

Высокоскоростная штамповка листового материала

Студенты: гр. 10402220 Комар А.В., Якубчик Н.Г., Инань Бай

Научный руководитель Шкурдюк П.А.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Штамповка взрывом – способ обработки металлов, основанный на использовании энергии взрыва. Взрыв – процесс освобождения большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени. Формообразование заготовки происходит за счет импульсного давления ударной волны, вызывающего в материале заготовки напряжения, значительно превышающие предел текучести [1].

Штамповка взрывом – один из первых, наиболее исследованных методов высокоскоростного деформирования материалов (промышленное использование метода началось с 1950 г.).

Обладая высокой удельной и общей энергоемкостью и эффективностью, взрывчатые вещества (ВВ) позволяют деформировать детали больших габаритов из высокопрочных материалов с высокой точностью. Этим методом изготавливаются детали различной конфигурации и размеров из плоских и фасонных листовых заготовок.

Как правило, штамповку производят в открытых емкостях – естественных (озеро, река) или искусственных (железобетонных и земляных бассейнах) наполненных водой (рисунок 1).

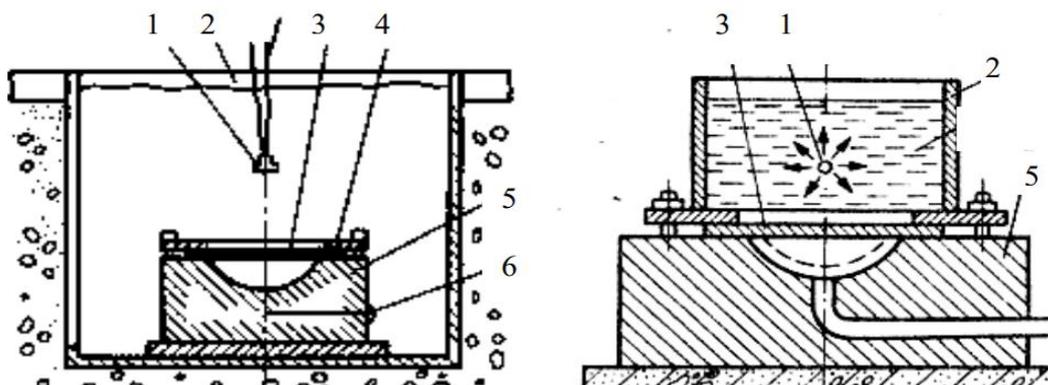


Рисунок 1– Штамповка взрывом в бассейне:

1 – заряд ВВ; 2 – бассейн; 3 – заготовка; 4 – прижимное кольцо;

5 – матрица; 6 – вакуумная линия

Метод заключается в том, что штампуемую заготовку 3 укладывают на матрицу 5 и прижимают с помощью прижимного кольца 4. Между заготовкой и полостью матрицы создается вакуум. Заряд взрывчатого вещества с детонатором 1 подвешивают в воде на определенном расстоянии над заготовкой 3. Матрицу с заготовкой и зарядом опускают в бассейн с водой 2.

При срабатывании детонатора внутри ВВ возникает фронт детонационной волны, которая распространяется в жидкости со скоростью 1450 м/с. При взрыве образуется мощная ударная волна и газовый пузырь от продуктов взрыва, который, пульсируя (расширяясь и сжимаясь), вызывает дополнительные импульсы давления. Газовый пузырь, расширяясь, создает направленный в сторону заготовки гидроток. Когда ударная волна достигает поверхности заготовки, начинается процесс деформации. Ударная волна отдает ей часть своей энергии на деформацию металла и на придание заготовке ускорения (разгон заготовки), а часть энергии ударной волны отразится от заготовки [2].

Основными достоинствами штамповки взрывом являются следующие:

- низкая стоимость оснастки (матрица изготавливается 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;
- исключается, в некоторых случаях, промежуточная термообработка вследствие более полного использования пластических свойств металла и создания более благоприятной схемы напряженнодеформированного состояния.

К недостаткам относятся неэкономичность 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 [3].

Электрогидравлическую штамповку (ЭГШ) осуществляют в бассейне с водой. обработка заготовок происходит за счет возникновения высокого давления в результате высоковольтного электрического разряда между погруженными в непроводящую жидкость электродами.

Мощный искровой разряд в жидкости подобен взрыву. За счет энергии разряда, вокруг канала разряда в жидкости возникает ударная волна, которая, дойдя до заготовки, деформирует ее по матрице.

Технологические установки выполняют с открытой (рисунок 2, а) или закрытой (рисунок 2, б, в) камерой (емкостью).

