

ШТАМПЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

В.А. Глушченков, А.М. Пыльцын, И.А. Беляева, Ю.А. Егоров

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева
г. Самара, Российская Федерация

В гибридных и комбинированных технологиях заготовительно-штамповочного производства на листовую заготовку одновременно или последовательно воздействуют двумя или более источниками нагружения, то есть в период непрерывающегося действия одной, заготовка подвергается воздействию другой [1]. Авторы предлагают использовать статико-динамическое нагружение, где в качестве источника статической нагрузки применяются пресса, а в качестве динамической – импульсное магнитное поле (ИМП) [2]. Впервые такая технология описана в работах [1,3] при выполнении операции «фальцовка». Развивая данное научное направление в статье рассматриваются две другие комбинированные технологии «вытяжка – обрезка припуска» и «вытяжка – формовка» с конечной целью – создание инструментальных штампов для их реализации.

Ключевые слова: листовая штамповка, гибридные и комбинированные технологии, вытяжка, обрезка припуска, формовка, магнитно-импульсное нагружение

PUNCHES FOR REALIZATION OF STATIC-DYNAMIC PROCESSES OF SHEET STAMPING

V.A. Glushchenkov, A.M. Piltsin, I.A. Belyaeva, Yu.A. Egorov

Samara national research university named by academician S.P. Korolyov
Samara, Russian Federation

In hybrid and combined technologies of blanking-and-stamping production, a sheet blank is simultaneously or successively subjected to two or more sources of loading, i.e. at a period when the action of one source has not yet ceased the blank experiences the action of another source [1]. The authors suggest to use static-dynamic loading where punches are served as the source of static load whereas the pulsed magnetic field (PMF) – as the source of dynamic load. For the first time such a technology was described in works [1,3] when performing the operation “folding”. Developing this scientific direction, the article considers two other combined technologies “stretching-cropping the allowance” and “stretching-forming” with the final goal of creating the tool punches for realization of these technologies.

Key words: sheet stamping, hybrid and combined technologies, stretching, cropping the allowance, forming, pulse-magnetic loading.

Вытяжка – обрезка припуска

Постановка вопроса. При выполнении операции вытяжки при получении полых деталей цилиндрической или коробчатой формы без фланца край детали получается неровным. Причиной неравномерности деформации является, например, анизотропия механических свойств металла, влияние неравномерности зазоров между пуансоном и матрицей, других конструктивно-технологических факторов. Вот почему требуется применение после вытяжки последующей операции – обрезки припуска.

Обрезка припуска осуществляется на сложных (особенно для коробчатых деталей) штампах, механическими способами или с помощью других нетрадиционных видов резки. Такие технологии, как правило, малопроизводительны, не обеспечивают требуемое качество поверхности разделения, когда образование, например, заусенцев вызывает дополнительную проблему их зачистки.

В работе [4] описана технология магнитно-импульсной резки, приведена технологическая схема и описана зависимость качества поверхности разделения от скорости деформирования обрезаемого припуска, создания оптимальной схемы нагружения, напряженно-деформированного состояния в очаге деформации.

Таким образом, для получения готовой детали требуется как минимум две операции (вытяжка и обрезка припуска), два инструментальных штампа, дополнительные операции для достижения требуемого качества кромки.

Конечная цель данной работы – создать инструментальный штамп, реализующий за один ход пресса обе эти операции, используя при этом преимущества магнитно-импульсного нагружения.

Предлагаемое техническое решение

На рис. 1 приведена схема последовательного выполнения комбинированной операции «вытяжка – обрезка припуска», сочетающей статическое и магнитно-импульсное нагружения.

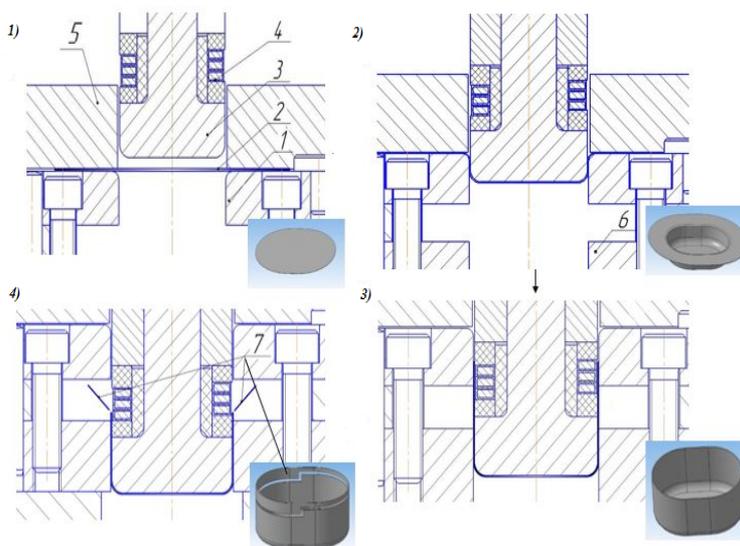


Рис. 1. Последовательность выполнения операций комбинированной технологии «вытяжка – обрезка припуска»:

1 – исходное состояние; 2, 3 – процесс вытяжки (промежуточное положение), 4 – обрезка припуска

Процесс магнитно-импульсной обрезки припуска длится тысячные доли секунды, то есть он по длительности несоизмеримо короче «статической» вытяжки. Вот почему обрезка припуска осуществляется без остановки пресса.

Конструктивно, вытяжной пуансон снабжен навитым на него токопроводом, образуя индуктор [5], соединённый с магнитно-импульсной установкой (МИУ) [6]. А вытяжная матрица имеет в своей нижней части режущие кромки.

В момент, когда процесс вытяжки завершён, и край заготовки оказывается на нужном расстоянии относительно режущей кромки матрицы, производят разряд МИУ на индуктор. Возникающие электродинамические усилия, перпендикулярные направлению статической нагрузки, осуществляют обрезку припуска.

Таким образом, удается совместить две операции за один ход пресса, используя при этом преимущества высокоскоростной магнитно-импульсной резки.

Следует отметить, что для обрезки припуска не требуется создавать каких-либо подвижных режущих элементов штампа. Прикладываемое ИМП усилие резки при этом – бесконтактно.

Техническое задание на проектирование штампа

Проектирование штампа основывается на техническом задании, разработанном по результатам компьютерного моделирования комбинированного процесса и проведенным экспериментальным исследованиям. Разработанная методика [7] моделирования статико-динамического процесса позволяет на напряжённо-деформированное состояние (НДС) заготовки, возникающем под воздействием статической нагрузки, наложить НДС, возникающее при динамическом нагружении. НДС материала заготовки перед приложением динамической нагрузки принимается за начальное условие второго этапа деформирования – обрезки припуска. В результате моделирования выявлена наиболее благоприятная схема приложения нагрузки как с энергетической, так и с точки зрения достигаемого качества поверхности разделения.

Такой оптимальной формой является треугольная форма динамической нагрузки с максимальной амплитудой на кромке, что достигается превышением на 2 витка токопровода индуктора над обрезаемой кромкой. Моделирование и проведенные эксперименты позволили определить для типовой детали (рис. 2) оптимальное по энергии W значение длины обрезаемого припуска, равного трём–пяти толщинам заготовки, скоростные энергетические и другие необходимые для проектирования штампа параметры (табл. 1).

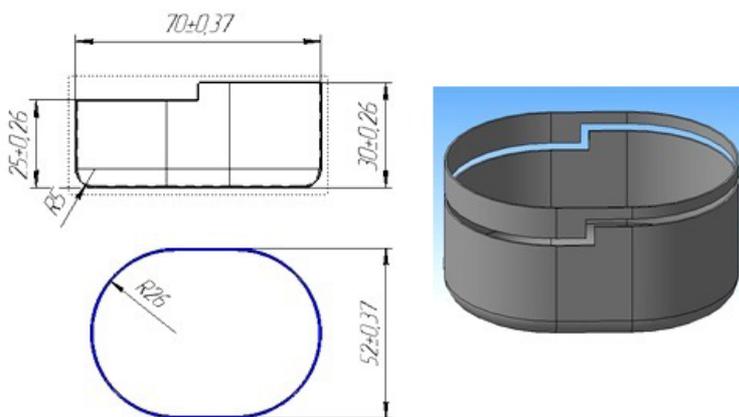


Рис. 2. Эскиз и 3D-модель типовой детали

**Параметры, необходимые для проектирования второго
(динамического) этапа комбинированной технологии**

№	Параметры	Значения
1	Максимальная скорость деформирования – на прямолинейном участке, м/сек – на криволинейном участке, м/сек	40 25
2	Энергия обрезки припуска, W	4,59 кДж
3	Оптимальное количество витков индуктора, n	3
4	Сечение токопровода, мм	3 × 7
5	Минимальная величина обрезаемости припуска, мм	5

Инструментальный штамп

На рис. 3 представлен чертёж общего вида спроектированного штампа, предназначенного для выполнения комбинированной технологии «вытяжка – обрезка припуска».

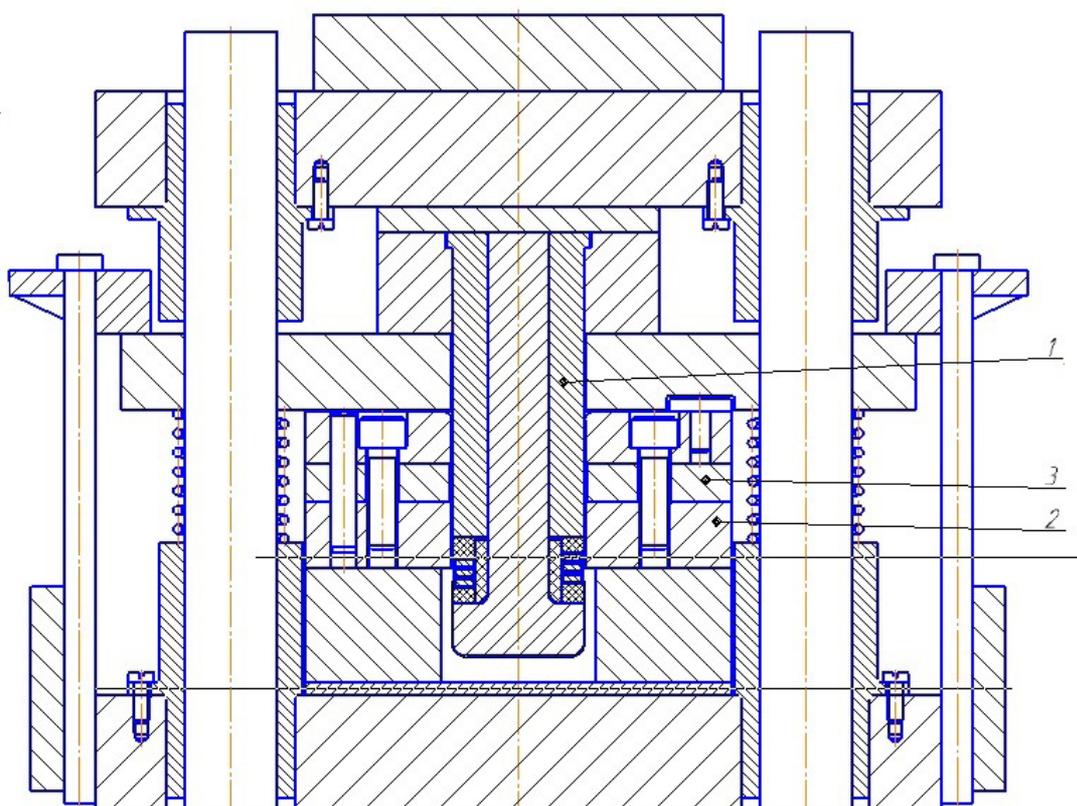


Рис. 3. Чертёж общего вида штампа для реализации комбинированной
технологии «вытяжка – обрезка припуска»

