

Озеров Владислав Сергеевич,  
Место работы ООО «Вторичные ресурсы Сибири»  
место учебы СибГИУ, г. Новокузнецк

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ И ШИННОГО РЕГЕНЕРАТА НА ЕГО ОСНОВЕ

**Аннотация:** В статье рассмотрены результаты промышленных испытаний производства шинного регенерат из модифицированного порошкового наполнителя. Особенность технологических решений, заключающихся в использовании в качестве исходного сырья, резиновой крошки (фр. 1,0 – 3,5 мм), произведенной из отработанных крупногабаритных шин. В качестве модифицирующей добавки применяли пыль производства кремнистых сплавов (микрокремнезем). Смешение и измельчение исходных материалов производили в дисковой мельнице, которая оснащена горизонтальной структурой помола, «сухим» способом, где «сухой» способ подразумевает смешение компонентов в отсутствии воды или любого другого растворителя.

Технический результат – Исключение склонности к слипаемости частиц порошкового наполнителя, повышение физико-механических свойств шинного регенерата.

**Ключевые слова:** шинный регенерат, порошковый наполнитель, микрокремнезем.

### Введение

Шинный регенерат – это пластичный материал, получаемый в процессе переработки изношенных шин. Он используется в производстве различных резинотехнических изделий, шин и резиновых смесей.

Изготовление резиновых и шинных изделий: регенерат добавляют в резиновые смеси, что позволяет снизить расход каучука, наполнителей и пластификаторов. Это удешевляет себестоимость готовых изделий.

Производство шин: регенерат используют при изготовлении низкоскоростных шин, таких как велошины, мотошины, шины для сельскохозяйственных машин и промышленного транспорта.

Изготовление резиновых покрытий: регенерат применяют для создания резиновых покрытий для спортивных площадок, автомобильных ковриков и аграрных помещений.

Вышеперечисленные свойства позволяют значительно снижать расход мономеров и расширять сырьевую базу. Поэтому внедрение процесса регенерации резин в линию производства резинотехнических изделий имеет большое экономическое значение. При производстве автомобильных шин с применением шинного регенерата необходимо соблюдать стабильно высокие физико-механические параметры. Для этого на этапе производства шинного регенерата применяются различные модифицирующие наполнители. Одним из возможных вариантов повышения физико-механических показателей шинного регенерата это применение белой сажи в качестве усиливающего наполнителя. Основной компонент белой сажи является высокодисперсный аморфный диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ).

### Основные результаты

Технический результат, достигаемый при реализации изобретения способа получения порошкового наполнителя, заключается в упрощении способа получения порошкового наполнителя из компонентов измельченной резиновой крошки переработанных крупногабаритных шин и пыли газоочистки производства ферросилиция, за счет отсутствия необходимости внесения множественных компонентов и дополнительной обработки резинового порошка [1].

Способ получения порошкового наполнителя получается следующим образом. Для получения порошкового наполнителя подготавливают компоненты, при следующем содержании, мас. %:



измельченная резиновая крошка переработанных крупногабаритных шин фракции 1-3,5 мм – 95-98

пыль газоочистки производства ферросилиция – остальное

Пыль газоочистки производства ферросилиция выступает в качестве модифицирующей добавки. Накопительный бункер наполняют измельченной резиновой крошкой переработанных крупногабаритных шин фракции 1-3,5 мм, пыль газоочистки производства ферросилиция наполняют в шнековый дозатор, после чего с помощью шнекового транспортера измельченную резиновую крошку переработанных крупногабаритных шин подается в промежуточный накопительный бункер параллельно смешивая измельченную резиновую крошку переработанных крупногабаритных шин с пылью газоочистки производства ферросилиция. Из промежуточного бункера получившаяся смесь подается шнековым транспортером на мельницы с авторегулированием зазора между дисками 0,4 мм. Смешение компонентов происходит «сухим» способом, где «сухой» способ подразумевает смешение компонентов в отсутствие воды или любого другого растворителя.

Из мельниц с авторегулированием зазора между дисками 0,4 мм смесь попадает на центробежное сито, которое разделяет материал на фракции, фракция более 0,4 мм при помощи шнекового транспортера возвращается обратно в промежуточный бункер и повторно проходит этап размола, после чего выгружается в биг-бэги, либо через шнековый транспортер подается в накопительный бункер на линию производства шинного регенерата.

Эффект, достигнутый при промышленных испытаниях производства шинного регенерата с применением модифицированного микрокремнеземом порошкового наполнителя, заключается в повышении физико-механических показателей. В таблице 1 представлены результаты испытаний шинного регенерата, произведенного из модифицированного порошкового наполнителя с различным содержанием микрокремнезема.

Таблица 1

Физико-механические показатели шинного регенерата  
 с добавлением пыли производства ферросилиция

№ п/п	Содержание пыли производства ферросилиция в образце, %	Вязкость по Муни, усл. ед.	Массовая доля золы, %	Массовая доля летучих веществ, %	Условная прочность при растяжении, МПА	Относительное удлинение при разрыве, %	Твердость по Шору, усл. ед.
1	4-5	65,6	9,77	0,12	8,66	352,1	38
2	3-4	51,45	8,23	0,1	6,46	351	35,7
3	2-3	40,23	7,14	0,072	5,88	330,7	31,6

Техническое решение, достигаемый при реализации предлагаемых изобретений способа получения порошкового наполнителя и шинного регенерата на его основе из измельченной резиновой крошки, переработанных крупногабаритных шин и пыли газоочистки производства ферросилиция, так же заключается в снижении расхода электроэнергии на нагрев оборудования в процессе экструдирования регенерата, повышения физико-механических свойств таких как: прочность на разрыв и относительное удлинение в готовых резиновых изделиях [1].

