




KARBON MONOOKSİDİN KOBALT, MİS İLƏ MONO VƏ Bİ MODİFİKASIYA OLUNMUŞ VPO SİSTEMLƏRİ ÜZƏRİNDƏ KATALİTİK ÇEVRİLMƏSİ

Asim Tahir oğlu Əliyev¹ , Elmir Məqsəd oğlu Babayev^{1,2} 

Günəl Ramiz qızı Əzimova² 

¹Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan

²Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

E-mail: elmir.magsadoglu@gmail.com

Kimya, neft-qaz, metallurjiya, energetika sənayelərinin inkişafı müsbət cəhətlərlə yanaşı ətraf mühitin atmosferinin çirklənməsinə də səbəb olur. Avtonəqliyyat vasitələrindən buraxılan işlənmiş qazları da bura əlavə etsək, o zaman atmosfərə buraxılan zərərli qazların miqdarı milyonlarla ton təşkil edir. Hazırda tullantı qazlarının zərərsizləşdirilməsində ən effektiv üsullardan olan katalizatorların tətbiqi emissiyaların azaldılması üçün ən perspektivli üsul hesab olunur. Əsas katalizatorlar qiymətli nəcib metallara əsaslanan Pt, Pd, Au, Ag və s. əsasında katalitik sistemlərdir ki, onlar 600-800°C-ə qədər çox yüksək temperaturda aktivlik göstərirlər. Təqdim olunan məqalədə tərkibində qiymətli nəcib metallar saxlamayan, lakin 200-400°C temperaturda oxşar aktivlik göstərən Co və Cu ilə modifikasiya olunmuş yeni katalitik VPO sistemləri işlənilib hazırlanmışdır. Sintez edilmiş katalizatorların dəm qazının karbon dioksida çevrilməsində aktivlikləri öyrənilmiş və onların fiziki-kimyəvi metodlarla (rentgen faza diffraksiyası, azotun adsorbsiya-desorbsiya metodu və termiki analiz metodları) xarakteristikası öyrənilmiş və prosesin kinetik qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir.

Açar sözlər: karbon monooksid, oksid katalizatorlar, karbon-dioksid, mis, kobalt, VPO.
doi.org/10.59849/2409-4838.2023.4.20

GİRİŞ

Sənayenin sürətli inkişafına paralel olaraq ekoloji təhlükəli tullantı qazlarının atmosferdə miqdarı da getdikcə artmışdır. Tullantı qazlarının tərkibində yer alan karbon monooksidin (CO) emissiyaları daima diqqət mərkəzində olmuş, onun insan orqanizminə və ətraf mühitə olan zərərli təsirləri hərtərəfli öyrənilmişdir. Son zamanlar tullantılara yeni nəzarət üsullarının yaradılması ilə bütün mənbələrdən atılması təxmin edilən karbon qazlarının tullantıları təxminən 21% azalmışdır. Qabaqcıl meqapolis və sənayeyə sahib olan ABŞ-da və Avropada katalitik çeviricilərin inkişafı avtomobil tullantılarına, xüsusən də dəm qazına nəzarətdə inqilab yeniliklər etmişdir [1-4].

Karbon monooksidin karbon dioksida oksidləşdirilməsi üçün istifadə olunan ədəbiyyatda müxtəlif katalizatorlar tətbiq olunmaqdadır. Belə ki, nəcib və qiymətli metal əsaslı, şpinel əsaslı, daşıyıcılar üzərinə çökdürülmüş oksid katalizatorlar, modifikasiya olunmuş və promotorlaşdırılmış seolit katalizatorlarının iştirakında müxtəlif reaksiya şəraitində CO-nun oksidləşməsi öyrənilmişdir. Pd, Pt və Rh kimi nəcib metallar CO-nun oksidləşməsi üçün CeO, ZrO₂, Al₂O₃, TiO₂ və s. daşıyıcılarla geniş şəkildə tədqiq edilmişdir. Platin əsaslı kompleks duzunun parçalanması ilə Pt_{0,5}Co_{0,5} və Pt-CoO_x metaloksid kompozitlərin nanoölçülü tozları alınıb və CO-nun oksidləşməsində istifadə olunmuşdur. Nəcib metalları Cu, Mn, Ni kimi daha ucuz metallarla modifikasiya edərək, qiymətli metalların faizini azaltmaqla onların istehlakını azaltmaq mümkündür [5-7].

