

## Использование термина "спеченный порошковый фрикционный материал" The use of term "sintered powder frictional material"

**А. Ф. ИЛЬЮЩЕНКО<sup>1</sup>**, д-р техн. наук,  
член-корр. Национальной академии наук  
Беларуси

**А. В. ЛЕШОК<sup>1</sup>**, канд. техн. наук

**А. Н. РОГОВОЙ<sup>1</sup>**, инж.

**В. М. ШАРИПОВ<sup>2</sup>**, д-р техн. наук

<sup>1</sup> Институт порошковой металлургии,  
Минск, Республика Беларусь, [sdilav@tut.by](mailto:sdilav@tut.by)

<sup>2</sup> Университет машиностроения (МАМИ),  
Москва, Россия, [trak@mami.ru](mailto:trak@mami.ru)

**A. F. IL'YUSHCHENKO<sup>1</sup>**, DSc in Engineering,  
Corresponding member of the National Academy  
of Sciences of Belarus

**A. V. LESHOK<sup>1</sup>**, PhD in Engineering

**A. N. ROGOVOY<sup>1</sup>**, Engineer

**V. M. SHARIPOV<sup>2</sup>**, DSc in Engineering

<sup>1</sup> Powder Metallurgy Institute,  
Minsk, Republic of Belarus, [sdilav@tut.by](mailto:sdilav@tut.by)

<sup>2</sup> University of Mechanical Engineering (MAMI),  
Moscow, Russia, [trak@mami.ru](mailto:trak@mami.ru)

Порошковые фрикционные материалы получили широкое распространение в фрикционных сцеплениях и тормозах тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. В настоящее время для этих материалов применяются различные термины: "металло-керамический фрикционный материал"; "порошковый фрикционный материал"; "спеченный фрикционный материал". Наиболее часто в научной литературе используется термин "металлокерамический фрикционный материал". Многолетний опыт разработки и использования фрикционных материалов указывает на то, что перечисленные термины не совсем точны. Существует следующее определение металлокерамики: искусственный материал, представляющий собой гетерогенную композицию металлов и сплавов с неметаллами (керамикой). В современных спеченных порошковых фрикционных материалах от 10 до 30 % объема могут составлять неметаллические компоненты: графит, оксиды, нитриды, сульфиды и прочие. Например, в объеме наиболее распространенного состава спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 на основе меди содержится 23 % графита, который не взаимодействует с бронзовой основой. Если руководствоваться ранее сформулированным определением "металлокерамический фрикционный материал", то графит следует относить к керамике, что некорректно. При изучении микроструктуры спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 на основе меди установлено, что графит равномерно распределен по полю шлифа, не взаимодействует с компонентами фрикционного материала и представлен в виде обособленных частиц. Следовательно, данный материал некорректно называть металлокерамикой. Для таких материалов предлагается использовать термин "спеченные порошковые фрикционные материалы", указывающий на их назначение и технологию изготовления.

**Ключевые слова:** фрикционные сцепления; тормоза; металлокерамический фрикционный материал; порошковый фрикционный материал; спеченный фрикционный материал; спеченный порошковый фрикционный материал.

Powder frictional materials are widely used in frictional couplings and brakes of tractors, automobiles and agricultural machinery. Today various terms are applied for these materials, such as: "ceramic-metal frictional material", "powder frictional material", "sintered frictional material". The term "ceramic-metal frictional material" is the most frequently used in scientific literature. Long-term experience of development and use of frictional materials indicates that the listed terms are not exact. There is the following definition of metal ceramics. It is the artificial material having heterogeneous composition of metals and alloys with nonmetals (ceramics). In modern sintered powder frictional materials the quantity of nonmetallic components could range from 10 to 30 % of volume, including graphite, oxides, nitrides, sulfides and other components. For example, the volume of the most widespread composition of МК-5 sintered powder frictional material based on copper contains 23 % of graphite that does not interact with the bronze base. According to earlier formulated definition of "ceramic-metal frictional material", the graphite should be qualified as ceramics, which is absolutely incorrect. When studying a microstructure of МК-5 sintered powder frictional material based on copper, it is established that graphite is uniformly distributed across the section surface. It does not interact with the components of frictional material and has the form of isolated particles. Therefore, it is incorrect to define this material as metal ceramics. For these materials it is suggested to use the term "sintered powder frictional materials" that indicates their application and production technology.

**Keywords:** frictional couplings; brakes; ceramic-metal frictional material; powder frictional material; sintered frictional material; sintered powder frictional material.

## Введение

Обязательный элемент конструкции фрикционных сцеплений и тормозов тракторов, автомобилей и сельхозмашин — фрикционные накладки или диски с поверхностным слоем фрикционного материала.

Выбор фрикционного материала для узла трения зависит от его конструкции и назначения, условий эксплуатации, требований надежности, а также от экономических показателей производства.

Лучшим сочетанием физико-механических и триботехнических свойств обладают, как правило, гетерогенные материалы [1]. Технология порошковой металлургии позволяет наиболее полно реализовать основные условия создания материалов с требуемым комплексом триботехнических и эксплуатационных параметров. Это возможно благодаря сочетанию как металлических, так и неметаллических материалов, варьированию химического и фазового состава. Кроме того, технология порошковой металлургии обеспечивает экономию металлов за счет уменьшения или полного исключения механической обработки.

История создания порошковых спеченных фрикционных материалов начинается с 1940-х гг. Этот период отмечается также началом формирования отечественной школы специалистов порошковой металлургии, занимающейся изучением и разработкой порошковых спеченных фрикционных материалов. Начинаются исследования влияния различных добавок (асбест, диоксид кремния и молибдена, карбид кремния и др.) на триботехнические свойства материала. Разрабатывается технологический процесс изготовления фрикционных дисков для работы без смазки и со смазкой в фрикционных узлах приборов, а также трансмиссиях тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных и других машин.

1960-е гг. характеризуются началом изучения и создания порошковых спеченных фрикционных материалов на основе железа, содержащего медь, графит, барий, диоксид кремния и асбест. Научно-технический потенциал 1950—1960-х гг. послужил основой быстрого развития исследований с целью создания новых порошковых спеченных фрикционных материалов, технологий изготовления фрикционных дисков, изучения их свойств в различных условиях эксплуатации.

Последующий период характеризуется качественно новым подходом к решению задачи по созданию новых материалов и их использованию в машиностроении. Интенсивно развиваются исследования взаимосвязи структуры и свойств материалов, процессов, протекающих при трении в приповерхностных и поверхностных слоях материала, их влияния на триботехнические характеристики фрикционных пар, влияния тепловых полей и нагрузочных параметров на характер физико-химико-механических процессов, протекающих на поверхностях трения, воздействия технологических факторов на эксплуатационные свойства порошковых материалов. Работы по созданию материалов ведутся с использованием достижений фундаментальных наук: теории трения и изнашивания, тепловой динамики трения, законов физики твердого тела и физикохимии процессов [2, 3].

В этот период вся группа материалов фрикционного назначения, полученная методом порошковой металлургии, приобретает обобщенное название "металлокерамические фрикционные материалы". Существует следующее определение металлокерамики: искусственный материал, представляющий собой гетерогенную композицию металлов и сплавов с неметаллами.

Данная группа материалов характеризуется высокой износостойкостью и теплостойкостью, механической прочностью, теплопроводностью. Проявлению хороших эксплуатационных свойств спеченных порошковых фрикционных материалов в тяжелых условиях работы способствуют входящие в их состав компоненты: одни обеспечивают высокие износостойкость, теплопроводность и коэффициент трения, другие — стабильность фрикционных свойств и отсутствие схватывания. Для узлов трения со смазкой, как правило, применяются материалы на основе меди, а для условий трения без смазки — материалы на основе меди или железа.

Если рассмотреть известные составы фрикционных материалов, полученных методом порошковой металлургии, то можно отметить, что они содержат графит и другие неметаллические составляющие, для определенных условий эксплуатации имеющие определенные значения концентрации (см. таблицу). При этом их влияние непостоянно и определяется нагрузочными характеристиками [2].

В технической литературе, где рассматриваются узлы трения, довольно часто можно встретить определения

**Химический состав фрикционных материалов на медной основе, %**

Материал	Медь	Олово	Свинец	Железо	Кристаллический графит	Прочее
М-106	72	9	7	5	4	Асбест хризолитовый — 3
М-140	73	9	8	4	4	Муллит — 1,5
МК-5	72	9	8	4	7	—
ФМ-1	71	9	5	4	4	Ситалл — 3; концентрат молибдена — 4
ФМ-2	79	—	6	4	4	Нитрид бора — 4
ФМ-4	71	9	8	4	7	Никель серно-кислый — 1
ФМ-5	67	9	8	—	7	Белый чугун — 9

"металлокерамический фрикционный материал" [4–6], "порошковый фрикционный материал" [7], "спеченный фрикционный материал" [8]. Многолетний опыт разработки и использования фрикционных материалов указывает на то, что перечисленные термины не совсем точны.

### Цель исследования

Цель данной работы — уточнение терминологии, связанной с порошковыми фрикционными материалами, применяемыми в узлах трения тракторов, автомобилей и сельхозмашин.

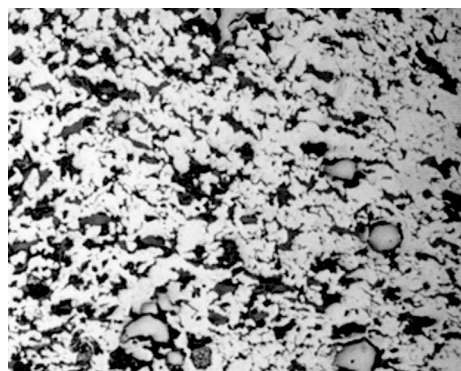
### Материалы и результаты

С 1940-х гг. в иностранных патентах появилось определение *sintered powder frictional material*, которое переводится как "спеченный порошковый фрикционный материал". Это определение более корректно. Оно охватывает технологический фактор, указывая на способ получения (спекание порошкового материала), и назначение. Следует отметить, что спеканием формируется основа фрикционного материала, а входящие компоненты (антифрикционного и фрикционного назначения) могут с ней не взаимодействовать.

