

УДК 621

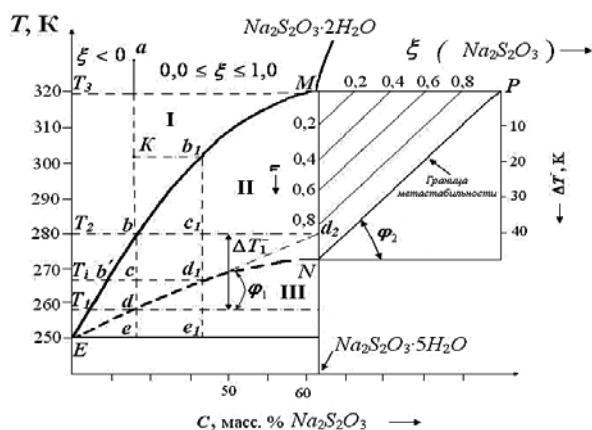
РАСТВОРЫ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ КАК МОДЕЛИРУЮЩАЯ СРЕДА ПРИ ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ МЕТАЛЛОВ

С. А. ФРОЛОВА, О. В. СОБОЛЬ, Д. С. ГРЕДНЕВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры
Макеевка

Моделирующей средой при физическом моделировании могут быть прозрачные водные растворы неорганических веществ, а также сплавы с температурой плавления ниже 100°C . Выбор таких веществ обусловлен их оригинальными свойствами: прозрачностью, невысокой температурой плавления, склонностью к переохлаждению, низкой скоростью кристаллизации, хорошей воспроизводимостью результатов, экологичностью и т. д. [1, 2].

Рассмотрим диаграмму состояния системы «вода – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ » в ее заэвтектической области, считая воду растворителем, а гипосульфит – растворимым веществом (рис. 1). Линия EbM – кривая растворимости $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в воде, отражающая зависимость насыщенных растворов от температуры; она же является линией ликвидус, характеризующей начало появления зародышей кристаллов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при квазиравновесной кристаллизации; EN – кривая максимумов пересыщения; она же кривая зависимости минимальных температур от концентрации ξ на момент начала взрывной кристаллизации из переохлажденного метастабильного состояния.

Рис. 1. Диаграмма состояния $\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Выше кривой растворимости находится область ненасыщенных растворов I. Растворы, составы которых отвечают этой области, способны и дальше растворять гипосульфит натрия. В частности, при добавлении кристаллов $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ к его раствору с водой, состав которого отвечает точке K, будет происходить растворение кристаллов при постоянной температуре T_2 с увеличением концентрации раствора от точки K через точку b_1 до точки b. При добавлении $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при данной температуре к его насыщенному раствору концентрация раствора останется прежней. Всё добавленное количество тио-

сульфата, например, от точки b до какой-нибудь точки b_i , осядет в осадок по пути $b_i \rightarrow e_i$. Пересыщенный раствор – неустойчивое, однофазное состояние системы. Это фактически переохлажденная метастабильная жидкость, находящаяся между ненасыщенным раствором (т. е. кривой EbM) и линией предельных пересыщений (или переохлаждений) $E'N$. Например, для раствора, соответствующего по составу точки a , пересыщение определяется не только формальной добавкой концентрации, но и отрезком температур от точки b до точки d , т. е. переохлаждением раствора ΔT_L^- относительно температуры ликвидус T_2 .

Кристаллизация в пересыщенном растворе, как и в переохлажденном состоянии, может начаться либо спонтанно, либо принудительно. Спонтанно возникающие в пересыщенном растворе зародыши становятся центрами кристаллизации, которые увеличиваются в размерах и превращаются в кристаллические зерна. Область метастабильных растворов II для одного и того же вещества не является строго определенной. Ее положение зависит от многих факторов: величины предварительного перегрева раствора относительно температуры ликвидус, скорости охлаждения, примесей, внешних воздействий и пр. Рассмотрим пути кристаллизации пересыщенных растворов на примере смеси 0,25 воды + 0,75 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (отн. масс. ед.) из точки a . Если кристаллизация начнется в точке b , то она будет квазиравновесной, а путь кристаллизации пройдет по направлению $a \rightarrow b \rightarrow c_1 \rightarrow d_1 \rightarrow E$. Если же в точке b кристаллизации не происходит, то раствор становится пересыщенным от точки b до точки d . Если кристаллизация начинается в точке d , т. е. на пределе пересыщения (или при минимальной температуре T_1), то в данном случае возникают варианты для мгновенной кристаллизации, при которой температура не поднимается выше температуры T_1 , путь кристаллизации пройдет по точкам $a \rightarrow d \rightarrow d_1 \rightarrow E$. Если стартовая кристаллизация будет частичной, то направление кристаллизации будет выглядеть следующим образом: $a \rightarrow d \rightarrow c \rightarrow c_1 \rightarrow E$ или $a \rightarrow d \rightarrow c_1 \rightarrow E$. Если же при взрывной кристаллизации температура поднимается от T_1 до T_2 , то путь кристаллизации пройдет по точкам $a \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow E$. В пересыщенной (переохлажденной) области II можно применить правило рычага для определения степени пересыщения по каноду c_1c_i . Например, для пересыщенного раствора, соответствующего по концентрации точки c на рис. 1 при постоянной температуре, относительная степень пересыщения будет иметь следующий вид: $\xi = c_1c/c_1c_i$. Аналогичным образом сказанное выше можно применить и для доэвтектических растворов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нурадинов, А. С. Процессы кристаллизации и формирования структуры литых заготовок: монография / А. С. Нурадинов, М. Р. Нахаев. – Грозный: Чечен. гос. ун-т, 2020. – 170 с.
2. Гаманюк, С. Б. Использование физического моделирования для оценки влияния способа и скорости разлива на формирование осевой зоны крупного слитка / С. Б. Гаманюк, Д. В. Рущкий // Известия вузов. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65, № 11. – С. 814–823.