

Особливості парової конверсії метану аерозольними наночастками NiO

Марат Глікін¹, Сергій Кудравцев²,
Саїф Махмод³

Кафедри технології органічних речовин та палива
технологічного інституту СНУ ім. В. Даля, УКРАЇНА,
м. Северодонецьк, пл. Радянський, 59-а

¹ E-mail: maratglik@rambler.ru

² E-mail: koodryavthev@mail.ru

³ E-mail: saifma81@gmail.com

В роботі проводилися дослідження парової конверсії метану на катализаторі NiO у віброзрідженому шарі катализатора за технологією аерозольного нанокаталізу в віброзрідженому шарі каталітичної системи (AnCVB). Процес парової конверсії метану є головним для отримання синтез-газу при виробництві аміаку, метанолу, оцтової кислоти, в синтезі Фішера-Тропша та інших виробництвах органічного, неорганічного синтезу і нафтопереробки. Технологія аерозольного нанокаталізу дає багато переваг для процесу парової конверсії метану: 1) зменшення температури (з 900-1000 °C до 600-700 °C); 2) зменшення концентрації катализатора в об'ємі реактору у 10^5 - 10^6 раз; 3) збільшення селективності хімічних перетворень та можливість коригування її у відповідності до подальшого призначення отриманого синтез-газу; 4) збільшити швидкості хімічних перетворень до 10 разів в розрахунку на об'єм реактора та до 10^5 - 10^6 разів в розрахунку на масу катализатора; 5) зменшення часу перебування сировини в реакційній зоні. Також було доказано, що наночастинка утворюється в момент співудару скляних кульок (диспергуючий матеріал), коли частинка катализатора попадає між ними. Цей процес проводиться при заданій частоті коливань реактору. Представлена методика приготування каталітичної системи та проведення експериментальних досліджень в умовах AnCVB. Наведені дані термодинамічних розрахунків процесу парової конверсії. Представлені результати експериментальних досліджень, які порівняні з рівноважними даними. Обґрунтовано, що досягнення рівноважного складу суміші продуктів конверсії в умовах AnCVB можливо здійснити з меншими енерговитратами, ніж в гетерогенному каталізі.

Features of Methane Steam Reforming Over NiO Aerosol Nanoparticles

Marat Glikin¹, Sergiy Kudryavtsev²,
Saif Mahmmod³

Department of technology of organic substances
and fuel, Technological institute of east Ukrainian national
university named after Volodymyr dahl, UKRAINE,
Severodonetsk, Rodensky st. 59-a,

¹ E-mail: maratglik@rambler.ru

² E-mail: koodryavthev@mail.ru

³ E-mail: saifma81@gmail.com

This paper represents as an investigation of methane steam reforming over NiO aerosol nanoparticles. Its been approved that the aerosol nanoparticles play the major rule in the Technology of aerosol nanocatalysis (AnC) which been applied on the reaction of methane steam reforming. The AnC allows us to obtain super active catalysts in virtue of permanent mech-chem activation over the surface of catalyst particles in situ.

Keywords – nanoparticles, syngas, aerosol nanocatalysis, conversion, fragmentation

Nanoparticle defined as a small object that behaves as a whole unit in terms of its transport and properties. Particles are further classified according to size: in terms of diameter, fine particles cover a range between 100 and 2500 nanometers. On the other hand, ultrafine particles are sized between 1 and 100 nanometers[1].

AnC is an effective direction in chemical technology field, as it allows us to obtain super active catalysts in virtue of medium absence and permanent (mech-chem activation) (mechanical-chemical-activation) over the surface of catalyst particles in situ[2].

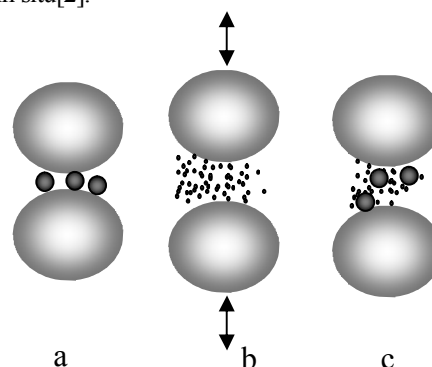


Fig. 1. The changing of catalytic system in AnC by the time
1. Inert material, 2. Catalyst microparticles, 3. Catalyst nanoparticles, agglomeration of catalyst particles

In the Technology of AnC, the catalytic system consists of glass bullets ($d = 1.1$ mm) (which represents as an inert material) and powder of catalyst NiO, initial size $5 \cdot 10^{-5}$ m. During vibration process appears catalytic system's mixing and catalyst abrasion till size of 10^{-7} - 10^{-9} m. The changing of catalytic system structure is illustrated in the fig 1. As it has shown in (fig. 1 a) the catalytic system in the beginning

(without mechanical action) is inert material and catalyst microparticles, under the mechanical action over the system appears fragmentation of catalyst by inert material to nanoparticles (fig.1.b). In the absence of mechanical action with determined time the nanoparticles would be suffering from agglomeration fig1.c) [3].

The above explain that the nanoparticles appear as a result from permanent collision of inert material which had been formed from reactor vibration.

