

Применение современных средств математического моделирования в условиях опытно-промышленного производства

В.В. Калаев (ОАО «АВТОВАЗ»), А.В.Цапенко (Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П.Королева)

С целью улучшения технико-экономических показателей технологического процесса изготовления детали «Кронштейн», получаемой методом горячей объемной штамповки в Опытном-промышленном производстве ОАО «АВТОВАЗ», проводилось виртуальное моделирование штамповки в заготовительном и черновом ручьях.

В качестве инструмента решения задачи применялся модуль DEFORM-3D специализированного программного комплекса DEFORM (SFTC, США) предназначенный для анализа трехмерного поведения металла при различных процессах обработки давлением.

Использование потенциала модуля DEFORM-3D по визуализации течения металла с помощью анимаций, трассировки отдельных точек поковки и мониторинга заполнения гравюры штампа на предварительном этапе работы привело к возможности выбора пути и способа решения поставленной задачи.

Расчет и представление напряженно-деформированного состояния инструмента, вида распределения поля температур и других физических величин с помощью модуля DEFORM-3D на этапе отработки и сравнения различных вариантов технологического процесса явились определяющими факторами в выборе оптимальной технологии изготовления детали.

Постановка технологической задачи и методы ее решения

В настоящее время действующая технология изготовления детали «Кронштейн» (далее «базовый» вариант) включает в себя штучную штамповку вальцованной заготовки в трёх ручьях - гибочном, черновом и чистовом.

После обрезки облоя чистовую поковку «Кронштейна» можно классифицировать как стержневое тело с вилкой, причём на стержне имеется бобышка, а вилка состоит из длинного и короткого отростков; таким образом «Кронштейн» является длинноосной деталью сложной формы.

Необходимость штучной штамповки деталей сложной формы приводит к более низкому коэффициенту использования металла по сравнению со спаренной штамповкой «валетом» или по принципу «верёвки»; движение избыточного металла в гравюре открытого штампа негативно влияет на стойкость матриц.

На практике штамповки «Кронштейна» по «базовому» варианту существуют два отрицательных момента:

1. перерасход металла поковки;
2. неудовлетворительная стойкость черновых матриц.

С целью снижения расхода металла и увеличения стойкости черновых матриц в качестве альтернативной технологии рассматривается «проектный» вариант.

Традиционный способ проектирования переходов штамповки на основе построения эпюр диаметров, расчетной заготовки и т.д. для деталей сложной конфигурации исключает однозначный подход к выбору геометрии заготовительной оснастки.

Узким местом «базового» варианта является профилирование вальцованной заготовки в гибочном ручье - от него зависит течение металла по кратчайшим путям в черновой гравюре.

Гибка вальцованной заготовки «базового» варианта осуществляется с помощью фигуры ручья полученной движением прямой линии по изогнутой траектории (рис. 1-а). В «проектном» варианте фигура гибочного ручья получается движением по изогнутой

траектории окружности переменного диаметра (рис 1-б). Подобное изменение профиля гибочного ручья предполагает достаточный изгиб вальцованной заготовки для штамповки в черновом ручье.

Процесс отработки «проектного» варианта заключается в виртуальном моделировании штамповки с различными конфигурациями предварительного перехода и сравнении полученных данных с параметрами виртуального моделирования «базового» варианта. На заключительной стадии процесса отработки «проектного» варианта выбирается оптимальная геометрия предварительного перехода.

Исходные данные для моделирования в модуле DEFORM-3D

1. Математические модели оснастки в формате *.stl.
2. Параметры технологического процесса для математического моделирования:

№ п/п	Параметры технологического процесса	Показатель
1.	Температура заготовки, °С	1100
2.	Температура оснастки, °С	200
3.	Профиль заготовки	вальцованная заготовка
4.	Материал заготовки	35ХМ
5.	Материал инструмента	4Х5МФС
6.	Оборудование	Пресс 1600 т.с.
7.	Смазка	жидкая
8.	Средняя скорость ползуна мм/мин	80
9.	Длина шатуна, мм	1141,5
10.	Ход ползуна, мм	355
11.	Высота облойного мостика или расстояние между опорными плоскостями, мм	1) 280 2) 2,5 3) 2

Сравнительные характеристики «базового» и «проектного» вариантов изготовления детали «Кронштейн» по результатам виртуального моделирования

Трассировка движения определенных точек поковки «базового» варианта в черновом ручье определила критерии выбора параметров вальцованной заготовки «проектного» варианта. Таким образом, вальцованная заготовка «проектного» варианта приобрела дополнительную конусность и стала на 8 мм короче, а это дало выигрыш в объеме на 15 см³ по сравнению с «базовым» вариантом.