Qiymətli metal əsaslı katalizatorlar CO-nun CO₂-yə çox aşağı oksidləşmə temperaturunda istifadə olunan qızıl katalizatorlarıdır. Bu katalizatorlar normal şəraitdə, xüsusilə hava təmizləmə sistemlərində, tənəffüs aparatlarında və avtomobil katalizatorlarında işləyə bilər. CO-nun 100%-li konversiyası çökdürülmə yolu ilə alınmış Au/FeO_x/ Al₂O₃, Au/Al₂O₃, Au/Fe₂O₃ katalizatorlarında -50⁰, -22⁰ və +15⁰C temperaturalarda baş verir [8-14].



Nəcib və qiymətli metalların qiymətinin baha və məhdud olması onların istifadəsini iqtisadi cəhətdən sərfəli etmir. Buna görə daha ucuz katalizatorların sintezi böyük əhəmiyyət kəsb edir. CO-nun CO₂-yə oksidləşməsində istifadə olunan üçüncü sinif katalizatorlar Fe, Ni, Mn, Cu, Co, Cr, Ni, Ce və s. metal oksidləridir. Oksidlər tək və ya müxtəlif oksid kombinasiyalarında istifadə oluna bilər [15-17]. Bu zaman isə temperaturun aşağı salınması, optimal sintez üsulu və komponent tərkibinin tapılması bu istiqamətdə olan tədqiqatları davamlı edir.

MATERIAL VƏ METODLAR

Katalizator nümunələri ədəbiyyatdan məlum olan bir sıra üsullarla – hopdurma, birgə çökdürmə və zol-gel metodları ilə sintez edilmişdir. Bunun üçün qarışdırıcı və əks soyuducu ilə təchiz edilmiş üçboğazlı kolbaya 300 ml su və təxminən olaraq 100q 86% -li karbofosfat turşusu əlavə edirik. 40 q turşəng turşusu kolbaya daimi qarışdırmaqla əlavə edilir. Kiçik hissələrlə isti məhlula 30 q V₂O₅ əlavə edilir və CO₂-nin çıxması bitənə kimi qarışdırmağı davam etdiririk. Bunun ardınca daha 100 q su və 10 qram oksalat turşusu əlavə edilir. Daha sonra əvvəlcədən müvafiq formaya salınmış SiO₂, Al₂O₃-nin səthinə elə toxunur ki, məhlulla daşıyıcıların həcmi və səthi tamamilə örtülsün. 20 atm təzyiqdə xüsusi olaraq SiO₂ hidrotermal işlənərək daha kiçik məsamələrinin ölçüləri CO (0.378 nm) və CO₂-nin (0.330nm) kinetik diametrlərinə uyğun formalaşdırılır, bu prosesdə çökmə effektivini daha çox azaltmış olur və katalizatorun aktivliyini artırır. Daha sonra 3-4 saat müddətində daşıyıcı səthinə çökdürülmüş olan aktiv kütlə saxlanılır və ardınca rotasiyalı buxarlandırıcıda burxarlandırılır. Bundan sonra 1-2 saat müddətində 443-553 K-də quruducu şkafda qurudulur. Oradakı suyun miqdarı getdikcə azaldığından bu zaman yaşıl-göydən katalizatorun rəngi boz rəngə keçir və rəngin qarışmış hissəsi də qalır. Ardınca alınmış katalitik sistem 533-573K temperaturda 4-5 saat, sonra 703-753K temperaturda 6-8 saat müddətində termiki işləməyə məruz qalır. Daha sonra soyudularaq katalizator xırdalanır, ələnilir və lazım olan 0,3-0.9 mm ölçülü hissələrə ayrılır.

Əvvəlcə hazırlanmış katalizator nümunələri reaktora 1-2 sm³ həcmdə yerləşdirilərək He-un axınında saxlanılır və ardınca reaktor aktivləşmə temperaturuna (703-753K) qədər qızdırılır. Lazımı temperatur təmin edildikdən sonra katalizator 30 dəqiqə müddətində hava axınında və ya oksigenin 10 l/saat sürət axınında saxlanılır. Sonra isə helium vasitəsi ilə 30 dəqiqə müddətində oksigen səthdən qovulur. Aparılan bu ilkin hazırlanma prosesi katalizatorun standart hazırlanması olaraq qəbul edilmiş və hər təcrübə prosesindən əvvəl təkrarlanır.

