

УДК 269.113

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА ПРОДУКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Алферова / И.С. Кладов

ООО «Объединенный инженерный центр»

Традиционно разработка самого продукта и технологического процесса для его производства были двумя различными этапами. В связи с сокращением времени жизни одного поколения продукта и необходимостью его адаптации к меняющимся требованиям заказчиков эти два этапа не могут рассматриваться как изолированные друг от друга.

Компаниям необходимо гарантировать, что их новинки будут в состоянии полной готовности к запуску в производство до его фактического начала. В условиях высокой рыночной конкуренции организации получают возможность сократить время, предшествующее выходу товара на рынок, повысить качество продукта при серийном изготовлении и увеличить отдачу от инвестиций. Безусловно, всё это повлияло на переход на цифровое моделирование технологических процессов разработки продукта.

Разработка и производство получают возможность синхронного взаимодействия в текущей конструкторской среде. Конструктор и технолог образуют единое звено. На ранних этапах отрабатывается конструкция

под все требования и возможные ограничения, исключаются непредвиденные затраты на подготовку производства и снижается стоимость внесённых изменений на этапе жизненного цикла продукта, а вероятность ошибки и необходимость внесения изменений в конструкцию сводятся к минимуму.

Специалисты нашего подразделения — дирекции производственного инжиниринга (ДПИ) — в команде с конструктором создают продукт, который удовлетворяет требованиям потребителя и целевым показателям по себестоимости и инвестициям.

Задача производственного инжиниринга заключается в разработке концепции производства с минимизацией затрат и сроков ТПП. Несомненно, для решения этих задач требуются методы, которые позволяют максимально точно в короткие сроки отработать конструкцию и вывести новый продукт на рынок. Именно виртуальное моделирование процессов является одним из ключевых решений. Для отработки оптимальной конструкции и концепции производства в направлении штамповки уже более пятнадцати лет активно используется программа AutoForm. В 2012 году был реализован проект внедрения DELMIA V6 для направления сварки и окончательной сборки автомобиля.

Конструкция современного автомобиля включает в себя несколько сотен крупных, средних и мелких листоштампованных деталей. Для каждой из них необходимо разработать технологический процесс, изготовить и отработать штамповую оснастку. На это может уйти примерно половина всего времени, необходимого для подготовки производства нового автомобиля. Следует также отметить, что на различных стадиях подготовки производства нового автомобиля возникает необходимость неоднократных изменений конструкции отдельных деталей, что требует повторения почти всего цикла работ и значительно увеличивает время подготовки производства.

На этапе анализа технологичности листоштампованных деталей сложной формы на ранней стадии проектирования для быстрого построения формообразующих поверхностей вытяжных штампов и их последующей

