



Исследования показали, что физико-механические свойства отливок из бронзы БрА9Ж4 при литье по газифицируемым моделям (ГМ) зависят, прежде всего, от плотности и толщины стенки модели, а также температуры заливаемого металла. При определенных условиях (толщина стенки, плотность модели и температура перегрева сплава) их прочностные характеристики и плотность на 10–25 % выше, чем у отливок, полученных в песчаных формах, что вполне оправдывает расходы на переход литейных производств к передовой технологии ГМ.

Н.Н. Моргун, старший преподаватель,
О.И. Пономаренко, д.т.н., профессор,
кафедра «Литейное производство», НТУ «ХПИ», г. Харьков
И.О. Шинский, к.т.н.,
зав. отделом биметаллического литья, ФТИМС АНУ, г. Киев

СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ БРОНЗЫ БрА9Ж4, ПОЛУЧЕННЫЕ ЛИТЬЕМ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Properties of Foundry of Bronze БрА9Ж4 Obtained by Casting on Consumable Pattern

The obtaining of bronze foundry by the method of casting on consumable pattern belongs to the number of the most promising technologies of production of critical parts from this material. However, the physical and mechanical properties of such foundry have not undergone in-depth study yet, although, the necessity of their research by founders, who apply these technologies in industry is very high.

Thus, the present article presents a brief review of experimental research and its results, concerning high quality bronze foundry.

Получение отливок из бронзы методом литья по газифицируемым моделям относится к числу наиболее перспективных технологий изготовления ответственных деталей из этого материала. Однако физико-механические свойства подобных отливок, в зависимости от тех или иных параметров техпроцесса, еще недостаточно изучены, а потребность в их исследованиях со стороны литейщиков, внедряющих эти технологии в производство, очень высока.

В качестве основных физико-механических свойств отливок нами были выбраны для изучения предел прочности σ_b , твердость НВ, плотность ρ , и относительное удлинение δ . В задачу исследования входило установление влияния на эти свойства следующих технологических факторов: плотность модели, степень перегрева, толщина стенки отливки. Исследуемыми материалами служили оловянистые и безоловянистые бронзы.

В качестве постоянных факторов эксперимента были выбраны металлостатический напор H_1 (400 мм), скорость подъема металла в форме W_1 (30–40 мм/с) и ее теплоаккумулирующая способность b_4 (1450–1500 Вт·с^{0,5}/(м²·К)). Переменные факторы — температура заливаемого сплава T_3 , плотность ГМ ρ_5 и толщина отливки R_1 , их значения и интервалы варьирования приведены в табл. 1.

В результате математической обработки данных были получены следующие выражения для определения свойств металла отливки в зависимости от переменных факторов:

$$\sigma_b = 165,6 - 8,88 \cdot T_3 - 3,88 \cdot \rho_5 - 11,87 \cdot R_1 + 1,13 \cdot R_1 \cdot \rho_5, \text{ МПа}; \quad (1)$$

$$\text{НВ} = 60,12 - 17 \cdot T_3 - 9 \cdot \rho_5 - 25 \cdot R_1 + T_3 \cdot R_1 + 5 \cdot T_3 \cdot \rho_5 + 5 \cdot \rho_5 \cdot R_1, \text{ ед.}; \quad (2)$$

Таблица 1

Значения и интервалы варьирования основных технологических факторов при определении свойств отливок из бронзовых сплавов

Наименование факторов	Обозн. фактора	Уровни варьирования			Интервал варьирования	Размерность
		мин.	нулевой	макс.		
Температура заливаемого сплава	T_3	950	1030	1250	75	°С
Плотность модели	ρ_5	20	30	40	10	кг/м ³
Толщина стенки отливки	R_1	10	25	40	15	мм

$$\delta = 7,77 + 0,175 \cdot T_3 + 0,15 \cdot \rho_5 + 0,45 \cdot R_1 - 0,063 \cdot \rho_5 \cdot R_1, \% \quad (3)$$

$$\rho_1 = 8,28 - 0,7 \cdot T_3 - 0,3 \cdot \rho_5 - 0,7 \cdot R_1 - 0,1 \cdot T_3 \cdot R_1 - 0,1 \cdot T_3 \cdot \rho_5 + 0,3 \cdot \rho_5 \cdot R_1, \text{ г/см}^3; \quad (4)$$

Результаты экспериментов представлены в табл. 2, а также графически отображены на рис. 1–4.

