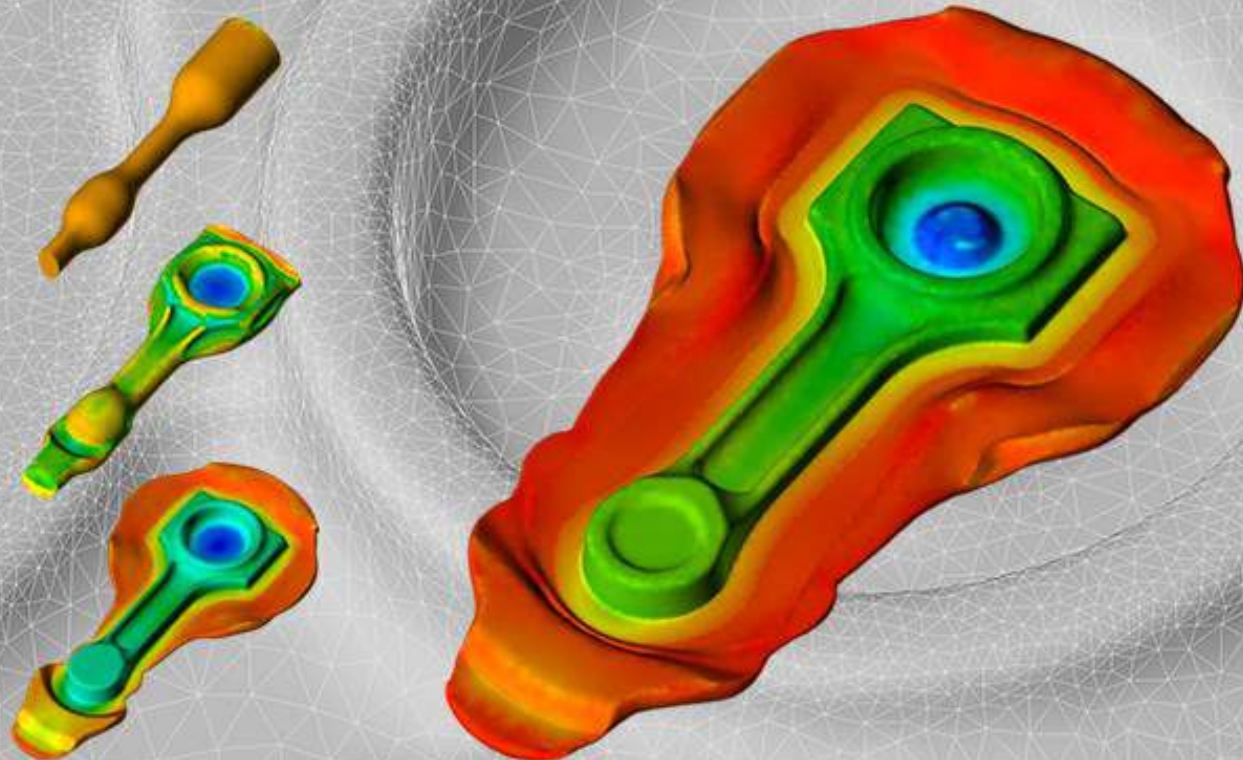


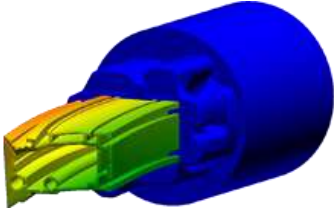
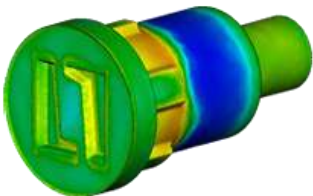
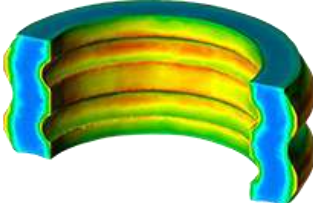
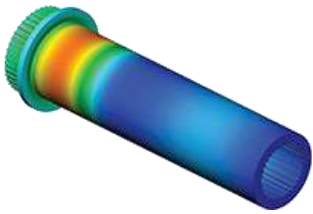
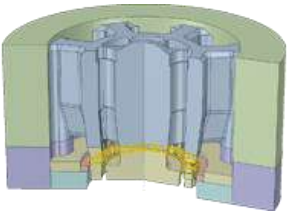


Программное обеспечение для моделирования,
исследования и оптимизации процессов
обработки металлов давлением



СОДЕРЖАНИЕ

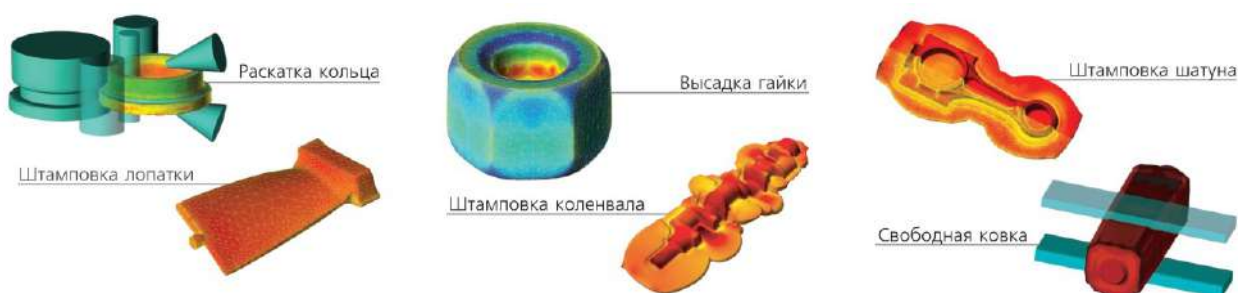
QForm – это мощный комплекс программ для расчета пластических деформаций, созданный специально для отладки оснастки и технологических процессов обработки металлов давлением, штамповки,ковки, раскатки колец, прокатки и прессования алюминиевых профилей.

	Модуль	Стр.
	QForm. Моделирование процессов ОМД Система предназначена для моделирования и оптимизации штамповки,ковки, а также других процессов обработки металлов давлением.	5
	QForm Extrusion. Прессование профилей Специальная программа для моделирования процессов прессования профилей. Используемые в программе подходы позволяют рассчитывать экструзию профилей самой высокой сложности.	7
	QForm Cold Forming. Холодная штамповка Система разработана для моделирования холодной штамповки и применяется для оптимизирования течения металла, расчета силы деформирования, оценки износостойкости инструмента и предотвращения образования дефектов в поковке.	9
	QForm Ring Rolling. Раскатка колец Модуль разработан для моделирования процессов раскатки колец. Специальные методы расчета позволяют рассчитать формоизменение колец с прямоугольным и профильным сечением.	11
	QForm Heat Treatment. Термическая обработка Приложение для моделирования процессов термической обработки различных сплавов, позволяющее осуществлять прогнозирование фазового состава, эксплуатационных свойств заготовки после термической обработки, а также остаточных напряжений и деформаций.	13
	QForm Microstructure. Микроструктура Специальный модуль для моделирования процессов эволюции микроструктуры в процессе термомеханической обработки сталей, никелевых, титановых, алюминиевых и других сплавов.	15
	QForm Extrusion Die Designer. Проектирование матричных оснасток для прессования Система параметрического проектирования трехмерной геометрии матричных комплектов для прессования. Программа позволяет быстро и качественно спроектировать сложнейшую геометрию инструмента, удовлетворяющую в полной мере высоким требованиям к геометрии для конечно-элементного моделирования.	17
	Сферы применения QForm	19
	Системные требования	19

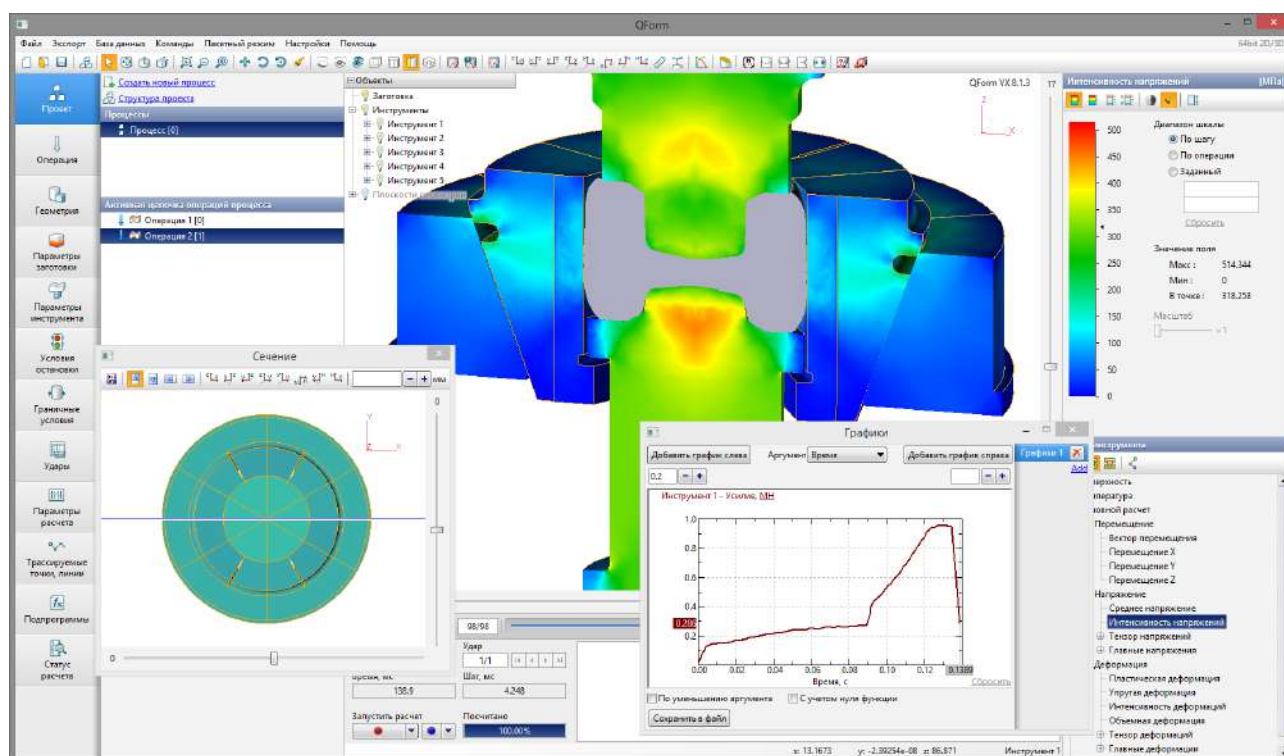
QForm

Универсальный продукт для математического моделирования процессов обработки металлов давлением.

