

В статье рассмотрено определение расчетным путем влияния коэффициента отбортовки на силовые режимы и качество изделий при отбортовке круглых отверстий сферическим пуансоном в традиционной и спрофилированной листовой заготовке. Установлено, что усилие и работа деформации при отбортовке спрофилированных заготовок больше чем при отбортовке традиционных заготовок. Увеличение коэффициента отбортовки приводит к уменьшению разницы между максимальными величинами усилия формообразования изделий.

**Ключевые слова:** отбортовка, спрофилированная заготовка, напряженно-деформированное состояние, стенка постоянной толщины.

In article definition of the flanging coefficient effect on force regimes and quality of details is observed at flanging of round holes by the spherical puncheon in traditional and profiled sheet preform. It is determined that the force and energy of deformation of the flanging process profiled preforms is more than at flanging of traditional preforms. Increase of a flanging coefficient leads to variance decrease between the maximum magnitudes of force of manufacture of details.

**Keywords:** flanging, profiled preform, strain-stress state, constant thickness walls.

УДК 621.7.044

**М. К. КНЯЗЕВ**, канд. техн. наук, доц., НАКУ «ХАИ», Харьков

**Ю. В. ПРОЦАН**, руководитель системного проектирования энергоустановок, ЛАВЭ, Днепропетровск

### **КОНЦЕПЦИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**

Выполнен анализ факторов, которые вызывают нестабильность формообразования листовых деталей при электрогидроимпульсной штамповке (ЭГШ), а также способы решения этой проблемы. Сформулирована концепция пресса ЭГШ с интеллектуальной системой управления, предполагающая использование обратной связи – системы определения формы заготовки на последовательных этапах формообразования.

**Ключевые слова:** электрогидроимпульсная штамповка, интеллектуальная система управления

**Введение.** Технология ЭГШ доказала свою высокую эффективность в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также для среднесерийного производства. При этом положительный результат достигается за счет упрощенной технологической оснастки, коротких сроков технологической подготовки производства. Однако широкое применение ЭГШ в промышленности сдерживается наличием некоторых ограничений, присущих этой технологии, а также недостатком и даже отсутствием специальной литературы и справочников по отладке оборудования и процессов ЭГШ, отсутствием на предприятиях специалистов по этому способу штамповки.

**Анализ проблемы.** В целом ограничения технологии ЭГШ связаны с нестабильностью полей давления, генерируемых каналом разряда. Нестабильность проявляется в двух аспектах: неравномерность распределения давления по поверхности заготовки и малая повторяемость этого распределения от разряда к разряду. Естественно, такая нестабильность в силовом нагружении приводит к нестабильности процесса формообразования листовой детали.

Нестабильность полей давления связана, прежде всего, с нестабильностью электрических параметров разряда в жидкости, инициируемого высоковольтным пробоем. Влияние оказывают состояние разрядных поверхностей, степень изношенности изоляторов электродов, переменная электрическая проводимость среды в межэлектродном промежутке. Кроме этого, как показали исследования [1], длина канала разряда примерно в 2 раза превышает величину межэлектродного расстояния, при этом положение канала непредсказуемо. Канал разряда может занимать любое положение в объеме эллипсоидной формы между рабочими концами электродов. В зависимости от расположения канала разряда электроды могут создавать зоны «затенения» на поверхности заготовки для распространения ударных волн и гидротоков от парогазовой полости.

Важную роль играет износ рабочих поверхностей электродов. От разряда к разря-

ду происходит эрозионный износ разрядных поверхностей электродов, острые кромки положительного электрода скругляются, уменьшается напряженность электрического

© М. К. Князев, Ю. В. Процан, 2012

поля в межэлектродном промежутке и увеличивается предпробойное время и соответствующие потери, снижается его гидравлический к.п.д., то есть меньшее количество энергии переходит в энергию силовых факторов разряда.

По мере деформирования листовой заготовки в полость матрицы увеличивается расстояния до канала разряда, проявляются новые поверхности (например, боковые стенки матрицы), которые были закрыты плоской заготовкой и которые начинают оказывать влияние на распределение импульсного давления при взаимодействии и ударными волнами и гидропотоками. Увеличивается также рабочий объем, что снижает величину квазистатического давления при той же энергии разряда.

Существует также ряд факторов, связанных с объектом обработки – листовой заготовкой, которые также имеют характер нестабильности: неравномерность вытяжки фланца по контуру заготовки, анизотропия свойств материала заготовки, непостоянность и неравномерность коэффициента трения по протяжным поверхностям штампов, неравномерность прижимного давления из-за неточностей изготовления штампов и другие.

