

УДК 621.7.044

В.К.Борисевич, д-р техн. наук,
Ю.И.Чебанов, канд. техн. наук,
М.К.Князев, канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВКИ ЛОКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКЕ

Технологические процессы электрогидравлической обработки, у которых определяющей характеристикой являются амплитуда или импульс ударных волн, подразделяются на два типа /1/. К первому типу относятся малоинерционные процессы (длительность волн давления при этом гораздо больше времени реакции заготовки), включающие дробление, измельчение, получение эмульсий, осуществление некоторых химических реакций и штамповку изделий, обладающих малым периодом собственных колебаний. Ко второму - большинство технологических процессов по обработке металлов импульсными нагрузками. Длительность волны давления здесь гораздо меньше остальных характерных времен нагружаемого объекта. Воздействие давления, по существу, будет таким же, как и действие локального импульсного удара на все части заготовки, которая затем движется по закону, определяемому импульсом волны с учетом возможного эффекта кавитации. Установлено, что эффективность технологических процессов, относящихся к первому типу, определяется амплитудой давления ударной волны.

Таким образом, определилась цель экспериментального исследования - установление зависимости между геометрическими параметрами элемента, свойствами материала и параметрами импульса нагружения.

При планировании экспериментов использовался следующий подход. Нагружение мембраны производилось импульсами с опре-

деленными и неизменными в ходе эксперимента параметрами P_m (пиковое давление в импульсе) и θ (характерное время действия импульса). Жесткость элемента заготовки задавалась с помощью мембранных датчиков с различными диаметрами отверстий. Увеличение диаметра отверстий вызывало снижение жесткости элемента и наоборот. Эффективность процесса формовки, доля воспринятой заготовкой энергии импульса давления в виде энергии деформирования, оценивалась величиной показателя R_d , посчитанного по максимальной остаточной деформации (прогибу) мембраны с использованием формулы Лапласа для сферического элемента.

Опыты проводились на опытно-промышленной установке УЭГШ-2. Схема эксперимента использовалась та же, что и в работе /2/. В качестве измерительного прибора использовались многоместные мембранные датчики с диаметрами отверстий $d = (2,5 \dots 22,0)$ мм. В качестве мембраны использовались листы из стали 08кп и модифицированного алюминиевого сплава АК4-1 толщиной $\delta = 0,6$ мм.

Анализ результатов экспериментов показал, что деформирование заготовки (мембраны) носит сложный, нелинейный характер, обусловленный действием различных механизмов деформирования.

Участки кривых 1,2 справа от максимумов (рис.1) описывают инерционный механизм деформирования, сопровождающийся кавитационными явлениями. Здесь время деформирования заготовки t_d больше, чем характерное время нагружения θ . Движение заготовки происходит под действием импульса давления, приложенного на начальных стадиях деформирования. Далее заготовка движется по инерции, давление прямой ударной волны

Зависимость параметра \bar{P}_d от относительного диаметра отверстий мембранного датчика

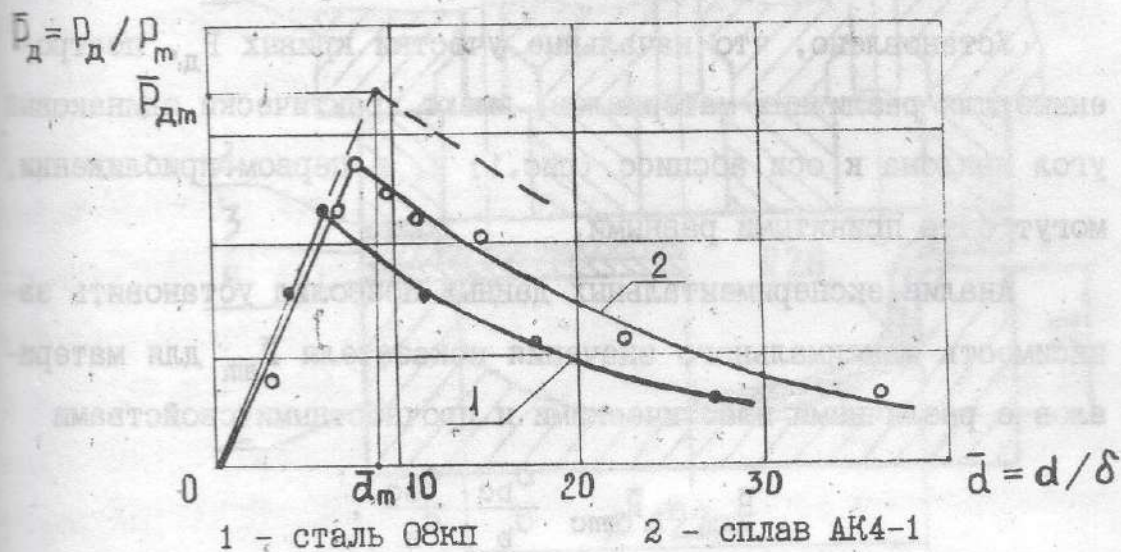


Рис.1

не "сопровождает" ее в течение всего времени деформирования. Максимальная деформация заготовки (показатель \bar{P}_d) определяется для таких условий нагружения, помимо конструктивно-прочностных свойств заготовки, ее инерционностью, или способностью воспринять импульс давления и, накопив таким образом кинетическую энергию, далее двигаться по инерции.

