

УДК621.762.04.05.08

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абаев И.И.

*Азербайджанский Технический Университет
AZ 1073, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25
E-mail: irmik.abayev@gmail.com*

Аннотация. В статье рассмотрено влияние дисперсности исходных порошков, структуры и пористости спеченных изделий на износостойкость антифрикционных порошковых композиций. Установлено, что увеличение размеров частиц порошков матричного материала и твердой смазки приводит к некоторому ухудшению антифрикционных свойств композиций. Большое влияние на антифрикционные свойства композиций оказывают их пористость и структура. С увеличением пористости антифрикционные свойства композиций значительно ухудшаются.

Xülasə. Məqalədə ilkin ovuntuların dispersliyinin, bişirilmiş materialların struktur və məsaməliliyinin antifriksion ovuntu kompozisiyalarının yeyilməyə dözümlüünə təsirinə baxılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, matris materialı və bərk sürtkünün ölçülərinin artırılması kompozisiyaların antifriksion xassələrinin bir qədər pisləşməsinə gətirir. Kompozisiyaların antifriksion xassələrinə böyük təsiri onların məsaməliliyi və strukturu göstərir. Məsaməlilik artdıqca, kompozisiyaların antifriksion xassələri pisləşir.

Abstract. In this article we examine the effect of dispersion of the starting powders, the structure and porosity of the sintered body wear of antifriction powder compositions. It is found that increasing the size of the powders of the matrix material and the solid lubricant leads to some deterioration of the antifriction properties of the compositions. Great influence on the frictional properties of the compositions have their porosity and structure. With increasing porosity, frictional properties of the compositions deteriorate significantly.

Ключевые слова: износостойкость, антифрикционные композиции, пористость, дисперсность порошков, структура, перлит, феррит, цементит

Açar sözlər: yeyilməyə dözümlülük, antifriksion kompozisiyalar, məsaməlilik, ovuntuların dispersliyi, struktur, perlit, ferrit, sementit

Key words: durability, antifriction composition, porosity, dispersibility of the powders, structure, pearlite, ferrite, cementite

Введение. Существует концепция [1] о том, что увеличение размера частиц порошка способствует формированию грубой крупнозернистой структуры с порами больших размеров и неправильной формы, и как следствие, снижению механических свойств материала. Размеры частиц исходного порошка влияют на физико-технологические свойства спрессованных брикетов. Увеличение размера частиц порошков вызывает рост зерен при спекании брикетов [2], а характеристики прочности пористого железа, изготовленного из порошков различных фракций, снижаются почти в два раза с увеличением размера частиц порошка от 10-40 до 150-500 мкм.

Однако при пористости изделий 5-10% размеры частиц мало влияют на многие механические характеристики за исключением ударной вязкости. Для материалов с пористостью свыше 10% большое влияние на предел прочности при растяжении и изгибе оказывает форма частиц. Более прочными оказываются материалы, полученные из порошка губчатой формы [3].

В случае применения крупных порошков снижается прочность связи между частицами, что приводит к их выкрашиванию, разрушению металла на поверхности трения, вследствие чего увеличиваются износ и время приработки при работе в условиях сухого трения [4]. В то же время при самосмазывании в легких режимах работы при температуре не выше 70⁰С наиболее длительно работают изделия, изготовленные из материала с крупными частицами (0,105-0,315мм), имеющие крупные поры [5].

Согласно данным [6] при температуре поверхности трения 100⁰С, коэффициент трения пористого железа изменяется в зависимости от размеров частиц железа следующим образом:

Размеры частиц, мкм	60	60-120	120-150	150
Коэффициент трения	0,56	0,56	0,60	0,67

Износ железистографита с пористостью 20-25%, содержащего 3-6% графита, зависит от размеров частиц графита.

Размеры частиц, мкм	60	90	120
Коэффициент трения,%	0,60	0,90	0,12

Установлено [7], что увеличение дисперсности порошков в четыре раза уменьшает износ и в полтора-два раза коэффициент трения. С увеличением скорости скольжения и нагрузки износ и коэффициент трения материала, изготовленного из мелких частиц, снижаются весьма значительно по сравнению с материалом, изготовленным из крупных частиц, тогда как разница по их прочности не столь существенна.

Однако, использование очень мелких порошков ухудшает дренажирование воздуха из шихты в момент прессования, вследствие забивания частиц порошка в технологические зазоры пресс-форм. В результате этого затрудняется прессование, происходит разуплотнение прессовки. Поэтому стремление получить максимально высокую плотность методом однократного прессования и спекания выдвигает на передний план установление влияния формы и размеров частиц на процесс уплотнения, спекания и формирования структуры и свойств материалов.

