

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

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Развитие современного машиностроения и металлообработки требует дальнейшего совершенствования технологических процессов и организации производства, повышения его эффективности и увеличения производительности труда на базе автоматизации производственных процессов. На смену трудоемких и долгосрочных расчетов по формулам пришли программные продукты – симуляторы технологических процессов, такие как: AutoForm R7, QForm VX, PamStamp и др. Также и конструкторская документация перешла в электронный вид благодаря таким продуктам как: SolidWorks, Компас 3D, Proengineer, Catia и др. В статье рассмотрен технологический процесс листовой штамповки, включающий процесс вытяжки на универсальной штамповой оснастке деталей из разного материала. Условия течения материала и технологические условия штамповки для каждого из материалов значительно отличаются. Желание заказчиков получить конкурентоспособную продукцию зачастую не совпадает с технологическими возможностями, а также с характеристиками материала заготовок. Для исключения доработок штамповой оснастки с целью обеспечения возможности получения годных изделий необходимо выполнять компьютерное моделирование процессов формоизменения листоштампованных заготовок.

Ключевые слова: AutoForm, симуляция, листовая штамповка, компьютерное моделирование, универсальная штамповая оснастка.

Y. O. Mihailov, S. N. Knyazev

MODERN DESIGN METHODS

The development of machine building requires the improvement of technological processes and organization of production, increasing the efficiency of technological processes and increasing labor productivity on the basis of automation of production processes. Software products - simulators of technological processes, such as: AutoForm R7, QForm VX, PamStamp, etc. - have replaced laborious and long-term calculations using formulas. The project documentation has been transferred to the electronic form with the help of products such as SolidWorks, Compass 3D, Proengineer, Catia, etc. The article deals with the technological process of sheet stamping, including the drawing process on the universal die tooling of parts from different materials. The conditions of material flow and the technological conditions for punching for each of the materials are significantly different. The desire of customers to obtain competitive products often does not coincide with the technological capabilities, as well as with the characteristics of the material blanks. To exclude the modification of the die tooling in order to ensure the possibility of obtaining suitable products, it is necessary to perform computer modelling of the processes of shaping sheet-stamping blanks.

Keywords: AutoForm, simulation, sheet stamping, computer modelling, universal die tooling

Развитие современного машиностроения и металлообработки требует дальнейшего совершенствования технологических процессов и организации производства, повышения его эффективности и увеличения производительности труда на базе автоматизации производственных процессов. Листовая штамповка широко используется во всех отраслях промышленности, ее процессы зарекомендовали себя как энергоэффективные и экономически выгодные. При этом технологические процессы листовой штамповки характеризуются опасностью возникновения дефектов типа разрывов, гофр и складок, отклонением от требуемых размеров. Весьма эффективным решением этих проблем может стать численное моделирование техпроцессов. [1]

Проектирование технологии листовой штамповки и проектирование штамповой оснастки взаимосвязаны между собой. Технолог, выполняющий проработку

технологии изготовления листоштампованной детали должен учитывать особенности проектирования штамповой оснастки. С той же ответственностью и конструктор штамповой оснастки должен обладать знаниями процессов, происходящих в процессе выполнения перехода штамповки. [2] На смену трудоемких и долгосрочных расчетов по формулам пришли программные продукты – симуляторы технологических процессов, такие как: AutoForm R7, Stampack, QForm VX, PamStamp и др. Также и конструкторская документация перешла в электронный вид благодаря таким продуктам как: SolidWorks, Компас 3D, Proengineer, Catia и др. Прочностной расчет конструкций осуществляется в программных комплексах ANSYS, Abaqus и др. Так как существуют различные подходы к моделированию в зависимости от цели расчета и диктуемых ею точности результатов оператор выбирает тот или иной программный комплекс. [3]

Программный комплекс AutoForm R7 позволяет достаточно быстро проанализировать штампуемость детали и оптимизировать технологический процесс. [4] Поэтому данный программный продукт был выбран для анализа технологического процесса штамповки детали типа «Панель» (рис. 1).

