

УДК 621.7.044

О.В. МАНАНКОВ¹, Я.С. ЖОВНОВАТЮК¹, А.Ю. МАСЛОВ²¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина²ДНВП «Объединение Коммунар», Харьков, Украина

ВЛИЯНИЕ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ НА ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при штамповке глубоких листовых деталей с локальными элементами большой кривизны, и представлены пути обеспечения изготовления качественных деталей. Выполнен анализ способов базирования заготовок при электрогидравлической штамповке. Проведен теоретический расчет влияния точности исходной заготовки и геометрических параметров призматических базирующих элементов на точность готовой детали. Осуществлено экспериментальное исследование влияния точности базирования заготовки на качество изготовления детали. Даны практические рекомендации по проектированию технологической оснастки и заготовок при глубокой штамповке-вытяжке способом электрогидравлической штамповки.

Ключевые слова: вытяжка, базирование, погрешность, призмы, размер фланца.

Введение

Изготовление глубоких деталей с локальными элементами большой кривизны способом электрогидравлической штамповки (ЭГШ) представляет собой непростую технологическую задачу, связанную, прежде всего, с необходимостью обеспечения достаточного запаса пластичности материала перед этапом формообразования мелких локальных элементов геометрии детали. Поэтому большое значение приобретает первый этап формообразования – глубокая штамповка-вытяжка. При этом нужно, за счет правильного проектирования заготовки, применения различных технологических приемов и правильного расположения заготовки относительно проема матрицы, исключить возможные дефекты штамповки, приводящие к появлению брака, как-то потеря устойчивости заготовки, ее разрыв и т.д.

В работе [1] приведены способы получения качественных деталей при глубокой штамповке-вытяжке, а также способы, предотвращающие потерю устойчивости заготовки.

Как было сказано ранее, большую роль при вытяжке деталей способом ЭГШ играет правильное базирование заготовок, что особенно важно в случае изготовления деталей со сложным профилем в плане. Существует несколько способов базирования заготовок при традиционных методах штамповки [2 – 4]: линейные направляющие для полосовых заготовок, уступы, специальные расточки в матрице, направляющие штифты и т.д. При ЭГШ также применяются эти способы [5], однако в данном случае не рекомендуется применение трафаретов из тонко-

листового материала, особенно при штамповке деталей некруглой формы, поскольку под воздействием импульсного давления жидкости, проникающей в зазор между прижимом и заготовкой при разряде, трафареты деформируются и быстро выходят из строя.

Большинство деталей, изготавливаемых способом ЭГШ, представляют собой либо тела вращения, либо имеют осевую симметрию, следовательно, и заготовки для данного типа деталей имеют соответствующую конфигурацию. Поэтому оптимальным способом базирования заготовок в этом случае является использование призматических установочных элементов.

1. Оценка влияния точности расположения исходной заготовки на точность конечной детали

При установке заготовки по призматическим установочным элементам возможны погрешности в виде смещения по оси x , по оси y и угловая погрешность φ . Линейные погрешности определяют для крайних положений по осям для минимально допустимых размеров заготовки (рис. 1, а). Угловую погрешность определяют как разность двух предельных угловых положений заготовки минимально допустимых размеров (рис. 1, б).

Величина погрешностей базирования зависит от допуска на размеры вырезаемой заготовки TD и углового размера призм α . В технологии машиностроения используются призмы со стандартным угловым размером α : 60° , 90° и 120° .

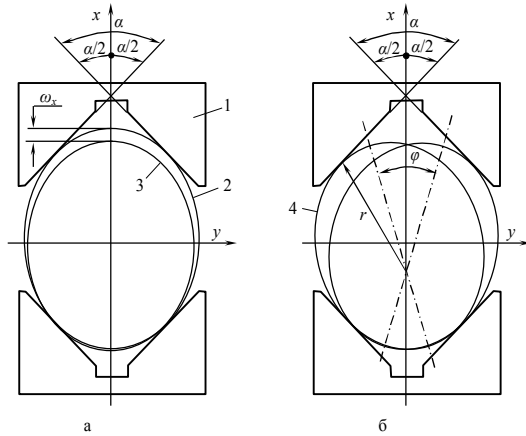


Рис. 1. Схемы для расчета линейных (а) и угловых (б) погрешностей базирования:
1 – призма; 2 – максимальный размер заготовки;
3 – минимальный размер заготовки;
4 – заготовка минимальных размеров в крайнем угловом положении

Для получения максимальной точности установки заготовки необходимо определить оптимальный угол призмы, обеспечивающий минимальные погрешности.

