

УДК 621.7.044

Е.В. ХАРЛАМОВА, В.М. ШМАНДИЙ, В.В. ДРАГОБЕЦКИЙ*Кременчугский государственный политехнический университет
им. М. Остроградского, Украина***ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Обобщены проблемы и задачи, которые необходимо решить для совершенствования сферы производства листовых деталей двигателей летательных аппаратов с соблюдением условий экологической безопасности. Описано состояние работ по листовой штамповке деталей двигателей летательных аппаратов. Определены технологические направления при получении деталей двигателей. Разработаны технологические процессы для двух классов деталей – оболочки двойной кривизны и желоба. Приводятся примеры практического использования результатов. Элементами экологической безопасности является снижение уровня шумового и пылевого загрязнения атмосферного воздуха, а также уменьшение объемов сбросов загрязненных жидкостей.

Ключевые слова: авиационные двигатели, детали, технологические процессы, высокие технологии, экологическая безопасность, экологическая опасность.

Введение

Новейшие, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии – это технический потенциал и национальное богатство любой страны. В настоящее время в Украине и многих странах постсоциалистического пространства нет современного кузнечно-прессового оборудования, которое могло бы обеспечить выпуск качественной продукции для производства изделий наземного транспорта, аэрокосмического комплекса, общего машиностроения, судостроения и т.д. Многие предприятия не имеют средств на покупку нужных (по рабочим усилиям, по величине постели и рабочего хода) современных прессов. Существующие производства способствуют загрязнению окружающей среды.

Выход – в использовании технологий и оборудования, которые обеспечивают высокое качество получаемых изделий, низкие энергозатраты и экологическую чистоту процесса. Особенно остро проблема снижения деформирующих усилий стоит в листоштамповочном производстве крупногабаритных деталей, деталей имеющих сложную геометрическую форму и изготавливаемых из титановых и высокопрочных сталей. При производстве деталей двигателей летательных аппаратов важное значение имеют наименее энергозатратные и экологически чистые процессы формоизменения.

Одним из прогрессивных методов, позволяющим решить задачи снижения металлоемкости оборудования, энергозатрат и экологической безопасности, являются методы импульсной листовой

штамповки. Штамповка взрывом приоритетна перед другими методами листовой штамповки, такими как выкатка на оправке с нагревом и изготовление элементов расчлененной детали на прессах с последующей сваркой. В настоящее время освоено производство несколько сотен наименований листовых деталей для всех типов и модификаций авиационных двигателей [1, 2]. Однако многие предприятия отказываются от внедрения импульсных технологий. При этом оборудование дешевле традиционного в десятки раз и колоссальная экономия ресурсов. Организация взрывной обработки, связана с решением многих бюрократических препятствий, не всегда экологически безопасна и пугает многих руководителей предприятий.

В настоящее время появился целый ряд процессов обработки металлов давлением, у которых происходит самопроизвольное формоизменение заготовки при незначительном силовом воздействии или без него. Поэтому возникла необходимость в классификации этих процессов, в дальнейшем их совершенствовании.

Цель исследования – анализ, совершенствование и разработка новых процессов самопроизвольного формоизменения при обработке давлением листовых заготовок.

Материалы исследования

Для снижения деформирующих усилий, энергоемкости и повышения экологичности можно ре-

комендовать к использованию следующие устройства, способы, технические приемы, физические процессы:

1. Использование резонансных явлений, возникающих при формоизменении заготовки.
2. Формоизменение заготовки при возникновении локализации деформаций при растяжении и сжатии.
3. Концентрация и накопление энергии в импульсно-деформируемой заготовке.
4. Использование эффекта откола при импульсном формоизменении заготовки.
5. Учет внутренних напряжений, которые возникли в деформируемой заготовке в технологических операциях, предшествующих формоизменяющим операциям (технологическая наследственность), для снижения деформирующих усилий в формоизменяющих и разделительных операциях листовой штамповки.
6. Использование реактивных составляющих деформирующих усилий для интенсификации процесса формоизменения.
7. Использование обратного хода пресса и его упругой разгрузки для выполнения технологических операций и операций, интенсифицирующих процесс формоизменения.
8. Разработка устройств для штамповки листовых заготовок кристаллизующейся жидкостью, «разбухающими» металлами и использование процесса эпитаксии для создания высоких давлений.
9. Использование эффектов электро- и сверхпластичности.
10. Использование локального нагружения для формоизменения.

