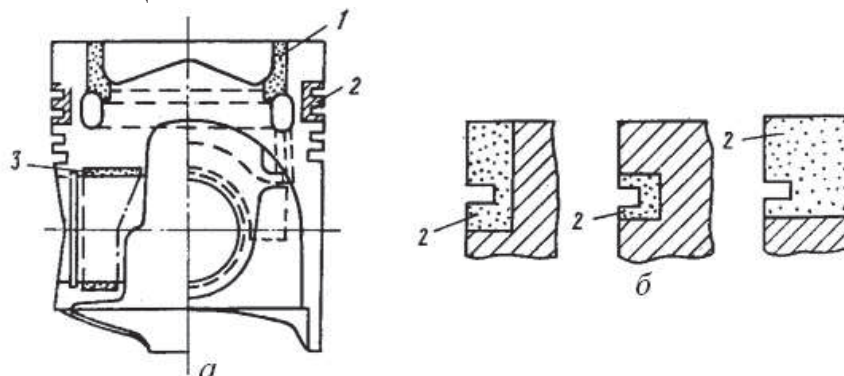


нию с другими способами литья), обусловлено тем, что металлический расплав под давлением лучше проникает в поры и промежутки между частицами керамического материала, и создается более прочная связь между керамическим материалом и металлической матрицей.

В Государственном научном центре ВНИИМЕТМАШ им. академика А.И. Целикова отработана технология композитных поршней для двигателей внутреннего сгорания. Материал поршня – литейный алюминиевый сплав, керамическая вставка – алюминий-кремнеземистые волокна диаметром 2...4 мкм с модулем упругости 150 ГПа, пределом прочности 1700 МПа, плотностью (объемное содержание волокон) 10...20% и содержанием неволокнутой составляющей – не более 5%.



**Рисунок 3. Эскиз поршня с керамическими вставками (а) и схемы размещения боковых вставок (б): 1 – вставка торцовая (в донной части поршня), 2 – вставки боковые; 3 – вставка в отверстие под палец**

Способ ЛКД в сочетании с упрочнением головки поршня керамическими волокнами по сравнению с традиционной технологией литья в кокиль позволило: снизить расход металла на 30...40%; получить плотную и мелкозернистую структуру без дефектов и газовой пористости; повысить физико-механические свойства на 15...20%; добиться высокой термической стабильности упрочняющего эффекта; существенно повысить термоустойчивость и снизить износ рабочих поверхностей поршня без появления термических трещин на кромках; совершенствовать конструкцию поршня и эффективность работы двигателя.

#### Литература

1. Новые технологии и материалы в литейном производстве / А.И. Батышев, К.А. Батышев, В.Д. Белов и др.; под ред. А.И. Батышева. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. – 181 с.
2. Производство отливок в автомобилестроении / А.И. Батышев, В.Д. Белов, К.А. Батышев и др.; под ред. А.И. Батышева. – М.: Изд-во МГОУ, 2011. – 205 с.
3. Поверхностное упрочнение отливок в процессе их производства / И.М. Абачараев, А.Р. Юсупов, Н.К. Санаев: Известия МГТУ «МАМИ», 2010, №1, с. 83-85.

### **Структура и механические свойства отливок из силумина, затвердевших под давлением**

к.т.н. Л Станчек<sup>1</sup>, Б. Ванко<sup>1</sup>, д.т.н. Батышев А.И.<sup>2</sup>, д.т.н. Батышев К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт технологии и материалов Словацкого технического университета, г. Братислава, Республика Словакия.  
8-10-421-264-36-80-73 (ladislav.stancek@stuba.sk).

<sup>2</sup> Университет машиностроения, г. Москва, Россия. 8 (495) 683-9972. (konstbat@rambler.ru).

*Аннотация.* Приведены результаты исследования влияния времени выдержки под закалку отливок, изготовленных из силумина литьем с кристаллизацией под давлением, на их структуру и механические свойства.

*Ключевые слова:* силумин, отливки, структура, свойства, литье, термическая обработка

Изучены структура и механические свойства отливок типа стакана, изготовленных ли-

тём с кристаллизацией под давлением (ЛКД), используя схему пуансонного прессования. При этом расплав в матрицу пресс-форм заливали с избытком на 10 %, чтобы предотвратить образования спая по уровню заливки [1, 2]; избыток расплава вытеснялся из рабочей полости пресс-формы прессующим пуансоном на стадии окончательного оформления контуров отливки.

