

положительное влияние на свойства сплава АЛ-25 штамповки в жидкой фазе, обеспечивающее меньшее разупрочнение по сравнению со сплавом АК4-1. Следовательно, для поршней, работающих при температурах около 200°С, метод их изготовления горячей штамповкой из сплава АК4-1 является оптимальным, а при температурах близких к 300°С предпочтительнее штамповка из сплава АЛ-25 в жидкой фазе.

Положительные результаты выполненной работы учтены при внедрении в производство технологий изготовления тяжело нагруженных поршней форсированных ДВС.

**Список литературы:** 1. А.с. 602282 СССР, Б21К1/18 Способ изготовления поршней с кольцедержателем. 2. *Сергеев П.С.* Штамповка жидких цветных металлов и сплавов. Л., Судпромгиз. - 1957. 3. *Батышев А.И.* Штамповка жидкого металла. М.: Машиностроение. – 1979. – с. 199.

**УДК 621.983.044**

**Е.А. ФРОЛОВ**, д-р техн. наук

**М.М. БУДЕННЫЙ**, к.т.н.

**И.В. МАНАЕНКОВ**

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

## **ПНЕВМОУДАРНАЯ ШТАМПОВКА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Рассмотрены вопросы изготовления высокоточных сложнопрофильных деталей с применением пневмоударной штамповки. Предложены перспективные материалы для изготовления формообразующих элементов штампов в условиях мелкосерийного производства.

**Состояние вопроса.** Импульсные нагрузки находят все более широкое применение в технологических процессах металлообработки. Большие энергетические возможности, высокие скорости обработки, простота, экономичность, широкие возможности управления процессом, его механизации и автоматизации, получение деталей высокой точности и качества определили целесообразность создания промышленного технологического оборудования для импульсной обработки металлов давлением.

В различных отраслях промышленности все чаще возникает необходимость изготовления деталей высокого класса точности. Существующая же технология их калибровки не обеспечивает должной эффективности и качества процесса, например, для крупногабаритных оболочек с внутренними ребрами жесткости, когда эти операции приходится выполнять вручную.

Применение для этой цели пневмоударной штамповки методом калибровки с локальным нагружением открывает широкие возможности для получения качественных изделий. Исходные заготовки, имеющие 7 – 9-й класс точности, могут быть откалиброваны до 4 – 5-го класса при высоком уровне механизации и автоматизации процесса.

Рациональной областью применения пневмоударной штамповки является мелкосерийное и серийное производства. Одно из основных её достоинств – сокращение расходов на штамповую оснастку, особенно при штамповке деталей сложной формы (рис. 1), для изготовления которых традиционным способом требуется несколько переходов, т.е. несколько комплектов штампов.

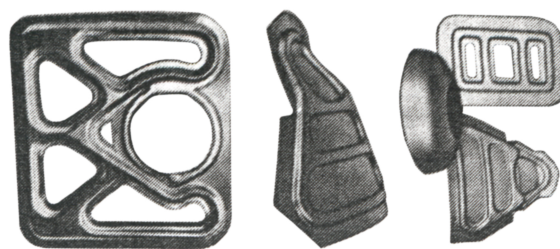


Рис. 1. Детали, отштампованные на пневмоударных прессах

Наиболее широко применяемым оборудованием являются импульсные пресса модели Т-1324 с пневматической камерой для штамповки гидравлической средой.

Технические характеристики пресса Т-1324

Максимальная энергия удара, кДж . . . . .	25
Рабочее давление воздуха в аккумуляторе, МПа . . . . .	0,12...0,63
Продолжительность цикла, с . . . . .	25
Число ударов в цикле . . . . .	1...10
Диаметр выходного сечения камер, мм. . . . .	250
Размеры зоны под технологическую оснастку, мм. . . . .	600×560×320
Просвет между щеками, мм . . . . .	800
Диаметр ствола, мм. . . . .	200
Длина разгона бойка, мм . . . . .	1700
Усилие прижима, кН . . . . .	600
Рабочий ход механизма зажима, мм. . . . .	18
Максимальная производительность дозатора, л/операция	10
Параметры питающей пневмосети:	
давление, МПа. . . . .	0,4...0,63
расход, м <sup>3</sup> /ч. . . . .	80
Мощность электропривода, кВт. . . . .	7,5
Габаритные размеры машины, мм. . . . .	2600×2000×3630
Масса, кг. . . . .	9000
Машину обслуживает один человек.	

