

УДК 621.73.016

QForm 7 – новое слово в моделировании процессов обработки металлов давлением

Tom Ellinghausen, Forge Technology Inc., tom@ForgeTechnology.com;

Стебунов С.А., ООО КванторФорм, info@qform3d.com, www.qform3d.ru.

Ключевые слова: ковка, штамповка, моделирование, QForm, эффективность, разработка, программа, расчет, обработка, металлы, давление.

Аннотация:

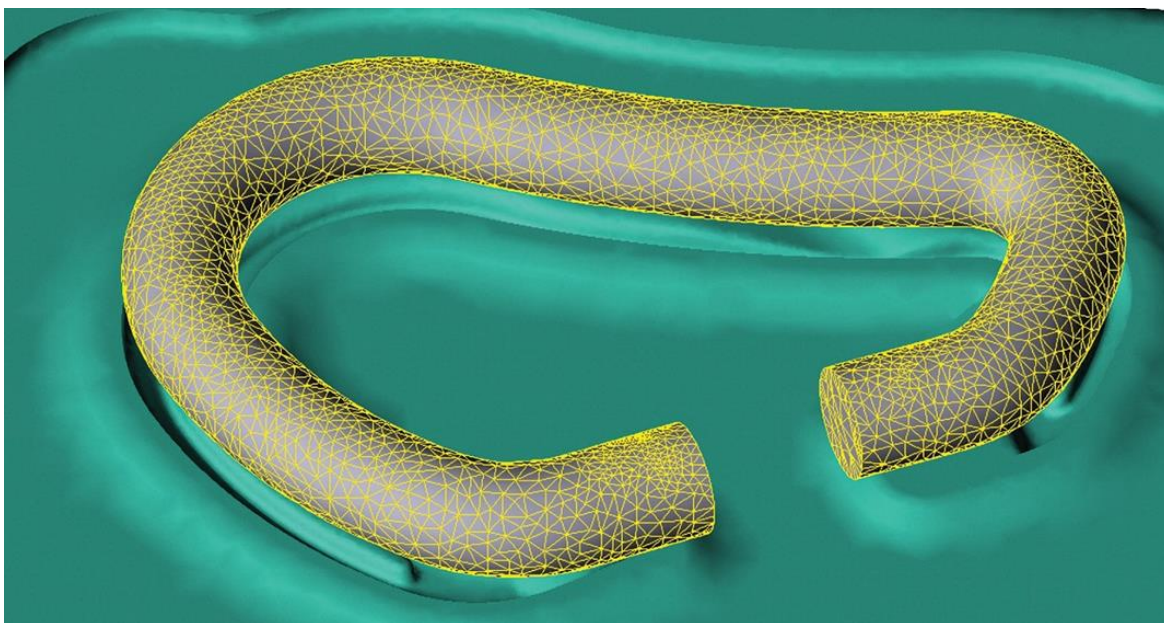


Рис.1. Конечно элементная сетка поковки алюминиевого карабина в начале деформации [1] (с разрешения DMM International, США; www.dmmclimbing.com)

В последние годы программы моделирования процессов обработки металлов давлением стали доступным инструментом развития технологических процессов для огромного числа штамповочных заводов. Благодаря эффективности программ и возросшей мощности персональных компьютеров результаты расчетов быстро дают практическую отдачу. Основной эффект от применения моделирующих программ достигается за счет виртуального опробования конструкции штампов, параметров

технологического процесса и всесторонней оптимизации штамповочной технологии.

Однако, помимо использования стандартных возможностей расчета, пользователи требуют все больше возможностей для специфичных задач обработки давлением, более быстрых расчетов и гибкости вывода результатов. Типичным для большинства моделирующих программ стало развитие их по пути добавления новых опций и расширения функциональности старого программного ядра, которое было неизменно много лет.

Также поступали разработчики программы QForm несколько лет назад, развивая 5 версию программы. QForm 5 была и сейчас остается популярной программой. В то же время развитие новых приложений и включение дополнительных возможностей в программу по запросам пользователей вступило в противоречие с прежним программным ядром, написанным с применением устаревших на сегодняшний день технологий программирования. .



Рис. 2. Фотография карабина

В 2008 году группа энергичных программистов, которые присоединились к разработчикам программы в конце 90-х годов, предложили совершенно прорывное решение: они настояли на том, что для удовлетворения потребностей пользователей и успешного развития программы в будущем, необходимо отказаться от старого кода и разработать совершенно новую программу. Основатели компании, которые разработали еще самую первую версию в начале 90-х, пошли на ответственное и рискованное решение остановить разработку существующей версии программы.

И компания начала новый проект разработки совершенно с нуля, используя наиболее эффективные современные средства программирования и

основывалась на более чем 20 летнем опыте в создании программ для расчетов процессов обработки давлением.

