



УДК 672.9

## ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМОВАНИЯ



## THE INFLUENCE OF SURFACE-ACTIVE LUBRICANTS ON THE FORMATION PROCESS

**Юсубов Фикрет Фахраддин**

аспирант,  
Азербайджанский государственный  
университет нефти и промышленности  
fikratyusub@gmail.com

**Yusubov Fikrat Fakhreddin**

Postgraduate,  
Azerbaijan state oil and industry university  
fikratyusub@gmail.com

**Аннотация.** Данное исследование посвящено разработке фрикционных композиционных материалов, состоящих из металлических и неметаллических элементов, на основе порошковой металлургии. Была исследована роль инертных смазок в разработке и изучено их влияние на процесс формирования при прессовании.

**Annotation.** This research is devoted to the development of friction composite materials consisting of metal and non-metallic elements on the basis of powder metallurgy methods. The role of inert lubricants in development of composites was investigated, and their effects on the formation process during pressing were studied.

**Ключевые слова:** порошковая металлургия, композиционные материалы, пластификаторы, прессование, плотность.

**Keywords:** powder metallurgy, composite materials, plasticizers, pressing, density.

Основная причина отказа деталей в машинах промышленности является износ и разрушение. Изнашивание происходит за счёт пара трения. Важно, чтобы материалы, используемые в узлах трения, имели высокую износостойчивость и термостойкость [1].

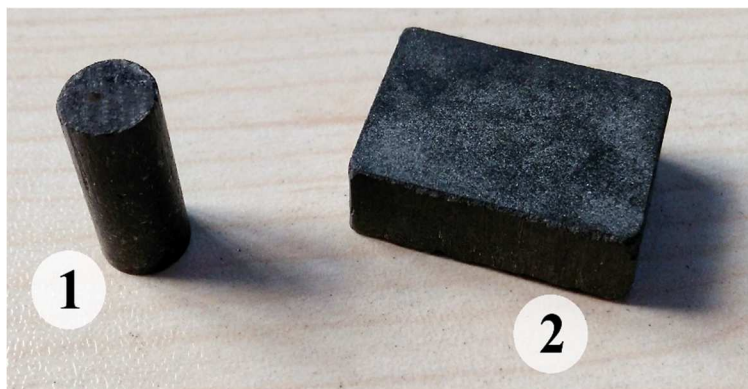
Для разработки новых долговечных и экологически чистых композиционных материалов для узлов трения, эксплуатируемых в тяжелых условиях, определен состав на основе 25 % барита, 25 % фенолформальдегида, 7 % оксида алюминия, 5 % синтетического валлостонита, 10 % свинца, 10 % олова, 7 % меди-графита (80 % Si 20 % C), 5 % оксида кремния и небольшое количество оксида магния дисульфида молибдена и бронзой стружки. Основным условием, характеризующим качество компактных материалов, является равномерное распределение плотности по объему [2]. Другим важным фактором, влияющим на механические и термические свойства фрикционных материалов, является пористость [3]. Изменение плотности естественным образом повлияет на пористость образцов.

С этой точки зрения важно изучить процесс формирования композитов. В данном случае различные режимы прессования были использованы для выяснения влияния поверхностно-активных инертных смазок на процесс формирования фрикционных композиционных материалов. Технологические процессы, такие как измельчение, механическое смешивание, холодное прессование (10 МПа), горячее прессование (160 °С, 25,5 МПа) были использованы при приготовлении образцов (табл. 1). Образцы были подготовлены в двух формах: цилиндрической ( $h = 13$  мм,  $d = 7$  мм) и прямоугольной (22,5×15,5×5,5) (рис. 1).

**Таблица 1** – Технологические режимы, используемые при изготовлении образцов

Процедура	Время (час)	Давление (МПа)	Температура (°С)
Измельчение	6	–	Комнатная температура
Механические смешивания	8	–	Комнатная температура
Холодной прессования	–	15,0	Комнатная температура
Горячие прессования	0,5	25,5	160

Прессования осуществлялось по односторонней схеме для обеих форм. Поскольку на поверхности образцов, приготовленных без пластификаторов, наблюдалось трещины и в результате структура материалов нарушена, добавлен дополнительный элемент в состав композиции и были сделаны сравнения. Во время прессования контакт между частицами увеличивается, поры уменьшаются, а отдельные частицы деформируются или повреждаются. Твердость полученного образца увеличивается с увеличением давления под механические воздействия. Давление на стенки матрицы под действием силы трения, возникающей при повышении давления, приводит к неравномерному распределению плотности по высоте прессованного образца [4].



