

Семенова. – М.: Машиностроение, 1985. 4. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. 2-е издание, дополненное и переработанное. Казанцев Е. И. М.: Металлургия, 1975, 368с.

**УДК 621.73.043.002**

**ЛОБАНОВ В.К.**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», г. Харьков  
**ЧУЙКОВА Е.В.**, ГП «Завод им. В.А. Малышева», г. Харьков

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ШТАМПОВКИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРШНЕЙ ДВС**

Выполнена работа по выбору оптимальной схемы штамповки заготовок поршней энергоагрегата ЭА-10 и транспортного дизеля 2ДТ и проведен анализ свойств поршневых сплавов заготовок из сплава АЛ-25 и АК4-1, изготовленных по различным технологиям.

Ключевые слова: поршень, алюминиевый сплав, штамповка жидкого металла, длительная твердость, кратковременная твердость.

Виконана робота з вибору оптимальної схеми штампування заготовок поршнів енергоагрегата ЕА-10 і транспортного дизеля 2ДТ та проведений аналіз властивостей поршневих сплавів заготовок зі сплаву АЛ-25 та АК4-1, виготовлених по різним технологіям.

Ключові слова: поршень, алюмінієвий сплав, штампування рідкого металу, тривала твердість, короткочасна твердість.

There is executed the work at the choice of optimum circuit of manufacturing of preparations of pistons energy - unit EA-10 and transport diesel engine 2DT and there is carried analysis of properties of piston alloys of preparations from an alloy out Al - 25 and AK4-1, processed on various technologies. Key words: the piston, aluminum alloy, punching of liquid metal, long hardness, short-term hardness.

### **1. Введение**

Высокая надежность работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) обеспечивается качеством и долговечностью поршня – ответственной, тяжело нагруженной и дорогостоящей детали.

Поршни ДВС работают в условиях высокой тепловой и механической напряженности, к ним предъявляются повышенные требования по теплопроводности, статической, динамической и усталостной прочности, антифрикционным свойствам, износостойкости, коррозионной стойкости, а также по удельной массе и коэффициенту линейного расширения.

### **2. Цель работы**

Целью работы является повышение качества поршней путем выбора материала и технологии изготовления. Для реализации поставленной цели исследовали свойства заготовок из сплава АЛ-25 и АК4-1, полученных жидкой штамповкой и горячим прессованием.

### **3. Результаты исследования**

На Харьковском ГП «Завод имени В.А. Малышева» выполнена работа по выбору оптимальной технологии изготовления заготовок поршней энергоагрегата ЭА-10 и транспортного дизеля 2ДТ, незначительно отличающихся по геометрическим параметрам, но работающих в различных условиях тепловой напряженности. Для

повышения работоспособности в конструкциях поршней предусмотрена установка кольцедержателей из стали 40Г18Ю3Ф, имеющей коэффициент линейного расширения близкий к сплавам на алюминиевой основе. Рабочая температура головки поршня энергоагрегата составляет 190-210°C, а двигателя 2ДТ – 260-280°C.

Технология изготовления биметаллических поршней энергоагрегата предусматривает горячую штамповку предварительных поковок из деформируемого алюминиевого сплава АК4-1 в открытом штампе (рис. 1, а).

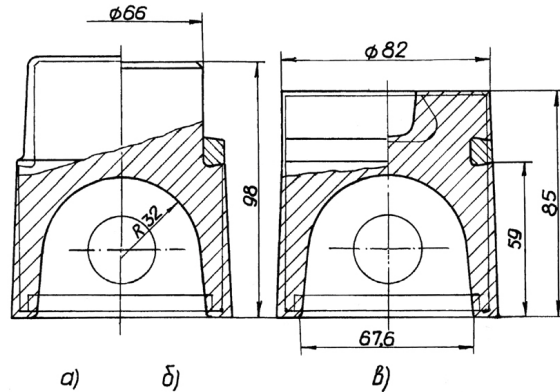


Рис. 1. Технологические переходы штамповки биметаллической заготовки поршня энергоагрегата

На рис.1 показаны переходы формообразования биметаллической заготовки поршня энергоагрегата по разработанной технологической схеме. На предварительно отштампованной заготовке тронка поршня (рис.1, а) протачивается посадочное место, на которое с небольшим натягом устанавливается механически обработанный кольцедержатель (рис.1, б). Полученная биметаллическая заготовка нагревается в электропечи до ковочной температуры материала тронка поршня ( $470 \pm 10^\circ\text{C}$ ) и помещается в штамп закрытого типа, установленный на гидравлическом прессе модели П7640 усилием 10 МН. Заштамповка кольцедержателя производится путем деформации выступающей над ним части заготовки тронка (рис.1, в) [1].

