

Высокоскоростная штамповка листового металла

Студенты гр. 30402121: Зарников А. А., Атрощенко А. А., Лобах Д. А., Терзян А. А.

Научный руководитель: Шкурдюк П. А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Штамповка, как технология обработки металлических изделий, обрела большую популярность в промышленности для формирования и обработки металлических изделий.

Она позволяет создавать различные формы и структуры путем деформации металлической заготовки с использованием специальных пресс-форм, называемых штампами. Штамповка является эффективным способом массового производства металлических деталей с высокой точностью и повторяемостью

В процессе исследований влияния различных технологических параметров на пластичность деформируемых металлов выяснилось, что при высоких скоростях деформирования металл становится значительно пластичнее, и лучше, чем при обычной штамповке, заполняет ручей штампа [1].

Основные разновидности высокоскоростной листовой штамповки:

- штамповка взрывом;
- электрогидравлическая;
- электромагнитная.

Особенностью таких методов является высокая скорость деформирования в соответствии с высокими скоростями преобразования энергии.

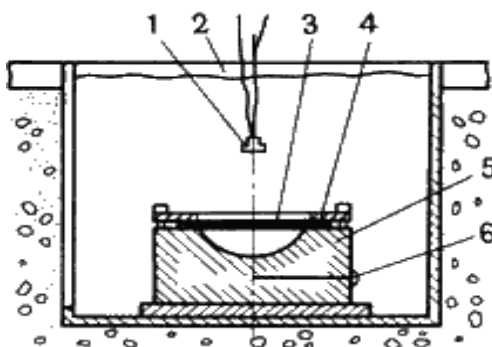


Рисунок 1 – Штамповка взрывом:

- 1 – заряд ВВ; 2 – бассейн; 3 – заготовка; 4 – прижимное кольцо;
5 – матрица; 6 – вакуумная линия

Штамповка взрывом осуществляется в бассейнах, наполненных водой (рисунок 1). Заготовку 3, зажатую между матрицей 5 и прижимом 4 опускают в бассейн с водой 2, полость матрицы под заготовкой вакуумируется при помощи вакуумной линии 6, заряд с детонатором 1 подвешивают в воде над заготовкой.

Взрыв образует волну высокого давления, которая, достигая заготовки, вызывает ее разгон.

Процесс штамповки длится тысячные доли секунды, а скорости перемещения заготовки соизмеримы со скоростями распространения пластических деформаций в металле.

При штамповке взрывом не требуется дорогостоящего прессового оборудования, конструкция штампа крайне проста [2].

Электрогидравлическую штамповку также осуществляют в бассейне с водой. Ударная волна, разгоняющая заготовку, возникает в электрическом разряде жидкости. Мощный искровой разряд подобен взрыву. В результате разряда в жидкости возникает ударная волна, которая, дойдя до заготовки, оказывает на нее сильное воздействие и деформирует ее по матрице.

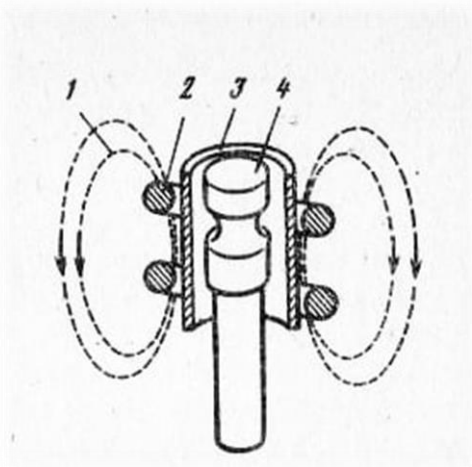


Рисунок 2 – Электромагнитная штамповка:
1 – магнитное поле; 2 – соленоид; 3 – втулка; 4 – пуансон

Электромагнитная штамповка основана на воздействии на заготовку электромагнитного поля (рисунок 2). Рассмотрим принципиальную схему этого процесса. Если в поле соленоида 2 поместить токопроводящую заготовку 3, то при прохождении импульсного тока возникнут магнитные поля 1 вокруг соленоида и заготовки. В результате взаимодействия этих полей заготовка будет сжиматься в направлении пуансона 4. При очень большом токе в обмотке соленоида силы сжатия могут быть настолько велики, что металл заготовки устремится к поверхности пуансона. За счет пластической деформации заготовка повторит форму поверхности пуансона. В заготовке образуется канавка и получится неразъемное соединение заготовки-втулки 3 и стержня-пуансона 4. В авиастроении такой способ штамповки нашел применение.

Взаимодействие магнитных полей вихревых токов с магнитным полем индуктора создает механические силы, деформирующие заготовку [3].

Для электромагнитной штамповки трубчатых и плоских заготовок созданы установки, на которых можно проводить обжим, раздачу, формовку и операции получения неразъемных соединения деталей.