In the AnC the NiO particles behave as a nanoparticles that could determine the activity of this technology, its been determined the range of nanoparticles between 8-100 nm. The method of nanoparticles investigation was done via Transmission Electron Microscopy (TEM) [4].

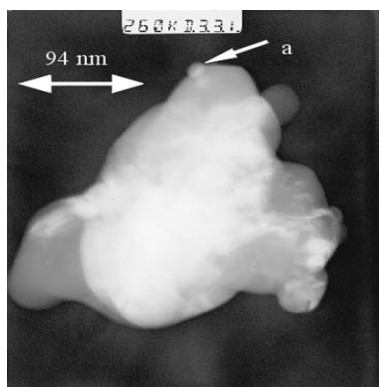
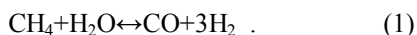
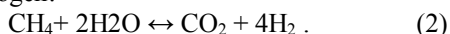


Fig. 2. The image of particle, has obtained by TEM

Reaction of methane steam reforming includes the following equation:



And also there is a chance to obtain additional quantity of hydrogen:



Hydrocarbons conversion is the main industrial method to obtain synthesis gas (syngas) for ammonia production, alcohol, acids, Fischer–Tropsch synthesis and other products. There are several ways of conversion: aerial, steam aerial, oxygenous, steam oxidation of hydrocarbons...etc.[5].

The main process of syngas obtaining in the production of ammonia, methanol and syntheses of organic products is steam reforming of methane. The process has done in the pipe oven with heating and catalyst. The properties of catalyst show the effect on productivity of pipe oven and its lifetime. This phase is one of the most expensive with high energy in modern technological schemes.[6].

Its been used NiO catalyst 0,0001 gm, and 20 cm³ of glass bullets, while the volume of reactor equal to 43 cm³. The table guided us to fig (3) that illustrates the differences between theoretical and practical relationship between %vol of conversion products and range of temperature 600-700 °C using NiO catalyst. The theoretical part is calculated by (CATRAPиC) program.

Results of research and its compersion with theoretical results

T, °C	Volume rate, L/h		H ₂ O/CH ₄ (mol.)	τ, c	Products in outlet, %vol.				H ₂ /CO (mol.)	αC, %	
	CH ₄	Vapour			H ₂	CO	CO ₂	CH ₄			
600	1.17	14.3	4.1	6.3	19.98	3.09	25.47	18.47	6.5	61.7	
Equilibrium composition of products, % Vol.					32	1.6	6.8	7.9	20	51.5	
650	1.1	15.2	4.4	6.0	10.53	2.7	6.8	77.16	3.9	11	
650	1.1	15.2	4.4	6.0	10.74	6.75	2.1	80.04	1.6	9.9	
Equilibrium composition of products, % Vol.					36.9	2.8	7.2	4.9	13.2	67.1	
700	1.14	9.3	2.5	8.5	1.7	0.51	0	25.54	3.3	1.96	
	Equilibrium composition of products, % Vol.					49.9	7.4	6.9	6.1	6.7	70.0
	1	9.3	2.7	8.8	21.73	1.54	3.4	59.4	14.1	7.7	
Equilibrium composition of products, % Vol.					48.9	6.9	7.0	5.5	7.1	71.6	

τ: Residence time.

αC: Degree of Carbon conversion.

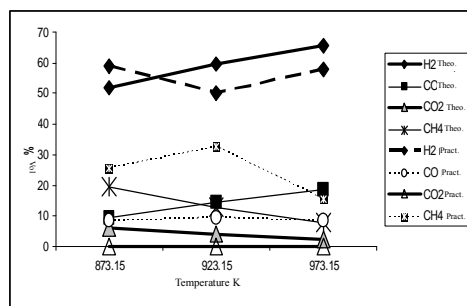


Fig. 3. Theoretical and practical relation between %vol and temperature at 600-700 °C

Thus, as been mentioned above, its possible to apply the technology of aerosol nanocatalysis.

References

- [1] Fahlman, B. D. (2007)/ Materials Chemistry/ Springer. pp. 282–283. ISBN 1402061196
- [2] Glikin M. A., Kutakova D. A., Glikina I. M. – (2001. – v.19). A new way to increase catalytic activity. № 2 p. 101-115, Adsorption science and technology.
- [3] Гликин М.А., Гликина И.М., Кудрявцев С.А. Анализ устойчивости каталитической системы в технологии аэрозольного нанокатализа с замороженным слоем (AnCVB)//Вестник ХПИ. – 2006 – № 11. – С. 49-58.
- [4] М.А. Гликин, Д.А. Кутакова, Е.М. Принь, И.М. Гликина, А.И. Волга Гетерогенный катализ на пористой структуре и в аэрозоле // Катализ и нефтехимия, № 5-6, 2000, с. 92-101.
- [5] Производство технологического газа для синтеза аммиака и метанола из углеводородных газов / Под ред. А.Г. Лейбуш. – М.: Химия, 1971. – 288 с.
- [6] А.Г. Аншиц, Е. Н. Воскресенская. Окислительная конденсация метана – новый процесс переработки природного газа.