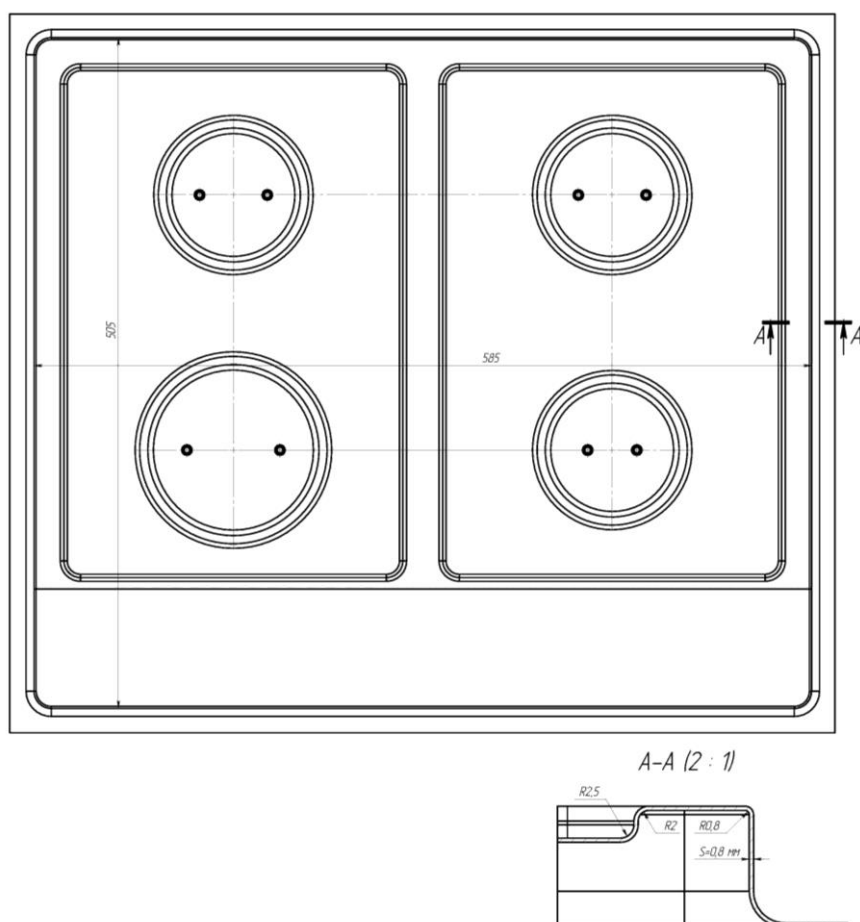


Рисунок 1. Эскиз детали типа «Панель»

Согласно конструкторской документации заказчика изделие – деталь типа «Панель» имеет внутренний радиус 0,8 мм при толщине материала 0,8 мм. Материал штампуемого изделия: DC 04 ED DIN EN 10209 и AISI 304 ASTM A240, заготовки из последнего материала штампуются с полиэтиленовой пленкой для исключения таких дефектов как царапины, потертости и прочее на видовой поверхности детали.

Условия течения материала и технологические условия штамповки для каждого из материалов значительно отличаются, а штамповая оснастка для изделий из разных материалов одна. Заготовки из стали DC 04 ED DIN EN 10209 более пластичные, вытяжка по пуансону при вытяжке не имеет больших сложностей. При штамповке опытной партии изделий получили на изделии в местах риска незначительное утонение, дефектов на поверхности обнаружено не было.

Нержавеющая сталь стали AISI 304 содержит легирующие элементы, такие как никель, марганец, медь и хром, и имеет аустенитную структуру, повышенную прочность и коррозионностойкость. Заготовки из стали AISI 304 имели массу дефектов, связанных со свойствами материала, а также с конструкцией получаемого изделия. Одним из таких проблемных мест были боковые ребра изделия (на рисунке 1 они вынесены в разрезе А-А). Фактически на горизонтальной поверхности этих ребер образовывался «провал» вследствие пружинения детали и утонений, которые в свою очередь образовывались при течении металла через радиус 0,8 мм, равный толщине материала (рис. 2).