В программе удалось соединить уникальный по своей простоте интерфейс с широкой функциональностью, благодаря чему моделировать стало намного удобнее и приятней. Новые расчетные алгоритмы позволили с максимальной эффективностью использовать вычислительные мощности современных многоядерных процессоров, в результате чего скорость расчета существенно увеличилась. Работа интерфейса абсолютно не зависит от расчетного ядра, поэтому вывод результатов осуществляется очень быстро даже для самых сложных расчетов.



Работая с единственным окном программы, вы задаете исходные данные, управляете процессом расчета и просматриваете результаты. Реализованные в программе инструменты позволяют не только быстро и подробно описать моделируемый процесс, но и глубоко исследовать полученные результаты.



Интерфейс QForm. Холодная штамповка гайки.

Изображено поле интенсивности напряжений в составном инструменте, график усилия.

В QForm можно моделировать почти все известные технологические процессы формоизменения металла.

Круг решаемых задач существенно расширяется благодаря следующим возможностям:

- расчет вязкопластической и упругопластической деформации заготовки
- расчет совместной тепловой и механической задач системы Заготовка-Инструмент
- расчет сложных составных инструментов
- расчет деформации одновременно нескольких заготовок из разных материалов
- расчет износа и деформации инструмента
- удобный анализ энергосиловых параметров процесса
- предсказание дефектов и текстуры деформируемой заготовки
- удобная трассировка расчетных данных и их экспорт в виде таблиц
- пакетный режим расчета
- расчет подпружиненного инструмента и силового прижима
- использование явного или неявного методов решения
- написание пользовательских подпрограмм
- задание специальных граничных условий для заготовки и инструмента
- расчет термо-упруго-пластической задачи
- широкие возможности управления параметрами расчета и сеткой конечных элементов
- совместный интерфейс с известными программами моделирования процессов литья (ProCast, MagmaSoft)
- возможность импорта данных из специальных программ для расчета теплофизических свойств материалов (JMatPro)
- совместный интерфейс с программой моделирования микроструктуры и фазовых превращений (MatiLDA)

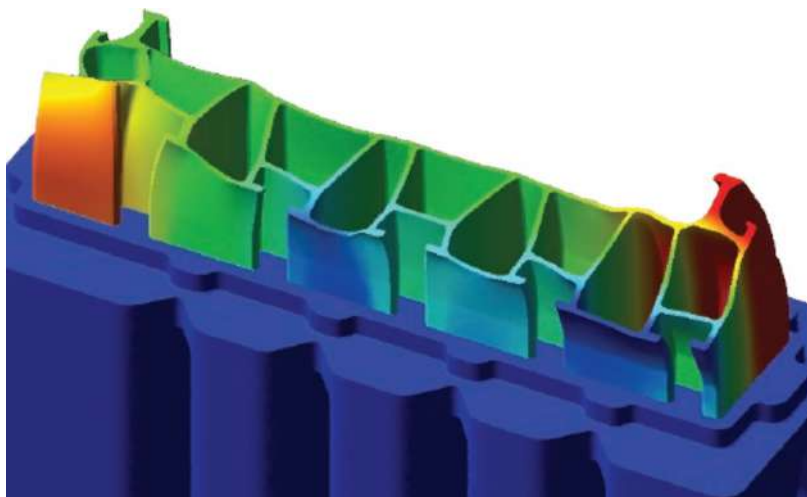
Генерация и перестройка конечно-элементной сетки в процессе расчета осуществляются в автоматическом режиме и в большинстве случаев не требует вмешательства пользователя.

QForm поставляется с большой базой данных деформируемых материалов, инструментальных материалов, оборудования и

смазок. В программе описаны модели механических, гидравлических и винтовых прессов, молотов, вращательного оборудования, реализовано несколько моделей трения.

Подробное руководство пользователя, переведенное на пять языков, включает в себя не только описание всех возможностей программы, но и большое количество интересных примеров, а также теоретический курс о моделировании процессов обработки давлением в QForm.

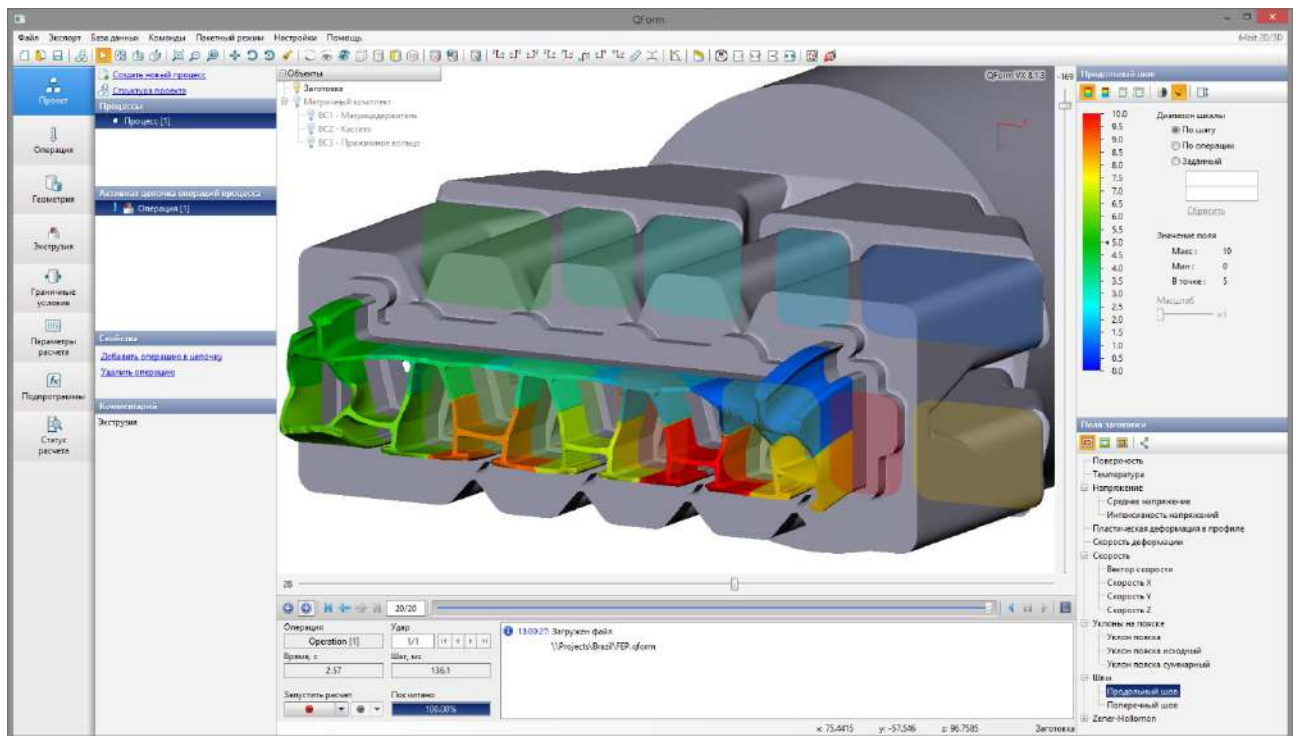
Благодаря всем этим особенностям, программа популярна не только среди исследователей, но и среди инженеров-технологов.



QForm Extrusion

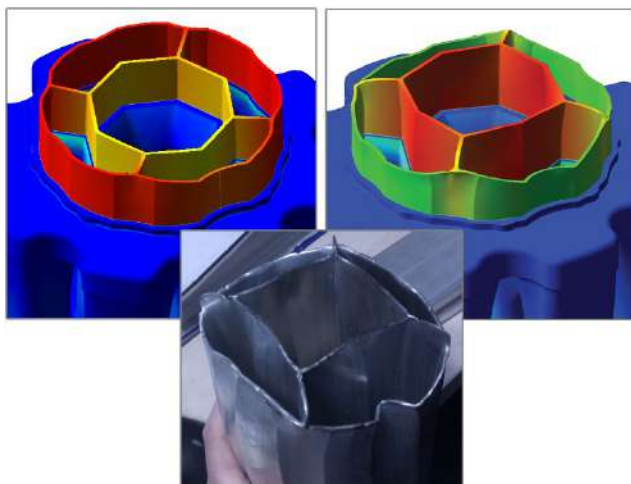
Единственное в мире решение, объединяющее проектирование матричной оснастки (QExDD) и компьютерное моделирование.

Известно, что деформация инструмента оказывает существенное влияние на истечение профиля. QForm Extrusion учитывает упругую деформацию матрицы, включая область поясков, и моделирует течение профиля через деформированный контур очка матрицы. Эта уникальная возможность QForm Extrusion обеспечивает высокую точность моделирования процессов прессования профилей даже для матриц сложных конструкций.