1 – пуансон; 2 – матрица обрезная; 3 – нож разрезной

Отличительной особенностью такого штампа является его пуансон (1), имеющий выборку, в которую уложены витки токопровода. Пуансон выполняет в этом случае

роль корпуса индуктора «на раздачу». Кроме того, в пуансоне предусмотрен паз, в котором размещены выводы индуктора (токопровода), подсоединяемые через гибкий кабель к магнитно-импульсной установке. Второй особенностью штампа является её составная матрица (2) с острыми обрезными кромками. Составные обрезные части матрицы соединены ножами (3), позволяющими разрезать на мелкие части, разлетающийся с большими скоростями обрезаемый отход. Спроектированный штамп изготовлен и испытан в лабораторных условиях. Штамп установлен на гидравлическом прессе и опробован в работе в паре с МИУ-10. Его внешний вид показан на рис. 4, а пуансон с навитым токопроводом на рис. 5.



Рис. 4. Внешний вид штампа



Рис. 5. Пуансон с вмонтированным токопроводом

Одновременно с обрезкой припуска происходит калибровка участков детали, прилегающих к линии реза, обеспечивая требуемые геометрические размеры. За счёт высокой скорости деформирования отхода при резке на поверхности разделения отсутствует заусенец (рис. 6).

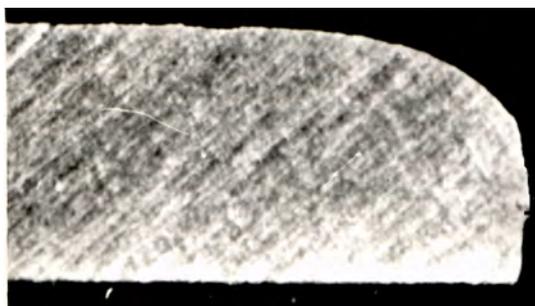


Рис. 6. Полученная по предложенной технологии деталь и её поперечное сечение

Вытяжка – формовка

Постановка вопроса. Для определённой номенклатуры полых изделий на боковой их поверхности требуется формовка рельефа – продольных рифтов (ребер жёсткости) или рельефа информационного назначения – надписей (логотип, объем, номер партии и т.д.). В качестве примера на рис. 7 и 8 приведены внешний вид алюминиевого корпуса косинусного конденсатора и алюминиевой банки с отформованным логотипом фирмы “Alcoa”.

Для формовки бокового рельефа возможно применение технологии последовательной формовки в инструментальном штампе, штамповки резиной и жидкостью,

магнитно-импульсной формовки. Однако эти технологии осуществляются как самостоятельные операции после операции вытяжки и имеют ряд недостатков, среди которых главный – высокая трудоёмкость нередко с предварительным отжигом заготовок и сложность технологического оснащения. Ставилась задача разработки комбинированной технологии статико-динамического деформирования, позволяющей объединить обе операции (вытяжки и формовки) в одном инструментальном штампе за один ход пресса.



Рис. 7. Косинусный конденсатор



Рис. 8. Алюминиевая банка с отформованным логотипом фирмы “Alcoa”

Предлагаемое техническое решение

На рис. 9 приведена последовательность комбинированной операции «вытяжка – формовка». В отличие от комбинированной технологии «вытяжка – обрезка припуска» операция формовки осуществляется «на обжим». Токопровод размещён в матрице, выполняющей роль корпуса индуктора, а рельеф выполнен на пуансоне специальной конструкции с выдвигающимися формовочными элементами.