Линейную погрешность по оси x рассчитаем по формуле [6]:

$$\omega_x = \frac{T_D}{2} \left[\frac{1}{\sin(\alpha/2)} + 1 \right].$$

Линейную погрешность по оси y рассчитаем по аналогичной формуле:

$$\omega_y = \frac{T_D}{2} \left[\frac{1}{\cos(\alpha/2)} + 1 \right].$$

Угловая погрешность φ определяется величиной максимального зазора между заготовкой минимальных размеров и расстоянием r до точек контакта с призмами. Примерно ее можно рассчитать по формуле

$$\varphi = \arctg \left(\frac{\omega_y}{r} \right).$$

Результаты вычислений сведены в табл. 1 для двух характерных величин допуска на вырезание заготовки.

Допуск на размеры заготовки T_D определили из условий ее изготовления. Вырезку заготовки при отладке процесса штамповки выполняют ручными ножницами по разметке. Отклонение от линии разметки в первом случае составило ± 1 мм, допуск на размеры заготовки соответственно $T_D = 4$ мм. Во втором случае допуск на вырезку ужесточили: отклонение от линии разметки $\pm 0,5$ мм, допуск $T_D = 2$ мм.

Результаты расчетов показали, что в среднем

наименьшую погрешность базирования обеспечат призмы с углом 90° .

Таблица 1
Погрешности базирования заготовки криволинейного контура для различных углов призм и допусков на размеры заготовки

| Допуск на размеры заготовки T_D , мм | Угол призмы α , град. | Погрешность по оси x ω_x , мм | Погрешность по оси y ω_y , мм | Угловая погрешность φ , град. |
|--|------------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 4,0 | 60 | 6,00 | 4,31 | 1,70 |
| 4,0 | 90 | 4,83 | 4,83 | 1,91 |
| 4,0 | 120 | 4,31 | 6,00 | 2,37 |
| 2,0 | 60 | 3,00 | 2,15 | 0,85 |
| 2,0 | 90 | 2,41 | 2,41 | 0,95 |
| 2,0 | 120 | 2,16 | 3,00 | 1,18 |

Устройство с двумя призмами с угловым размером, равным 90° , было изготовлено в соответствии с конструктивной схемой (рис. 2).

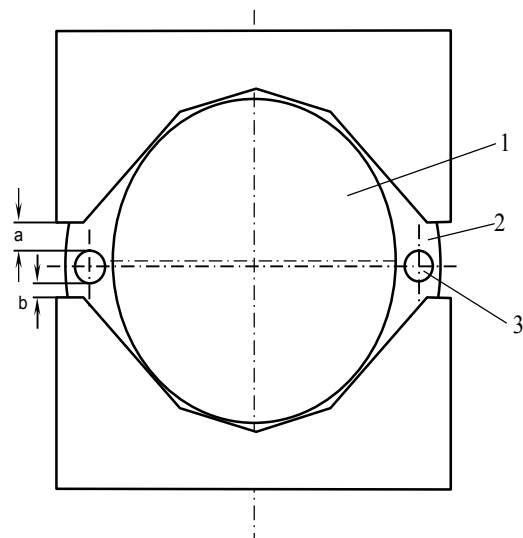


Рис. 2. Схема базирования заготовки
1 – заготовка, 2 – матрица, 3 – центральный штифт

2. Результаты экспериментов, анализ и сравнение с расчетными данными

Исследования электрогидравлической штамповки листовой детали сложного профиля выполняли на экспериментальной установке УЭГШ-2, при этом использовали ее энергетический агрегат и технологический блок № 2.