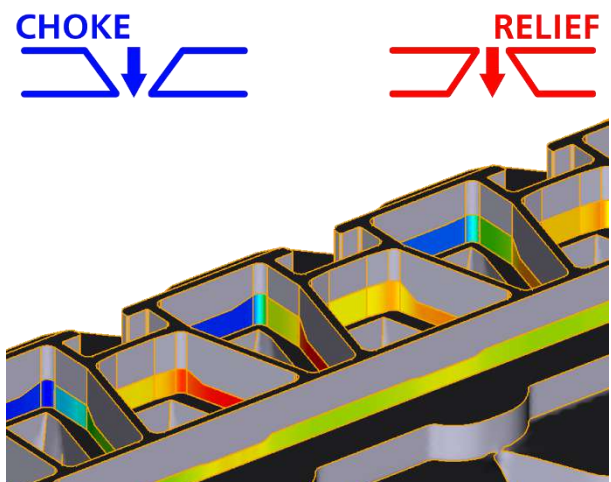


Металл из разных питателей отмечен различными цветами на профиле.

Сварные швы находятся на границе цветов.

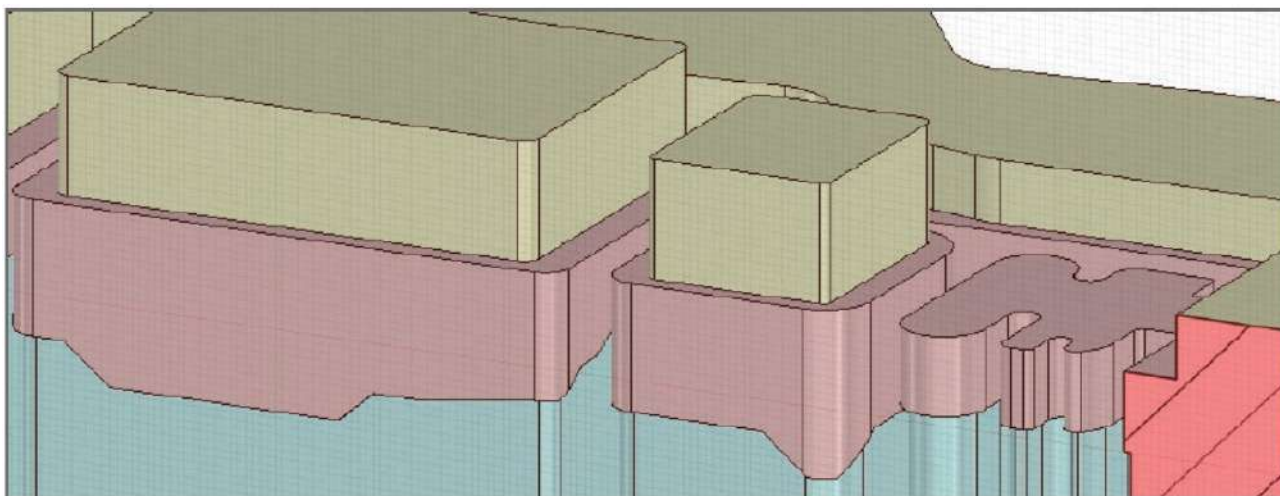


Результаты моделирования с «жесткой» (слева) и «совместной» задачей (справа) в сравнении с экспериментом (в центре)



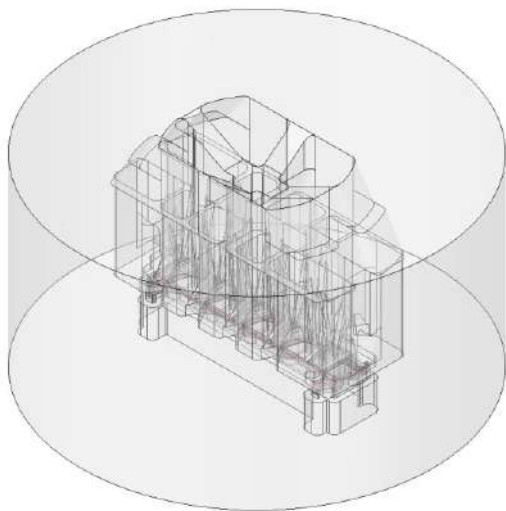
Зоны отрицательных (синий цвет) и положительных (красный цвет) уклонов поясков вследствие деформации инструмента

Многочисленные промышленные эксперименты показали, что деформация инструмента может вызывать зоны отрицательных и положительных уклонов в отдельных частях изначально прямого недеформированного пояска, что приводит к значительным изменениям в скорости течения материала. Только совместное моделирование в QForm Extrusion гарантирует точные результаты в таких случаях.

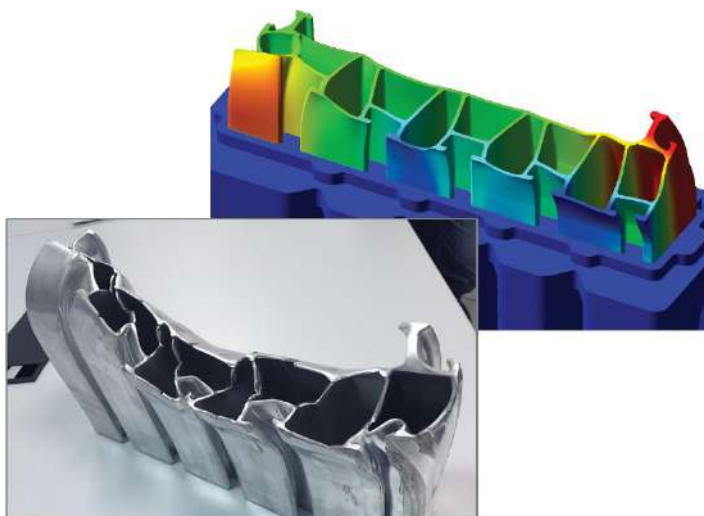


Наибольшую эффективность QForm Extrusion проявляет при использовании совместно с нашей разработкой QForm Extrusion Die Designer (QExDD).

QExDD – это система автоматизированного проектирования 3D моделей матричного комплекта для прессования полых и сплошных профилей. Программа в несколько раз ускоряет процесс проектирования инструмента путем поэтапного создания твердотельной модели на основании параметрических данных чертежа матричной оснастки. QExDD позволяет создавать модели, которые могут использоваться как для моделирования и оптимизации в QForm Extrusion, так и для производства матричной оснастки на станках. Такая интеграция процессов проектирования инструмента и компьютерного моделирования является современным и эффективным подходом к разработке матричных комплектов для прессования профилей.



*Автоматизированное проектирование
и подготовка 3D-геометрии*

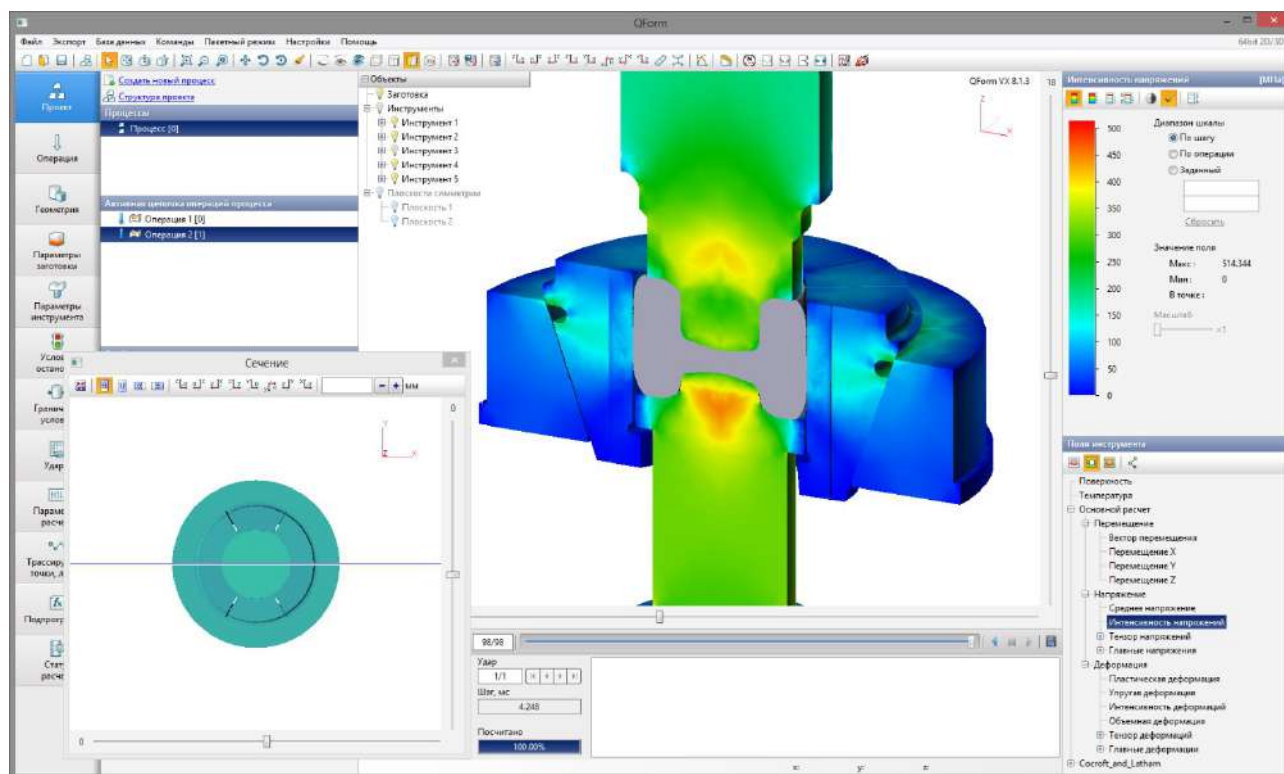


*Точное моделирование и оптимизация
процесса прессования*

QForm Cold Forming

Программа для моделирования холодной штамповки и оптимизации течения металла.

