

Получение углеродных нанотрубок методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

Студент гр. 104138 Слижов Д.Ю.
Научный руководитель – Яглов В.Н.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Под реакцией самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) понимается реакция, вызываемая локальным выделением тепла на границе смеси порошкообразных реагентов, которая распространяется затем за счет тепловыделения в области реакции и передачи тепла от горячих областей смеси к холодным. Метод СВС широко применяется для синтеза самых разнообразных материалов, в том числе и неуглеродных наноматериалов.

Исходные продукты для проведения реакций СВС с целью получения углеродных нанотрубок (УНТ) должны браться таким образом, чтобы один из них был носителем углерода, а другой – его восстановителем, например,



Метод СВС позволяет получать в реакциях такого типа углеродные нанотрубки лишь при добавлении к исходной смеси реагентов третьего компонента – одного из известных катализаторов получения УНТ, например металлов подгруппы железа (Fe, Co, Ni). В противном случае формируются лишь сфероподобные сажевые частицы углерода.

В отличие от пиролитических методов выращивания УНТ на заранее подготовленной подложке, метод СВС не контролируем в том смысле, что локальные параметры процесса практически не поддаются непосредственному наблюдению. В этом процесс схож с дуговым методом синтеза УНТ с катализатором. Соответственно, как и в случае дуги, можно надеяться на оптимизацию процесса подбором количества катализатора по отношению к реагентам. В дуговом методе оптимальная для роста нанотрубок пропорция составляет ~ 1 мас. % катализатора по отношению к углероду в теле анода.

В работе использовали никелевый катализатор в виде оксида NiO, из которого в ходе реакции с магнием восстанавливался никель.

К сожалению, добиться значительного увеличения содержания нанотрубок при увеличении количества катализатора не удастся. При добавлении катализатора структура полученного продукта характеризуется переплетением большого количества наноуглеродных волокон. Нанотрубок при этом практически нет; встречается лишь небольшое количество углеродных наночастиц, заключающих в себе наноразмерные кластеры никеля. При большом содержании никеля количество таких структур резко нарастает и одновременно резко уменьшается количество сфероподобных сажевых аморфных частиц, но количество нанотрубок увеличивается незначительно.

Утверждать или отрицать в условиях СВС возможность карбидов и их участия в образовании УНТ весьма сложно. При $T \geq 700^\circ\text{C}$ карбиды металлов группы железа не образуются. С другой стороны, образование УНТ или нановолокна из карбида на стадии спада температуры тоже маловероятно, так как наличие карбида резко осложняет растворение углерода в частицах катализатора.

Исходя из изложенного следует отметить, что метод СВС вряд ли использовать для синтеза материала с высоким содержанием УНТ. Интерес в данном случае представляет определение границ метода при движении от весьма дорогих исходных компонентов к более дешевым (известняк-магний) и упрощении условий синтеза (от взаимодействия в вакууме к реакции на воздухе).

С этим и связан выбор наиболее дешевого из всех мыслимых порошкообразных носителей углерода – известняка CaCO_3 в реакции (2). Вместе с тем если ориентироваться на использование продуктов СВС, как модификаторов композиционных материалов, реакция расщепления известняка (2) менее выгодна, нежели, например, реакция расщепления соды (1), так как она дает меньший тепловой эффект (334,4 кДж/моль против 585,2 кДж/моль в (1)).

Таким образом, реакция СВС в системе сода-магний с целью получения углеродных нанотрубок УНТ весьма малочувствительна к выбору количества катализатора. Заметное увеличение выхода нанотрубок перестает наблюдаться при увеличении относительного содержания катализатора > 10 мас. %.

Реакция СВС может быть осуществлена в системе известняк-магний, т.е. с наиболее дешевым порошкообразным реагентом, содержащим углерод, несмотря на сравнительно небольшой тепловой эффект реакции. Процесс в данном случае приводит к образованию небольшого числа УНТ (не более нескольких масс. %). Наблюдается также некоторое количество кристаллической фазы (преимущественно в виде MgO), ко-

торая в совокупности с нанотрубками и нановолокнами, может представлять интерес с точки зрения практического использования полученного материала, после его обогащения.

УДК 625.84.667

Люминофоры длительного послесвечения в дорожном строительстве

Студентка гр. 104219 Бекетова И.Ю.

