

## ФРИКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ РЫЧАЖНОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ

П. Н. БОГДАНОВИЧ, Е. В. МИРОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения подвижного состава в значительной степени определяется надежностью тормозной системы. В подавляющем большинстве случаев причиной, вызывающей изменение состояния тормозной системы и необходимость замены ее деталей, является их износ. Как правило, забракованные по износу детали теряют только 1,5–2 % исходной массы, сохраняя прочностные характеристики, что позволяет их восстанавливать. Себестоимость восстановления большинства деталей наплавкой не превышает 56–60 % стоимости новых, а расход материалов, учитывая предварительную механическую обработку, в 20–25 раз меньше. К настоящему времени разработан широкий ассортимент легированных наплавочных материалов с различным химическим составом [1]. Однако рекомендации по выбору материалов, наиболее соответствующих заданным режимам эксплуатации, отсутствуют. Поэтому представляло интерес провести исследования, позволяющие осуществлять выбор наплавочных материалов, обеспечивающих наибольшую долговечность элементов рычажной тормозной системы.

В качестве наплавочного материала использовались: Булат-1, Св-08Г2С, ПП-АН 180 МН, ОЗН-300М (производства РФ); LASTEK 807 (Бельгия); Wearshield/Mangiet ("Lincoln ELECTRIC", США). Моделирование работы фрикционных узлов осуществлялось на машине трения СМТ – 1 по схеме «вал – вкладыш». Скорость скольжения изменялась в интервале 0,25–1,0 м/с, а нормальная нагрузка – от 100 до 300 Н. Интенсивность изнашивания определялась методом взвешивания по потере массы образца.



Рисунок 1 – Интенсивность изнашивания наплавочных материалов: 1, 2 – ПП-АН 180 МН; 3, 4 – ОЗН-300М; 5 – LASTEK 807; 6 – Булат-1; 7 – Wearshield/Mangiet; 8 – ПП-АН 180 МН

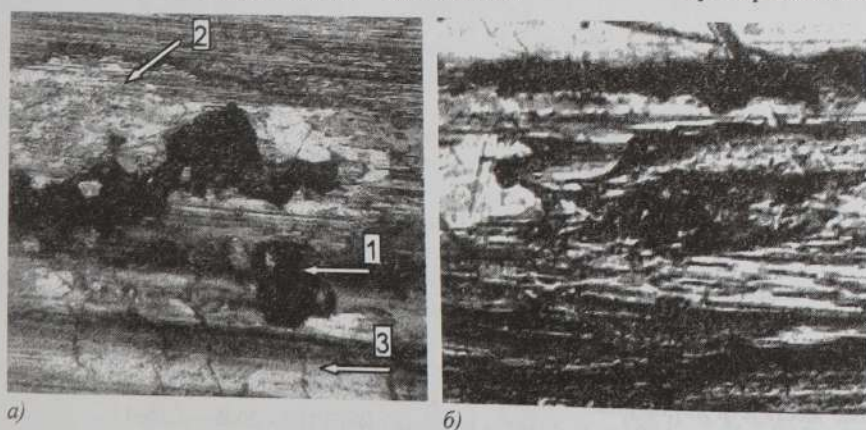


Рисунок 2 – Поверхность ролика после изнашивания: а – пара трения ОЗН-300М – ОЗН-300М; б – Wearshield/Mangiet – Wearshield/Mangiet

Сравнительные триботехнические испытания показали, что при восстановлении сопрягаемых деталей наплавкой одноименных материалов интенсивность изнашивания  $I_n$  обеих из них предельно высокая. Так, при восстановлении ролика и вкладыша проволокой порошковой ПП-АН-180МН (твердость до 30 HRC) в среде  $CO_2$  значение  $I_n$  даже при легких режимах нагружения ( $v = 0,25$  м/с и  $p = 0,25$  МПа) достигает  $7 \cdot 10^{-8}$  (рисунок 1). Аналогичная картина наблюдается при наплавке деталей материалом ОЗН-300М, обладающим более высокой твердостью (36 HRC). Причина такого явления в том, что материалы одной природы имеют одинаковую кристаллическую решетку и это способствует

взаимной диффузии на пятнах фактического контакта. В итоге обеспечивается возможность образования прочных мостиков сварки между контактирующими выступами. Срез таких мостиков сварки при трении происходит по объему основного материала, что приводит к образованию вырывов (стрелка 1), задиоров (стрелка 2) и схватыванию сопрягаемых деталей (рисунок 2, а) [2]. Кроме того, из-за высоких контактных напряжений

реализуется усталостное разрушение наплавленного слоя – на поверхности трения образуются усталостные трещины, ориентированные перпендикулярно вектору скорости скольжения (стрелка 3). Для материалов с низкой твердостью (17-20 HRC) процесс схватывания при высоких  $p$  и  $v$  более ярко выражен (рисунок 2, б). Значительно более высокой износостойкостью обладают элементы пар трения, восстановленные различными материалами (см. позиции 5–8 на рисунке 1).

