

УДК 621.7.044

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЛОКАЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ЛИСТОВОЙ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКЕ

*И.В. Сапрыкин**Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Сформулированы цели и поставлены задачи исследования по совершенствованию электрогидравлической листовой штамповки с применением последовательного локального нагружения как средства сокращения ресурсопотребления за счет согласования располагаемого поля нагружения с потребным.

* * *

Сформульовано цілі та поставлено задачі дослідження з удосконалювання електрогідравлічного листового штампування із застосуванням послідовного локального навантаження як засобу скорочення ресурсовикористання за рахунок узгодження наявного поля навантаження з потрібним.

* * *

The purposes are formulated and research problems on perfection of electrohydraulic sheet punching with application consecutive local stressing – as means of reduction of a resources consumption are put due to the coordination of an available field stressing with required.

Современный этап развития промышленности характеризуется расширением номенклатуры листовых деталей, усложнением их форм, ростом габаритных размеров, применением новых материалов со специальными свойствами, быстрой сменяемостью продукции и ростом требований к ее качеству.

В машинах, летательных аппаратах и приборах доля деталей, получаемых методами листовой штамповки, постоянно увеличивается и достигает 70...90%. Детали из листовых материалов обычно группируют в зависимости от поставленных задач классификации по общности конструктивно-геометрических, технологических и конструктивно-технологических признаков, точностных требований, физико-химических и технологических свойств применяемых материалов и др. [1,2].

Целью данной работы является анализ существующих методов листовой штамповки, выбор рационального направления получения деталей, характеризуемых наличием локальных зон с большими коэффициентами вытяжки с максимальным использованием пластических свойств материала, формулировка задач для дальнейших исследований.

Классификация деталей по конструктивно-геометрическим признакам позволяет наиболее полно определить технологические задачи совершенствования

существующих и разработки принципиально новых способов изготовления деталей из листовых материалов. В качестве примера рассмотрим классификацию деталей типа днищ по конструктивно-геометрическим признакам.

Исходя из допущения, что любая листоштампованная деталь может быть представлена одним из двух элементов типа "стенка" или "борт" или их сочетанием, была получена принципиальная структурная схема классификации деталей типа днищ [2].

По конструктивно-технологическим признакам днища могут быть классифицированы следующим образом:

1. По габаритным размерам: мало-, средне- и крупногабаритные.
2. По относительной толщине стенки $(\delta_0/D_d) \cdot 100$:
 особо толстостенные $(\delta_0/D_d) \cdot 100 > 10$,
 толстостенные $(\delta_0/D_d) \cdot 100 = (10 \dots 5)$,
 среднестенные $(\delta_0/D_d) \cdot 100 = (5 \dots 1,5)$,
 тонкостенные $(\delta_0/D_d) \cdot 100 = (1,5 \dots 0,15)$,
 особо тонкостенные $(\delta_0/D_d) \cdot 100 < 0,15$.
3. По варианту исполнения: цельноштампованные и штампосварные.
4. По точностным параметрам: особоточные, повышенной точности, нормальной точности, пониженной точности.

Наиболее распространенными среди существующих традиционных способов изготовления таких деталей являются: формовка, вытяжка, местная вытяжка, обжим, обтяжка, ротационная обработка давлением. Основные недостатки изготовления данными способами деталей типа днищ – высокая стоимость прессового оборудования и оснастки (наличие двух жестких формообразующих элементов: "пуансон" и "матрица"), невысокое качество получаемых деталей, разнотолщинность, значительная упругая отдача штампуемого материала.

В целях сокращения затрат на производство продукции основные требования к промышленности сформулированы следующим образом: снижение энерго- и ресурсопотребления, сокращение времени технологической подготовки производства (ТПП), экологическая чистота и улучшение условий труда. Это и послужило толчком к поиску возможностей исключения применения дорогостоящих крупных тяжелых прессов и сложных штампов, деформирования малопластичных металлов и сплавов, получения деталей с высокой точностью размеров.

