ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2005. Т. LVIII, № 3.

УДК 621. 81.: 621.89 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Н.Г. МЕЛИКСЕТЯН

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ НЕКОТОРЫХ ФРИКЦИОННЫХ БЕЗАСБЕСТОВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана методика экспериментов для сравнительной оценки работоспособности фрикционных материалов по правилам международных стандартов Европейского Экономического Комитета при ООН. Исследованы трибологические характеристики безасбестовых фрикционных материалов по разработанной методике. Для применения в парах трения дисково-колодочных тормозов автомобилей зарубежного производства предлагается фрикционный безасбестовый полимерный материал типа Бастенит Б-3.

***Ключевые слова:*** фрикционный безасбестовый полимерный материал, коэффициент трения, высокотемпературное изнашивание, фрикционная теплостойкость.

**Введение.** Фрикционные безасбестовые полимерные материалы (ФБПМ) являются новым классом, не содержащим в своих композиционных составах вредного для здоровья человека асбестового волокна. Они успешно используются многими зарубежными ведущими фирмами по автомобилестроению и разработке тормозных фрикционных материалов, и их эксплуатация дает весьма положительные результаты. Их единственным недостатком является высокая себестоимость в связи с использованием дорогостоящих волокнистых материалов и порошкообразных наполнителей.

В числе первых в бывшем СССР авторами [1] в результате комплексного исследования асбополимерных материалов разработаны и подтверждены авторскими свидетельствами СССР новые, сравнительно недорогие ФБПМ типа Бастенит на основе базальтовых и стеклянных волокон, полученных из горных минералов Армянского месторождения. Лабораторные, стендовые и натурные испытания разработанных ФБПМ в ведущих организациях СССР по изготовлению тормозных фрикционных материалов подтвердили их пригодность применения в тормозных устройствах транспортных средств. Было выявлено, что при использовании стеклянных и базальтовых волокон, а также их комбинаций с фенолформальдегидной смолой и каучуком, наряду с обеспечением экологической безопасности, проявляется также и положительный технический эффект, заключающийся в стабилизации тормозных характеристик фрикционной пары, повышении коэффициента трения и эффективности торможения [2].

Однако для усовершенствования технико-экономических показателей этих материалов и их выпуска в качестве запасных частей тормозов зарубежных легковых автомобилей (Опель, Фольксваген, Ауди, Мерседес, БМВ, Вольво и др.), эксплуатирующихся в Армении, требуются дополнительные исследования. В частности, необходимо выявить соответствие материалов типа Бастенит к требованиям стандартов Европейской Экономической Комиссии при ООН, касающихся процесса торможения в транспортных средствах [3].

**Экспериментальные исследования.** Экспериментальному исследованию подверглись ФБПМ Текстар Т-476 (ФРГ), ДББ-33700 (Украина), КБР-3615(Юж. Корея), прошедшие испытания по правилам стандартов [3], и Бастенит Б-3.

Методика проведения сравнительных экспериментов базировалась на двухэтапном рациональном цикле испытаний, включающем соответственно испытание фрикционных образцов на лабораторной машине трения И-47-К-54 в стационарном режиме путем моделирования режимных параметров фрикционных устройств, на основании предпосылок физического моделирования износа, теории подобия и анализа размерностей и исследования работоспособности тормозных колодок в натурном узле на инерционном стенде ТС-1. Геометрические параметры, значения комплекса геометрических параметров узлов трения и масштабных коэффициентов перехода от натурных к модельным испытаниям рассчитывались по методике [2].

Задаваемые режимные параметры лабораторных и стендовых испытаний представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

Задаваемые режимные параметры испытаний

| Испытание | Параметр | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Скорость скольжения, V, *м/с* | Удельное давление, P, *МПа* | Удельная мощность, *Вт/см²* | Конечная температура, T,°C | Количество торможений, z |
| Стендовые | 31,9 | 2,0…8 | 210 | 440…520 | 15 |
| Лабораторные | 7,5 | 2,0 | - | 600 | - |

Программа лабораторных испытаний была выбрана на основании рекомендаций [2]. Стендовые испытания проводились по требованиям Правил ЕЭК ООН [1] 13-Н и предусматривали этапы экспериментов, представленные в табл. 2.