Разряды осуществляли с помощью энергетического блока установки УЭГШ-2 при емкости разрядного контура 33,2 мкФ. Энергию разряда регу-

лировали напряжением заряда конденсаторной батареи.

Эксперименты проводились при различных зарядных напряжениях от 10 кВ до 25 кВ. При этом, кроме зарядного напряжения, заготовка вырезалась с различным допуском.

Параметры положения призмы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры базирования призм
вдоль большой оси в плане профиля матрицы

| Величина | Размер, мм | | | | |
|----------|------------|----|----|------|------|
| a | 20,5 | 21 | 19 | 21,5 | 20,5 |
| b | 23 | 19 | 21 | 20,5 | 21,5 |

Деталь, «отражатель светильника», представляет собой чашу овальной формы сравнительно большой относительной глубины 0,54 из алюминия АД1М толщиной 1,0 мм. Деталь имеет локальные элементы: в задней части – коробчатый элемент, а на купольной части – продольные рифты с малыми радиусами: внешние – 2 мм; внутренние – 1 мм.

На образце выполнили измерения ширины фланцев и глубины вытяжки с четырех сторон. Глубину вытяжки определяли по отпечаткам на поверхности образца, которые появляются при движении листового материала по поверхности матрицы. Глубина вытяжки – это расстояние от фланца до первого отпечатка, оставленного перетяжным радиусом матрицы.

В соответствии с требованиями чертежа детали для штампованных полуфабрикатов минимальная ширина фланцев спереди, слева и справа составляет 25 мм, сзади – 30 мм.

На первом этапе устанавливали призматические элементы по максимальным размерам заготовки при допуске $TD = 4$ мм.

После этого заготовку вырезали с минимальными размерами в соответствии с допуском $TD = 2$ мм. При установке заготовку сместили в крайнее положение по оси x с упором в одну из призм для оценки влияния смещения в пределах допуска.

Результаты опытов показали, что уменьшение фланца исходной заготовки спереди на 4,83 мм за счет смещения заготовки относительно полости матрицы и увеличение задней части фланца на небольшую величину привело к существенной неравномерности вытяжки фланцев.

Таким образом, величина допуска $TD = 4$ мм и соответствующего смещения заготовки являются недопустимыми из условия обеспечения заданной геометрии детали. При ЭГШ нет жесткой фиксации заготовки в процессе вытяжки, так как на заготовку передается усилие не жестким пуансоном (который имеет жесткие направляющие), а жидким – водой.

Поэтому даже небольшое различие в ширине противоположных фланцев вызывает большую подачу меньшего фланца и, как результат, его недостаточную величину для окончательной детали.

Кроме того, увеличенные задний и правый фланцы вызвали избыточное утонение и, как следствие, разрыв заготовки и образование шейки по рифтам (рис. 3).

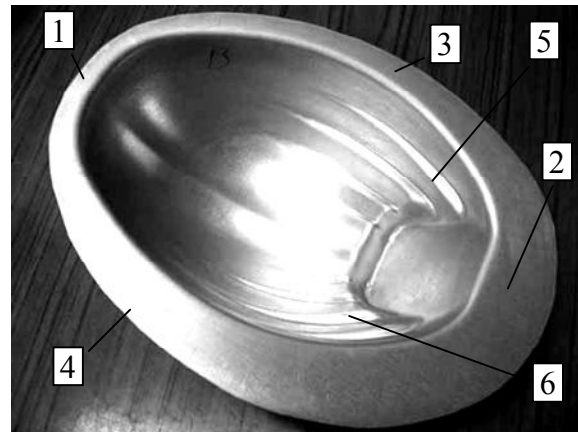


Рис. 3. Образец № 13 со смещением исходной заготовки к задней призме:

1 – передний фланец; 2 – задний фланец; 3 – левый фланец; 4 – правый фланец; 5 – шейкообразование; 6 – разрыв заготовки вдоль рифта

Поэтому для последующих опытов точность изготовления исходной заготовки повысили до $TD = 2$ мм за счет повышения точности вырезки.

