

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕЗАСБЕСТОВЫХ ФРИКЦИОННЫХ ТОРМОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТИПА БАСТЕНИТ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ

**Н.Г. Меликсетян, С.Г. Агбальян, Г.О. Асчян,
Г.Н. Меликсетян**

Национальный политехнический университет Армении, Ванадзорский филиал

Представлены результаты исследований трибологических свойств безасбестовых фрикционных тормозных материалов типа Бастенит и разработаны рекомендации по их применению. Разработка новых безасбестовых фрикционных тормозных материалов проводилась двумя методами: а) регулированием протекающих механохимических и структурных изменений, их смещением в область более высоких температур; б) управлением напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя путем предварительного прогнозирования и оценки энергетической интенсивности изнашивания.

Материалы типа Бастенит позволяют: стабилизировать трибологические характеристики пары трения при поверхностных температурах 500...600⁰С, устранить поверхностные дефекты контактирующих деталей и термические трещины контртела, уменьшить износ контртела в 1,6 раза и фрикционной накладки в 1,8 раза в условиях наличия влаги во фрикционном контакте, повысить коэффициент трения в 1,5 раза при 400...600⁰С, защитить поверхность трения контртела от коррозионного и водородного изнашивания, стабилизировать коэффициент трения при 400...600⁰С. С применением в композиционных составах материалов типа Бастенит порошка мрамора и содержащегося в шлаках Алавердского медеплавильного производства РА фаялита деструкционные процессы стеклянных, базальтовых и графитовых волокон протекают в условиях более высоких температур, и, как результат этого, стабилизируются трибологические свойства композитов. Приведены конкретные области применения безасбестовых фрикционных тормозных материалов типа Бастенит.

Ключевые слова: безасбестовые фрикционные материалы, трение, износ, коэффициент трения, замедление.

Введение. В настоящее время наряду с интенсификацией движений, увеличением нагрузочных масс движущихся частей машин, повышением нагрузочно-скоростных режимов эксплуатации транспортных средств и возрастанием требований по обеспечению экологической безопасности окружающей среды непрерывно возникают новые и повышенные требования

к фрикционным тормозным материалам. Вследствие этого применяемые в настоящее время фрикционные материалы не всегда удовлетворяют возросшим требованиям эксплуатации. Технический прогресс требует разработки новых высокоэффективных и в то же время экологически безвредных фрикционных материалов.

Трение фрикционных тормозных материалов в условиях поверхностных температур выше 250...280⁰С по характеру отличается от низкотемпературного трения. Непрерывное многократное фрикционное нагружение интенсивно пластически деформирует поверхностный слой, в котором происходят постоянно действующие термомеханические, механохимические и структурные превращения. Создаются определенные условия для образования микродефектов и зарождения в области их скопления микротрещин. Последние приводят к образованию частиц износа, размеры и частота появления которых определяют интенсивность изнашивания материала. Переход процесса изнашивания материалов от умеренного к интенсивному с одновременным уменьшением коэффициента трения в условиях деструкции связующего, наличие процессов фрикционного переноса и сложное агрегатное состояние поверхности трения фрикционных материалов в температурной зоне, при котором наблюдается повторное повышение коэффициента трения в режиме интенсивного изнашивания, указывают на то, что изменяется механизм разрушения поверхностных слоев, и процесс разрушения невозможно выявить, основываясь только на концепции усталостной теории изнашивания.

Объяснить процесс образования продуктов износа, основываясь только на механохимические изменения, не представляется возможным. Располагая определенной термодинамической активностью, продукты износа могли бы и дальше поглощать определенную теплоту на поверхности трения, однако они экструдированы из зоны фрикционного контакта в результате разрушения рабочего слоя под воздействием поверхностных напряжений, превышающих предел прочности материала при срезе. Улучшение трибологических свойств фрикционных материалов путем уменьшения интенсивности протекающих деструкционных процессов армирующих наполнителей при высокотемпературном трении является актуальным направлением разработки новых и более эффективных композитов фрикционного назначения. Определенный интерес представляет также создание новых фрикционных материалов с применением порошков и отходов полиметаллических минералов армянского месторождения [1-3].

Цель работы - анализ трибологических свойств материалов типа Бастенит и разработка рекомендаций по их применению.

Методы исследования. Безасбестовые фрикционные материалы почти 30 лет успешно используются в тормозных устройствах различных машин и в настоящее время пока еще являются перспективными материалами для изготовления фрикционных накладок тормозных устройств. Еще в 1980-х годах совместно с ВНИИАТИ (ТИИР, г. Ярославль, РФ) и ИММС (г. Гомель Беларусь) нами под руководством д.т.н., проф. А.К. Погосяна проводились комплексные исследования в направлении изучения работоспособности тормозных фрикционных материалов. Установлены основные закономерности высокотемпературного трения и изнашивания поверхностных слоев традиционных композиционных фрикционных материалов, в результате чего обоснованы конкретные пути для создания более работоспособных и, главное, безасбестовых фрикционных материалов [4-8].

На основе трибологических исследований фрикционных композитов с многокомпонентными материалами из минералов армянского месторождения выявлено, что основные деструкционные процессы наиболее распространенных армирующих волокон тормозных фрикционных материалов имеют экзотермический характер (рис. 1).