Холодная штамповка в отличие от горячей позволяет получить точную форму и высокое качество поверхности изделия, позволяет уменьшить объем или исключить последующую механическую обработку. Поэтому холодное деформирование применяется в таких процессах штамповки, как торцевая раскатка, холодная высадка метизов, холодная накатка.



Интерфейс QForm Cold Forming. Изображено поле распределения интенсивности напряжений в сложном составном инструменте

Для процессов холодной штамповки характерно использование специальных марок материалов, допускающих холодное деформирование без разрушения, так как в процессе деформирования не происходит восстановления структуры (в отличие от динамической рекристаллизации в ходе горячего деформирования).



высадки метизов).

Для моделирование таких процессов требуется использование реологических моделей материалов, испытанных при температурах холодной штамповки (обычно 20-400 градусов Цельсия). Для оценки дефектов, возникающих вследствие накопления повреждения структуры и истощения ресурса пластичности, используют критерии разрушения. Это критерии: Кокрофта-Латама, Колмогорова, Деля, Вержбицкого и другие. Особое влияние на форму конечной поковки оказывают упругие деформации инструмента и изделия при холодной штамповке (что особенно важно при моделировании

Для учета упругих деформаций разработаны в QForm такие модели, как совместный расчет упруго-деформируемого инструмента и пластически деформируемой заготовки; упруго-пластические и пластические модели деформирования заготовки; термо-упруго-пластическая модель охлаждения для учета локальных термических напряжений. Использование этих специальных алгоритмов помогает предсказать конечную форму поковки и наличие дефектов в ней с наибольшей точностью.

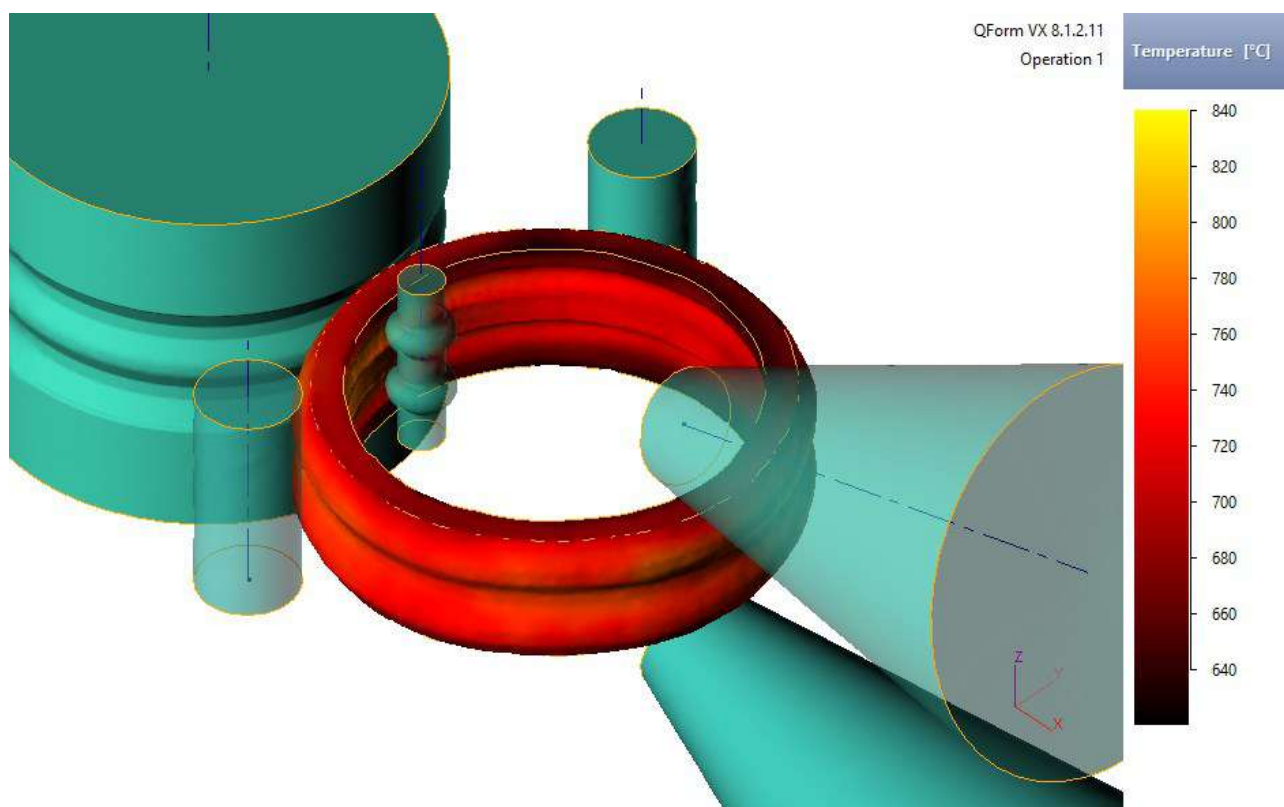
Возможности системы:

- Вычисление размеров отштампованной поковки для оценки качества формоизменения
- Предсказание наличия дефектов (складка, прострел) в поковке
- Оценка силы деформирования для проверки выбранного холодновысадочного автомата или прессы
- Оценка стойкости инструмента и предсказание слабых мест в матрице и пуансоне
- Оценка износа инструмента и оптимизация формы для наиболее нагруженных мест
- Специальные функции QForm для моделирования процессов холодной штамповки
- Реализован критерий Кокрофта-Латама для предсказания дефектов из-за исчерпания ресурса пластичности
- Совместная механическая задача, позволяющая оценить влияние прогиба инструмента на конечную форму поковки
- Возможность использования и расчета бандажированного инструмента
- Возможность написания пользовательских подпрограмм на языке программирования LUA
- Предсказание свойств поковки посредством оценки полей накопленных деформаций и специальных полей, которые могут рассчитываться из подпрограмм пользователя
- Задание разных смазок для разных поверхностей инструмента
- Специальные возможности управления сеткой, что может играть ключевую роль для качественного моделирования процессов толстолистовой штамповки

QForm Ring Rolling

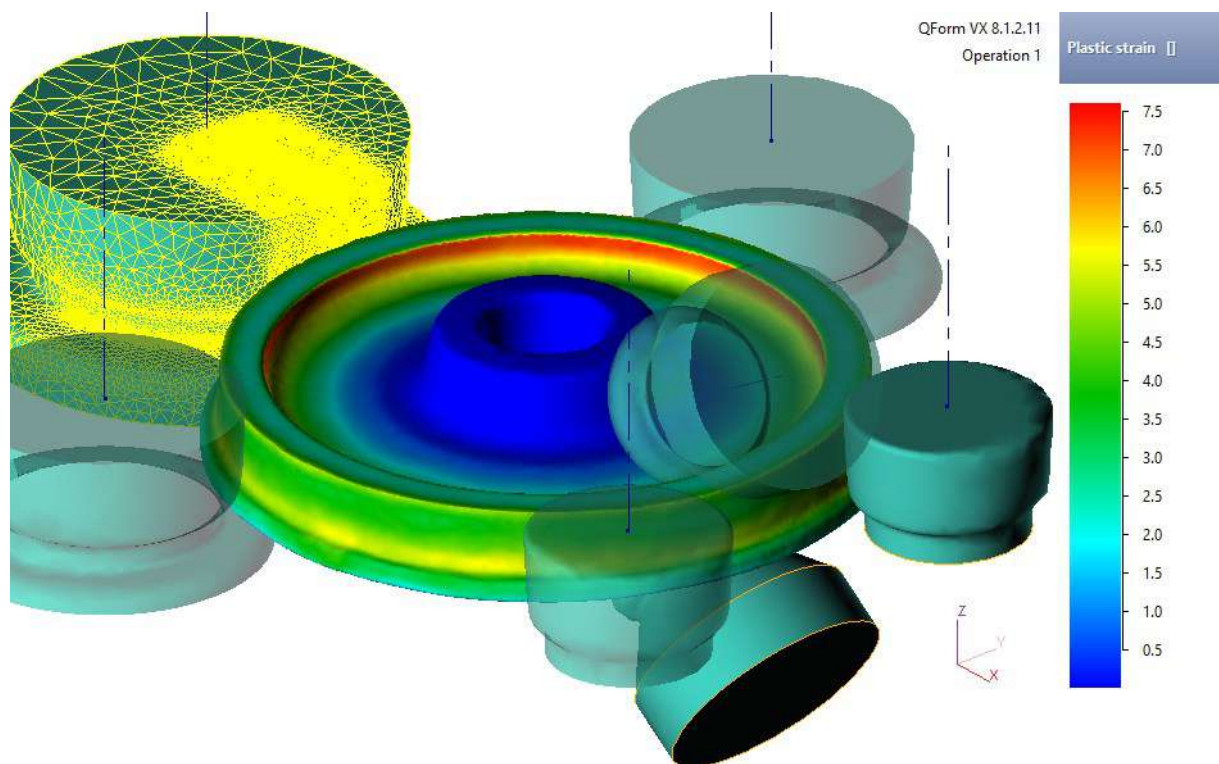
Моделирование процессов раскатки колец, в том числе – с учётом алгоритмов современных раскатных станков.

Расчет процессов раскатки колец – нетривиальная задача. Так как очаг деформации при раскатке постоянно перемещается, и повторное разбиение конечно-элементной сетки необходимо выполнять на каждом расчетном шаге, а для качественного сохранения градиентов температурных и деформационных полей сетка должна быть достаточно плотной по всему объему заготовки. При обычном подходе такой расчет длится очень долго. Кроме того, современное раскатное оборудование имеет довольно сложную кинематику, описать которую нельзя с помощью набора универсальных моделей. Поэтому моделирование раскатки колец требует использования специальных подходов и расчетных алгоритмов.