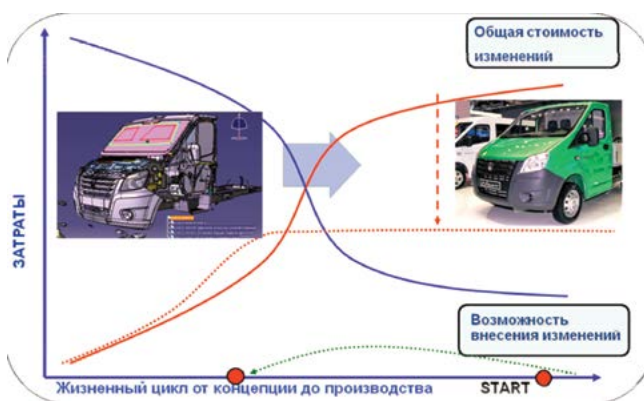


Рисунок 1. Зависимость стоимости изменений от времени их внесения

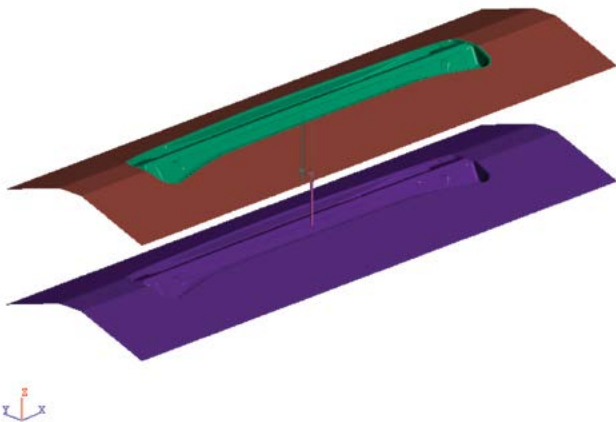


Рисунок 2. Геометрия формообразующего инструмента

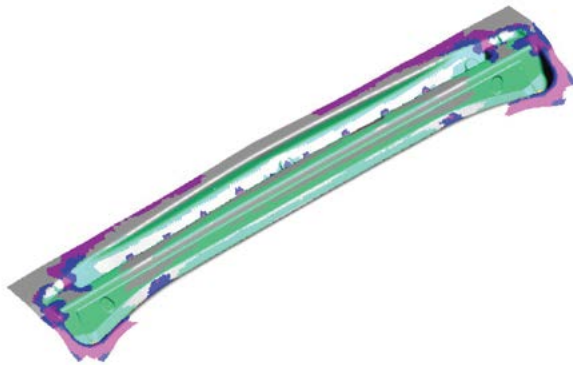


Рисунок 3. Результат виртуального моделирования процесса штамповки: формоизменение металла

оценки путём виртуального эксперимента, повторяющего технологический процесс изготовления деталей, нам помогают программные решения компании AutoForm.

Программный комплекс AutoForm состоит из тесно увязанных друг с другом программных модулей. В настоящий момент задачи, решаемые различными конфигурациями комплекса AutoForm, можно разделить на три большие группы:

- быстрая предварительная проверка технологичности детали; предварительный анализ инструмента;
- быстрая разработка геометрии вытяжного перехода и её оптимизация;
- виртуальная отработка технологического процесса листовой штамповки в целом.

В качестве программного решения анализа технологичности на раннем этапе проектирования AutoForm Engineering предлагает комплекс AutoForm-OneStep.

Этот метод решения также называют обратным. Он позволяет за один шаг решения перейти от конечной формы детали к исходной плоской заготовке и получить в результате распределение толщин, утонений, пластических деформаций, напряжений, различных критериев разрушения по детали. В качестве исходных данных для анализа штампуемости AutoForm-OneStep использует геометрию детали, построенную в любой современной CAD-системе. Необходимо также задать материал и толщину листа и примерно описать условия его закрепления. В процессе расчёта точки на поверхности детали (узлы конечно-элементной сетки) проецируются на плоскость, и получается так называемый минимальный контур заготовки с качественными и количественными характеристиками штампуемости. Также имеются возможности по проверке и подготовке геометрии детали к расчёту: проверка на наличие поднутрений, определение оптимального направления вытяжки, скругление острых кромок, сглаживание внешней кромки детали.

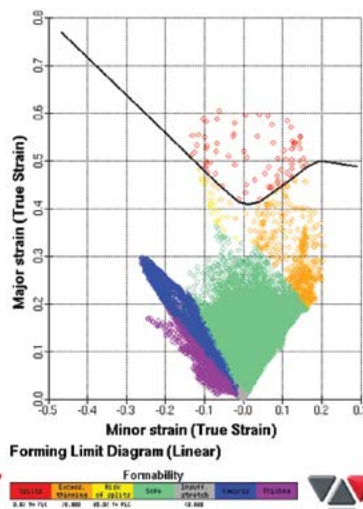


Рисунок 4. Результат виртуального моделирования процесса штамповки: утонение металла, диаграмма FLD

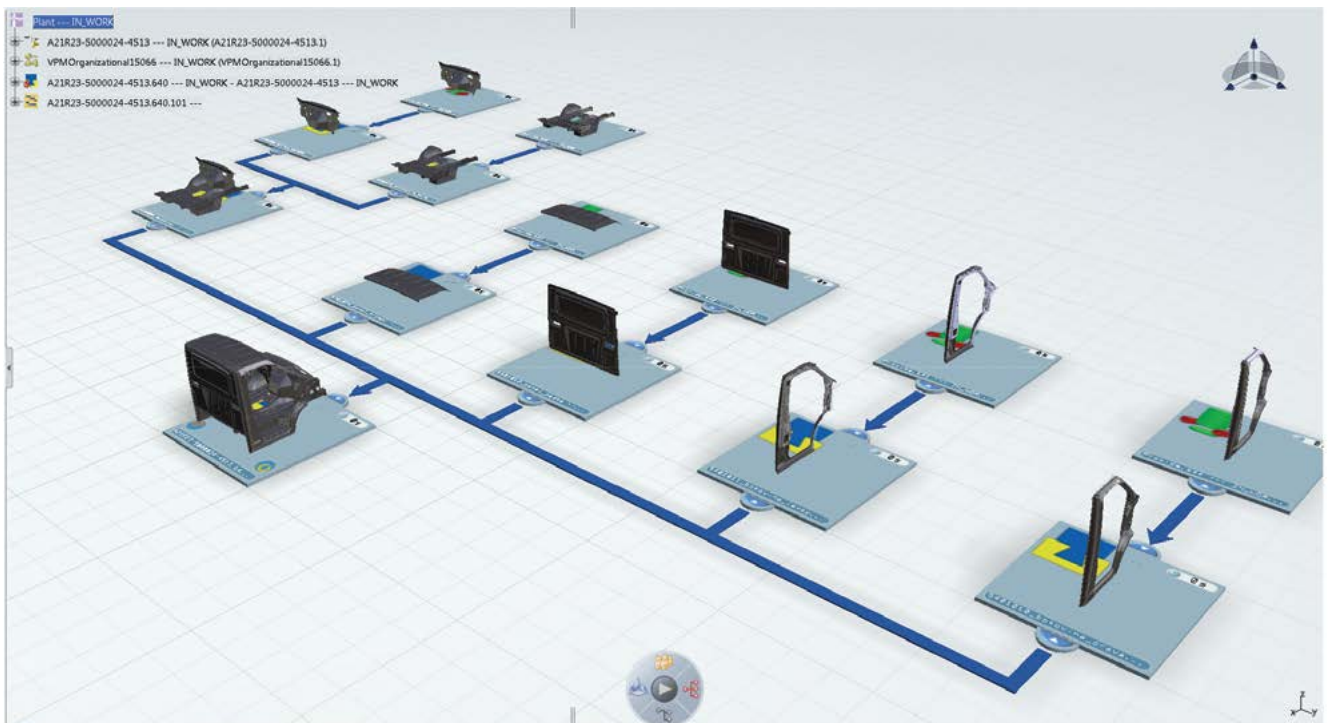


Рисунок 5. Дерево технологический процессов

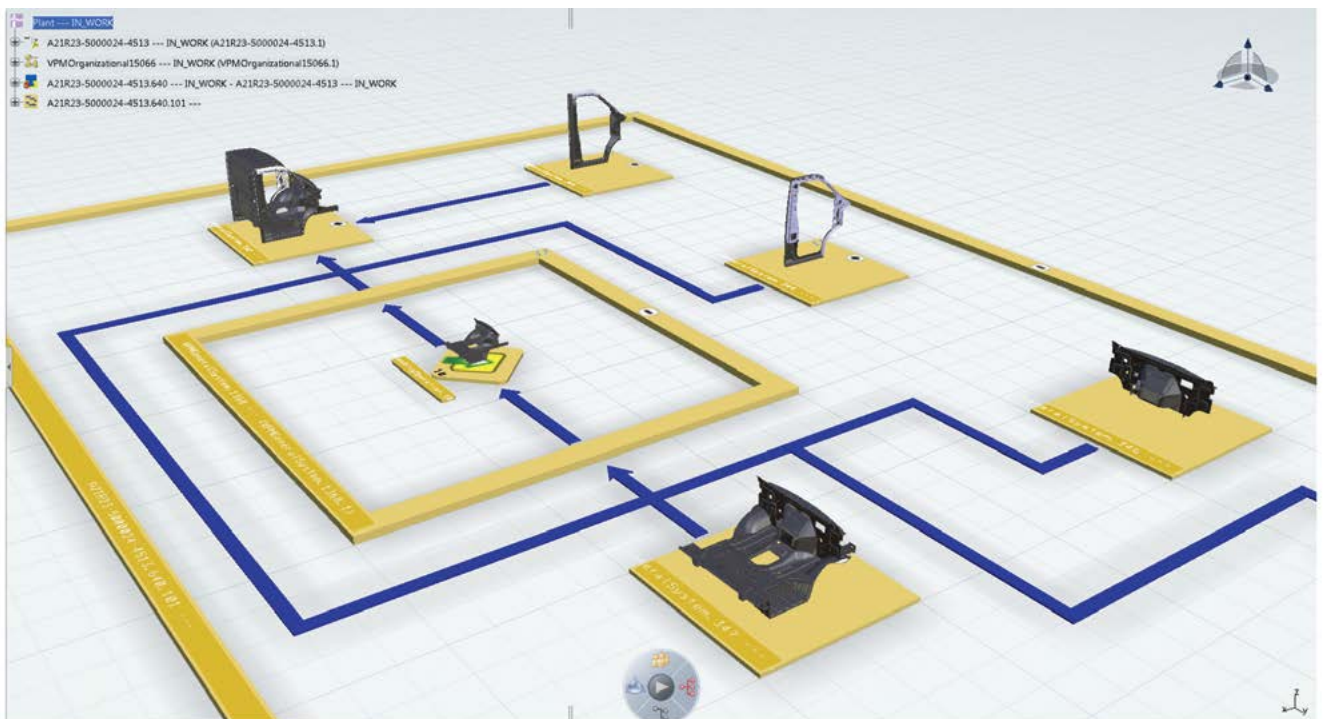


Рисунок 6. Дерево технологических систем

AutoForm-DieDesigner™ является незаменимым инструментом для моделирования штамповой оснастки и техпроцесса.

После того как геометрия инструмента построена, логическим продолжением работы является её проверка в системе моделирования техпроцесса. По сути дела, AutoForm-Incremental позволяет провести виртуальный эксперимент по изготовлению требуемой листоштампованной детали.

AutoForm-Incremental обладает также высокой точностью. Его математическая модель физических процессов, происходящих при глубокой вытяжке сталей и алюминиевых сплавов, адекватно отражает реальные технологические процессы. Это подтверждает ежедневная практика пользователей свыше 1 000 рабочих мест AutoForm по всему миру.

Огромным преимуществом использования математического моделирования является то, что можно словно заглянуть внутрь процесса, понять его механику, получить больше информации, чем из обычного эксперимента. Распределение напряжений, пластических деформаций, утонений, поля скоростей пластического течения и другие численные результаты расчёта, наглядно представленные в графической форме, дают полную картину развития формоизменения заготовки, образования гофров, складок, разрывов, линий ударов и рисков, недостаточного растяжения и других проблем, возникающих при листовой штамповке.

Таким образом, виртуальное моделирование процесса штамповки сложных деталей на ранней стадии проектирования позволяет вовремя внести изменения в конструкцию деталей и существенно сократить время и затраты на подготовку производства.

Расширяя цепочку отработки технологических процессов, мы применяем пакет DELMIA для сборочно-сварочных операций.

С появлением математических моделей отработка начинается с анализа входящих деталей, построения дерева технологических процессов.

Это необходимо для того, чтобы понять, с каким перечнем мы имеем дело, и установить последовательность собираемости для дальнейшей технологической проработки.

Формирование схемы операций влечёт за собой привязку необходимого ресурса. Схематичное расположение рабочих мест позволяет сформировать цепочку операций, наглядно отображает концепцию и обеспечивает возможность легко вносить коррективы.

Составляя циклограмму, мы распределяем рабочие операции в соответствии с заданным тактом.

Для понимания всей картины производственной цепочки создаётся планировочное решение — виртуальный участок. Итак, организовав рабочие места и расставив оборудование, мы можем оценить объём