При лабораторных испытаниях в качестве материала металлических контртел был использован серый чугун марки СЧ 20 с параметрами шероховатости поверхности трения 20 …16,5 *мкм*.

*Таблица 2*

Этапы и режимные параметры стендовых испытаний

| Этап испытаний | Параметр | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Давление в системе, P, *МПа* | Начальная скорость торможения, V, *м/с* | Температура накладки T, °C | Период торможения, t, *с* | Количество торможени, z |
| Приработка | 5,0 | 22,2 | конеч. 100 | по T | - |
| Эффективность в зависимости от давления | 2,0<br>4,0<br>6,0<br>8,0 | 22,2 | конеч. 100 | по T | 3 |
| Эффективность в зависимости от скорости | 5,0 | 11,1<br>22,2<br>31,9 | конеч. 100 | по T | 3 |
| Нагревной цикл | 5,0 | 31,9 | 100…520 | 45 | 15 |
| Восстанавливаемость в зависимости от давления | 2,0<br>4,0<br>6,0<br>8,0 | 22,2 | конеч. 100 | по T<br>крат.50 | 3 |
| Восстанавливаемость в зависимости от скорости | 5,0 | 11,1<br>22,2<br>31,9 | конеч. 100 | по T<br>крат.50 | 3 |

**Обсуждение результатов**. Экспериментальные данные лабораторных испытаний выбранных материалов приведены на рис. 1. Их анализ показывает следующее.

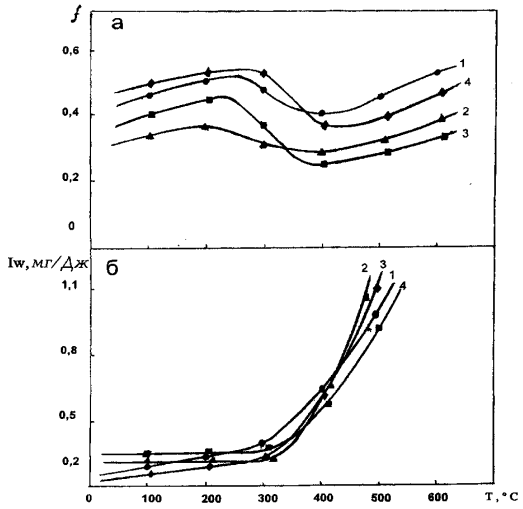


Рис.1. Зависимости коэффициента трения (а) и энергетической интенсивности изнашивания (б) ФБПМ от температуры:
1 -Бастенит Б-3;
2 - КБР – 3615;
3 - ДББ-33700 ;
4 - Т-476

По фрикционным свойствам материал типа Бастенит Б-3 во всем температурном интервале превосходит материалы ДББ-33700 и КБР-3615, а разброс значений коэффициента трения не превышает 5%, уступает лишь материалу Т-476. Энергетическая интенсивность изнашивания материала Бастенит Б-3 находится на уровне показателей аналогов и отвечает требованиям стандарта [3]. Следовательно, материал Бастенит Б-3 при выбранных условиях сравнительных лабораторных испытаний обладает удовлетворительными трибологическими свойствами и по работоспособности не уступает зарубежным общеизвестным аналогам.

Существует также общая закономерность трения и износа выбранных материалов. Средний коэффициент трения материалов с повышением температуры первоначально увеличивается и принимает максимальное значение при температурах 220…310°С. В этом интервале зависимость энергетической интенсивности изнашивания от температуры имеет линейный характер. С повышением температуры коэффициент трения уменьшается до минимального значения при температурах 360…420°С. При этом интенсивность изнашивания увеличивается, и нарушается ее линейная зависимость от температуры. Выше 430 °С наблюдается повышение как коэффициента трения, так и интенсивности изнашивания, и наступает режим интенсивного разрушения поверхностных слоев фрикционных образцов. Зона зависимости коэффициента трения материалов от поверхностной температуры состоит из трех основных участков: повышения коэффициента трения, его уменьшения и повторного повышения.