Действие всех указанных факторов и других не упомянутых приводит к неповторяемости, нестабильности процесса деформирования заготовки и формообразования листовой детали.

**Цель и задачи исследований.** В настоящее время проблема нестабильности штамповки решается различными путями. Конечно, на стадии отработки процесса формообразования выполняют оптимизацию формы и размеров заготовки, ширины ее фланцев на различных участках, положения заготовки относительно контура полости матрицы.

В отношении нагружения реализуются два пути решения. В первом варианте производят расчетное количество разрядов, раскрывают штамповую оснастку и определяют степень завершенности формообразования детали, определяют дополнительное количество разрядов и выполняют доштамповку. Такие «итерации» зачастую проводят несколько раз до завершения процесса формообразования листовой детали. Такое решение приводит к значительному увеличению длительности процесса штамповки, требует постоянного участия высококвалифицированного специалиста, обладающего большим практическим опытом в ЭГШ, и не гарантирует 100-процентного качества всех изделий из-за возможных ошибок в принятии технологических решений.

При втором подходе используют предварительные результаты по отладке процесса формообразования. Основываясь на них, назначают заведомо большее количество и энергию разрядов с тем, чтобы гарантированно получать качественные детали. При штамповке партии деталей ухудшение эффективности разрядов (из-за износа электродов) и недоштамповку изделий компенсируют дальнейшим увеличением количества разрядов и/или увеличением их энергии. Это решение приводит к некоторому увеличению длительности обработки и значительному перерасходу электроэнергии на единицу изделия, нерациональному расходу ресурса электродов, разрядного узла, пресса ЭГШ в целом, более быстрому износу штампа.

Исходя из проведенного анализа, можно определить цель исследования как повышение качества листовых изделий, снижение затрат на их производство, сохранение ресурса оборудования ЭГШ за счет совершенствования способов контроля формы заготовки на промежуточных и окончательном этапах формообразования, оптимизации управления полями нагружения на всех этапах формообразования, оптимизации процессов штамповки.

Поставленную цель можно достичь путем решения следующих задач: разработка и исследование датчиков для определения формы заготовки, разработка и исследование системы определения формы заготовки без раскрытия штамповой оснастки, обобщение и

формализация опыта штамповки листовых деталей различных классов и их типовых элементов, разработка алгоритмов управления полями нагружения в зависимости от формы заготовки и положения ее фланцев, разработка программного обеспечения для системы управления прессом ЭГШ без участия оператора, реализация и исследование системы управления.

**Предлагаемая концепция прессы ЭГШ.** Для решения задачи определения формы заготовки без раскрытия штамповой оснастки необходимы датчики, способные надежно работать в тяжелых условиях импульсного нагружения, загрязнения смазочными материалами, высокой влажности. Известные конструкции датчиков (оптические, лазерные, пневматические и другие) не в состоянии обеспечить решение поставленной задачи. В настоящей работе предлагается использовать пьезодатчики, которые при соответствующем конструктивном исполнении узла крепления могут выдержать большое количество импульсных нагружений и надежно генерировать сигналы в систему определения формы заготовки. Датчики встраивают в корпус матрицы в определенных характерных местах с таким расчетом, чтобы их сигналы давали наиболее полную информацию о форме заготовки

Для достаточно точного определения формы заготовки на различных этапах формообразования необходимое количество датчиков может составлять примерно 5-20 штук и более в зависимости от габаритов и формы листовой детали. В настоящее время разработаны конструкции датчиков и намечен план экспериментальных исследований.

Система определения формы заготовки должна обеспечить распознавание полезных сигналов, отделять их от шумов, выполнять построение криволинейной поверхности заготовки с помощью сплайнов по координатам точечных датчиков и с учетом 3D модели поверхности матрицы. В аппаратном отношении система включает в себя датчики, линии передачи сигналов, устройства защиты, компьютер. В программном отношении система содержит подсистему распознавания полезных сигналов, подсистемы построения 3D моделей и их визуализации.

Как упоминалось выше эффективность разрядов и, соответственно, распределение давления по поверхности заготовки существенно зависят от состояния электродов. Подсистема контроля состояния электродов собирает информацию о разрядном токе и напряжении с каждого подключенного электрода при каждом разряде. Для каждого электрода накапливается информация об изменениях в эффективности разрядов и передается в специальную программу управления.