Высокопрочные (в том числе нержавеющие) стали обладают повышенным пружинением по сравнению с обычными сталями для глубокой вытяжки. У нержавеющих сталей предел текучести выше, чем у обычных, это приводит к повышенному уровню упругих деформаций, набранных деталью в процессе изготовления, и при разгрузке она упруго деформируется, существенно отклоняясь от требуемой формы [4].

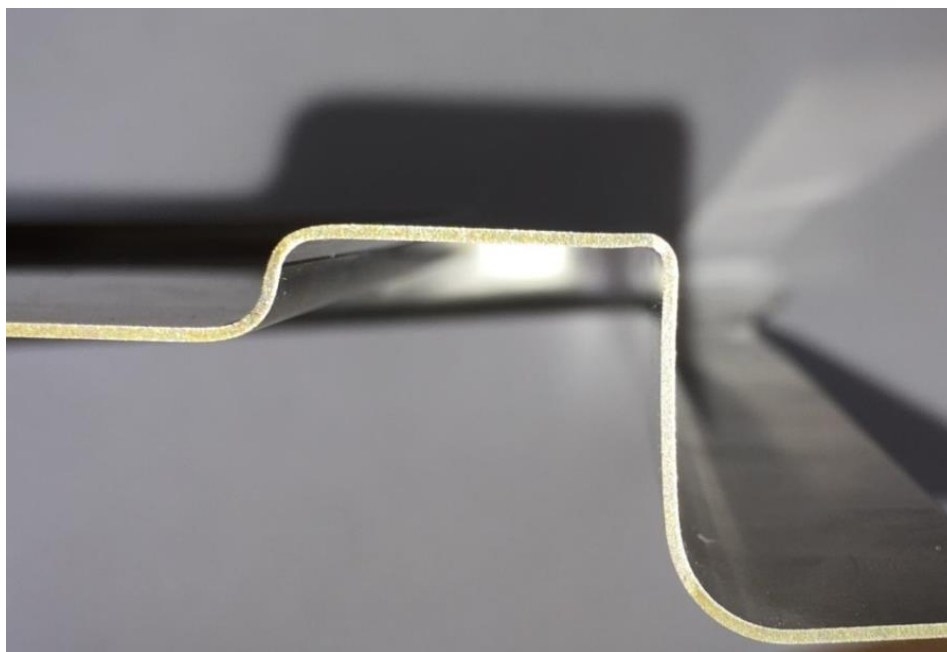


Рисунок 2. Дефект, вследствие утонения заготовки и пружинения

Для исследования причин образования дефекта на видовой поверхности детали из стали AISI 304 ASTM A240 и для принятия технических решений по их устранению было проведено дополнительное компьютерное исследование в программном комплексе Autoform R7. В программный комплекс была импортирована существующая геометрия инструмента штамповой оснастки и заготовки, затем геометрия оснастки изменялась в процессе моделирования до получения приемлемых результатов, то есть до устранения дефектов на изделии.

Моделирование процесса штамповки с наружным радиусом на пуансоне 0,8 мм показало, что в ходе вытяжки происходит локальное утонение металла на величину до 0,10 мм (рис. 3, а), кроме того, существующие напряжения в детали после раскрытия штампа приводят к деформации, прогибу (рис. 3, б) в следствие пружинения. В результате калибровка детали с целью получения плоской поверхности не приводит к получению изделия с заданными требованиями к поверхности и форме.

