

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

БОРИРОВАНИЕ СТАЛИ, ИНИЦИИРОВАННОЕ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОНЫМ ПУЧКОМ

Иванов Ю.Ф., Шугуров В.В., Тересов А.Д., Петрикова Е.А., Толкачев О.С.
Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Борирование в настоящее время является одним из эффективных методов химико-термической обработки, широко применяемой в промышленно развитых странах с целью повышения механических и трибологических свойств изделий из сплавов железа (в том числе и стали). Толщина, структура и, соответственно, свойства модифицированного слоя, а также расположенной под ним переходной зоны зависят от химического состава стали и метода борирования.

Целью настоящей работы является получение новых знаний о структуре и свойствах высокохромистой стали марки 12Х18Н10Т, подвергнутой электронно-ионно-плазменному борированию, сочетающему напыление пленки бора и металла и последующее облучение системы «пленка/подложка» интенсивным импульсным электронным пучком.

Формирование пленки бора на поверхности стали осуществляли методом плазменно-ассистированного ВЧ-распыления катода из порошка бора. Перед формированием пленки бора поверхность образцов механически шлифовали и полировали; после помещения в камеру установки и последующего вакуумирования – дополнительно очищали плазмой аргона. На образцы с пленкой бора толщиной 200 нм напыляли пленку титана толщиной 1 мкм с помощью электродугового плазменно ассистированного распыления катода из сплава ВТ1-0. Облучение системы «пленка/подложка» интенсивным импульсным электронным пучком осуществляли, используя источник электронов типа «СОЛО» (17 кэВ, 20 Дж/см², 200 мкс, 3 имп., 0,3 с⁻¹). Исследование фазового и элементного состава, дефектной субструктуры модифицированного слоя стали проводили методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии (режимы ТЕМ и STEM). Механические свойства модифицированного слоя характеризовали твердостью и износостойкостью в условиях сухого трения.

Методами STEM и ТЕМ анализа установлено, что в результате обработки формируется поверхностный слой толщиной до 4 мкм, имеющий поликристаллическую структуру с размером кристаллитов (200-300) нм (рис. 1а).

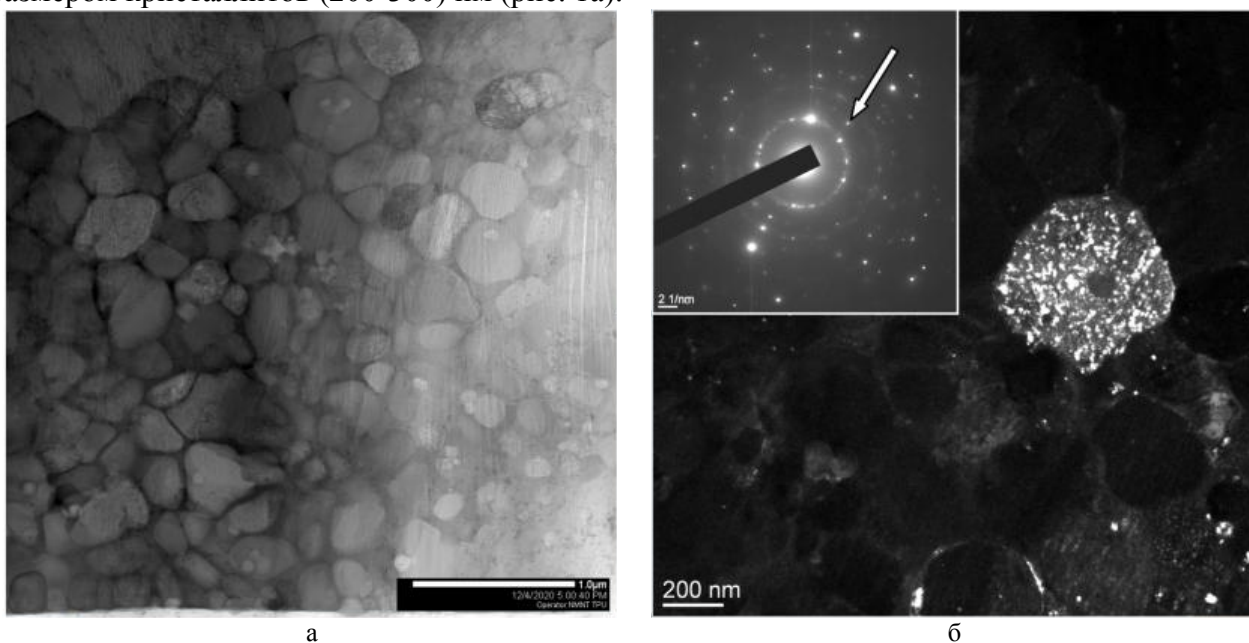


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение модифицированного слоя стали; (а) светлое поле (метод STEM); (б) темное поле, полученное в рефлексах $[002]\alpha\text{-Fe} + [002]\text{FeB}$ (метод ТЕМ, на вставке приведена микроэлектроннограмма, на которой указан рефлекс темного поля)

Анализ микроэлектроннограмм показывает, что поверхностный субмикроструктурный слой сформирован зернами α - и γ -Fe (рис. 1а). По границам и в объеме зерен выявляются наноразмерные частицы боридов титана, железа и хрома (рис. 1б).

Микротвердость модифицированного слоя, измеренная при нагрузке на индентор 5 мН, превышает 21 ГПа (усреднение проводили по 10 измерениям). Износостойкость модифицированного слоя превышает износостойкость исходной стали более чем в 20 раз.

Таким образом, рассмотренный в настоящей работе электронно-ионно-плазменный метод борирования позволяет модифицировать структурно-фазовое состояние поверхностного слоя стали, кратно повышая твердость и износостойкость материала. Следует отметить кратковременность данного процесса (совокупное время обработки 1,5-2 часа), экологическую чистоту (все процессы протекают в вакуумированной камере) и минимальное изменение структурно-фазового состояния и, следовательно, свойств объема модифицируемой детали, т.к. температура объема образца составляла (600-650) К. Последнее может быть важно при финишном модифицировании поверхностного слоя детали или изделия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №19-19-00183).