CO-nun oksidləşməsi axın tipli reaktorda CO:hava=1:(1-20), kontakt müddətinin 0.3-1.1 saniyə intervallarında aparılmışdır. Məhsulların analizi FİD və TCD detektorla təchiz edilmiş qaz xromatografında, iki kolonda aparılmışdır.

Termoqravimetrik analiz Almaniya istehsalı olan NETZSCH STA 449F3 cihazında həyata keçirilmişdir. Cihaz 10⁰C/dəq aralıqları ilə 25-900⁰C temperatur intervalına proqramlaşdırılmışdır.

Katalizatorlarda fazaəmələgəlmə prosesləri, fazaların xüsusiyyətləri və miqdarı analizi kristal quruluş əsasında tədqiq olunmuşdur. Almaniya istehsalı olan Bruker firmasının rentgen D2 phase-X-ray difraksiya analizatorunda rentgenoqramlar müəyyən olunmuşdur.

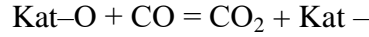
Katalizatorların səth parametrləri azotun aşağı temperaturu (-196⁰C) adsorbsiya-desorbsiyasına əsasən müəyyən edilmişdir. Səthinin sahəsi, məsamənin sahəsi və radiusu haqqında məlumat Thermo Scientific firmasının Gas Adsorption Porosymeter cihazında əldə edilmişdir. Ölçmələr zamanı ilk öncə hazırlanmış nümunələr 0.1Pa qədər qazsızlaşdırılmışdır. BET səthinin sahəsi azota uyğun 0.164 nm² profil kəsiyə bənzədilərək hesablanmışdır. Vanadium-fosfor bazalı və modifikasiya ilə alınmış katalitik sistemlərin səth xarakteristikası barədə məlumatlar BET və adsorbsiya-desorbsiya tənlikləri əsasında xüsusi avtomatlaşdırılmış proqram vasitəsilə öyrənilmişdir.

CO-nun katalitik oksidləşmə prosesi bir mərhələli (Ləngmür-Hinşelvud) və ya iki mərhələli (Mars-van-Krevelen) mexanizmilə gedə bilər (Şəkil 1).

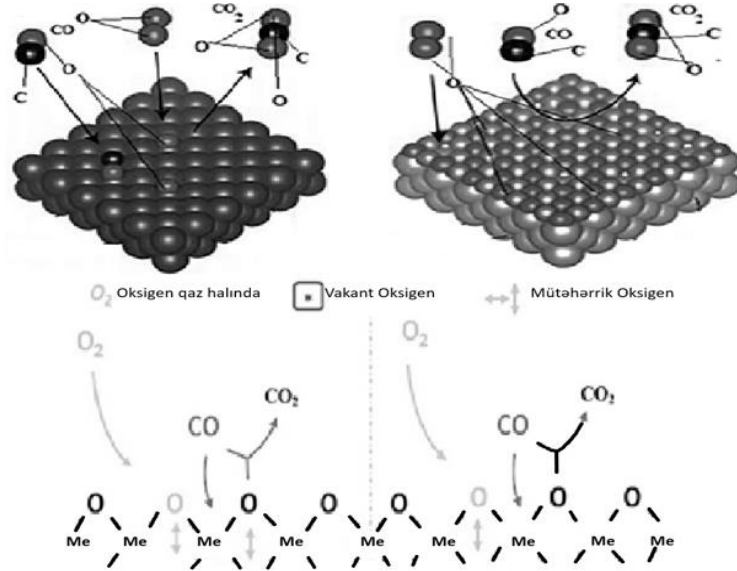
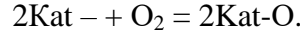
Bir mərhələli mexanizmdə reaksiya katalizatorun səthinə adsorbsiya olunmuş karbon mono-oksidi və oksigen arasında gedir (Şəkil 1 a).



Mars-van-Krevelen mexanizmi ilə baş verən zaman isə katalizatorun qəfəs oksigeni aktiv olur, reaksiya karbon monooksid və katalizatorun oksigeni arasında baş verir (Şəkil 1 b):



İkinci mərhələdə qaz fazasındakı oksigenlə katalizator reduksiya olunur.



