

УДК 621.7.044 (043)

Борисевич В. В.  
Закизаде Байгара М.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОЛУЧЕНИЕ КОНДИЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКОЙ

В современном авиастроительном производстве постоянно возникает необходимость в изготовлении новых видов продукции и использовании всё более совершенных и сложных деталей. Появление новой нетиповой номенклатуры всегда вызывало трудности у инженеров и технологов заводов не только при запуске производства, но и на всех этапах технологической подготовки производства [1–2]. Ввиду сложных параметров изготавливаемой продукции даже самые опытные технологи не могут абсолютно точно проанализировать заранее правильность всего разработанного технологического процесса. Особенно остро данная проблема стоит в области обработки металлов давлением, а именно для горячей объёмной штамповки [3].

В авиационной промышленности от 20 до 30 % заготовок деталей получают объёмной штамповкой.

Горячая объёмная штамповка на сегодняшний день в основном осуществляется в открытых штампах. При этом объём металла, идущий в облой, и припуск соизмерим с объёмом металла готовой детали [4].

Объёмная штамповка обеспечивает необходимые механические, физические и химические свойства (прочность, пластичность, вязкость, износостойкость, электропроводность, жаропрочность, коррозионную стойкость) [5].

Несмотря на перспективность этого способа получения деталей, в настоящее время объём производства штамповочных заготовок невелик. Это объясняется значительными трудностями осуществления технологических процессов точной штамповки, связанными с недостаточной изученностью картины течения металла, отсутствием методики выбора формы и размеров заготовок по переходам для деталей сложной формы, методики проектирования оптимальной конструкции штампа [6].

Целью данной работы является необходимость получения варианта технологии, учитывающей все реальные факторы, влияющие на конечный результат. Эта технология должна удовлетворять основным принципам технологичности и учитывать возможности конкретного производства.

В данной работе рассмотрено влияние различных факторов на результат получения кондиционных деталей при условии заполнения ручья и отсутствия дефектов на примере детали «Кронштейн» (рис. 1).

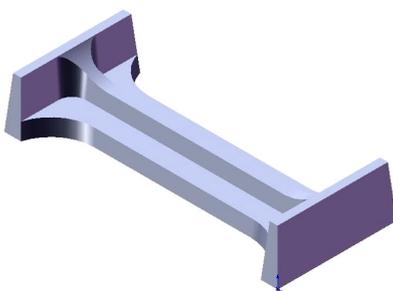


Рис. 1. Изображение исследуемой поковки детали «Кронштейн»

Получение кондиционных деталей при условии заполнения ручья и отсутствия дефектов невозможно без учета влияния различных факторов на процесс объёмной штамповки.

В табл. 1 представлены рассмотренные параметры, влияющие на процесс объёмной штамповки [7, 8].

Таблица 1

## Параметры процесса объемной штамповки

№	Параметры	Единицы измерения
1	Температура заготовки	°С
2	Температура инструмента	°С
3	Материал заготовки	Сталь
4	Материал инструмента	Сталь
5	Объем заготовки	мм <sup>3</sup>
6	Форма заготовки	–
7	Ширина мостика	мм
8	Высота мостика	мм
9	Коэффициент трения поверхностей инструмента	–
10	Скорость деформации	–

Для первичной оценки корректности модели для последующего варьирования различных факторов, влияющих на получение кондиционных деталей при условии заполнения ручья и отсутствии дефектов, были смоделированы 2 половины штампа (рис. 2) и 2 варианта технологии штамповки (для заготовки, полученной из стандартного прутка прямоугольного и круглого поперечного сечения равного объема (рис. 3)) [9].