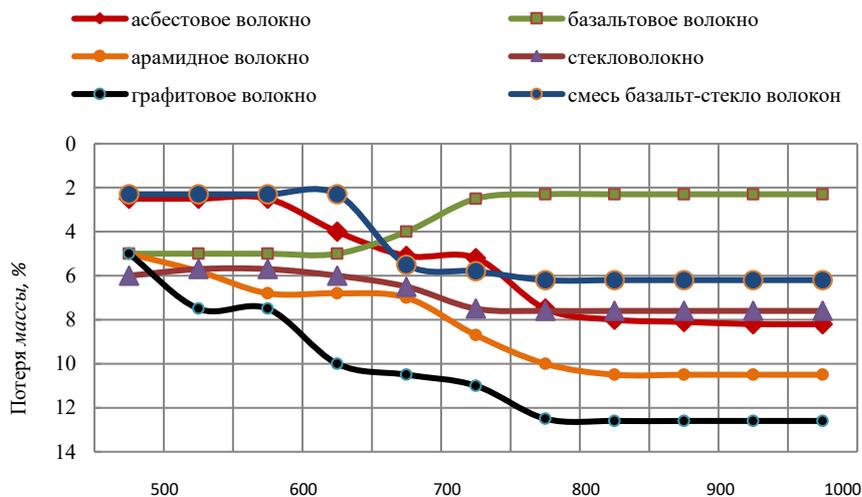


Рис. 1. Кривые термogrавиметрического анализа различных волокон: масса образцов - 25 г, скорость нагрева - 10 °C/мин

В основном, они начинаются при температурах выше 550⁰C и завершаются при 850⁰C. Интенсивное разложение асбестового волокна начинается при температуре 600⁰C и заканчивается при 800⁰C, тогда как интенсивное разложение смеси базальтовых и стеклянных волокон начи-

нается при температуре 750⁰С и заканчивается примерно при 900⁰С. Этот факт указывает на то, что с применением смеси базальтовых и стеклянных волокон взамен асбестового в качестве армирующего наполнителя разрушение поверхностных слоев фрикционных материалов при трении должно протекать при сравнительно высоких температурах.

Кроме того, с вводом в композиционный состав наполнителей, которые в этих температурных зонах имеют способность поглощать определенное количество тепла, деструкционные процессы волокон смещаются в область более высоких температур, и, как следствие, стабилизируются трибологические свойства композитов [9]. Разработку новых тормозных фрикционных материалов с заданными трибологическими параметрами и управляемыми свойствами рационально проводить двумя методами: 1) регулированием протекающих механохимических и структурных изменений в сторону их смещения в область более высоких температур путем ввода в композиционный состав разрабатываемого материала армирующих веществ и специальных наполнителей; 2) управлением напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя путем предварительного прогнозирования и оценки энергетической интенсивности изнашивания. Учет этих двух факторов является необходимым условием при научно обоснованном выборе наполнителей, армирующих веществ и полимерных связующих для создания новых безасбестовых тормозных материалов.

При разработке новых фрикционных безасбестовых полимерных материалов была поставлена задача: создать композиции на базе базальтового и стеклянного волокон со стабильными фрикционно-износными свойствами в широком диапазоне температур на поверхности трения. Механизм структурообразования созданных материалов заключался в том, что волокна являются самостоятельными наполнителями и повышают трибологические свойства материала.

В результате этих исследований созданы и усовершенствованы новые фрикционные безасбестовые композиционные тормозные материалы под общим названием “Бастенит” на основе минералов армянского месторождения (табл.).

Трибологические свойства предлагаемых фрикционных материалов Бастенит-1– Бастенит-6 приведены на рис. 2.

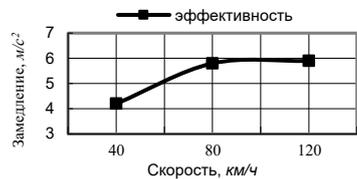
Из анализа трибологических свойств материала Бастенит-1 видно, что при втором определении потери эффективности и восстанавливаемости торможения наблюдается незначительный разброс параметров (меньше 15%). Замедление вращения тормозного диска в течение всего испытания

изменялось в достаточно небольших пределах, и его среднее значение ($5,2 \text{ м/с}^2$) можно считать удовлетворительным.

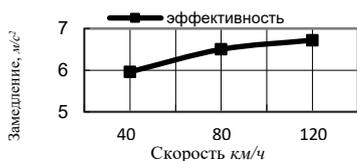
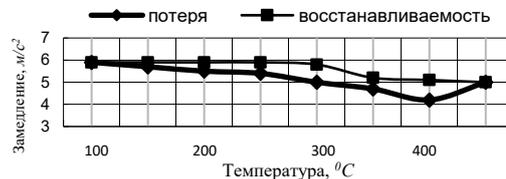
Таблица

Трибологические свойства материалов типа Бастенит

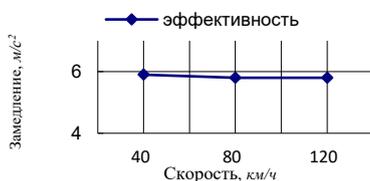
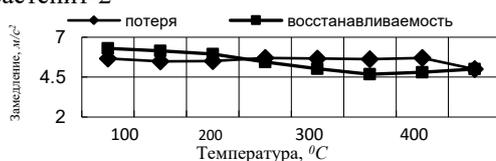
Материал Бастенит (Б)	Показатель					
	Коэффициент трения	Износ, $\times 10^{-5}$ л/Дж	Максим. поверхн. температура, $^{\circ}\text{C}$	Максим. объемная температура, $^{\circ}\text{C}$	Максим. удельное давление, МПа	Максим. скорость скольжения, м/с
Б-1 А.с. СССР 966105	0,28...0,36	0,92...1,08	600	250	4	22
Б-2 А.с. СССР 1142488	0,48... 0,6	1,85...2,15	600	350	6	28
Б-3 А.с. СССР 1224321	0,5... 0,6	1,85... 2,1	700	400	8	32
Б-4 А.с. СССР 1094331	0,48...0,56	1,8 ... 2,2	700	400	12	36
Б-5 Патент РФ 2260018	0,37...0,45	1,85...2,3	750	450	12	36
Б-6 Патент РА 753	0,38...0,57	1,82...2,2	750	450	12	36
Б-7 Патент РА 2394	0,36...0,56	1,8...2,1	750	470	13	36
Б-8 Патент РА 2782	0,38...0,58	1,7...2,0	820	490	14	42
Б-9 Патент РА2909	0,37...0,6	1,6...1,9	820	490	14	42
Б-10 Патент РА 752У	0,38...0,6	1,4...1,6	850	520	15	45