Научные руководители – Шагойко Ю.В., Кречко Н.А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

На современном этапе развития дорожной отрасли ужесточаются требования к дорожной разметке: увеличение гарантийных сроков эксплуатации, сохранность дорожной разметки по площади и фотометрическим параметрам. Поэтому, краска для разметки дороги должна быть высококачественной, отвечать международным требованиям и стандартам и обеспечивать всесезонное наличие горизонтальной дорожной разметки на проезжей части автомобильных дорог. Соответственно, краски для разметки дорог должны быть быстросохнущими, ударопрочными, устойчивыми к погоде и свету, обладать достаточной эластичностью и износостойкостью, иметь высокие сроки службы, обеспечивать стойкость к химикатам, применяемым для борьбы со снегом, льдом и возможность их использования для разметки и маркировки асфальтовых, асфальтобетонных, шлакобетонных, цементобетонных и нефтябитумных поверхностей дорог.

Люминофоры — вещества, способные преобразовывать поглощаемую ими энергию в световое излучение (люминесцировать). Ранее использовались люминофоры на основе оксидов цинка. Они обладали не очень большой светимостью, имели высокую себестоимость, а также плотность (что фактически делало невозможным практическое применение порошка - он моментально выпадал в осадок).

Как альтернатива данным материалам было предложено использование оксидов алюминия. Такие вещества обладают достаточной светимостью при относительно небольшой фракции (плотность до 2 г/мл). В зависимости от используемой технологии изготовления - пропекания люминофора - он будет светиться ярче или тусклее, будет безопасным или нет для человека. Люминофор следует рассматривать как добавку в определённые материалы в качестве светлоизлучателя. Материалы, заряженные дозой люминофора, с точки зрения наблюдателя, приобретают свойства свечения. Имеет значение светопреломляющие способности носителя. Определённые носители способны усилить видимое значение светимости до полутора раз. Яркость светимости напрямую зависит от способности материала, на который был нанесён носитель, **отражать** свет. В определённых случаях необходимо наличие специального отражающего слоя. Такой слой принято определять, как отражатель. Отражатель в большинстве случаев должен быть белого цвета.

Частицы люминофора в носителе не растворяются, а находятся во взвешенном состоянии. Химических реакций между частицами люминофора и веществом носителя не протекает. Следовательно, необходимо учитывать в основном только один фактор - укрупненность частиц люминофора. Чем плотнее окажется слой частиц люминофора, тем выше будет яркость свечения. Но следует помнить, что люминофор непрозрачен, значит, нижние слои частиц при высокой плотности не будут получать заряд света и окажутся неактивными.

Продолжительность свечения после облучения составляет от 10 до 24 часов, в зависимости от свойств люминофоров. При этом яркость свечения не линейна. В первые минуты после свечения в темноте яркость максимальна, уменьшается пропорционально времени свечения. Спустя несколько часов свечение люминофора продолжает оставаться хорошо заметным, по мере того, как человеческий глаз привыкает к темноте. Важно отметить, что свечение в темное время суток эквивалентно свету полной Луны (0,1 люкс).

Люминофор (на основе алюмината стронция) представляет собой в чистом виде порошок светложёлтого цвета. Размер крупинки 100 – 130 микрон. Крупинцы люминофора не прозрачны и, значит, свет сквозь себя не пропускают. Люминофор смешивался с лаком (связующим) в соотношении 1:3. Расход составил 50 г на м². Полученный материал был нанесён на видимую поверхность подложки, в качестве которого использовались образцы асфальтовых, асфальтобетонных, керамических покрытий.

Для выяснения целесообразности применения отражателя, была использована специальная краска. Также в качестве светоотражающего покрытия была использована люминофорная краска ТАТ – 33. Данный материал способен аккумулировать большие светосуммы энергии при естественном или искусственном освещении и потом может отдавать накопленные светосуммы в течение 8-12 часов после прекращения внешнего освещения. Для «зарядки» изделий с покрытием из люминофоров образцы в течение 10-15 секунд выдерживались у источника света. Оценивалась длительность послесвечения: для этого исследуемый образец помещали под источник света заранее известной мощности (силе излучения) и держали его определенное время (1 час, 2 часа, 5 часов и т.д.). После каждого испытания образец помещали в абсолютную темноту, где оценивали параметры его светимости: длительность и яркость свечения.