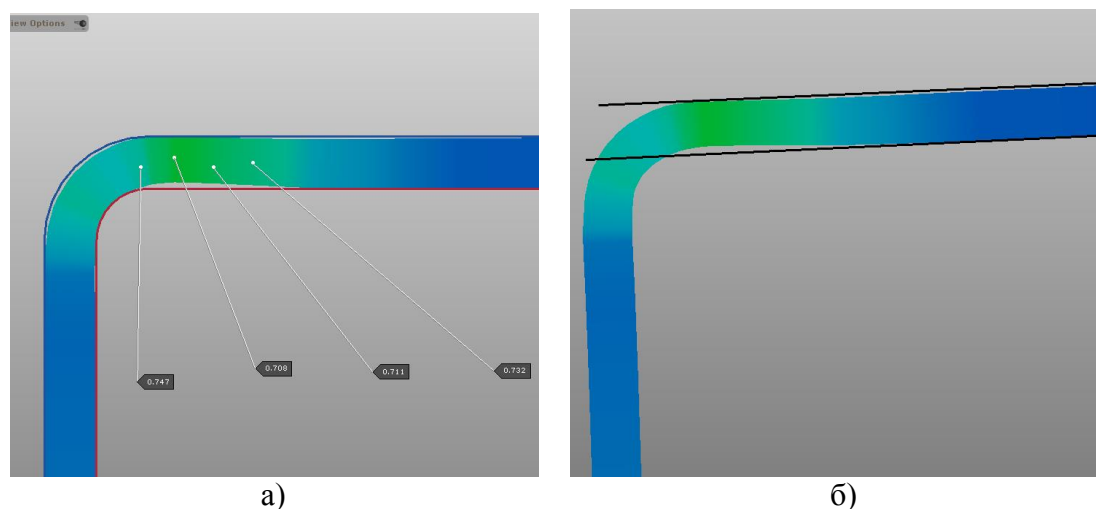


Рисунок 3. Деталь типа «Панель»: а) до пружинения, б) после пружинения

Возникновение прогиба и утонение металла связано с тем, что в ходе процесса штамповки R 0,8 мм формируется «два раза». «Первый раз» R0,8 мм формируется в начале процесса (рис. 4). «Второй раз» R0,8 мм формируется при вытяжке конфорок и понижений возле конфорок сдвигом и растяжением металла из «первого» участка формирования радиуса на плоскую горизонтальную поверхность (рис. 5, 6).

После предоставления результатов моделирования и сопоставления их результатами испытаний штамповой оснастки представителями заказчика была выполнена корректировка конструкторской документации, связанная с изменением внутреннего радиуса детали R 0,8 мм на радиус R 1,7 мм.