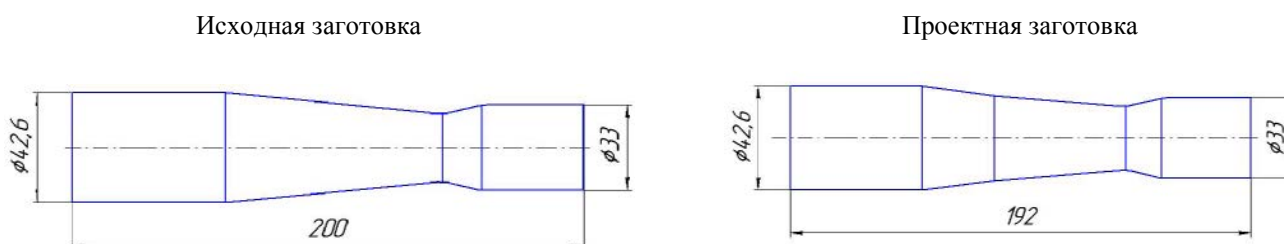


Рис. 2. Заготовки «базового» и «проектного» вариантов после вальцовки.

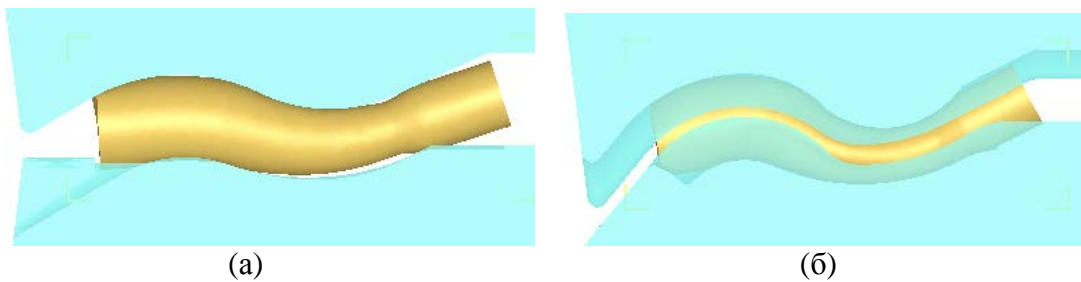


Рис. 1. Заготовки «базового» и «проектного» вариантов после гибки, (а) – в плоском гибочном ручье, (б) – в охватывающем гибочном ручье, соответственно.

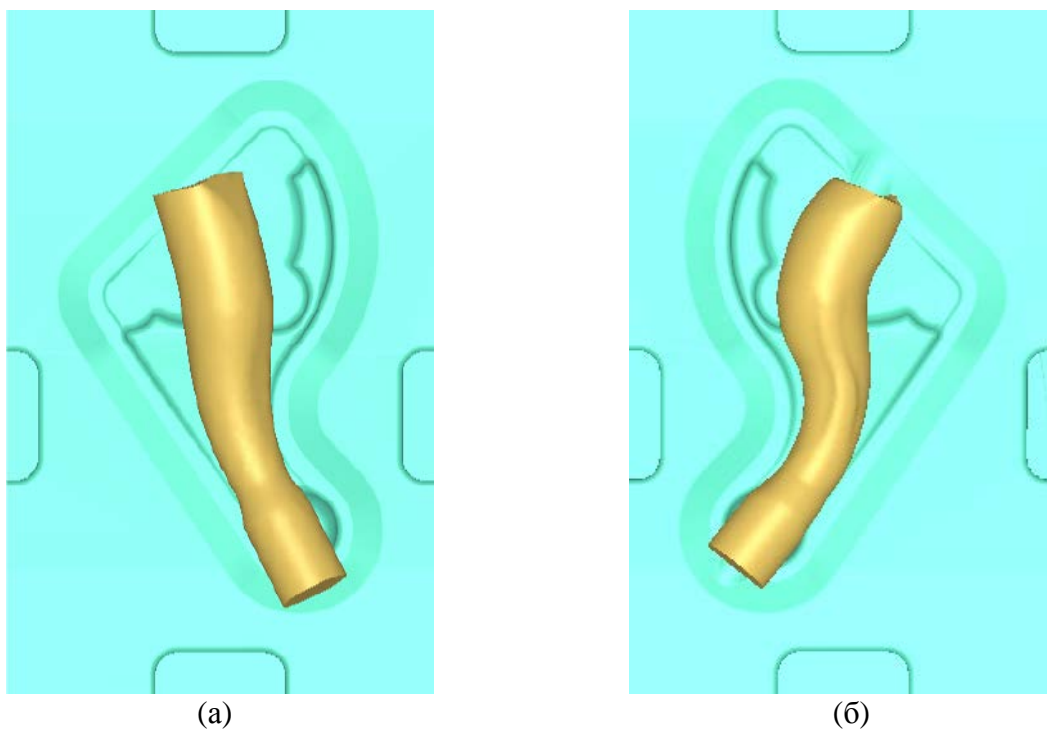


Рис. 3. Укладка заготовок «базового» (а) и «проектного» (б) вариантов на нижнюю половину чернового ручья (вид сверху).

