

- термостойкость возрастает на 150–187 К;  
 - температурный коэффициент линейного расширения снижается в 1,2 раза;  
 - предел текучести при сжатии и модуль упругости возрастают в 1,2–1,5 раза соответственно;  
 - коэффициент трения композитов меньше по сравнению с фенолоном в 1,5–1,8 раза;  
 - износостойкость повышается в 1,2–3 раза во всем исследованном диапазоне наполнения.

Учитывая наличие в России сырьевой базы УНТ и доступной полимерной составляющей разработанного композита, его можно рекомендовать в качестве конструкционного материала для использования в машинах и аппаратах различного назначения.

#### Литература

1. Фомичев А.И., Буря А.И., Губенков М.Г. Получение термостойких полимерных материалов в электромагнитном поле. // Электронная обработка материалов. № 4.- 1978.- С. 26-27.
2. Пул Ч., Оуенс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2005.
3. Планкина С.М. Углеродные нанотрубки. Описание лабораторной работы по курсу "Материалы и методы нанотехнологии". Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. Кафедра физики полупроводников и оптоэлектроники. Нижний Новгород, 2006. - 12 с.
4. Шестак Я. Теория термического анализа: Пер. с англ. - М.: Мир, 1987. - 456 с.
5. Ranby B., Joshida H. // J. Polymer Sci, 1966. 10. - P. 263.
6. Zuru A.A., Whitehead R., Criffiths D.L. A new technique for determination of the possible reaction mechanism from non-isothermal thermogravimetric data // Thermochim. Acta, 164, 1990. -P. 285-305.
7. Термопласты конструкционного назначения / Под ред. Е.Б. Тростянской. - М.: Химия, 1975. - 240 с.
8. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Стогней О.В. Новые направления физического материаловедения. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. - 360 с.
9. Годовский Ю.К. Теплофизика полимеров. - М.: Химия, 1982.
10. An K.H., Jeon K.K., Moon J.-M., Eum S.J., Yang C.W., Park G.S., Park C Y., Lee Y. H. Transformation of singlewalled carbon nanotubes to multiwalled carbon nanotubes and onion-like structures by nitric acid treatment. Synth. Metals. 2004. 140. № 1. pp. 1-8.
11. Булдык Е.П., Ревяко М.М. // Докл. НАН Беларуси. - 1999. - 43, № 5. - С. 119.
12. Чвалун С.Н. Полимерные нанокомпозиты // Журнал "Природа", № 7, 2000.
13. Colbert D.T. et. al. // Science. 1994. Vol. 266. P. 1218.
14. Буря А.И., Арламова Н.Т., Холодилов О.В., Сытник С.В. Исследование термодеструкции фенолона и углепластиков на его основе // Материалы, технологии, инструменты. - 2001. - № 1. т. 6. - С. 58-61.
15. Коршак В.В. Химическое строение и температурные характеристики полимеров. М.: Наука, 1970. - 390 с.
16. Friction and wear of aromatic polyamide reinforced by chemical fibres. 9th Nordic Symposium on Tribology "NORDTRIB-2000", Porvoo, Finland, 12-14 June, 2000, p. 1069-1077.

УДК 678

### Компактированный тальк МИТАЛ® для промышленности полимеров

*В.В. НАЗАРЕНКО*

ЗАО "ГЕОКОМ"

Тальк – сравнительно недорогой минеральный наполнитель, обладающий сочетанием многих ценных свойств и поэтому имеющий обширное применение в промышленности и в быту. Из общераспространенных минералов свойства талька, пожалуй, наиболее сильно варьируют в зависимости от конкретных месторождений и отдельных их участков, технологий переработки. И даже при этом, в отсутствие высокого уровня универсальности свойств по фактору "происхождение", применимость талька является превосходной, так как все его разновидности имеют своего потенциального потребителя. В термо-, реактопластах, прежде всего кристаллизующихся, использование талька позволяет регулировать степень кристалличности, жесткость, температуру деформации, упруго-прочностные характеристики, решать многочисленные вспомогательные задачи, особенно при надлежащем состоянии поверхности частиц [1, 2], в ЛКМ тальк – практически обязательный компонент защитных и декоративных покрытий высокого качества.