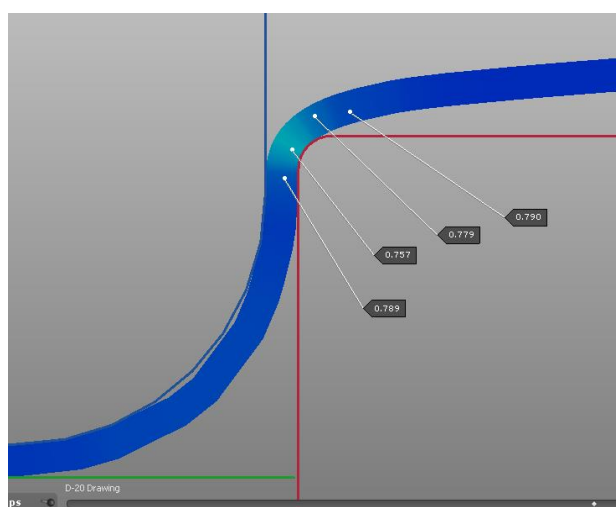


Рисунок 4. Деталь типа «Панель», этап 1 - 50% моделирования хода штамповки

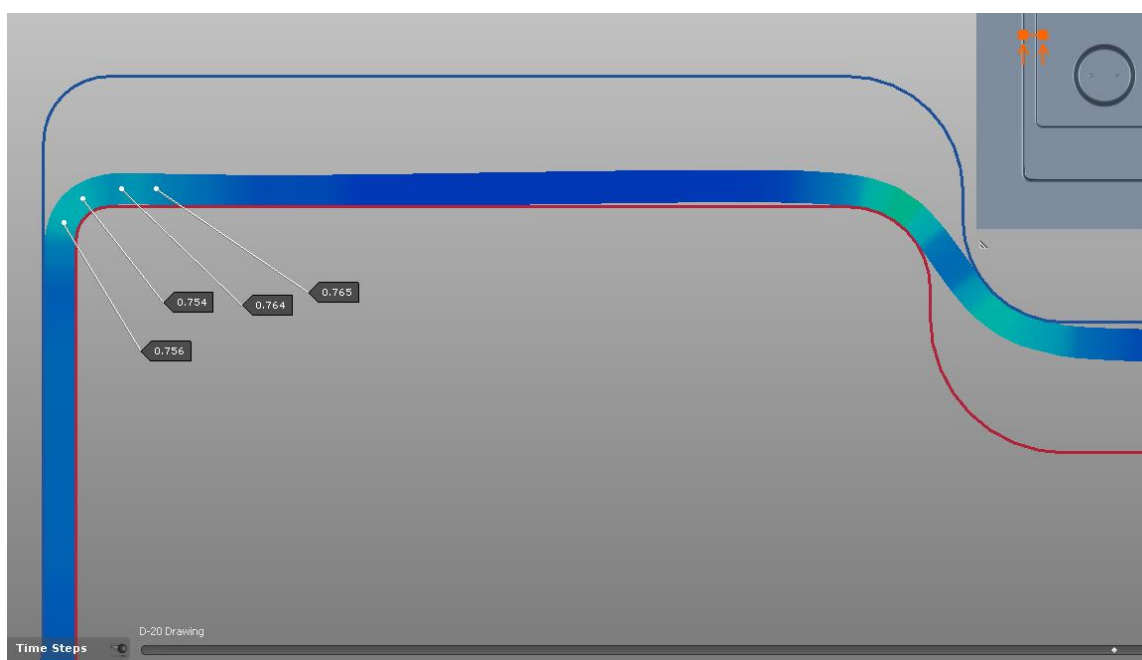


Рисунок 5. Деталь типа «Панель», этап 2 – 75% моделирования хода штамповки

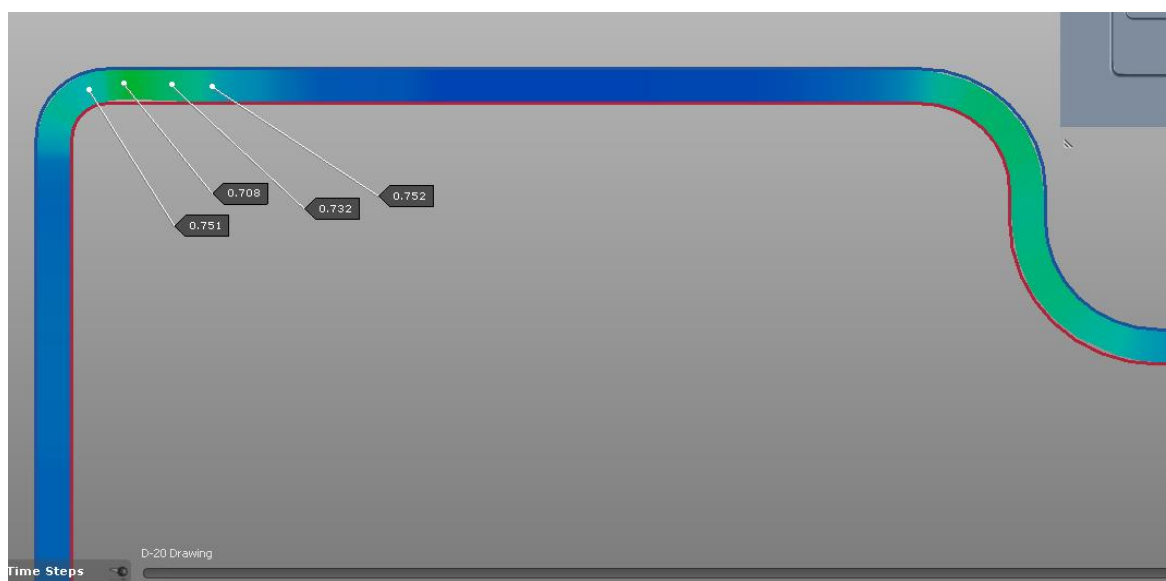


Рисунок 6. Деталь типа «Панель», этап 4 – 100% моделирования хода штамповки

Анализ результатов компьютерного моделирования технологии изготовления детали «Панель верхняя» с измененным инструментом показал, что отклонения геометрии в результате пружинения и зона утонения детали снижаются (рис. 7), что является гарантом качества получаемого изделия. Также изменение конструкции штамповой оснастки привело к снижению усилия на операции вытяжка на 15 тс. Штамповка партии деталей после доработки штамповой оснастки подтвердили результаты компьютерного моделирования технологического процесса.

