

# ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ БОРИРОВАНИЕ СПЛАВОВ Fe-Cr И ХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ

**Дыбков В. И., Сидорко В.Р., Самелюк А.В., Гончарук Л.В., Хоружа В. Г.**  
Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины,  
Киев 03680, ул. Кржижановского, 3, Украина, e-mail: vdybkov@ipms.kiev.ua

Термохимическая обработка сплавов Fe-Cr (10, 15, 25 и 30% Cr) и промышленных сталей 40X13 (13% Cr) и 15X25T (25% Cr) в смеси порошка аморфного бора с 5% KBF<sub>4</sub> (активатор) при 850, 900 и 950°C в течение 1-12 ч приводит к образованию двух боридных слоев между реагирующими фазами. В случае сплавов Fe-10% Cr и Fe-15% Cr и стали 40X13 наружный боридный слой, граничащий с бором, состоит из фазы (Fe,Cr)<sub>2</sub>B, а внутренний, прилегающий к твердой основе, – из фазы (Fe,Cr)<sub>2</sub>B. Каждый из слоев представляет собой гомогенную фазу. Это микроструктура первого типа (рис. 1а). В случае сплавов Fe-25% Cr и Fe-30% Cr и стали 15X25T наружный слой включает фазы (Fe,Cr)<sub>2</sub>B и (Cr,Fe)<sub>2</sub>B, а внутренний – фазы (Fe,Cr)<sub>2</sub>B и (Cr,Fe)<sub>2</sub>B, то есть каждый из слоев является двухфазным. Это микроструктура второго типа (рис. 1б).

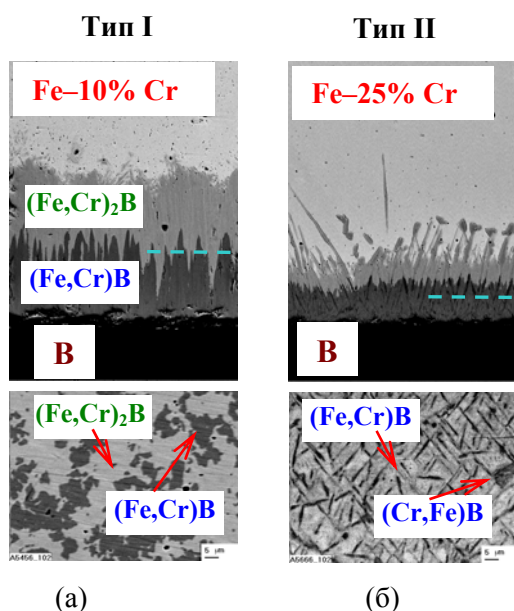
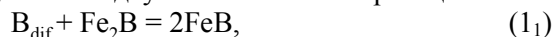


Рис. 1. Переходная зона между реагирующими фазами (950°C, 6 ч) и микроструктура горизонтального сечения обоих боридных слоев на сплаве Fe-10 % Cr (а) и наружного слоя на сплаве Fe-25% Cr (б).

Диффузионный рост боридных слоев обусловлен двумя химическими реакциями:



Кинетику роста слоев химических соединений традиционно описывают параболическими уравнениями типа  $x^2 = 2k_1t$ , где  $x$  – толщина слоя,  $k_1$  – константа скорости его роста,  $t$  – время [1]. На самом же деле кинетика роста слоев FeB и Fe<sub>2</sub>B сложнее и описывается системой двух уравнений [2]:

$$dx/dt = (k_B/x) - (rgk_{Fe}/py), \quad (21)$$

$$dy/dt = (k_{Fe}/y) - (qk_B/sgx), \quad (22)$$

где  $x$  – толщина слоя FeB,  $y$  – толщина слоя Fe<sub>2</sub>B,  $k_B$  – константа скорости роста слоя FeB,  $k_{Fe}$  – константа скорости роста слоя Fe<sub>2</sub>B,  $g$  – отношение мольных объемов FeB и Fe<sub>2</sub>B,  $p=q=r=1, s=2$  (множители из формул FeB и Fe<sub>2</sub>B).

Температурная зависимость констант скорости роста слоев описывается уравнениями Аррениусовского типа, как показано на рис. 2 для сплава Fe-30% Cr.

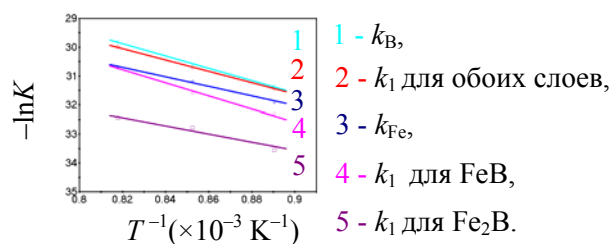


Рис. 2. Температурная зависимость констант скорости роста слоев для сплава Fe-30% Cr.

Боридные слои с микроструктурой второго типа имеют гораздо более высокую абразивную износостойкость, чем слои с первым типом микроструктуры. Различие превышает порядок величины.

1. Seith W. Diffusion in Metallen.- Berlin: Springer, 1955.
2. Dybkov V. I. Reaction diffusion and solid state chemical kinetics.- Zürich: Trans Tech Publications, 2010.