Штампованные заготовки подвергали закалке в воду от температуры  $530 \pm 5^\circ\text{C}$  и в течение 3-5 часов после закалки деформировали при комнатной температуре в штампе, изготовленном по "холодным" размерам. Затем заготовки поршней подвергали старению при температуре  $180 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение 14 ч.

Изучение свойств сплава АК4-1 на образцах, вырезанных из поршня, свидетельствует, что принятая технология обеспечивает высокие значения механических характеристик материала тронка:  $\sigma_b = 450$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 350$  МПа,  $\delta = 14\%$ , НВ 136-138.

Испытание поршней на одноцилиндровых отсеках и развернутых изделиях показали удовлетворительную их работоспособность. Однако поршни двигателя 2ДТ, изготовленные по приведенной технологии, оказались неработоспособными. Сплав АК4-1 значительно разупрочнялся, полость под кольцедержатель разбивалась, что сопровождалось прорывом газов в картер двигателя. В этой связи представило интерес изготовление заготовок поршня двигателя 2ДТ из алюминиевого сплава АЛ-25, отличающегося от сплава АК4-1 повышенной теплостойкостью [2]. Заготовки поршней из этого сплава изготавливали штамповкой жидкого металла.

Штамповку расплава производили на гидравлическом прессе ПД476 усилием 1,6 МН в пресс-форме с использованием принципа поршневого прессования [3]. Зазор между пуансоном и матрицей выполнили 0,2 мм (по диаметру). В качестве смазочного материала применили водный раствор коллоидно-графитового препарата В-

1, который с помощью пульверизатора наносили перед каждой штамповкой. Температура матрицы и пуансона поддерживалась в пределах 150...200°C. Сплав выплавляли в печи сопротивления при 720...740°C, после чего рафинировали препаратом Дегазер и производили заливку в матрицу мерными ковшами. Температура заливки составляла 710...720°C, время от начала отбора расплава из печи до окончания заливки в форму 15 с. Давление прессования (150 МПа) достигалось за 5...7 с, время выдержки под давлением регулировалось автоматически и составляло 40 с. Полученные по указанной технологии заготовки биметаллических поршней из сплава АЛ-25 со стальным кольцедержателем термообработывали по режиму: закалка в горячую воду после выдержки 3-х часов при 495°C, старение 6 ч. при 195°C, охлаждение на воздухе.

Химический состав поршневых сплавов, использованных для изготовления биметаллических поршней, приведен в табл. 1.

Механические свойства сплавов АК4-1 и АЛ-25, термообработанных на заданную твердость, при повышенных температурах приведены в таблице 2. На рис. 2 представлены зависимости значений твердости (длительной и кратковременной) от температур испытаний в промежутке от 20 до 400°C.

Установлено, что сплав АК4-1 при температуре от 20 до 200°C имеет достаточно высокие показатели как прочности, текучести, так и пластичности по сравнению с соответствующими показателями сплава АЛ-25. Далее по мере увеличения температуры происходит существенное понижение уровня механических свойств. При испытании образцов сплавов АК4-1 и АЛ-25 было установлено, что образцы с более высокой твердостью имеют повышенные значения временного сопротивления разрыву, предела текучести и относительного удлинения. Незначительное повышение относительного удлинения наблюдается при температурах испытаний 200-300°C для обоих сплавов. Дальнейшее увеличение показателей пластичности происходит резко с 12 на 32% для АК4-1 и с 4 до 9% для АЛ-25 в диапазоне температур 300-400°C.

