

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО БОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ 4Х5МФС

Быкова Т.М.¹, Пугачева Н.Б.¹, Сирош В.А.²

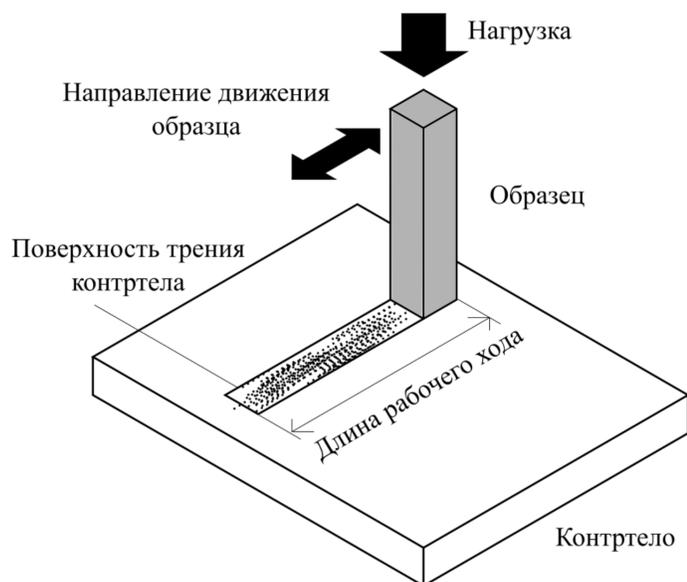
¹Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова УрО РАН, 34, Комсомольская, Екатеринбург, 620049, Россия, nat@imach.uran.ru, tatiana_8801@mail.ru

²Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, 18, Софьи Ковалевской, Екатеринбург, 620108, Россия, sirosh.imp@yandex.ru

Эксплуатационные свойства изделий машиностроения во многом определяет состояние их поверхностного слоя, поскольку именно поверхность подвергается воздействию контактного нагружения и износу. Преимуществом низкотемпературного метода нанесения боридного покрытия является формирование пластичных однофазных слоев (Fe_2B) и отсутствие игольчатого строения. [1]

Низкотемпературное диффузионное покрытие было нанесено на штамповую сталь марки 4Х5МФС при температуре 620 °С и выдержкой 6 часов. Микротвердость изучена на инструментальном микротвердомере системы Fischerscope NM2000 XUm при нагрузке 0,049 Н. Испытания на износ проводились на лабораторной установке по схеме «палец-пластина» (рис. 1). Нормальная нагрузка при испытаниях составляла 50 Н. Путь трения для образцов составляет 160 м. Число двойных ходов составляет 2000. Средняя скорость возвратно-поступательного движения составляла 0,07 м/с, длина рабочего хода – 40 мм.

Микроструктуру покрытия, химический и фазовый состав в исходном состоянии и после испытаний на трение исследовали на сканирующем микроскопе TESCAN с ЭДС приставкой OXFORD и в режиме дифракции отражённых электронов с помощью программного комплекса к приставке Oxford Nklnordlys+.



В структуре полученного борированного слоя игольчатое строение отсутствует, покрытие состоит из боридов железа (Fe_2B) микротвердостью 800 HV 0.05 и боридов хрома (Cr_2B и Cr_3B_4) микротвердостью 550 HV 0.05 (рис. 2). Полученное строение борированного слоя обеспечивает плавный перепад твердостей от слоя боридов (800 HV) к материалу подложки (450 HV), что создает более благоприятное распределение остаточных напряжений и повышает запас пластичности слоя. Толщина покрытия составляет 20 мкм.

После испытаний в покрытии наблюдается пластическая деформация зерен Fe_2B , при этом микротрещин и сколов в поверхностном слое не обнаружено, что обуславливает отличия в характере разрушения от традиционного боридного покрытия, имеющего игольчатое строение. [2]. Определенный запас пластичности боридов приводит к их сминанию и растиранию по поверхности стали 4Х5МФС (рис. 3, 5). По значению коэффициента трения сталь с боридным покрытием следует отнести к антифрикционным материалам: $f_{тр.} = 0,1 - 0,14$ (рис. 4).

Рисунок 1 – Испытание на трение скольжения по схеме «палец-пластина»

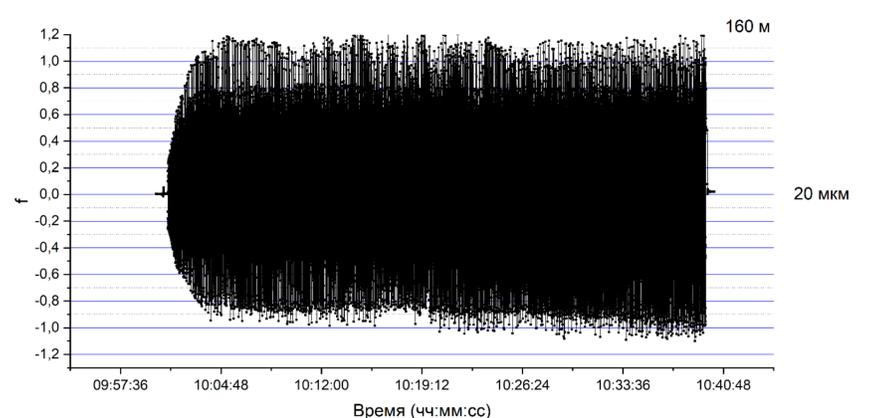
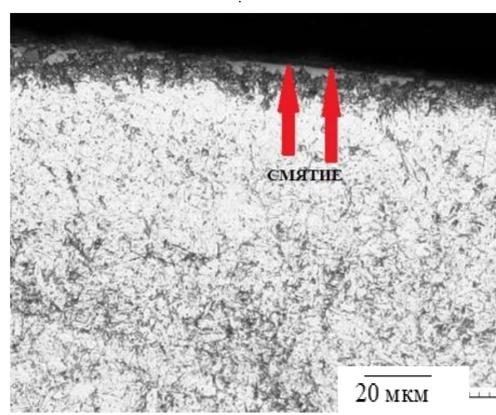
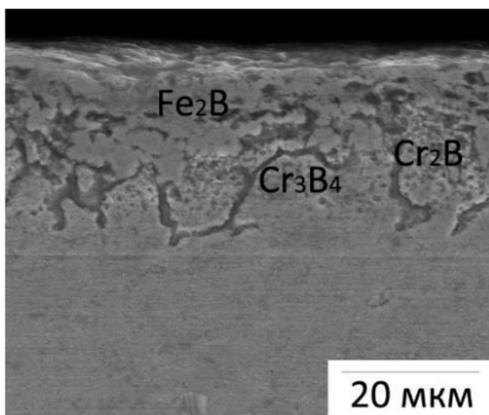


Рисунок 2 – Микроструктура низкотемпературного боридного покрытия стали 4Х5МФС

Рисунок 3 – Микроструктура покрытия после испытания на износ по схеме «палец-пластина»

Рисунок 4 - Зависимость коэффициента трения от времени при испытаниях на трение скольжения по схеме «палец-пластина»

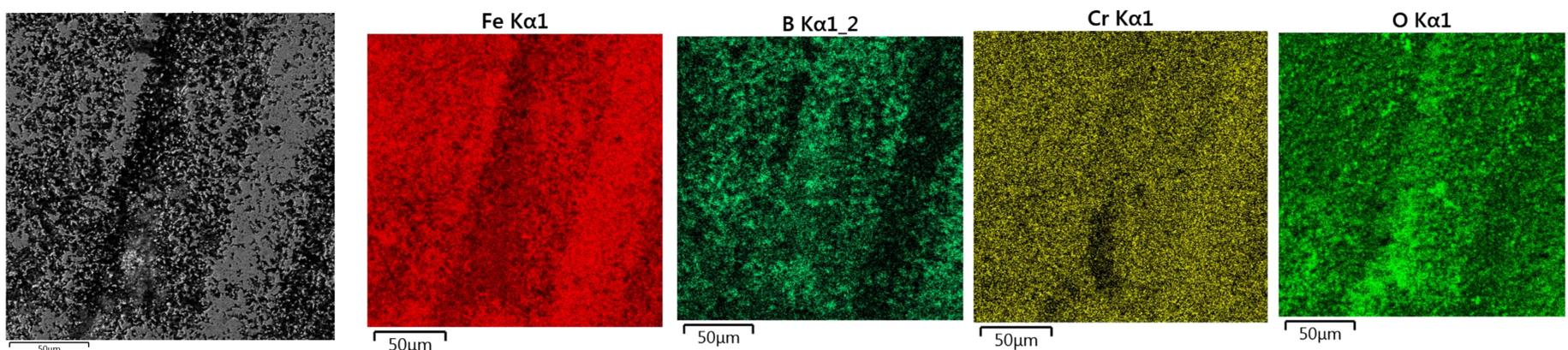


Рисунок 5 – Распределение элементов в рентгеновском излучении на поверхности покрытия после испытания на износ

Установлено, что при низкотемпературном борировании формируется покрытие толщиной 20 мкм, состоит из боридов железа и боридов хрома (Fe_2B , CrB_2 , Cr_3B_4). Покрытие не имеет выраженного игольчатого строения, граница между покрытием и сталью ровная.

Проведенные лабораторные испытания показали, что в условиях испытаний на износостойкость по схеме «палец-пластина» разрушение боридного покрытия, полученного при температуре 620 °С происходит за счет пластической деформации боридов по поверхности, микротрещин и сколов в поверхностном слое не наблюдается.

Литература

1. Пугачева Н.Б., Быкова Т.М. Исследование методов борирования, анализ структуры и свойств получаемых покрытий. *Diagnostics, Resource and Mechanics of Materials and Structures*. 2020. № 2. С. 38-60.
2. Пугачева Н.Б., Быкова Т.М. Влияние элементов основы на состав и свойства диффузионных боридных покрытий. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2014. № 1(62). С. 46-53.

Исследования выполнены по государственному заданию (тема № 124020700063-3).