

## ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ

на тему

### «Коефіцієнт випаровування компоненту в умовах вакуумної плавки»

Визначити коефіцієнт випаровування ( $\alpha$ ) марганцю при плавці в ВІП розплаву Fe - 4 % Mn.

*Вихідні дані.*

1. Плавка проводиться в вакуумній індукційній печі місткістю 1000 кг, діаметр тиглю 0,51 м, тривалість вакуумування 600 с, щільність розплаву  $\rho=7000$  кг/м<sup>3</sup>.

2. Температура  $T = 1873$  К.

3. Тиск пари заліза  $P_{Fe}^0 = 6,9$  Па.

4.  $\ln \gamma_{Fe} = 0,389 x_{Mn}^2$ .

5. Константа швидкості випаровування марганцю  $K_{Mn} = 1,16 \cdot 10^{-4}$  м·с<sup>-1</sup>.

6.  $\gamma_{Mn}^{Fe} = 1,43$  при 1873 К.

*Теоретичні положення.*

Повнота процесу випаровування при вакуумній плавці характеризується коефіцієнтом випаровування Олетте ( $\alpha$ ):

$$\alpha = (\gamma_i p_i^0) / (\gamma_{Fe} p_{Fe}^0) \sqrt{M_{Fe} / M_i}, \quad (1)$$

де  $\gamma_i, \gamma_{Fe}, p_i^0, p_{Fe}^0, M_i, M_{Fe}$  — коефіцієнти активностей, тиски парів і молекулярні маси елементу-домішки і заліза.

Знаючи  $\alpha$  можна оцінити відносні втрати елементів в процесі плавки в вакуумі:

$$u = 100 - 100 \cdot [1 - \left(\frac{u_{Fe}}{100}\right)^\alpha], \quad (2)$$

де  $u_i, u_{Fe}$  – відносні втрати домішки і заліза.

Коефіцієнт  $\alpha$  можна розрахувати за рівнянням (1) або визначити експериментально. В першому випадку необхідно знати табличні дані по коефіцієнтам активностей і тискам парів компонентів. В другому – дослідні дані про швидкості випаровування елементів.

Швидкість випаровування компонентів описується рівнянням:

$$-\frac{dc}{d\tau} = K \left(\frac{S}{V}\right) c, \quad (3)$$

де  $S$  і  $V$  – поверхня і об'єм розплаву.

Після інтегрування виразу (3) в межах  $\tau=0$  і  $\tau$ ;  $c=c_0$  і  $c$  отримаємо:

$$\ln\left(\frac{c_0}{c}\right) = K(S/V)\tau . \quad (4)$$

Для чисто кінетичного режиму випаровування константа швидкості випаровування домішки може бути обчислена за рівнянням Ленгмюра:

$$K_i = \left(\frac{\gamma_i p_i^0}{\rho}\right) \sqrt{M_{Fe}^2 / (2\pi R T M_i)}, \quad (5)$$

де  $\rho$  – щільність розплаву;  $R$ ,  $T$  - універсальна газова стала і температура.

*Приклад рішення.*

Розрахуємо площу поверхні металу в тиглі:

$$S = \pi r^2 = 3,14 * 0,255^2 = 0,204 \text{ м}^2.$$

Об'єм металу в тиглі:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1000}{7000} = 0,143 \text{ м}^3.$$

За рівнянням (4) визначимо кінцевий вміст марганцю:

$$\ln\left(\frac{4,0}{C_{Mn}}\right) = 1,16 * 10^{-4} * \frac{0,204}{0,143} * 600 = 0,0993$$

Звідки  $C_{Mn} = 3,62\%$ .

Відносні втрати марганцю складатимуть  $(4-3,62)/4 * 100\% = 9,5\%$ .

Константу швидкості випаровування заліза визначимо за формулою (5):

$$K_{Fe} = \left[\left(\frac{1*6,9}{7000}\right) \sqrt{\frac{55,85^2}{2*3,14*8,31*1873*54,94}}\right] = 2,4 * 10^{-5} \text{ м/с}$$

Тепер за формулою (4) розрахуємо кінцеву концентрацію заліза:

$$\ln\left(\frac{96,0}{C_{Fe}}\right) = \left(2,4 * 10^{-5} * 600 * \frac{0,204}{0,143}\right) = 0,021$$

Звідки  $C_{Fe} = 94,1\%$ .

Відносні втрати заліза дорівнюють  $[(96 - 94,1) / 96] * 100 = 2,0\%$ .

Для визначення  $\alpha$  прологарифмуємо рівняння (2) і підставимо відповідні значення  $u_{Mn}$  і  $u_{Fe}$ .

$$\alpha = \frac{\ln[(100 - 9,46)/100]}{\ln[1 - (\frac{2,0}{100})]} = 5$$

Оскільки  $\alpha > 1$ , то в процесі випаровування в розплаві знижується вміст марганцю. Якщо  $\alpha < 1$ , то розплав буде збагачуватись розчиненим компонентом.

Таблиця - Варіанти для розрахунку

№ вар.	Початковий вміст Mn в розплаві	Місткість печі, кг	Діаметр тиглю, м	Тривалість вакуумування, хв	Температура, К	Тиск пари заліза, Па
1	3,8	500	0,41	10	1873	6,9
2	3,6	1000	0,51	14	1853	6,0
3	3,5	1500	0,60	18	1863	7,0
4	3,2	2000	0,80	20	1860	5,0
5	4,0	500	0,41	12	1880	6,5
6	3,9	1000	0,51	15	1875	5,5
7	3,7	1500	0,60	17	1873	7,5
8	3,4	2000	0,80	18	1853	8,0
9	4,0	100	0,30	12	1843	5,5
10	4,1	200	0,35	13	1873	6,5