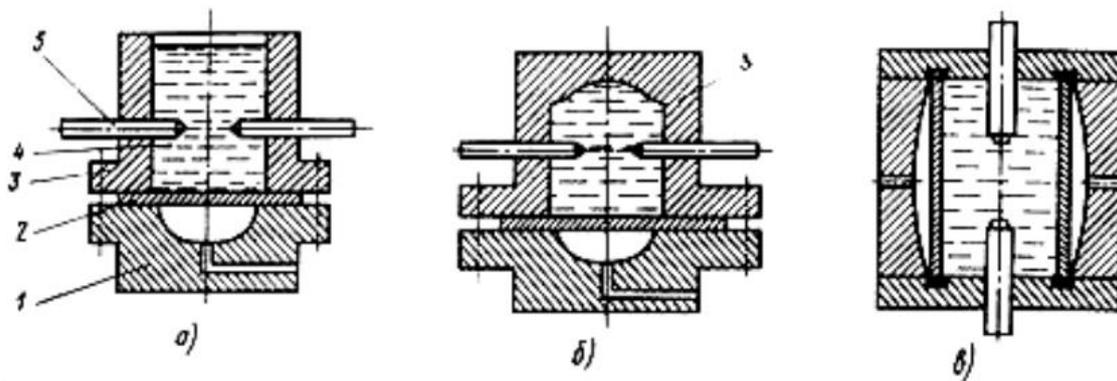


Рисунок 2 – Схема электрогидравлической штамповки детали:

а – в открытой камере; б – в закрытой камере; в – трубчатой заготовки в закрытой камере:

1 – матрица; 2 – заготовка; 3 – камера; 4 – вода; 5 – электрод

Листовую заготовку укладывают на матрицу и прижимают к ней. емкость заполняют передающей средой (водопроводной водой). В воде, на определенном расстоянии от заготовки, размещают рабочие электроды (положительный и отрицательный), соединенные с генератором импульсов тока (ГИТ) электрогидравлической установки.

При включении разрядника рабочее напряжение U подается на электроды, а после пробоя межэлектродного промежутка по замкнутой цепи будет осуществляться разряд батареи конденсаторов. Величина тока в разрядной цепи достигает сотен килоампер, время разряда – миллисекунды.

При высоковольтном электрическом разряде между электродами возникает токопроводящий искровой канал. Расширение канала разряда приводит к возникновению газового пузыря и ударной волны, распространяющейся в жидкости со скоростью порядка 1500 м/сек.

Магнитно-импульсная штамповка – это способ пластической деформации металлов и их сплавов с высокой электропроводностью, осуществляемый при прямом преобразовании электрической энергии в механическую, непосредственно в самом обрабатываемом изделии.

При штамповке импульсным магнитным полем (ИМП) электрическая энергия разряда батареи конденсаторов преобразуется в энергию импульсного магнитного поля, при протекании импульсного тока через индуктор. Вокруг индуктора возникает импульсное магнитное поле высокой напряженности, наводящее вихревые токи в электропроводном материале заготовки. Взаимодействие вихревых токов в заготовке с магнитным полем индуктора создает механические силы, деформирующие заготовку [4].

Время действия импульса давления и деформирования обрабатываемой заготовки ИМП составляет $10^{-5} \dots 10^{-4}$ с. При этом создаются давления до $10 \dots 40$ кг/мм², что позволяет деформировать различные, в том числе высокопрочные, материалы при высоких скоростях деформаций ($10^3 \dots 10^4$ 1/с). Скорость деформирования заготовок при магнитно-импульсной обработке достигает $100 \dots 300$ м/с.

Достоинства магнитно-импульсной формовки:

1 Большие скорости обработки, позволяющие формовать детали из маловязких и твердых металлов, которые не поддаются пластической деформации при обычных скоростях.

2 Отсутствие механического соприкосновения между деталью и индуктором, что дает возможность штамповать металлы с нанесенными защитными покрытиями.

Недостатки:

1 Сравнительно низкий КПД из-за потерь на нагрев и рассеяние.

2 Сложность обработки деталей с отверстиями или пазами, мешающими прохождению тока.

3 Невысокая долговечность индукторов при работе в электрических полях высокой напряженности.

4 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://asgard-service.com/news/shtampovka-vzryvom/>. – Дата доступа: 09.12.2022.

3 Электрогидравлическая штамповка – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mtomd.info/archives/1040>. – Дата доступа: 11.12.2022.

4 Магнитно-импульсная штамповка – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/683963/tehnika/elektrogidroimpulsnaya_magnitno_impulsnaya_obrabotka. – Дата доступа: 12.12.2022.