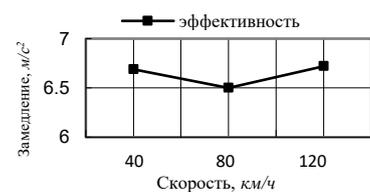
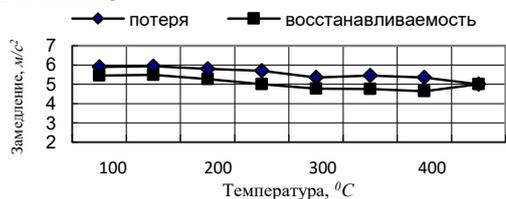
Бастенит-1



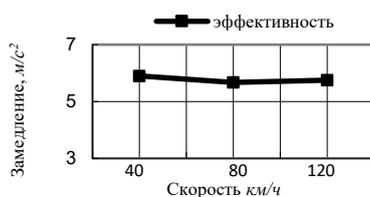
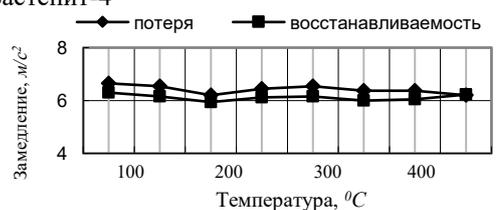
Бастенит-2



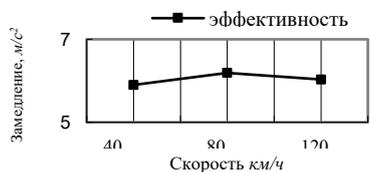
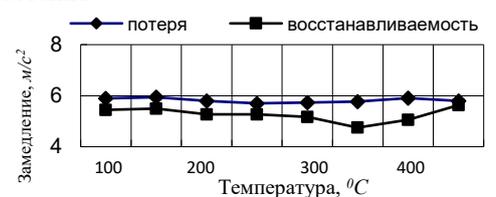
Бастенит-3



Бастенит-4



Бастенит-5



Бастенит-6

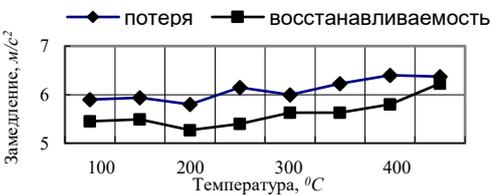


Рис. 2. Трибологические свойства материалов Бастенит-1– Бастенит-6 по требованиям международного стандарта SAEJ-661

Сравнение трибологических характеристик разработанного материала с нормативными параметрами показывает, что Бастенит-1 удовлетворяет требованиям стандарта РФ ГОСТ 31341-2007. Фрикционные накладки из композиции Бастенит-1 предлагается применять в тормозах подъемно-транспортных машин.

Результаты исследования и их обсуждение. Разработано большое количество фрикционных материалов на основе фенолформальдегидных смол. Благодаря высоким физико-механическим и теплофизическим показателям полимеров, полученных на основе этих смол, а также дешевизне и доступности, они широко используются. Кроме того, роль фенолформальдегидных смол, как компонентов фрикционных материалов, не ограничивается функцией связующего, поскольку они активно влияют на трибологические свойства композита.

Нами предлагается фрикционный безасбестовый материал на основе фенолформальдегидной смолы (Бастенит-2), который предотвращает повышенный коррозионный износ поверхности металлического контртела при наличии влаги во фрикционном контакте. Снижение износа металлического контртела и композиции при наличии влаги во фрикционном контакте достигается благодаря тому, что полимерная композиция, включающая фенолформальдегидную смолу, гексаметиленetetрамин и фрикционные добавки, содержит в качестве волокнистых наполнителей смесь базальтового и стеклянного волокон при их весовом соотношении (4...10)/(1...2). Фрикционными добавками являются графит, оксид железа, трибромбензойная кислота и основной фторсиликат алюминия.

Материал Бастенит-2 имеет высокие и стабильные трибологические характеристики. Замедление движения тормозного диска в зависимости от скорости скольжения и поверхностной температуры изменяется в пределах $4,1...6,5 \text{ м/с}^2$, что обеспечивает высокую эффективность торможения транспортных средств в различных условиях эксплуатации. Сравнительная оценка характеристик показывает, что композиция Бастенит-2 удовлетворяет требованиям ТУ 2571-028-00149386-2000 и ГОСТ 22895-2002. Рекомендуется Бастенит – 2 применять в качестве фрикционного материала для изготовления фрикционных накладок тормозов транспортных средств и кузнечно-прессового оборудования.

Разработанный другой фрикционный безасбестовый материал на основе фенолформальдегидной смолы (Бастенит-3) предназначен для использования в качестве фрикционных накладок тормозных устройств транспортных средств, где требуется значительно высокий коэффициент

трения при 400...600°С. Здесь повышение коэффициента трения и управление свойств осуществляется благодаря тому, что в композицию, содержащую фенолформальдегидную смолу, гексаметиленetetрамин, базальтовое волокно и окись алюминия, введены дополнительно порошок туфа, графит и бензоат алюминия.

Анализ трибологических свойств показывает, что при определении потери эффективности и восстанавливаемости торможения материал Бастенит-3 обеспечивает повышенные значения замедления во всем температурном интервале испытаний. При втором определении характеристик замедление движения тормозного диска в зависимости от скорости скольжения почти не меняется, и сохраняется его высокое значение. Характеристики материала Бастенит-3 укладываются также в нормативную зону ГОСТ Р 41.13-99. Рекомендуется материал Бастенит-3 использовать в качестве изготовления фрикционных накладок дисковых тормозов легковых автомобилей, подъемно-транспортных машин и кузнечно-прессового оборудования.