Вкратце остановимся на некоторых из указанных мероприятий.

Резонансные явления возникают в деформируемой заготовке, как при вибрационной обработке, так и при импульсной штамповке и при самовозбуждении колебаний в заготовке специально изготовленным инструментом в условиях статического нагружения. Прерывистый характер деформирования при вибрировании инструмента или обрабатываемой заготовки приводит к ряду положительных эффектов, таких как уменьшение сил контактного трения, снижению сопротивления деформации, эффективного снижения деформирующей силы и работы деформации. Особенно это проявляется в условиях резонанса. Последний возникает в условиях вибропластического эффекта (при совпадении частот нагружения инструмента с частотой колебания дислокаций), при автоколебаниях (частота нагружения соответствует частоте собственных колебаний заготовки) и при упорядоченном нагружении. По мнению авторов наиболее эффективно возбуждать ав-

токолебание в заготовке специально изготовленным деформирующим инструментом [3] без дополнительных механических, электрических, гидравлических и др. вибровозбудителей. Это экономично и обеспечивает экологическую безопасность.

При импульсном формоизменении существует целый арсенал средств, которые позволяют накапливать энергию в деформируемой заготовке. Это – кумулятивные полости, газонасыщенные накладки, присоединенные массы и т.п. Интересна схема многократного нагружения металлов отраженными ударными волнами. В этом случае формоизменяемая заготовка должна иметь акустическую плотность меньше, чем обкладки между которыми находится заготовка. Тогда ударная волна, возникающая при импульсном нагружении, частично отражается от нижней в виде вторичной сжимающей волны. При достаточной продолжительности импульсной нагрузки происходит многократное отражение ударной волны между верхней и нижней обкладками. Если в нижней обкладке выполнить концентратор по контуру формоизменения, то в определенный момент произойдет разрушение по контуру концентратора нижней обкладки. Последняя отлетает, увлекая за собой деформируемую заготовку. Она с накопленной энергией интенсивно деформируется, превышая предельные деформации при вытяжке, отбортовке, обжиме, раздаче и др. Система работает подобно лазеру и позволяет накапливать энергию в обрабатываемой заготовке и увеличивать ее деформируемость при строго определенных соотношениях толщины акустических плотностей заготовки и обкладок.

Значительного снижения деформирующих усилий (в 3-4 раза) возможно при замене операций формовки гибкой. Так, при изготовлении деталей с гофрами предварительная подгибка полок и последующее их распрямление приводит к самопроизвольному оформлению поверхности гофра (рис. 1). Деформирующее усилие при этом снижается в четыре раза. При организации процесса описанным способом возможен переход от мощных гидравлических прессов к механическим кромкогибам, которые более экологичны и менее энергоемки.

Существует метод формообразования силфона из бесшовной трубы давлением изнутри с одновременным осевым сокращением оформляемой оболочки. Этот метод можно использовать для формоизменения плоских заготовок с рифтом. В этом случае матрица состоит из двух половин, установленных на опоре с роликами. Усилие формообразования зависит от ширины рифта. Для уменьшения этого усилия расстояние между перетяжными ребрами матрицы увеличивают. В начальной стадии формовки происходит без прижима до образования плоско-

го участка заготовки с матрицей. Затем плоские участки заготовки прижимаются к поверхности матрицы, силы трения возрастают и сдвигаются половины матрицы. При этом происходит и поперечное сжатие рифта. Ширина его уменьшается до требуемой, а высота увеличивается путем уменьшения его радиуса скругления, т.е. изгиба.

