Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого

Институт металлургии, машиностроения и транспорта

Кафедра «ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ, МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ»

Отчет по лабораторной работе №4

«Диспропорционирование моноксида углерода»

Выполнил:

студент гр.33314/1 <подпись> Сидоров Н.А.

Проверил:

ассистент <подпись> Михайловский Г.А.

Санкт-Петербург

2015

**Цель работы**

Обсуждение реальной картины распада монооксида углерода на никелевом катализаторе с рассмотрением термодинамических и кинематических аспектов этого вопроса.

*Теоретическая часть*

*Термодинамика процесса диссоциации CO*

2CO = CO2 + Cтв, 

Процесс является экзотермическим, то есть идет с выделением тепла. С повышением температуры в газовой фазе возрастает содержание CO.

О направлении реакции можно судить по уравнению изотермы Вант-Гоффа:

.

Если , реакция возможна в прямом направлении. СО термодинамически не прочен и не происходит газификация углерода. При значениях и при наличии твердого углерода возможна обратная реакция образования монооксида углерода.

Вблизи Т = 1000 К *Kp* близка к 1 и , значит, в области умеренных температур реакция распада CO практически обратима.

Для константы реакции можно записать следующее выражение:

*.*

Согласно уравнению изотермы константу также можно вычислить по формуле:

.

Зная *КР*, можно найти значение степени распада . Расчет упрощается, когда известно содержание CO2 в газовой фазе:

.

 *Кинематика процесса диссоциации СО*

Диспропорционирование СО развивается как гетерогенный процесс, происходящий на поверхности катализатора.

Катализ – это процесс изменения скорости химической реакции под действием веществ-катализаторов, остающихся в результате реакции химически неизменными. Распад монооксида углерода происходит в потоке газа над поверхностью катализатора (никеля).

При известном расходе СО, поступающего в реактор (Vi, л/ч), и составе газовой смеси на выходе из реатора можно рассчитать объем газовой смеси, выходящей из реактора в единицу времени (V, л/ч):

.

Скорость процесса будет равна:

 и выражена в л(.

Также можно оценить энергию активации, взяв два значения скорости процесса при разных температурах, далеких от Т=1000 К (от равновесного состояния системы):

*Методика исследования и экспериментальная установка*


Рис. 2.1. Схема установки для исследования процесса распада СО. 1 – газгольдер;

2 – аппарат Киппа; 3а и 3б – краны, регулирующие расход газов; 4 – трехходовый кран;

5 – барботер с раствором NaOH; 6 – реометр; 7 – барботер с концентрированной H2SO4;

8 –печь; 9 – кварцевый реактор; 10 – Ni-катализатор; 11 – кварцевая ампула;

12 – резиновые пробки; 13 – термопара; 14 – амперметр; 15 – автотрансформатор;

16 – электронный термометр; 17 – оптико-акустический газоанализатор;

18 – гидрозатвор; 19 – печь, в которой дожигаются остатки СО.

Основа методики – пропускание с небольшой скоростью монооксида углерода через слой катализатора и непрерывное измерение газоанализатором состава газовой смеси на выходе из реактора.

Газоанализатор реагирует только на наличие СО2 в системе, поэтому сначала продуваем систему углекислым газом до значения порядка 50% на индикаторе газоанализатора. Затем проводим продувку газом СО до полного исчезновения остатков диоксида, что будет видно по показаниям газоанализатора), после чего продолжаем продувку при рабочем расходе монооксида (~0,66 л/ч).

Начинаем нагрев печи 8, установив автотрансформатором 15 ток 3А. Как только система нагреется до t = 3000C, записываем показания газоанализатора через каждые 100С.

Снимаем показания, пока содержание CO2 не достигнет своего максимума и не начнет уменьшаться. После максимума снимаем еще 3 точки и завершаем опыт, прекращая подачу газа СО и нагрев печи.

**Результаты опыта**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№** | **T,°C** | **T, K** | **{СO2,%}** | **№** | **T,°C** | **T, K** | **{СO2,%}** |
| 1 | 300 | 573 | 5,5 | 18 | 470 | 743 | 19,25 |
| 2 | 310 | 583 | 5,6 | 19 | 480 | 753 | 21,14 |
| 3 | 320 | 593 | 5,88 | 20 | 490 | 763 | 23,35 |
| 4 | 330 | 603 | 6,15 | 21 | 500 | 773 | 25,4 |
| 5 | 340 | 613 | 6,32 | 22 | 510 | 783 | 28 |
| 6 | 350 | 623 | 6,5 | 23 | 520 | 793 | 31,23 |
| 7 | 360 | 633 | 6,62 | 24 | 530 | 803 | 34,05 |
| 8 | 370 | 643 | 6,77 | 25 | 540 | 813 | 37,25 |
| 9 | 380 | 653 | 6,99 | 26 | 550 | 823 | 40,99 |
| 10 | 390 | 663 | 7,36 | 27 | 560 | 833 | 44,08 |
| 11 | 400 | 673 | 8,04 | 28 | 570 | 843 | 46,8 |
| 12 | 410 | 683 | 9,5 | 29 | 580 | 853 | 48,35 |
| 13 | 420 | 693 | 11,5 | 30 | 590 | 863 | 48,96 |
| 14 | 430 | 703 | 13,2 | 31 | 600 | 873 | 48 |
| 15 | 440 | 713 | 14,97 | 32 | 610 | 883 | 46,21 |
| 16 | 450 | 723 | 16,42 | 33 | 620 | 893 | 44,48 |
| 17 | 460 | 733 | 18 |  |  |  |  |

График 1. Зависимость содержания CO2 от температуры.

1.Расчет скорости диспропорционирования CO и кажущейся энергии активации процесса. Графическая зависимость.

1) T=583K и СО2%=5,6

;

;

2) T=643K и СО2%=6,77

;

;

Энергия активации для Т1= 583 К и Т2= 643 К

.

3) T=703K и СО2%=13,2

;

;

Энергия активации для Т1= 703 К и Т2= 643 К

.

4) T=763K и СО2%=23,35

;

;

Энергия активации для Т1= 763 К и Т2= 703 К

.

График 2. Температурная зависимость диспропорционирования СО

2.Расчет степени распада СО и построение её температурной зависимости. Расчет констант равновесия реакции.

1) Т = 763К, содержание СО2 23,35%

;

;

;

*.*

2) Т = 863К, содержание СО2 48,96%

;

;

;

*.*

3) Т = 883К, содержание СО2 46,21%

;

;

;

*.*

График 3. Зависимость степени распада СО от температуры

**Вывод**

В ходе работы мы исследовали реакцию распада монооксида углерода и получили термодинамические и кинетические характеристики данного процесса.

По графику 1 видно, что СО мало разлагается при низких температурах, но при достижении температуры примерно 660 К содержание СО2 в газовой фазе начинает возрастать.

Значения энергии активации, полученные при расчете, меньше теплового эффекта реакции образования монооксида углерода. Это связано с наличием никелевого катализатора в системе.