На рисунке 1 видно, что слой на поверхности ролика, наплавленный материалами LASTEK 807 и Wearshield/Mangiet, изнашивается более интенсивно, нежели вкладыш (Булат-1 и ПП-АН 180 МН). На первый взгляд должен наблюдаться обратный эффект, поскольку площадь поверхности трения ролика примерно в 6 раз выше, чем вкладыша, и вступает в контакт периодически, имея возможность охлаждаться, а поверхность вкладыша находится в контакте весь период истирания. Это обусловлено более высокой твердостью материалов Булат-1 (56 HRC) и ПП-АН 180 МН (51 HRC).

Механизм и интенсивность изнашивания сопрягаемых деталей рычажной тормозной системы определяются режимами их нагружения. Так, независимо от природы материалов наплавленного слоя увеличение контактного давления  $p$  сопровождается монотонным ростом суммарной интенсивности изнашивания ( $I_h$  ролика +  $I_h$  вкладыша), причем эта зависимость более существенна в области высоких значений  $p$  (рисунок 3). Анализ изношенных поверхностей показал, что наплавленный слой подвергается одновременно протекающим абразивному, адгезионному, усталостному и окислительному видам изнашивания. Очевидно, что каждая из этих составляющих возрастает с повышением нагрузки, т. к. увеличивается глубина внедрения абразивных частиц, растут число и прочность мостиков сварки между трущимися деталями и амплитудные значения контактных деформаций [3]. Возрастает также температура на пятнах контакта, скорость окисления металла и разрушения оксидных пленок. Влияние скорости на  $I_h$  определяется рядом конкурирующих факторов (температура в зоне контакта, глубина внедрения выступов сопрягаемого тела, скорость образования и разрушения оксидных пленок), поэтому зависимость  $I_h(v)$  неоднозначна.

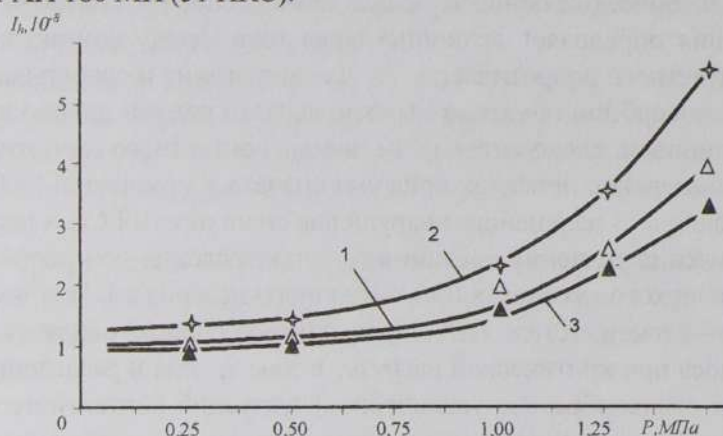


Рисунок 3 – Влияние нагрузки на суммарную интенсивность изнашивания вкладыша (наплавленный слой из Булат-1) и ролика (1, 2 – слой из СВ-08Г2С; 3 – слой из LASTEK 807) при: 1, 3 –  $v = 0,25$  м/с; 2 –  $v = 0,75$  м/с

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, Моригакио. – М. : Машиностроение, 1985. – 239 с.
- 2 Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Мн. : Вышэйшая школа, 1999. – 374 с.
- 3 Богданович, П. Н. Изнашивание твердых тел / П. Н. Богданович. – Гомель : БелГУТ, 1997. – 112 с.

УДК 531.43

## ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

К. П. БОНДАРЕНКО, А. И. КАБАЦКИЙ, О. В. ХОЛОДИЛОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. В. КОРОТКЕВИЧ  
РУП «Гомельэнерго»

Надёжность и долговечность буксовых узлов железнодорожных вагонов во многом определяется работоспособностью подшипников качения. Составным элементом подшипника является смазочный материал, который в процессе эксплуатации создает на контактирующих поверхностях гра-