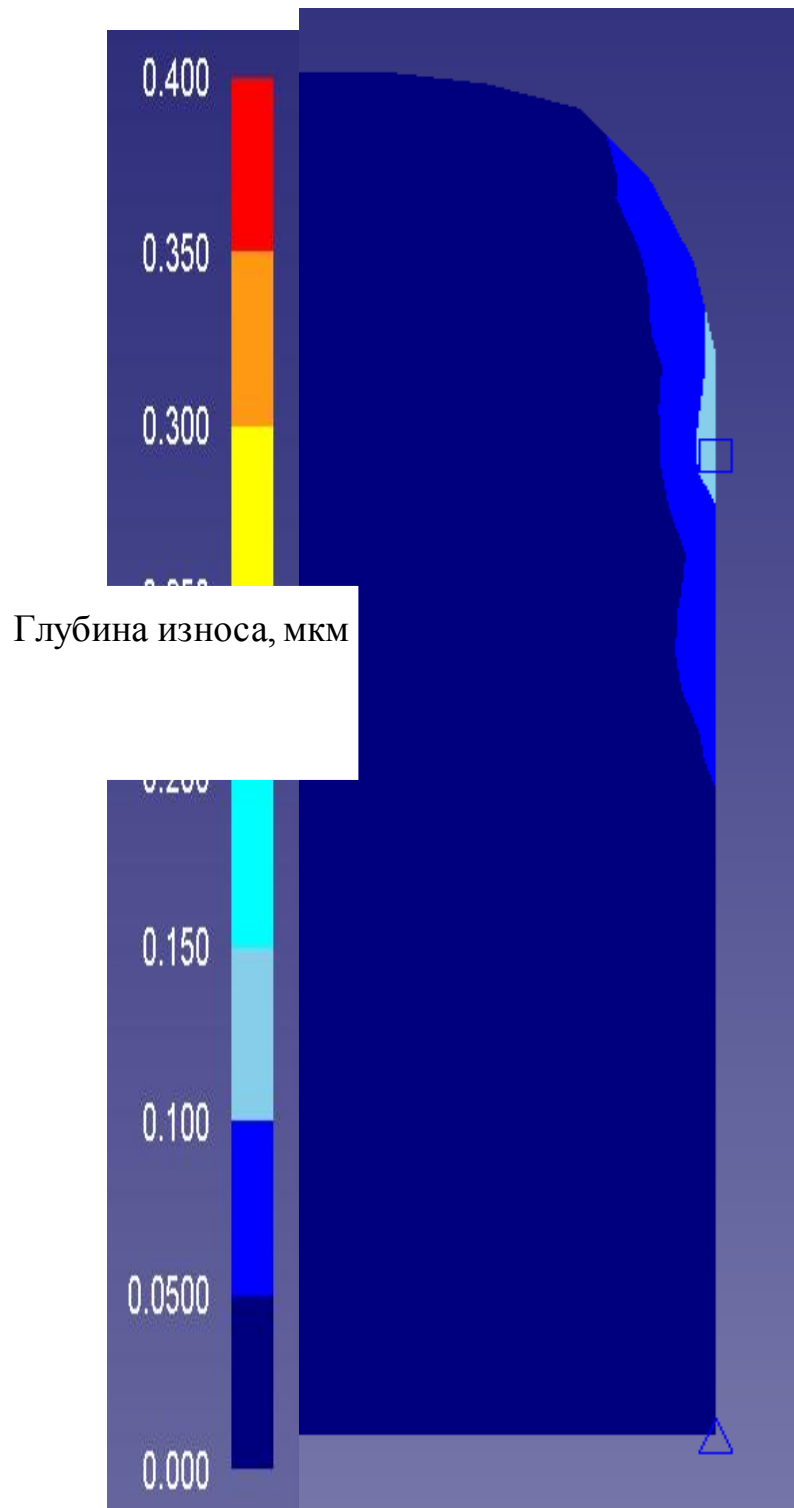
Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,08 мм



Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,08 мм



Износ пуансона при технологическом зазоре между инструментами 0,1 мм



Износ матрицы при технологическом зазоре между инструментами 0,1 мм