**Рисунок 1** – Общий вид композитных материалов, разработанным в 1) цилиндрической и 2) прямоугольной формах

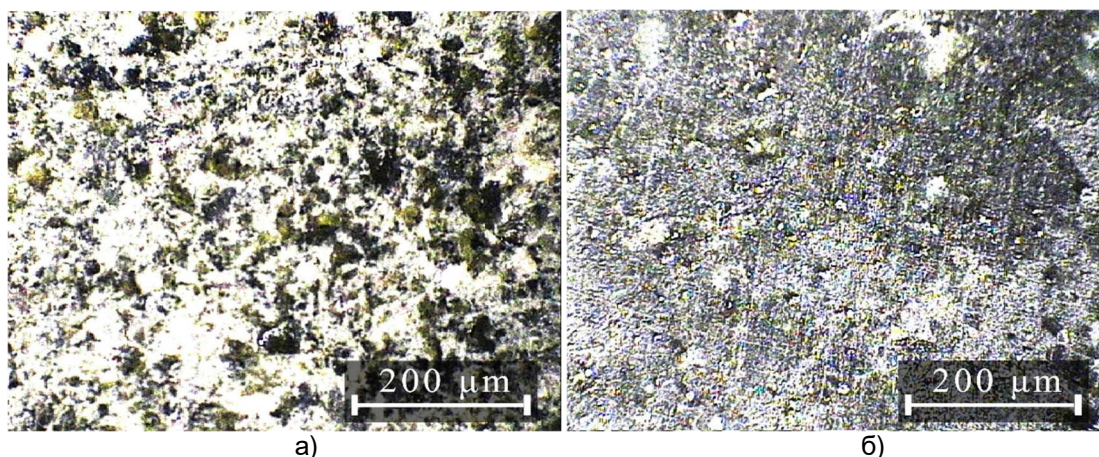
Неравномерное распределение плотности проявляется в образцах с высотой, превышающей диаметр поперечном сечении. Смазки могут быть использованы для предотвращения этого явления. Таким образом, смазывание стенок матрицы с помощью парафиновых, стреатовых и технических масел или добавление пластификаторов в состав композиции может помочь в устранении этих недостатков [5].

Кроме того, в ходе работ было выявлено, что смазочный материал на стенке пресс-формы оказывает значительное влияние на качество образцов. По этой причине был проведен сравнительный анализ для выявления различий в пластификаторах и смазочных материалах. В качестве пластификатора использовались глицерин, борная кислота (в виде порошка), воск и канифоль (табл. 2).

**Таблица 2** – Информация о смазочных материалах, используемых для при подготовке образцов

Пластификаторы	Количество (%)		Смазочные материалы
	Для цилиндрических образцов	Для образцов прямоугольных форм	
Глицерин	5–30	1–25	Парафин, Глицерин, Тальк
Борная кислота	5–35	1–30	Парафин, Глицерин, Тальк
Воск	5–25	1–20	Парафин
Канифоль	5–30	1–25	Парафин, Тальк

Парафин, глицерин и тальк использовались для создания скольжение и позволяли образцам легко выходить из пресс-формы. Исследования показали, что наиболее эффективным из смазочных материалов на стенке пресс-формы является парафин. Хотя влияние парафина на процесс формирования незначительно, оно способствовало улучшению процесса прессования. По этой причине парафин использовался в качестве смазки при измерении физических параметров.

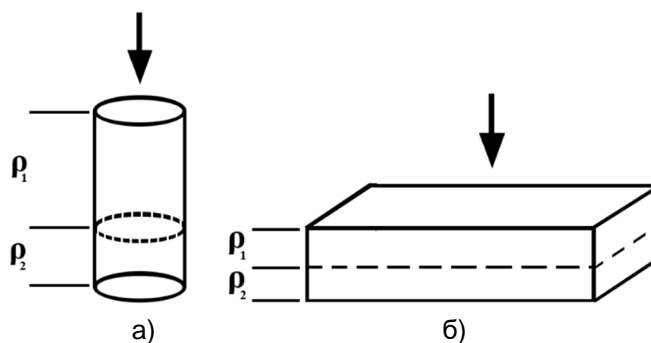


**Рисунок 2** – Изображения с оптического микроскопа поверхности компактных образцов: а) с глицерином и б) без глицерина

Информация о технологических режимах, используемых при изготовлении образцов, приведена в таблице 1. На первом этапе порошковые продукты заполнен в пресс-форму и прессован холодной



