

УДК 004.942

Ю. О. Михайлов, д-р техн. наук, проф., **С. Н. Князев**, канд. техн. наук
Ижевский государственный технический университет, Россия
Тел.: +7(3412)77-60-55 доб. 4327; E-mail: mihailov@istu.ru; ksn_izh@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Компьютерное моделирование технологических процессов холодной объемной штамповки широко применяется при решении современных задач машиностроения. В 95% случаях оснастка не требует доводки после первичных испытаний из-за требуемого изменения технологии, так как все особенности процесса формоизменения заготовки были учтены при моделировании. В статье представлен технологический процесс изготовления деталей типа «Корпус» с внутренними спиральными рифлениями, рассчитанный при использовании программного комплекса QForm VX. Выбор программного продукта обусловлен тем что это российская разработка. Программный продукт специально ориентирован для решения задач обработки металлов давлением, содержит библиотеку оборудования и библиотеку материалов Российской Федерации. Благодаря симуляции технологического процесса в программной среде QForm VX введены промежуточные операции дорнования, подобраны оптимальные величины технологических характеристик процесса, скорректирована геометрия штамповой оснастки, определены размеры заготовки.

Ключевые слова: QForm, симуляция, холодная объемная штамповка, компьютерное моделирование, штамповая оснастка.

Y. O. Mihailov, S. N. Knyazev

SIMULATION OF COLD FORGING

Computer simulation of technological processes of cold die forging is widely used in solving modern problems of mechanical engineering. In 95% of the cases, the tooling does not require debugging after the initial tests due to the required change in technology, since all the features of the blank forming process were taken into account in the simulation. The article presents the technological process of manufacturing parts of the "Body" with internal spiral grooves, calculated using the software complex QForm VX. The choice of the software product is due to the fact that it is a Russian development. The software product is specifically designed to solve the problems of metal forming, contains a library of equipment and a library of materials of the Russian Federation. Due to the simulation of the technological process in the software environment QForm VX introduced intermediate step mandreling, optimal values of the technological characteristics of the process, the adjusted geometry die tooling, the size of the blank.

Keywords: QForm, simulation, cold forging, computer modelling, die tooling

Компьютерное моделирование технологических процессов холодной объемной штамповки широко применяется при решении современных задач машиностроения. Этот подход позволяет в кратчайшие сроки изготовить качественную, конкурентоспособную, экономически выгодную штамповую оснастку. В 95% случаях оснастка не требует доводки после первичных испытаний из-за требуемого изменения технологии, так как все особенности процесса формоизменения заготовки были учтены при моделировании.

На сегодняшний день разнообразие программных комплексов крайне велико и выбор того или иного продукта зависит от задач, решаемых пользователем, а также от критерия времени расчета и стоимости продукта. Исходя из выше сказанного, программный комплекс QForm VX имеет ряд преимуществ. Этот программный продукт имеет интуитивно понятный интерфейс и широко используется при написании магистерских и кандидатских диссертаций [1]. Рассмотрим технологический процесс изготовления деталей типа «Корпус» с внутренними спиральными рифлениями, рассчитанный при использовании программного комплекса QForm VX.

Технологические процессы штамповки могут быть рациональными лишь при условии создания технологической конструкции или формы детали, допускающей наиболее простое и экономичное изготовление. Поэтому технологичность холодноштамповочных деталей является важной предпосылкой прогрессивности методов и экономичности производства. Способы изготовления деталей типа «Корпус» с внутренними спиральными рифлениями могут быть различны. Как наиболее целесообразный технологический процесс изготовления таких деталей, отвечающий требованиям ресурсосбережения, выбран процесс редуцирования, основанный на проталкивании трубной заготовки с внутренней оправкой через матрицу. Сечение стенки детали в зоне рифления показано на рис. 1.