На этапе предварительного моделирования рассматривался вариант по уменьшению окончательного расстояния между опорными плоскостями матриц гибочного ручья «базового» варианта. Данный метод приводит к «плющению» вальцованной заготовки, т.е. в поперечном сечении она становится овальной. При укладке овальной по сечению заготовки в черновой ручей происходит ее опрокидывание в момент касания с инструментом и, в дальнейшем, устраняются результаты гибки (этот процесс наглядно виден при анимированном просмотре виртуальной штамповки в черновом ручье). Поэтому охватывающий профиль гибочных матриц «проектного» варианта исключает «плющение» заготовки и ее последующее опрокидывание.

Исходя из анализа рисунка 3 ясно, что заготовка «проектного» варианта после гибки более адекватно повторяет профиль чернового ручья по сравнению с заготовкой «базового» варианта.

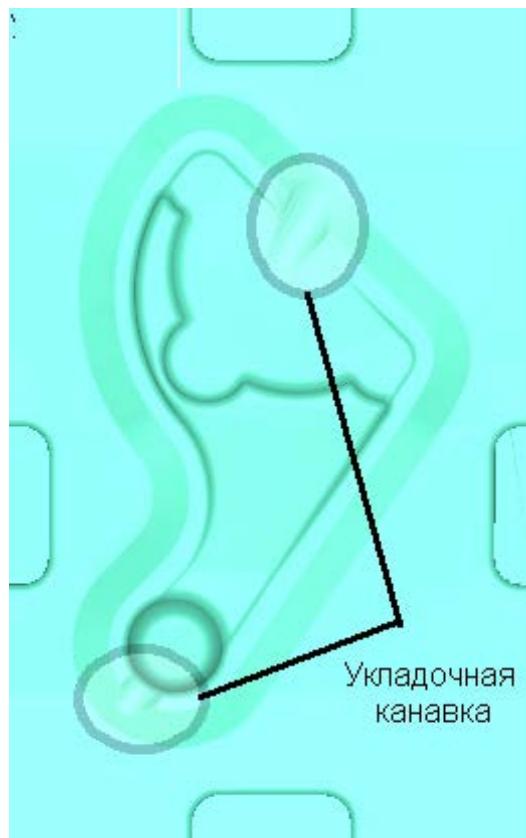


Рис. 4. Нижняя матрица чернового ручья (вид сверху). Укладочная канавка «проектного» варианта

Виртуальное моделирование «проектного» варианта при различных способах укладки изогнутой заготовки в черновой ручей позволило определить координаты укладочной канавки (рис. 4).

Введение укладочной канавки в черновой ручей – необходимая мера, служащая для предотвращения ухода вальцованной заготовки от заданного положения в черновой матрице.

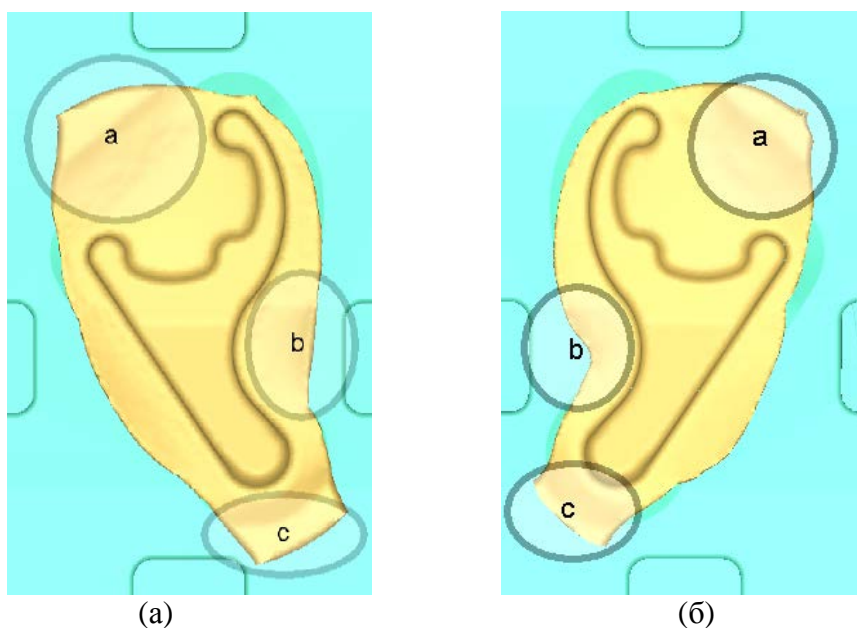


Рис. 5. Поковки «базового» (а) и «проектного» (б) вариантов на нижней матрице чернового ручья (вид сверху).

