

Сравнительные данные по коррозионной стойкости алюминиевых легированных покрытий приведены на рис. 1.

Добавки в алирующую смесь кремния, молибдена, меди и марганца повышают коррозионную стойкость алюминиевых покрытий в 2–4 раза.

Аналогичные данные для цинковых покрытий приведены на рис. 2. В этом случае положительное влияние на коррозионную стойкость цинковых покрытий оказывают медь и алюминий, которые повышают коррозионную стойкость цинкового покрытия примерно в 1,5 раза. Легирование цинкового покрытия одновременно медью и алюминием повышает его коррозионную стойкость в 2,2 раза (табл. 1).

Эффект повышения коррозионной стойкости алюминиевых и цинковых покрытий можно отнести только за счет легирования, так как легирующие элементы уменьшают толщину диффузионных слоев (рис. 3).

Оптимальные составы насыщающих смесей (табл. 1) уточнялись с использованием математического планирования эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Похмурский В.И., Далисов В.Б., Голубец В.М. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. – Киев: Наук. думка, 1980. – 187 с.
2. Проскуркин Е.В., Горбунов Н.С. Диффузионные цинковые покрытия. – М.: Металлургия, 1972. – 248 с.
3. Рябов В.Р. Алитирование стали. – М.: Металлургия, 1973. – 240 с.

УДК 539.219.3

Л.Г. ВОРОШНИН, д-р техн.наук,
Е.М. БЛОХ (БПИ)

ЧИСЛЕННЫЕ РАСЧЕТЫ ДИФфуЗИОННОГО РОСТА КАРБИДОВ В ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ

В [1] разработана математическая модель диффузионных процессов в двухфазной системе трехкомпонентного сплава Fe–Me–C. В ней используется модель роста частицы новой фазы в элементарной сферической ячейке [2]. Как показано в [1], изменение радиуса частицы описывается уравнениями

$$(C_1^I - C_1^R) R \frac{dR}{dt} = [\tilde{D}_{11} (C_1 - C_1^R) + \tilde{D}_{12} (C_2 - C_2^R)] \frac{1}{W}; \quad (1)$$

$$(C_2^I - C_2^R) R \frac{dR}{dt} = [\tilde{D}_{21} (C_1 - C_1^R) + \tilde{D}_{22} (C_2 - C_2^R)] \frac{1}{W}; \quad (2)$$

$$W = 1 - \frac{3(1 + R/R_*) (R/R_*)}{2[1 + R/R_* + (R/R_*)^2]}$$

Здесь R – радиус частицы; R_* – радиус ячейки; $\tilde{D}(i, j = 1, 2)$ – коэффициенты взаимной диффузии; C_1, C_2 – средние концентрации углерода и металла в твердом растворе; C_1^R, C_2^R – концентрации элементов в растворе, граничащем

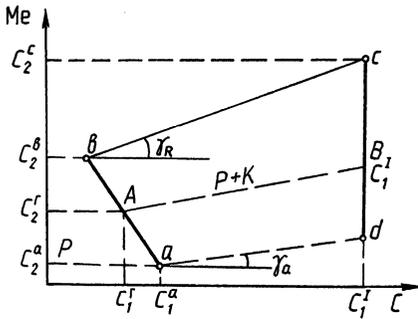


Рис. 1. Двухфазная область А (аустенит + К (карбид))

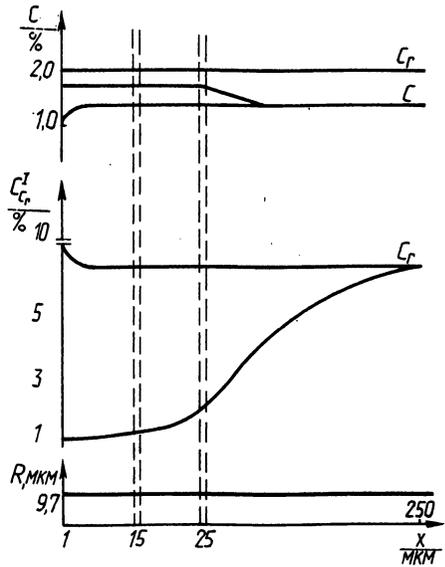


Рис. 2. Распределение углерода и хрома при 800°C в атомных процентах

с частицей; C_1^I, C_2^I — концентрации элементов в частице. Значения $C_1^G, C_2^G, C_1^I, C_2^I$ определяются из условий термодинамического равновесия между частицей и твердым раствором.