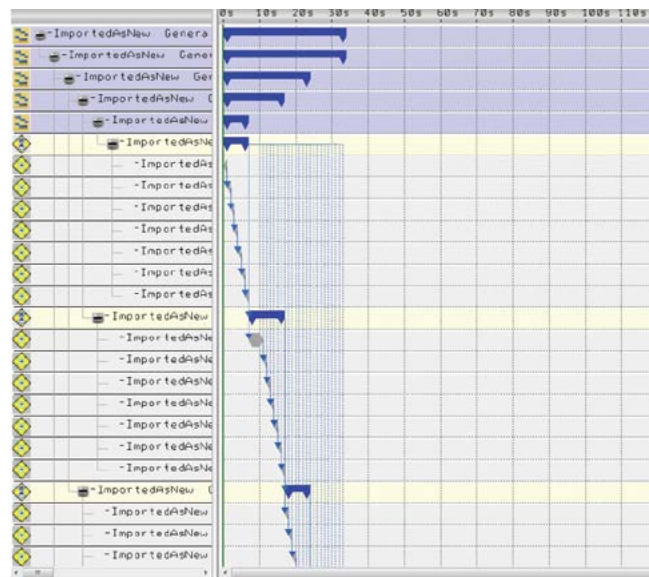


Рисунок 7. Диаграмма Ганта

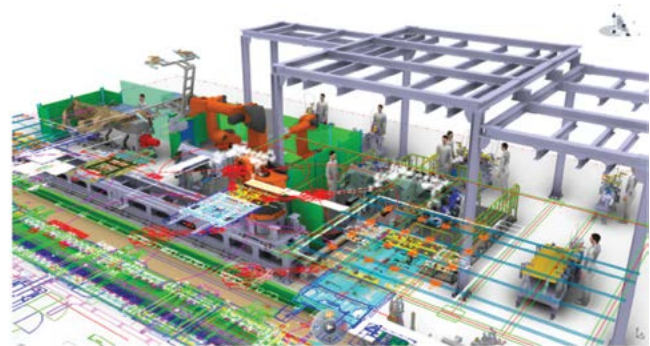


Рисунок 8. Смоделированный производственный участок

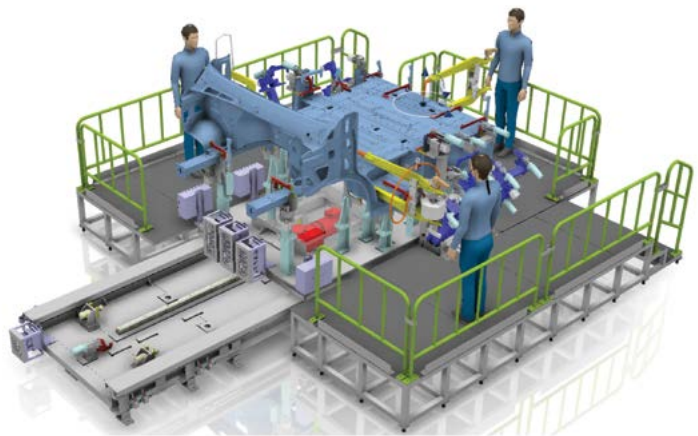


Рисунок 9. Выдвигной кондуктор

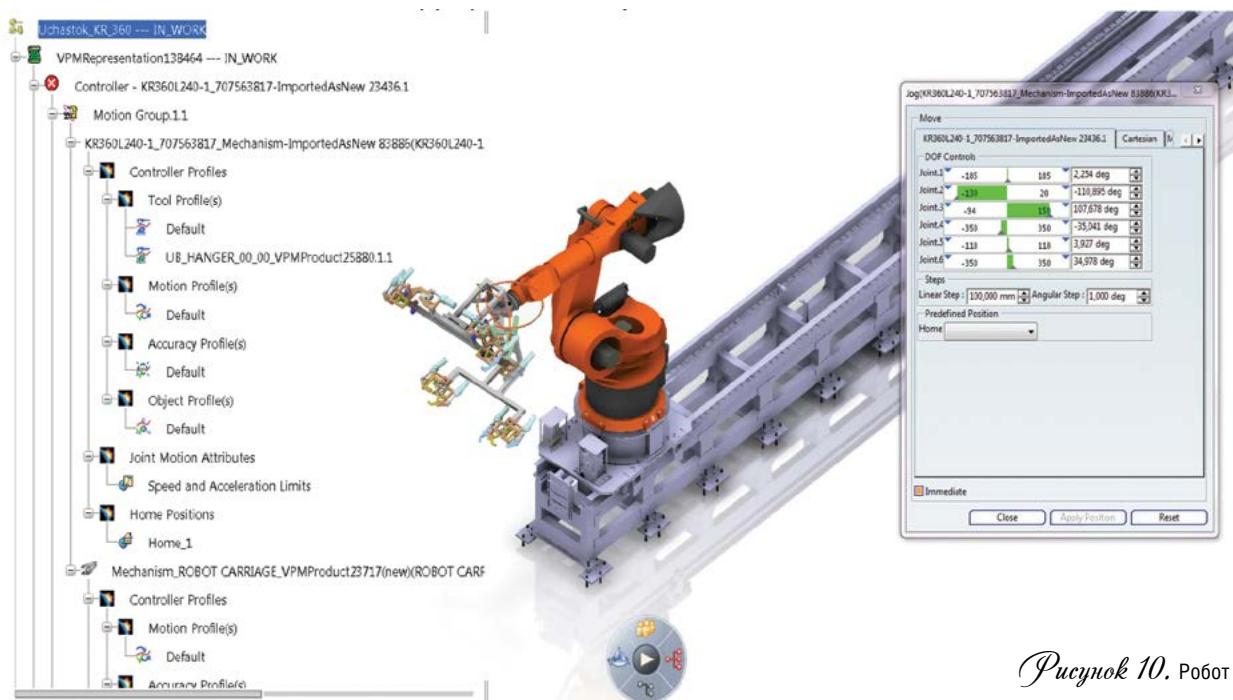


Рисунок 10. Робот на 7-й оси

занимаемых площадей наглядно, убедиться в целесообразности размещения участка, будь то новые площади или действующее производство. Несомненно, необходимо учитывать все технологические ограничения при разработке продукта. Моделирование поведения оператора для определения возможностей выполнения присущих функций позволяет использовать максимальный потенциал и производительность персонала.

Создание механизмов позволяет просимулировать процесс роботизированной техникой, отработать наиболее оптимальные решения в использовании оборудования либо выявить необходимые изменения в конструкции с точки зрения технологичности.