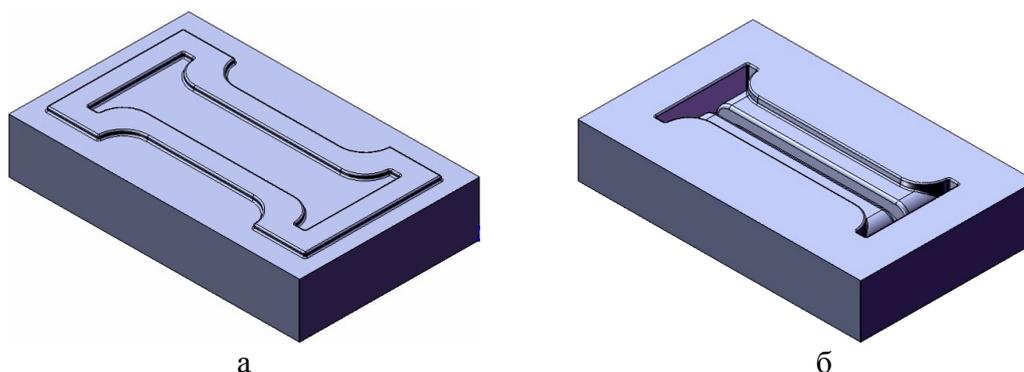


Рис. 2. Технологическая оснастка:  
а – верхняя половина штампа; б – нижняя половина штампа

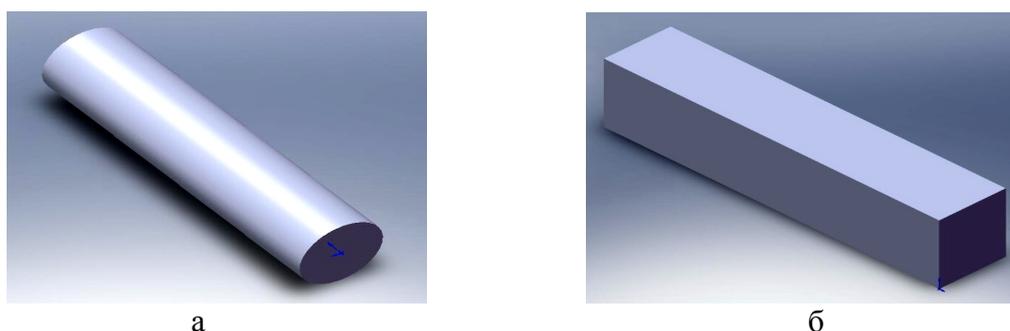


Рис. 3. Исходная заготовка:  
а – круглого поперечного сечения; б – прямоугольного поперечного сечения

Материал заготовки – нельзя изменить, так как он задан, исходя из чертежа детали.

Температуру заготовки также невозможно изменить, так как мы привязаны к узкому температурному интервалу.

Температура заготовки и температура инструмента являются важными параметрами при процессе штамповки, но изменение их величины (при узких интервалах ковочных температур для горячей объемной штамповки) не влияет на сам процесс штамповки деталей, поэтому этими параметрами не варьирuem.

Коэффициент трения зависит от вида штамповки, обычно для горячей штамповки берут коэффициент трения равный 0,3, и нет необходимости в изменении его величины, так как его изменение незначительно влияет на процесс штамповки деталей [9].

Скорость деформации заготовки зависит от выбора оборудования, а выбор оборудования зависит от размера готовой детали, и замена оборудования незначительно влияет на процесс штамповки, тем самым делает этот фактор незначительным.

Форма поперечного сечения заготовки значительно влияет на процесс объемной штамповки; чем больше форма поперечного сечения заготовки похожа на форму поперечного сечения детали, тем легче получить кондиционную деталь.

Далее заготовки круглого (рис. 4) и прямоугольного поперечного сечения (рис. 5) были импортированы в систему конечно-элементного анализа (КЭА) для оценки влияния фактора формы заготовки на процесс штамповки и получены следующие результаты.

