

УДК 669.2/8:539.2

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ  
БЕССВИНЦОВЫХ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ ОЛОВО – ЦИНКД. А. ЗЕРНИЦА<sup>1</sup>, В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ<sup>2</sup><sup>1</sup>Мозырский государственный педагогический университет  
имени И. П. Шамякина

Мозырь, Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь

Исследования кристаллизации цинка и его сплавов ведутся достаточно давно. В ранней работе Александрова [1] при исследовании влияния термической предыстории чистых массивных образцов Zn и Cd на их кристаллизацию было установлено, что цинк не имеет предкристаллизационного переохлаждения и кристаллизация, имеющая равновесный характер, происходит при температуре кристаллизации, совпадавшей с температурой плавления цинка, а переохлаждение равно нулю. К сожалению, работ, посвященных исследованию кристаллизации цинка с оловом в неравновесных условиях, встречается крайне мало и работы в основном ведутся в областях малых концентраций цинка. Целью исследования является изучение формирования структур при высокоскоростной кристаллизации сплавов цинка с оловом в составах, находящихся в интервалах 0...100 масс. % Zn.

Исследуемые фольги получались методом сверхбыстрого затвердевания из расплава, описанного в [2]. Как было установлено нами ранее, для быстро-затвердевших фольг формируется дисперсная структура, распределение элементов в которой однородное. Кристаллизация сплавов Sn–Zn со сверхвысокими скоростями охлаждения протекает в следующем порядке. Если в чистом олове растворено небольшое количество цинка, то образуется пересыщенный твердый раствор на основе олова. Так как твердый раствор пересыщен, комнатные температуры для него являются высокими и из твердого раствора выделяется цинк. Подобным образом происходит превращение при концентрациях цинка менее 4 масс. %. Для областей концентраций, близких к эвтектике, на графике зависимости параметра ячейки  $a$  от концентрации цинка (рис. 1,  $a$ ) наблюдаются насыщение и дальнейшее падение значения параметра со стабилизацией в области заэвтектических составов ( $Zn > 10$  масс. %). Следовательно, вблизи концентрации 4 масс. % образуется пересыщенный твердый раствор и выделяется цинк. Приближаясь к эвтектике, меняется ее состав: образуются твердый раствор цинка в олове и отдельные крупные выделения частиц цинка, наблюдаемые в структуре.

Выделение пересыщенного твердого раствора можно наблюдать на графике зависимости параметра элементарной ячейки  $a$  от времени выдержки (рис. 1,  $b$ ). С увеличением времени выдержки параметр  $a$  олова растет, что подтверждает теорию о пересыщении олова цинком. Дальнейшая выдержка приводит к увеличению параметра  $a$ , поскольку цинк выходит из олова. Следовательно, образуется пересыщенный твердый раствор, который сопровождается выделением цинка, приводя к уменьшению его доли в олове, и изменением первоначальной концентрации цинка, например, от 8,8 масс. % до 6 масс. %. Далее кристаллизуется

олово, содержащее 6 масс. % Zn, и цинк захватывается оловом. Образуется пересыщенный твердый раствор на основе олова, а затем цинк постепенно выходит из олова, формируясь в виде большого числа дисперсных выделений. Отметим, что с увеличением содержания цинка в быстрозатвердевших фольгах Sn–Zn растет физическое уширение (см. рис. 1), что объясняется увеличением микронапряжений.

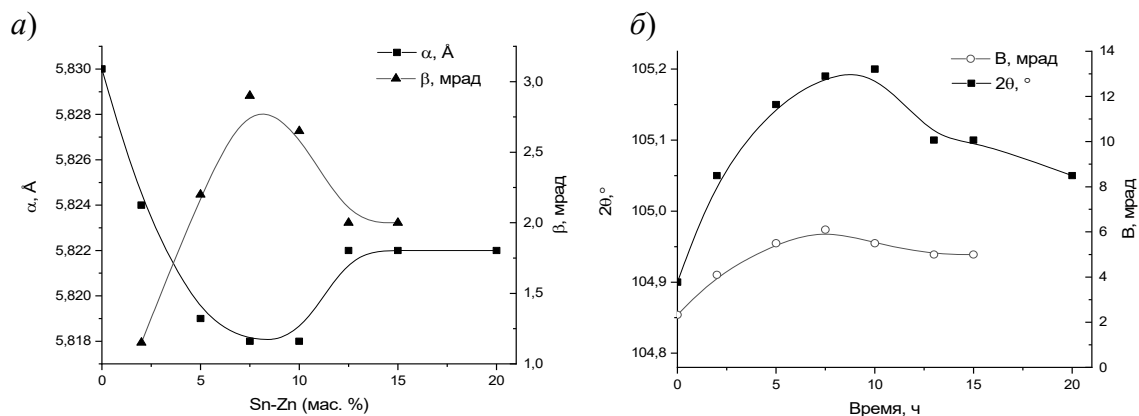


Рис. 1. График зависимости параметра элементарной ячейки и физического уширения дифракционной линии: *a* – от концентрации цинка в быстрозатвердевших фольгах Sn–Zn; *б* – от времени выдержки быстрозатвердевшего эвтектического сплава Sn – 8,8 масс. % Zn

Процесс кристаллизации быстрозатвердевших сплавов цинк – олово с малым содержанием олова подобен процессу, рассмотренному выше. Так, в быстрозатвердевшем сплаве Zn – 5 масс. % Sn процесс кристаллизации начинается с выделением цинка, который захватывает олово, и затем из этого сплава образуется пересыщенный твёрдый раствор. Твёрдый раствор на основе цинка является пересыщенным, и из него постепенно выделяется олово. Аналогичный процесс протекает и в быстрозатвердевших сплавах более высокими концентрациями цинка (до 80 масс. %).

Рассмотрим формирование структуры в быстрозатвердевших сплавах Sn–Zn с равными значениями объёмных долей ( $c \sim 50/50$  масс. %). По мере достижения температуры ликвидуса начинает выделяться цинк, что приводит к изменению состава. Частицы цинка увеличиваются, и одновременно протекает эвтектическое превращение, сопровождающееся выделением смеси цинка и олова. Из переохлаждённого расплава выделяется белая масса, являющаяся смесью олова и цинка, из которой в последующем выделяется олово. Олово закристаллизовалось первым, затем из твёрдого раствора олова выделился цинк, который формируется у границ, с образованием дисперсных выделений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров, В. Д.** Исследование влияния термической предыстории расплавов цинка и кадмия на их кристаллизацию / В. Д. Александров, А. А. Баранников // Письма в ЖТФ. – 1998. – Т. 24, № 14. – С. 73–78.
2. **Shepelevich, V. G.** The Formation of the Structure of the Alloys of the Tin–Zinc System upon High-Speed solidification / V. G. Shepelevich, D. A. Zernitsa // Inorganic Materials: Applied Research. – 2021. – Vol. 12, № 4. – P. 1094–1099.