Проектирование процесса точечной сварки учитывает ограничения в рабочей зоне манипуляторов, время

и цикл сварки. Созданный процесс отражает поведение сварочных роботов, оптимизируя подготовку производства нового продукта без остановки текущего производства.

В итоге мы снижаем издержки и риски выпуска неликвидной продукции, прогнозируем и устраняем потенциальные проблемы в производственной цепочке, снижаем производственные затраты и получаем более высокую отдачу от инвестиций. Несомненно, вся созданная база, состоящая из проектов производственных участков, может использоваться для дальнейшей оптимизации выпуска новых продуктов на действующих площадях, что существенно сократит время вывода изделий на рынок.

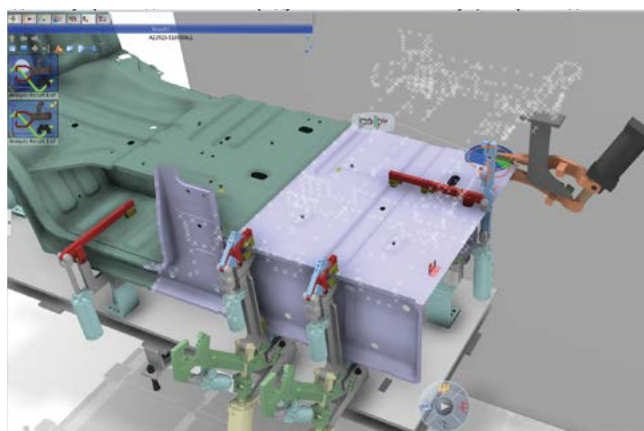


Рисунок 11. Проверка доступности сварочных клещей

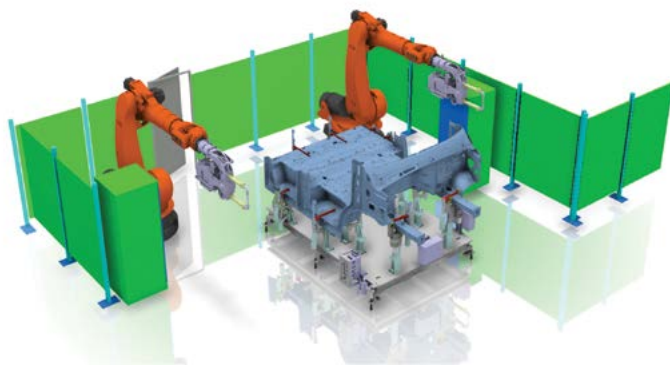


Рисунок 12. Роботизированный участок сварки