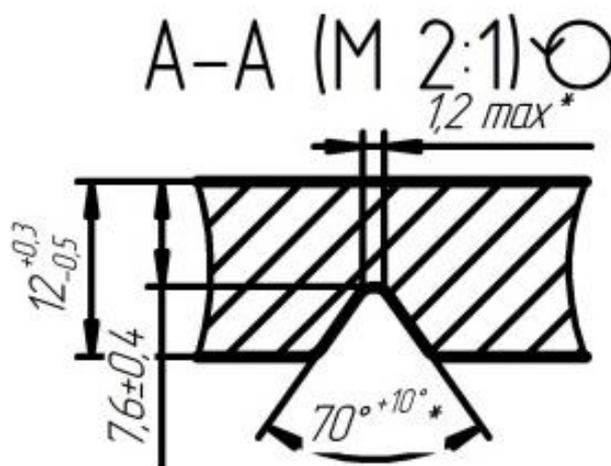


Рисунок 1. Сечение стенки детали типа «Корпус» с внутренними спиральными рифлениями (материал изделия: сталь 20 ГОСТ 1050-2013)

Способ включает редуцирование трубной заготовки за две последовательные операции, каждую из которых осуществляют путем совместного продавливания через калибровочную матрицу трубной заготовки и внутренней оправки с многозаходными спиральными выступами на боковой поверхности без относительного вращения внутренней оправки и трубной заготовки (рис. 2).

Между заготовкой и матрицей в качестве смазки применяют раствор натриевого мыла, нанесенного на фосфатную основу, а между оправкой и заготовкой применяют консистентную смазку на основе машинного масла и графита. В ходе выполнения операций редуцирования давление прикладывают на торец заготовки. При этом в указанных операциях редуцирования используют внутренние оправки с многозаходными спиральными выступами противоположного направления и калибровочные матрицы разного диаметра. После завершения формирования спиральных рифлений на каждой операции редуцирования трубную заготовку и внутреннюю оправку извлекают из матрицы. Далее выпрессовывают оправку из заготовки, используя при этом упор, установ-

ленный на шариковый радиально-упорный подшипник. Каждую операцию редуцирования осуществляют за два перехода. Во время выполнения операций редуцирования используют внутренние оправки меньшей длины, чем длина трубной заготовки (отношение длины оправки к длине заготовки составляет 2/3) [2].

Следует отметить, что в качестве программы-симулятора технологического процесса штамповки детали типа «Корпус» был выбран QForm VX. Выбор программного продукта продиктован рядом факторов. Во-первых, данный программный продукт является российской разработкой. Во-вторых, программный продукт специально ориентирован для решения задач обработки металлов давлением (ОМД). В-третьих, программный продукт содержит библиотеку оборудования и библиотеку материалов Российской Федерации.