форме, затем спрессованную порошки поставили с пресс-формой в муфельную печь и нагревали. На последнем этапе нагретые образцы снова прессовали и остался в прессе в течение определенного периода времени. Последующие после прессования образцы охлаждали при комнатной температуре и исследовали. В цилиндрических образцах изготовленного без пластификатора по сравнению с пуассоновской частью, было обнаружено, более низкую плотность в противоположном направлении (~32 %). В прямоугольных образцах плотность в часть без пуансона составляла ~40 % (рис. 3). Если мы посмотрим на соотношение между высотой и диаметром образца, увидим, что высота прямоугольного образца намного меньше, чем у других размеров, но плотность большая. Этой явлению можно объяснить взаимосвязанной контактной природой частиц.



**Рисунок 3** – Распределение неравенства плотности в компактных образцах, спрессованных в виде а) цилиндрический и б) прямоугольный ( $\rho_1$  – высокая плотность,  $\rho_2$  – низкая плотность)

Плотность образцов измеряли с использованием метода Архимеда. Для этого образцы помещали в цилиндр, содержащий воду и отмечено объемы. Плотности были найдены с использованием следующей формулы:

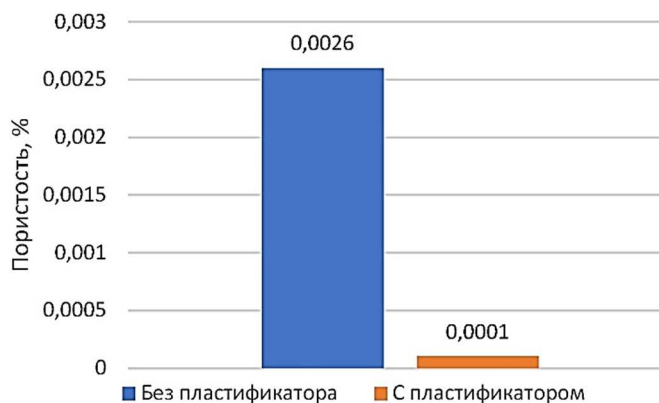
$$\rho = \frac{m}{(V_2 - V_1)}$$

где  $m$  – масса образца,  $V_2$  – объем образца с водой,  $V_1$  – объем воды

Метод масляного погружения образцов (стандарт: JIS D 4418: 1996) был использован для определения пористость. Для более точных результатов были использованы прямоугольные формы с широкой поверхностью для измерения пористости. Образцы изначально хранили при комнатной температуре в течение 24 часов на эксикаторе. Затем образцы помещали в заполненный маслом контейнер и сохранился печи в течение 90 часов при температуре  $90 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . В экспериментах использовалась сырая нефть с легкой фракция  $0,850 \text{ г/см}^3$ . Образцы, извлеченные из печи, для охлаждения маслом после сохранения при комнатной температуре в течение 12 часов, несколько раз протирали с сухой тканью. Масса образцов взвешивалась в электронных весах до и после погружения. Процент пористость были рассчитаны по следующей формуле:

$$\text{Пористость (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{\rho} \times \frac{1}{V} \times 100,$$

где  $m_1$  – масса образца до погружения в нефтью (г),  $m_2$  – масса образца после погружения в нефтью (г);  $\rho$  – плотность нефти ( $\text{г/см}^3$ ) и  $V$  – объем образца ( $\text{см}^3$ ).



**Рисунок 4** – Сравнение пористости в композитах с пластификатором и без пластификатора



Измерение физических показателей показало, что глицерин и борная кислота более эффективны (табл. 3). Самые низкие значения были в образцах с воском. На рисунке 4 сравнивается пористость образцов с глицерином и без глицерина. Хотя оба результата являются приемлемыми для фрикционных материалов, присутствие глицерина в процессе формования уменьшило не только распределение плотности во всех направлениях, но также минимизировало пористость.

