

УДК 621.98

Теоретическое исследование процесса листовой штамповки изделий типа «Переходник» совмещенным способом «обжим - раздача»

Карпов Сергей Михайлович^(*)

karpov_s_m@bmstu.ru

SPIN-код: 2628-7697

Катунина Татьяна Андреевна

katuninatatiana01@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разобраны некоторые вопросы, имеющие отношение к проектированию штамповой оснастки с помощью изучения относящегося к данной теме материала. Согласно полученным результатам, можно предположить, что получение деталей с помощью FDM-штампа способствует увеличению производительности в сравнении с производством деталей в металлическом штампе, при этом без особой потери качества получаемых изделий.

Ключевые слова: обжим-раздача, листовая штамповка, FDM-штамп, компьютерное моделирование

Theoretical study of the process of sheet metal stamping of products of the “Adapter” type using the combined method “Crimping-dispensing”

Karpov Sergey Mikhailovich^(*)

karpov_s_m@bmstu.ru

SPIN-code: 2628-7697

Katunina Tatyana Andreevna

katuninatatiana01@mail.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This paper examines some issues related to the design of die tooling by studying the material related to this topic. According to the results obtained, it can be assumed that obtaining parts using an FDM stamp contributes to an increase in productivity compared to the production of parts in a metal stamp, without much loss in the quality of the resulting products.

Keywords: crimping and expansion, sheet metal stamping, FDM stamp, computer modeling

Разработка эффективных технологий изготовления изделий типа «Переходник» основана на интеграции операций раздачи и обжима, проводимая с учетом анализа напряженно-деформированного состояния материала, способствует не только экономии ресурсов, но и развитию инновационных решений, а также совершенствованию технологий. Не менее важным аспектом данного вопроса является сравнительный анализ технологий получения изделий с использованием различной оснастки.

Так, для малосерийного и единичного производства деталей наилучшим вариантом можно считать штамп, изготовленный методом FDM-печати. Это обусловлено тем, что его производство экономит время и ресурсы, а также сам штамп способствует более высокому выпуску деталей с надлежащим качеством исполнения, соответствующим строгим требованиям по геометрии и допускам. При этом результаты исследований могут быть применены в машиностроении и автомобилестроении, а также способствовать расширению знаний в области материаловедения и технологий обработки.

Автоматизация проектирования осуществляется САПР. Принято выделять в САПР машиностроительных отраслей промышленности системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или системами CAE (Computer Aided Engineering). Системы конструкторского проектирования называют системами CAD (Computer Aided Design). Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в системах CAM (Computer Aided Manufacturing). Функции координации работы систем CAE/CAD/CAM, управления проектными данными и проектированием возложены на систему управления проектными данными PDM (Product Data Management). Этапы жизненного цикла промышленных изделий и используемые АС представлены на рис. 1 [1].

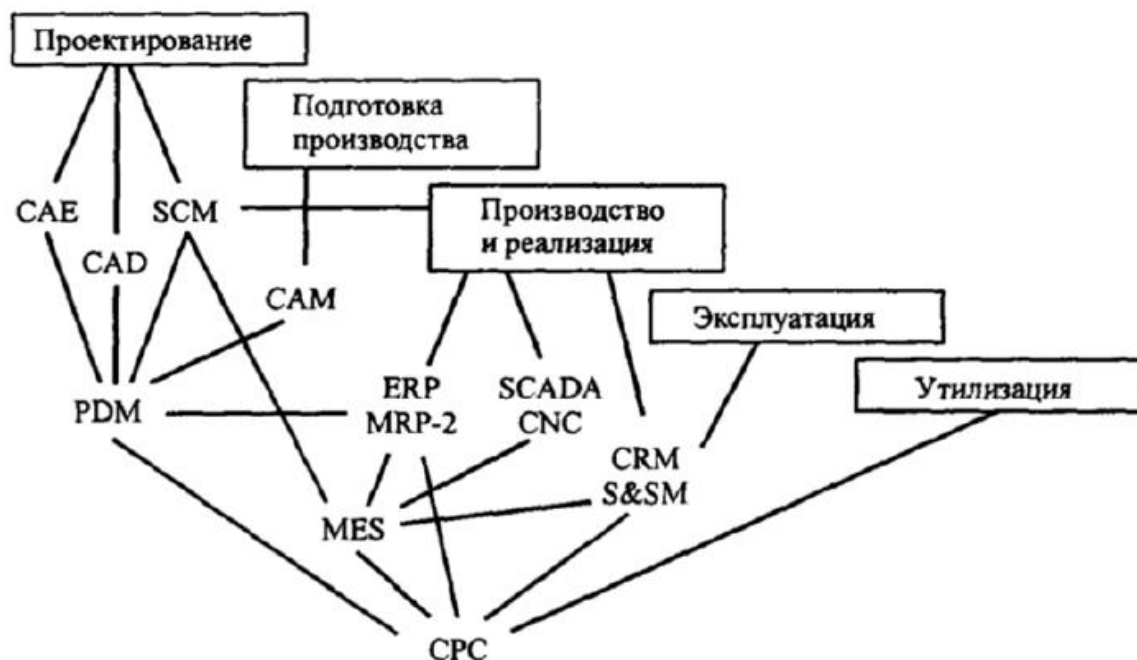


Рис. 1. Этапы жизненного цикла промышленных изделий и используемые АС

Совмещение операций раздачи и обжима позволяет интенсифицировать процесс формоизменения, например трубчатой заготовки и получить ступенчатые и конические детали с любым углом конусности за один переход с минимальными отходами металла.

