

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ

© 2011 В. А. Глушечков, М. В. Хардин, И. А. Беляева

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)

Предлагается комбинированная технология реализации процессов листовой штамповки и сборки, которая включает в себя совмещение статической и динамической нагрузок без остановки или прерывания процесса. Показано преимущество данной технологии перед традиционными методами и возможность ее реализации при производстве облицовочных деталей автомобиля.

*Комбинированная технология, статика, динамика, фальцовка, магнитно-импульсная обработка материалов, магнитно-импульсная установка, индуктор, скоростная фоторегистрация.*

При производстве различных изделий в машиностроении часто требуется осуществить сборку нескольких листовых деталей. Подобные операции широко распространены в автомобилестроении, где производится сборка облицовочных деталей, таких как двери, капоты, крышки багажников [1].

Традиционно такая сборка деталей, называемая фальцовкой, осуществляется гибкой фланца внешней панели с охватом внутренней панели в инструментальных штампах [2]. Другим вариантом осуществления загиба фланца является применение специализированных машин для обкатки роликом. Все эти процессы требуют дорогостоящего оборудования и оснастки, продолжительны по времени, поэтому актуальным является создание комбинированной технологии, позволяющей объединить традиционное статическое деформирование с динамическим загибом фланца в одном штампе.

В значительной степени решению этих задач способствует внедрение в промышленность прогрессивных технологий магнитно-импульсной штамповки (МИШ) [3], отличающихся компактностью и мобильностью оборудования, простотой и низкой стоимостью оснастки, высоким качеством получаемых изделий.

Современные установки для магнитно-импульсной штамповки используются для выполнения разнообразных операций: фор-

мовки, калибровки, фальцовки – сборки внутренних и внешних панелей как в условиях мелкосерийного, так и крупносерийного производства.

Предлагается комбинированная технология фальцовки, совмещающая в себе преимущества традиционного метода выполнения операции и метода высокоскоростного воздействия магнитно-импульсным полем.

Для проведения эксперимента выбраны оборудование, заготовка (рис. 1) и оснастка, с помощью которых изучено поведение конструкции и оценена возможность использования данной технологии.

При исследовании кинематических параметров импульсных быстропротекающих процессов ( $10^{-3} \dots 10^{-6}$  секунд) используются оптические, интерферометрические и доплеровские методы регистрации:

- высокоскоростная фоторегистрация при помощи оптико-механических или электронно-цифровых камер с импульсной подсветкой объекта исследования;

- оперативная регистрация динамических параметров движения тел (баллистический эксперимент, движение заготовки или пуансона) при помощи оптоэлектронных преобразователей с осциллографированием в реальном масштабе времени;

- однокадровая фоторегистрация баллистического эксперимента стобоскопическим источником света;

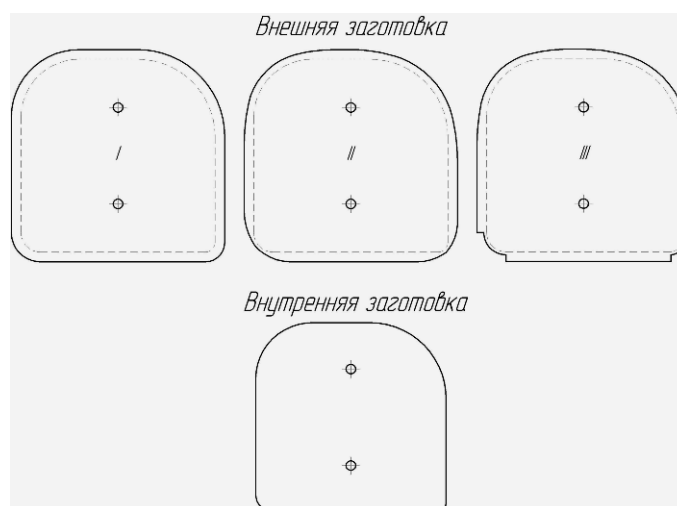


Рис. 1. Пример шаблонов заготовок

- поляризационно-оптические методы, основанные на интерференции света лазерной подсветки в видимой области спектра;

- доплеровские методы с применением акустических или сверхвысокочастотных электромагнитных волн.

Поляризационно-оптические и доплеровские методы ввиду сложности аппаратурной реализации и трудоёмкости обработки информации используются редко для решения подобных задач. Оптические методы обладают более высокой информативностью и поэтому получили наибольшее распространение.

Процессы магнитно-импульсной обработки материалов (МИОМ) характеризуются воздействием мощных импульсных магнитных полей на обрабатываемый материал [4], которые сопровождаются интенсивными электромагнитными помехами в измерительной аппаратуре и наличием на объекте исследования высоковольтного потенциала. При использовании традиционных контактных измерительных преобразователей для исследования процессов МИОМ возникают риски выхода из строя измерительной аппаратуры, опасности поражения высоким напряжением и потери информации в моменты разряда магнитно-импульсной установки. Оптические методы являются бесконтактными, обладают высокой помехоустойчивостью и обеспечивают электробезопасность.

Скоростная фоторегистрация пространственно-временных параметров МИОМ позволяет получить количественную и качественную оценку исследуемого процесса:

- механизма высокоскоростного деформирования материалов;

- процесса образования и развития трещин и дефектов в материале;

- кинематики гофрообразования тонкостенных заготовок;

- измерения величины и скорости отскока заготовки при соударении с технологической оснасткой;

- кинематических параметров движения элементов магнитно-импульсного привода;

- процессов образования и развития электроискрового разряда в жидких, газообразных средах и на поверхности материалов;

- механизма разрушения индуктора, технологической оснастки и обрабатываемого материала.

В эксперименте задействована магнитно-импульсная установка (МИУ-15), скоростная фотокамера, оснастка с индуктором. Рассмотрим особенности действия магнитно-импульсных установок. В основе принципа МИУ использован метод прямого преобразования электрической энергии, запасённой конденсаторами в электромагнитное поле (рис. 2).

Накопитель энергии 2 состоит из батареи импульсных конденсаторов  $C_1, \dots, C_n$ .

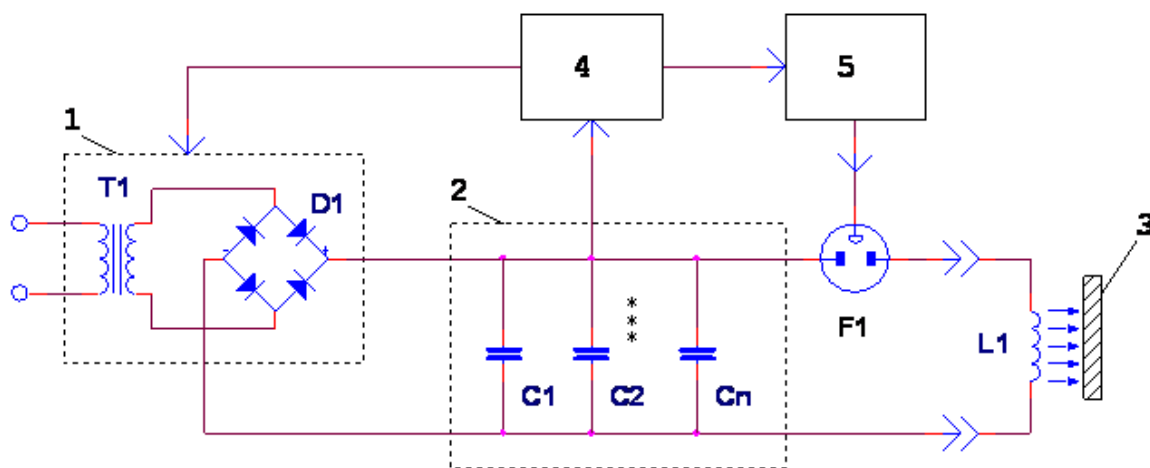


Рис. 2. Структурная схема МИУ

Конденсаторы заряжаются постоянным током от зарядного устройства 1, состоящего из высоковольтного трансформатора Т1 и выпрямителя D1. Запасаемая энергия может плавно дозироваться регулированием напряжения заряда на конденсаторах  $C_1, \dots, C_n$ . При достижении напряжения заданного уровня на конденсаторах накопителя блок дозирования энергии 4 останавливает заряд и выдаёт команду на разряд. Блок управления разрядником 5 запускает разрядник F1, и конденсаторы накопителя энергии разряжаются на индуктор L1. В процессе разряда накопителя энергии в рабочей зоне индуктора возникает электромагнитное поле.