В соответствии с данными потребностями были разработаны способы листовой штамповки, основанные на использовании только одного из пары жестких инструментов. Роль второго инструмента в этом случае выполняют эластичная, газовая, жидкая среды или электромагнитное поле. Особые возможности этих методов раскрываются при использовании импульсных источников энергии, бризантных взрывчатых веществ (БВВ), сжатого газа и горючих газовых смесей, высоковольтного подводного электрического разряда и импульсного магнитного поля. Эти методы обработки получили название высокоэнергетических, импульсных или высокоскоростных. При этом имеются в виду большие мощности, развиваемые источником энергии, кратковременный характер приложения нагрузки к деформируемой заготовке и высокие скорости ее деформирования.

Основными преимуществами импульсных мето-

дов листовой штамповки по сравнению с традиционными методами являются: исключение применения дорогостоящих крупных тяжелых прессов и сложных штампов, возможность деформирования малопластичных металлов и сплавов, получение деталей с высокой точностью размеров вследствие уменьшения упругой отдачи и др.

Следует, однако, заметить, что импульсные методы штамповки во многом не заменяют традиционные процессы обработки давлением, а расширяют технологические возможности листовой штамповки и других процессов за счет ряда преимуществ и, в целом, позволяют сократить себестоимость деталей.

В самом общем виде рекомендации по выбору схемы штамповки можно свести к следующим:

1. Детали коробчатой формы штампуются по схемам в "матрицу" и "на обжим" в зависимости от соотношения размеров и материалов.

2. Днища, к которым не предъявляют особых требований по уточнениям, из пластичных материалов штампуются в матрицу с перемещением фланца.

3. Окантовки и фланцы штампуются в несколько проходов. При этом калибровкой проводят вырезку дна.

4. Жесткости и рифты штампуются по двум схемам и в несколько проходов, чаще по одной матрице с использованием разных технологических приемов.

5. Полупатрубки рекомендуется штамповать по схеме в матрицу с последовательным подрезанием днища по переходам.

При импульсной штамповке энергия, подводимая передающей средой, воспринимается провисающими под матрицей участками заготовки. При этом для повышения КПД необходимо стремиться к тому, чтобы площади заготовки, в исходном положении опирающиеся на матрицу, были как можно меньше. С другой стороны, формообразование радиусов сопряжения, выполняемых по схеме обтяжки, значительно проще. Если площадь участков детали с местными локальными элементами превышает площадь

плоских или криволинейных участков, штамповку целесообразно осуществлять на обжим, и наоборот.

В связи с этим на стадии проектирования технологического процесса необходимо разрабатывать мероприятия по рациональному использованию пластических свойств материала в целях предупреждения преждевременного истощения ресурса пластичности и изыскания путей получения деталей без утонения стенки или с утонением, но равнотолщинных по всей длине образующей.

Многочисленные работы В.К. Борисевича, М.Е. Тараненко [3,4] и других авторов значительно расширили познания в области импульсного нагружения и определили пути, по которым шло и в ближайшее время пойдет развитие импульсной штамповки.

Одним из вопросов дальнейшего совершенствования импульсных технологий является разработка процессов с оптимальным использованием пластических свойств материала.

В настоящее время основная масса теоретических и экспериментальных исследований по вытяжке различного типа деталей направлена на расширение технологических возможностей штамповки. В этом направлении перспективной является разработка технологических процессов с целенаправленным управлением напряженно-деформированного состояния материала заготовки в процессе импульсного нагружения.

Такие процессы позволяют более рационально использовать пластические свойства материала, в результате чего улучшаются эксплуатационные и прочностные свойства деталей, повышается ресурс изделия в целом.

Одну из групп исследований в этом направлении составляют такие способы, как уменьшение сопротивления деформированию фланца путем его оптимального нагрева, местное охлаждение центральной части заготовки и др. Но эти способы чрезвычайно трудно реализовать в условиях импульсного нагружения. Другую группу мероприятий, направленных на уменьше-

ние разнотолщинности, составляют способы управления напряженно-деформированным состоянием материала в процессе высокоскоростного нагружения.

По методике, предложенной в работах В.К. Борисевича, М.Е. Тараненко [3], с помощью оптимального выбора массы заряда или системы зарядов и их расположения можно добиться наилучшего соответствия потребных энергетических параметров располагаемым. Потребным энергетическим параметром является энергия, которую необходимо подвести к заготовке для получения детали соответствующей конфигурации. Под располагаемым энергетическим параметром понимают энергию, которая подводится в действительности к заготовке в результате взрыва заряда или системы зарядов. Рассчитав, в каком месте и какой величины необходимо приложить потребную импульсную нагрузку, и обеспечив соответствие располагаемого поля нагружения потребному, можно получить деталь заданной формы с заданным полем распределения деформаций.