В современных спеченных порошковых фрикционных материалах от 10 до 30 % объема могут составлять неметаллические компоненты: графит, оксиды, нитриды, сульфиды и прочие. Так, в объеме наиболее распространенного состава спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 на основе меди содержится 23 % графита, который не взаимодействует с бронзовой основой. При этом если руководствоваться ранее сформулированным определением "металлокерамический фрикционный материал", графит следует относить к керамике.

Как правило, в материалах на основе меди металлическая матрица (оловянистая бронза) составляет 60–70 % объема, а количество фрикционных добавок может составлять до 10 % объема. Приведенная на рисунке микроструктура спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 на основе меди, наиболее распространенного в машиностроении, может служить эталоном для оценки наличия и распределения компонентов. Здесь графит равномерно распределен по полю шлифа. Микрорентгеноспектральный анализ показывает, что графит не взаимодействует с компонентами фрикционного материала и представлен в виде обособленных частиц. Следовательно, данный материал некорректно называть металлокерамикой.

Исследования спеченных порошковых фрикционных материалов мировых производителей (Hoerbiger,



Микроструктура спеченного порошкового фрикционного материала на основе меди МК-5 ( $\times 100$ )

Miba, Wellman) показывают, что существуют составы материалов, полученные спеканием легированных порошков бронзы с волокнами антифрикционного назначения (до 3–5 % объема). Эти материалы также некорректно называть металлокерамикой.

Следует отметить, что определение "спеченные порошковые фрикционные материалы" корректно и для фрикционных материалов на железной основе, полученных спеканием железного порошка с различного рода наполнителями, концентрация которых не превышает 40 % объема.

### Вывод

Для порошковых фрикционных материалов, используемых в фрикционных сцеплениях и тормозах тракторов, автомобилей и сельхозмашин, более правильно определение "спеченные порошковые фрикционные материалы", которое учитывает как назначение материала, так и технологию его производства. Данное определение можно относить к материалам как на основе меди, так и на основе железа.

### Литература и источники

1. Керженцева Л. Ф., Дьячкова Л. Н., Талако Т. Л. Исследование процессов структурообразования при спекании материалов на железной основе, полученных из диспергированных порошков // Порошковая металлургия. 1991, № 14. С. 125–129.
2. Федорченко И. М., Крячек В. М., Панаиоти И. И. Современные фрикционные материалы. Киев: Наукова думка, 1975. 335 с.
3. Чичинадзе А. В., Браун Э. Д., Буше Н. А. и др. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. 664 с.
4. Сергеев Л. В., Кадобнов В. В. Гидромеханические трансмиссии быстроходных гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1980. 200 с.
5. Лукин П. П., Гаспарянц Г. А., Родионов В. Ф. Конструирование и расчет автомобиля. М.: Машиностроение, 1984. 376 с.
6. Шарипов В. М., Эглит И. М., Парфенов А. П. Трансмиссии тракторов / Под ред. В. М. Шарипова. М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1998. 272 с.
7. Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов. М.: Машиностроение, 2009. 752 с.
8. Труханов В. М., Зубков В. Ф., Крыхтин Ю. И. и др. Трансмиссии гусеничных и колесных машин. М.: Машиностроение, 2001. 736 с.

### References

1. Kerzhentseva L. F., D'yachkova L. N., Talako T. L. Research of structuring processes when sintering the materials based on iron obtained from the dispersed powders. *Poroshkovaya metallurgiya*, 1991, no. 14, pp. 125–129 (in Russ.).
2. Fedorchenko I. M., Kryachek V. M., Panaioti I. I. *Sovremennye friktsionnye materialy* [Modern frictional materials]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1975, 335 p.
3. Chichinadze A. V., Braun E. D., Bushe N. A. et al. *Osnovy tribologii (trenie, iznos, smazka)* [Fundamentals of tribology (friction, wear, lubrication)]. Under the editorship of A. V. Chichinadze. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001, 664 p.
4. Sergeev L. V., Kadobnov V. V. *Gidromekhanicheskie transm issii bystrokhodnykh gusenichnykh mashin* [Hydromechanical transmissions of high-speed tracked vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980, 200 p.
5. Lukin P. P., Gaspariyants G. A., Rodionov V. F. *Konstruirovani e i raschet avtomobilya* [Design and calculation of automobile]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984, 376 p.
6. Sharipov V. M., Eglit I. M., Parfenov A. P. *Transmissii traktorov* [Tractor transmissions]. Under the editorship of V. M. Sharipov. Moscow, Foundation for Economic Literacy Publ., 1998, 272 p.
7. Sharipov V. M. *Konstruirovani e i raschet traktorov* [Design and calculation of tractors]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009, 752 p.
8. Trukhanov V. M., Zubkov V. F., Krykhtin Yu. I., Zheltobryukhov V. O. *Transmissii gusenichnykh i kolesnykh mashin* [Transmissions of tracked and wheeled vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2001, 736 p.