

свойств после прекращения облучения спустя некоторое время. Выявленная зависимость может помочь в разработке новых технологических основ модифицирования лакокрасочных материалов ионизирующим излучением.

Литература

1. Конобеевский С. Т. Действие облучения на материалы. – Москва: Атомиздат, 1967. – 401 с.
2. Пикаев А. К. Современная радиационная химия. Радиоллиз газов и жидкостей. – Москва: Наук, 1986. – 440 с.

УДК 691-492

**Каршиев М., Баракаев Н., Шернаев А.,
Рахимов М. Чутбоев Ш.**

(Ташкентский химико-технологический институт)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МНОГОКРАТНОГО ОСАЖДЕНИЯ МЕЛКИХ ЧАСТИЦ В ПОРИСТУЮ ЗАГОТОВКУ ИЗ ПОРОШКА БРОНЗЫ

Основными характеристиками пористых проницаемых материалов (ППМ) являются размеры пор и коэффициент проницаемости. Именно они закладываются в основу при выборе пористого материала для практического использования в различных областях народного хозяйства. Однако в процессе эксплуатации эти материалы подвергаются определенным силовым нагрузкам. Поэтому далеко не второстепенное значение имеют прочностные свойства ППМ. В этом плане представляет интерес определение таких режимов спекания порошков, которые удовлетворяли бы требуемой величине механической прочности.

В существующих технологических процессах очистки газов и жидкостей максимальная величина перепада давления, прикладываемого к пористым элементам, обычно не превышает 6 Мпа. Такой рабочей нагрузке удовлетворяют лишь только ППМ с пределом прочности при изгибе 30...40 Мпа [1]. Когда ППМ работает при условиях высоких давлений (например, для прессовки и сушки влажных масс,

отжима мокрых кожных материалов) 50...70 атм, требует обеспечить высокую прочность. Следовательно, для определения оптимальных режимов спекания каждого фрикционного состава порошка необходимо установить такие значения температуры, которое обеспечивало бы требуемую механическую прочность. Одним из недостатков способ получения ППМ из порошков различного гранулометрического состава является трудность спекания сформованных заготовок, вызванная существенной зависимостью температуры спекания порошка от размеров частиц. Поэтому задача состоит в поиске методов и приемов, которые обеспечат качественное спекание заготовок, сформованных из порошков различного гранулометрического состава. Одним из методов, позволяющим производить спекание таких заготовок, служит предварительное окисление более крупных порошков, в результате чего снижается температура их спекания. Это объясняется тем, что при восстановлении в процессе спекания на 2...3 порядка усиливается диффузия атомов [2], что ускоряет образование и рост межчастичных контактов. Однако данный метод не позволяет получать изделия с высокими физико-механическими свойствами, так как при спекании окисленных порошков имеет место как рост контактов, так и их нарушение вследствие активной усадки, которая приводит к образованию локальных трещин в спекаемых заготовках.

Одним из наиболее эффективных приемов, который может обеспечить качественное спекание заготовок ППМ, состоящих из частиц различного размера, является варьирование его химического состава. Для порошка бронзы марки БрОФ-10-1 варьированным компонентом может быть фосфор, который активизирует процесс спекания [3].

В процессе спекания между частицами порошка возникают контакты, с размерами которых непосредственно связаны прочностные и другие эксплуатационные характеристики ППМ. Так например, для ППМ, применяемых в качестве фильтрующих материалов, оптимальный диаметр межчастичного контакта, как правило, составляет 0,15-0,20 диаметр частиц порошка [4]. В этом плане представляет интерес определение таких режимов спекания порошков различных фракций, при которых происходит образование требуемых величин межчастичных контактов. Для определения оптимальных режимов спекания порошков бронзы марки БрОФ-10-1 проведено математическое планирование эксперимента. В качестве определяющего параметра оптимизации была выбрана относительная величина межчастичного контакта F , равная отношению диаметра межчастичного контакта к диаметру частиц, а в качестве зависимых переменных (факторов оптимизации) - процентное содержание фосфора X_1 , средний размер частиц порошка

X_2 и температура спекания X_3 . Для постановки экспериментов был выбран план из 24 опытов, в которых X_1 варьируется на трёх уровнях, а X_2 и X_3 –на четырех. Выбранные факторы оптимизации и установленные уровни варьирования приведены в табл. 1.

План эксперимента представлен в табл.2. По экспериментальным данным было построено следующее регрессионное уравнение:

$$F = 0,2053 = 0,1165 X_1 - 0,0363 X_2 - 0,0221 X_1 X_3 - 0,1406 X_3 - 0,0784 X_1^2 X_3.$$

Таблица 1 – Значения факторов оптимизации и интервалы их варьирования

Уровни варьирования факторов оптимизации	Факторы оптимизации		
	Содержание фосфора (X_1), % мас.	Средний размер частиц порошка (X_2), мкм	Температура спекания (X_3), °С
-1	0,11	44	780
0	0,36	-	-
-0,33	-	88	800
0,33	-	139	820
1	0,58	176	840

Таблица 2 – План эксперимента

Номер опыта	Кодированные значения оптимизации			Значения параметра оптимизации	
	X_1	X_2	X_3	Эксп.	Расч.
1	-1	-1	-1	0,089	0,088
2	-1	-1	-0,33	0,111	0,118
3	-1	-0,33	-0,33	0,096	0,119
4	-1	-0,33	1	0,125	0,144
5	-1	0,33	-1	0,026	0,037
6	-1	0,33	-0,33	0,055	0,068
7	-1	1	0,33	0,069	0,068
8	-1	1	1	0,118	0,099
9	0	-1	-1	0,125	0,104
10	0	-1	-0,33	0,214	0,196
11	0	-0,33	0,33	0,285	0,269
12	0	-0,33	1	0,360	0,369
13	0	0,33	-1	0,034	0,058
14	0	0,33	-0,33	0,176	0,145
15	0	1	1	0,255	0,225
16	0	1	1	0,340	0,318

Окончание таблицы 2

Номер опыта	Кодированные значения оптимизации			Значения параметра оптимизации	
	X ₁	X ₂	X ₃	Эксп.	Расч.
17	1	-1	-1	0,250	0,279
18	1	-1	-0,33	0,377	0,332
19	1	-0,33	0,33	0,322	0,368
20	1	-0,33	1	0,460	0,414
21	1	0,33	-1	0,210	0,228
22	1	0,33	-0,33	0,320	0,284
23	1	1	0,33	0,320	0,315
24	1	1	1	0,352	0,272

Адекватность этого уравнения подтверждена F_{Φ} – критерием Фишера, величина которого оказалась равной 1,46, это меньше табличного значения ($F_{\Phi \text{ табл.}} = 4,65$). Последнее свидетельствует об адекватности данного уравнения экспериментальным данным.

Анализ приведенных зависимостей свидетельствует, что при одной и той же температуре спекания можно для различных фракций получать одно и то же относительное значение межчастичного контакта. Используя полученные зависимости температуры спекания порошков от их гранулометрического состава и процентного содержания фосфора, легко подобрать состав порошков, имеющих одну и ту же оптимальную температуру спекания. В качестве примера в табл. 2 представлены значения размеров частиц порошка и содержание в нем фосфора, обеспечивающие при температуре спекания 800...810⁰С относительную величину межчастичного контакта $F = 0,15-0,20$.

Таблица 3 – Значения размеров частиц порошка БрОФ-10-1 и содержания в нем фосфора, обеспечивающие при температуре спекания 800...810⁰С относительную величину межчастичных контактов $F = 0,15-0,20$

№п/п	Размер частиц порошка, мм	Содержание фосфора, % мас.
1	2	3
1	-0,050+0,040	0,19...0,21
2	-0,063+0,050	0,22...0,023
3	-0,080+0,063	0,23...0,25
4	-0,100+0,080	0,25...0,27
5	-0,125+0,100	0,27...0,29
6	-0,160+0,125	0,29...0,31
7	-0,200+0,160	0,31...0,33
8	-0,315+0,200	0,34...0,36

Окончание таблицы 3

№п/п	Размер частиц порошка, мм	Содержание фосфора, % мас.
9	-0,400+0,315	0,36...0,38
10	-0,500+0,400	0,38...0,40
11	-0,680+0,500	0,40...0,42
12	-0,800+0,680	0,42...0,45
13	-0,1000+0,800	0,44...0,46
14	-1,250+1,000	0,45...0,48

В дальнейшем при изготовлении ППМ методом многократного осаждения частиц в пористую заготовку из крупного порошка использовали порошки с содержанием фосфора, соответствующего значениям, представленным в табл.3, а спекание заготовок полученных методом многократного осаждения частиц в пористую заготовку из крупного порошка осуществляли при температуре 800...810°С.

Таким образом, методом математического планирования эксперимента установлена функциональная зависимость относительной величины межчастичного контакта от температуры спекания, среднего размера частиц и процентного содержания фосфора для осаждаемых порошков в поровых каналах заготовки ($F = 0,2053 = 0,1165 X_1 - 0,0363 X_2 - 0,0221 X_1 X_3 - 0,1406 X_3 - 0,0784 X_1^2 X_3$), что позволит получать качественные ППМ из порошков различного гранулометрического состава за один цикл спекания. Полученные фильтрующие элементы могут применять для очистки жидкости и газов в нефтегазопереработке.

Литература

1. Капцевич В.М. Теоретические и технологические основы целенаправленного регулирования порораспределения и оптимизации свойств пористых порошковых материалов для фильтрации жидкостей и газов и их внедрение в народное хозяйство. Дис. ...докт. техн.наук. - Минск, 1990. – 276 с.
2. А.с.№164440 .Способ изготовления пористых изделий из бронзы /П.А.Витязь и др.-1991.-Не подлежит опубл. в открытой печати.
3. Разработки технологии изготовления масляных фильтров методом порошковой металлургии для карьерных самосвалов // М.Каршиев, Э. Саидов //Международная научно-техническая конференция “Современные проблемы и пути освоени нефтегазового потенциала недр”. Ташкент, 2016 г. – С. 40–43.