Сплав  $AlSi7Mg_{0,3}$  (близкий по составу к сплаву АК7ч ГОСТ 1583-93) выплавляли под слоем флюса *SYLUKRIT*, расплав перед заливкой в форму обрабатывали препаратом *ECOSAL-AL 114* при  $720^{\circ}C$ . Отливки с наружным диаметром 70 мм, высотой 125...135 мм, толщиной вертикальной стенки 15 мм и донной части 15...25 мм изготавливали на гидравлическом прессе модели *PYE 250 SS M* с номинальным усилием 400 кН и скоростью холостого хода 200 мм/с, последняя в момент соприкосновения выступающей части пуансона с заливкой в матрицу расплавом автоматически переключалась на скорость рабочего хода, равную ~20 мм/с. Остальные технологические режимы ЛКД: температура матрицы пресс-формы ~ $80^{\circ}C$  (пуансон нагревался только тепловым излучением от матрицы в течение 90 мин, когда пресс-форма была закрыта); температура заливки  $615^{\circ}C$ ; давление прессования 100 МПа; время прессования 30...32 с.

При изготовлении отливки записывали следующие технологические параметры процесса ЛКД: температуру затвердевающей отливки; температуру пресс-формы; перемещение прессующего пуансона; давление прессования (в гидросистеме пресса). Точность измерения температуры составляла  $\pm 0,1^{\circ}C$ , давления –  $\pm 0,1$  МПа, перемещения пуансона –  $\pm 0,01$  мм. Частота фиксации показаний всех параметров на компьютере была равна 0,01 с.

Полученные отливки подвергали термической обработке: закалка по режиму Т6 (нагрев до  $540^{\circ}C$ , выдержка при этой температуре 3 (режим Т6х3), 5 (режим Т6х5) и 10 (режим Т6х10) с, охлаждение в воде, имеющей температуру  $20^{\circ}C$ ); отпуск при  $160^{\circ}C$ , 4 ч, охлаждение на воздухе).

Механические характеристики сплава определяли при испытании на растяжение образцов на универсальной машине *LabTest 5.250 SP1* (усилие 250 кН) со скоростью движения траверсы 2,5 мм/мин. По рабочей диаграмме, записанной на компьютере, рассчитывали временное сопротивление разрыву  $\sigma_b$ , предел текучести  $\sigma_{0,2}$  и относительное удлинение  $\delta$ .

Микроструктуру отливок исследовали на световом (*Zeiss Axiovert 40 MAT*) и электронном сканирующем (*JOEL JSM-6610*) микроскопах.

Установлено что, режим термической обработки Т6х3 способствует формированию состояния сплава с более низкой поверхностной энергией. В результате этого эвтектический кремний теряет острогранность: грани и выступы пластин или грубых волокон постепенно растворяются. При увеличении выдержки до 5 мин (режим Т6х5) процесс округления концов пластин эвтектического кремния интенсивно продолжается. Длина пластин кремния в плоскости шлифа постепенно уменьшается, и частицы приобретают округлую форму. Формирование таких частиц эвтектического кремния будет способствовать эксплуатации изделия в условиях высоких напряжений и деформаций без нарушения их целостности. При выдержке 10 мин (режим Т6х10) частицы эвтектического кремния закругляются еще больше и постепенно грубеют.

Металлографический анализ показал дисперсность структуры ЛКД-отливок. В результате высокой скорости охлаждения в жидком состоянии можно ожидать определённую метастабильность состояния сплава и, как следствие, – повышенную чувствительность его структуры к термической обработке. Литературные данные и результаты настоящего исследования показали, что процесс постепенной потери острогранности пластин эвтектического кремния (процесс сфероидизации) развивается уже на ранних стадиях выдержки при температуре нагрева под закалку. Это способствует повышению механических свойств.