Производимый ЗАО "ГЕОКОМ" тальк МИТАЛ® – высокопластинчатого типа, нескольких сортов в зависимости от белизны (с разделением по маркам в зависимости от регламентированной крупности частиц) и типа минерального состава: тальк карбонатный – сорта "92", "97", "99", и тальк хлоритный – сорта "90", "96". Тальки карбонатного типа наряду с собственно тальком содержат сопутствующие карбонатные породы, например, доломит, магнезит, кальцит. Хлорит (по-гречески "зеленый" – наиболее распространенный цвет этого минерала, или клинохлор, – магнезиальный алюмосиликат с пластинчатой слоистообразной структурой) – это минерал, во-многом напоминающий тальк, но с несколько большей твердостью, эластичностью и поверхностной энергией, с несколько иным сочетанием гидрофильно-гидрофобных свойств. В ГЕОКОМ тальк хлоритного типа имеет соотношение ассоциированных талька и хлорита в пределах 50:50÷70:30. По сочетанию важнейших потребительских свойств и цены этот тальк представляется весьма перспек-

тивным в применении в пластмассах, ЛКМ. В экологическом аспекте включение хлорита также является выигрышным: для него международно-признанные ПДК в воздухе рабочих зон в 5 раз выше (по OSHA – 5 мг/м<sup>3</sup>, по ACGIH – 10 мг/м<sup>3</sup>), чем для собственно талька.

Наряду с природными свойствами тальковых ассоциатов, важное значение имеют достигнутые технологические характеристики. В частности, размерность и анизотропия частиц талька – это ключевые компоненты для обеспечения потенциально высоких прочностных и вязко-упругих свойств из-за определяющего влияния на удельную площадь поверхности и пространственно-ориентационные эффекты, а модифицирование поверхности частиц – это базис для целенаправленного управления граничным взаимодействием с полимером, диспергируемостью наполнителя и др. Здесь полезным является изучение и учет этих факторов в соответствии с общими положениями теории разрушения композитов. Так, по [3] можно считать, что крейзообразование с максимальной плотностью – это реализация увеличенных прочностных свойств в условиях неразрушающего нарушения уровня связей на границе наполнителя и полимера; регулируемое увеличение адгезионного взаимодействия на границе раздела фаз способствует, благодаря эластичным связям, переводу энергии приложенного напряжения в тепловую форму и ее рассеяние. Сочетание обеих указанных тенденций поведения композитов, их эффективное соотношение реализуют наиболее микронизированные формы высокоанизотропных наполнителей, имеющие соответствующее покрытие поверхности. Объясняется это тем, что уменьшение размера частиц с высоким коэффициентом формы обуславливает увеличение площади поверхности и контакта с полимером и, соответственно, сопровождается в общем случае ростом прочности в дополнение к увеличению жесткости. При условии, что достигается максимальная доступная площадь поверхности частиц, обеспечиваемая, например, модифицированием. Модифицирование поверхности – это, в минимальном исполнении, повышение технологических свойств типа диспергируемости, гидрофобности, лиофильности и т.д., в максимальном – придание специальных или функциональных свойств, что позволит максимально реализовать потенциал наполнителей для исполнения особых функций, в том числе упрочнение в конкретных типах полимеров. Так, применение в полипропилене модифицированных стеариновой кислотой (лишь для снижения полярности и свободной энергии поверхности) обычных не укрепляющих наполнителей типа карбонатов кальция позволяет на 50–70% поднять ударную вязкость [2] за счет их лучшего распределения в полимере. Непокрытые частицы талька, как правило, еще более активны для пространственных взаимодействий, имеют распределенные заряды, высокую свободную энергию и т.п. – и с готовностью образуют прочные агрегаты/агломераты как форму с минимальной свободной энергией, т.е. доступная площадь поверхности снижается, сопровождаясь падением потенциальных эксплуатационных свойств тальков. Не разрушенные агломераты – это концентраторы напряжений, имеющие ослабленную структуру относительно частиц талька того же размера и соответственно обуславливающие ухудшенное влияние на механические характеристики полимеров. Такие же тенденции в целом присущи и другим наполнителям, если процесс их производства ограничен измельчением и классификацией и не включает стадию определенной пассивации поверхности или в лучшем варианте – ее функционального модифицирования. Но в случае мелкодисперсного талька высокопластинчатых сортов проблема усугубляется тем, что во взаимодействиях участвуют плоские довольно гладкие и обширные поверхности, имеющие значительную площадь и потенциал возможного контакта (рис. 1, 2)

и соответственно реализующие дополнительные разнообразные формы взаимной связи (ионные, гидрофобные, электрические и др.) частиц.