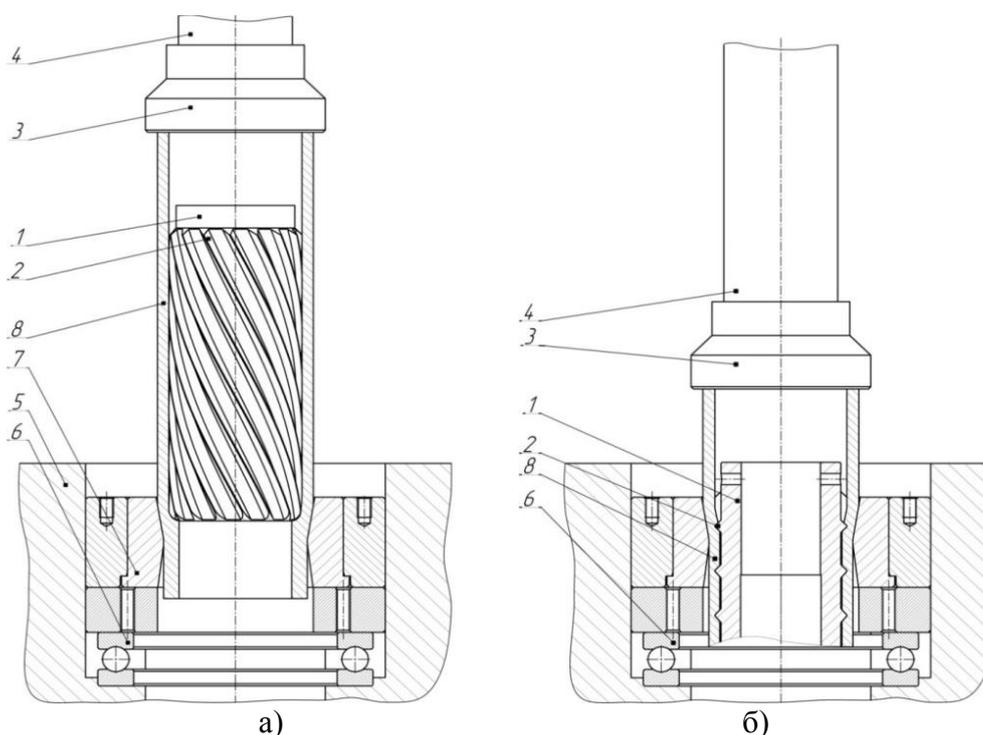


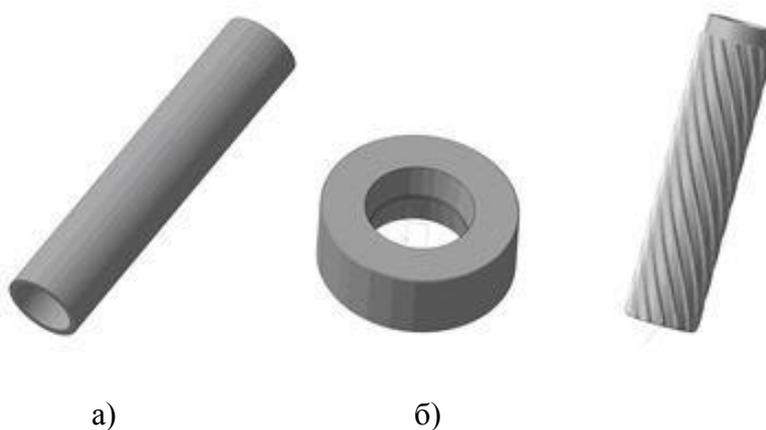
Рисунок 2. Схема процесса: а) до редуцирования, б) после редуцирования (1 – внутренняя оправка, 2 – многозаходные спиральные выступы, 3 – упор, 4 – пуансонодержатель, 5 – матрицедержатель, 6 – радиально-упорный шариковый подшипник, 7 – калибровочная матрица, 8 – заготовка)

В программную среду QForm VX были импортированы трехмерные модели используемого инструмента и заготовки, созданные в SolidWorks (рис. 3), и заданы параметры процесса, такие как:

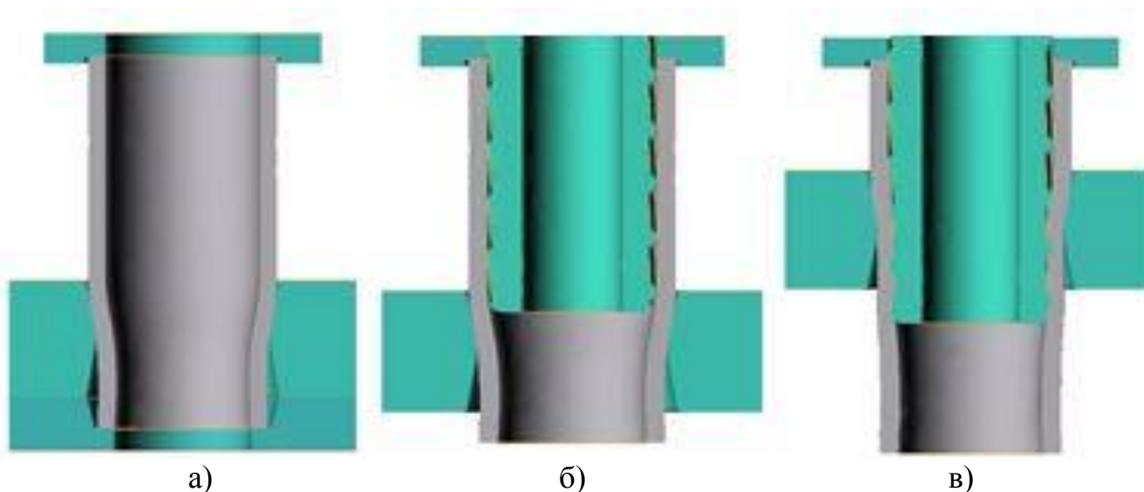
- температура заготовки (20°C),
- материал заготовки (сталь 20) и инструмента (сталь X12МФ),
- смазка (на оправку наносят консистентную смазку на основе графита, заготовка покрыта фосфатом и мыльным раствором),
- кинематика технологического процесса редуцирования,
- условия останковки расчета (ход толкателя прессы),
- минимальное число слоев элементов (для корректного расчета число слоев элементов выбирают в диапазоне 4...6, выбираем 6 слоев),

– включаем адаптацию сетки заготовки по деформации (данный параметр позволяет оператору не подбирать минимальный размер элемента заготовки, в необходимых местах в процессе расчета программный продукт переразошьет сетку самостоятельно).

Для расчета технологического усилия, необходимого для выполнения операции редуцирования достаточно выполнить моделирование лишь части трубной заготовки (рис. 4). [3]



а) б) в)
Рисунок 3. Трехмерные модели, выполненные в SolidWorks:
а) исходная трубная заготовка, б) матрица для выполнения 1-й операции редуцирования, в) оправка с многозаходными спиральными выступами для выполнения 1-й операции редуцирования



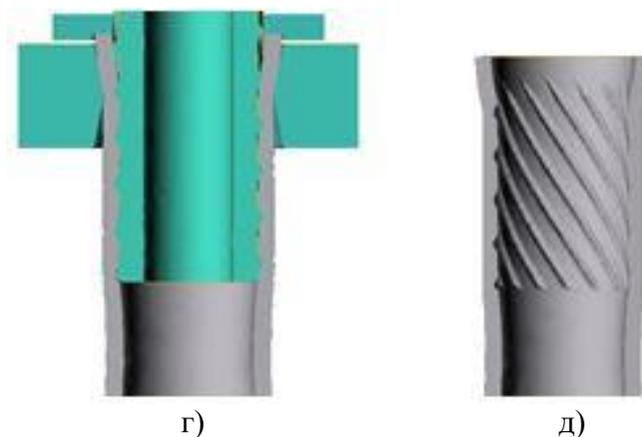


Рисунок 4. Компьютерное моделирование технологического процесса, 1-я операции редуцирования трубной заготовки в программном комплексе QForm VX:
 а) обжим носика трубной заготовки; б), в), г) 1-я операция редуцирования трубной заготовки; д) трубная заготовка после выполнения 1-й операции редуцирования

Таким образом, в программный комплекс QForm VX была загружена заготовка длиной кратной длине готового изделия, с заданной толщиной стенки 12 мм и заданным наружным диаметром; матрица, имеющая угол конуса 10° ; внутренняя оправка с многозаходными спиральными выступами (в данном случае выпрессовка оправки из заготовки не моделируется, поэтому она выполнена на всю длину заготовки). Далее представлены результаты моделирования технологического процесса, 1-я операция редуцирования (рис. 5, б).