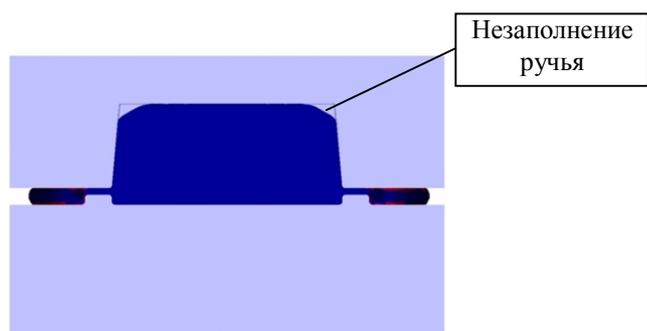


Рис. 4. Результат штамповки с заготовкой круглого поперечного сечения

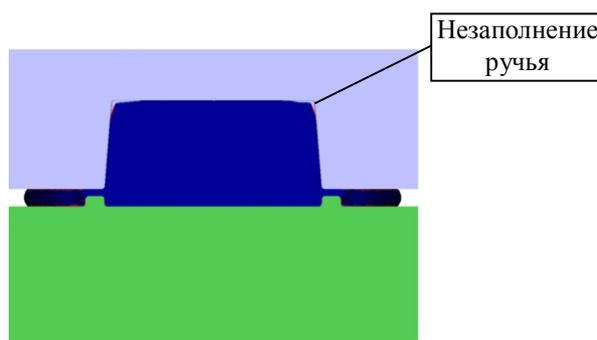


Рис. 5. Результат штамповки с заготовкой прямоугольного поперечного сечения

Результаты проведенных экспериментов показали, что процент заполнения ручья для формы заготовки прямоугольного поперечного сечения (около 96 %), значительно больше, чем для формы заготовки круглого поперечного сечения (около 92 %), это свидетельствует о том, что далее целесообразно работать с формой заготовки прямоугольного поперечного сечения.

Для оценки влияния фактора объема заготовки на процесс штамповки, увеличили исходный объем заготовки прямоугольного поперечного сечения и получили следующие результаты (рис. 6).

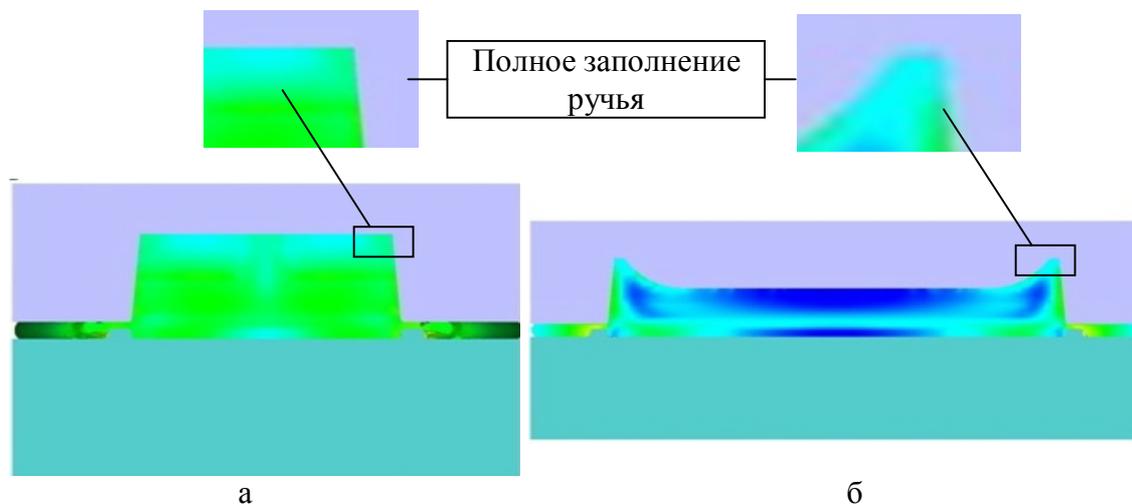


Рис. 6. Результат штамповки с увеличенным исходным объемом заготовки прямоугольного поперечного сечения:

а – поперечное сечение результата штамповки; б – продольное сечение результата штамповки

В результате проведенного эксперимента видно, что изменение объема заготовки является одним из максимально влияющих факторов на процесс штамповки.

Далее оценили фактор – ширина мостика, для этого увеличили исходную ширину мостика и получили следующие результаты (рис. 7).

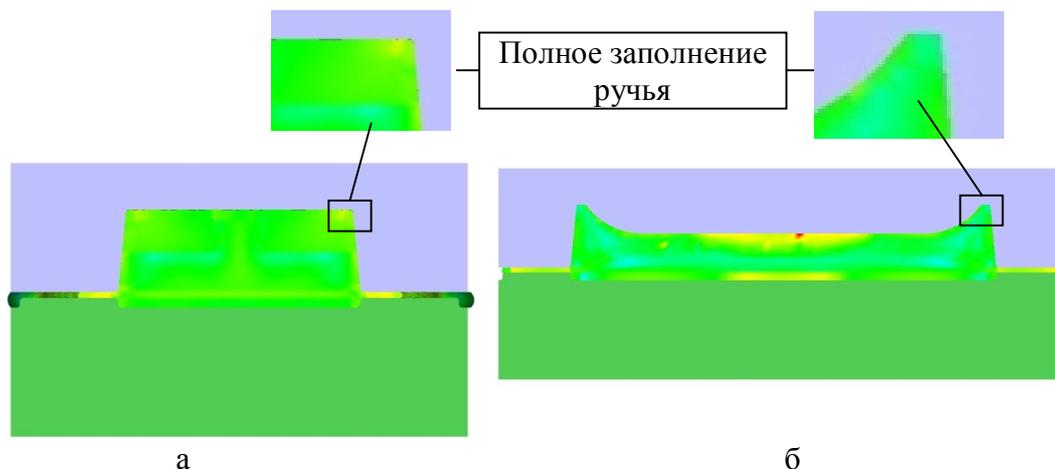


Рис. 7. Результат штамповки с увеличенной исходной шириной мостика:

а – поперечное сечение результата штамповки; б – продольное сечение результата штамповки

В результате проведенного эксперимента видно, что изменение ширины мостика также является одним из максимально влияющих факторов на процесс штамповки, так как при увеличении ширины мостика можно значительно уменьшить объем заготовки, что повлечет за собой меньшие затраты материала.

Оценка влияющих факторов на получение кондиционных деталей объемной штамповкой позволяет понять, что объем заготовки, форма сечения исходной заготовки и ширина мостика максимально влияют на процесс штамповки. Следовательно, для выполнения условий заполнения ручья и отсутствия дефектов, серьезное внимание необходимо уделять оценке именно этих факторов, что в конечном итоге дает возможность производить полный качественный анализ процесса штамповки на начальных этапах проектирования.

В настоящее время весьма актуальным для совершенствования процессов штамповки деталей сложной формы является проведение комплексного исследования преобразования формы заготовок по стадиям деформирования из условия оптимальной интенсивности степени деформации от простой исходной заготовки (стандартный прокат) до сложной заготовки, используя многоручьевую штамповку, которая состоит из определения количества переходов и оптимальной исходной формы заготовки для каждого перехода штамповки [9].

Так как известно, что использование многоручьевой штамповки не экономично и повышается трудоемкость и металлоемкость, поэтому мы ищем пути уменьшения количества переходов (в нашем случае вместо 2–1 переход), с помощью применения переменной ширины мостика, влияние которого полагается быть аналогичным влиянию переменного сечения заготовки (рис. 8).

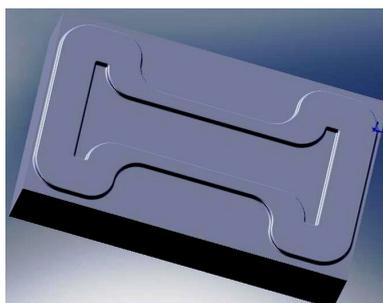


Рис. 8. Переменная ширина мостика

Проведен эксперимент (рис. 8) с применением минимально допустимого объема заготовки для оценки эффективности предлагаемого метода (переменная конструкция мостика).