Структурные составляющие композиционных антифрикционных материалов можно подразделить на две группы: упрочняющие (в сплавах на основе железо-феррит, перлит, карбиды, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит; в сплавах на основе цветных металлов - твердые растворы, эвтектики и выделения интерметаллидных фаз) и разуплотняющие основу материала (поры, включения графита, неметаллические включения, сульфиды, свинец и другие мягкие металлы).

При работе в условиях смазки влияние структуры на антифрикционные свойства проявляется в меньшей степени, поскольку взаимодействие поверхностей трения осуществляется через пленку смазки. Но в период пуска, остановки или прекращения подачи смазки роль структуры материала проявляется особенно сильно.

Основная часть. Железографитовые материалы могут иметь три типа микроструктуры: ферритную, феррито-перлитную. Во всех случаях возможно присутствие в структуре включений графита и других твердых смазок. Наиболее высокую износостойкость, а следовательно, более длительный срок службы, особенно в условиях трения без подачи смазки, имеют железистографиты с перлитной структурой [7]. Перлит образует на поверхности трения шероховатый микрорельеф, в котором включения цементита с микротвердостью 9000-10000 МПа выступают над более мягкими участками феррита с микротвердостью 830-1300 МПа. Наличие в структуре железистографита структурно-свободного цементита на фоне перлита повышает износостойкость, а следовательно, грузоподъемность материала, особенно в условиях трения без подачи смазки при повышенных скоростях скольжения [8].

В условиях сухого трения наличие в структуре железного графита до 20-30% феррита вызывает схватывание, интенсивный износ, рост коэффициента трения. Образцы с перлитной структурой имеют повышенный износ, который возрастает с увеличением скорости скольжения - образцы «осыпаются». Как правило, коэффициент трения при этом снижается. Материал со структурой мелкозернистого перлита, содержащего до 12-15% цементита в виде разорванной сетки, обладает более стабильными антифрикционными свойствами в диапазоне скоростей скольжения от 6 до 20 м/с, но может изнашивать контртелу [9].

По данным [8] коэффициент трения железного графитовых материалов сильно зависит от пористости; с повышением пористости от 17 до 37% коэффициент трения и износ при смазке турбинным маслом увеличивается примерно вдвое. Коэффициент трения железного графита при увеличении удельного давления от 0,4 до 2,2 МПа уменьшается в три, а литой бронзы – в два раза. Повышение коэффициента трения может быть вызвано изменением условий трения (перехода, например, из жидкостного в граничный режим) или развитием процессов схватывания.

Прочность и связанная с этим величина несущей способности в значительной степени зависит от плотности материала. Для материалов, работающих в условиях трения со смазкой, наличие значительного объема пор, заполненных смазкой, положительно влияет на работоспособность. При работе в условиях сухого трения наличие пор сказывается на несущей способности антифрикционных изделий и ухудшает работоспособность материала [8].

Повышение несущей способности материалов достигается легированием основы и увеличением плотности. Обычно для получения материалов на основе железного графита с высокой плотностью (88-82%) прессование ведут при повышенных давлениях (800-1000 МПа). Вместе с тем, применение высоких давлений связано с повышением износа прессового инструмента. Поэтому в ряде случаев применяют технологию двойного прессования и спекания.

Таблица

Сравнительные свойства материалов ЖНГр3М15 и ЖГр3М15 в зависимости от пористости и режима изготовления по однократному (I) и двухкратному (II) циклам прессования и спекания

Характеристика	ЖГр3М15		ЖНГр3М15	
	I	II	I	II
Пористость, %	20±1	15±1	21±1	15±1
Твердость, МПа	800-1000	800-1050	810-850	950-1000
Предел прочности, МПа	при разрыве	46-70	120-158	182
	при сжатии	460	750	950
	при изгибе	90-150	200-250	290-400
	при срезе	130-140	150-160	240-250
Ударная вязкость, кДж/м ²	8	11	17	35
Коэффициент трения при V=11м/с, P=0,1МПа V=22м/с, P=0,175МПа V=11м/с, P=0,175МПа V=22м/с, P=0,175МПа		0,17-0,20	0,17-0,28	0,19-0,35
		0,12-0,14	0,12-0,15	0,17-0,18
		0,14	0,15-0,16	0,18-0,21
		0,11	0,11	0,09
Износ, мкм/км при V=11м/с, P=0,1МПа V=22м/с, P=0,175МПа V=11м/с, P=0,175МПа V=22м/с, P=0,175МПа		1,3	1,0	0,6
		0,60	1,20	0,60
		0,08	0,60	1,10
		0,50	0,25	0,20

Уплотнение высоколегированных материалов на основе железа двухкратным прессованием и спеканием позволило значительно улучшить их физико-механические характеристики (см. таблицу), вдвое повысить их прочность на изгиб, разрыв и антифрикционные свойства [8]. После прессования образцы подвергались предварительному спеканию при температуре 800⁰С, затем допрессовывались при давлениях 200, 400 и 700 МПа и повторно спекались при 1050⁰С. Выбор давления допрессовки позволяют регулировать конечную пористость в широких пределах [2].