Анализ результатов показывал, что, среди факторов, время нагрева в печи, выпуск прессы несколько раз для выделения газов при сжатии как влияющие факторы на высокие физические характеристики в вышеупомянутых образцах. Кроме того, были обнаружены различия в образцах в зависимости от типа и количества пластификаторов. Таким образом, введение борной кислоты и воска не было эффективным при устранении трещин на поверхности и структуре образцов цилиндра. Хотя борная кислота улучшает образование компонентов, когда она составляет менее 10 %, обнаружено, что на поверхности при наблюдении с помощью оптического микроскопа имеются поры. Использование борной кислоты более 10 % неэффективно. А использование воска не дало никакого эффекта. Канифоль также мало влиял на формирование структуры. Однако было обнаружено, что глицерин очень эффективен в устранении трещин. Очевидно, что чем выше высота, тем больше потребуются пластификаторы. По этой причине, в отличие от цилиндрических образцов, количество пластификаторов в прямоугольных образцах было меньше. Чрезмерное использование смазочных материалов может изменить исходный размер объема, прессованный шихту и нарушив его функцию. Таким образом, присутствие большого количества пластификатора приводит к тому, что связь металл-металл между частицами заменяется связью металл-смазка, что приводит к резкому снижению твердости материала. Среди пластификаторов наиболее эффективным был глицерин. Его использование в более высоком проценте было неэффективно. Изображения на оптическом микроскопе Amscope показанные на рисунке 2, можно увидеть большое количество пор на поверхности образцов, которые не содержат глицерин. По сравнению с образцом глицерина структура поверхности имеет большую разницу.

**Таблица 3** – Сравнение влияния пластификаторов на физические свойства композитов

Пластификаторы	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	Пористость (%)	Смазочные материалы
Глицерин	2,247	0,0001	Парафин
Борная кислота	2,236	0,0002	Парафин
Воск	2,213	0,0007	Парафин
Канифоль	2,231	0,0002	Парафин

В образце прессованный с глицерином пористость была минимальной. Глицерин, использованный для образцов цилиндра 15–20 % и для прямоугольных образцов 5–10 %, дали лучшие результаты. Кроме того, воск, нанесенный на стенку пресс-формы в качестве смазки, был более целенаправленным и положительно влиял на формирование гладкой поверхности.

Результаты, изложенные в тезисе, помогут в разработке новых фрикционных или антифрикционных композиционных материалов с использованием методов порошковой металлургии.

### Литература

1. Bharat Bhushan. Principles and Applications of Tribology, Second Edition, John Wiley & Sons, 2013, p. 1006
2. Тялина Л.Н., Минаев А.М., Пручкин В.А. Новые композиционные материалы : учебное пособие. – Тамбов : Изд-во ГОУВПОТГТУ, 2011. – 80 с.
3. Rajan B.S., Balaji M.A.S., Sathickbasha K., Hariharasakthisudan P. Influence of binder on thermomechanical and tribological performance in brake pad // Tribology in industry. – 2018. – Vol. 40 (4). – P. 654–669.
4. Crăciun Andrei Lucian, Pinca-Bretotean Camelia. Advanced Materials with Natural Fibred Reinforced Aluminium Composite for Automotive Brake Disc, Solid State Phenomena, Trans Tech Publications, 2016, p. 91–96.
5. Гиршов В.Л., Котов С.А., Цеменко В.Н. Современные технологии в порошковой металлургии : учеб. пособие / В.Л. Гиршов, С.А. Котов, В.Н. Цеменко. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 385 с.

### References

1. Bharat Bhushan. Principles and Applications of Tribology, Second Edition, John Wiley & Sons, 2013, p. 1006.
2. Tyalina L.N., Minaev A.M., Pruchkin V.A. New Composite Materials : a textbook. – Tambov : State University of Applied Sciences, 2011. – 80 p.
3. Rajan B.S., Balaji M.A.S., Sathickbasha K., Hariharasakthisudan P. Influence of binder on thermomechanical and tribological performance in brake pad // Tribology in industry. – 2018. – Vol. 40 (4). – P. 654–669.
4. Crăciun Andrei Lucian, Pinca-Bretotean Camelia. Advanced Materials with Natural Fibred Reinforced Aluminium Composite for Automotive Brake Disc, Solid State Phenomena, Trans Tech Publications, 2016, p. 91–96.
5. Virshov V.L., Kotov S.A., Tsemenko V.N. Modern technologies in powder metallurgy: a training manual / V.L. Virshov, S.A. Kotov, V.N. Tsemenko. – Saint Petersburg : Polytechnic University Publishing House, 2010. – 385 p.