В настоящее время на практике все больше используют композиции на основе комбинированных связующих (смол и каучуков), в которых совмещены положительные качества каучука и смолы. Основные принципы технологии производства фрикционных композитов двухэтапным сухим способом смешивания в резиносмесителях нами были использованы для разработки фрикционных безасбестовых композиционных материалов на основе комбинированных связующих.

Разработанный материал Бастенит-4 позволяет стабилизировать коэффициент трения при 500...600°С и устранять термические трещины на поверхности трения контртела. Композиция, включающая диеновый каучук, барит и графит, содержит в качестве связующего бутадиеновый каучук с 26 масс. % акрилонитрила и дополнительно — фенолформальдегидную смолу, базальтовое волокно, углеродное волокно, оксид магния и порошок меди. Базальтовое волокно повышает коэффициент трения, а углеродное волокно и графит способствуют процессам карбонизации поверхности трения и стабилизации момента трения. Результаты экспериментальных данных показывают, что материал Бастенит-4 имеет стабильные трибологические параметры, особенно при втором определении. При среднем значении замедления движения тормозного диска ($6,15 \text{ м/с}^2$) обеспечивается удовлетворительная эффективность торможения в широком диапазоне поверхностных температур. Рекомендуется материал Бастенит-4 использовать для изготовления фрикционных накладок тормозов транспортных средств,

подъемно-транспортных машин и кузнечно-прессового оборудования, так как они удовлетворяют требованиям стандарта ГОСТ Р 41.13-99.

Установлено, что температура поверхности трения свыше 500°C и наличие коррозионной водородосодержащей среды создают условия для возникновения трибокрекинга, сопровождающегося выделением свободного водорода. Вступая во взаимодействие с материалами тормозных элементов, водород вызывает значительное усиление действия эффекта так называемого “водородного изнашивания”, что, соответственно, ведет к повышенному износу фрикционного материала. Водородное изнашивание является существенной частью общего износа пары трения тормозных устройств, и внедрение в производство практических рекомендаций по снижению водородного изнашивания приводит к существенному увеличению износостойкости пар трения.

Была поставлена задача - разработать новый фрикционный безасбестовый материал с повышенными трибологическими свойствами в условиях водородного изнашивания. Поставленная задача была решена тем, что в известный материал, содержащий бутадиен-нитрильный каучук, фенолформальдегидную смолу, порошок меди, барит, графит и базальтовое волокно, дополнительно введены углеродное волокно, оксид магния и порошок диабаз (Бастенит-5).

В предлагаемом техническом решении введение в состав известного материала - порошка диабаз - позволяет изменить водородный баланс. Частицы диабаз активно адсорбируют выделяющийся при трибокрекинге свободный водород, тем самым минимизируя его концентрацию в зоне контакта, что ограничивает развитие эффекта водородного изнашивания. При снижении рабочих температур в зоне трения происходит десорбция водорода в атмосферу, что позволяет многократно использовать адсорбционную способность диабаз. Введение углеродного волокна увеличивает прочность, износостойкость и теплостойкость композиции, а наличие оксида магния – ее теплопроводность. Указанные существенные признаки взаимосвязаны, и изменение любого из них ведет к снижению характеристик композиции. Рекомендуется материал Бастенит-5 использовать в качестве изготовления фрикционных накладок тормозных устройств тракторов, автомобилей и железнодорожного подвижного состава.

Разработанный фрикционный материал Бастенит-6 обеспечивает стабильные трибологические характеристики в условиях высоких поверхностных температур (400...600 °C). Управление свойств осуществляется путем применения в композиционном составе смеси армирующих наполнителей –

базальтовых, стеклянных и углеродных волокон. Их совместное применение перемещает стадию деструкции армирующих наполнителей в область более высоких температур и одновременно обеспечивает стабильные трибологические характеристики.

Экспериментальные результаты показывают, что фрикционный материал Бастенит-6 имеет повышенные и стабильные значения замедления движения тормозного диска в зависимости от поверхностной температуры и скорости скольжения. При втором определении трибологических характеристик значения замедления находятся на верхнем уровне нормативных показателей. Рекомендуется материал Бастенит-6 использовать в качестве материала фрикционных накладок дисковых тормозов легковых автомобилей, работающих в горных условиях.

Разработанный фрикционный материал Бастенит-7 предназначен для применения в тормозах грузовых железнодорожных вагонов. Результаты сравнительных испытаний приведены на рис. 3.

Видно (рис. 3а), что в условиях высоких скоростей (выше 60 км/ч) тормозные колодки из материала типа Бастенит-7, по сравнению с другими, сохраняют повышенные и стабильные значения коэффициента трения. Детальный осмотр поверхностей трения тормозных колодок из предлагаемого материала и колес после испытаний показал, что фрикционное взаимодействие колодок с поверхностями катания колес не привело к образованию в колесах термических трещин, выщербин, неравномерного износа, сдвигов металла на колесах и другим дефектам, предусмотренным по требованиям НБ ЖТ ЦВ-ЦЛ 009-99. Разброс значений коэффициента трения (рис. 3б) не превышает 8%, что в рамках требований стандарта РФ НБ ЖТ ЦВ-ЦЛ 009-99.

Для обеспечения стабильного коэффициента трения при высоких температурах и высокой износостойкости фрикционных накладок барабанных тормозов большегрузных автомобилей был разработан материал Бастенит-8. Это фрикционная композиция, включающая термореактивные связующие: наволачную фенолформальдегидную смолу и бутадиен-нитрильный каучук, волокнистые минеральные стекловолокно и базальтовое волокно, неорганические наполнители баритовый концентрат и диоксид титана, а также регулятор трения и износа. Отличается дополнительным введением наполнителей оксидов алюминия и цинка, природного цеолита, а также графита в качестве регулятора трения и износа. Трибологические свойства материала Бастенит-8 представлены на рис. 4.