Таблица 1

Химический состав поршневых сплавов

Сплав	Основные компоненты, % вес.							Примеси, % вес.		Основа
	Si	Cu	Mg	Ni	Fe	Mn	Ti	Zn	Cr	
АК4-1	0,5-1,2	1,9-3,5	1,4-1,8	0,8-1,3	0,8-1,3	-	0,1	0,3	-	Al
АЛ-25	11-13	1,5-3,0	0,8-1,5	0,8-1,3	-	0,3-0,6	0,05-0,2	0,2	0,2	Al

Таблица 2

Механические свойства сплавов АК4-1 и АЛ-25, термообработанных на заданную твердость, при различных температурах

Сплав, спо-	Темпера-	$\sigma_b$ ,	$\sigma_{0,2}$ ,	$\delta$ , %	Твердость
-------------	----------	--------------	------------------	--------------	-----------

соб изготовления поршней	тура испытания, °С	МПа	МПа		Кратковременная твердость ( $\tau=30$ с)	Длительная твердость ( $\tau=1$ час)	Твердость при 20°С после различных температур испытания
АК4-1, горячая штамповка	20	450	350	14,2	136-138	136-135	
	100	430	350	14,8	124-126	120-119	135
	200	360	325	9,6	118-116	110-108	135
	300	155	150	12,0	55-54	20-19	107
	400	40	38	32,4	20-19	9-8	66
АЛ-25, штамповка жидкого сплава	20	250	215	1,2	107-104	101-99	
	100	220	195	1,2	94-96	85-83	102
	200	190	180	2,0	79	59-58	96
	300	130	120	4,0	50-48	32-30	93
	400	50	40	9,6	26	16-13	87

Сравнительные исследования твердости сплавов АК4-1 и АЛ-25 показали, что с увеличением температуры испытаний резко снижается твердость материала как длительная, так и кратковременная. В интервале температур 200-300°С наблюдается резкое разупрочнение сплава АК4-1 - длительная твердость материала находится в пределах НВ 110...20, кратковременная – НВ 116...55, а у сплава АЛ-25 наблюдается преимущество по длительной твердости НВ 60-30 и кратковременной твердости НВ 79...50 (рис. 2).

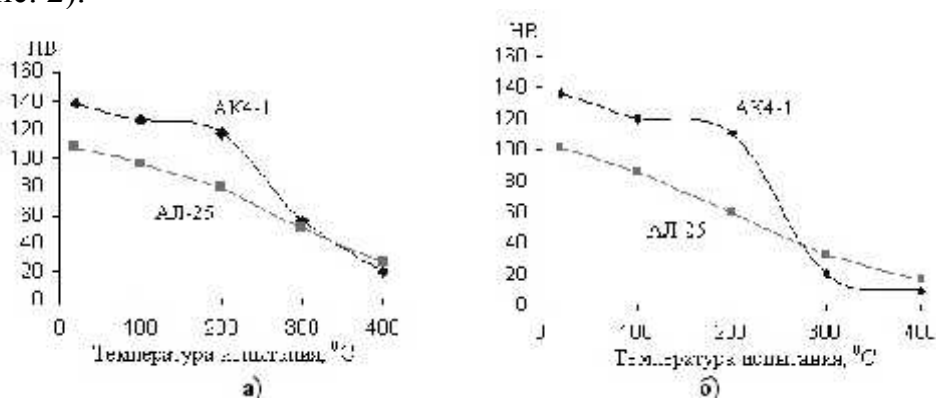


Рис. 2 Влияние температуры испытаний на свойства сплавов на алюминиевой основе: а) кратковременную твердость ( $\tau=30$  с); б) длительную твердость ( $\tau=1$  ч)

После испытаний была повторно замерена твердость обоих сплавов при комнатной температуре и установлено, что при остывании после нагрева до температуры 350-400°С сплав АК4-1 уступает по твердости сплаву АЛ-25.

Проведенное исследование позволило разработать и реализовать в производственных условиях технологию изготовления жидкоштампованных поршней двигателя 2ДТ. Поршни, полученные методом штамповки жидкого металла, прошли все испытания и выдержали заданный ресурс работы.

#### 4. Выводы

Результаты испытаний поршневых сплавов показывают, что при температурах 200-250°С более высокими характеристиками обладают заготовки, полученные из сплава АК4-1 методом горячей штамповки. При температурах до 300°С отмечается

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.