Основными достоинствами штамповки взрывом являются:

- низкая стоимость оснастки (матрица изготовлена из недорогих материалов);
- небольшие капитальные затраты (не требуется прессовое оборудование);
- высокая точность обработки;
- возможность изготовления деталей сложной формы из трудно деформируемых и хрупких сплавов;
- сокращение числа технологических переходов.

К недостатку относятся не экономичность при большом объеме производства, трудность управления процессом, опасность и неудобство работы с взрывчатым веществом.

Электрогидравлическая штамповка – это метод формообразования фасонных изделий из тонколистового материала с использованием ударных волн высокой интенсивности, возникающих при импульсном электрическом разряде в жидкости.

В основе метода лежит электрогидравлический эффект – способ преобразования электрической энергии в механическую при возникновении в объеме жидкости импульсного электрического разряда.

Сущность электрогидравлического эффекта заключается в том, что при высоковольтных импульсных разрядах в жидкости создаются мощные гидравлические давления. Возникающие при этом ультразвуковые явления могут быть использованы для различных технологических целей и, в первую очередь, для штамповки сложных деталей из высокопрочных материалов.

Принципиальные схемы электрогидравлической штамповки и развальцовки труб показаны на рисунке 3.

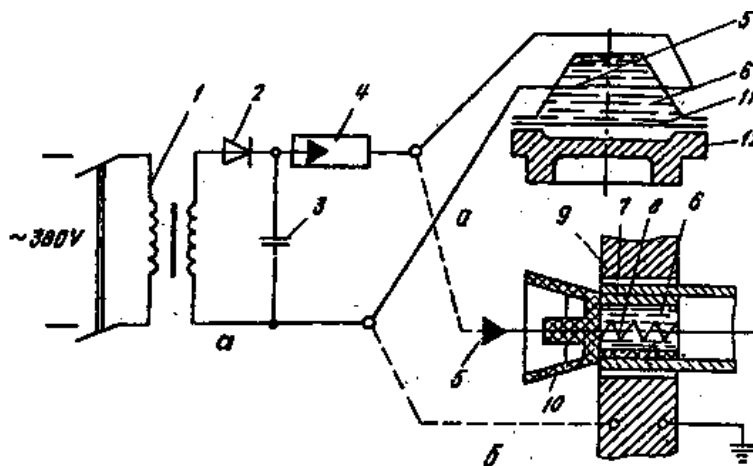


Рисунок – 3 Электрогидравлическая штамповка:

- 1 – трансформатор; 2 – выпрямитель; 3 – конденсаторная батарея; 4 – промежуток;
 5 – электрод; 6 – жидкость; 7 – труба; 8 – пружина; 9 – трубная доска;
 10 – патрон; 11 – заготовка; 12 – матрица

При помощи автотрансформатора и высоковольтного трансформатора 1, питающихся от сети переменного тока, напряжение через выпрямитель 2 подается на конденсаторную батарею 3 [4]. Накопленная энергия, благодаря пробоем формирующего промежутка 4 при заданном напряжении, выделяется в рабочем промежутке между двумя электродами 5.

В зависимости от мощности трансформатора время зарядки конденсаторов может быть от десяти долей секунды до десятков секунд.

При этом время разряда измеряется микросекундами. В связи с этим процесс приобретает характер взрыва. При сравнительно небольшой мощности генератора импульсных токов в канале разряда возникают высокие температуры (десятки тысяч градусов) и гидравлические давления до десятков тысяч атмосфер.

При этом возможен непосредственный пробой жидкости 6 или взрыв проводника 3. Последний случай наиболее часто применяется при развальцовке труб 7 в трубной доске 9 с использованием специальных патронов 10. Заготовка 11 в процессе деформирования принимает форму матрицы 12.

Электрогидравлическая штамповка характеризуется рядом последовательно происходящих стадий: формирование проводящего канала между электродами; выделение в зоне канала основной доли энергии, запасенной в конденсаторах; образование волн сжатия и пульсация газового пузыря после разряда; взаимодействие ударной волны и гидротока с заготовкой.

По сравнению с традиционными методами обработки металлов давлением электрогидравлическая штамповка имеет следующие преимущества:

– упрощается и удешевляется технологическая оснастка, что способствует сокращению сроков технологической подготовки производства и уменьшению затрат на освоение новых изделий;

– повышается точность штампуемых деталей из-за уменьшения пружинения и увеличения скорости деформирования;

– появляется дополнительная возможность совмещения ряда операций, выполняемых в одном штампе;

– увеличивается предельная глубина штамповки и критическая степень деформации из-за локализации воздействия и высоких скоростей деформирования; расширяются технологические возможности процесса.