Выпускаемые ГЕОКОМ в промышленном масштабе сорта особо микронизированного талька МИТАЛ® со средними медианными диаметрами, достигающими  $D_{50} = 2\text{--}3,5$  мкм (метод "лазерной дифракции") или  $D_{50} = 0,5\text{--}1$  мкм (метод "отложения осадка"), и высоким коэффициентом формы (более 50) создают необходимые предпосылки для получения существенно выигрышных свойств композитов, а реализуемые технологии функционального модифицирования силикатных наполнителей призваны в еще большей мере улучшать эти свойства.

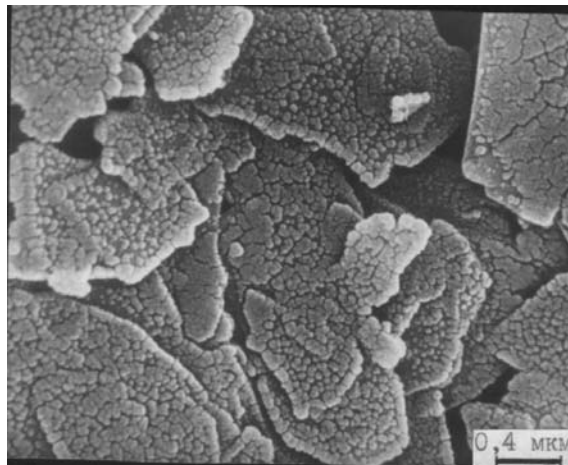


Рис. 1. Тальк МИТАЛ®03-99Н6.

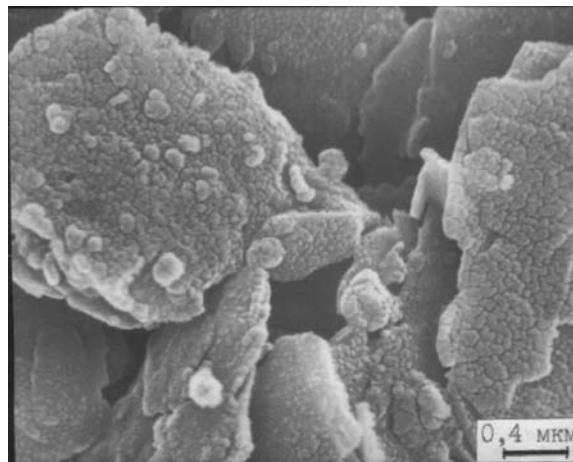


Рис. 2. Тальк МИТАЛ®03-96Н6.

Существуют определенные сложности в практическом применении особо тонкодисперсных тальков с высоким коэффициентом формы [4], которые определяются низкой насыпной плотностью (180–250 кг/м<sup>3</sup>) и ухудшенной дозируемостью (склонностью к сводообразованию и не ритмичности расходования, обвалам), сильным пылением. Проблематичными становятся бункерное хранение сырья и передовые автоматизированные методы его подачи. Как результат, требуются специальные устройства и технологические приемы для обеспечения бесперебойного дозирования такого талька, которые не всегда эффективны, что, как правило, приводит к нестабильному наполнению полимера и снижению скорости технологического процесса для некоторого нивелирования этого. Разумеется, наиболее прогрессивные и экономичные скоростные способы производства композиционных полимеров становятся невозможными и Аналогичные проблемы в пигментных производствах принято решать уплотнением порошков: мелкоразмерные гранулы

исходного материала удобны в транспортировке и использовании при обязательном условии – обеспечении максимальной полной диспергируемости в матричном полимере за обычное или сокращенное время технологического цикла. Видимо, наиболее удачные варианты получаются при объединении или определенном дополнении процессов с учетом специфики и приоритетов конкретных производств. Так, ГЕОКОМ организован выпуск компактированных тальков на основе обычных марок МИТАЛ® с их предохранением от избыточного агрегирования, при необходимости с органомодифицированной поверхностью – силановыми, полимерными комплексами со стабилизирующими добавками, другими адгезивами. Паритет между прочностью микрогранул и их способностью к легкому диспергированию может регулироваться в соответствии с индивидуальными возможностями компаундерных производств, применяемыми технологиями и полимерами.