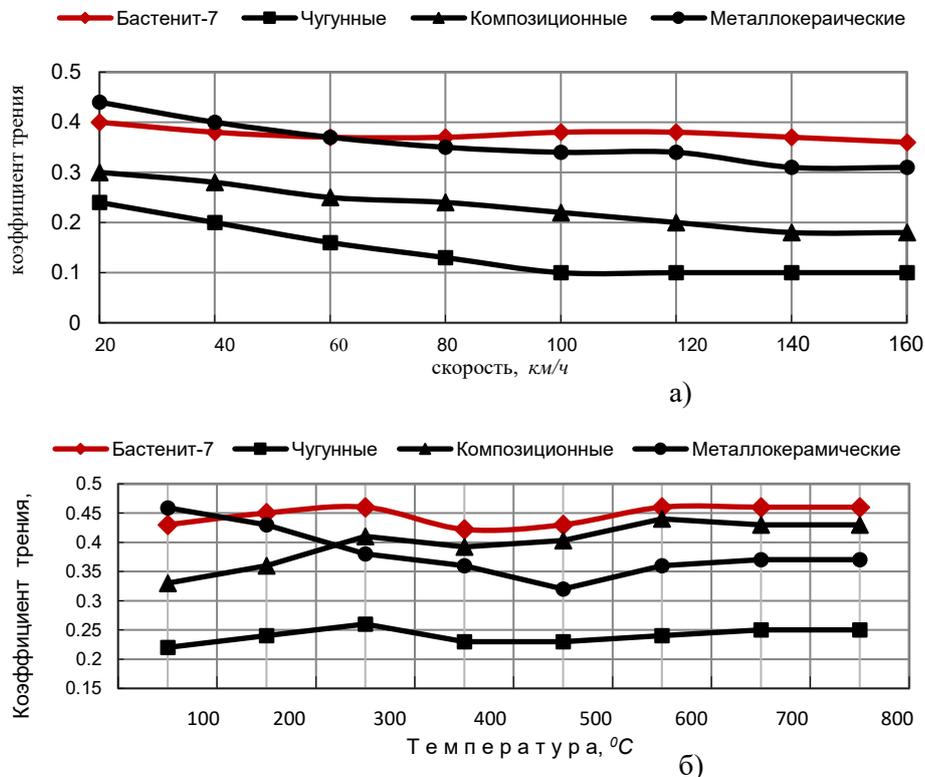


Рис. 3. Сравнительные результаты стендовых испытаний различных тормозных колодок и композиции Бастенит-7:
 а – зависимость коэффициента трения от скорости скольжения,
 б – зависимость коэффициента трения от температуры нагрева

При движении железнодорожного подвижного состава со скоростью свыше 120 км/ч относительно высокие скорости трения, возникающие при торможении, вызывают быстрое повышение температуры рабочих поверхностей контактных поверхностей. В контакте она достигает 1000⁰С, что создает благоприятные условия для интенсивного износа поверхностных слоев контактного материала и нестабильных и низких значений коэффициента трения. Смесь оксида цинка и оксида алюминия препятствует быстрому разложению органических связующих материалов. Благодаря непосредственному контакту с поверхностью колес вагона эти материалы выполняют функцию поглотителей тепла и защищают контактную поверхность тормозной колодки от интенсивного износа. В результате непосредственного контакта этих материалов также создаются условия для обеспечения высокого и стабильного коэффициента трения. Природный

цеолит является адсорбентом горячих газов, выделяющихся при торможении, и стабилизирует значения коэффициента трения.