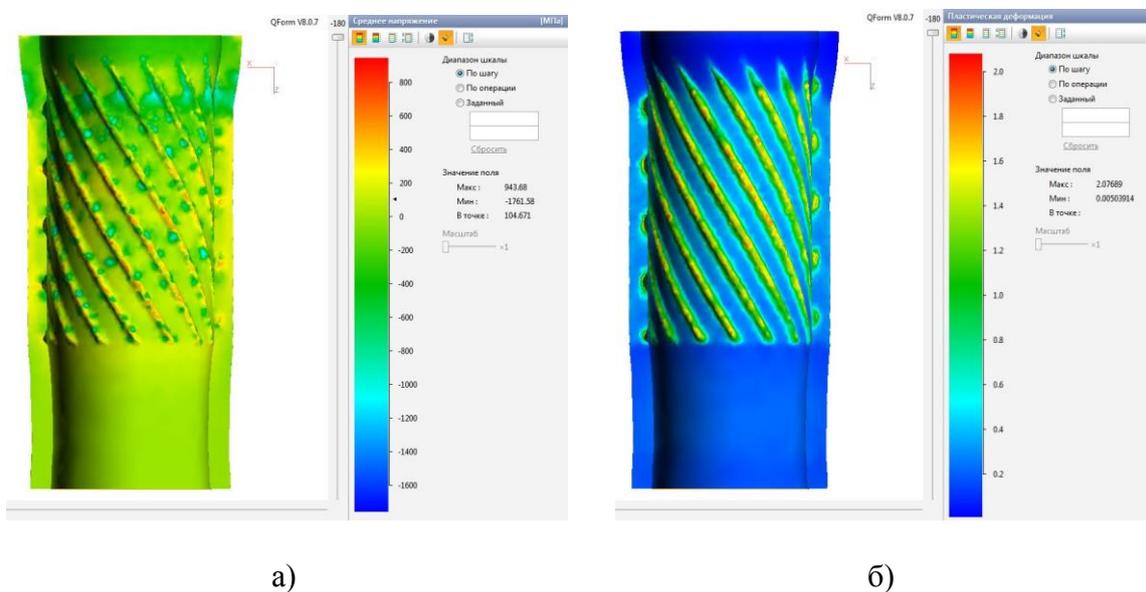


Рисунок 5. Поля распределения в трубной заготовке после выполнения 1-й операции редуцирования: а) среднего напряжения, б) пластической деформации

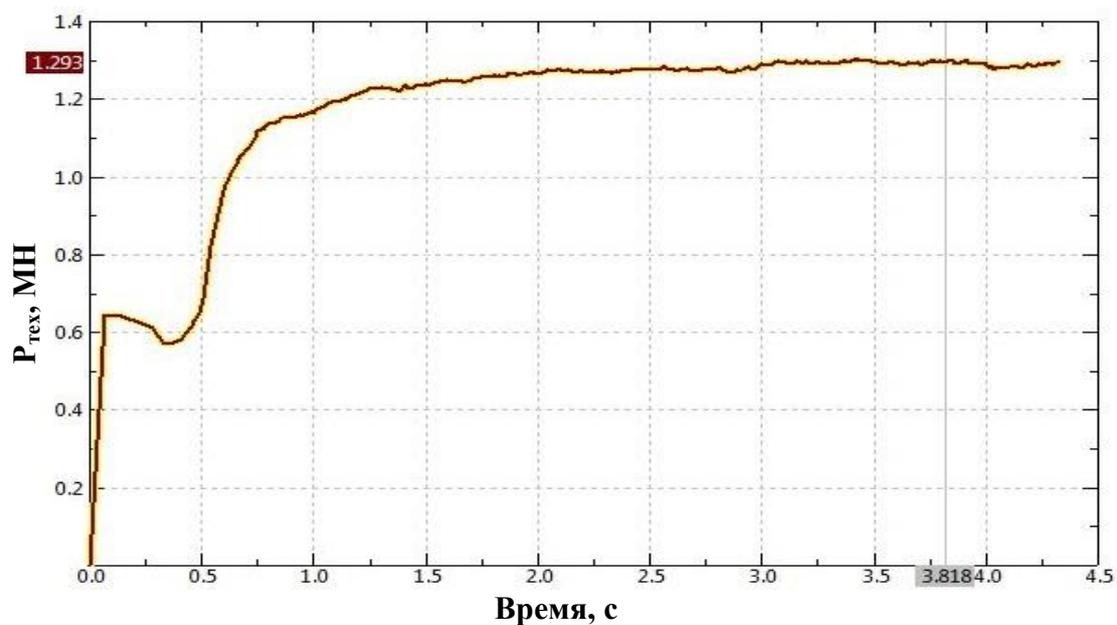
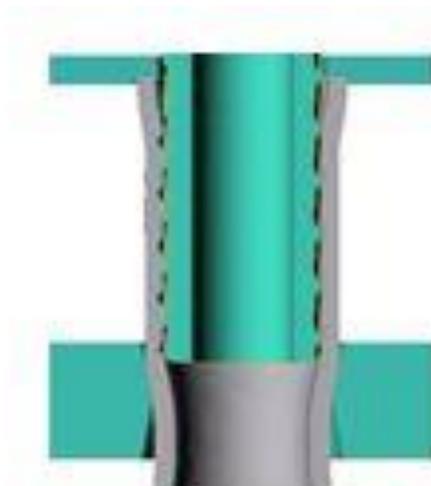