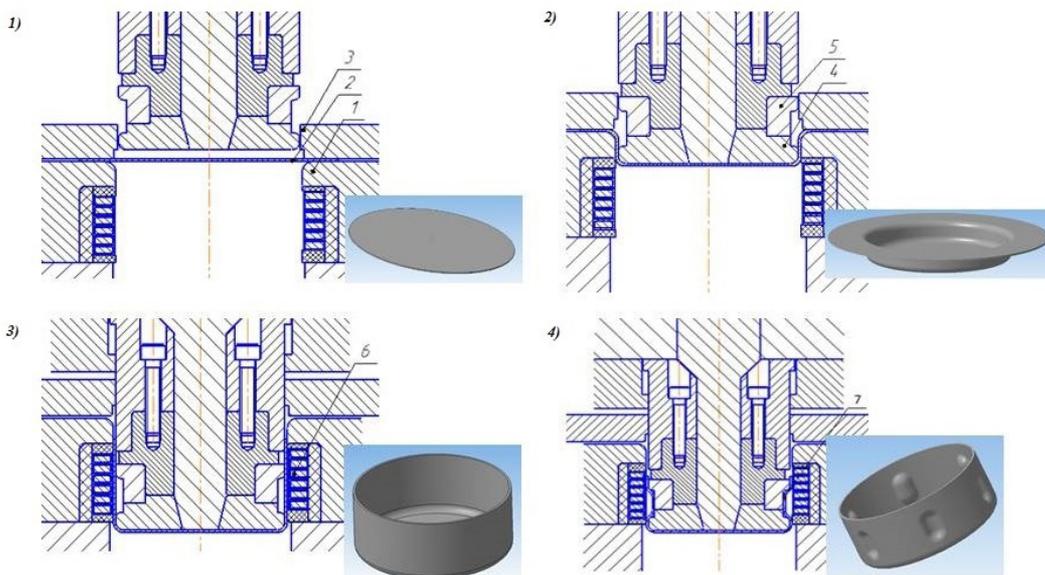


Рис. 9. Последовательность выполнения операций комбинированной технологии «вытяжка – формовка»

Общий вид штампа, спроектированного для реализации комбинированной технологии «вытяжка – формовка», приведен на рис. 10, а полученная деталь на рис. 11.

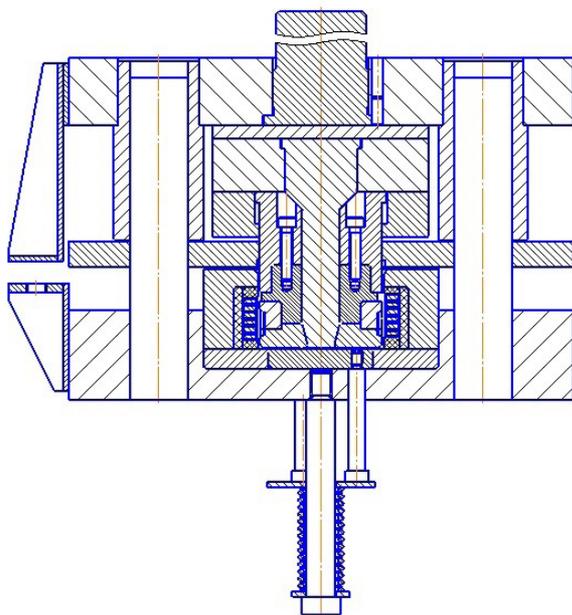


Рис. 10. Чертеж общего вида штампа для реализации комбинированной технологии «вытяжка – формовка»



Рис. 11. Деталь, полученная с помощью комбинированной технологии «вытяжка – формовка»

Заключение

1. Разработаны комбинированные технологии, реализующие статическое и магнитно-импульсное нагружения. Такие технологии позволяют за один ход пресса осуществить (совместить) две операции, сократить количество используемых штампов. При этом выполнение поперечной деформации происходит бесконтактным нагружением импульсным магнитным полем. В штампе для этой цели отсутствуют какие-либо подвижные элементы.

2. В качестве примера предлагаемых комбинированных технологий опробованы технологии «вытяжки – обрезки припуска» и «вытяжки – формовки». Эти примеры иллюстрируют возможности осуществления второго этапа – динамического деформирования как «на раздачу», так и «на обжим».