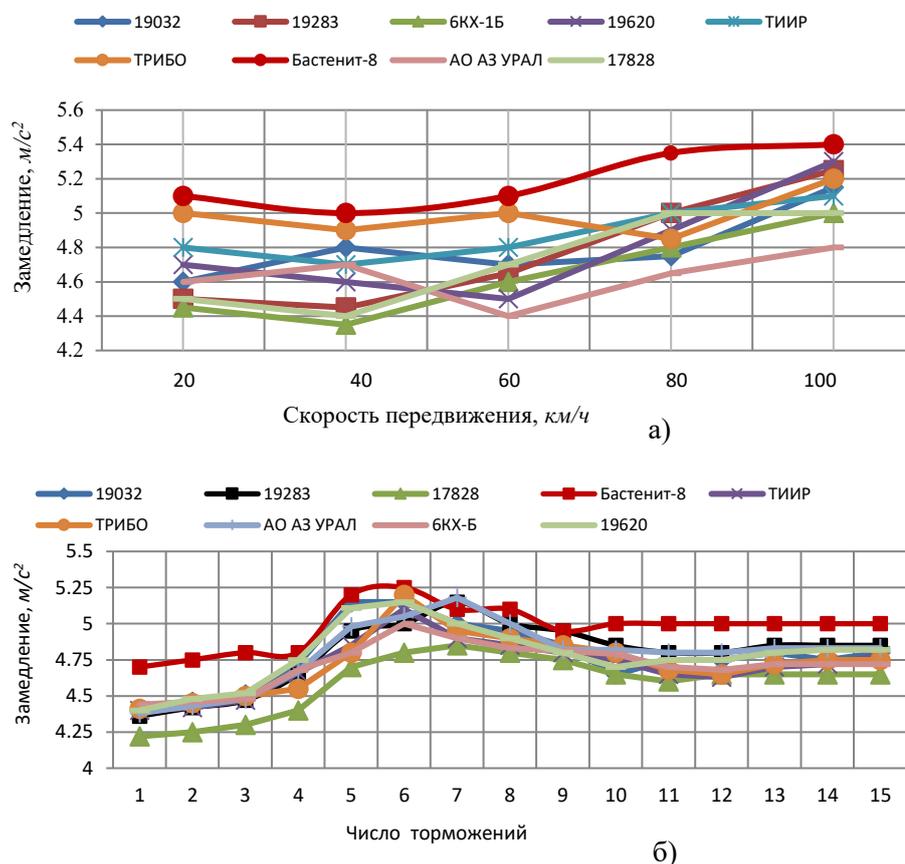
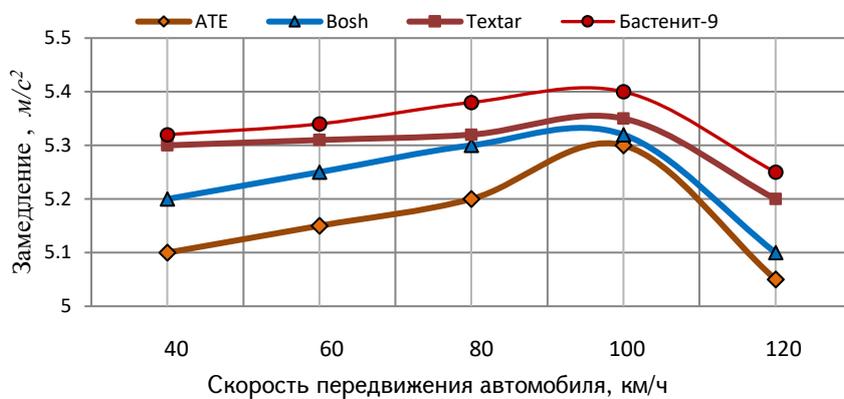
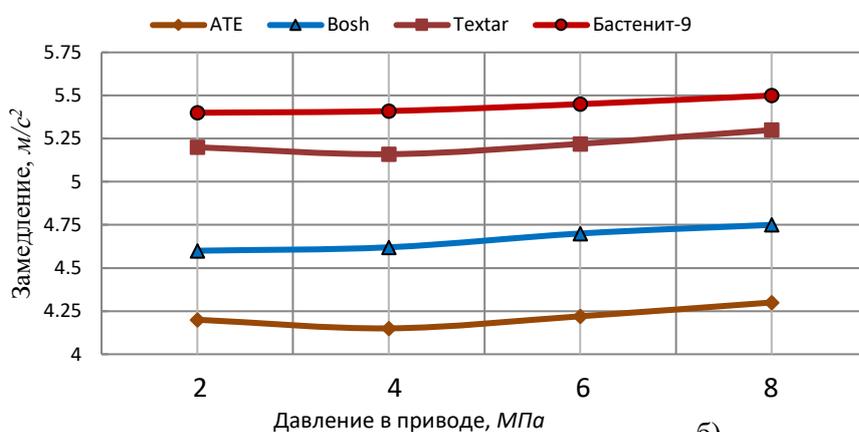


Рис. 4. Сравнительные результаты стендовых испытаний различных тормозных колодок и композиции Бастенит-8: а – зависимость замедления от скорости передвижения, б - зависимость замедления от числа торможений

Разработанный материал Бастенит-9 предназначен для тормозных устройств различных транспортных средств. Показатели эффективности торможения фрикционных накладок из материала Бастенит-9 также стабильны в зависимости от скорости автомобиля (рис. 5а) и давления в трансмиссии (рис. 5б). Разница между максимальным и минимальным значениями потери эффективности торможения (замедления) не превышает $0,15 m/s^2$, тогда как для остальных испытанных материалов она превышает $0,21 m/s^2$.



а)



б)

Рис. 5. Сравнительная оценка трибологических характеристик материала Бастенит-9: а – зависимость замедления от скорости передвижения, б - зависимость замедления от давления в приводе

Сущность изобретения заключается в том, что разработанная композиция для автомобильных тормозных колодок, включающая термореактивные связующие: фенолформальдегидную смолу и бутадиен-нитрильный каучук, волокнистые минеральные стекловолно и базальтовое волокно, баритовый концентрат, диоксид титана, а также графит, отличается тем, что в качестве неорганических наполнителей в нее дополнительно включены жидкое стекло и порошок мрамора, а в качестве регулятора трения и износа - тетраборат натрия. С применением в композитах фрикционного назначения порошков многокомпонентных минералов Армении, например мраморного порошка, богатых карбонатом кальция, деструкционные процессы стеклянных и графитовых волокон протекают в условиях более высоких

температур, и, как результат этого, стабилизируются трибологические свойства композитов.

С целью использования отходов горнодобывающей и металлургической промышленности РА в композициях многокомпонентных безасбестовых фрикционных материалов с требуемыми функциональными свойствами был выбран и экспериментально исследован содержащийся в шлаках Алавердского медеплавильного производства РА фаялит (Fe_2SiO_4) с высоким коэффициентом теплоемкости (628 Дж/кгК). Выявлены теплофизические и эндогенные свойства.

Разработан безасбестовый термостойкий фрикционный тормозной материал Бастенит-10 с применением фаялита. Бастенит-10 предназначен для тормозных узлов автомобилей двойного назначения “Урал” и вагонов метрополитена. Фрикционный композиционный материал Бастенит-10, содержащий терморезистивные связующие - фенольную смолу и бутилкаучук, волокнистые минеральные наполнители, неорганические наполнители - сульфат бария и диоксид титана, регулятор трения и износа - графит, отличается тем, что в качестве неорганического наполнителя дополнительно включает природный цеолит, порошок мрамора и вермикулит, а в качестве регулятора трения и износа дополнительно включает фаялит.

С целью оценки работоспособности были исследованы образцы из материала Бастенит-10 и марки “АТИ” производства ОАО “Санкт-Петербург” РФ. Выбор последнего обусловлен тем, что в настоящее время его используют в подвижном составе метрополитена РА имени К. Демирчяна. Испытания проводились на лабораторной установке ФМ-9 в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 7881-94. Результаты представлены на рис. 6.