Рисунок 6. График зависимости технологического усилия, необходимого для выполнения 1-го перехода редуцирования от времени хода ползуна пресса (сталь 20 ГОСТ 1050-2013)

Для моделирования 2-го перехода редуцирования все операции задания характеристик процесса и геометрии инструмента были выполнены аналогично как для 1-го перехода. Результаты представлены ниже (рис. 7-9).



а)



б)



Рисунок 7. Компьютерное моделирование технологического процесса 2-й операции редуцирования трубной заготовки в программном комплексе QForm VX:
 а) обжим носика трубной заготовки; б), в) 2-е редуцирование трубной заготовки; г) трубная заготовка после выполнения операции второго редуцирования

Благодаря виртуальным испытаниям технологического процесса в программной среде QForm VX:

1. Были предложены дополнительные рекомендации по введению промежуточной операции дорнования.
2. Подобраны оптимальные величины тангенциальных степеней деформации.
3. Выбран угол конуса матрицы.
4. Определено, что для обеспечения толщины стенки в готовом изделии $12^{+0,3}_{-0,5}$ исходную заготовку с толщиной стенки меньше 12 мм брать не рекомендуется.
5. Определено, что при выполнении первой операции редуцирования заготовка удлиняется на величину порядка 18% от величины хода инструмента, при выполнении второй операции – на 10%. [3]

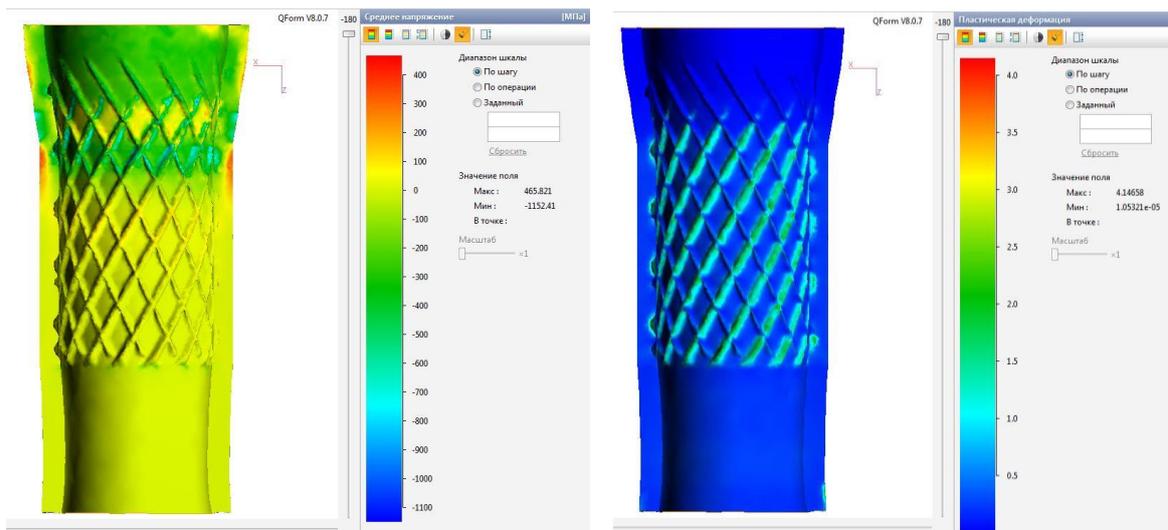


Рисунок 8. Поля распределения в трубной заготовке после выполнения 2-й операции редуцирования: а) среднего напряжения, б) пластической деформации