Şəkil 1. Karbon monooksidin oksidləşmə mexanizminin sxemləri

Dəm qazının katalitik oksidləşməsinin əsas mərhələləri aşağıdakı kimidir:

- Adsorbsiya: CO molekulları metal (Me) katalizatorunun səthinə adsorbsiya edilir. CO molekulu metal səthlə zəif birləşir və adətən kimyosorbsiya kompleksi əmələ gətirir.
- Aktivləşdirmə: Adsorbsiya edilmiş CO molekulu qonşu metal atomları ilə qarşılıqlı təsirə girərək aktivləşməyə məruz qalır. Bu proses karbon-oksigen əlaqəsini zəiflədən elektronların metal-dan CO molekuluna köçürülməsini nəzərdə tutur.
- Oksigen növlərinin əmələ gəlməsi: Havadan, O₂ və ya H₂O kimi oksigen tərkibli molekullardan oksigen (O) vanadium metal səthində adsorbsiya olunur. Bu, katalizator səthində atomik oksigen (O*) və ya oksigen boşluqları kimi oksigen növlərinin əmələ gəlməsinə səbəb olur.
- Reaksiya: Aktivləşdirilmiş CO molekulu katalizator səthindəki oksigen növləri ilə reaksiya verir. CO-dakı karbon oksidləşərək karbon dioksid (CO₂) əmələ gətirir. Reaksiya adətən vanadium katalizatorunun CO və oksigen növləri arasında elektron ötürülməsini asanlaşdırmaqda mühüm rol oynadığı redoks prosesi ilə davam edir.
- Desorbsiya: Yeni əmələ gələn CO₂ molekulu katalizator səthindən desorbsiya edilir və sonrakı reaksiyalar üçün aktiv yerləri azad edir.

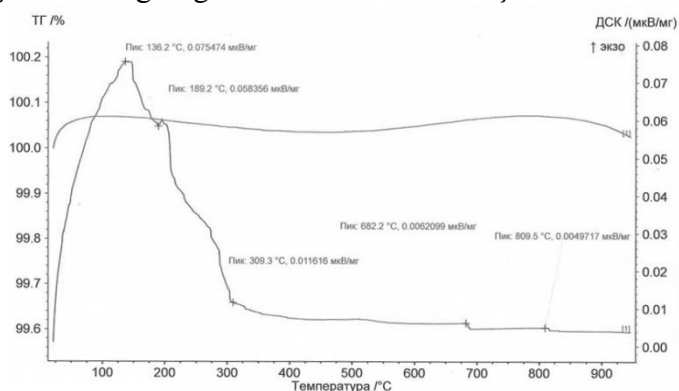
Bir vanadium metal katalizatorunun olması CO molekullarının adsorbsiyasını və aktivləşməsini gücləndirir, reaksiya üçün tələb olunan aktivləşdirmə enerjisini azaldır və CO, oksigen növləri arasında elektron transferini təşviq edir. Dəqiq mexanizm xüsusi vanadium katalizatorundan, reaksiya şərtlərindən və hər hansı əlavə katalizatorların və ya promotorların mövcudluğundan asılı olaraq dəyişə bilər.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Sintez edilmiş katalizator nümunələri Rentgen faza diffraksiyası, azotun adsorbsiya-desorbsiya metodu və termiki analiz metodları ilə xarakterizə edilmişdir.

Tədqiq olunan nanotoz nümunəsinin çəkisi termoqravimetrik analiz (TA) zamanı 0.6 qr təşkil etmişdir. TA vasitəsilə katalizatorların endotermiki və ekzotermiki effektləri, həmçinin çəki itkisi-

