Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

На правах рукописи

ГРИШИН ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

СИНТЕЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПИРОЛИЗОМ МЕТАНА

05.17.07-химия и технология топлив и специальных продуктов

02.0. 04 - физическая химия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата химических наук

Научные руководители:

кандидат химических наук, доцент Гаврилов Юрий Владимирович доктор химических наук, профессор Раков Эдуард Григорьевич

Москва - 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4

Глава I. Литературный обзор 6

1.1. Строение и свойства углеродных нанотрубок 6

1.2. Потенциальные области применения углеродных нанотрубок ... 12

1.3. Методы идентификации и исследования структуры

углеродных нанотрубок ! 16

1.4. Синтез углеродных нанотрубок 19

1.5. Очистка углеродных нанотрубок 22

1.6. Синтез катализаторов роста углеродных нанотрубок 25

1.7. Кинетика и механизмы роста углеродных нанотрубок 27

Глава II. Методическая часть 31

II. 1. Характеристика исходного сырья и реагентов 31

11.2. Общая методика синтеза катализаторов методом сжигания 32

11.3. Общая методика синтеза углеродных нанотрубок в горизонтальном кварцевом реакторе 33

11.4. Общая методика проведения кинетических экспериментов 34

II. 5. Обработка данных кинетических экспериментов 36

II. 6. Методы анализа и приборы 37

Глава III. Синтез катализаторов 39

III. 1. Синтез углеродных нанотрубок на катализаторах различного

состава 39

111.2. Влияние соотношения восстановителя и окислителя на характеристики катализатора и выход углеродных

нанотрубок 59

111.3. Влияние соотношения Со и Мо на выход и морфологию углеродных нанотрубок 64

Глава IV. Кинетика роста углеродных нанотрубок и расчет

основных технологических характеристик процесса 78

IV. 1. Выбор условий проведения экспериментов 78

IV.2. Кинетические закономерности роста углеродных

нанотрубок 80

IV.3. Принципиальная технологическая схема непрерывного синтеза

углеродных нанотрубок 98

IV. 4. Расчет основных технологических характеристик реактора

непрерывного синтеза углеродных нанотрубок 103

Выводы 107

Литература 109

Приложение 124

Введение

Выводы

 ПолученныеметодомсжиганиявприсутствиилимоннойкислотыилиглицинабинарныекатализаторысодержащиемолСоСгМоМпвразличныхкомбинацияхнаподложкеизпроявляютповышеннуюпосравнениюсоднокомпонентнымикатализаторамиактивностьвпроцессесинтезаНТсмалымчисломслоевДостигнутыудельныевыходыНТ

 УстановленочтодобавкиСиккатализаторамростаНТснижаютихактивностьаСиинертнавусловияхпроведенияпиролизачтопозволяетиспользоватьеедляизготовленияэлементовконструкцийнепрерывнодействующихаппаратовсинтезаНТ

 ОптимизировансоставкатализатораповыходуНТПоказаночтомаксимальныйудельныйвыходНТнаблюдаетсяприотносительномсодержанииМовактивнойфазекатализаторамолУстановленочтоувеличениеотносительногосодержанияМовактивнойфазекатализатораприводиткувеличениювнешнегодиаметраНТичисласлоев

 УдалениекатализаторассохранениемструктурыуглеродныхпродуктовдоостаточногосодержанияможноосуществлятьобработкойразбавленнойНСболееполноеудалениекатализатораможетбытьосуществленоотжигомввакуумеПапритемпературах—°С

 СинтезированкатализаторсодержащиймолСоимолМопозволяющийполучатьсмесьНТсмалымчисломслоевприудельномвыходедогНтгкі

 Предложенакинетическаямоделькотораяпозволяетрассчитатьосновныеразмерынепрерывнодействующихаппаратовиопределитьусловияпроведенияпроцессапиролизарасходгазовивремяпребываниякатализаторавреакторе

СозданаииспытананепрерывнодействующаялабораторнаяустановкасинтезаНТспроизводительностьюгчпоНТсмалымчисломслоев