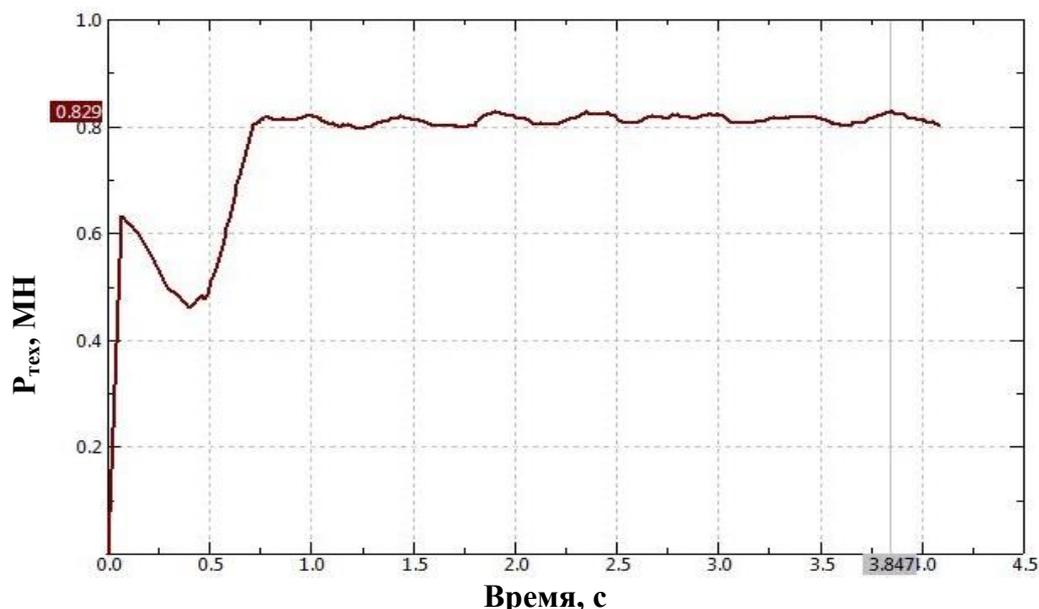


Рисунок 9. График зависимости технологического усилия, необходимого для выполнения 2-й операции редуцирования от времени хода ползуна пресса (ст. 20 ГОСТ 1050-2013)

Результаты компьютерного моделирования подтверждены и теоретическими расчетами. На основании полученных результатов была предложена методика расчета технологического усилия редуцирования трубной заготовки с оправкой. [4] А также, предложен способ нанесения PVD-покрытия для повышения стойкости внутренней оправки с многозаходными спиральными выступами, испытывающими большие контактные нагрузки во время выполнения операций редуцирования и, в особенности, при выпрессовке оправки из трубной заготовки. [5]

ЛИТЕРАТУРА

1. Князев, С. Н. Совершенствование процесса редуцирования для изготовления осесимметричных деталей типа «Корпус» с внутренними спиральными рифлениями [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.09; [Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет)]. – Ижевск, 2016. – 16 с.
2. Михайлов, Ю. О. Способ получения трубчатых заготовок с нарезками [Текст] / Ю. О. Михайлов, Д. Г. Дресвянников, С. Н. Князев // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – №1. – С. 81-82.
3. Михайлов, Ю. О. Математическое и компьютерное моделирование технологического процесса редуцирования трубной заготовки с оправкой [Текст] / Ю. О. Михайлов, Д. Г. Дресвянников, С. Н. Князев // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – №1. – С. 47-49.
4. Михайлов, Ю. О. Методика расчета технологического усилия редуцирования трубной заготовки с оправкой [Текст] / Ю. О. Михайлов, С. Н. Князев // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – №1. – С. 45-47.
5. Князев, С. Н. Наноструктурированное PVD-покрытие как способ повышения износостойкости штамповой оправки [Текст] / Ю. О. Михайлов, В. В. Тарасов, С. Н. Князев // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2015. – №4. – С 4-5.

Поступила в редколлегию 14.05.2018 г.