Фрикционный материал Бастенит-10 имеет высокую работоспособность и по трибологическим показателям соответствует требованиям стандартов, предъявляемых к тормозным колодкам вагонов метрополитена. Рекомендуется представить разработанный материал на стендовые сертификационные испытания в лаборатории тормозных колодок вагонов железнодорожного подвижного состава стран СНГ (Россия, г. Москва, стендовые испытания по методике ТМ № 02-001-91 ВНИИЖТ). Для использования в тормозах автомобилей двойного назначения “Урал” фрикционный материал Бастенит-10 прошел также испытания по требованиям международного стандарта SAE J-661.

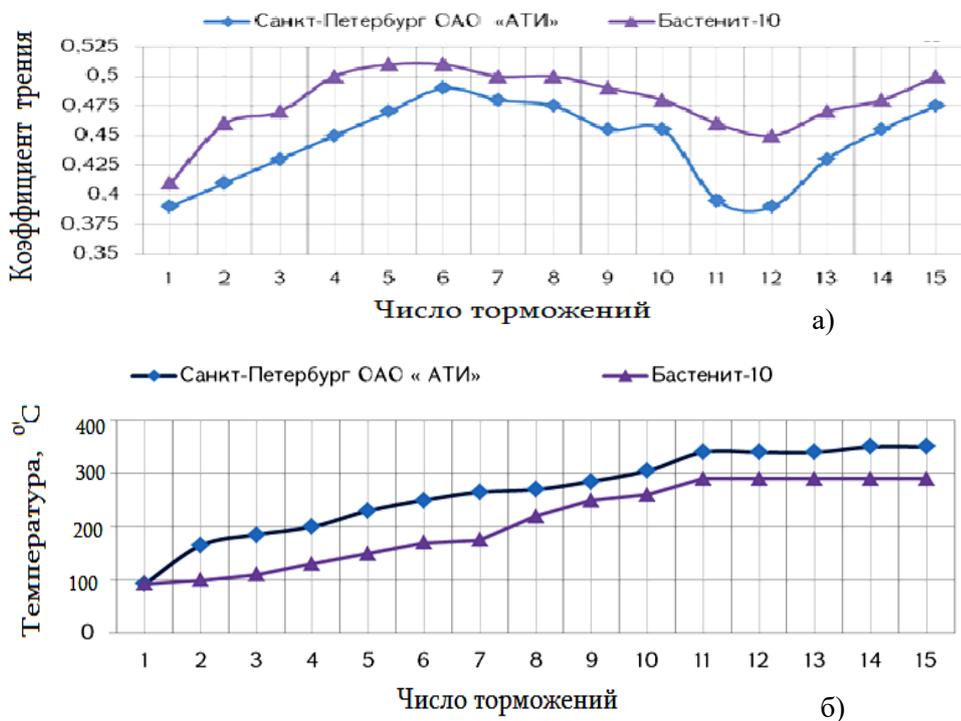


Рис. 6. Зависимости коэффициента трения (а) и температуры композиции Бастенит-10 (б) от количества торможений

Заключение. Базальтовые и стеклянные волокна, полученные из минералов армянского месторождения, порошок мрамора и фаялит являются успешными заменителями асбестовых волокон. Их применение в композиционных составах фрикционных материалов взамен асбеста, кроме экологического, обеспечивает также и положительный технический эффект. Новые фрикционные безасбестовые композиционные материалы на основе базальтовых и стеклянных волокон под общим названием “Бастенит” позволяют: стабилизировать трибологические характеристики пары трения при поверхностных температурах 500...600 °C (А.с. СССР 966105); устранить поверхностные дефекты контактирующих деталей и термические трещины контртела (А.с. СССР 1094331); уменьшить износ контртела в 1,6 раза и фрикционной накладке в 1,8 раза в условиях наличия влаги во фрикционном контакте (А.с. СССР 1142488); повысить коэффициент трения в 1,5 раза при 400...600 °C (А.с. СССР 1224321); защитить поверхность трения контртела от коррозионного и водородного изнашивания (Патент РФ 2260018); стабилизировать коэффициент трения при 400...600 °C (Патент РА 753).

Материалы типа Бастенит позволяют стабилизировать фрикционно-износные характеристики пары трения при поверхностных температурах 500...600 °С, устранить поверхностные дефекты контактирующих деталей и термические трещины металлического контртела, уменьшить износ фрикционной накладки и контртела в 1,8 и 1,6 раза соответственно в условиях наличия влаги во фрикционном контакте, стабилизировать и повысить коэффициент трения в 1,5 раза при 400...600 °С, защитить поверхность трения контртела от коррозионного и водородного износа.

Работа выполнена в рамках научной темы “Создание и исследование деталей машин и композиционных материалов на полимерной основе с использованием местного сырья и минералов” базовых проблемных лабораторий «Трибология» и «Материаловедение и металлургия» Национального политехнического университета Армении за 2020-2025 гг. при финансовой поддержке КН МОН РА.