Предлагаемая интеллектуальная система управления [2] должна обеспечить автоматическую корректировку количества и напряжения разрядов, а для многоэлектродных прессов – также количество и конфигурацию подключенных электродов. Для этого необходима обратная связь – определение формы заготовки на последовательных этапах формообразования, а также подсистема контроля состояния электродов. Информация, которая поступает от датчиков и подсистем, обрабатывается специальной компьютерной программой и система выдает управляющие сигналы по оптимизации процесса формообразования без участия оператора.

Программа обработки данных обратной связи и управления прессом ЭГШ строится на применении алгоритмов «нечеткой логики», позволяющих проанализировать состояние заготовки после произведенного разряда, оптимизировать поле нагружения для последующего разряда, рассчитать зарядную энергию для каждого подключенного электрода и, тем самым, реализовать общий план изготовления качественного листового изделия, разработанный технологом.

**Выводы.** В данной работе предложенная концепция «умного» электрогидравлического прессы описана схематично. Для своей реализации она требует более детальной проработки, проведения целого комплекса проектировочных работ, изготовления компонентов, разработки алгоритмов обработки данных, выполнения программирования и ис-

следовательских работ. Особое внимание здесь следует уделить разработке и изготовлению датчиков для определения формы заготовки в полости матрицы и положения фланцев на протяжных поверхностях, так как они являются ключевыми элементами для успешной реализации этого проекта.

**Список литературы:** 1. *Наугольных, К.А.* Электрические разряды в воде [Текст] / *К.А. Наугольных, Н.А. Рой.* – М.: Наука, 1971. – 155 с. 2. *Князев, М.К.* Формирование требований к системе управления прессом для электрогидроимпульсной листовой штамповки [Текст] / *М.К. Князев, Ю.В. Процан* // XVII Международный конгресс двигателестроителей 14-19 сентября 2012 г.: тез. докл. – Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2012. – С. 143.

*Надійшла до редколегії 10.10.2012.*

УДК 621.7.044

**Концепция электрогидравлического прессы с интеллектуальной системой управления / Князев М. К., Процан Ю. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952). – С. –63-66. – Бібліогр.: 2 назв.

Виконано аналіз факторів, що викликають нестабільність формоутворення листових деталей при електрогідроімпульсному штампуванні (ЕГШ), а також способи вирішення цієї проблеми. Сформульовано концепцію пресу ЕГШ з інтелектуальною системою управління, що передбачає застосування зворотного зв'язку – системи вимірювання форми заготовки на послідовних етапах формоутворення.

**Ключові слова:** електрогідроімпульсне штампування, інтелектуальна система управління.

Analyses of factors that cause instability of sheet parts forming at electrohydraulic impulse forming (EHF) as well as methods for solution of this problem are performed. Conception of an EHF press with intelligent control system that includes feedback – measurement system of a sheet blank shape along sequent forming stages is formulated.

**Keywords:** electrohydraulic impact forming, intelligent control system

УДК 621.73.06-52

**О. А. КОВАЛЕНКО**, ст. преподаватель, ДонГТУ, Алчевск  
**П. В. БОРОВИК**, канд. техн. наук, доц., ДонГТУ, Алчевск

### **АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ УПРОЧНЕНИИ ВАНАДИЕМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ**

В результате обработки экспериментальных данных по определению качества поверхностных слоев стали У8А, упрочненной электроискровым легированием, получены зависимости механических свойств упрочненной поверхности, глубины, слоя от исходной шероховатости поверхности до нанесения покрытия. При проведении моделирования напряженно – деформированного состояния рабочих кромок разделительных штампов методом конечных элементов получены зависимости напряжений, возникающих на поверхности режущих кромок разделительных штампов при различной исходной шероховатости.

**Ключевые слова:** шероховатость поверхности, напряженно-деформированное состояние, микротвердость, модуль нормальной упругости, упрочнение электроискровым легированием, глубина слоя.

Достижение высокой прочности и износостойкости поверхности рабочих деталей штампов в большой степени зависит от исходных свойств поверхностных слоев, сформированных при их изготовлении с помощью упрочняющих технологий, в частности методами электроискрового легирования.

Одним из факторов, определяющих стойкость инструмента, принято считать в первую очередь микротвердость упрочненной поверхности, которая непосредственно зависит от микроструктуры слоя. Кроме того, в процессе эксплуатации существенное влияние на процессы изнашивания оказывает и шероховатость полученной поверхности (особенно на первых этапах приработки инструмента). Общепринятым считается тот