В данной работе предлагается метод расчета этих значений для сплавов с карбидообразующим элементом. На рис. 1 схематично изображен участок диаграммы двухфазной области таких сплавов, соответствующий равновесию легированного карбида с твердым раствором. Практически cd — вертикаль. Линии cd и ab соответствуют кривым растворимости карбида и твердого раствора. С достаточной степенью точности можно считать, что тангенс угла наклона коноды AB линейно увеличивается от значения γ_a до γ_b с ростом содержания металла. Тогда

$$\gamma = \gamma_a + X(\gamma_b - \gamma_a), \quad X = \frac{C_2^G - C_2^A}{C_2^G - C_2^A} \quad (3)$$

с другой стороны,

$$\gamma = \frac{C_2^I - C_2^G}{C_1^I - C_1^G} \quad (4)$$

Из соотношений (1), (2), (4) находим

$$\gamma = \frac{\tilde{D}_{21}(C_1 - C_1^G) + \tilde{D}_{22}(C_2 - C_2^G)}{\tilde{D}_{11}(C_1 - C_1^G) + \tilde{D}_{12}(C_2 - C_2^G)} \quad (5)$$

Так как $C_1 - C_1^\Gamma = C_1 - C_1^a - X(C_1^b - C_1^a)$; $C_2 - C_2^\Gamma = C_2 - C_2^a - X(C_2^b - C_2^a)$, то соотношение (5) с учетом (3) приводит к квадратному уравнению относительно значения X :

$$\begin{aligned} X^2 (\gamma_b - \gamma_a) [\tilde{D}_{11} (C_1^b - C_1^a) + \tilde{D}_{12} (C_2^b - C_2^a)] + X \{ \gamma_a [\tilde{D}_{11} (C_1^b - C_1^a) + \\ + \tilde{D}_{12} (C_2^b - C_2^a)] + (\gamma_a - \gamma_b) [\tilde{D}_{11} (C_1 - C_1^a) + \tilde{D}_{12} (C_2 - C_2^a)] - \\ - [\tilde{D}_{21} (C_1^b - C_1^a) + \tilde{D}_{22} (C_2^b - C_2^a)] \} + \\ + \tilde{D}_{21} (C_1 - C_1^a) + \tilde{D}_{22} (C_2 - C_2^a) - \gamma_a [\tilde{D}_{11} (C_1 - C_1^a) + \\ + \tilde{D}_{12} (C_2 - C_2^a)] \} = 0. \end{aligned}$$

Физический смысл имеют значения в интервале $0 \leq X \leq 1$, когда точка А находится между точками а и b. Полученное уравнение позволяет рассчитывать состав карбида, растущего в сплаве, исходя из состава твердого раствора. В отличие от методики [1] расчеты можно выполнять для любого типа карбидов.

Численные расчеты диффузионного насыщения проведены для сплава Fe-Cr-C в случае роста или растворения карбидов $(Fe, Cr)_3C$ и $(Fe, Cr)_7C_3$. В качестве примера на рис. 2 показано распределение углерода и хрома при науглероживании при $800^\circ C$ сплава $C_c = 2,93$ ат. %, $C_{Cr} = 1,3$ ат. %.

Разработанная программа для ЭВМ применима при проведении численных расчетов распределения углерода вдоль диффузионной зоны при цементации высоколегированных сталей. Ее можно использовать и в случае, когда в слое имеются различные типы карбидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошнин Л.Г., Блох Е.М. Диффузионные процессы в двухфазной области при цементации легированных сталей. — В кн.: *Металлургия*. Минск: Выш. шк., 1983, вып. 17, с. 123—126.
2. Любов Б.Я. Диффузионные процессы в неоднородных твердых средах. — М.: Наука, 1981. — 296 с.

УДК 621.785.5

Б.М. ХУСИД, канд. физ.-мат. наук,
Б.Б. ХИНА,
Ю.Г. БОРИСОВ (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕД ДЛЯ ДИФФУЗИОННОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ*

Многочисленные факторы, влияющие на формирование многофазного диффузионного слоя при химико-термической обработке (ХТО) [1], можно условно разделить на "внешние", характеризующие химические реакции и

* Работа выполнена под руководством профессора д-ра техн. наук Л.Г. Ворошнина.