Литература

1. **Pogolian A., Meliksetyan N., Mamulyan N.** Asbestos-free brake materials with the armenian minerals application // Eurobrake 2012 Intern. Congress Technical Program Poster Presentations, Friction Materials. – Dresden, 2012. <http://www.eurobrake.net>.
2. **Меликсетян Н.Г., Агбальян С.Г., Меликсетян Г.Н.** Разработка и трибологическое исследование безасбестовых тормозных композиционных материалов // 1-st Intern. Conf. «Mechanical Engineering Solutions-2018».- Yerevan.- 2018. <http://mes2018.aua.am/>.
3. **Меликсетян Н.Г., Агбальян С.Г.** Трибологические исследования фрикционных тормозных материалов в Национальном политехническом университете Армении // Collection of scientific papers on materials XIV International Scientific Conference "Scientific achievements of the third millennium".-USA, Los Angeles, 2021.- P. 33-41. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46300562>.
4. Фрикционные композиты на основе полимеров / **А.К. Погосян, П.В. Сысоев, Н.Г. Меликсетян** и др. – Минск: Информтрибо, 1992. - 218 с.
5. **Peter J. Blau, Harry M. Meyer** Characteristics of wear particles produced during friction tests of conventional and unconventional disc brake materials // Wear.- August–September 2003.- V. 255, issues 7–12.- P. 1261-1269.
6. **Automotive Brake Materials.** Characterization of Wear Products and Relevant Mechanisms at High Temperature.-Verma, Piyush Chandra, 2016. <http://eprints-phd.biblio.unitn.it/1660/>.
7. **Погосян А.К., Меликсетян Н.Г., Ламбарян Н.А.** Высокотемпературное изнашивание фрикционных асбополимерных материалов // Трение и износ. - Минск, 1983. -Том 4, №6. – С. 1090-1098.

8. **Meliksetyan N.G., Myshkin N.K., Agbalyan S.G., Meliksetyan G.N.** Friction and Wear of Asbestos-Free Brake Friction Materials //Journal of Friction and Wear.- 2022.- Vol. 43, No. 6.- P. 416–422. © Allerton Press, Inc., 2022.
<https://link.springer.com/article/10.3103/s1068366622060101>.
9. **Меликсетян Н.Г.** Особенности высокотемпературного трения тормозных фрикционных безасбестовых полимерных материалов // Труды Межд. симпоз. по трибологии YarTribNord.- 2021.- Ярославль, РФ, 2022.- С. 115-123.
<https://vimeo.com/615856594>.

*Поступила в редакцию 17.09.2025.
Принята к опубликованию 25.12.2025.*

ԲԱՍՏԵՆԻՏ ՏԻՊԻ ԱՍԲԵՍՏԱԶԵՐԾ ՇՓԱԿԱՆ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՇՓԱԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԿԻՐԱՌՄԱՆ
ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ն.Գ. Մելիքսեթյան, Ս.Գ. Աղբալյան, Գ.Հ. Ասլյան,
Գ.Ն. Մելիքսեթյան

Ներկայացված են ասբեստազերծ Բաստենիտ տիպի արգելակային շփանյութերի շփագիտական հատկությունների վերլուծության արդյունքները, և մշակված են դրանց կիրառման առաջարկություններ: Նոր ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերի մշակումն իրականացված է երկու մեթոդով՝ ա) ընթացող մեխանաքիմիական և կառուցվածքային փոփոխությունների կարգավորում, դրանց տեղափոխում դեպի ավելի բարձր ջերմաստիճանների տիրույթ, բ) մակերեսային շերտի լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի վերահսկում՝ էներգետիկ մաշվածության նախնական կանխատեսման և գնահատման հիման վրա:

Բաստենիտ նյութերը թույլ են տալիս կայունացնել շփման զույգի շփագիտական բնութագրերը 500...600°C մակերեսային ջերմաստիճաններում, վերացնել հպվող մասերի մակերեսային արատները և հակամարմնի ջերմային ճաքերը, շփման խոնավության պայմաններում նվազեցնել հակամարմնի մաշվածությունը 1,6 անգամ և շփանյութինը՝ 1,8 անգամ, մեծացնել շփման գործակիցը 400...600°C ջերմաստիճանում 1,5 անգամ, պաշտպանել հակամարմնի շփման մակերեսը կոռոզիայից և ջրածնային մաշումից, կայունացնել շփման գործակիցը 400...600 °C ջերմաստիճանում: Բաստենիտ նյութերի բաղադրակազմերում մարմարի փոշու և ՀՀ Ալավերդու պղնձածուլական արտադրության խարամներում պարունակվող ֆայալիտի օգտագործման դեպքում ապակե, բազալտե և գրաֆիտի մանրաթելերի քայքայման գործընթացները տեղի են ունենում ավելի բարձր ջերմաստիճանների պայմաններում, և, որպես արդյունք, կայունանում են շփանյութերի

շփագիտական հատկությունները: Բերված են Բաստենիտ տիպի ասբեստազերծ արգելակային շփանյութերի կիրառման կոնկրետ բնագավառները:

Առանցքային բառեր. ասբեստազերծ շփանյութեր, շփում, մաշվածություն, շփման գործակից, դանդաղեցում:

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF ASBESTOS-FREE FRICTION BRAKE MATERIALS OF BASTENIT – TYPE, AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR APPLICATION

**N.G. Meliksetyan, S.G. Agbalyan, G.H. Aschyan,
G.N. Meliksetyan**

The results of analysis of tribological properties of asbestos-free friction brake materials of Bastenit - type are presented and recommendations for their use are developed. The development of new asbestos-free friction brake materials was carried out using two methods: a) regulation of the ongoing mechanochemical and structural changes, their displacement to the region of higher temperatures, b) control of the stress-strain state of the surface layer based on preliminary prediction and assessment of the energy intensity of wear.

Bastenit materials allow: to stabilize the tribological characteristics of the friction pair at surface temperatures of 500...600 °C, to eliminate the surface defects of the contacting parts and thermal cracks of the counterbody, to reduce the wear of the counterbody by 1,6 times and the friction lining by 1,8 times in the presence of moisture in the friction contact, to increase the friction coefficient by 1,5 times at 400...600 °C, to protect the friction surface of the counterbody from corrosion and hydrogen wear, to stabilize the friction coefficient at 400...600 °C. With the use of marble powder and fayalite contained in the slags of the Alaverdi copper smelter in the composite compositions of Bastenit materials, the destructive processes of glass, basalt and graphite fibers occur at higher temperatures and, as a result, the tribological properties of the composites are stabilized. The specific areas of application of Bastenit type asbestos-free friction brake materials are given.

Keywords: asbestos-free friction materials, friction, wear, friction coefficient, deceleration.