Результаты стендовых испытаний представлены на рис. 2-4. Тормозные колодки, изготовленные из выбранных материалов, имеют приемлемые свойства и по своим характеристикам отвечают требованиям безопасности стандарта ЕЭК ООН (Правило 13, приложение 15). При нагревном цикле разброс значений тормозного момента не превышает 15% (рис. 4) и находится на уровне показателей [3]. Значения эффективности торможения в зависимости от давления в приводе (рис. 2 а) и от скорости скольжения (рис. 3 а) укладываются в зону 15%-го допуска. Показатели восстанавливаемости торможения в зависимости от давления в приводе (рис. 2 б) и от скорости скольжения (рис. 3 б) не отличаются от нормативных показателей стандарта [3].

Тормозные колодки, изготовленные из материала Бастенит Б-3, по эффективности и восстанавливаемости торможения в зависимости от скорости скольжения и давления в приводе не уступают аналогам, а в отношении чувствительности к тормозному моменту при нагревном цикле - превосходят их (разброс значений тормозного момента в зависимости от температуры составляет 7…8%). Как и при лабораторных испытаниях, здесь они также обеспечивают достаточную работоспособность.

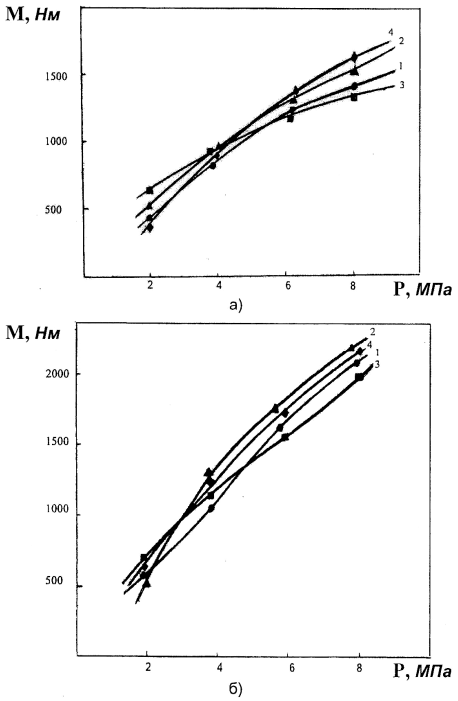


Рис.2. Зависимости тормозного момента от давления в приводе до (а) и после (б) нагревного цикла: 1 -Бастенит Б-3; 2 - КБР – 3615; 3 - ДББ-33700 ; 4 - Т-476

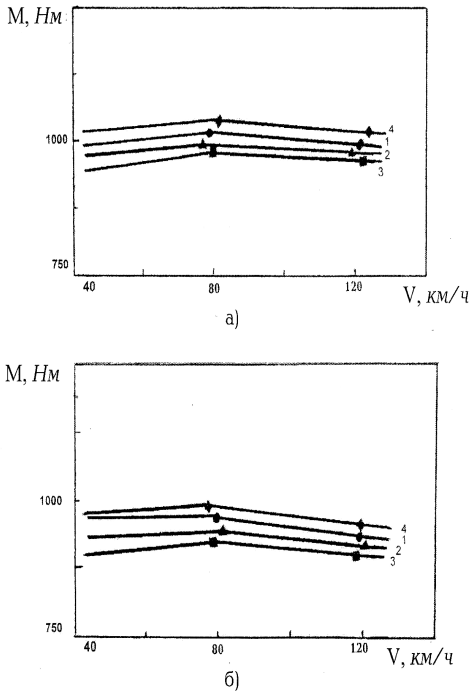


Рис. 3. Зависимости тормозного момента от скорости скольжения до (а) и после (б) нагревного цикла: 1 -Бастенит Б-3; 2- КБР – 3615; 3 - ДББ-33700 ; 4 - Т-476