3. Для реализации комбинированных технологий спроектированы, изготовлены и опробованы в лабораторных условиях инструментальные штампы, отличительной особенностью которых являются вмонтированные в оснастку индукторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gluschenkov, V. A. Technological schemes of hybrid and combined technologies using static and dynamic loads // V. A. Gluschenkov, I. A. Be-lyaeva. — Key Engineering Materials, 2017, Vol. 746 KEM. — P. 246-254
2. Глущенко, В.В. Технология Магнитно-Импульсной обработки материалов // В.В. Глущенко, В.Ф. Карпухин. — Самара: ЗАО «Издательский дом «Федоров», 2014. — 193 с.
3. Глущенко, В.В. Особенности комбинированной операции фальцовка. Результаты компьютерного моделирования. // В.А. Глущенко, И.А. Беляева. — Известия Самарского Научного Центра РАН, 2014. — №16. №4. — С. 146-153.
4. Обрезка припуска у полых деталей импульсным магнитным полем / А.Е. Бурмистров [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. — 1989. — № 7. — С. 10-11.
5. Глущенко, В.А. Энергетические установки для магнитно-импульсной обработки материалов / В.А. Глущенко. — Самара: издательский дом «Фёдоров», 2013. — 123с.
6. Глущенко, В.А. Индукторы для магнитно-импульсной обработки материалов / В.А. Глущенко. — Самара: ООО Издательство «Учебная литература», 2013. — 148 с.
7. Глущенко, В.А. Последовательность компьютерного моделирования комбинированных (статико-динамических) технологий машиностроения / В.А. Глущенко, И.А. Беляева. — Известия Самарского научно-го центра РАН, 2016. — Т. 18. № 4. — С. 76-81

REFERENCES

1. Glushchenkov V. A., Belyaev I. A. Tekhnologicheskie skhemy gibridnykh i kombinirovannykh tekhnologiy s ispol'zovaniem staticheskikh i dinamicheskikh nagruzok [Technological schemes of hybrid and combined technologies using static and dynamic loads], Osnovnye tekhnicheskie materialy [Key Engineering Materials], Swiss, Vol. 746 KEM, 2017, pp. 246-254
2. Glushchenkov V. V., Karpukhin V. F. Tekhnologiya Magnitno-Impul'snoy obrabotki materialov [Technology of Magnetic Pulse processing of materials], ZAO Izdatel'skiy dom Fedorov [JSC Publishing house Fedorov], Samara, 2014, pp. 193.
3. Glushchenkov V. V., Belyaeva I. A. Osobennosti kombinirovannoy operatsii fal'tsovka. Rezul'taty komp'yuternogo modelirovaniya [Peculiarities of combined operations folding. Results of computer simulation], Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN [Proceedings of the Samara Scientific Center of RAS], Samara, No. T16., No. 4., 2014, pp. 146-153.
4. Burmistrov A. E., Fomicheva L. F., Glushchenkov V. A., Iserovich G. Z. Obrezka pripuska u polykh detaley impul'snym magnitnym polem [Cropping an allowance of hollow parts from a pulsed magnetic field], Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo [Forging and stamping production], № 7, 1989, pp. 10-11
5. Glushchenkov V. A. Energeticheskie ustanovki dlya magnitno-impul'snoy obrabotki materialov [Power plants for magnetic pulse processing of materials], Izdatel'skiy dom "Fedorov" [Publishing house "Fedorov"], Samara, 2013, 123 p.
6. Glushchenkov V. A. Induktory dlya magnitno-impul'snoy obrabotki materialov [Inductors for magnetic pulse processing of materials], Izdatel'stvo OOO Izdatel'stvo «Uchebnaya literatura» [Publishing house LLC publishing house "Educational literature"], Samara, 2013, 148p.
7. Glushchenkov V. A., Belyaeva I. A. Posledovatel'nost' komp'yuternogo modelirovaniya kombinirovannykh (statiko-dinamicheskikh) tekhnologiy mashinostroeniya [The Sequence of computer simulation combined (static and dynamic) engineering technologies], Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN [Proceedings of the Samara scientific center of RAS], Samara, Vol. 18., No. 4., 2016, pp. 76-81.

Статья поступила в редакцию в окончательном варианте 31.05.18