

Исследование боросульфидирования доэвтектоидных углеродистых сталей

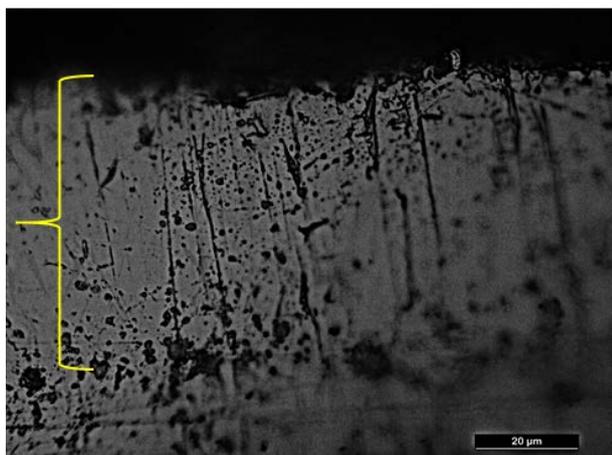
В.М. Константинов, В. А. Лешок
Белорусский национальный технический университет

Термодиффузионное борирование сталей известно с первой половины 20 века. Многочисленные исследования и разработки в области насыщения поверхностей бором [1-9 и др.]. Общеизвестен факт применения термодиффузионных боридных слоёв для повышения поверхностной твёрдости, износостойкости различных деталей и пар трения [4].

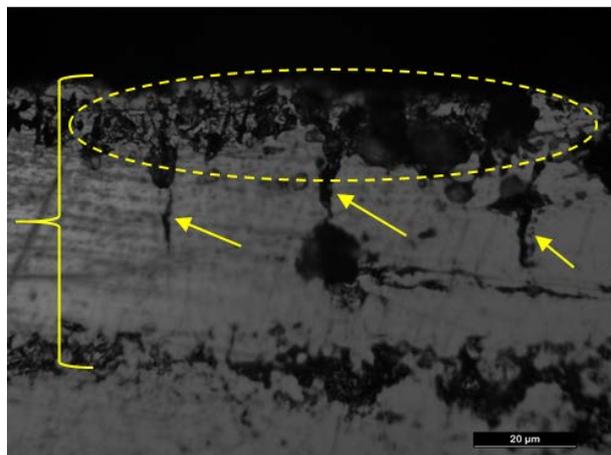
Известные недостатки борирования привели к активным исследованиям по повышению специальных эксплуатационных свойств боридных слоёв. Свойства боридного слоя позволяют в ряде случаев применять термодиффузионное борирование для упрочнения стальных пар трения, работающих при условиях отсутствия смазочных материалов. Одно из перспективных направлений совершенствования термодиффузионного борирования – повышение задиростойкости в узлах сухого трения. Известен факт образования вторичных структур оксидного типа при сухом трении на стальных поверхностях [3, 7]. Образование вторичных структур способствует существенному снижению коэффициента трения в условиях установившегося трения. Однако, обсуждаемый эффект реализуется в узком диапазоне режимов и не всегда может обеспечить задиростойкость.

Данное исследование посвящено изучению влияния дополнительного сульфидирования боридных слоев на углеродистых сталях 20 и 45. Установлены определенные изменения в морфологии при применении технологии боросульфидирования по сравнению с традиционным термодиффузионным порошковым борированием (рисунок 1). Традиционная морфология боридного слоя [5] (фигурная скобка, рисунок 1 а, в) изменяется после термодиффузионного сульфидирования. Отмечается слой столбчатых зёрен на поверхности и внутри зоны боридов железа. Геометрия сульфидных включений представлена в виде круглых и вытянутых структурных составляющих. Цвет данных включений - тёмно-коричневый. Отмечается закономерность ориентации в расположении данных включений. Они прежде всего расположены по границам зёрен боридной зоны (пунктирная область, рисунок 1 б, г).

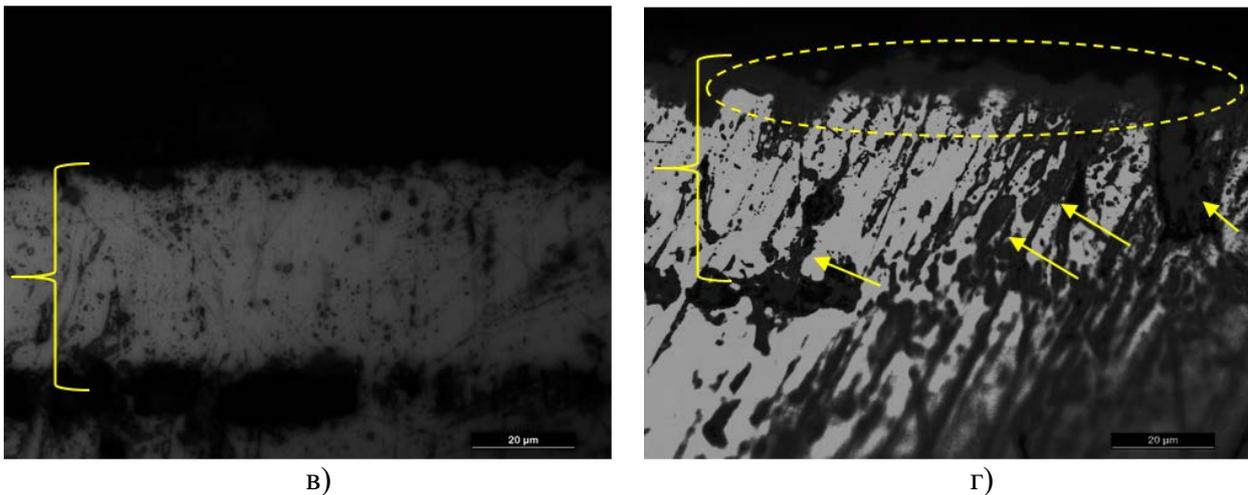
Отмечено наличие дефектной структуры сульфидного слоя, представленной в виде определённого рода несплошностей, трещин и сколов (стрелки, рисунок 1 б, г). Зона сульфидов железа FeS имеет многочисленные разрывы. Термодиффузионное сульфидирование не изменяет изначальную толщину боридного слоя. Образованный слой сульфидов железа FeS имеет толщины на анализируемых сталях 15 мкм и 20 мкм соответственно. Общая толщина боросульфидированного слоя составляет 45 мкм и 60 мкм для сталей 20 и 45 соответственно. Наряду с боридными фазами в слое обнаружены сульфиды железа (рисунок 2).



а)



б)



в)

г)

Рисунок 1 – Микроструктуры термодиффузионных слоёв при увеличении $\times 1000$: а) сталь 45, борирование, в) сталь 20, борирование, б) сталь 45, боросульфидирование, г) сталь 20, боросульфидирование

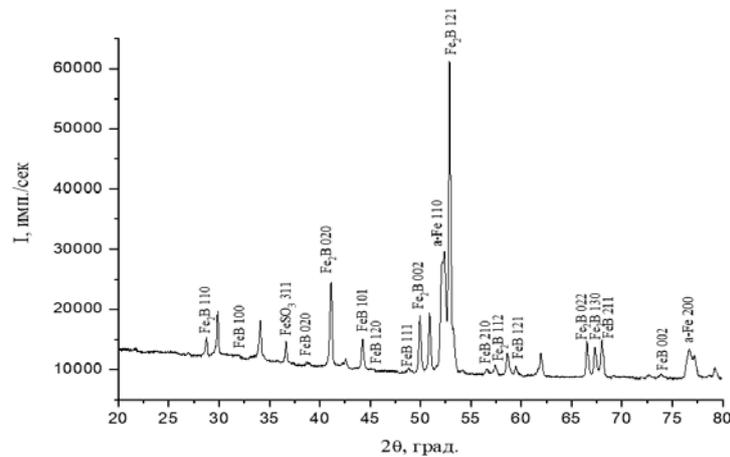


Рисунок 2 – Рентгеноструктурный фазовый анализ боросульфидированных образцов из стали 45

Поверхностный термодиффузионный слой сульфидов железа на стали 20 имеет значение поверхностной микротвердости $1224 \text{ HV}_{0,02}$, а для стали 45 – $1071 \text{ HV}_{0,02}$. В свою очередь, микротвердость боридной зоны для сталей 20 и 45 традиционна и составляет $1466 \text{ HV}_{0,02}$ и $1584 \text{ HV}_{0,02}$ соответственно.

Исследования боросульфидированных образцов позволяют предполагать повышение задиростойкости поверхностей трения, работающих в сухих узлах трения. Отсутствие задира будет обусловлено наличием на поверхности зоны сульфидов железа FeS пониженной микротвердости.

Литература

1. Ляхович Л.С. Борирование стали / Л. С. Ляхович, Л. Г. Воронин. – М: Металлургия, 1967. – 119 с.
2. Ляхович Л.С. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
3. Пантелеенко Ф.И. Влияние структуры защитных покрытий на их износостойкость / Ф.И. Пантелеенко, Л.Г. Ворошнин, С.Н. Любецкий // Трение и износ, 1991. Т.12, №2. С. 310-314.
4. Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов: справ. пособие / Л.Г. Ворошнин. – Минск.: Беларусь, 1981. – 205 с.

5. Ворошнин Л.Г. Борирование стали / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. — М.: Металлургия, 1978. — 240 с.
6. Крукович, М. Г. Пластичность борированных слоев / М. Г. Крукович, Б. А. Прусаков, И. Г. Сизов. — М.: Физматлит, 2010. — 381 с.
7. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия / В.Ф. Лабунец. — М.: Металлургия, 1973. — 135 с.
8. Соркин Л.М. Упрочнение деталей борированием / Л.М. Соркин. — М.: Машиностроение, 1972. — 63 с.
9. Самсонов, Г.В. Бориды / Г.В. Самсонов, Т.И. Серебрякова, В.А. Неронов. — М.: Атомиздат, 1975. — 376 с.