Прочность σ_b и твердость НВ сплава БрА9Ж4 при литье по газифицируемым моделям с ростом толщины стенки отливки R_1 (с 10 до 40 мм) и температуры перегрева сплава T_3 (с 95 до 150 °С) уменьшаются — на 14–23 % и 10–20 % соответственно. Они находятся в пределах 130–174 МПа и 55–63 НВ. При уменьшении плотности отливки ρ_1 от 40 до 20 кг/м³ значения σ_b и НВ возрастают на 3–5 и 2–6 % соответственно. Пластичность сплава δ_1 в отливке находится в пределах 7,1–8,5 % и зависит от всех исследуемых факторов (ρ_5 , T_3 , R_1). Наименьшее удлинение, равное 7,0 %, имеют сплавы в отливках толщиной 40 мм, полученные в форме с моделью плотностью 20 кг/м³ и при минимальном перегреве. Максимальное удлинение 8,5 % характерно для сплава в отливках с толщиной стенки 40 мм, полученных в формах с плотностью 40 кг/м³ и максимальным перегревом $T_3 = 1125$ С.

Следует отметить, что максимальная плотность ρ_1 достигается при минимальных значениях всех факторов ($R_1 = 10$ мм, $T_3 = 950$ °С, $\rho_5 = 20$ кг/м³) и равна 8,45 г/см³. При увеличении значения переменных факторов ρ_5 , T_3 , R_1 до 1125 °С, 20 кг/м³, 40 мм соответственно плотность ρ_1 снижается до 8,02 г/см³, или в 1,3 раза.

Уменьшение плотности пенополистироловой модели с 50 до 20 кг/м³ позволяет увеличить характеристики сплава на 10–20 %. Снижение перегрева сплавов до (1,05–1,08) T_L также позволяет увеличить их физико-механические свойства на 10–25 %.

Перегрев расплава (более 1,10–1,12 T_L , где T_L — температура ликвидуса), который определяется температурой заливаемого сплава ($\Theta = (T_3 - T_L) / T_L$), нивелирует рост σ_b и даже ведет к ее снижению на 15–10 % по сравнению с номинальным σ_b . Увеличение толщины стенки отливки также понижает прочностные характеристики материала на 15–25 %.

Анализ результатов, кстати, показывает, что физико-механические свойства материала отливок, полученных по газифици-

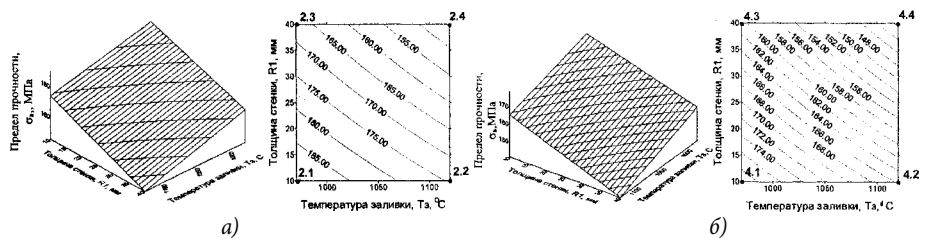


Рис. 1. Влияние плотности модели ρ_5 , температуры заливаемого сплава T_3 , толщины стенки отливки R_1 на плотность ρ_1 бронзы БрА9Ж4. Плотность модели: а) $\rho_5 = 20$ кг/м³; б) $\rho_5 = 40$ кг/м³