Требования пользователей. Конструкторы штамповой оснастки и инженеры-технологи на заводах настолько заняты, что не способны тратить часы рабочего времени на подготовку исходных данных и сам расчет процессов для получения адекватных результатов. Их время ценно и они требуют от программы быстрого ввода данных и получения пригодного результата для принятия технологических решений. Пользователи хотят быстрых расчетов с возможностью оперативного вмешательства и корректировки, широкого функционала с проработкой различных сценариев исполнения технологии, гибкости и интуитивно понятного интерфейса.

Однако существующие пользователи хотели быть уверенными, что новая программа будет лучше, чем старая проверенная годами версия. При этом сохранит простоту использования, базовый набор функций предыдущей версии, таких как цепочки 2D и 3D операций, предсказание складок и зажимов, предсказание дефектов незаполнения, наряду с полной расчетной картиной напряженно-деформированного состояния инструмента.

Эффективность программы подразумевает гораздо больше, чем способность обрабатывать модели с большой сеткой конечных элементов. Должен быть выверен баланс между мощностью, гибкостью, простотой использования и скоростью расчета. Цель команды разработчиков состояла в том, чтобы удовлетворить запросы пользователей с производства и ученых из университетов, обеспечить специалистов возможностями глубокого анализа.

Сетка конечных элементов является базой для расчета большинства программ инженерного анализа течения металла, поэтому программированию алгоритмов перестроения сетки для новой программы было уделено особое внимание. Базой техники перестроения сетки в предыдущих версиях QForm являлась идея создания отдельных сеток для поверхности и тел объектов. Накопленный за более чем 20 лет опыт практической реализации сеточных алгоритмов пригодился при создании новой программы, способной описывать течение металла даже самых сложных видов деформации, складок, заусенцев и прострелов.

Идеальная сетка неравномерна и должна быть специально адаптирована под текущие задачи для высокой точности и одновременно высокой скорости расчета. В новой программе удалось решить две взаимоисключающие задачи,

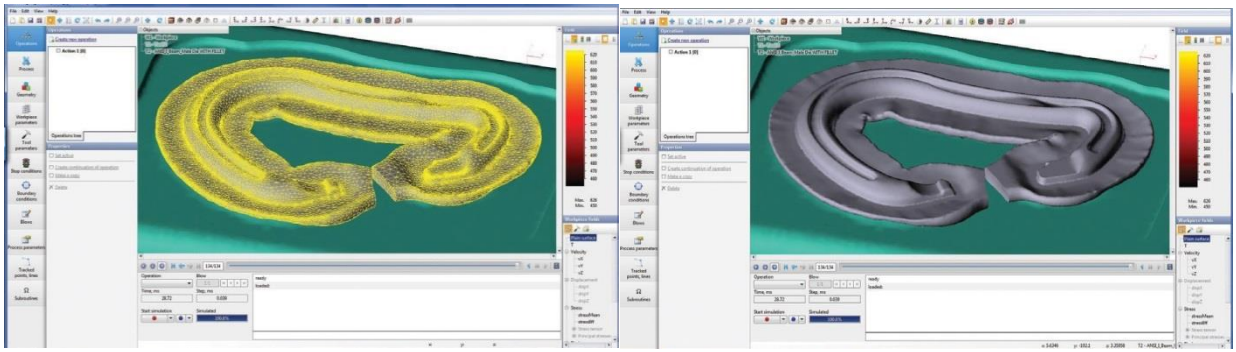
а именно – обеспечить полностью автоматическую генерацию КЭ сетки высочайшего качества и в тоже время предоставить квалифицированному расчетчику самостоятельно управлять генерацией КЭ сеткой.

Скорость генерации сетки является важным критерием. В QForm 7 сетка генерируется по всему объему тела и на поверхности одновременно, настраивая размеры конечных элементов в том или ином месте для обеспечения точности и снижения времени расчета. Сетка поверхности инструмента задается квадратичной функцией для более точного описания геометрии, а линейные тетраэдрические элементы строятся уже в объеме заготовки. Этот подход также позволяет производить совместный механический расчет упругой деформации инструмента и пластической деформации заготовки. Опытные пользователи могут изменять адаптацию сетки и ее плотность для любых градиентов распределения температуры, напряжений и скоростей.

Для обеспечения расчета цепочки 2D и 3D операций было решено использовать единый алгоритм, который работает как для 2D, так и для 3D задач.

Был также разработан совершенно новый интерфейс, новая архитектура программы и структура данных. Графическая оболочка реализована с использованием самых современных методов программирования. Многие фундаментальные алгоритмы дискретизации и численного решения были созданы с нуля.