nin xarakteristikaları əldə edilmişdir. Tədqiq edilmiş VPO/Al₂O₃ bazalı modifikasiya olunmuş katalizator nümunələrinin DTA əyriləri üzərində 140⁰C-ə uyğun endotermiki effekt müşahidə olunur. Təmiz halda (yeni) olan katalitik sistemlər təhlil edildiyi üçün bunun izahını sistemlərin səthinə adsorbsiya olunan maddələr – havada olan su buxarı və digər kiçik ölçülü molekullarla əlaqələndirmək olar. Şəkil 2-də əks olunmuş DTA əyrisinə əsasən demək olar ki, bu nümunənin qızdırılmamış halında az qatılığa malik güclü və yüksək qatılıqlı elektronakseptor mərkəzləri əmələ gəlir. Bu da DTG əyrisi üzərində 189, 309 və 682⁰C temperatura uyğun endotermiki effektlər şəklində müşahidə olunur. Bundan başqa katalizator nümunəsində TA-sında təxminən 800⁰C-yə qədər temperaturda sistemin destruksiyasına əsaslanan ciddi çəki itkisi müşahidə olunmur ki, bu da katalizatorların proses zamanı davamlı olmasını, quruluşunda hər hansı bir parçalanma baş vermədiyini deməyə imkan verir. Qeyd olunan quruluş davamlılığı digər nümunələrdə də müşahidə olunmuşdur.



Şəkil 2. CO-nun oksidləşməsi zamanı istifadə olunan 2%Co_1%Cu_VPO/Al₂O₃ katalizatorunun termoqravimetrik analizi

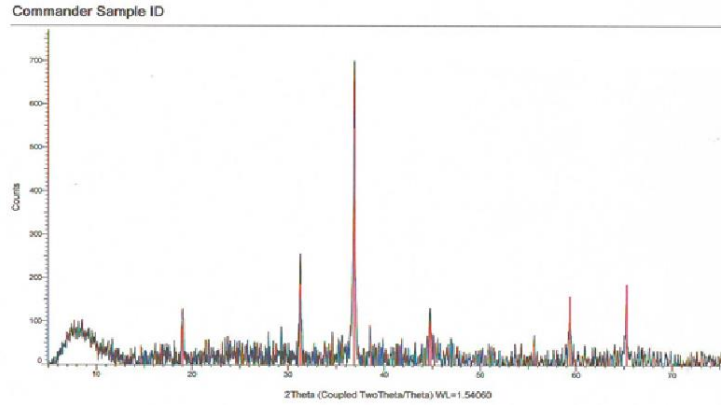
Azotun aşağı temperaturu (-196⁰C) adsorbsiya-desorbsiyası metoduna əsasən katalitik sistemlərin səthinin sahəsi (S_{BET} , m²/q), məsamənin ölçüsü (diametr d , Å) və ümumi sahəsi (V_{Σ} , sm³/q) haqqında məlumat əldə edilmişdir. Alınmış parametrlər üzrə nəticələr sistemləşdirilərək cədvəl 1-də əks olunmuşdur.

Cədvəl 1.

Bəzi katalitik sistemlərin səth parametrləri

Katalizator	Səthin sahəsi, m ² /qr	Radius, Å	Ümumi həcm, sm ³ /q
VPO	13.325	322	0.689
VPO/SiO ₂	19.017	384	0.171
VPO/Al ₂ O ₃	23.355	463	0.133
2%Co_VPO/Al ₂ O ₃	23.871	449	0.114
2%Co_1%Cu_VPO/Al ₂ O ₃	25.242	427	0.086

Dəm qazının katalitik oksidləşməsi zamanı istifadə olunmuş 2%Co_1%Cu_VPO/Al₂O₃ katalitik sisteminin rentgen faza analizinin nəticələri şəkil 3-də öz əksini tapmışdır.



Şəkil 3. CO-nun oksidləşməsi zamanı istifadə olunan 2%Co_1%Cu_VPO/Al₂O₃ katalizatorunun rentgen faza analizi

RFA təhlili göstərmişdir ki, vanadium və fosforla fazaəmələgə prosesində V₂O₅, P₂O₅ ilə yanaşı VO(PO₄)₂ və VOPO₄ fazaları müşahidə olunur. Bununla belə VPO-nun Al₂O₃ üzərində hopdurulmuş sistemində isə katalizatorun fazaəmələgəlmə prosesi divanadium pentaoksid (~28%), AlPO (~3%), aluminium fosfat (~19%), aluminium heksatsiklofosfat (~19%), aluminium oksid (~11%) fazalarından təşkil olunması da müəyyən edilmişdir. Cobalt və mis əlavə edilmiş nümunələrdə isə Cu₂O (~2%), CuO (11-15%) Co₃O₄ (16-24%) fazaları əmələ gəlmişdir. Amorf faza katalitik sistemlərin əsas hissəsini təşkil etmişdir ki, bu da daşıyıcı kimi istifadə olunan Al₂O₃ ilə bağlıdır. Eyni zamanda nümunələrin tərkibində vanadiumun oksidlərinin fazalarının da üstünlük təşkil etməsi katalizatorun aktivliyi üçün əsas amildir. Onu də qeyd etmək lazımdır ki, katalitik sistemlərin faza tərkibi onları təşkil edən aktiv komponentlərin nisbətindən asılı olaraq dəyişirlər. Bununla belə müəyyən edilmişdir ki, katalizator nümunələrinin aktivləşmə temperaturu da fazaların formalaşmasına təsir göstərir. Aktivləşmə temperaturu 400-500⁰C olduqda, yəni reaksiya temperaturundan 200-300⁰C yüksək olduqda bu fazaların formalaşması başa çatmış olur.

