

КИНЕТИКА ПЛАВЛЕНИЯ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

И. И. СУТОРЬМА

*Гомельский государственный технический университет
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Рассмотрим процесс гомогенного плавления чистого металла. Подвергнем нагреву некоторое его количество массой M , находящееся в твердой фазе при начальной температуре T_S . В процессе нагрева твердая фаза переходит в жидкое (твердожидкое) состояние, характеризующееся температурой T_{SL} , и далее доводится до конечной температуры T_G , соответствующей температуре перехода в газообразное состояние (температура испарения). В твердожидком состоянии массу твердой фазы (исходный компонент) обозначим M_S , а массу жидкой фазы (конечный продукт) – M_L . Связь между исходным компонентом и конечным продуктом имеет вид

$$M = M_S + M_L. \quad (1)$$

Разделим обе части выражения на M . Получим

$$\frac{M_S}{M} + \frac{M_L}{M} = 1. \quad (2)$$

Обозначим

$$a = \frac{M_S}{M}, b = \frac{M_L}{M}. \quad (3)$$

Тогда

$$a + b = 1. \quad (4)$$

где a – концентрация твердой фазы (количество, доля в общей массе), кг/кг; b – концентрация жидкой фазы (количество, доля в общей массе), кг/кг.

В процессе плавления a изменяется от 1 до 0, а b изменяется от 0 до 1.

Чтобы отметить, что это именно процесс плавления, введем индекс L . В работе получена зависимость концентрации жидкой фазы от температуры в процессе плавления

$$b_L = \frac{1}{1 + e^{\frac{E}{RT} - \frac{E}{RT_{SL}}}}. \quad (5)$$

В процессе плавления температура изменяется в пределах

$$t_s \leq t \leq t_G \text{ или } T_s \leq T \leq T_G. \quad (6)$$

где t , T – текущая температура металла соответственно в $^{\circ}\text{C}$ и K ; t_G , T_G – температура испарения металла соответственно в $^{\circ}\text{C}$ и K ; t_s , T_s – начальная температура металла в твердой фазе соответственно в $^{\circ}\text{C}$ и K (удобно взять $t_s = 0$ $^{\circ}\text{C}$ или $T_s = 273$ K).

Количество жидкой фазы будет изменяться в пределах

$$0 \leq b_L \leq 1. \quad (7)$$

Зависимость количества жидкой фазы от температуры $b_L = f(T)$ в процессе плавления представлена на рисунке 1.

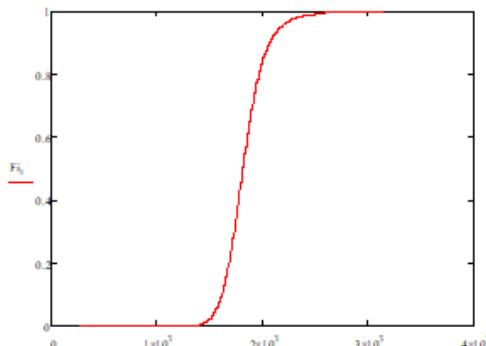


Рисунок 1 – Зависимость количества жидкой фазы b_L от температуры в процессе плавления чистого железа T , K

Задаваясь справочными значениями T_E , а также конечным значением $b_s = 0,999$ (погрешность 0,1 %), найдем численно оптимальные значения энергии активации процесса плавления для некоторых чистых металлов, получивших широкое применение в металлургии. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значение энергии активации E процессов плавления и кристаллизации некоторых чистых металлов

Металл	T_{SL} , К	T_G , К	Энергия активации E	
			$\times 10^7$, Дж/моль $\times 10^{14}$, эрг/моль	$\times 10^7$, кал/моль
Al	933	2773	8,8808	2,1225
Cu	1356	2573	18,1347	4,3342
Fe	1812	3153	26,9192	6,4337
Ti	1933	3533	26,9573	6,4428

В отличие от квазигазового и квазикристаллического подходов при рассмотрении жидкого состояния, в данной работе принят подход, основанный на принципе структурного дуализма в расплаве, соответствующего термодинамическому принципу двухфазности [1]. Вследствие этого он хорошо согласуется на микроуровне с кластерной моделью плавления и кристаллизации, например [2]. Следует особо отметить, что уравнения типа 5, в рамках рассмотрения процессов плавления и кристаллизации с позиций иных механизмов не дают адекватных результатов.

Численное решение зависимости (5) позволило получить приближенные теоретические значения энергий активации процессов гомогенного плавления некоторых чистых металлов, получивших широкое применение в технике.

В рамках предложенного подхода табличное значение энергии активации применимо как при взаимных переходах между твердым и твердожидким состояниями, так и между твердожидким и газообразным состояниями. Это обусловлено наличием особенности на кривой, представленной на рисунке 1, при плавлении (процесс идет скачкообразно) и отсутствием такой особенности при испарении (непрерывный переход между твердожидким и газообразным состояниями), что также хорошо представлено в работах прошлых лет [1–3].

Список литературы

- 1 Уббелоде, А. Р. Расплавленное состояние вещества / А. Р. Уббелоде. – М. : Металлургия, 1982. – 467 с.
- 2 Гаврилин, И. В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов / И. В. Гаврилин. – Владимир : Владимирский государственный университет, 2000. – 196 с.
- 3 Акулов, Н. С. Основы химической динамики / Н. С. Акулов. – М. : Изд-во МГУ, 1940. – 95 с.

УДК 625.85

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОВАВОК В ДОРОЖНОМ АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

B. B. ТОМАШОВ

*Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель*

В связи с возрастающим объемом дорожного строительства в Республике Беларусь увеличивается потребность в дорожно-строительных материалах. Недостаток последних значительно сдерживает темпы строительства автомобильных дорог и ведет к увеличению их стоимости. Повысить темпы и снизить себестоимость дорожного строительства можно только благодаря широкому применению местных дорожно-строительных материалов, а также отходов и побочных продуктов промышленности. Кроме того, отходы создают проблемы для окружающей среды, и утилизация отходов требует больших затрат.

К широко распространенным видам вторичного сырья, перспективным для использования в дорожном асфальтобетоне, относятся отсевы песчано-гравийных смесей (далее – ОПГС), мелкозернистые угольные шлаки, волокнистые отходы химической промышленности, зола переработанных горючих сланцев (далее – ЗГС), отход спиртового и дрожжевого производства (гидролизный лигнин), отход сахарного производства (дефекат).