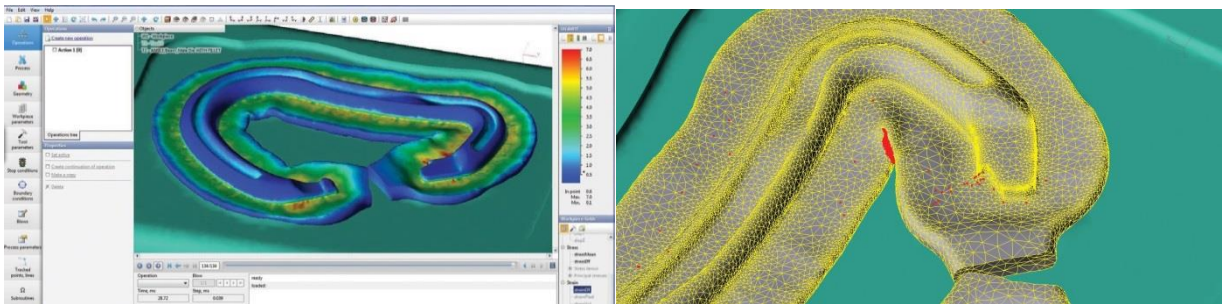
Новая архитектура позволяет организовать работу расчетного ядра независимо от интерфейса. Это дает высокую скорость графическому отображению результатов расчетов. Даже в процессе расчета пользователь может просматривать результаты с начала до конца, создавать сечения, измерять, выводить графики и выполнять другие виды анализа технологии. Новая структура данных эффективно записывает и перерабатывает огромные объемы данных, что позволяет сохранять каждый шаг расчета. Программа работает гораздо быстрее благодаря высокой производительности и распараллеливанию вычислительных процессов на многоядерных и многопроцессорных ЭВМ.



а

б

Рис. 3. Конечно элементная сетка поковки карабина из алюминия в конце расчета деформации и интерфейс программы QForm 7 (а); Заполнение гравюры инструмента (б) [1]



а

б

Рис. 4. Цветом отображается поле накопленных деформаций (а); Конечно элементная сетка, красным цветом автоматически помечаются зоны образования складок с течением расчета (б) [1]

Надежность – новая структура данных также позволяет проводить анализ технологии в постпроцессорном режиме. Такой подход не требует перезапуск расчета. Пользователи QForm 7 могут выполнять прямую и обратную трассировку, сохранять графики и значения полей в трассируемых точках, контролировать отображаемое линиями Лагранжа волокнистое строение поковки, модифицировать конструкцию составного инструмента и бандажных колец, выполнять расчеты подпрограмм в течение нескольких секунд в режиме постпроцессора.

Для продвинутых пользователей реализованы элементы программирования пользовательских функций. Самые разнообразные модели материалов, критерии разрушения, функции изменения микроструктуры могут быть запрограммированы на бесплатно распространяемом языке Lua

(<http://www.lua.org/>). При этом не требуется предварительная компиляция и функции рассчитываются с той же скоростью, что и стандартные.

В программе QForm 7 рассчитываются связанные задачи по температуре и деформации в заготовке и инструментах. Возможен расчет термоупругих напряжений в процессах охлаждения и формоизменения заготовки. Эти методы настолько эффективны, что в расчет можно включить всю конструкцию пресса, учитывать деформацию элементов и прогрев составной оснастки. Можно моделировать одновременную деформацию нескольких заготовок..

Новая версия QForm 7 – это быстрая и надежная программа, и начинающие пользователи могут получить точные результаты. Очень важное качество программы, это высокая точность результатов в независимости от квалификации пользователя в области конечно-элементных расчетов. Тесты производительности показали, что для некоторых процессов можно добиться увеличения скорости расчета в 40 раз относительно предыдущей версии. Большое количество данных могут быть импортированы или экспортированы для работы с другими программами, например, с литейными системами, с программами моделирования термообработки, структурообразования и т.д. Пользователь может наращивать функционал анализа с помощью собственных разработок на языке Lua.

QForm 7 уже используется на сотнях предприятий по всему миру для самых разнообразных процессов, таких как: ковка, штамповка, раскатка колес и колец, формовка спеченных порошков, поперечно клиновая прокатка, вальцовка, гидроштамповка, толстолистовая штамповка, винтовая прошивка, экструзия профилей, метизное производство, анализ микроструктуры и термообработки. Пользователям доступны расчеты и оптимизация технологий на недорогих многоядерных компьютерах. В будущем будет наращиваться потенциал программы, оптимизация расчетов и скорость вычислений для процессов обработки металлов давлением.

Литература:

1. T. Ellinghausen, The revolution of simulation software development, Forging Magazine July/August 2013 (2013) p. 16-18.
<http://forgingmagazine.com/simulationit/revolution-simulation-software-development>