Ударный блок машины должен устанавливаться на бетонный фундамент глубиной 1000 мм. Между станиной и фундаментом должен быть уложен резиновый лист толщиной не менее 25 мм.

На машине Т-1324 предпочтительнее осуществлять операции вытяжки, раздачи, формовки крупногабаритных деталей, образования рельефа на пространственных заготовках, операции пробивки-вырубки в пространственных заготовках.

Возможно также совмещение формообразующих и разделительных операций.

Для штамповки деталей эластичной средой широкое применение получили пресса модели ТА-1324 с пневматической камерой.

Технические характеристики пресса ТА-1324

Максимальная энергия удара, кДж . . . . .	25
Рабочее давление воздуха в аккумуляторе, МПа . . . . .	0,12 ... 0,63
Диаметр ствола, мм. . . . .	200
Диаметр выходного сечения рабочей камеры, мм. . . . .	200
Ход бойка, мм . . . . .	1700
Усилие зажима, кН . . . . .	60
Продолжительность цикла, с . . . . .	10

Размеры зоны под технологическую оснастку, мм. . . .	Ø300×150
Мощность электропривода, кВт. . . . .	0,16
Напряжение питающей электрической сети, В. . . . .	220
Параметры питающей пневмосети:	
давление, МПа . . . . .	0,4 ... 0,63
расход, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	100
Габаритные размеры машины, мм . . . . .	1750×1400×3330
Масса прессы, кг . . . . .	4450
Машину ТА-1324 обслуживает один человек.	

На машине ТА-1324 предпочтительнее осуществлять такие листоштамповочные операции, как пробивка-вырубка на плоских заготовках, формовка сложного профиля. Машина особенно эффективна при пробивке-вырубке особо тонких материалов.

На пневмоударном оборудовании изготавливаются детали из плоских, трубчатых, пространственных заготовок размерами от нескольких сантиметров до 400×800 мм в плане. При формовке рифов и неглубоких рельефов могут штамповаться детали до 900×1000 мм. Вследствие большой равномерности распределения деформаций при пневмоударной штамповке по сравнению с традиционными методами в штампах состоящих из жесткой матрицы и пуансона сокращаются в 2...3 раза.

Объем камеры пневмоударного оборудования Т-1324 составляет 8 л. Рабочий объем деформирования за один удар не должен превышать (в зависимости от конструкции рабочей камеры) 3...6 л. Получение изделий с объемом деформирования более 6 л. осуществляется многократным гидроударным нагружением заготовки. Кроме того, с увеличением скорости деформирования, степень вытяжки уменьшается, увеличение же количества импульсов приводит к снижению скорости деформирования, т.е. осуществление процесса несколькими ударами благоприятно для процесса вытяжки заготовки. Поэтому в машине предусмотрен полуавтоматический режим работы с несколькими ударами в цикле без разжима оснастки. Отличие этого режима состоит в том, что после зажима оснастки многократно повторяются операции «наполнение» и «удар», а разжим начинается только после выполнения заданного количества ударов.

#### **Материалы для изготовления матриц при пневмоударной штамповке.**

Этот вид штамповки благодаря высокой скорости формоизменения ведет к увеличению степени деформации и способствует повышению прочностных свойств металла заготовок и точности размера детали за счет меньшего пружинения.

