

ЗАДИРОСТОЙКОСТЬ ТЕРМОДИФФУЗИОННЫХ БОРОСУЛЬФИДИРОВАННЫХ СЛОЕВ НА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЯХ

В.М. КОНСТАНТИНОВ, В.А. ЛЕШОК, М.А. СУДНИКОВ
*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

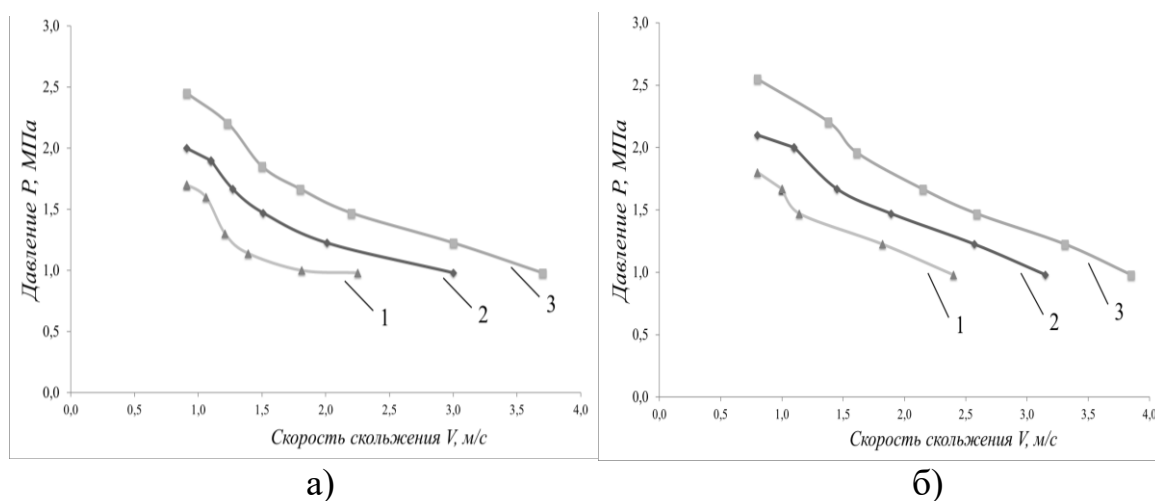
Изучены структурно-фазовый и микродюрOMETрический состав термодиффузионного боросульфидированного слоя. Установлено снижение микротвердости в переходной зоне между боридным и сульфидным слоями. Подтверждена эффективность дополнительного сульфидирования термодиффузионного боридного слоя для повышения задиристости стального трибосопряжения в условиях сухого трения скольжения. Обнаружено образование мягких и легкоплавких вторичных структур окисульфидного типа, обеспечивающих дополнительное смазывающее действие поверхности трения при жестких режимах.

Тенденции повышения нагрузочных и скоростных показателей работы пар трения требуют повышенных значений задиристости и износостойкости поверхностей трибологических сопряжений. Известно применение боридных термодиффузионных слоёв и борсодержащих наплавов, которые помогают частично устранить вышеописанную проблему. Существуют многочисленные исследования [1, 2, и др.], отмечающие повышение допустимых режимов работы трибологических пар, при наличии в контактной зоне боридов железа [3, 4]. Известным направлением повышения задиристости материалов трибосопряжений является применение термодиффузионного насыщения поверхности серой, фосфором [5-7]. Сульфидирование и фосфорирование позволяют получить на поверхности мягкие сульфидные и фосфидные составляющие [8]. Сульфиды и фосфиды железа в данных условиях трения являются твердосмазочными компонентами узла сухого трения скольжения. При этом происходит существенное снижение коэффициента трения и повышается задиристость. Однако, твердость, несущая способность описываемых термодиффузионных слоев недостаточна. Поэтому актуальна разработка термодиффузионных слоев сочетающих преимущества боридных и сульфидных на конструкционных сталях.