Электромагнитное поле наводит в заготовке обрабатываемой детали вихревые токи. Взаимодействие электромагнитного

поля индуктора и тока в заготовке приводит к работе деформации и импульсному нагреву детали.

Индуктор изготавливается из медной шины (рис. 3), имеющей удельное электрическое сопротивление  $147 \times 10^{-9}$  Ом·м. Операция фальцовки производится на магнитно-импульсной установке МИУ-15 со следующими характеристиками: максимальное напряжение  $U = 19,5$  кВ, ёмкость конденсаторной батареи  $C = 101,6 \times 10^{-6}$  Ф, собственная индуктивность  $L_y = 89 \times 10^{-9}$  Гн и собственная частота  $f_y = 53 \times 10^3$  Гц. Величина индуктивности системы индуктор-заготовка  $1,842 \times 10^{-6}$  Гн.

Детали, полученные в результате эксперимента, показаны на рис. 4. Для оценки качества из полученных образцов вырезано



Рис. 3. Внешний вид индуктора для фальцовки (1 - одновитковой индуктор, 2 - четырехвитковой индуктор)

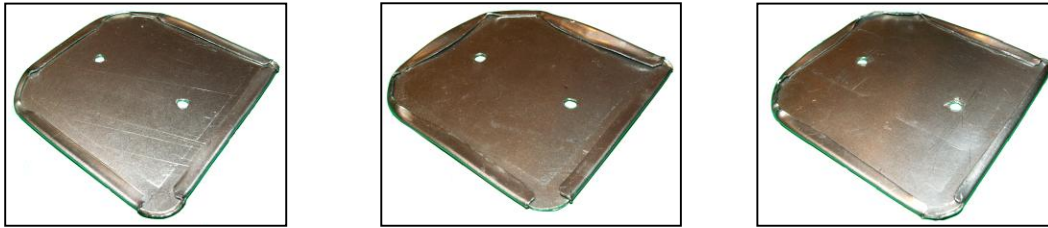


Рис. 4. Детали, полученные в результате эксперимента

несколько участков. На прямолинейных участках детали наблюдается полное прилегание кромки, а на радиусных – гофрообразование, при этом с увеличением энергии разряда оно становится меньше (рис. 5).

Для реализации процесса выбран одновитковый индуктор, обладающий повышенной стойкостью. В этом случае требуемая энергия не превышает 10 кДж. В качестве материала использована сталь 08Ю, применяемая для изготовления облицовочных деталей в автомобилестроении. По результатам проведённых исследований можно рекомендовать следующие технологические параметры при использовании комбинированной магнитно-импульсной технологии:

1. Высоту борта на прямолинейных участках следует выбирать в пределах 3-6 толщин материала.
2. Малые радиусы заготовки следует профилировать (рис. 6).

3. Размер борта по большим радиусам заготовки следует выбирать в диапазоне 2-4 толщин материала.

4. На радиусных переходах следует уменьшить диаметр индуктора, что повысит давление на заготовку (рис. 7).

5. Для того, чтобы не произошло коробление детали, борт следует располагать немного ниже индуктора (рис. 8).

За счёт совмещения статических и динамических нагрузок происходит увеличение производительности труда, повышение качества готовой продукции, снижение себестоимости изготовления самих деталей (за счёт уменьшения количества штампов).

Комбинированная технология позволила найти новый подход к реализации операции фальцовки, что повышает качество изготавливаемых деталей и делает возможным использование данной технологии в производстве облицовочных деталей на ОАО «АВТОВАЗ».