Высокоскоростное формообразование материала при импульсной штамповке осуществляется давлением импульсной нагрузки. Используемая оснастка в зависимости от выполняемой операции воспринимает три вида нагрузки: калибрующая, ударная и комбинированная.

Калибрующая нагрузка возникает при операциях калибровки, когда заготовка имеет лишь местные незначительные отклонения от формы готовой детали.

Ударная нагрузка появляется при формовке деталей с незначительным изменением первоначальных размеров заготовки, причем процесс формовки заканчивается ударом заготовка о зеркало матрицы.

Комбинированная нагрузка – когда после соударения с матрицей на заготовку продолжает действовать давление источника нагружения.

Нагрузки, воздействующие на оснастку, хотя и высокие, но носят кратковременный характер, что позволяет применять для изготовления матриц или пуансонов различные по прочности материалы.

В настоящее время в зависимости от программы выпуска, марки и толщины материала для изготовления оснастки используются следующие материалы: сталь, чугун, алюминивно-цинковый сплав, железобетон, облицованный стеклопластиком, пластические массы, дерево, лед с наполнителем, гипс, парафин и т.д. Сталь (Ст45, 20Л) и чугун (С4-18-36) применяют в матрицах для изготовления крупных в средних серий. Изготовление таких матриц связано со значительными трудозатратами. В мелкосерийном производстве используют для матриц бетон, гипс, дерево с полимерным материалом, лед и т.д. Применение этих материалов позволяет снизить металлоемкость и трудоемкость на 10...20 %, а также уменьшить трудозатраты. Причем в матрице из железобетона, облицованном эпоксидным олигомером, без разрушения могут формоваться 4-5 деталей.

В табл. 1 представлены сравнительные характеристики вышеперечисленных материалов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика материала

Материал матрицы	Основные физико-механические характеристики				Способ переработки
	плотность, г/см <sup>3</sup>	разрушающие напряжения, МПа		усадка, %	
		изгиб	сжатие		
Лед	–	6,4	10	–	Замораживается при температуре –15 °С – 4 часа
Дерево	0,4...0,8	60...120	20...60	0,5...5	Сушка и пропитка
Бетон	2,4	25...45	20...35	–	Вибротрамбовка, сушка
Эпоксидно-диановый олигомер ЭД-20	1,15	30...50	50...70	2,5	Заливка композицией, отверждение 24...28 часов
Пластмасса АСТ-Т	1,18	40...70	50...90	0,4	Заливка композицией, отверждение 1...3 часа
Чугун СЧ-18-36	6,8...7,6	360	70	–	Плавление в печах
Сталь Ст45	7,8	550...600	–	–	Плавление в печах

Из этих данных видно, что наибольший интерес представляют полимерные материалы холодного отверждения, так как при использовании их нет необходимости применять специальное оборудование (криогенные и паровые камеры, плавильные печи, сушильные шкафы и т.д.). Причем время изготовления матриц из полимерных материалов в несколько раз меньше, чем матриц, из дерева, бетона и железобетона.

Однако полимерные материалы должны соответствовать следующий требованиям:

- кратковременно выдерживать давление порядка 100...300 МПа;
- дешевизна сырья;

- технологичность
- высокое качество поверхности.

Были исследованы акриловая полимер-мономерная пластмасса АСТ-Т и модифицированные композиции на ее основе. Параллельно исследовали возможность применения для изготовления матриц эпоксидно-дианового олигомера ЭД-20 холодного отверждения (отвердитель ПЭПА). В табл. 2 представлена зависимость изменения физико-механических свойств образцов пластмассы АСТ-Т и ЭД-20 в процессе хранения.

Таблица 2

Изменение физико-механических характеристик

Время, час	ЭД-20		АСТ-Т	
	ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	разрушающее напряжение при изгибе, МПа	ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	разрушающее напряжение при изгибе, МПа
24	5	35	8	46
720	6	56	8	70
2000	5	50	8	55
4000	3	50	8	58
8000	2,5	34,8	8,5	60

Так как акриловые композиции холодного отверждения в три раза дешевле эпоксидно-диановых и при этом физико-механические свойства у них стабильнее во времени, дальнейшие исследования проводили на образцах из пластмассы АСТ-Т. Для упрочнения композиционного материала применяли его армирование. Данные представлены в табл.3.