Проведенные эксперименты подтвердили правильность назначенного допуска

Всего было проведено 124 эксперимента при различных параметрах базирования призм. Как показал анализ полученных результатов, базирование призмы при $a = 20,5$ мм и $b = 21,5$ мм дает наименьший брак.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования разработаны рекомендации по проектированию технологической оснастки для ЭГШ глубоких листовых деталей с локальными элементами большой кривизны.

Для выбранного устройства с двумя призмами выполнена теоретическая оценка точности установки листовых заготовок для двух вариантов точности изготовления исходной заготовки (с допуском 4 и 2 мм).

Результаты экспериментов, выполненных с разработанным призматическим устройством, позволили определить приемлемый уровень точности вырезания исходных заготовок для обеспечения заданного качества конечных изделий. Рекомендовано

применение призматических базирующих устройств с элементами переналадки.

Литература

1. Методы устранения потери устойчивости заготовки при штамповке-вытяжке деталей из плоских заготовок при импульсном нагружении / О.В. Мананков // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2005. – № 6 (22). – С. 10-15.

2. Малов А.Н. *Технология холодной штамповки: монография* / А.Н. Малов. – М.: Машиностроение, 1969. – 568 с.

3. Романовский В.П. *Справочник по холодной штамповке* / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1971. – 782 с.

4. Колкер Я.Д. *Базирование и базы в машиностроении: учебн. пособие* / Я.Д. Колкер, О.Н. Руднев. – К.: Выща шк., 1991. – 100 с.

5. Мазуровский Б.Я. *Электрогидравлический эффект в листовой штамповке* / Б.Я. Мазуровский, А.Н. Сизёв. – К.: Наук. думка, 1983. – 192 с.

6. Шманев В.А. *Приспособления для производства двигателей летательных аппаратов* / В.А. Шманев, А.П. Шулепов, Л.А. Анипченко. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.

Поступила в редакцию 29.05.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ВПЛИВ БАЗУВАННЯ ЗАГОТІВКИ НА ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБОМ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО ШТАМПУВАННЯ

О.В. Мананков, Я.С. Жовноватюк, О.Ю. Маслов

Розглянуті основні проблеми, що виникають при штампуванні глибоких листових деталей із локальними елементами великої кривизни та представлені шляхи забезпечення виготовлення якісних деталей. Виконано аналіз способів базування заготовок при електрогидравлічному штампуванні. Проведено теоретичний розрахунок впливу точності вихідної заготовки та геометричних параметрів призматичних базуючих елементів на точність готової деталі. Здійснено експериментальне дослідження впливу точності базування заготовки на якість виготовлення деталей. Дані практичні рекомендації із проектування технологічного оснащення та заготовок при глибокому штампуванні-витягуванні способом електрогидравлічного штампування.

Ключові слова: витягування, базування, похибка, призми, розмір фланцю.

BLANK LOCATION INFLUENCE ON PARTS MANUFACTURING PROCESS BY ELECTROHYDROULIC FORMING

O. V. Manankov, Ya. S. Zhovnovatyuk, A. Yu. Maslov

General problems that appear at forming of deep sheet parts with high curvature local elements were considered. Ways that supports manufacturing of qualitative parts were introduced. Analysis of blank location of initiative blank accuracy and geometrical parameters of prismatic positioning elements on part accuracy are carried out. Experimental research of influence of blank positioning accuracy on part manufacturing quality was realized. Practical recommendations on technological equipment and blank design at deep drawing at electrohydraulic forming are given.

Key words: drawing, positioning, error, prisms, flange size.

Мананков Олег Владимирович – научный сотрудник кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков, Украина, e-mail: olegmanankov@ukr.net.

Жовноватюк Ярослав Сергеевич – научный сотрудник кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков, Украина, e-mail: yaroslavzhovnovatyuk@yandex.ru.

Маслов Алексей Юрьевич – главный диспетчер ДНВП «Объединение Коммунар», Харьков, Украина, e-mail: otd31@tvset.com.ua.