### Обсуждение

В сравнении с белой сажей, микрокремнезем обладает максимально приближенным химическим составом и модификацией содержащимся в нем диоксиде кремния. Микрокремнезем характеризуется высоким содержанием кремнезема (до 93-95 %), низким содержанием примесей других оксидов, представлен частицами сферической формы крупностью в пределах 100 нм (рисунок 1), образующими шарообразные агрегаты различных размеров, изменяющихся в широком диапазоне – от 100 до 600 – 800 нм [2]. Химический состав микрокремнезема, применяемого для получения модифицированного порошкового наполнителя, приведен в таблице 2.



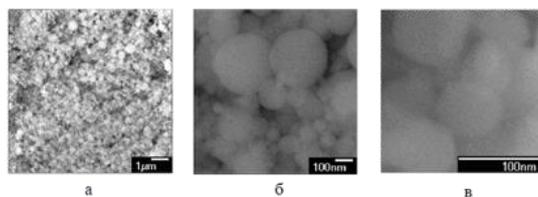


Рисунок 1 – микрофотографии (РЭМ) микрокремнезема  
 Примечание: а – в состоянии поставки; б – ансамбль частиц и агрегатов;  
 в – отдельные частицы

Таблица 2

Химический состав и характеристики микрокремнезема

SiO <sub>2</sub> , %	SiC, %	C <sub>свобод</sub> , %	Si <sub>свобод</sub> , %	CaO, %, не более	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не более	FeO, %, не более	ППП, %, не более	S <sub>уд</sub> , м <sup>2</sup> /кг	d, мкм
93,41-95,33	4,2-5,1	1,96-3,28	0,30-0,34	0,30	0,40	0,36	2,72	20000	0,1-1

Результаты исследований минералогического состава и рентгеноструктурного анализа микрокремнезема, применяемого для модифицирования порошкового наполнителя, (рисунок 2) показали, что основным компонентом материала является аморфный диоксид кремния и не содержит других модификаций.



Рисунок 2 – участок рентгенофазовой дифрактограммы микрокремнезема, применяемого для модифицирования порошкового наполнителя

Таким образом, учитывая химический и минералогический состав микрокремнезема, можно было предположить, что данный материал может быть использован в качестве усиливающего наполнителя взамен белой сажи.

### Заключение

В заключение, применение шинного регенерата и модифицированного микрокремнезема в производстве резинотехнических изделий создает новые возможности для рационализации производственных процессов и улучшения качества готовой продукции. Снижение затрат на сырье и электроэнергию не только способствуют экономической эффективности, но и делают процесс более экологически устойчивым, что важно в условиях современного производства.

Применение порошкового наполнителя модифицированного микрокремнеземом для производства шинного регенерата влияет на повышение технических характеристик резинотехнических изделий. Характерные химические и минералогические свойства микрокремнезема способствует улучшению физико-механических показателей шинного регенерата. Кроме того, стоимость микрокремнезема ниже относительно белой саже, что позволяет сократить затраты на производстве шинного регенерата.

Таким образом, применение микрокремнезема в качестве модифицирующей добавки при производстве шинного регенерата. отвечает современным требованиям экологической безопасности, но и соответствует потребностям высокого качества и эффективности, что несомненно повлияет на конкурентоспособность отечественного производства на мировом рынке.



**Список литературы:**

1. Пат. 2827647 Российская Федерация, МПК2023134859/1 C08J 11/06 (2024.08); C08L 17/00 (2024.08); C08K 3/01 (2024.08); B29B 17/04 (2024.08). СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО НАПОЛНИТЕЛЯ И ШИННОГО РЕГЕНЕРАТА НА ЕГО ОСНОВЕ / Озеров В.С.; – № 2023134859/1; заявл. 2023-12-25; опубл. 2024-09-30, Государственный реестр изобретений Российской Федерации. – 9 с. – URL: [https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2827647C1\\_20240930?q=&from=search\\_simple&hash=-370129370](https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2827647C1_20240930?q=&from=search_simple&hash=-370129370)
2. Пат. 2796955 Российская Федерация, МПК2021116017/1 C01B 33/025. Брикетированная шихта для выплавки кремния технического / Павлов В.В.; – № 2021116017/1; заявл. 2021-06-02; опубл. 2023-05-29, ФИПС. – 4 с. – URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2796955&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2796955&TypeFile=html)
3. Лазаревский П.П.. Получение карбида кремния из брикетированной моношихты / П.П. Лазаревский // ПРОГРЕССИВНОЕ РАЗВИТИЕ КАК СЛЕДСТВИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ; – Новосибирск: Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2024. – с. 18-22. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?selid=67875608&id=67875587>
4. Пат. 2528666 Российская Федерация, МПК201214884905/1 C01B33/025. БРИКЕТИРОВАННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ И СПОСОБ ЕЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ / Юша В.Л.; – № 201214884905/1; заявл. 2012-11-16; опубл. 2014-09-20, ФИПС. – 5 с. – URL: [https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2528666C2\\_20140920](https://searchplatform.rospatent.gov.ru/doc/RU2528666C2_20140920)