Особенностью совмещенного процесса обжима и раздачи является наличие двух участков пластической деформации, разделенных между собой упруго-деформируемым участком заготовки. На одном из участков пластической деформации осуществляется увеличение диаметра заготовки, т. е. раздача, на другом — уменьшение диаметра заготовки, т. е. обжим.

При одинаковых условиях на обоих участках деформирование на участке раздачи осуществляется более интенсивно, чем на участке обжима. При одинаковых коэффициентах трения, степени деформации и углах конусности пуансона и матрицы сила раздачи примерно на 75 % меньше силы обжима, в связи с чем раздача происходит более интенсивно, чем обжим. Поэтому сила раздачи будет недостаточна для получения конической части объема. Увеличить коэффициент формоизменения при обжимах можно, варьируя коэффициент трения.

Для получения более интенсивного объема, очевидно необходимо назначить коэффициент трения для объема меньше, чем для раздачи. Из анализа напряженного состояния можно заметить, что максимальные сжимающие напряжения в меридиональном направлении при раздаче меньше, чем при обжиме для раздачи.

Увеличение напряжения можно добиться, если назначить коэффициент трения при раздаче больше, чем при обжиме, а также применить дополнительный подвод в меридиональном направлении.

Ниже представлена табл. 1 сравнения результатов моделирования металлического и FDM-штампов. Так, для конструирования деталей была применена САД-программа КОМПАС-3D (рис. 2). Для моделирования процесса использовалась САЕ-программа QForm (в табл. 2 приведены основные результаты моделирования). САЕ-системами (Computer-Aided Engineering) называется программное обеспечение, предназначенное для расчетов, анализа и симуляции физических процессов в решении инженерных задач [2].

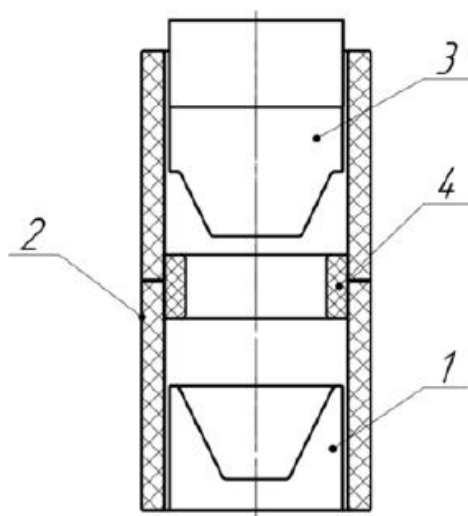


Рис. 2. Схема разрабатываемого штампа для операции «Обжим-раздача»:
1 — матрица; 2 — матрице- и пуансонодержатель; 3 — пуансон; 4 — центрирующее кольцо

Таблица 1

**Сравнение характеристик разных видов штампа в зависимости
от приблизительного математического ожидания показателей в сечении
для перемещения в 6 мм**

Сравнительная характеристика	Металлический штамп	FDM-штамп	Разница
Интенсивность напряжений (МПа)	72	76	4
Среднее напряжение (МПа)	-4,2	-3,6	0,6
Сопротивление деформированию (МПа)	72,4	76	3,6
Пластическая деформация	0,026	0,023	0,003
Максимальная сила (МН)/общее время (с)	1,23/25,5	1,27/16,5	0,04/9

Для более детального рассмотрения аспекта данной темы можно использовать моделирование технологического процесса с другими параметрами моделирования. И тем самым конкретизировать общую оценку производительности, качества изготавливаемых деталей, а также экономической характеристики данного направления.

Компьютерное моделирование и симуляция служат для оптимизации проектов через изменение параметров дизайна. Оптимизация охватывает статические и динамические задачи, частоты, акустику и другие аспекты. Эффективные алгоритмы обрабатывают множество проектных параметров и ограничений. Алгоритмы анализа чувствительности исследуют влияние параметров на целевую функцию. Параметры используются также для планирования экспериментов и оценки данных.

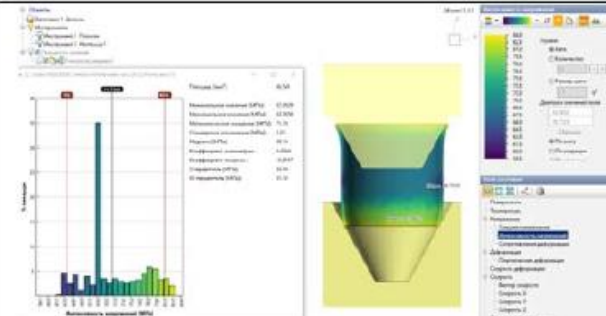
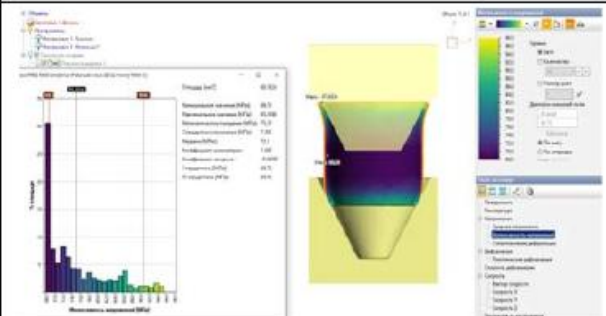
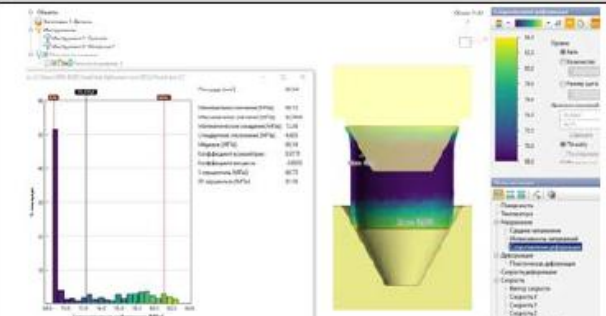
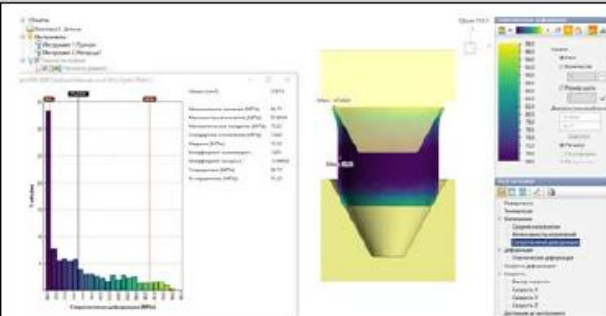
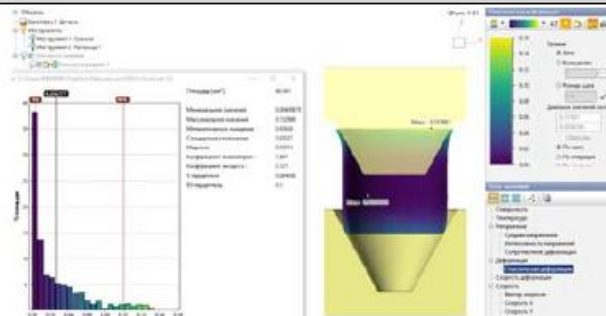
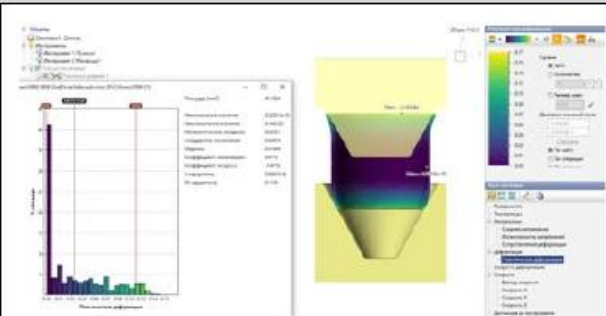
МКЭ — численный метод решения задач механики. Расчетная область разбивается на элементы с уравнениями. Каждый элемент имеет номер и узлы. Граничные условия и нагрузки задаются в узлах. Расчет сводится к решению системы уравнений. системы автоматизации инженерных расчетов часто интегрированы с CAD-системами. Инженер может провести проверочные расчеты и изменить конструкцию.

Численное моделирование задач прочности существенно экономит время, ресурсы, позволяет сократить объемы натурных испытаний, а также более тщательно оптимизировать конструкции.

Таким образом, для малосерийного и единичного производства деталей наилучшим вариантом можно считать штамп, изготовленный методом FDM-печати. Это обусловлено тем, что его производство экономит время и ресурсы, а также сам штамп способствует более высокому выпуску деталей с надлежащим качеством исполнения, соответствующим строгим требованиям по геометрии и допускам [3].

Таблица 2

Сравнение основных характеристик разных видов штампа в зависимости от приблизительного математического ожидания показателей в сечении

Для металлического штампа	Для FDM-штампа (ABS-пластик)
	
Интенсивность напряжений в заготовке	
	
Значения сопротивления деформации в процессе формообразования	
	
Значения пластической деформации в процессе формообразования	

Список источников

- [1] Норенков И.П., ред. *Системы автоматизированного проектирования*. Москва, Высшая школа, 1986.
- [2] САЕ-системы инженерного анализа. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:САЕ_Системы_инженерного_анализа?ysclid=mats6swkg6186991678 (дата обращения 18.05.2025).
- [3] Малюх В.Н. *Введение в современные САПР: курс лекций*. Москва, ДМК Пресс, 2010, 192 с.