

Т а б л и ц а 1. Результаты опытно-промышленных плавок

Сплав	Содержание элементов, мас. %					Механические свойства		
	Si	Cu	Mg	Mn	Fe	$\sigma_B$ , МПа	$\delta\%$	НВ
АЛ5	4,8	1,3	0,43	0,27	0,7	235	1,6	70
АК5М2	5,9	2,4	0,26	0,33	0,93	220	1,6	76
АЛ4	8,5	1,8	0,35	0,48	0,60	250	1,8	72
АК5М2 + 20 % СМ	5,8	2,06	0,23	0,34	0,63	240	1,9	72

с добавкой 20 % первичных материалов и сплава АЛ4 с добавкой 1,8 % меди. Все исследуемые сплавы обрабатывали в раздаточном ковше 0,8 % универсального флюса и продували серой в струе аргона под давлением 0,02–0,03 МПа в течение 1 мин. Химический состав и механические свойства полученных сплавов приведены в табл. 1.

Отливки прошли полный цикл обработки и стендовых испытаний по определению теплового состояния двигателя 968-МеМЗ. Стендовые испытания показали, что все сплавы обеспечивают двигателю практически одинаковое тепловое состояние.

Анализ жаропрочности предлагаемых составов показал, что они не уступают серийному сплаву АЛ5.

Для практического использования был рекомендован сплав АК5М2 с добавкой 20 % первичных шихтовых материалов с последующей обработкой расплава универсальным флюсом и серой в струе аргона. Это позволит снизить стоимость 1 т шихтовых материалов для производства головок цилиндров автомобиля "Запорожец" примерно на 150 руб. и расширить область применения вторичных шихтовых материалов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Нильсон Х., Хуфнагель В., Ганулис Г. Алюминиевые сплавы (свойства, обработка, применение)/Пер. с нем. под ред. М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1979. – 680 с.

УДК 669.715.018

Б.М. НЕМЕНЕНОК, канд.техн.наук,  
Л.П. ДОЛГИЙ (БПИ),  
Ю.В. МАРКАРОВ,  
Б.П. БУБНОВ (ММЗ)

#### ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА СПЛАВА АЛ4

Для определения оптимальной толщины стенки отливки проводились исследования по влиянию химического состава сплава АЛ4 и модифицирования на его механические свойства и жидкотекучесть. Опытные плавки проводили в цехе алюминиевого литья ММЗ в раздаточных печах с чугунным тиллом от

Т а б л и ц а 1. Матрица планирования эксперимента  $2^{5-2}$

Факторы	Фиктивная переменная	Химический состав, %				
		Si	Mg	Mn	Fe	Cu
Код	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
Основной уровень [0]		9,0	0,25	0,4	0,8	0,2
Интервал варьирования [1]		1,0	0,05	0,1	0,2	0,1
Верхний уровень [+]		10,0	0,30	0,5	1,0	0,3
Нижний уровень [-]		8,0	0,20	0,3	0,6	0,1
Плавка № 1	+	+	+	+	+	+
Плавка № 2	+	-	+	+	-	+
Плавка № 3	+	+	-	+	-	-
Плавка № 4	+	-	-	+	+	-
Плавка № 5	+	+	+	-	-	-
Плавка № 6	+	-	+	-	+	-
Плавка № 7	+	+	-	-	+	+
Плавка № 8	+	-	-	-	-	+
Плавка № 9	0	0	0	0	0	0
Плавка № 10	0	0	0	0	0	0
Плавка № 11	0	0	0	0	0	0

костью 125 кг. В качестве шихтовых материалов использовали силумин СИЛ-1, алюминий А7, чушковой магний, лигатуры Al-Fe и Al-Mn. Рафинирование и модифицирование сплава производили 0,8 % универсального флюса при температуре 740 °С. После выдержки заливали пробы на жидкотекучесть (U-образная проба) и образцы для механических испытаний. После получения образцов и проб из сплава, обработанного флюсом, расплав дополнительно обрабатывали добавкой серы 0,05 %.

Изучение влияния основных легирующих элементов на жидкотекучесть и механические свойства сплава АЛ4 проводили методом математического планирования экспериментов. Была реализована матрица планирования  $2^{5-2}$ , представленная в табл. 1.

Результаты химического анализа показали хорошее соответствие с расчетным содержанием элементов в различных плавках. Математическая обработка результатов экспериментов позволила получить линейные модели, характеризующие зависимость жидкотекучести и механических свойств от химического состава сплава АЛ4:

$$\lambda = 542,5 + 15 X_1 - 5X_2 - 5X_4 ;$$

$$\sigma_B^{\text{II}} = 192,1 + 5,9 X_1 - 2,9 X_2 - 4,1 X_3 - 1,1 X_5 ;$$

$$\delta^{\text{II}} = 5,5 + 0,3 X_1 - 0,4 X_2 - 0,6 X_4 ;$$

$$\sigma_B^{\text{T.0}} = 247,6 + 7,6 X_1 + 10,9 X_2 - 4,4 X_3 - 4,1 X_4 + 3,4 X_5 ;$$

$$\sigma^{\text{T.0}} = 4,1 + 0,2 X_1 - 0,2 X_2 - 0,4 X_3 - 0,3 X_4 ;$$

$$\text{НВ}^{\text{T.0}} = 86,5 + 4,3 X_2 + 2,6 X_3 + 1,7 X_5 .$$

Анализ зависимостей показывает, что жидкотекучесть сплава зависит от содержания Si, Mg и Fe. Отрицательное действие магния и железа можно объяснить замутнением расплава, образованием окисных плен и игольчатых включений  $\beta$ -фазы (AlSiFe), которые повышают вязкость сплава и снижают жидкотекучесть.

Таким образом, при уменьшении толщины стенок отливок целесообразно выплавлять сплав АЛ4 с содержанием кремния на верхнем пределе, а содержание магния поддерживать в пределах 0,20–0,25 %.

При обработке сплава АЛ4 добавкой серы 0,05 % наблюдается увеличение жидкотекучести и механических характеристик. Жидкотекучесть увеличивается на 13–15 %, пластичность – на 40–60 %, временное сопротивление разрыву и твердость изменяются незначительно. В данном случае происходит обогащение железосодержащей фазы и дополнительное рафинирование расплава серой.

Полученные результаты плавок послужили основанием для выдачи задания на изменение технологической оснастки с целью получения отливок с толщиной стенки в пределах номинал – нижнее предельно допустимое отклонение.

УДК 621.74.043.2:621.892

А.М. МИХАЛЬЦОВ,  
В.А. БАХМАТ, канд.техн.наук,  
В.А. АЛЕШКО,  
В.А. ХАЦКЕВИЧ (БПИ)

## ИСТЕЧЕНИЕ ГАЗОВ ЧЕРЕЗ ТОНКИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ КАНАЛЫ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Вентиляционный канал при литье под давлением представляет собой узкую длинную щель. Формулы для расчета вентиляции, предложенные в работе [1], не учитывают трения газов о стенки канала. Влияние трения проявляется в тонких газовых слоях, контактирующих со стенками канала.

Значения числа Рейнольдса, вычисленные по формуле, приведенной в работе [2], показывают, что при параметрах, характерных для литья под давлением, в вентиляционных каналах возможно ламинарное течение газов.

Течение жидкостей и газов в общем случае описывается с помощью уравнений Навье-Стокса, отыскание точных решений которых для частных случаев затруднено. В то же время для случая ламинарного течения в канале, ограниченном двумя параллельными плоскими стенками, уравнение принимает вид [2]:

$$\frac{dp}{dx} = \mu \frac{d^2 U}{dy^2},$$

где  $\frac{dp}{dx}$  – изменение давления в канале вдоль оси x;  $\frac{d^2 U}{dy^2}$  – изменение скорости в канале вдоль оси y;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости