

М.Г. Крукович, канд.техн.наук,  
В.С. Жерносеков, Ю.В. Туров,  
канд.техн.наук

### К ВОПРОСУ БОРИРОВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВЛЕННЫХ СОЛЕЙ

Наибольшее распространение из составов для жидкостного борирования находит ванна с использованием карбида бора. Однако этот восстановитель является еще достаточно дорогим и дефицитным. В данной работе приведены результаты исследований по замене карбида бора на более дешевый и доступный восстановитель, в качестве которого использован карбид кальция.

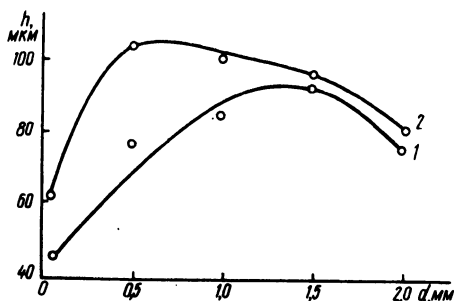


Рис. 1. Влияние размера гранул  $(d)$   $\text{CaC}_2$  на толщину боридного слоя  $(h)$  ( $t = 950^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 2$  ч, армко-железо): 1 — 80% бурый, 20%  $\text{CaC}_2$ ; 2 — 70% бурый, 10%  $\text{NaCl}$ , 20%  $\text{CaC}_2$ .

Критериями оценки оптимального размера гранул  $\text{CaC}_2$  явились: степень равномерности распределения карбида кальция по всему объему ванны, а также равномерность глубины диффузионного слоя по поверхности образца (рис. 1, кривая 1). Несмотря на то что боридный слой имел одинаковую толщину по всей поверхности образцов, боридные иглы были разобщены. По нашему мнению, это объясняется неравномерным распределением катодной плотности тока по поверхности образцов при жидкофазном безэлектролизном насыщении, что вызвано в данном случае использованием большого размера частиц карбида кальция. Получение равномерных и компактных боридных слоев может быть достигнуто применением размера гранул восстановителя ( $< 1,5$  мм) при условии его равномерного распределения по всему объему ванны, что может быть обеспечено снижением вязкости или плотности электролита. Для снижения вязкости электролита использовался хлористый натрий (рис. 1, кривая 2), что позволило не только решить поставленную задачу, но и повысить насыщающую способность состава ванны.

Дальнейшие исследования оптимального состава насыщающей среды и кинетических зависимостей роста диффузионных слоев проводились с использованием гранул карбида кальция размера 0,25--0,75 мм (рис. 2). Насыщающая способность состава с применением карбида кальция несколько уступает составу с карбидом бора, несмотря на то что значение его стационарного электродного потенциала электроотрицательнее соответствующего значения карбида бора ( $\varphi_{\text{B}_4\text{C}} = -630$  мВ,  $\varphi_{\text{CaC}_2} = -680$  мВ). Такое кажущееся несоответствие с электрохимическим толкованием механизма жидкостного безэлектролизного

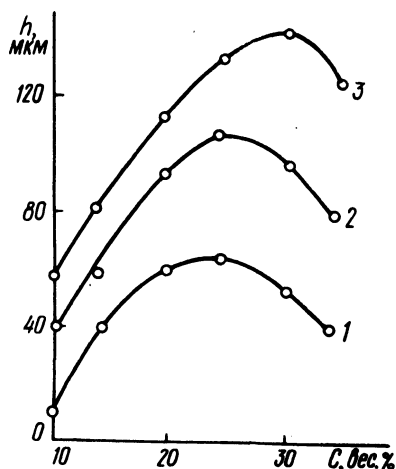


Рис. 2. Влияние содержания восстановителя (С) в ванне на глубину боридного слоя (h) ( $t = 850^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 2$  ч, армо-железо): 1 — SiC; 2 —  $\text{CaC}_2$ ; 3 —  $\text{B}_4\text{C}$ .

Таблица 1. Влияние температуры и продолжительности насыщения на толщину боридного слоя

Марка стали	Продолжительность насыщения, ч	Толщина слоя при различных температурах, мкм							
		850°C		900°C		950°C		1000°C	
		общая	слошного слоя	общая	слошного слоя	общая	слошного слоя	общая	слошного слоя
45	2	20	10	50	25	85	40	105	50
	4	55	25	80	40	125	50	140	70
	6	75	35	95	45	140	60	170	85
У8	2	15	10	30	20	50	30	75	55
	4	35	20	50	30	70	45	100	65
	6	50	30	65	40	65	55	120	80
5ХНВ	2	15	-	30	-	65	-	95	-
	4	45	-	65	-	90	-	125	-
	6	70	-	85	-	110	-	145	-
ЦХ15	2	10	5	25	15	45	25	75	45
	4	35	20	45	25	70	40	100	65
	6	50	30	60	35	95	50	120	80
3Х2В8	2	-	-	10	-	15	-	30	-
	4	-	-	15	-	30	-	40	-
	6	-	-	25	-	40	-	50	-

насыщения связано с образованием ионов низшей валентности бора в расплаве при использовании карбида бора, которые требуют для своего восстановления меньших энергетических затрат и имеют большую подвижность в расплаве. Наиболее приемлемый интервал борирования в исследованном составе — 800–1000°C.

Боридные слои, полученные в составе с карбидом кальция, состоят из двух фаз  $\text{FeB}$  и  $\text{Fe}_2\text{B}$ . Кинетика процесса борирования железа и некоторых сталей представлена в табл. 1.

Промышленное применение разработанного состава для жидкостного безэлектролизного процесса борирования с использованием карбида кальция значительно удешевит процесс насыщения.

УДК 621.793.6

Б.М. Фиштейн, канд. техн. наук,  
В.Е. Николаев, М.В. Ситкевич

### БОРИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ С НАГРЕВОМ ТВЧ

В работе рассмотрены некоторые вопросы борирования штамповых ст. 5ХНВ, 7Х3 и 4Х4ВМФС (ДИ-22) с нагревом ТВЧ и его влияние на износостойкость в условиях повышенных давлений и температур.

Борирование с нагревом ТВЧ производилось в порошкообразной смеси состава: в вес. % — 87%  $\text{B}_4\text{C}$  + 10% древесного угля + 3%  $\text{NaF}$ . Для этого образцы запаковывались в открытый керамический тигель, который помещался в многовитковый цилиндрический индуктор. Нагрев осуществлялся при помощи лампового генератора ЛЗ-107.

Борирование проводилось в течение 15 мин при температурах 880–900°C (5ХНВ, 7Х3), 1080–1100°C (ДИ-22). Глубина борированного слоя (до конца игл) составляет 45–50 мкм (5ХНВ, 7Х3) и 50–55 мкм (ДИ-22). Структура слоя независимо от способа борирования на всех сталях состоит из боридов. Важнейшим показателем штамповых сталей является износостойкость, поэтому в настоящей работе проведен соответствующий комплекс лабораторных сравнительных испытаний исследуемых материалов на трение и износ по методике работы