

расплав, при которой резко ухудшается растворимость частиц, составляет 1593 К, а ввод силикокальция эффективен при температурах не менее 1713 К.

Таким образом, анализ кинетики растворения с помощью разработанной методики позволяет для конкретных условий модифицирования подобрать химический и фракционный состав присадки, определить оптимальные температурные режимы обработки.

УДК 621.746

В.А. ГРИНБЕРГ, И.В. ЗЕМСКОВ, В.Д. ТУЛЬЕВ, кандидаты техн. наук (БПИ),  
А.П. МЕЛЬНИКОВ, Б.Р. ГЛЕЙЗЕР (з-д "Центролит", Гомель)

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛУНЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ОЛОВЯННЫХ БРОНЗ

Исследования выполняли на бронзах марок Бр05Ц5С5 и Бр03Ц7СН1. Плавку бронз осуществляли в шамотографитовом тигле высокочастотной индукционной плавильной печи. В качестве шихтовых материалов использовали 80 % бронзы в чушках с содержанием цинка 6 и 8 % и 20 % собственного возврата. Для предотвращения окисления металла плавку вели под слоем высушенного древесного угля. Раскисляли металл добавкой 0,1 % фосфористой меди.

Для ориентировочного предварительного определения температуры заливки и режимов вытягивания были рассчитаны температуры ликвидуса и солидуса исследованных марок бронз. Расчет производили по эмпирическим формулам, полученным методом планирования эксперимента [ 1 ]:

$$T_{л} = 1015 - 26,4X_1 - 11,4X_2 - 13,9X_3 + 16,8X_4 + 7,2X_1X_2 - 7,7X_2X_3;$$

$$T_{с} = 840 - 54,5X_1 - 8,2X_2 - 9X_3 + 3,75X_4 + 4X_1X_3 + 5,7X_2X_3,$$

где

$$X_1 = \frac{\text{Sn} - 5,0}{3,0}; \quad X_2 = \frac{\text{Zn} - 5,0}{3,0};$$

$$X_3 = \frac{\text{Pb} - 5,0}{3,0}; \quad X_4 = \frac{\text{Ni} - 2,0}{2,0}.$$

При расчете по эмпирическим формулам получены следующие температуры: для Бр05Ц5С5 –  $T_{л} = 1015$  °С;  $T_{с} = 840$  °С; для Бр03Ц7СН1 –  $T_{л} = 1017$  °С;  $T_{с} = 868$  °С.

Кроме того, температуры ликвидуса и солидуса для Бр05Ц5С5 были определены экспериментально на пирометре Курнакова. Получены значения  $T_{л} = 1010$  °С и  $T_{с} = 862$  °С. Температура ликвидуса отчетливо фиксируется на термической кривой в виде площадки значительной протяженности. При температуре солидуса такой отчетливо выраженной площадки не наблюдается, что может внести погрешность в результаты измерений.

В процессе исследований получали цилиндрические сплошные заготовки

Табл. 1. Параметры вытягивания для сплошных заготовок

Марка бронзы	Диаметр заготовки, мм	Средняя скорость литья, м/мин	Время остановки, с	Время движения, с	Шаг вытягивания, мм
Бр05Ц5С5	65	0,2...0,24	12...13	4...5	55...70
	105	0,12...0,16	13...14	4...6	35...55
	150	0,07...0,09	15...16	7...8	25...35
Бр03Ц7СН1	65	0,24...0,28	10...12	4...6	60...75
	105	0,14...0,18	12...14	6...7	45...60
	150	0,08...0,1	14...15	7...8	30...40

Табл. 2. Технологические параметры непрерывного литья полых заготовок

Толщина стенки, мм	Средняя скорость литья, м/мин	Время остановки, с	Время движения, с	Шаг вытягивания, мм
10...15	0,5...0,55	1...2	3...4	35...55
15...20	0,45...0,5	2...3	1...2	25...40
20...25	0,4...0,45	2...3	1...2	20...35

диаметрами 65, 105 и 150 мм и полые цилиндрические заготовки диаметром 105 мм с толщиной стенки 10 мм, 15, 20 и 25 мм.

Температура заливки, обеспечивающая стабильное протекание процесса литья, находится в пределах 1110...1140 °С для сплошных и 1130...1160 °С для полых заготовок. Такое значительное превышение (100...150 °С) температуры ликвидуса объясняется низкой скоростью литья, малым расходом жидкого металла (0,1...0,4 кг/с) и связанной с этим возможностью образования настывей в разливочном ковше и перемерзания металла в литниковых каналах.

Оптимальные параметры вытягивания сплошных заготовок приведены в табл. 1.

Режимы вытягивания в значительной степени определяются низкой прочностью оловянных бронз при температурах, близких к  $T_{л}$ . Так, прочность Бр05Ц5С5 при 840 °С составляет всего лишь 4...5 МПа. Поэтому вытягивание осуществляют с длительной остановкой ( $t_{ост} : t_{дв} = 3:1-2:1$ ) и низкой средней скоростью. Добавка Ni в бронзу несколько повышает ее горячую прочность и позволяет осуществлять процесс литья при более высоких скоростях. Параметры, приведенные в табл. 1, получены без вторичного охлаждения. Вторичное охлаждение позволяет увеличить среднюю скорость литья на 20...25 %.

Технологические параметры процесса непрерывного литья полых заготовок из Бр05Ц5С5 приведены в табл. 2.

Стабильный процесс литья полых заготовок возможен при значительно больших скоростях, чем сплошных, и при соотношении  $t_{ост} : t_{дв} = 2:1-1:2$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лигейные бронзы / К.П. Лебедев и др. - Л., 1973.