**Химия фуллеренов**

Гилемханов Д.

Структура углерода. Химия фуллеренов. основные понятия, применение. новые технологии химии фуллеренов

По своей структуре фуллерены могут рассматриваться как трехмерные аналоги ароматических соединений, что позволяет надеяться на возникновение в ближайшем будущем нового направления в органической химии.

Как уже отмечалось, фуллерены отличаются высокой химической инертностью по отношению к процессу мономолекулярного распада. Так, молекула С60 сохраняет свою термическую стабильность вплоть до 1700К, а константа скорости мономолекулярного распада в температурном диапазоне 1720-1970К измеряется в пределах 10-300 сек-1, что соответствует значению энергии активации распада 4.0± 0.3 эВ. Однако в присутствии кислорода, окисление этой формы углерода до СО и СО2 наблюдается уже при существенно более низких температурах - порядка 500К. Процесс, продолжающийся несколько часов приводит к образованию аморфной структуры, в которой на одну молекулу С60 приходится двенадцать атомов кислорода, при этом молекула фуллерена практически полностью теряет свою форму. Дальнейшее повышение температуры до 700К приводит к интенсивному образованию СО и СО2 и приводит к окончательному разрушению упорядоченной структуры фуллеренов. Как следует из экспериментальных данных, энергия присоединения атома кислорода к молекуле С60 составляет примерно 90 ккал моль-1, что примерно вдвое превышает соответствующее значение для графита.

При комнатной температуре окисление С60 происходит только при условии облучения фотонами с энергией в диапазоне 0.5-1200 эВ, что объясняется необходимостью образования ионов О2-, обладающих повышенной реакционноспособностью.

Поскольку молекулы фуллеренов обладают сродством к электрону, в химических процессах они могут проявлять себя как слабые окислители. Данное свойство фуллеренов обнаружилось уже в одном из первых экспериментов по их химическому превращению, где была осуществлена гидрогенизация С60. Продуктом этой реакции стала молекула С60Н36. Такой результат представляется достаточно удивительным, так как молекула С60 обладает 30 двойными связями, каждая из которых могла бы присоединять два атома водорода. По-видимому некоторые из двойных связей в структуре фуллерена остаются нереакционоспособными. Предполагается, что между двумя связями, присоединившими водород, имеется одна не прореагировавшая.

Следует отметить, что проблема гидрогенизации фуллерена имеет принципиальное значение, так как это связано с перспективой использования фуллеренов в качестве эффективного хранилища молекулярного водорода и создания аккумуляторных батарей на этой основе.

Особо следует отметить способность холодных фуллеренов поглощать 17 атомов водорода на одну молекулу С60 при обработке водородом под давлением порядка 70 атм. Это открывает перспективы в будущем на переход на абсолютно экологически чистое и самое энергонасыщенное горючее - водород.

Другой перспективной проблемой химии фуллеренов является синтез водо-растворимых соединений фуллеренов. Решение этой проблемы позволит создать новый класс биологически активных веществ для фармокологии. Так, в настоящее время уже получено соединение с большим количеством (порядка 26) гидроксильных групп. По сути дела эта молекула является многоатомным фуллереновым спиртом. Синтез этого соединения был выполнен в водном растворе NaOH с использованием тетрабутиламмония в качестве катализатора.

Другим перспективным направлением является синтез фторсодержащих соединений фуллеренов, которые могут стать перспективной твердой смазкой, которая должна обладать высокими характеристиками при сколь угодно низких температурах.

Однако в настоящее время этот вопрос не нашел своего подтверждения. Так, было синтезировано соединение C60F60, однако оно оказалось нестабильным, да к тому же еще и легко вступающим в реакцию с водой с образованием HF. Эта реакция сопровождается разрушением структуры фуллеренового остова.

Менее фторированые соединения типа C60F36 и C60F44 оказались существенно более стабильными и по предварительным данным их уже можно использовать в качестве твердой смазки.

В результате хлорирования образуется соединение, содержащее либо 12, либо 24 атома хлора. Привлекательной особенностью хлорсодержащих фуллеренов является то, что атомы хлора могут замещаться на другие органические заместители, что должно расширить класс фуллерен содержащих соединений. Впрочем, эта особенность, но в существенно меньшей степени проявляется и для фторсодержащих фуллеренов. Нагревание хлорсодержащих фуллеренов приводит к восстановлению исходной молекулы С60. Соединение, образующееся при реакции С60 с бромом содержит до 28 атомов этого элемента.

Уже первые работы по синтезу органических соединений с участием фуллеренов показали их чрезвычайно широкое разнообразие. Среди таких “фуллероидов” можно отметить продукты присоединения радикалов водорода, фосфора, галогенов, металлов и их оксидов, одинарных и двойных бензольных колец и их производных. Следует отметить получение ряда удивительных соединений типа C60(OsO4)(C5H5N)2. Дальнейшие работы только подтвердили предположения о богатых перспективах развития металлоорганической химии фуллеренов.