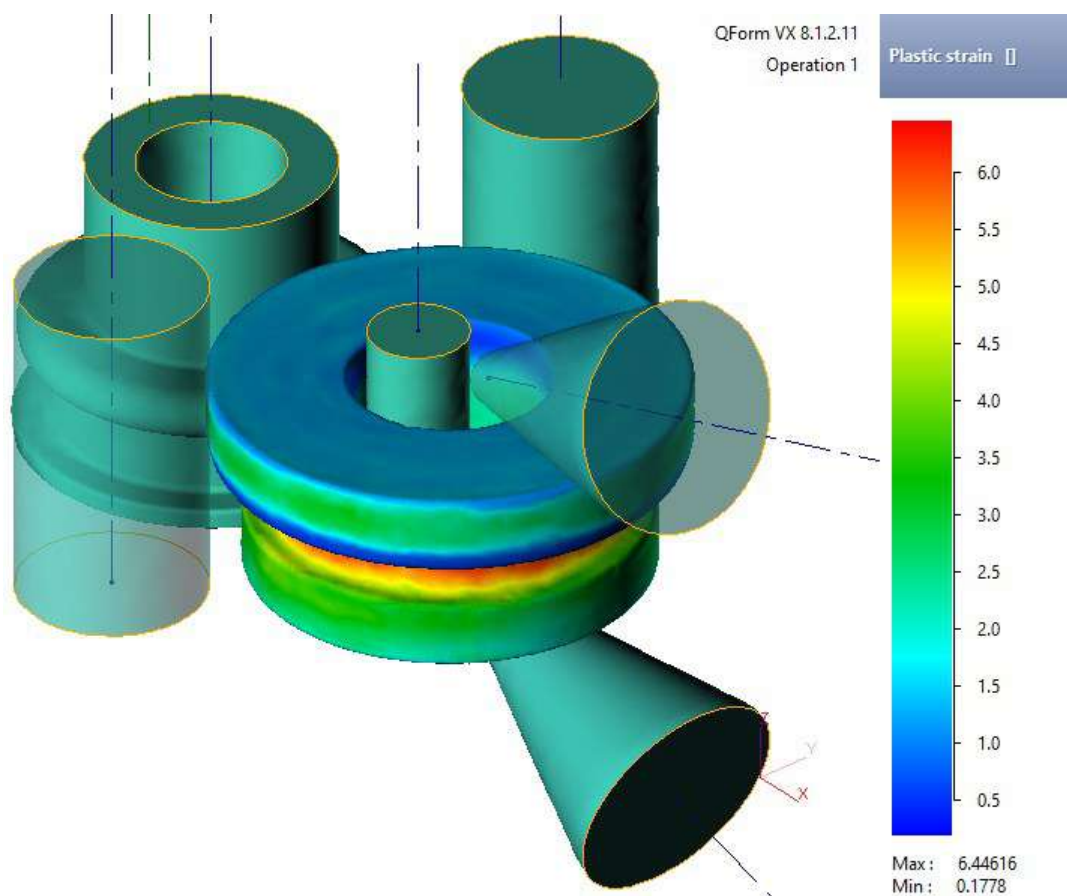
Моделирование раскатки профилированного кольца в QForm Ring Rolling

QForm Ring Rolling разработана специально для решения подобных задач. Для точного сохранения расчетных полей и геометрии используется метод двух конечно-элементных сеток: расчетной и геометрической. На основе расчетной сетки создается матрица жесткости и решается система уравнений пластического течения, а геометрическая сетка содержит расчетную информацию о термомеханических полях, получаемых в процессе расчета, и описывает геометрию деформируемого тела. Сетки деформирующих инструментов, ввиду осевой симметрии, стационары и локально уплотнены в зонах контакта с заготовкой. Такой подход позволяет рассчитывать процессы раскатки быстро и с высокой точностью.



Моделирование раскатки колеса в программе QForm Ring Rolling

Для моделирования используются те же входные параметры, которые задаются в управляющую программу раскатного стана. Это существенно упрощает работу инженера-технолога, занимающегося моделированием. Алгоритмы программы QForm Ring Rolling настроены изначально для моделирования раскатки на двухклетевых раскатных машинах. Но возможен расчет и других схем: например, закрытой раскатки колец.

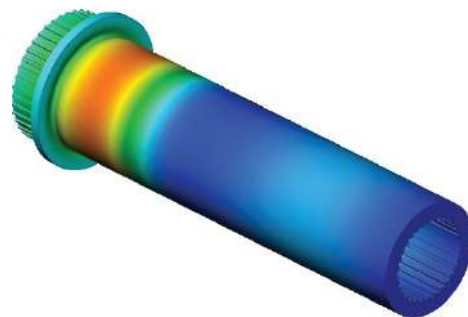


Моделирование раскатки кольца в программе QForm Ring Rolling

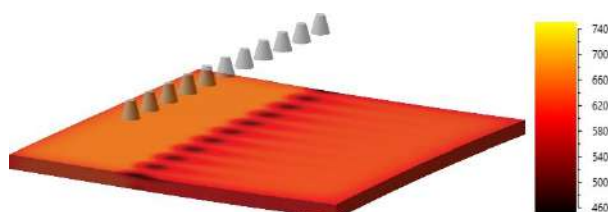
QForm Heat Treatment

Моделирование процессов термической обработки.

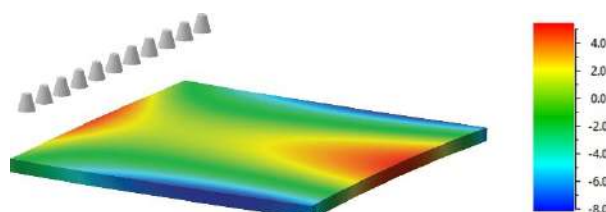
Программа QForm Heat Treatment позволяет рассчитывать термическую обработку сплавов как имеющих, так и не имеющих полиморфных превращений в твёрдом состоянии (в том числе стали, алюминиевые, никелевые и титановые сплавы). Возможно прогнозирование фазового состава, эксплуатационных свойств заготовки после термической обработки (твёрдость, предел прочности), а также остаточных напряжений и деформаций как в процессе, так и после термической обработки.



В программе отсутствуют специальные ограничения на характер изменения температуры на каждом этапе процесса термической обработки, а также на последовательность и длительность этих этапов. Возможно моделирование таких процессов как: обработка на твёрдый раствор, закалка (в том числе прерывистая, ступенчатая, спрейерная, изотермическая, с подстуживанием, с самоотпуском и т.д.), отпуска и старения (в том числе многостадийных).



Специальный тип граничных условий для моделирования спрейерной закалки. Показано поле распределения температуры (°C)



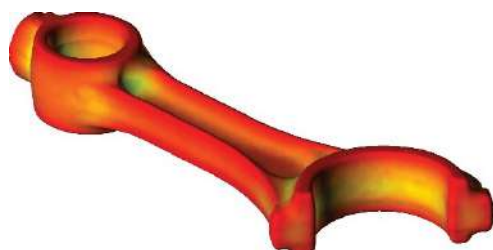
Решение термо-упруго-пластической задачи. Распределение вертикального отклонения (мм) показывает изменение формы стального листа в процессе закалки

Модуль может быть применен как для моделирования дополнительных операций в цепочке нагрев – деформация – термообработка, так и для моделирования изменения фазового состава в процессе деформирования или охлаждения в заеволонном состоянии (закалка в прессе).

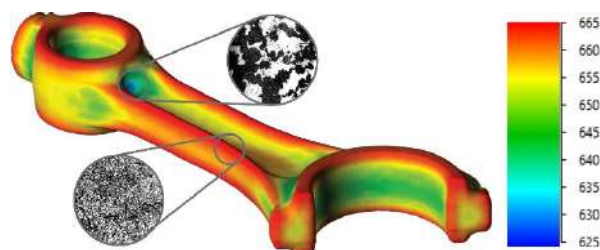
Возможно моделирование как прямых, так и обратных фазовых превращений между произвольным количеством фаз (включая вторичные метастабильные и стабильные фазы) с использованием распространённых моделей кинетики фазовых превращений: Johnson-Mehl-Avrami-Kolmogorov (JMAK), Koistinen-Marburger, Lee-Van Tyne, Leblonde-Devaux.

Реализован учёт тепловыделения и изменения объёма при фазовых превращениях.

Пользователь имеет возможность задания исходных данных для расчета (свойства фаз, кинетика фазовых превращений, скрытая теплота, коэффициенты изменения объема при фазовых превращениях, равновесные объемные доли фаз) и их сохранения в базе материалов QForm.