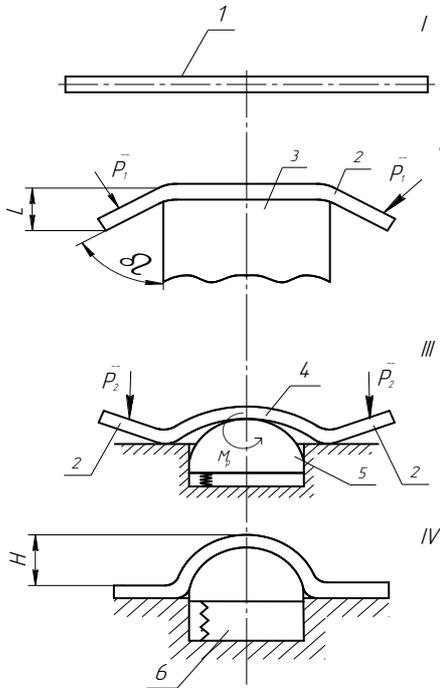


Рис. 1. Схема самопроизвольного формоизменения рифта:

P_1, P_2 – деформирующие усилия;

M_1 – реактивный момент;

1-4 – заготовка и ее элементы;

5-6 – подпружиненный пуансон;

I-IV – последовательность операций

Рассмотрим методы обработки давлением, в которых заготовка штампуется при изменении удельного объема жидкого и твердого тела на линии плавления. Для выполнения технологических операций листовой штамповки кристаллизующейся жидкостью необходимы холодильная установка, подогреватель, резервуар с жидкостью (вода, галлий, висмут), штамповая оснастка. Установки в зависимости от применения холодильников делят на два класса: первый – с естественным охлаждением; второй – с искусственным охлаждением. Установки первого класса практически не требуют затрат энергии на процесс формоизменения, но их работоспособность зависит от погодных условий. Производительность установок этого класса составляет 1-2 прессовки в смену. Снизить затраты на выполнение технологических операций формоизменения возможно путем использования кристаллогидратного способа получения холода или систем гидридно-

го охлаждения. Такие системы не только экономичны, экологически безопасны и обладают высокой надежностью (нет ни одной механически движущейся части). Такие системы работают непосредственно на солнечном тепле и не требуют дополнительных источников энергии.

Известны преимущества методов локального деформирования заготовок, в частности, сферодвижной штамповке, торцевой раскатки, профилирования и др. В этих процессах усилие деформирования снижается в 8-12 раз. Дальнейшим развитием метода локальной деформации может найти способ гибки вдавливанием жесткого инструмента в плоскую заготовку, находящуюся на жестком основании. При вдавливании пуансона происходит самопроизвольный изгиб заготовки.

Проведя последовательные надавливания пуансоном на заготовку, получаем деталь заданной формы. Разработан пуансон, совершающий поступательное и вращательное движение для получения детали типа «желоб» (рис. 2).

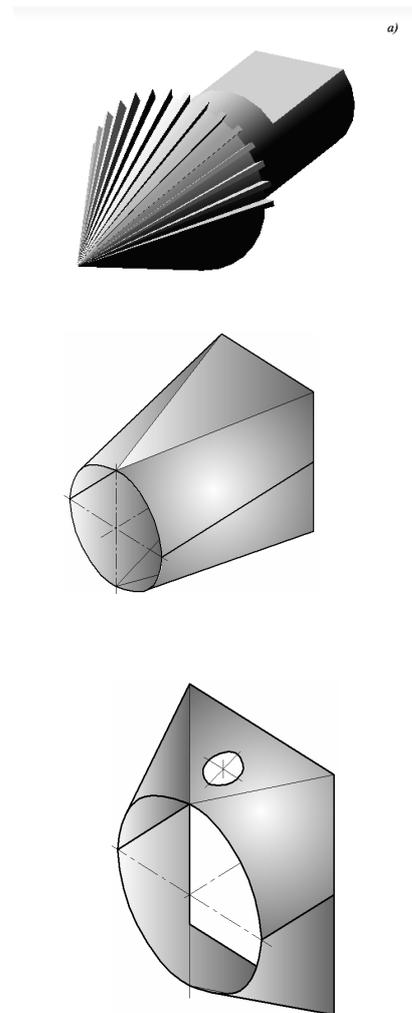


Рис. 2. Пуансон и детали, полученные вдавливанием жесткого инструмента в заготовку

Заключение

Таким образом, выявлены и систематизированы основные методы формообразования, направленные на снижение энергоемкости процесса и снижения деформирующих усилий.