Из рис. 2 и 3 видно, что выбранные материалы по эффективности и восстанавливаемости торможения до и после нагревного цикла имеют различные характеристики. Это результат происходящих при нагреве механохимических и структурных превращений, процессов фрикционного переноса и других трибохимических явлений, которые являются постоянно действующими факторами и необратимо меняют свойства поверхностных слоев фрикционных материалов.

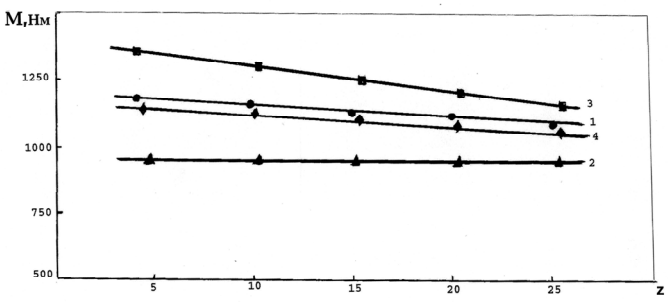


Рис.4. Нагревной цикл: 1 –Бастенит Б-3; 2 - КБР – 3615; 3 - ДББ-33700 ; 4 - Т-476

**Заключение**. Экспериментальная методика на основе двухэтапного рационального цикла испытаний дает возможность комплексно исследовать фрикционные материалы в рамках требований международных стандартов и объективно оценить работоспособность фрикционной пары. Сравнительный анализ работоспособности фрикционных безасбестовых полимерных материалов показывает, что материал типа Бастенит Б-3 удовлетворяет требованиям стандарта ЕЭК ООН в отношении торможения и может быть рекомендован для дорожных эксплуатационных испытаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. **Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Ламбарян Н.А.** Разработка и исследование безасбестовых фрикционных материалов //Трение и износ.-1987.-Т.8, ¹5. – С. 785-791.
2. **Погосян А.К., Сысоев П.В., Меликсетян Н.Г. и др.** Фрикционные композиты на основе полимеров.- Мн.: Информтрибо, 1992. - 218 с.
3. Единообразные предписания, касающиеся официального подтверждения транспортных средств в отношении торможения // Правило ЕЭК ООН. - ¹ 13. -1973.


ГИУА. Материал поступил в в редакцию 05.06.2004.

**Ն.Գ. ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ**

## ՈՐՈՇ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ՊՈԼԻՄԵՐԱՅԻՆ ՇՓԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԱՇԽԱՏՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Մշակված է շփական նյութերի աշխատունակության գնահատման փորձարարական մեթոդիկա՝ համաձայն ՄԱԿ-ին կից Եվրոպական տնտեսական կոմիտեի միջազգային ստանդարտների կանոնների: Ըստ այդ մեթոդիկայի՝ հետազոտված են ասբեստազերծ շփական նյութերի շփագիտական բնութագրերը: Առաջարկվում է Բաստենիտ Բ-3 մակնիշի ասբեստազերծ շփական պոլիմերային նյութ՝ արտասահմանյան արտադրության ավտոմեքենաների կոճղասկավառակային արգելակներում օգտագործելու համար:

**N.G. MELIKSETYAN**

## COMPARATIVE EVALUATION OF ASBESTO-FREE FRICTION POLYMER MATERIALS DURABILITY

The test method for comparative evaluation of friction material durability due to the International Standards of European Economic Committee (EEC) of UN is developed. The tribological characteristics of non-asbestos friction materials according to the developed methods are studied. An asbestos-free friction polymer material of Bastenite B-3 type applying in disc brake pads friction pairs for foreign motor cars is suggested.