

УДК. 621.7.044

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ УДАРНО-ИМПУЛЬСНЫХ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ЭЛАСТИЧНОЙ СРЕДОЙ

**Е.А. Фролов, профессор, д.т.н., А.Л. Комарова, доцент, к.т.н.,
И.В. Манаенков, аспирант, Украинская государственная академия
железнодорожного транспорта, г. Харьков**

Аннотация. Исследованы технологические особенности метода ударно-импульсной штамповки эластичной средой и определены значения предельных параметров технологических процессов формовки и разделительных операций для ряда материалов.

Ключевые слова: показатели качества, факторы влияния, разделительные операции, пробивка, вырубка, ударно-импульсная штамповка, эластичная среда.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЛИСТОВИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ УДАРНО-ІМПУЛЬСНИХ РОЗДІЛОВИХ ОПЕРАЦІЯХ ЕЛАСТИЧНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

**Є.А. Фролов, професор, д.т.н., Г.Л. Комарова, доцент, к.т.н.,
І.В. Манаснков, аспірант, Українська державна академія залізничного
транспорту, м. Харків**

Анотація. Досліджено технологічні особливості методу ударно-імпульсного штампування еластичним середовищем і визначено значення граничних параметрів технологічних процесів формування та розділових операцій для ряду матеріалів.

Ключові слова: показники якості, фактори впливу, розділові операції, пробивання, вирубка, ударно-імпульсне штампування, еластичне середовище.

QUALITY SCORE SHEET METAL SHOCK-PULSE OPERATIONS DIVIDING ELASTIC MEDIUM

**E. Frolov, Professor, Doctor of Technical Science, A. Komarova, Associate Professor,
Candidate of Technical Science, I. Manaenkov, graduate,
Ukrainian State Academy of Railroad Transport, Kharkiv**

Abstract. Investigated the technological features of the method of shock-pulse forming an elastic medium, and the values of the limiting parameters of technological processes forming and separating operations for a number of materials.

Key words: quality, impact factors, separation operations, punching, cutting, punching shock impulse, elastic medium.

Введение

При использовании в качестве передающей среды полиуретана предпочтение при ударно-импульсной штамповке деталей сложного

рельефа транспортной техники необходимо отдавать выполнению разделительных операций: пробивке, вырубке, обрубке, их сочетаниям с формовкой, гибкой, раздачей и др. В этом случае основное достоинство метода

– высокая скорость деформирования и одно-временность разделения металла по всему вырубаемому контуру независимо от его формы, что, несомненно, способствует получению более качественной поверхности разделения, увеличению точности получаемых отверстий и контура детали [1].

Анализ публикаций

Наличие эластичного пуансона и кратковременность приложения нагрузки определяют своеобразную схему напряженно-деформированного состояния (НДС) в процессе разделения. Уже в начальный момент приложения нагрузки происходит некоторый прогиб заготовки в отверстие матрицы и незначительное внедрение ее режущей кромки в обрабатываемый материал. При дальнейшем движении заготовки в различные моменты времени НДС в зоне деформации все время меняется, поэтому представляется возможным осуществить только качественный анализ этого состояния до момента разрушения. При большом диаметре отверстия ($d/S > 5-8$, где d – диаметр пробиваемого отверстия) одновременно с внедрением режущей кромки происходит изгиб заготовки на этой же кромке.

На кромке меридиональные напряжения растяжения вследствие продолжающегося изгиба и прогиба увеличиваются и продвигаются в толщу заготовки, а нижние зерна продолжают испытывать возрастающие напряжения сжатия. Следовательно, в нижней части заготовки металл способен воспринять большую пластическую деформацию, чем в верхней. Поэтому наиболее вероятно, что разрушение начинается со стороны эластичной среды. За счет интенсивного растяжения в верхних слоях образуется утяжка металла подобно шейке при разрыве образцов. Это ведет к уменьшению сечения заготовки, появлению микротрещин в данной области, которые интенсивно развиваются по направлению к режущей кромке. Заготовка теряет устойчивость и происходит отделение отхода [2, 3].