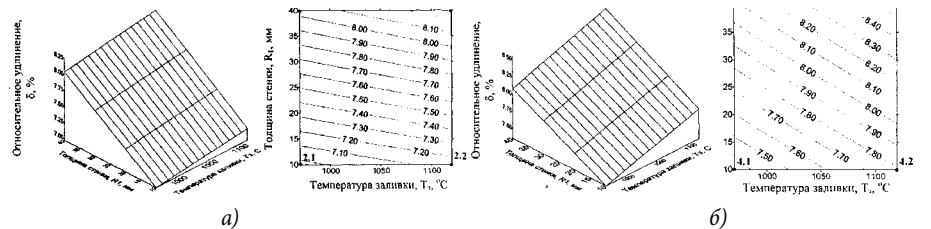


Рис. 2. Влияние плотности модели ρ_5 , температуры заливаемого сплава T_3 , толщины стенки отливки R_1 на относительное удлинение δ_1 бронзы БрА9Ж4. Плотность модели: а) $\rho_5 = 20$ кг/м³; б) $\rho_5 = 40$ кг/м³

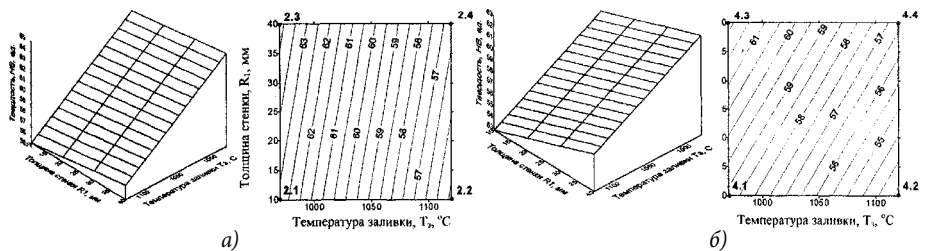


Рис. 3. Влияние плотности модели ρ_5 , температуры заливаемого сплава T_3 , толщины стенки отливки R_1 на твердость НВ отливки из бронзы БрА9Ж4. Плотность модели: а) $\rho_5 = 20$ кг/м³; б) $\rho_5 = 40$ кг/м³

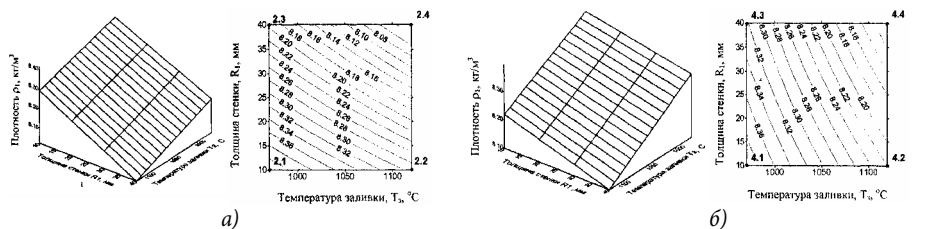


Рис. 4. Влияние плотности модели ρ_5 , температуры заливаемого сплава T_3 , толщины стенки отливки R_1 на предел прочности σ_b бронзы БрА9Ж4. Плотность модели: а) $\rho_5 = 20$ кг/м³; б) $\rho_5 = 40$ кг/м³

Таблица 2
Результаты исследований физико-механических свойств материала отливок из бронзы БрА9Ж4

№ эксп.	Экспериментальные данные			
	σ_b , МПа	δ_1 , %	НВ, ед.	ρ_1 , г/см ³
	средн.	средн.	средн.	средн.
1	190	7,0	70	8,5
2	145	8,3	57	8,1
3	180	7,3	63	8,4
4	165	7,8	62	8,2
5	168	8,0	60	8,3
6	160	8,1	59	8,3
7	175	7,2	64	8,4
8	142	8,5	55	8,1

руемым моделям, на 10–15 % выше по сравнению с изделиями, полученными литьем в песчаные формы (по ГОСТ 613-79). Рост этих характеристик отчетливо наблюдается в отливках с толщиной стенки до 25 мм и плотностью модели до 30 кг/м³.

В завершение отметим также, что созданные математические модели взаимодействия продуктов деструкции пенополистирола с жидким и затвердевающим металлом при литье по моделям с ориентированной пористостью позволяют в дальнейшем создать необходимые методики оптимизации технологических параметров для получения высококачественных отливок из бронз различного назначения.