Dəm qazının oksidləşməsi axın tipli reaktorda 473-773K temperatur və 5000-9000 saat⁻¹ həcm sürəti diapazonunda tədqiq edilmişdir. Alınan ilkin nəticələr cədvəl 2-də təqdim edilmişdir və nəticələrə əsasən demək olar ki, 513-613 K temperatur intervalında katalitik aktivlik artıq ~50% olur, bu da məlum platin əsaslı katalizatorlarla müqayisədə tam məqbul sayıla bilər.

Cədvəl 2.

CO-nun çevrilməsinə ilkin komponentlərin mol nisətinin katalizatorların aktivliyinə təsiri (T=523K)

Katalizatorlar	CO-nun çevrilməsi üçün CO:O ₂ nisbəti			
	1:1	1:5	1:10	1:20
VPO/SiO ₂	13	18	27	46
VPO/Al ₂ O ₃	15	20	34	48
2%Mg_VPO/Al ₂ O ₃	15	31	53	61
2%Cu_VPO/Al ₂ O ₃	20	41	81	87
1%Co_VPO/Al ₂ O ₃	18	37	73	86
1%Co+2%Cu_VPO/Al ₂ O ₃	50	80	98	100

Təcrübi nəticələrdən aydın olur ki, Al₂O₃ və SiO₂ daşıyıcıları üzərində çökdürülmüş VPO oksid katalizatorları karbon monoksidin oksidləşmə reaksiyalarında müəyyən aktivlik (40-50%) nümayiş etdirirlər. Əlbəttə, dəm qazının bu cür çevrilməsi müasir tələbələrə cavab vermir. Bu səbəbdən katalizatorun aktivliyini artırmaq üçün vanadium-fosfor əsaslı sistemləri maqnezium, mis, kobaltla birli və ikili modifikasiyaları aparılmışdır və müqayisədə fərqli bir mexanizm gedir. Mg, Cu, və Co oksidlərinin əlavə edilməsi ilə katalitik sistemin aktivliyini artırması müşahidə olunur.



Məlum metodikaya əsasən qazın udulma sürəti və çevrilmə dərəcəsi hesablanmışdır. Bu analiz metodu müxtəlif qaz komponentlərinin sındırma əmsallarının akitivliyinə əsaslanır. Qaz qarışığının sındırma əmsalı:

$$\beta = \sum C_i \beta_i$$

β_i – ayrı-ayrı komponentlərin sındırma əmsalı,

C_i – həmin komponentlərin mol payıdır.

Əgər yalnız bir reaksiya sistemdə gedərsə, bu zaman maddənin miqdarını və çevrilmə dərəcəsinə interferometrin göstəricisi nəticəsində təyin etmək olar:

$$V_x = \frac{(N - N_0) \cdot V}{P_p \cdot \Delta \beta_i} = \gamma \Delta N V_x$$

Əgər proses zamanı CO çevrilərsə və bu zaman alınan CO₂ udulmursa, onda $\gamma = 2,732 \text{ sm}^3 \text{ CO/CO}_2$ olur. Yox əgər CO çevrilərsə, bu zaman CO₂ udularsa, onda

$$\Delta \beta_{\text{CO}_2} = \Delta \beta_{\text{CO}} - \Delta \beta_{\text{He}} = 299 \cdot 10^{-6}$$