Цель и постановка задачи

Цель работы – определение факторов влияния на показатели качества листовых деталей при ударно-импульсных разделительных операциях листовой штамповки. Для достижения цели были исследованы технологиче-

ские особенности метода ударно-импульсной штамповки эластичной средой и определены значения предельных параметров технологических процессов формовки и разделительных операций для ряда материалов.

Анализ результатов проведенных исследований

Металлографические исследования, проведенные на разных этапах деформирования, позволили определить структурные изменения и установить границы области пластической деформации, которая, в свою очередь, определяет зону упрочнения.

При выполнении разделительных операций наибольшее упрочнение наблюдается у поверхности разделения, прилегающей к режущему контуру матрицы. Для таких материалов как алюминий, медь, латунь наибольшая зафиксированная микротвердость превышает микротвердость исходного металла в полтора-два раза. Ширина наклепанного слоя в плоскости листа, как правило, не превышает толщины заготовки.

Установлено, что своеобразная схема НДС при безпуансонной ударно-импульсной штамповке определяет форму поверхности разделения, которая существенно отличается от идеальной цилиндрической поверхности и имеет две характерные зоны: криволинейную зону утяжки с радиусом r и прямолинейную зону разрушения, определяемую углом β , в плоскости оси пробиваемого отверстия. Чем пластичнее материал, тем больше радиус утяжки. Для таких материалов как стали Ст3 ($\sigma_b = 400$ МПа) и Х18Н10Т ($\sigma_b = 540$ МПа, $\delta = 40\%$) $r = (0,2-0,3)S$, увеличение пластичности ведет к уменьшению угла β , который, как правило, не превышает $10-15^\circ$ [3, 4].

В работе была исследована форма поверхности разделения в детали при пробивке отверстий в зависимости от относительного диаметра, полученного экспериментальным путем. Знание геометрии поверхности разделения, равно как и размеров упрочненной зоны, необходимо при проектировании технологических процессов листовой штамповки. Это позволит в каждом конкретном случае решать вопрос о возможности применения данного метода штамповки или квалифицированно назначить припуск под

последующую обработку с учетом специфики работы детали.

Шероховатость поверхности разделения оценивали в двух сечениях: в зоне округления и на прямолинейном участке в плоскости заготовки. В результате обработки профилограмм установлено, что шероховатость поверхности разделения равномерна по всему вырубаемому контуру и определяется в основном физико-механическими свойствами обрабатываемого материала. Для сталей Ст3 и X18H10T высота микронеровностей $R_z = 12...18$ мкм и $R_z = 1,3...2,3$ мкм соответственно [4].

При ударно-импульсной пробивке размеры получаемых отверстий зависят не только от размеров инструмента (матрицы), но и от толщины и прочностных характеристик обрабатываемого материала, диаметра пробиваемого отверстия. Существенное влияние на величину отклонений размеров получаемых отверстий оказывает прогиб заготовки перед разделением. Размеры отверстий определяли на просвет в двух взаимно перпендикулярных сечениях. В целом с учетом систематических и случайных погрешностей отклонение для данных материалов укладывается в поле допуска II качества. С уменьшением заготовки точность получаемых отверстий увеличится. Наиболее точные получаются отверстия в диапазоне 20–40 мм.

Большой практический интерес представляет выбор минимально допустимой ширины перемычки между отверстием и краем заготовки. При слишком малой ширине перемычек происходит перекрытие зон пластической деформации, что может вызвать их разрушение. Во избежание этого размер перемычки должен быть несколько больше, чем суммарная ширина зон пластической деформации. При одновременной пробивке близко расположенных отверстий распределение напряжений по обе стороны от перемычки будет одинаковым, что позволяет уменьшить минимально допустимую ее ширину до значения порядка $(1,5-1,8)S$. Наиболее неблагоприятный случай – получение одиночных отверстий у края заготовки. Поскольку в процессе пробивки отход прогибается в полость матрицы, то возможна утяжка перемычки. Для предотвращения этого размер перемычки должен быть увеличен до $(4-6)S$.

Поэтому к критериям, определяющим минимальные размеры деталей и их конструктивные элементы, относятся минимальные размеры круглых и прямоугольных деталей, выступов, пазов, перемычек и радиусов округлений и т.д., представленные в табл. 1.

Указанные критерии отнесены к показателям качества, потому что при изготовлении деталей и их конструктивных элементов с размерами, меньшими, чем минимально допустимые, возникают различные виды брака: искажение формы деталей и их элементов, разрывы деталей по перемычкам, обрывы штампуемого материала в углах отверстий и др.

Эти виды брака деталей возникают в том случае, если нарушается равновесие сил, удерживающих деталь или ее конструктивный элемент от пластической деформации в плоскости матрицы, и растягивающих усилий, действующих со стороны отхода. Если в процессе вырубки, пробивки деталей силы, удерживающие детали и их конструктивные элементы от пластической деформации в плоскости матрицы, больше растягивающих усилий, размеры деталей и их конструктивных элементов достаточны, брак исключен.

Как показали проведенные исследования, целесообразно разделительные операции сочетать с формообразующими и калибровочными операциями: формовкой, гибкой, чеканкой и др.

Выводы

1. Установлены для случая разделительных операций ударно-импульсной штамповкой эластичной средой предельные соотношения d/S или H/S в зависимости от энергии удара и марки применяемого материала.
2. Исследованы технологические особенности метода ударно-импульсной штамповки эластичной средой и определены значения предельных параметров технологических процессов формовки и разделительных операций для ряда материалов.

Определены качественные критерии, характеризующие минимальные размеры деталей и их конструктивных элементов при превмоударной штамповке эластичной средой на пневмоударном оборудовании.

Таблица 1 Критерии, определяющие минимальные размеры деталей и их конструктивных элементов

Показатели		Значения	
Точность размеров деталей $d/S > 14...21$; $\delta/S > 8...15$; $d/S < 14...21$; $\delta/S < 8...15$		от 11–12-го качества до 12–14-го качества	
Предельные размеры деталей и их конструктивных элементов		Материалы деталей	
		АМцМ Д16АМ	Д16АТ Сталь 20
Ширина детали: прямоугольной		(5–7) <i>S</i>	(4–6) <i>S</i>
Кольцевой (шайбы)		(3–5) <i>S</i>	(3–4) <i>S</i>
Ширина детали: выступа впадины		(4–6) <i>S</i>	(3,5–5) <i>S</i>
		(4–6) <i>S</i>	(5–6) <i>S</i>
Радиус скругления: по наружному контуру детали		(0,1–0,5) <i>S</i>	(0,2–0,6) <i>S</i>
	по внутреннему контуру детали		(1–2) <i>S</i>
Перемычки: между наружным контуром детали и отверстием		(6–7) <i>S</i>	(5–6) <i>S</i>
между отверстиями		(3–5) <i>S</i>	(3,5–5,5) <i>S</i>
		(4–6) <i>S</i>	(3,5–6) <i>S</i>
		(4–5) <i>S</i>	(3,5–5) <i>S</i>

Литература

1. Комаров А.Д. Штамповка полиуретаном деталей из листовых материалов / А.Д. Комаров, А.А. Рябых // Кузнечно-штамповочное производство. – 1973. – № 9. – С. 35–37.
2. Исаченков Е.И. Штамповка резиной и жидкостью / Е.И. Исаченко. – М.: Машиностроение, 1967. – 367 с.
3. Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов / М.Н. Горбунов. – М.: Машиностроение, 1976. – 259 с.

4. Фролов Е.А. Показатели качества современных технологических систем импульсного формообразования сложно-рельефных деталей / Е.А. Фролов // Технологические системы. – К. – 2002. – №6. – С. 23–26.

Рецензент: В.И. Мощенок, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 июня 2011 г.