

Е.И.Бельский, докт. техн. наук,
 М.В.Ситкевич, канд. техн. наук,
 В.А.Стефанович, инженер (БПИ)

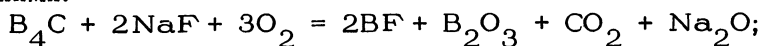
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

В работе показана возможность получения двухкомпонентных покрытий на основе боридов железа из обмазок, в которых поставщиками активных атомов являются карбид бора и окислы различных элементов. При разработке специальных боридующих обмазок установлено, что основную роль в диффузионном насыщении стального изделия играет газовая фаза, состав которой определяется подбором компонентов обмазок. Вероятность протекания возможных взаимодействий компонентов смеси оценивали при 900°C по изменению энергии Гиббса $\Delta G_{\text{T}}^{\circ}$ с использованием табличных значений энтальпии H_{T}° и энтропии S_{T}° :

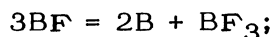
$$\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = \Delta H_{\text{T}}^{\circ} - \Delta S_{\text{T}}^{\circ} \cdot T.$$

Химическая реакция может протекать лишь при отрицательных значениях $\Delta G_{\text{T}}^{\circ}$.

Выполненные расчеты показали, что наиболее вероятно образование активных атомов бора в окислительной среде из смеси карбида бора и фтористого натрия в соответствии со следующими реакциями:

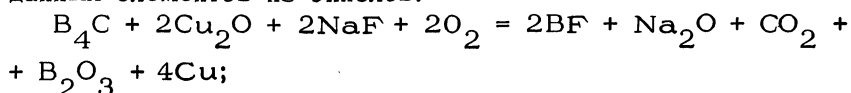


$$\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = -85 \text{ ккал/моль } (-355,3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль});$$

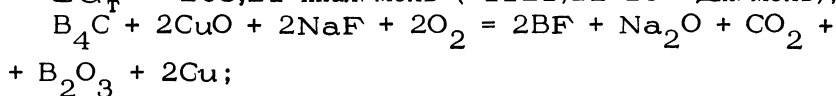


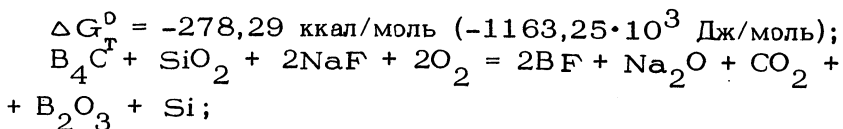
$$\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = -117 \text{ ккал/моль } (-489,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}).$$

В случае наличия в обмазке в качестве наполнителя окислов меди или кремния расчеты в термодинамике соответствующих химических реакций показывают возможность восстановления данных элементов из окислов:



$$\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = -268,21 \text{ ккал/моль } (-1121,12 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль});$$





$$\Delta G_{\text{T}}^{\circ} = -326,48 \text{ ккал/моль } (-1364,69 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}).$$

Данное обстоятельство подтверждается и экспериментально. Проведенная серия экспериментов с варьированием содержания окислов меди и кремния в диапазоне от 5% до 80% позволила выявить оптимальные составы обмазок, обеспечивающие надежную защиту насыщаемой поверхности от окисления при длительном высокотемпературном печном нагреве в окислительной среде, высокую скорость формирования диффузионных слоев, хорошее отделение обмазки с поверхности после упрочнения, сохранение формы и стабильную фиксацию на деталях сложной конфигурации при нагреве.

Результаты исследований образцов стали 45 после насыщения при температуре 900°C в течение 4 ч из оптимальных составов представлены в табл. 1.

Упрочненные образцы были подвергнуты микрорентгеноспектральному анализу на микроанализаторе MS-46 фирмы "Сатеса". Характер распределения меди и кремния представлен на рис. 1 и 2 соответственно. Установлено, что в результате диффузионного перераспределения элементов медь и кремний в основном оттесняются к границе боридного слоя и переходной зоны, распределяясь между иглами и за иглами боридов. В боридных фа-

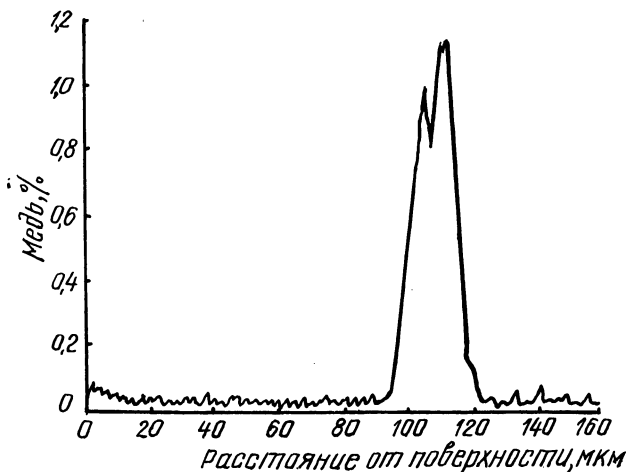


Рис. 1. Распределение меди в диффузионном слое стали 45.

Таблица 1

Состав смеси	Глубина слоя, мкм	Микротвердость, Н ₁₀₀
Боромеднение	140-155	1650-1800
Боросилицирование	130-145	1350-1600

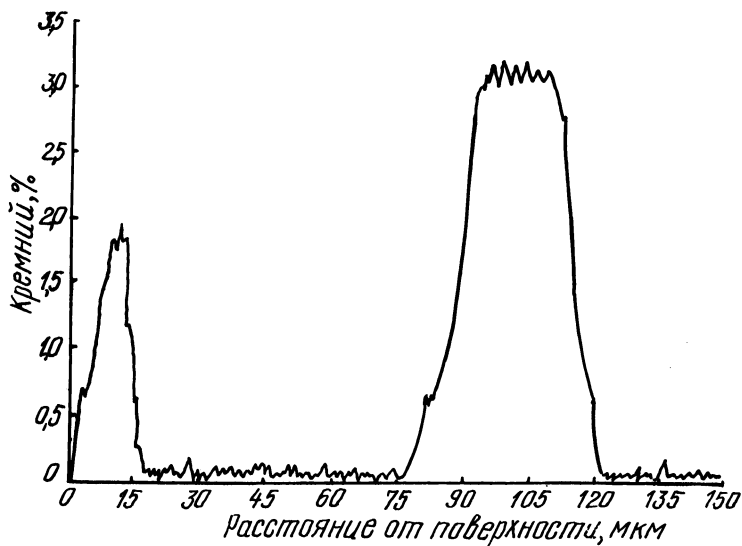


Рис. 2. Распределение кремния в диффузионном слое стали 45.

зах медь и кремний практически отсутствуют, а специфичность их распределения в упрочняемой поверхности приводит к снижению хрупкости диффузионных слоев по сравнению с чисто борированными слоями.

Таким образом, в результате расчетов в термодинамике химических реакций установлена возможность получения двухкомпонентных покрытий на основе боридов железа с использованием окислов химических элементов. Разработаны составы образцов, позволяющие проводить процессы диффузионного упрочнения стальных изделий в условиях печного нагрева. Установлены особенности распределения легирующих элементов в боридном слое.