Наиболее эффективно это достигается при штамповке кристаллизирующейся жидкостью при замене операций формовки гибкой с самопроизвольным формоизменением и гибкой вдавливанием жесткого инструмента.

Снижение энергоемкости листоштамповочного оборудования непосредственно связано с обеспечением экологической безопасности. Снижается шум, выбросы смазочных, охлаждающих и рабочих жидкостей и газов.

Литература

1. Кривцов В.С. Стан і перспективи застосування імпульсних джерел енергії для технологічних процесів обробки матеріалів / В.С. Кривцов, В.К. Борисевич // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2007. – № 11 (47). – С. 10-17.

2. Богуслав В.О. Штампування листових деталей вибухом на ВАТ «Мотор-Січ» / В.О. Богуслав, О.І. Гавриш, С.О. Стадник // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2007. – № 11 (47). – С. 192-195.

3. Драгобецький В.В., Совершенствование процессов вырубki-пробивки путем возбуждения автоколебаний в обрабатываемой заготовке / В.В. Драгобецький, О.Б. Марцинюк, О.В. Луговая // *Вісник КДПУ*. – Кременчук, 2005. – Вип. 5 (34). – С. 35-36.

Поступила в редакцию 28.04.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры БЖД А.М. Андрусенко, Кременчугский государственный политехнический университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина.

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТОНКОЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ЛЕТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

О.В. Харламова, В.М. Шмандій, В.В. Драгобецький

Узагальнені проблеми та задачі, які необхідно вирішити для удосконалення сфери виробництва листових деталей двигунів летальних апаратів з забезпеченням умов екологічної безпеки. Описано стан робіт з листового штампування деталей двигунів летальних апаратів. Визначені технологічні напрямки при отриманні деталей двигунів. Розроблені технологічні процеси для двох класів деталей – оболонки подвійної кривизни, жолоба. Приводяться приклади практичного використання результатів. Елементами екологічної безпеки є зниження рівня шумового та пилового забруднення, а також зменшення обсягів скидів забруднених рідин.

Ключові слова: авіаційні двигуни, деталі, технологічні процеси, високі технології, екологічна безпека, екологічна небезпека.

HIGH-EFFICIENT ECOLOGICALLY PURE TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF SHEET PARTS OF AIRCRAFT ENGINES

O.V. Kharlamova, V.M. Shmandiy, V.V. Dragobetsky

Further problems and tasks, which must be solved for perfection for sphere of production of sheet parts of aircrafts engines. A general way of the state development of sheet metal working of the parts of the aircraft engines are described. The basic technological directions of the production of the sheet parts of the aircraft engines are defined. Model technological processes for two classes of details – shell of double curvature and chamfers are developed. Examples of the practical use of the results are given. Decline level of noise and dust contamination of atmospheric air, and similarly diminishing volumes of upcasts of contaminating liquids are elements of ecological safety.

Key words: Aircraft engine, parts, technological processes, High-technology, ecological dangez, ecological safety/

Харламова Елена Владимировна – ассистент кафедры экологии Кременчугского государственного политехнического университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: ecol@polytech.poltava.ua.

Шмандий Владимир Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии Кременчугского государственного политехнического университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: ecol@polytech.poltava.ua.

Драгобецкий Владимир Вячеславович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения Кременчугского государственного политехнического университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина, e-mail: ecol@polytech.poltava.ua.