В таблице приведены основные характеристики некоторых базовых тальков МИТАЛ® по технологии "Компакт". Следует подчеркнуть, что доступны ультрамикронизированные марки пластинчатого талька, в том числе особо белого цвета с минимальным включением хромофоров и других примесей.

Таким образом, технологические аспекты производства и применения компактированного талька МИТАЛ® ориентированы на выполнение требований высокоинтенсивных процессов наполнения полимеров. Эти тальки легко дозируются и диспергируемы, имеют удобную не пылящую выпускную форму и повышенный насыпной вес, что обеспечивает также сокращение транспортных расходов и затрат на упаковку. ГЕОКОМ решены задачи не ухудшения распределения в полимерах компактированных тальков в сравнении с базовыми марками. Однако универсальные тальки – не лучшие тальки, так как не учитывают особенности различных матричных полимеров. Поэтому для наполнения пластмасс ГЕОКОМ практикует производство специализированных сортов МИТАЛ®, лишенных таких недостатков, которым модифицирующим покрытием поверхности придаются улучшенные свойства для работы в конкретных типах полимеров. Дополнительно, пассивация поверхности ультратонкого талька необходима для сокращения адсорбции влаги при хранении, для уменьшения поглощения антиоксидантов и процессинговых добавок. При этом возможно решение и специальных задач, например, по упрочнению поверхности полипропиленовых изделий и повышению их стойкости к абразивным воздействиям, по участию в эффективном порообразовании пенопластов на различной основе, по улучшению нуклеатирующих свойств тальков и др.

Таблица. Типичные показатели талька МИТАЛ® технологии «Компакт».

Наименование	Тальк МИТАЛ® технологии «Компакт»			
	03-96КТ	05-96КТ	03-97КТ	03-99КТ
1. Оценка цветовых предпочтений: -белизна $W_{lab}$ по CIELab (ISO 787/1, C/2°), %	96	96	97	98,5
L, %	97	97	97	99
a*	0.2	0.2	0.2	0.05
b*	1.8	1.8	0.4	1.1
-коэффициент отражения $R_{457}$ (ISO 2470), %	90	90	91	95
2. Медианные размеры частиц (метод «лазерной дифракции» <sup>1)</sup> , Микросайзер-201А), мкм:				
-минимальный, $D_{10}$	1.2	1.5	1.2	1.2
-средний, $D_{50}$	3.2	4.7	3.5	3.5
-максимальный, $D_{98}$	16	23	18	20
3. Массовая доля остатка на сите № 0045, %	0,0	0,0	0,0	0,0
4. Влажность (ISO 787/2), %	0,2	0,2	0,2	0,2
5. Насыпной вес (ISO 787/11), кг/м <sup>3</sup> ,	0,8	0,9	0,7	0,7
то же для не уплотненного талька	0,35	0,45	0,3	0,2

<sup>1)</sup> – для анизотропных частиц результаты измерений по этому методу (принцип: многократный замер и усреднение проекций суспендированных частиц на фотоматрицу, вне зависимости от их возможного структурирования в потоке) всегда отличаются в большую сторону от другого также распространенного метода «отложения осадка» (это - седиментационный анализ, в соответствии с законом Стокса, когда плоскостность частиц может иметь решающее значение).

#### Литература

1. Наполнители для полимерных композиционных материалов. М., Химия, 1981.
2. А.И.Екимов, И.Л.Айзинсон - Свойства инженерных термопластичных композиций как функция реакционной способности составляющих. Полимерные материалы, №10, 2006.
3. К.Б.Бакнел Ударопрочные пластики. Л., Химия, 1981.
4. И.И.Крупей Последние разработки в области тальков. Евразийский химический рынок. №1, 2006.