Участки кривых слева от максимумов описывают практически линейную зависимость параметра \bar{P}_d от относительного диаметра \bar{d} . Очевидно, здесь реализуются условия квазистатического нагружения: время деформирования заготовки t_d меньше характерного времени действия импульса давления θ . Поэтому, на данном участке кривой величина деформации (прогиба) заготовки определяется величиной пикового давления и не зависит от формы нагружающего импульса в технологических диапазонах электрических параметров разрядных контуров. Из этого следует, что карты полей давления, полученные с помощью многоместных мембранных датчиков [2], отражают действительное распределение максимального давления на преграде и могут

быть использованы для расчета режимов нагружения малых элементов большой кривизны.

Установлено, что начальные участки кривых \bar{P}_d , построенные для различных материалов, имеют практически одинаковый угол наклона к оси абсцисс (рис.1) и, в первом приближении, могут быть принятыми равными.

Анализ экспериментальных данных позволил установить зависимость максимального значения показателя $\bar{P}_{дм}$ для материалов с различными пластическими и прочностными свойствами

$$\bar{P}_{дм} = \bar{P}_{дмс} \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_b} \frac{\sigma_{sc}}{\sigma_s},$$

где $\bar{P}_{дмс}$ - максимальное значение показателя для заготовки из стали 08кп;

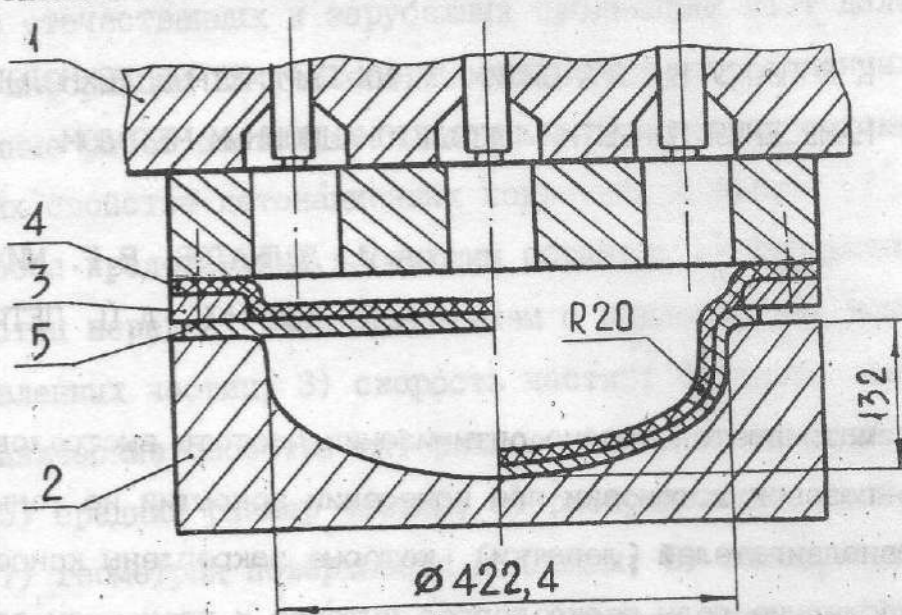
σ_{bc} и σ_{sc} - предел прочности и предел текучести стали 08кп;

σ_b и σ_s - предел прочности и предел текучести штампуемого материала.

Таким образом, восприимчивость заготовки к заданной форме импульса для малых времен деформирования в основном определяется конструктивно-прочностными свойствами данного элемента заготовки.

Результаты исследования были апробированы для расчета параметров нагружения при электрогидравлической штамповке ряда авиационных и автомобильных листовых деталей. Например, для детали "днище пневмоаккумулятора" самолета Ан-124 "Руслан" штамповка выполнялась за два перехода из материала АМ-2М (Рис.2). В исходном положении заготовка обладает малой жесткостью $\bar{d} = 350$. Поэтому, на первом переходе, для инерционного механизма деформирования, были назначены "мягкие" режимы нагружения, при которых обеспечивается высокий к.п.д.

Схема штамповки детали "дно пневмоаккумулятора".



1 - разрядный блок; 2 - матрица; 3 - прижимная плита; 4 - диафрагма; 5 - заготовка

Рис.2

преобразования электрической энергии в энергию деформирования заготовки малой жесткости. В начале второго перехода в месте расположения локального элемента R20 заготовка имеет относительно высокую жесткость $\bar{d} = 7,5$. Рассчитанный параметр $\bar{P}_{дп}$, равный 0,75, и соответствующая ему величина $\bar{d}_m = 24$ ограничивают область действия квазистатического механизма нагружения. Соответственно этому были назначены "жесткие" режимы нагружения, обеспечивающие высокую амплитуду давления и высокий к.п.д. преобразования энергии.

Список литературы.

1. Кривицкий Е.В., Шамко В.В. Переходные процессы при высоковольтном разряде в воде. Киев: Наук. думка, 1979. - 208 с.
2. Нагружение заготовок многоэлектродными разрядными блоками при ЭГШ. Ю.И.Чебанов, М.К.Князев, М.А.Голованова. В кн.: Авиационно-космическая техника и технология. Харьков, ХАИ, 1995. - 160-164.