Таким образом, очевидно, что при импульсной штамповке листовых крупногабаритных деталей действующую нагрузку необходимо прикладывать непосредственно в тех зонах, в которых происходит пластическая деформация. Так, например, при штамповке деталей с плоским дном импульсную нагрузку надо прикладывать в местах сочленения элементов типа «стенка» и «борт», оставляя плоское дно ненагруженным.

Проблемным вопросом является недостаточность теоретических и экспериментальных исследований в этих направлениях, в силу чего технологические процессы, реализующие эти способы, не нашли должного места в практике листоштамповочного производства, поскольку обработка таких технологических процессов импульсной штамповки до сих пор сопряжена с большими материальными и временными затратами. Большое количество деталей идет в брак вследствие преждевременного локального истощения пластических свойств мате-

риала, и поэтому без разработки и внедрения специальных мероприятий трудно добиться заметного прогресса в технологии импульсной штамповки.

Наиболее применимым методом для реализации такого подхода к получению потребного поля нагружения является электрогидравлическая штамповка, которая позволяет проводить многоимпульсную последовательную локальную обработку.

Отсутствие метода расчета последовательного локального импульсного нагружения листовых заготовок позволяет сформулировать цели дальнейших исследований следующим образом – разработка технологических процессов листовой электрогидравлической штамповки методом последовательного локального нагружения. Исследования и выбор рациональных параметров, определяющих силовые режимы электрогидравлической штамповки, предлагается осуществить методами математического моделирования нагружения и формообразования листовой детали.

При разработке технологического процесса формообразований заготовки под действием последовательных локальных импульсных нагрузок, получаемых электрогидравлической штамповкой, необходимо учитывать специфические особенности этого процесса, состоящие в следующем:

- волновой характер передачи энергии и распространении напряжений и деформаций в заготовке;
- высокая скорость деформирования заготовки, составляющая 50...100 м/с, что во много раз превышает скорость пластического течения на обычных прессах;
- действие инерционных сил заготовки;
- изменение физико-механических свойств материала заготовки в процессе нагружения и передающей среды – воды;
- взаимное влияние друг на друга серии последовательных локальных нагружений.

Необходимо учитывать также значительное влияние на процесс деформации и передачи энергии при ЭГШ таких характеристик заготовки, как плотность материала, толщины и формы заготовки.

В результате исследований должны быть получены рекомендации по определению следующих технологических параметров, определяющих силовые режимы электрогидравлической штамповки последовательными локальными нагружениями:

- запасаемая энергия ГИТ $E_{зап}$, кДж;
- напряжение U , кВ;
- емкость батареи конденсаторов C , мкФ;
- место приложения импульса нагрузки;
- момент приложения импульсной нагрузки;
- расстояние от канала разряда до заготовки r , мм;
- усилие прижима $P_{пр}$, кН (тс).

Заключение

Приведенный анализ указывает на существующую необходимость и перспективность дальнейшего развития метода последовательного локального нагружения, как метода управления процессом нагружения при электрогидравлической штамповке, что позволит существенно снизить энерго- и ресурсопотребление, улучшить качество получаемых изделий за счет оптимального использования пластических свойств материала.

Литература

1. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1969. – 567 с.
2. Мельников Э.Л. Холодная штамповка днищ. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
3. Тараненко М.Е. Интенсификация процесса ЭГ-штамповки листовых коробчатых деталей// Кузнечно-штамповочное производство. 2001. №9. С.10-23.
4. Тараненко М.Е. Влияние управления полем нагружения на расширение технологических возможностей ЭГ-штамповки// Обработка металлов давлением: Вестник Харьк. гос. политехнич. ун-та. Харьков, 1999. Вып. 76. С.23-27.

Поступила в редакцию 25.03.03

Рецензенты: д-р техн. наук, ст. научн. сотрудник Бетин А.В., НИИ ПФМ, г. Харьков; д-р техн. наук, профессор, Тараненко М.Е., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", г. Харьков.