После боросульфидирования установлены определенные изменения микроструктуры. Регистрируется наличие слоистой структуры на стальной основе. Отмечено наличие трёх ярко выраженных зон. На поверхности расположены сульфиды железа, далее – слой боридов железа и переходная зона. Морфологически сульфиды железа представлены в виде отдельного слоя поверх боридного. А также ниже собственного слоя сульфидов отмечаются отдельные участки вкраплений и включений внутри приповерхностной части боридного слоя.

Толщина сульфидного слоя на стали 20 – 15 мкм, что составляет 30% от исходной толщины борированного слоя. МикродюрOMETрический анализ обнаружил снижение микротвердости после последовательного сульфидирования. На стали 20 поверхностная микротвёрдость составляет 1224 HV_{0,02}, а для стали 45 соответственно 1071 HV_{0,02}. Характерным является существенное снижение микротвердости в области между боридным и сульфидным слоями. Термодиффузионные боридные слои, полученные при борировании и последовательном боросульфидировании не имеют различий в дюрOMETрии и металлографии.

Установленные особенности структурно-фазового и микро-дюрOMETрического состояния термодиффузионных слоев обусловили различия триботехнических показателей (рисунок 1). Из всех трёх вариантов стальных пар трения (отожжённая, борированная и боросульфидированная сталь), используемых в паре трения, наименьшие значения относительной скорости скольжения и удельного давления ожидаемо может выдерживать отожжённая сталь. При увеличении показателей давления и скорости скольжения за допустимые пределы (кривая 1, рисунок 1 а, б) отмечается образование задиров и вырывов. Большие нагрузки и скорости скольжения может выдержать материал, представленный сугубо борированной сталью (кривая 2, рисунок 1 а, б).



1 – отожжённая сталь; 2 – борирование; 3 – последовательное борирование и сульфидирование, из: а) – сталь 20; б) – сталь 45

Рисунок 1 – Оценка задиростойкости материалов, подверженных обработке:

Обсуждаемый сульфидно-боридный слой термодиффузионный слой позволяет выдерживать большие удельные нагрузки и относительные скорости скольжения без образования задиров (кривая 3, рисунок 1 а, б). Установлено, что боросульфидированный слой на стали 45 позволяет выдерживать большие удельные нагрузки и повышенные скорости скольжения при одинаковом режиме обработки. Причиной видимо, является более высокое содержание углерода и большая твердость стальной основы для стали 45 по сравнению со сталью 20.

Таким образом, подтверждена эффективность дополнительного сульфидирования термодиффузионного боридного слоя для повышения задиристости стального трибосопряжения в условиях сухого трения скольжения. Обнаружено образование мягких и легкоплавких вторичных структур окисульфидного типа, обеспечивающих дополнительное смазывающее действие поверхности трения при жестких режимах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабунец В.Ф. Износостойкие боридные покрытия / В.Ф. Лабунец, Л.Г. Ворошин, М.В. Киндрачук. – Киев : Техника, 1989. – 159 с.
2. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия на них / Ф.И. Пантелеенко. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 300 с.
3. Клушин, Д.Н. Сульфидирование цветных металлов / Д.Н. Клушин. – М. : Металлургия, 1968. – 212 с.
4. Sato, Tomohiro & Hirai, Yoshimasa & Fukui, Takehisa & Usami, Hatsuhiko. (2016). Tribological Properties of Bronze Containing Micro Sized Sulfide -Application of Atomic Force Microscopy-. Tribology Online. 11. 195-202.
5. Сульфидирование поверхностей трения / В.В. Косткин [и др.]. – М. : [б. и.], 1954. – 14 с.
6. Повышение стойкости деталей машин (сульфидирование): сборник статей / кол. авт. Академия наук СССР, Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова ; под ред. М.М. Хрущов. – М. : Машгиз, 1959. – 128 с.
7. Косткин, В.В. Сульфидирование поверхностей трения / В. В. Косткин, П. А. Горезко; Академия наук Белорусской ССР; Минский автомобильный завод. – Минск : Издательство Академии наук БССР, 1955. – 89 с.
8. Минкевич А.Н. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М. : Машиностроение. – 1965. – 493 с.