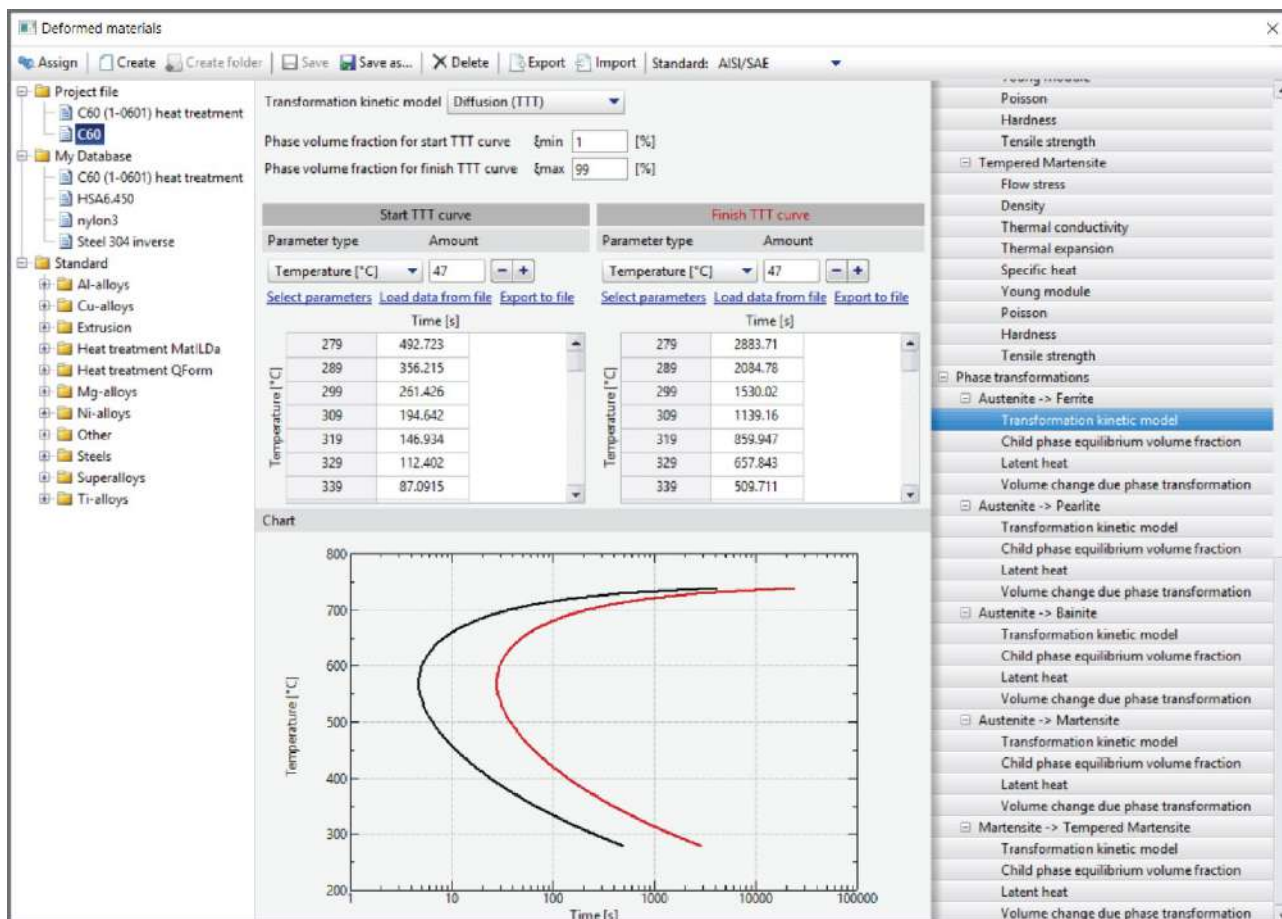
Распределение предела прочности (МПа) шатуна при его закалке



Поле твердости по Виккерсу после закалки шатуна. Показаны фазы бейнита и мартенсита

Исходные данные о кинетике фазовых превращений в низколегированных сталях и эксплуатационных свойствах фаз для предварительных расчётов могут быть получены по опубликованным в технической литературе эмпирическим зависимостям с использованием встроенного в QForm калькулятора коэффициентов моделей термообработки.

Для низколегированных и углеродистых сталей полный набор необходимых для расчёта свойств материала также может быть импортирован из программы JMatPro.



Применение модуля позволяет анализировать возможности по оптимизации технологических процессов термической обработки, в том числе:

- оптимизация графика нагрева заготовок с точки зрения сокращения его длительности, уменьшения термических напряжений и неравномерности распределения температур;
- выбор оптимальных закалочных сред, с точки зрения получения необходимых эксплуатационных свойств, а также минимальных остаточных напряжений и короблений термообработанных заготовок;
- оценка возможности применения ресурсосберегающих вариантов технологических процессов (например, внедрение закалки с самоотпуском вместо отдельных операций закалки и отпуска);
- подбор температур, количества и длительности этапов старения или отпуска.

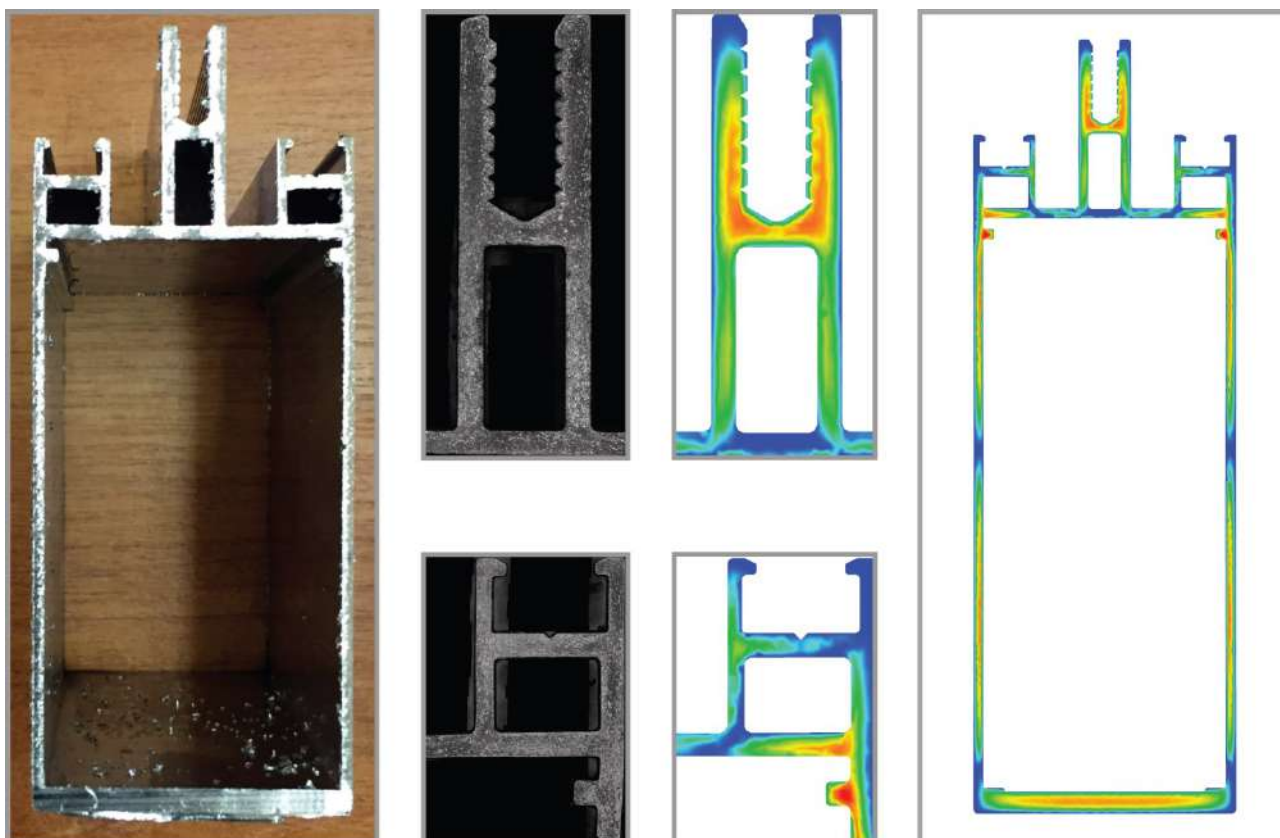
Также в QForm реализовано подключение разработанного компанией GMS mbH модуля MatILDa для прогноза фазовых превращений для 20 групп сталей.

QForm Microstructure

Моделирование процессов эволюции микроструктуры сталей, никелевых, титановых, алюминиевых и других сплавов в процессе термомеханической обработки.

Основные моделируемые процессы:

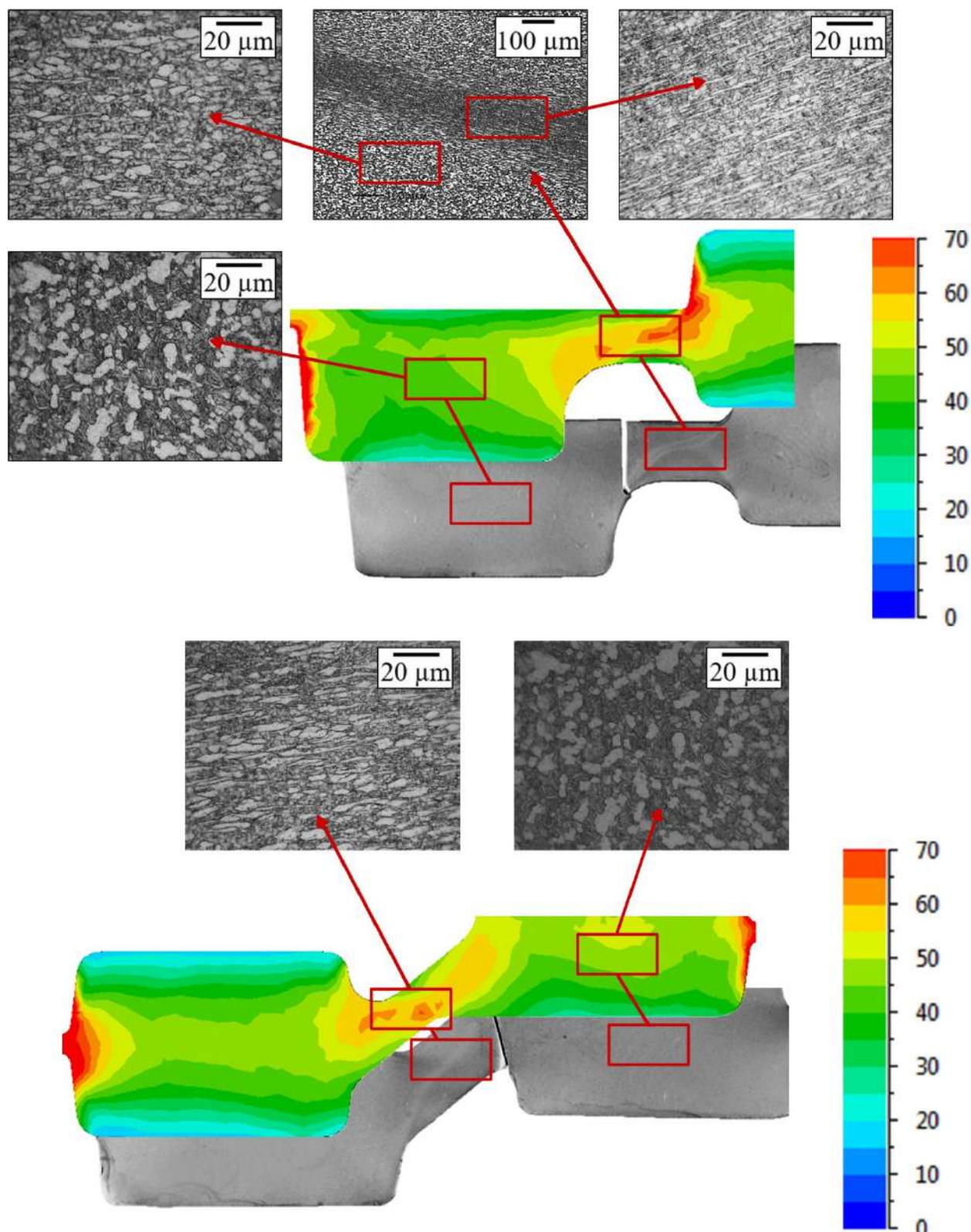
- Статическая рекристаллизация;
- Динамическая рекристаллизация;
- Метадинамическая рекристаллизация;
- Нормальный рост зерен;
- Огрубление структуры.



При расчете учитывается влияние температуры на коэффициенты модели, а также рассчитывается циклическая рекристаллизация. Модуль позволяет осуществлять сквозной расчет эволюции микроструктуры в цепочке процессов нагрев – деформирование – охлаждение с наследованием результатов расчета. Расчет возможен для задач как в 2D постановке, так и в объемной постановке (3D). Кинетика рекристаллизации описывается уравнением Джонсона-Мейла-Аврами-Колмогорова (JMAK).

В программе реализован как процессорный, так и постпроцессорный режим расчета эволюции микроструктуры.

Результаты расчета показываются в полях заготовки. Рассчитываются следующие параметры: объемная доля и средний размер зерен для динамической, статической и метадинамической рекристаллизации, общая доля рекристаллизованного объема, средний размер зерен, балл зерна, тип эволюции микроструктуры, остаточная деформация, критическая деформация, начальный размер зерен перед каждым циклом рекристаллизации, число завершенных рекристаллизаций при включенном расчете циклической рекристаллизации, а также справочные поля: время деформации, средняя температура и скорость деформации за время деформации, время выдержки и роста зерен.



Применение модуля позволяет анализировать возможности по оптимизации технологических процессов термомеханической обработки, в том числе:

- оптимизация параметров режима деформации с целью получения регламентированной микроструктуры и необходимых эксплуатационных свойств;
- подбор температур, количества и длительности этапов выдержки и нагрева с целью предотвращения роста зерен и огрубления микроструктуры.

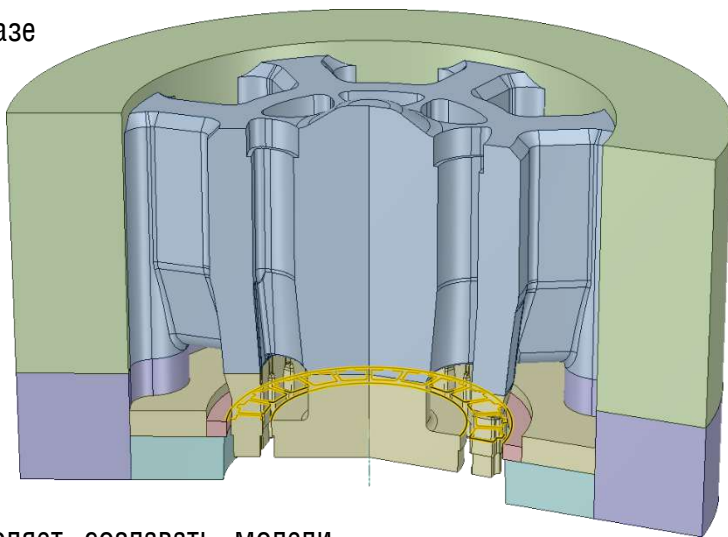
Также в QForm реализовано подключение модуля MatILDa разработки компании GMS GmbH. Этот модуль может использоваться как альтернативный для решения схожих задач для сталей и никелевых сплавов с использованием модели Селларса-Робертса.

QForm Extrusion Die Designer

Объемное параметрическое проектирование матричной оснастки для прессования сплошных и полых профилей из сплавов на основе алюминия.

Модуль был разработан на базе популярной CAD-системы ANSYS SpaceClaim, позволив сочетать скорость и удобство работы пользователя и сложность специализированных внутренних алгоритмов для построения и обработки геометрии инструмента.

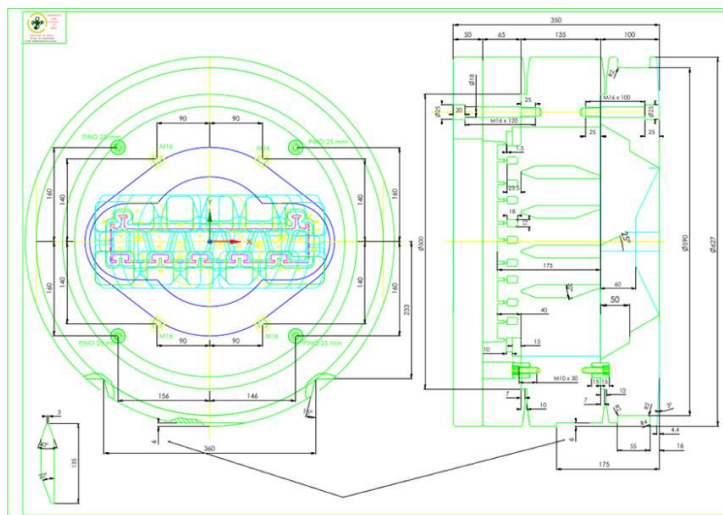
Программа в несколько раз ускоряет процесс проектирования инструмента путем поэтапного создания твердотельной модели на основании параметрических данных чертежа матричной оснастки. Программа позволяет создавать модели, которые могут использоваться как для моделирования и оптимизации в QForm, так и для производства матричной оснастки на станках.



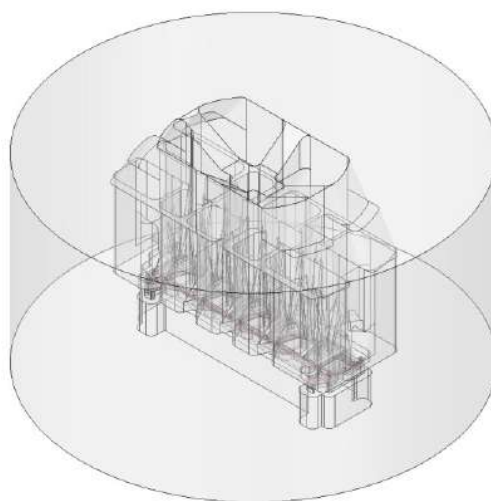
Такая интеграция процессов проектирования инструмента и компьютерного моделирования является современным и эффективным подходом к разработке матричных комплектов для прессования профилей.

Система выполняет одновременно несколько задач:

- проектирование матричной оснастки;
- воссоздание объемного прототипа матричной оснастки из плоского чертежа;
- корректировка существующего инструмента.