Bu halda differensial reaktor götürüldüyünə görə çox az bir çevrilmə baş verir ki, belə olan halda reaksiyanın sürəti

$$W = \frac{V_{xi}}{\tau} = \frac{\gamma_i \Delta N}{\tau}$$

olur, əsasən reaksiyanın sürəti katalizatorun səthi ilə mütənasibdir.

$$W_q = \frac{\gamma_i \Delta N}{\tau \cdot S_q \cdot Q}$$

Burada S_q – katalizator nümunəsinin ümumi çəkisi,

q – katalizatorun çəkisi

Bu zaman baş verən xəta

$$\frac{N - N_0}{\tau - q} = \delta W_q = 0,2\%$$

$N - N_0$ daimi xəta olub, $\pm 0,0014$.

Onda $W_q - 10\%$ -dən çox olmur.

YEKUN NƏTİCƏ

Tullantı qazlarının tərkibini təşkil edən dəm qazının zərərsizləşdirilməsi üçün 200-400°C temperaturda katalitik aktivlik göstərən Mg, Co və Cu ilə modifikasiya olunmuş yeni katalitik VPO əsaslı sistemlər işlənilib hazırlanmışdır. Məlum olmuşdur ki, karbon monoksidin oksigenə nisbəti 1:20-ə bərabər olduqda və temperaturun 513K qiymətində maksimum konversiya əldə etmək mümkündür. Dəm qazının karbon dioksidə çevrilməsində sintez edilmiş katalizatorların katalitik aktivlikləri tədqiq edilmiş və onların kinetik qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, daimi xəta olub $\pm 0,0014$ və $W_q - 10\%$ -dən çox olmur.



ƏDƏBİYYAT

1. Mohan Kumar, G. Carbon Monoxide Pollution Levels at Environmentally Different Sites / G.Mohan Kumar, S.Sampath, V.S.Jeena [et al.] // The Journal of Indian Geophysical Union, – 2008, 12 (1), – p. 31-40.
2. Richard J. Levy. Carbon monoxide pollution and neurodevelopment: A public health concern // Neurotoxicology and Teratology, – 2015. – p. 31-40.
3. Banham, D., Siyu, Ye. Current Status and Future Development of Catalyst Materials and Catalyst Layers for Proton Exchange Membrane Fuel Cells: An Industrial Perspective // ACS Energy Letters, – 2017, 2 (3), – p.629-638.
4. Kummer, J. Use of noble metals in automobile exhaust catalysts // The Journal of Physical Chemistry, – 1986. – p. 4747-4752.
5. Masahiro Watanabe. Hydrogen purification for fuel cells: selective oxidation of carbon monoxide on Pt–Fe/zeolite catalysts / Watanabe Masahiro, Hiroyuki Uchida, Kyoko Ohkubo [et al.] // Applied Catalysis B: Environmental, – 2003. – p. 595-600.
6. Lui, X., Korotkikh, O., Farrauto, R. Selective catalytic oxidation of CO in H₂: Structural study of Fe oxide-promoted Pt/alumina catalyst // Applied Catalysis A, – 2002, 226 (12), – p. 293-303.
7. Matsuoki, K. Preparation and characterization of Pt/Al-AZM-5 catalysts and their reactivities for the oxidation of CO with N₂O at low temperatures / K.Matsuoki, K.Lino, H.Chen [et al.] // Catalysis Letters, – 2005, 102 (3-4), – p. 149152.
8. Francois Morea, Geoffrey C. Bond. Gold on titania catalysts, influence of some physicochemical parameters on the activity and stability for the oxidation of carbon monoxide // Applied Catalysis A: General, – 2006. – p. 110-117.
9. Li Wen, Comotti Massimiliano, Achith Ferdi. Highly reproducible synthesis of Au/TiO₂ catalysts for CO oxidation by deposition- precipitation or impregnation // Journal of Catalysis, – 2006, 237 (1), – p. 190-196.
- 10.Fernando Marin~oa, Claude Descormea, Daniel Duprez. Supported base metal catalysts for the preferential oxidation of carbon monoxide in the presence of excess hydrogen (PROX) // Applied Catalysis B: Environmental, – 2005. – p. 175-183.
- 11.François Moreau, Geoffrey C. Bond, Adrian O. Taylor. Gold on titania catalysts for the oxidation of carbon monoxide: Control of pH during preparation with various gold contents // Journal of Catalysis, – 2005. – p. 105-114.
- 12.Li-Hsin Chang, Natarajan Sasirekha, Yu-Wen Chen. Au/MnO₂–TiO₂ catalyst for preferential oxidation of carbon monoxide in hydrogen stream // Catalysis Communications, – 2007. – p. 1702-1710.
- 13.Christopher, J. Copper manganese oxide catalysts for ambient temperature carbon monoxide oxidation: Effect of calcination on activity / J.Christopher, J.Kieran, H.Stuart [et al.] // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, – 2009. – p. 121-124.
- 14.Prasad, R., Singh, P. A Review on CO Oxidation Over Copper Chromite Catalyst // Catalysis Reviews: Science and Engineering, – 2012. – p. 224-279.
- 15.Zulfugarova, S.M. Cobalt-containing oxide catalysts obtained by the sol-gel method with auto-combustion in the reaction of low-temperature oxidation of carbon monoxide / S.M.Zulfugarova, G.R. Azimova, Z.F. Aleskerova [et al.] // Journal of the Turkish Chemical Society Chemistry A, – 2023, 10 (3), – p. 577-588.
- 16.Ateia, E.E. Novelty characterization and enhancement of magnetic properties of Co and Cu nanoferrites / E.E.Ateia, A.A.El-Bassuony, G.Abdelatif [et al.] // Journal of Materials Science: Materials in Electronics, – 2017. – p. 241-249.



