

КАЧЕСТВО ОЛОВЯННЫХ БРОНЗ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВОК В УСЛОВИЯХ ОАО «ЗСМК»

С.А. Соловьев, В.Б. Деев

Для ремонтных нужд Западно-Сибирского металлургического комбината в литейном цехе производятся крупногабаритные изделия из оловянных бронз двух марок – О5Ц5С5 и О10Ф1. Данные бронзы обладают высокими механическими и антифрикционными свойствами. Антифрикционность бронз связана с их двухфазностью, а именно, наличием мягкого эвтектоида. При затверждении в бронзах образуется ярко выраженная дендритная структура, причем в осях дендритов, являющихся вследствие появления участков эвтектоида ($\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) более твердыми, содержится олова меньше, чем в межосных пространствах. При работе детали на трение твердые прослойки служат опорой, а мягкие участки, вырабатываясь, способствуют образованию на поверхности мельчайших каналов, по которым циркулирует смазка.

Литейной лабораторией комбината был проведен сравнительный анализ свойств бронз О5Ц5С5 и О10Ф1. Бронзы указанных марок выплавлены в условиях собственного производства. Химический состав указанных марок бронз приведен в таблице 1.

Для подтверждения выбора марки бронзы для ответственных отливок проведены исследования механических, антифрикционных свойств и микроструктуры бронзы с экспериментальных плавок. Плавки проводили в печи ИСТ-0,16 на первичных шихтовых материалах с добавлением отходов, лома, возврата собственного производства. Для изучения механических свойств изготавливались стандартные образцы в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84. Антифрикционные свойства исследовали на машине для испытаний согласно требованиям ГОСТ 30480-97. Износ определяли по изменению массы образцов при сухом трении в паре сталь-бронза при нагрузке 40Н.

Результаты исследования механических и антифрикционных свойств образцов приведены в таблице 2. Бронза О5Ц5С5, выплавленная в ходе проведения опытных плавок, не удовлетворяет требованиям ГОСТ 613-79 по твердости. Микроструктурные исследования образцов из бронзы О5Ц5С5 показали, что цинк легирует α - фазу и не проявляет себя в микроструктуре.

Таблица 1 – Химический состав бронз О5Ц5С5 и О10Ф1 (средние данные по 4 плавкам)

Марка бронзы	Sn	P	Al	Fe	Zn	Pb	Si	Sb	Cu
О5Ц5С5 (средние данные по 5 образцам каждой из 4 плавок)	4,55	< 0,02	-	0,18	4,1	5,82	0,02	0,02	остальное
О5Ц5С5 (ГОСТ 613-79)	4,0-6,0	Не более 0,1	Не более 0,05	Не более 0,4	4,0-6,0	4,0-6,0	Не более 0,05	Не более 0,5	остальное
О10Ф1 (средние данные по 5 образцам каждой из 4 плавок)	10,15	0,87	0,01	0,11	<0,2	< 0,03	0,05	0,06	остальное
О10Ф1 (ГОСТ 613-79)	9,0-11,0	0,4-1,1	Не более 0,02	Не более 0,2	Не более 0,3	Не более 0,3	Не более 0,02	Не более 0,3	остальное

КАЧЕСТВО ОЛОВЯННЫХ БРОНЗ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ОТЛИВОК В УСЛОВИЯХ ОАО «ЗСМК»

Таблица 2 – Механические и антифрикционные свойства бронз О5Ц5С5 и О10Ф1 (средние данные по 4 плавкам)

Марка бронзы	Механические свойства и антифрикционные свойства (средние данные по 5 образцам каждой плавки)			
	σ_b , МПа	δ , %	Твердость, НВ	Интенсивность изнашивания, г/м
О10Ф1 (эксперимент)	270-295	5-7	90-101	$3,1 \cdot 10^{-5}$
О10Ф1 (эксперимент, отжиг)	210-245	5-8	95-107	$5,1 \cdot 10^{-5}$
О10Ф1 (ГОСТ 613-79)	Не менее 3	Не менее 3	Не менее 80	-
О5Ц5С5 (эксперимент)	190-211	15-18	50-63	$1,6 \cdot 10^{-4}$
О5Ц5С5 (эксперимент, отжиг)	160-186	12-16	56-68	$2,9 \cdot 10^{-4}$
О5Ц5С5 (ГОСТ 613-79)	Не менее 150	Не менее 6	Не менее 60	-

При изучении микроструктуры бронзы О10Ф1 во всех образцах видно наличие α -фазы и эвтектоида, наблюдается характерная для данных бронз рассеянная пористость. Пористость располагается зонами со средним диаметром пористой зоны до 1 мм. В пределах зоны сетка газоусадочной пористости повторяет рисунок эвтектоидной сетки. Характер пористости и механические свойства после проведения термической обработки не меняются, несмотря на то, что отжиг образцов при температуре 600°C приводит к усреднению структуры сплава и уменьшению дендритной ликвации состава зерен. В термообработанных образцах наблюдается диффузионное рассредоточение эвтектоида под воздействием температурной выдержки, то есть увеличение сечения эвтектоида за счет снижения его плотности. В небольшом количестве по объему каждого образца из бронзы О10Ф1 встречаются округлые включения свинца в объеме зерна, что облегчает обработку резанием, и фосфид Cu_3P , который повышает сопротивление износу (таблица 2). Бронза О10Ф1 содержит в два раза больше олова, чем бронза О5Ц5С5. Следовательно, в структуре бронзы О10Ф1 содержится приблизительно в два раза больше эвтектоида состава ($\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$), чем и объясняются повышенные антифрикционные свойства. Бронза О10Ф1 полностью удовлетворя-

ет требованиям ГОСТ 613-79 по твердости (не менее 80 НВ), по величине относительного удлинения (не менее 3%), по временному сопротивлению на разрыв (не менее 215 МПа). Несмотря на это, наблюдается некоторое колебание механических свойств, связанное с наличием неоднородности в структуре сплавов. Поэтому, при отсутствии специальных мероприятий (увеличение скорости кристаллизации при заливке, вакуумировании, продувки расплава перед заливкой с целью рафинирования и т.д.) снизить влияние рассеянной пористости на плотность, и соответственно, механические и специальные эксплуатационные свойства возможно только за счет мероприятий организационного характера (снижения времени ведения плавки, температурный режим и т.д.) и повышения использования в шихте чистых металлов меди марок от М1 до М3, олова марок от О1 до О4, меди фосфористой МФ9-10.

Выводы: Металлографический анализ структуры и изучение механических и антифрикционных свойств показал преимущество выплавляемой бронзы О10Ф1 перед бронзой О5Ц5С5 с точки зрения получения отливок, работающих в условиях износа. Применение термической обработки бронз для повышения механических свойств в случае наличия в структуре газоусадочной или ликвационной пористости нецелесообразно.