

## ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОУДАРНОЙ ШТАМПОВКОЙ

А.А. Марышева

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

e-mail: [alinamarysheva@mail.ru](mailto:alinamarysheva@mail.ru)

**Summary.** *This paper is devoted to research of hydroforming, its features and advantages over other methods. The main fields of application of pulse forming using liquid and elastic medium are described. The limiting characteristics of drawing, forming, expanding are determined.*

В современном машиностроении листовая штамповка находит широкое применение при производстве различных типов деталей, и поэтому актуальным является вопрос ускорения подготовки производства новых видов продукции и переналадки доступного оборудования. В связи с этим всё больше внимания уделяется методам штамповки, отличным от традиционного кузнечно-штамповочного производства, в частности ударной штамповке жидкой или эластичной средой. При данном методе штамповка производится импульсом высокого давления, создаваемого в результате удара быстродвижущегося бойка по замкнутому объему жидкой или эластичной передающей среды, заполняющей рабочую камеру пресса. Ударный метод штамповки является более безопасным по сравнению с другими импульсными методами, т.к. в качестве источника энергии для разгона бойка до высоких скоростей служит энергия сжатого воздуха цеховой пневмосети (0,63 МПа). Это обеспечивает и другие преимущества метода, к ним относятся высокая точность дозирования энергии удара ( $\pm 3\%$ ), высокая производительность, возможность полной автоматизации процесса и получение более длинного импульса давления [1].

На сегодняшний день лабораторией высоких давлений Физико-технического института НАН Беларуси разработаны машины для ударной штамповки жидкой и эластичной средой, имеющие максимальную энергию удара до 25 кДж. Исследование процессов импульсной штамповки позволило разработать эффективные технологические схемы, определить предельные показатели для характерных операций листовой штамповки и выделить преимущественные области применения импульсной штамповки жидкостью и эластичной средой. В результате было выявлено, что с технологической точки зрения эластичной средой целесообразно осуществлять пробивку-вырубку, чеканку и формовку, а жидкой - вытяжку, раздачу труб и полых заготовок, пробивку в пространственных деталях. Особенности данного метода позволяют применять его для получения сложнопрофильных изделий, которые невозможно изготовить традиционными методами штамповки.

Одной из наиболее эффективных операций, осуществляемых гидроударным методом, является раздача полых заготовок, т.к. при данном процессе одновременно с созданием внутреннего давления в трубной или полый заготовке возможно создать и ее осевое сжатие, что существенно расширяет технологические возможности метода, обеспечивая увеличение предельной степени раздачи на 10%. Штампуемость листовых материалов при гидроударном нагружении заметно выше по сравнению со статическими методами (например, штампуемость платины при импульсном нагружении возрастает на 25%) [2]. Предпочтительной областью использования метода ударной штамповки эластичной средой являются разделительные операции. Особенно эффективен метод при работе с особотонкими материалами, так как в этом случае исключается применение дорогостоящих безззорных штампов.

В последние годы гидроударная штамповка жидкой средой получила новую область применения – это изготовление сложнопрофильных высокоточных изделий из сверхчистых материалов (в частности, высокочастотных резонаторов для ускорителей элементарных частиц, лабораторной посуды из благородных металлов).

Использование ударной штамповки в данном случае объясняется такими достоинствами метода, как высокая равномерность прилагаемой нагрузки, уменьшающая внутренние напряжения в детали, отсутствие контакта пуансона с заготовкой (и соответственно дефектов на поверхности резонатора в виде рисок и царапин), отсутствие массопереноса со штамповой оснастки, так как загрязнение материала в этом случае недопустимо.

Сверхпроводящий ниобиевый резонатор является ключевым узлом ускорителя, в котором происходит передача энергии электромагнитного поля ускоряемым заряженным частицам, и представляет собой полую металлическую камеру сложной формы, внутри которой возбуждается стоячая электромагнитная волна. Для получения одной ячейки резонатора с использованием гидроударной штамповки необходимо выполнить вытяжку двух полуячеек. Матрица для изготовления полусфер резонатора имеет сложную форму с изменяемым по профилю радиусом [3]. Такая специфическая форма резонатора обеспечивает эффективное и однородное ускорение всего пучка электронов переменным полем. В результате гидроударной штамповки в готовых полуячейках отклонения от номинального размера не превысили 0,05 – 0,1 мм, что позволило получить резонатор, обладающий необходимыми частотными характеристиками.

Применение гидроударной штамповки при производстве платиновых тилей позволило не только выдержать необходимую форму, но и сохранить чистоту и качество его рабочей поверхности. После гидроударной раздачи параметр шероховатости внутренней стенки тигля, которая в процессе формовки контактировала только с жидкостью, составил  $R_{a\text{ ср}} = 0,173$  мкм, что более чем в 2 раза меньше параметра шероховатости внешней поверхности стенки тигля  $R_{a\text{ ср}} = 0,406$  мкм, что подтверждает преимущество гидроударной штамповки перед традиционными способами формообразования и возможность получения более качественной внутренней поверхности изделия [4].

**Вывод.** Ударная листовая штамповка жидкой и эластичной средами является перспективным методом формообразования, обладающим такими преимуществами, как экономичность, безопасность, высокая точность дозирования энергии удара, высокая производительность, возможность полной автоматизации процесса и получение более длинного импульса давления. Использование данного метода на производстве позволяет сократить процесс подготовки выпуска новых видов изделий. Особенности гидроударной штамповки позволяют получать сложнопрофильные, высокоточные изделия с минимальным повреждением их рабочей поверхности.

#### *Литература*

1. Чачин В.Н., Петраковский В.С. Влияние конструкции воздушного тракта гидроударных прессов на их энергетические показатели. - Известия АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1988, № 1, с. 52-54.

2. Петраковский В.С. и др. Штампуемость платины при гидроударной штамповке. Сб. трудов 111 международной конференции «БРМ-2000», Донецк, 2000, с. 388.

3. Batouritski M.A. The perspective of JINR LU-20 replacement by a superconducting linac / M.A. Batouritski, A.V. Butenko, V.A. Monchinsky, A.O. Sidorin, G.V. Trubnikov, M.A. Gusarova, M.V. Lalayan, S.M. Polozov, A.V. Samoshin, S.E. Toporkov, G.N. Kropachev, T.V. Kulevoyk, A.A. Marysheva, I.L. Pobol, V.S. Petrakovsky, A.I. Pokrovsky, S.V. Yurevich, A.Yu. Zhuravsky // Proc. of IPAC2016, Busan, Korea, May 8-13, 2016 [Electronic resource]. / 2016. – МОРΟΥ042. – Mode of access: <http://www.ipac16.org/proceedings/papers/mopou042.pdf>. – Date of access: 27.05.2016.

4. Марышева А.А. Изменение структуры и свойств платины в процессе производства тиглей 100-7 // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сблрник материалов 11-й МНТК. – Минск, 2016. – Кн. 3. - С.47-53.