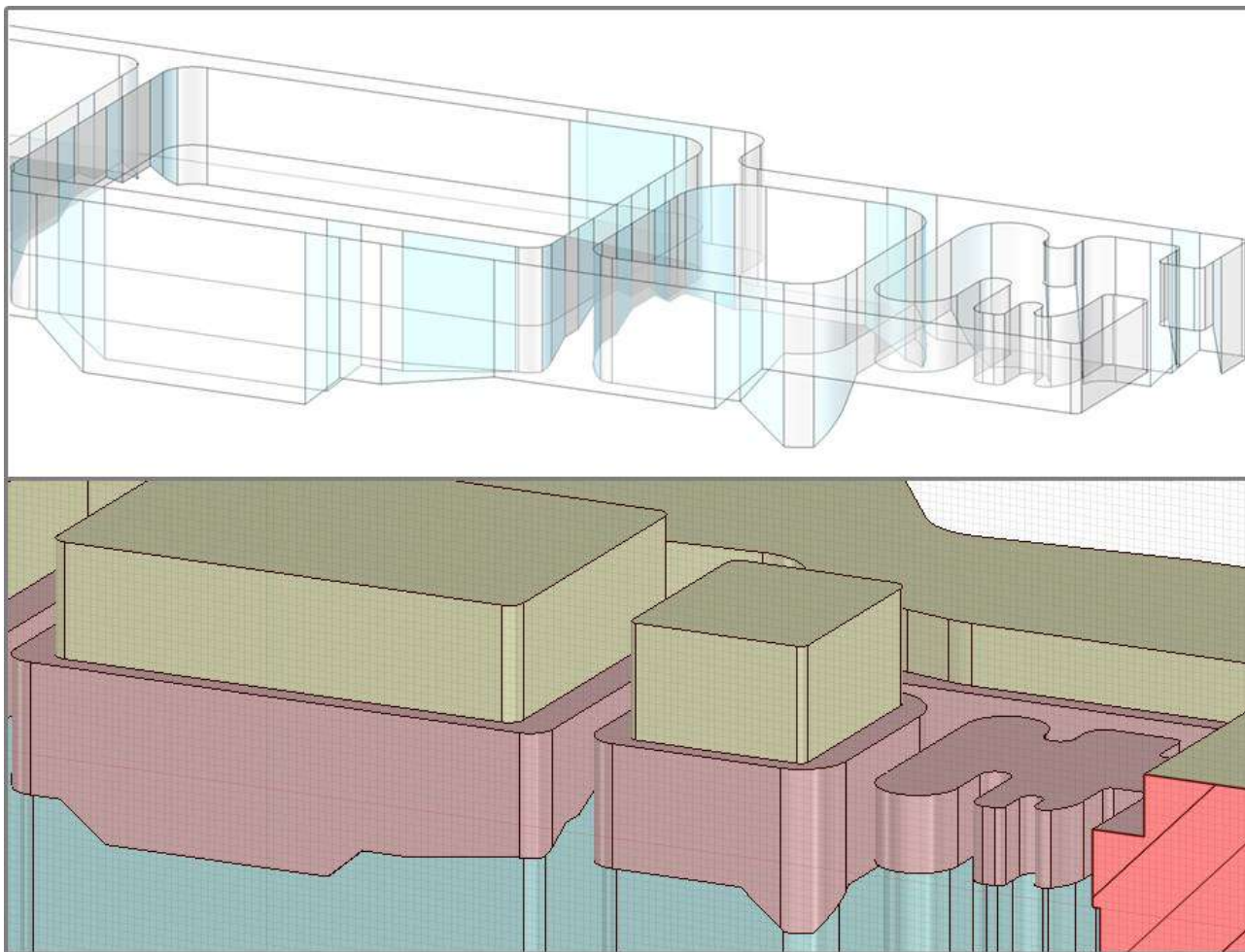


Создание новых 2D-чертежей матричной оснастки или импорт существующих



Автоматизированное проектирование и подготовка 3D-геометрии

Уникальный модуль проектирования поясков позволяет автоматически создать геометрию поясков менее чем за минуту. Программа автоматически конвертирует параметрические модели поясков в твердотельные модели для последующего их использования в моделировании и обработке на станках с ЧПУ.

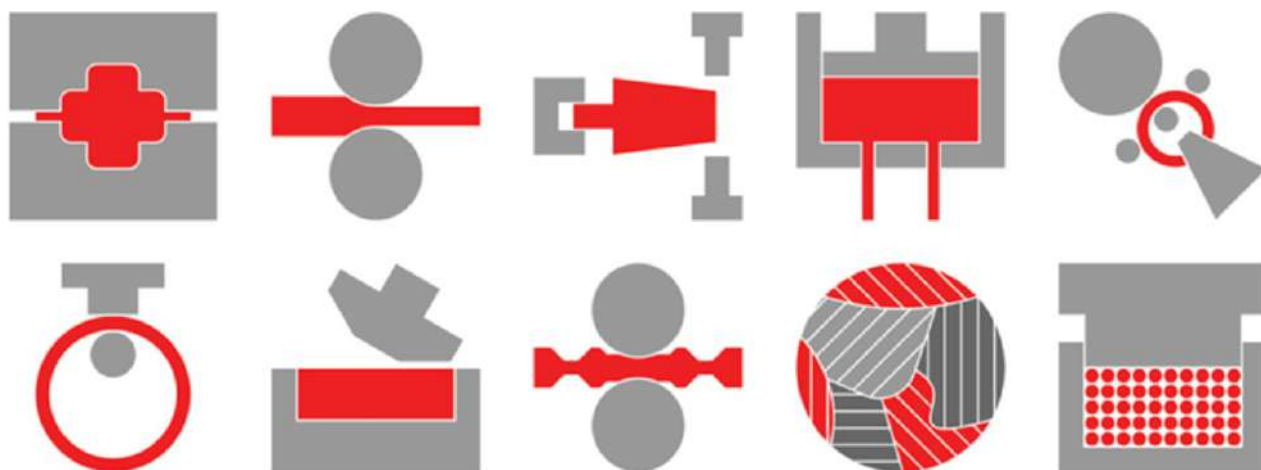


Модели инструментов, полученные в QExDD, годны как для отправки в САМ-системы и последующего изготовления, так и для проведения моделирования процесса прессования в среде QForm Extrusion. В последнем случае QExDD предлагает упрощенный обмен данными с QForm Extrusion, обеспечивая непрерывный процесс разработки.

Конечноэлементная сетка, используемая для моделирования в QForm, автоматически создается для твердотельных моделей, созданных в QExDD. Размер элементов и другие параметры генерации конечноэлементной сетки устанавливаются автоматически, поэтому пользователю необходимо лишь ввести необходимые технологические исходные данные процесса прессования, такие как материал слитка, температура слитка и инструмента и скорость прессования.

Сферы применения

Таким образом, программное обеспечение QForm позволяет моделировать самые разнообразные холодные и горячие процессы обработки металлов давлением: штамповку, свободную ковку, выдавливание, продольную прокатку, поперечно-клиновую прокатку, винтовую прокатку, экструзию профилей, процессы гибки, раскатку колец и колес, ротационную вытяжку, штамповку высоким давлением, листовую штамповку, орбитальную штамповку, штамповку спеченных порошков, совместную деформацию нескольких заготовок из разных материалов и другие специальные процессы.



Системные требования

	2D	2D и 3D менее 100,000 узлов	2D и 3D свыше 100,000 узлов	QForm Ring Rolling QForm Extrusion
Процессор	Intel Core i5	Intel Core i7		Intel Core i9-9900K Intel Core i9-9940X
Оперативная память	6 ГБ	8-16 ГБ	16-64 ГБ	64-128 ГБ
Жесткий диск	Объем: не менее 1 ТБ Интерфейс: SATA III или SSD			
Операционная система	Windows 8.1, Windows 10 64-битная редакция			

ОФИСЫ В УКРАИНЕ

КИЕВ

+38 044 503-95-34

sw@itsapr.com

ДНЕПР

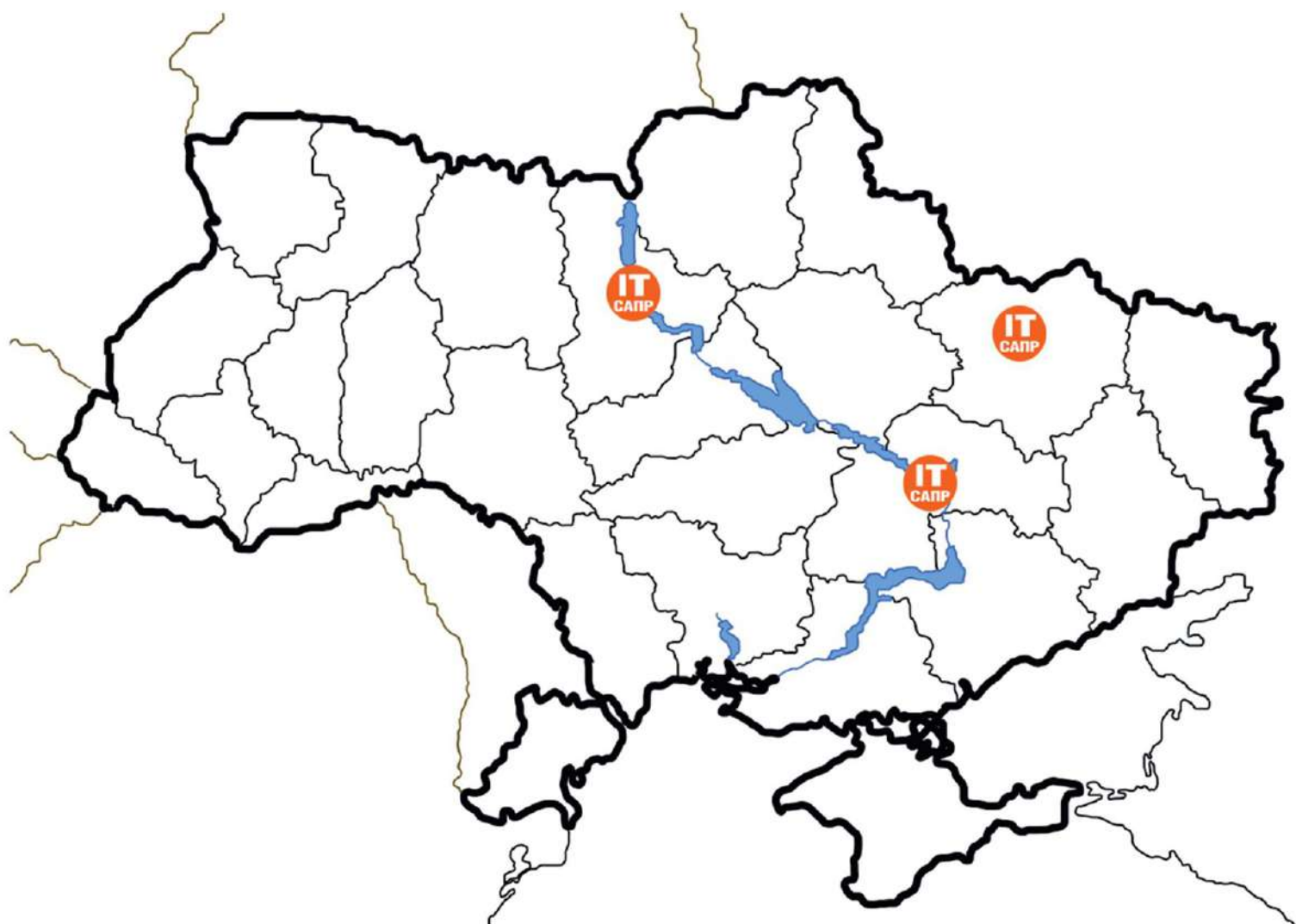
+38 056 376-89-40

dp@itsapr.com

ХАРЬКОВ

+38 057 717-96-65

kharkov@itsapr.com



IT САПР

Комплексные решения CAD/CAM/CAE/PLM