Так, после термической обработки по режиму Т6х3 максимальные значения показателей механических свойств сплава составляли:  $\sigma_b = 370$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 168$  МПа,  $\delta = 16$  %. Увеличение времени выдержки при температуре нагрева под закалку до 5 мин (режим Т6х5) показало, что сплав имеет  $\sigma_b = 386$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 174$  МПа и  $\delta = 20$  %, а до 10 мин (режим Т6х10) –

$\sigma_b = 381$ ,  $\sigma_{0,2} = 178$  МПа,  $\delta = 15$  %. Выдержки при температуре нагрева под закалку более 10 мин приводили к уменьшению  $\sigma_b$ .

В литом состоянии механические свойства отливок из исследованного сплава были следующими:  $\sigma_b = 234$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 135$  МПа,  $\delta = 4,5$  %.

Таким образом, наиболее эффективным режимом термической обработки тонкостенных отливок из немодифицированного сплава AlSi7Mg0,3, изготовленных способом ЛКД, является режим Т6×5: нагрев в течение 2 мин до 540 °С, выдержка 5 мин, охлаждение в воде при 20 °С и старение при 160 °С, 4 ч, охлаждение на воздухе.

#### Литература

1. Кристаллизация металлов и сплавов под давлением. – 2-е изд./ Батышев А.И.: М.: Металлургия, 1990. – 144 с.
2. Влияние скоростей охлаждения и течения расплава на структуру отливок при литье с кристаллизацией под давлением / Станчек Л., Батышев А.И., Ванко Б., Седлачек Е.: М.Литейное производство, 2011, № 3. – с. 14-20.
3. Поверхностное упрочнение отливок в процессе их производства/ И.М. Абачараев, А.Р. Юсупов, Н.К. Санаев: Известия МГТУ «МАМИ», 2010, №1, с. 83-85.

### Пуансонное прессование затвердевающих отливок из силуминов

д.т.н. Батышев А.И.<sup>1</sup>, д.т.н. Батышев К.А.<sup>1</sup>,  
к.т.н. Л. Станчек<sup>2</sup>, к.т.н. Смолькин А.А.<sup>1</sup>, к.т.н. Шрамко Т.Я.<sup>1</sup>.  
<sup>1</sup>Университет машиностроения, г. Москва  
8 (495) 683-9972. (konstbat@rambler.ru).

<sup>2</sup>Институт технологии и материалов Словацкого технического университета,  
г. Братислава, Республика Словакия.  
8-10-421-264-36-80-73 (ladislav.stancek@stuba.sk).

**Аннотация.** Приведены сведения о тепловых процессах, происходящих в формирующихся отливках типа стакана из силуминов при литье с кристаллизацией под давлением (пуансонное прессование), об их структуре и механических свойствах.

**Ключевые слова:** отливка, литьё, давление, тепловые процессы, свойства.

Литьем с кристаллизацией под давлением (ЛКД), используя схему пуансонного прессования [1...3], изготавливают втулки, отливки типа стакана, заготовки корпусных деталей и поршней.

При пуансонной схеме прессования расплав 3 (рисунок 1) свободно заливают в матрицу 2, смонтированную на столе гидравлического пресса, и затем под действием выступающей части пуансона 1 выдавливают вверх до полного заполнения рабочей полости прессформы. Отливка 5 затвердевает под давлением прессующего пуансона.

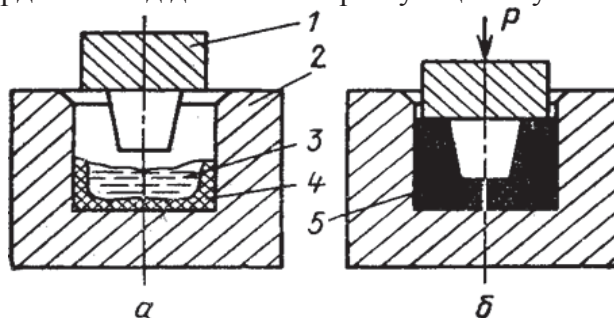


Рисунок 1. Схема пуансонного прессования при ЛКД:

**а** – перед внедрением пуансона; **б** – выдержка под давлением; **1** – пуансон; **2** – матрица; **3** – расплав; **4** – затвердевшая корка; **5** – отливка

Особенностью схемы пуансонного прессования является то, что пуансон своей выступающей частью вначале соприкасается с расплавом 3 и вытесняет его выше уровня заливки.