Рис. 5. Качество прилегания кромок на прямолинейных (а) и криволинейных участках (б)

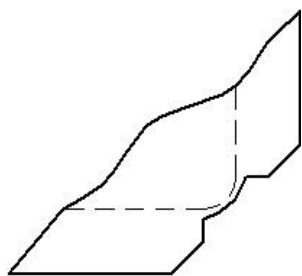


Рис. 6. Геометрия заготовки на малом радиусе

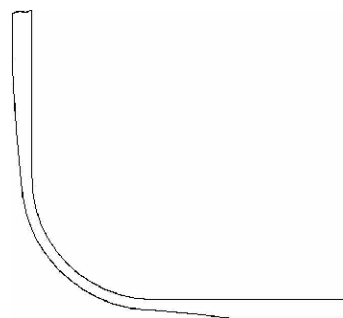


Рис. 7. Профиль индуктора на радиусе

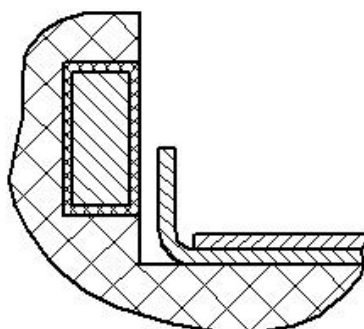


Рис. 8. Расположение борта по высоте относительно индуктора

### Библиографический список

1. Muderrisoglu, A. Flanging and hemming of aluminum sheet-an experimental study [Text] / A. Muderrisoglu, M. Murata, M. Ahmetoglu // Journal of Materials Processing Technology. – 1996. – Vol. 59. – P. 10-17.
2. Huetink, J. Baaijens F.P.T. Simulation of Materials Processing: Theory, Methods and Applications [Text] / J. Huetink, F.P.T. Baaijens // Proceedings of the 6th International Conference

on Numerical Methods in Industrial Forming Processes – NUMIFORM. – Enschede, 1998. – P. 924-931.

3. Белый, И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов [Текст] / И.В. Белый, С.М. Ферник, Л.Т. Хименко – Вища школа, 1977. – 168 с.

4. Пэжина, П. Основные вопросы вязкопластичности [Текст] / П. Пэжина. – М.: МИР, 1968. – 175 с.

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF COMBINED TECHNOLOGY FOR PARTS ASSEMBLY

© 2011 V. A. Glushchenkov, M. V. Khardin, I. A. Belyaeva

Samara State Aerospace University  
named after academician S. P. Korolyov (National Research University)

Propose a new combined technology of implementation of the processes and assembling of sheet-metal forming stamping which includes combining static and dynamic loads without stopping the process. The advantage of this technology over the traditional methods and the possibility of its implementation in the production of facing parts of the vehicle.

*Combined technology, statics, dynamics, seaming, magnetic-impulse metal working, magnetic-impulse plant, inductor, high-speed photographic registration.*

### Информация об авторах

**Глушечков Владимир Александрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет). E-mail: vgl@ssau.ru. Область научных интересов: магнитно-импульсная обработка материалов.

**Хардин Михаил Викторович**, кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет). E-mail: etf@ssau.ru. Область научных интересов: листовая штамповка, моделирование технологических процессов.

**Беляева Ирина Александровна**, аспирант кафедры обработки металлов давлением, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П.Королева (национальный исследовательский университет). E-mail: IA.Belyaeva@vaz.ru; Belyaeva-ommr@yandex.ru. Область научных интересов: моделирование прочностных расчетов конструкций автомобиля.

**Glushchenkov Vladimir Alexandrovitch**, candidate of technical sciences, professor of the department of metal forming faculty, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: vgl@ssau.ru. Area of research: magnetic-impulse stamping.

**Khardin Mikhail Viktorovitch**, candidate of technical sciences, associate professor, the dean of the engineering-technological faculty, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: etf@ssau.ru. Area of research: sheet-metal forming, modeling of technological processes.

**Belyaeva Irina Alexandrovna**, post-graduate student of the department of metal forming faculty, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: IA.Belyaeva@vaz.ru, Belyaeva-ommr@yandex.ru. Area of research: strength analysis simulation.