Таблица 3

Изменение физико-механических свойств образцов

Армирующий материал	Толщина, мм	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Разрушающее напряжение, МПа		
			растяжение	изгиб	сжатие
Стеклопластик (связующее ЭД-20)	1	18,4	51,6	67,6	93
Стеклопластик (связующее полиэфир)	1,5	47,1	–	46,2	–
Стеклопластик (связующее АСТ-Т)	1	18,0	52	60,5	77
Латунная сетка	0,3	6,6	–	21,6	–
Стальная сетка	0,5	16,0	–	23,0	–

Армирование полимерной матрицы стеклопластиком способствует увеличению сопротивления ударным нагрузкам, что тем самым увеличит ее стойкость и долговечность.

Одновременно исследовали возможность армировать пластмассу АСТ-Т ориентированным стекловолокном и полиамидные волокном. У армированных образцов возрастает сопротивление удару в 3 и более раз. В табл. 4 представлены данные по изменению физико-механических характеристик пластмассы АСТ-Т при различных вариантах армирования, а также сравнительные характеристики армированных эпоксидно-диановых смол.

Изменение физико-механических свойств АСТ-Т

Вид армирования	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>		Разрушающее напряжение при сжатии, МПа		Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	
	АСТ-Т	ЭД-20	АСТ-Т	ЭД-20	АСТ-Т	ЭД-20
Без армирования	8...9	4...5	70...90	40...50	40...50	30...40
Поликапроамидное волокно	20...25	6...8	–	–	40...50	20...25
Стеклопластиковая пластина	20...26	16...20	70...90	–	50...70	–
Стеклопластиковая пластина (стеклоровинг)	30...40	20...24	85...95	–	55...60	–

**Выводы.**

1. Наибольший экономический эффект от внедрения пневмоударной штамповки достигается при изготовлении сложнорельефных деталей габаритами 800...1000 мм.
2. Перспективным материалом для изготовления матриц для пневмоударной штамповки в мелкосерийном производстве являются пластические массы акриловых армированных композиций.

**Список литературы:** 1. Ударная листовая штамповка / В.Н. Чачин, А.Я. Мовшович, Е.А. Фролов и др. – М.: НТЦ «Информтехника», 1991. – 224 с. 2. Борисевич В.К. К вопросу применения пластических масс при изготовлении оснастки для импульсных методов штамповки / В.К. Борисевич, Е.А. Фролов, Г.Г. Комарова // Материалы отрасл. семинара. – Х.:ХНИИТМ, 1983. – С. 14-19.

**УДК 621.735.3**

**ПІДПІРНА В.О.**, аспірант, НТУ «ХПІ», м. Харків

### **АНАЛІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВАНОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ СТАКАН ДЛЯ ПРОЦЕСУ ВИДАВЛЮВАННЯ**

Стаття присвячена отриманню точного об'єму заготовок деталей типу стакан. Показані відхилення форми та геометрії заготовки, що обумовлені неточним об'ємом прокату.

Ключові слова: заготовка, стакан, видавлювання, точність, об'єм.

Статья посвящена получению точного объема заготовок деталей типа стакан. Показаны отклонения формы и геометрии заготовки, обусловленные неточным объемом проката.

Ключевые слова: заготовка, стакан, выдавливание, точность, объем.

The article is devoted to producing of precise volume of workpiece like cup. Form and size deviation of workpiece that are made by imprecise volume of rolled metal are shown.

Key words: workpiece, cup, extrusion, precision, volume.

Процеси холодного об'ємного штампування, в тому числі видавлювання, потребують точних та якісних заготовок для отримання деталей із точними геомет-