17. Kesavamoorthi, R. Synthesis and characterization of nickel ferrite nanoparticles by sol - gel auto combustion method / R. Kesavamoorthi, A.N. Vigneshwaran, S. Vijayalakshmi [et al.] // Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, – 2016, 1 (9), – p. 160-162.

CATALYTIC CONVERSION OF CARBON MONOXIDE ON MONO AND BI MODIFIED WITH COBALT AND COPPER VPO SYSTEMS

A.T. Aliyev, E.M. Babayev, G.R. Azimova

The development of the chemical, oil and gas, metallurgical and energy industries, along with positive aspects causes environmental pollution. If we add to this the exhaust gases emitted by vehicles, the amount of harmful gases emitted into the atmosphere amounts to millions of tons. Currently, the most promising method for reducing emissions is the use of catalysts, which are one of the most effective methods for neutralizing exhaust gases. The main catalysts are Pt, Pd, Au, Ag, etc. noble metals based catalytic systems that exhibit activity at very high temperatures up to 600-800°C. In the presented article, new VPO catalytic systems modified with Co and Cu have been developed, which do not contain valuable noble metals, but exhibit similar activity at 200-400°C. Using physicochemical methods (X-ray phase analysis, nitrogen adsorption-desorption method and thermal analysis methods), the activity of the synthesized catalysts in the conversion of carbon monoxide into carbon dioxide was studied and their characteristics has been studied.

Keywords: *carbon monoxide, oxide catalysts, carbon dioxide, copper, cobalt, VPO.*

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ УГАРНОГО УГЛЕРОДА НА СИСТЕМАХ ВПО МОНО И БИ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОБАЛЬТОМ И МЕДИ

A.T. Алиев, Э.М. Бабаев, Г.Р. Азимова

Развитие химической, нефтегазовой, металлургической и энергетической промышленности, наряду с положительными моментами, вызывает и загрязнение окружающей среды. Если к этому добавить выхлопные газы, выбрасываемые автотранспортом, то количество вредных газов, выбрасываемых в атмосферу, составляет миллионы тонн. В настоящее время наиболее перспективным методом снижения выбросов считается применение катализаторов, которые являются одними из наиболее эффективных методов нейтрализации отходных газов. Основными катализаторами являются каталитические системы на основе ценных благородных металлов Pt, Pd, Au, Ag и др., проявляющих активность при очень высоких температурах до 600-800°C. В представленной статье разработаны новые каталитические системы VPO, модифицированные Co и Cu, которые не содержат ценных благородных металлов, но проявляют аналогичную активность при 200-400°C. Физико-химическими методами (рентгенофазовый анализ, метод адсорбции-десорбции азота и методы термического анализа) изучены характеристика и активность синтезированных катализаторов в превращении монооксида углерода в диоксид углерода.

Ключевые слова: *оксид углерода, оксидные катализаторы, диоксид углерода, медь, кобальт, VPO.*