Магнитно-импульсная штамповка характерна тем, что давление на деформируемую металлическую заготовку создается непосредственным воздействием импульсного магнитного поля, без участия промежуточных твердых, жидких или газообразных тел. Это позволяет штамповать детали из полированных и лакированных заготовок без повреждения поверхности, а также деформировать заготовки, заключенные в герметическую пластмассовую оболочку [4].

Магнитно-импульсная обработка основана на мгновенном разряде электроэнергии, накопленной в конденсаторной батарее, через соответствующий индуктор, являющийся рабочим органом. При этом в цепи индуктора протекает импульс тока, а в окружающем индуктор пространстве возникает импульсное магнитное поле высокой напряженности. Это магнитное поле индуцирует вихревые токи противоположного направления в металлической заготовке, помещенной вблизи индуктора (рисунок 4).

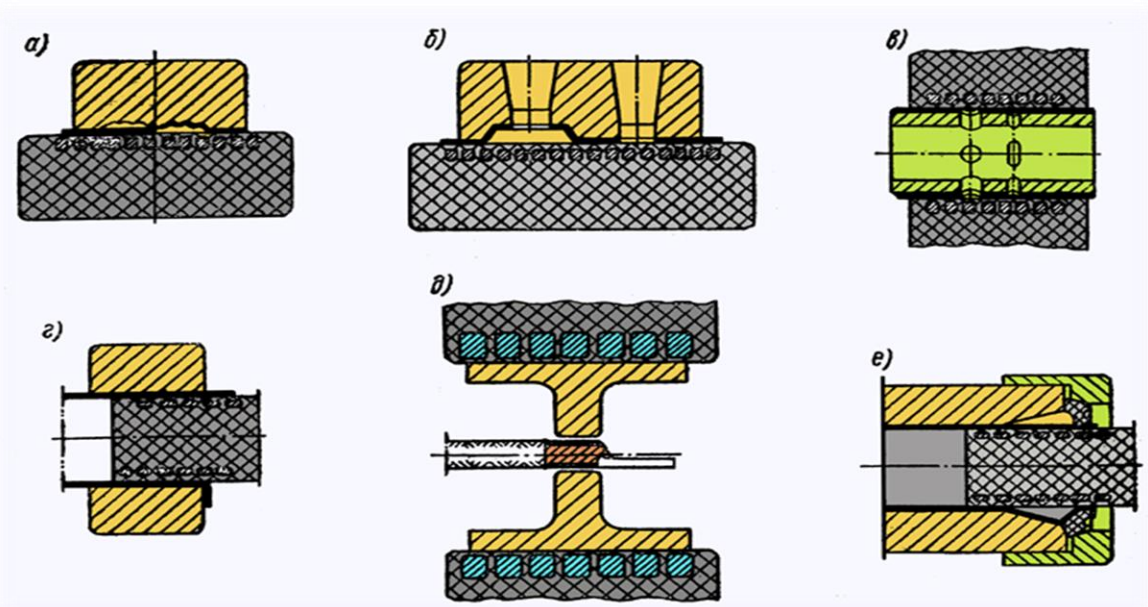


Рисунок 4 – Различные операции, выполняемые магнитно-импульсной штамповкой:

а – формовка, б – пробивка и отбортовка; в – пробивка отверстий;

г – сборка с развальцовкой отбортовкой; д – обжатие кабельных наконечников;

е – раздача трубы и сборка с фланцем

Магнитно-импульсная штамповка имеет ряд преимуществ перед другими высокоэнергетическими методами [4]:

– возможность точного дозирования мощности импульсного разряда путем изменения емкости конденсатора (накопителя);

- повышенная точность штампуемых деталей;
- сравнительно высокая производительность процесса;
- возможность автоматизации и встраивания магнитно-импульсных установок в производственный процесс;
- возможность выполнения сборочных операций;
- возможность деформирования заготовок за несколько разрядных импульсов, причем первые импульсы служат для разогрева заготовки и повышения ее пластичности.

Недостатки:

- сравнительно низкий КПД из-за потерь на нагрев и рассеяние;
- сложность обработки деталей с отверстиями или пазами, мешающими прохождению тока;
- невысокая долговечность индукторов при работе в электрических полях высокой напряженности;
- сложность обработки заготовок больших толщин.

Список использованных источников

- 1 Самохвалов, В.Н. Высокоэнергетические методы размерной и упрочняющей обработки: учеб. пособие / В.Н. Самохвалов. – Самарский университет, 2019. – 73 с.
- 2 Штамповка взрывом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.yaneuch.ru/cat_86/shtampovka-vzryvom/386039.2652154.page1.html. – Дата доступа: 31.01.2024.
- 3 Электрогидравлическая штамповка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9663611/page:5/>. – Дата доступа: 31.01.2024.
- 4 Магнитно-импульсная штамповка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9663611/page:7/>. – Дата доступа: 31.01.2024.