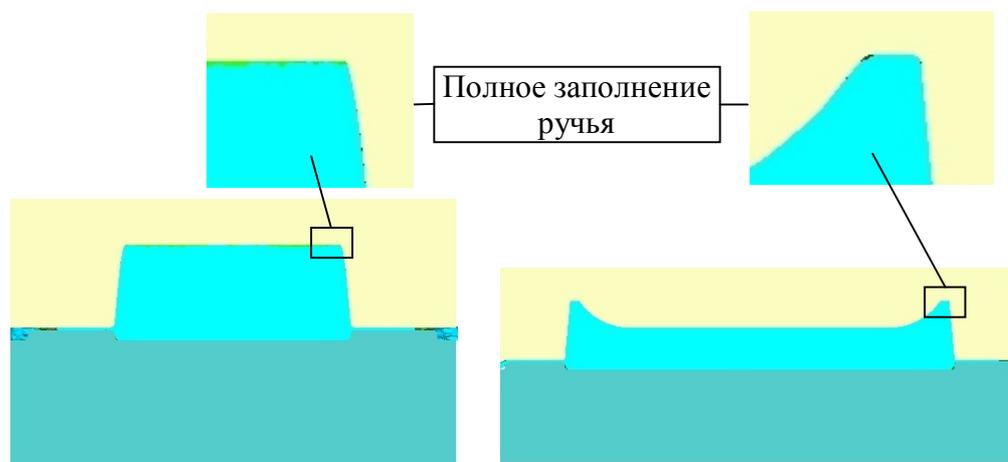


Рис. 8. Результат штамповки с применением переменной ширины мостика

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что с увеличением ширины мостика в области сложнозаполняемого ручья (глубокие области), сопротивление течения металла в облой растет, и, следовательно, удастся уменьшить расход материала и соответственно минимизировать объем заготовки при 100 % заполнении ручья.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Охрименко Я. М. *Технология кузнечно-штамповочного производства : учебник для вузов / Я. М. Охрименко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 560 с.*
2. Брюханов А. Н. *Ковка и объемная штамповка : учебное пособие для машиностроительных вузов / А. Н. Брюханов; под ред. канд. техн. наук Э. Ф. Богданова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1975. – 408 с.*
3. Степанский Л. Г. *Об опытной проверке результатов компьютерного моделирования процессов пластического деформирования / Л. Г. Степанский // Кузнечно-штамповочное производство. – 2001. – № 6. – С. 36–40.*
4. *Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / Голенков В. А., Дмитриев А. М., Кухарь В. Д., Радченко С. Ю., Яковлев С. П., Яковлев С. С. – М. : Машиностроение, 2004. – 464 с.*
5. Брюханов А. Н. *Ковка и объемная штамповка / А. Н. Брюханов. – М. : Металлургия, 1960. – 376 с.*
6. Шипуль О. В. *Методы расчета параметров процесса точной штамповки авиационных деталей сложной формы / О. В. Шипуль // Авиационная техника и технологии. – X. : ХАИ, 2002. – Вып. 3/38.*
7. *Ковка и объемная штамповка стали : справочник. Т. 1 / Под ред. М. В. Сторожева. – М. : Машиностроение, 1967. – 436 с.*
8. *Ковка и объемная штамповка стали : справочник. Т. 2 / Под ред. М. В. Сторожева. – М. : Машиностроение, 1968. – 448 с.*
9. Смирнов-Аляев Г. А. *Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением / Г. А. Смирнов-Аляев, В. П. Чикидовский. – Л. : Машиностроение, 1972. – 360 с.*

Борисевич В. В. – канд. техн. наук, доц. ХАИ;

Закизаде Байгара М. – ассистент ХАИ.

ХАИ – Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина.

E-mail: [mohsen\\_zakizadeh@yahoo.com](mailto:mohsen_zakizadeh@yahoo.com)