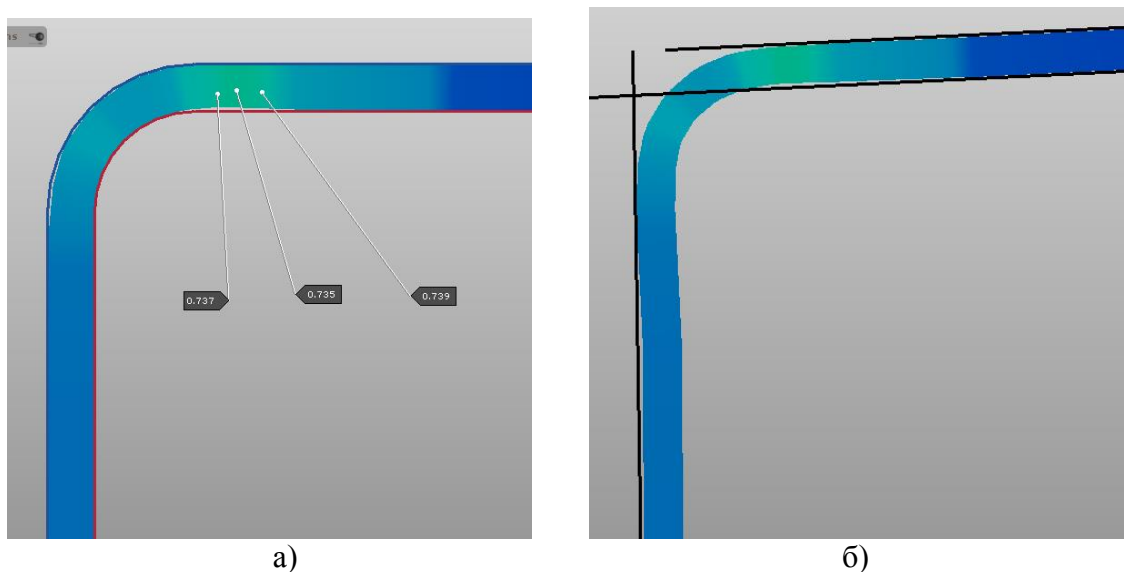


Рисунок 7. Деталь типа «Панель»: а) до пружинения, б) после пружинения

Желание заказчиков получить конкурентоспособную продукцию зачастую не совпадает с технологическими возможностями, а также с характеристиками материала заготовок. Для исключения доработок штамповой оснастки с целью обеспечения возможности получения годных изделий необходимо выполнять компьютерное моделирование процессов формоизменения листоштампованных заготовок до изготовления штамповой оснастки. А все необходимые технологические нюансы процесса апробировать в виртуальной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stampack — универсальный программный комплекс моделирования процессов листовой штамповки [Текст] / А. А. Сидоров, Д. В. Бузлаев // САПР и графика. — 2014. — № 8. — С. 84-86. — ISSN 1560-4640.
2. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке [Текст]: справочник / В. П. Романовский. — 5-е изд., доп. и перераб. — Ленинград.: Машиностроение, 1971. — 782 с.
3. Моделирование болтовых соединений в КЭ-комплексе SIMULIA Abaqus [Текст] / Д. В. Бузлаев // САПР и графика. — 2015. — № 5. — С. 24-29. — ISSN 1560-4640.
4. Проектирование технологического процесса штамповки боковины Рено Логан с помощью ПК AutoForm: сб. докл. и материалов всероссийской науч.-техн. конф. студентов Студенческая научная весна 2012: Машиностроительные технологии, 6-8 апр. 2012 г., Москва. — Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 78 с.
5. Бузлаев, Д. В. Проблемы и решения в моделировании листовой штамповки современных сталей и сплавов [Текст] / Д. В. Бузлаев // САПР и графика. — 2014. — № 4. — С. 96-100. — ISSN 1560-4640.

Поступила в редколлегию 03.05.2018 г.