На рисунке 5 представлены окончательные поковки черного ручья «базового» и «проектного» вариантов - буквами а, b и с обозначены зоны интенсивного вытекания металла в облой.

В связи с тем, что объем заготовки «проектного» варианта меньше объема заготовки «базового» варианта и профиль изогнутой заготовки «проектного» варианта лучше описывает конфигурацию черного ручья по сравнению с профилем изогнутой заготовки «базового» варианта, закономерно, что в обозначенных на рисунке 5 зонах интенсивного вытекания металла в облой преимущество имеет «проектный» вариант.

Если обратить внимание на характер износа гравюры черновой матрицы в реальном процессе, то прослеживается четкая связь между количеством истекаемого металла в облой и степенью износа гравюры черновой матрицы «базового» варианта в зоне b, определяющей выход штамповых вставок из строя (рис. 6).



Рис. 6. Нижняя вставка черновой матрицы «базового» варианта после выхода из строя в связи с износом.

Эта идея подтверждается комплексным анализом напряженно-деформированного состояния инструмента, распределения поля температур и качественного характера протекания абразивного износа оснастки заданного моделью Эрчарда (она реализована в модуле DEFORM-3D), элементы которого представлены на рисунках 7-9.

Вывод

Как было отмечено выше, избыток металла в гравюре штампа негативно влияет на стойкость инструмента. Добиваясь заполнения гравюры штампа при неизменной высоте облойного мостика по вариантам и уменьшая количество металла вытекающего в облой следует ожидать увеличения стойкости черновых матриц «проектного» варианта. Экономический эффект от внедрения модернизированного способа штамповки определяется не только экономией металлопроката, но и снижением затрат на изготовление оснастки. В тоже время использование модуля DEFORM-3D, в свою очередь играет существенную роль в сокращении затрат на производство, т.к. позволяет наметить пути решения технологической задачи и минимизировать количество пробных штамповок при доводке измененного технологического процесса за счет многовариантного виртуального моделирования.

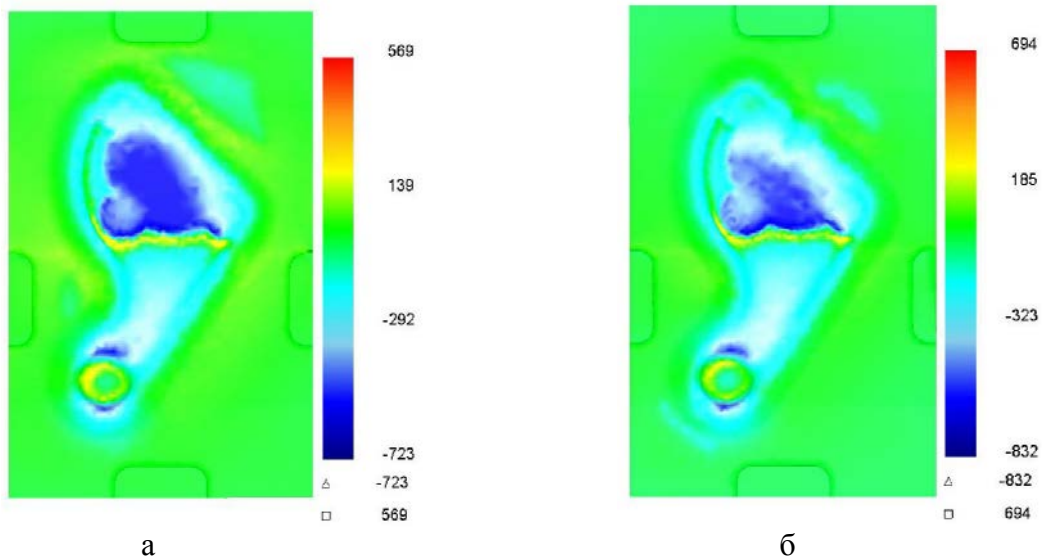


Рис. 7. Распределение поля компоненты напряжений на продольную ось (а-базовый, б-проектный).

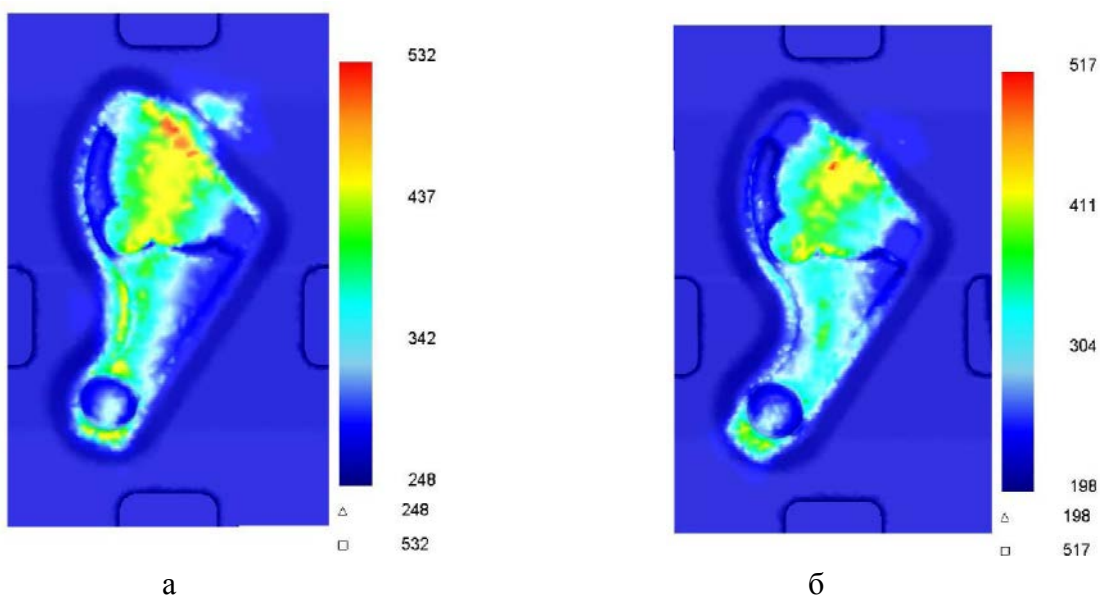


Рис. 8. Распределение поля температур (а-базовый, б-проектный).

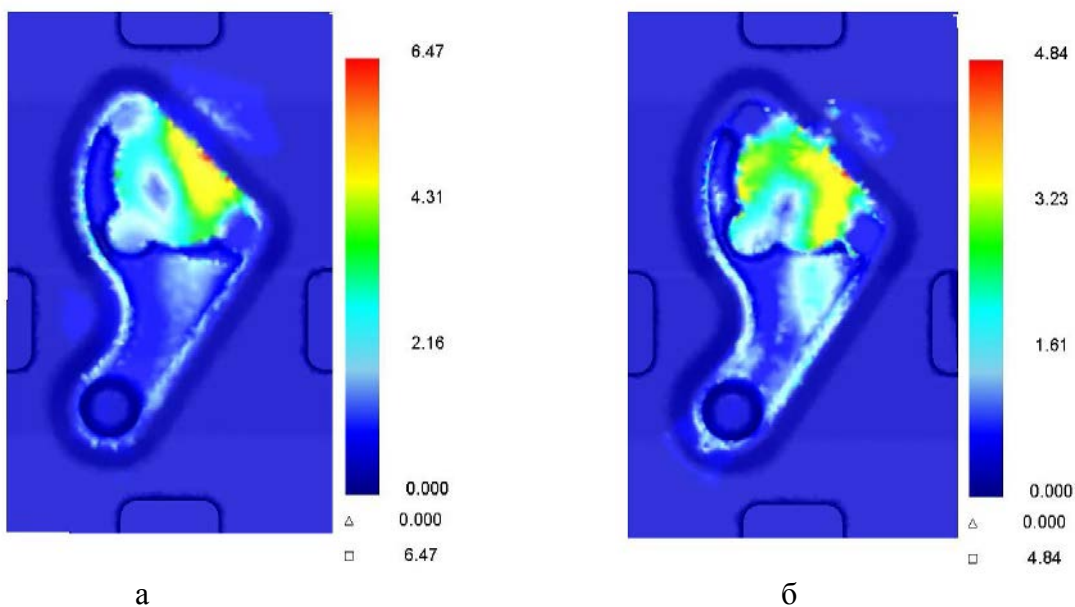


Рис. 9. Характер абразивного износа оснастки согласно модели Эрчарда (а-базовый, б-проектный).