В работе [10] изучено влияние повторной допрессовки на уплотнение и свойства брикетов из бронзографитовых материалов. Исследование проводилось на бронзе следующего состава (масс.%): медь 85,5, свинец 5,0 фосфор 1,5, графит 8. Образцы прессовались при давлениях 250-400МПа, спекались в диссоциированном аммиаке при 690-700⁰С в течение 25мин., а затем подвергались допрессовке при комнатной температуре до плотности 92% и отжигались при температуре от 350 до 750⁰С в диссоциированном аммиаке. повторное прессование при давлениях 380-400МПа обеспечивало получения плотности в пределах 90-94%.

Для существенного уменьшения пористости применяют горячее прессование материала. В работе [10] свойства металлографита, изготовленного двойным прессованием были сопоставлены со свойствами такого же материала, изготовленного статическим горячим прессованием. Свойства обоих материалов оказались близкими. Для горячепрессованного НВ=650МПа, $\sigma_{сж}$ =203МПа, прочность при радиальном раздавливании равна 139,7МПа, коэффициент скорости износа -6; для материала с двойным холодным прессованием НВ=350МПа, $\sigma_{сж}$ =184МПа, прочность при радиальном раздавливании составляет 124МПа, коэффициент скорости износа -6. Еще более высокая степень уплотнения с давлением остаточной пористости до 2-3% достигается при динамическом горячем прессовании или ковке предварительно спрессованных заготовок.

Однако технологии двукратного прессования-спекания, статического горячего прессования и динамического горячего прессования пористых заготовок имеют большую трудо- и энергоемкость по сравнению с технологией однократного прессования и спекания. Кроме того, рабочие элементы пресс-инструмента имеют маленькую стойкость, что безусловно, отрицательно сказывается на производительности и удорожает стоимость получаемых изделий.

Возможности однократного прессования и спекания в плане повышения плотности материалов не исчерпаны. Поэтому дальнейшая разработка шихт на основе железа, обладающих высокой уплотняемостью, и высокоэффективных методов холодного прессования весьма актуальна. Необходимы обширные исследования с целью определения причин, порождающих разуплотнение заготовок в ходе прессования, и оценка их влияния на формирование структуры и свойств порошковых материалов.

Вывод. Показана роль дисперсности порошков, структуры и пористости спеченных материалов в формировании их прочностных и триботехнических характеристик. Установлено, что эти свойства оказывают значительное влияние на пористость и структуру матрицы композиции.

Литература

1. Мамедов А.Т., Джафарова С.А. Влияние температуры спекания на свойства образцов из частично легированного порошка на основе железа марки УЕ-6 (ультрапак) // Elmi əsərlər, AzTU, №3, 2007, s.41-42.
2. Мəммədov А.Т., Əliyev А.С., Kəlbiev F.M. Dəmir və çuqun ovuntuların qatışığından sintez olunan ovuntu materialları və onların keyfiyyət göstəriciləri//Standart jurnalı, 2008, №2, s.54-57.
3. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Особенности формирования структуры и свойств спеченных железочугунных композиций при термической обработке//Ученые записки АГМА, 2017, №1, с.46-52

4. Мамедов А.Т., Мухаммад Ш.М. Некоторые аспекты прессования сегрегационных и перколяционных систем/ «Maşınqayırmada intellektual texnologiyalar» Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları, Bakı 2016, 28-30 sentyabr, s. 320-322.
5. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Структура и свойства железочугунных композиций// «Интеллектуальные технологии в машиностроении», материалы Международной научно-технической конференции, Баку, 2016, с.366-372.
6. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Тонкая структура низколегированных железочугунных композиций, синтезируемых из смесей порошковых железа и половинчатого чугуна //Ученые записки АзТУ, 2014, №4, с.48-52.
7. Мамедов А.Т., Абаев И.И. Структура и свойства низколегированных порошковых железочугунных композиций// ВІСНИК Хмельницького національного університету/ Технікі науки, 2016, issul 5, Volume 240, с.285-293.
8. Мамедов А.Т., Джафарова С.А. Структура и свойства спеченных материалов из частично легированных порошков на основе железа. Системни технологии, региональний міжвузівський збірник науковик проць, Дніпропетровськ, 2015, №2((97), с.82-90.
9. Мамедов А.Т., Мухаммад Ш.М. Компьютерное моделирование уплотнения порошковых материалов. AzTU-nun elmi əsərləri, 2013, №1, с.62-66
10. Мамедов А.Т., Гасанова С.М. Триботехнические характеристики упрочненных железочугунных композиций. Естественные и технические науки, №2, 2011,с.466-470

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov