



CO₂ VA H₂ NING QUYI OLEFINLARGA SELEKTIV TRANSFORMATSIYASI

Qo'yoqarav Oybek Ergashovich

Qarshi davlat texnika universiteti dotsenti

Annotatsiya: Ishda pastki olefinlar (C₂ –C₄ =, odatda etilen, propilen va butilenni nazarda tutadi) kimyo sanoatining asosiy kimyoviy moddalari bo'lib, an'anaviy ravishda neftga asoslangan termal kreking orqali ishlab chiqariladi. Olefinlarni to'g'ridan-to'g'ri CO₂ gidrogenatsiyasi hali ham juda qiyin va bu jarayon uchun samarali katalizatorlarni ishlab chiqish juda ma'qul. Bu jarayonni shamol, quyosh va biomassa kabi qayta tiklanadigan manbalar yordamida ishlab chiqarilgan vodoroddan foydalangan holda birinchi navbatda CO₂ ni metanolga aylantirish, so'ngra metanolni olefinlarga aylantirish orqali erishish mumkin. quyi olefinlarni ishlab chiqarishning eng muvaffaqiyatli noneft-kimyoviy yo'llaridan biri ekanligi isbotlangan. Katta CHA tipidagi tuzilishga ega SAPO-34 (ya'ni, a 0,74 0,74 1,0 nm 3D qafas tuzilishi 0,38 0,38 nm kichik oyna o'lchamlari), shuningdek, yuqori gidrotermik barqarorlik va o'rtacha kislotalilik.

kalit so'zlar: MTO, SAPO-34 , metan, is gazi, vadorod, sintez gaz, nekil, kobalt, katalizator, oksidlash, suv bug'i.

Kirish

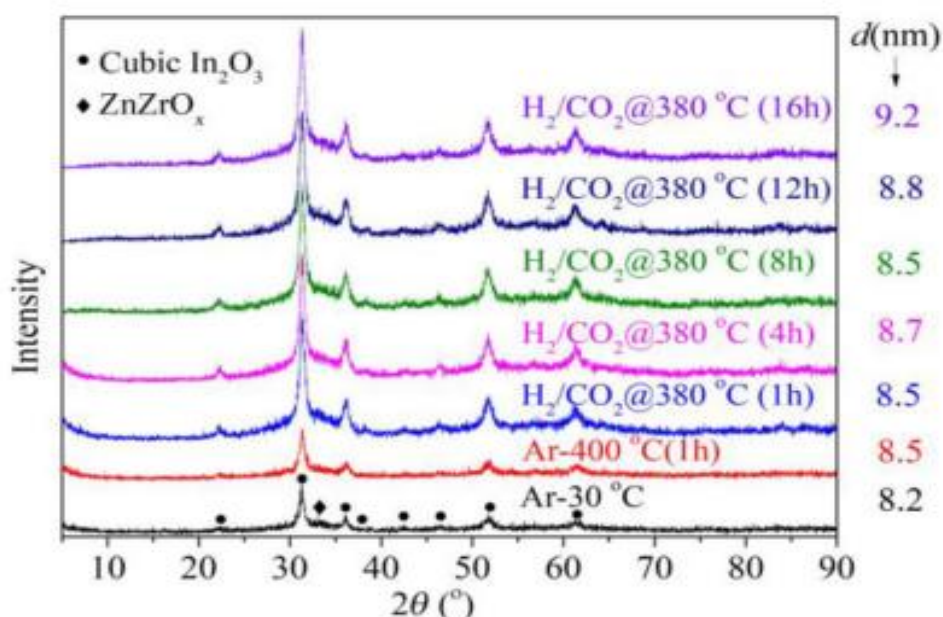
MTOdagi quyi olefinlarga nisbatan yuqori selektivlikni ko'rsatadi.[6-8] Biroq, SAPO-34 dan ortiq MTO paytida koks hosil bo'lishi tufayli tez deaktivatsiya odatda kuzatiladi.[9, 1]. Asosiy reaksiyalarning kinetikasini ajratib olish qiyin diffuziya tufayli katalizatorida koks hosil bo'lish reaksiyalari kichik mikroporlar orqali cheklash. Shu bilan bir qatorda, CO₂ ning quyi olefinlarga gidrogenatsiyasi o'zgartirilgan Fisher-Tropsh sintezi (FTS) yo'li orqali amalga oshirilishi mumkin,



bu ikki bosqichli jarayon bo'lib, CO₂ ning CO ga teskari suv-gaz almashinuvi (RWGS) reaksiyasi va keyingi jarayon bilan boshlanadi. FTS orqali CO ning uglevodorodlarga aylanishi. Biroq, C₂-C₄ ning maksimal selektivligi, shu jumladan kerosin va olefinlar, Anderson-Schulz-Flori (ASF) taqsimoti tufayli juda yuqori istalmagan CH₄ ulushi 29,2% bilan 56,7% ni tashkil qiladi.[11-16]. So'nggi paytlarda ko'plab tadqiqotchilar CO₂ ni uglevodorodlarga to'g'ridan-to'g'ri aylantirish uchun oksid/seolit bifunksional katalizatorlar orqali CH₄ hosil bo'lishini sezilarli darajada inhibe qilgan holda C₂ = –C₄ = juda yuqori selektivligiga erishish mumkinligini xabar qilishdi.[17-20]. Ikki funktsiyali katalizatorlar odatda CO₂ faollashuvi va C-C ulanishi uchun mas'ul bo'lgan oksid komponenti va zeolit komponentidan iborat. Oldingi ishlarimizda biz tarkibida indiy asosidagi oksidlar va SAPO-34 zeolitlarini o'z ichiga olgan bifunksional katalizatorlar seriyasini ishlab chiqdik va sintez qildik, ular barcha uglevodorodlar orasida taxminan 4% CH₄ va taxminan 80% yuqori C₂ = –C₄ = selektivlikni berdi.[21] , 22. Uglevodorod taqsimoti tomonidan olinganidan farq qiladi. Bundan tashqari, RWGS yuqori haroratda ma'qul bo'ladi va olefinlarni kamaytirish uchun CO₂ gidrogenatsiyasida bifunksional katalizatorlarga nisbatan CO selektivligi 85% gacha.[23, 24]. Agar indiy oksidi Zr va Zn promotorlari tomonidan o'zgartirilsa, bifunksional katalizatorlarga nisbatan CO selektivligi sezilarli darajada kamayishi aniqlandi.[21] Bundan tashqari, CO₂ ni bifunksional katalizatorlar orqali uglevodorodlarga gidrogenlash uchun CO₂ birinchi navbatda oksid komponentining sirt kislorod bo'sh joylarida CH_xO turlarini hosil qilish uchun vodorodlanadi, so'ngra CH_xO oraliq mahsulotlar zeolitga o'tadi va keyinchalik kislota joylarida turli xil uglevodorodlarga aylanadi. seolit.[25–27]. Shunday qilib, reaksiya oraliqlarini tashish istalmagan RWGS yon reaksiyasini bostirishda va kerakli mahsulotlar uchun yuqori selektivlikka erishishda hal qiluvchi rol o'ynaydi.[28-30]. Shunday qilib, SAPO-34 zeoliti uchun kristall hajmining pasayishi va diffuziya xususiyatlarining yaxshilanishi kompozit katalizatorlarga



nisbatan quyi olefinlarning shakllanishiga yordam berishi kerak. Turli kristal o'lchamdagi SAPO-34 zeolitlari tetra etilamoniy gidroksid (TEAOH), [31] trietilamin (TEA), [32] morfolin [33] va dietilamin kabi shablon sifatida turli aminlar yordamida sintezlanishi mumkin. DEA).[34]. Odatda, kichik SAPO-34 kristallari TEAOH ishtirokida hosil bo'ladi, [31, 35], ammo bu amin amaliy qo'llanmalar uchun juda qimmat. TEAOH bilan solishtirganda, organik shablon sifatida Choy arzon narxlardagi va yuqori zeolit hosildorligining aniq afzalliklariga ega va har doim kubsimon rombedral morfologiyaga ega mikronlangan SAPO-34 kristallari olinadi.[32]



Taqqoslash uchun Zn/Zr nisbati 1:1,1 bo'lgan ZnZrO_x ishlatilgan. In₂O₃-ZnZrO_x-c da kompozit oksidni qo'llab-quvvatlash sifatida In₂O₃ yuklanishiga o'xshash, ammo In₂O₃ zarrachalarining o'lchamlari kichikroq (jadval).

Bundan tashqari, 30.68 da cho'qqisi kengroq va assimetrikdir, ya'ni yomon kristallangan ZnZrO_x kompozit oksidlari bilan bog'liq (Qo'shimcha ma'lumotda 1-rasm va S1-rasm). Brunauer-Emmett-Teller (BET) o'ziga xos sirt maydoni va g'ovak

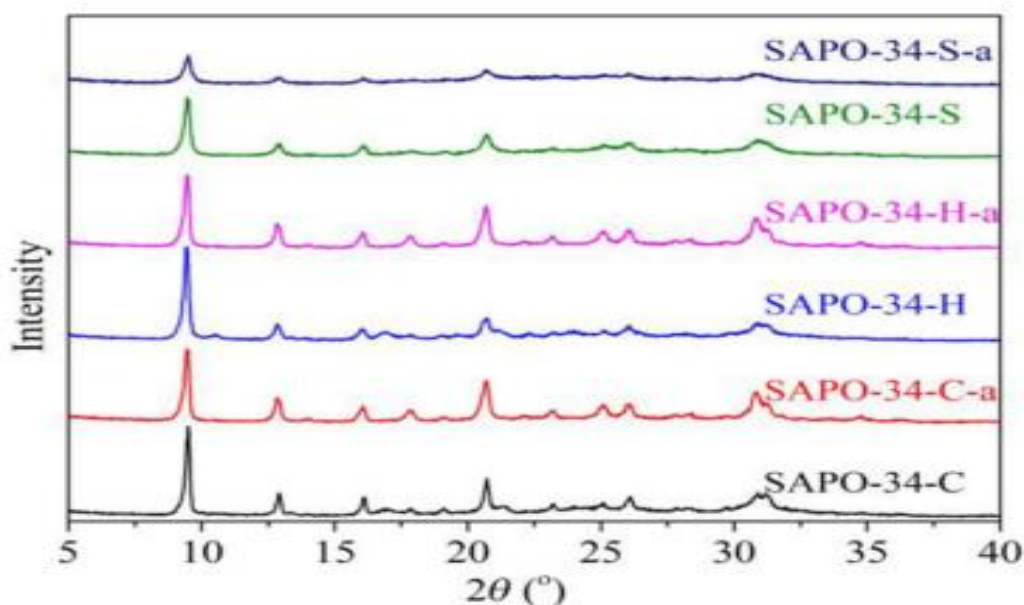
In₂O₃-ZnZrO_x kompozit oksidlarining hajmi mos ravishda taxminan 80 m²g⁻¹ va 0,1 sm³g⁻¹ (1-jadval) Namunalarning yuqori aniqlikdagi (HR)TEM



tasvirida ko'rsatilganidek, 0,292 nm oraliq oralig'i $\text{In}_2\text{O}_3(2\ 2\ 2)$ panjara oralig'iga mos keladi (2-rasm, b) tayanch sifatida yomon kristallangan ZnZrOx (2-rasm). a). $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnZrOx}$ kompozit oksidlarining qaytarilishi H_2 haroratga qarab dasturlashtirilgan pasaytirish (TPR) orqali o'rganildi va H_2 iste'molining ikkita asosiy cho'qqisi kuzatildi (3-a-rasm). Yuqori haroratning cho'qqisi ($=500\text{ }^\circ\text{C}$) In_2O_3 ning metallga ko'payishi bilan bog'liq. Pastroq haroratni pasaytirish cho'qqisi ($=250\text{ }^\circ\text{C}$) kislorod vakansiyalarining shakllanishi bilan bog'liq.[36] Keyinchalik kompozit oksidlarning CO_2 harorati bo'yicha dasturlashtirilgan desorbsiyasi (TPD) amalga oshirildi. Shakl 3 b da ko'rsatilganidek, past harorat cho'qqisi ($<370\text{ }^\circ\text{C}$) ommaviy fazada CO_2 ning adsorbsiyasi bilan bog'liq, $370\text{ }^\circ\text{C}$ dan yuqori cho'qqilar esa termal induktsiyalangan kislorod bo'sh joylarida kuchli adsorbsiyalangan CO_2 tufayli sodir bo'ladi. katalitik faollikda hal qiluvchi rol o'ynaydi. Sof In_2O_3 ning $\text{CO}_2\text{-TPD}$ profili bilan solishtirganda, [27] In_2O_3 nanozarralari va tayanch o'rtasidagi kuchli o'zaro ta'sirdan kelib chiqadigan ancha yuqori haroratda ($=730\text{ }^\circ\text{C}$) tepalik ham kuzatildi. Bundan tashqari, $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnZrOx-c}$ namunasining yuqori harorat cho'qqilari uchun signal yanada qizg'in bo'lib, $\text{H}_2\text{-TPR}$ natijasi bilan yaxshi mos keladigan kislorod vakansiyalarining ko'pligini ko'rsatadi, bu In_2O_3 nanozarrachalarining kichik o'lchami tufayli bo'lishi mumkin.

Tadqiqot usuli:

SAPO-34 kristalli seriyasining kukunli XRD naqshlari 4-rasmda ko'rsatilgan. Barcha namunalar 9.6, 13.2, 16.2, 20.8, 26.0 va 31.18 da CHA tuzilishiga tayinlangan tipik diffraktsiya cho'qqilarini ko'rsatadi. Ota-ona namunalari bilan solishtirganda, kislota bilan ishlov berilgan namunalarning XRD ternlari, shuningdek, SAPO-34 ning asosiy tarkibiy xususiyatlarini ko'rsatadi.



Shu bilan birga, turli xil zeolitlarning diffraktsiya cho'qqilarining intensivligi kislota bilan ishlov berishdan so'ng sezilarli darajada pasayadi, bu kislota bilan ishlov berilgan SAPO-34-C-a, SAPO-34-H-a va SAPO-34-S-a (nominatsiyalar) uchun kristallik darajasi ancha past ekanligini ko'rsatadi. turli zeolitlar eksperimental bo'limda ko'rsatilgan), bu halokat natijasida yuzaga kelishi mumkin

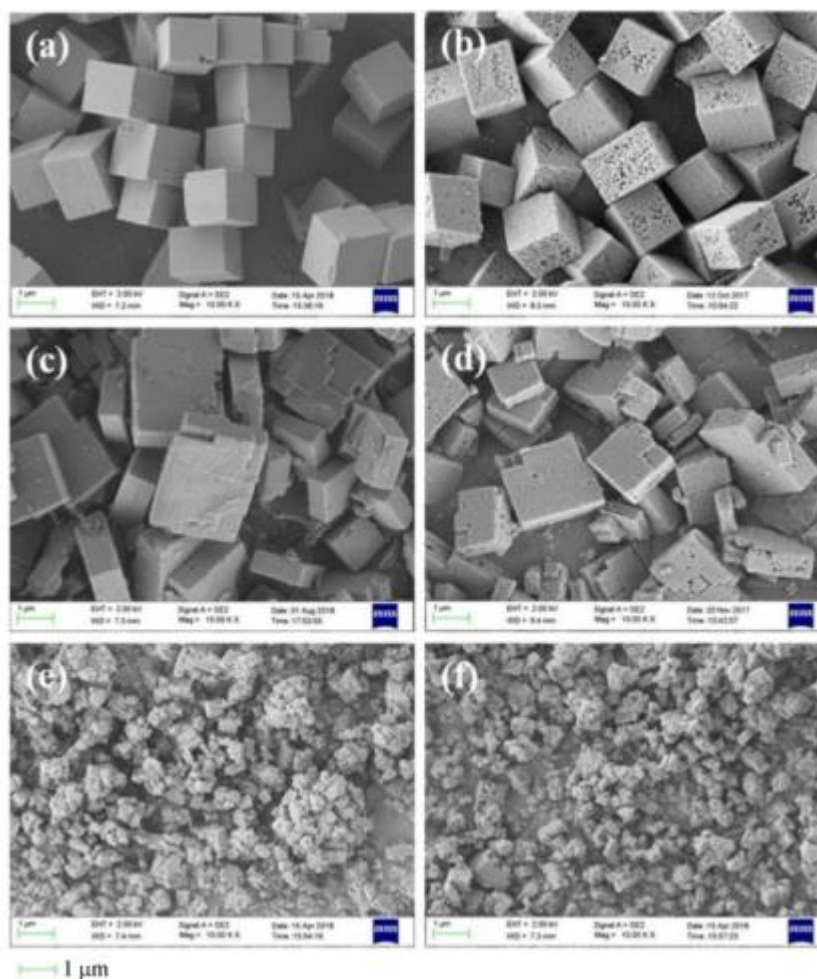
Kislota bilan ishlov berish jarayonida ramka tuzilmalari, bu kislota bilan ishlov berilgan SAPO-34 uchun nisbatan pastroq kristallikni ko'rsatadi.[37-39] Olingan SAPO-34 ning tarkibi XRF tomonidan aniqlandi. 2-jadvalda ko'rsatilganidek, kislota bilan ishlov berilgan SAPO-34 ning molyar tarkibi ota-ona namunalarinikiga o'xshashligi aniqlandi.

Table 2. Molar composition of bulk SAPO-34 samples.				
Samples	Molar composition			
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	Si (Al + Si + P)
SAPO-34-C	0.46	0.12	0.42	0.06
SAPO-34-C-a	0.46	0.12	0.42	0.06
SAPO-34-H	0.45	0.11	0.44	0.06
SAPO-34-H-a	0.45	0.10	0.45	0.05
SAPO-34-S	0.39	0.19	0.42	0.11
SAPO-34-S-a	0.40	0.18	0.42	0.10

Ota-onaning SEM tasvirlari va kislota bilan ishlov berilgan SAPO-34



namunalar 5-rasmda ko'rsatilgan.



An'anaviy SAPO-34-C kristall o'lchamlari taxminan 1,5 mm bo'lgan odatdagi kubik morfologiyaga ega va SAPO-34-H o'rtacha zarracha hajmi $1,5 * 1,5 * 0,6$ mm bo'lgan kubik morfologiyaga ega (5-rasm). SAPO-34-C va SAPO-34-H zeolitlari bir xil organik shablonlardan foydalangan holda sintez qilindi (2-jadval). Biroq, kristallanish shartlarini o'zgartirgandan so'ng, turli morfologiyaga ega bo'lgan kichikroq SAPO-34 kristallari olingan. Bundan tashqari, SAPO-34-S taxminan 400 nm zarracha o'lchamlaridan ancha kichikroq bo'lib, burilishlar va qadamlar tufayli qo'pol sirtli kristallitlar kuzatilgan (5-rasm). SAPO-34-C kislotasi bilan ishlov berilgandan so'ng, yon yuzlarida kapalak shaklidagi gözenekli naqshlar



mavjud (5-rasm b) SAPO-34-C-a dan farqli o'laroq, SAPO-34-H-a HNO_3 bilan ishlov berishdan so'ng yon yuzlarda tartibsiz teshiklarni ko'rsatadi, bu ierarxik gözenek tuzilishining paydo bo'lishi SAPO-34 morfologiyasi bilan bog'liqligini ko'rsatadi (rasm). HNO_3 bilan ishlov berishdan so'ng SAPO-34-S-a yuzasida deyarli gözenekler hosil bo'lmaydi, lekin zarrachalar qattiq o'yilgan (5-rasm f), Ehtimol, ularning juda kichik kristal o'lchamlari va turli xil kimyoviy tarkibi tufayli (2-jadval). Bundan tashqari, kislota bilan ishlov berishdan keyin SAPO-34-C-a va SAPO-34-H-a yuzasida ba'zi makroporlar (50-100 nm) ham kuzatildi. Ierarxik gözenekli strukturani kislota bilan ishlov berish sharoitlarini nazorat qilish orqali ham sozlash mumkin. 5-b-rasmda ko'rsatilganidek, S1-jadval va S2-rasm a–d (qo'llab-quvvatlovchi ma'lumotda), nitrat kislota konsentratsiyasining (0,5 dan 2 og'irligigacha) va yoki kislota eritmasining og'irlik nisbati oshishi bilan. SAPO-34 zeoliti (10 dan 40 gacha), ko'proq ierarxik g'ovak hosil bo'lgan va g'ovak o'lchamlari ham kattalashgan. Biroq, kislota bilan ishlov berishning boshqa shartlari (masalan, ishlov berish harorati va vaqti) SAPO-34 zeolitlarining g'ovak tuzilishiga juda kam ta'sir qiladi (Qo'llab-quvvatlovchi ma'lumotdagi S2 e, f-rasm). Biroq, kislota bilan ishlov berishning boshqa shartlari (masalan, ishlov berish harorati va vaqti) SAPO-34 zeolitlarining g'ovak tuzilishiga juda kam ta'sir qiladi (Qo'llab-quvvatlovchi ma'lumotdagi S2 e, f-rasm) SAPO-34 namunalarining N_2 adsorbsion-desorbsion izotermalari 6-rasmda ko'rsatilgan.

Natijalar va ularning muxokamasi: Barcha N_2 adsorbsion izotermalar mikrog'ovaklarni to'ldirish hisobiga IV tipga kiradi, ammo izotermlarda 0,8–1,0 nisbiy bosimda ham kichik yutish kuzatilishi mumkin. kislota bilan ishlov berilgan namunalar uchun, bu kristallarda ikkilamchi mezoporlar yoki makroporlar mavjudligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, nitrat kislota konsentratsiyasining 0,5 dan 2 wt% gacha ortishi bilan, keyingi davolash paytida, mintaqadagi 0,8-1,0 ga o'sishi aniq histerez halqasi bilan aniqroq bo'ladi (qo'llab-quvvatlovchi



ma'lumotdagi S3-rasm). Shuning uchun HNO₃ kontsentratsiyasining oshishi bilan ko'proq mezoporlar va makroporlar hosil bo'ladi, bu SEM natijalariga mos keladi. BET sirt maydonlari va namunalarning g'ovak-hajm taqsimoti

N₂ adsorbsion-desorbsion izotermalardan hisoblangan 3-jadvalda keltirilgan. SAPO-34-C va SAPO-34-H bilan solishtirganda, SAPO-34-S ning BET yuzasi past kristalliligi tufayli ancha past. Bundan tashqari, HNO₃ bilan ishlov berishdan so'ng mikropora yuzasi va barcha namunalarning hajmi sezilarli darajada kamayadi, bu kislota bilan ishlov berishdan keyin mikroporlarning qisman yo'q qilinishi bilan bog'liq. Shuning uchun N₂ adsorbsion-desorbsion izotermalari SEM natijalari bilan

Table 3. Textural data of various SAPO-34 samples before and after nitric acid treatment.					
Sample	S_{BET} [m ² g ⁻¹]	S_{micro} [m ² g ⁻¹]	S_{exter} [m ² g ⁻¹]	V_{micro} [cm ³ g ⁻¹]	V_{exter} [cm ³ g ⁻¹]
SAPO-34-C	693	693	0	0.25	0
SAPO-34-C-a	475	462	13	0.17	0.02
SAPO-34-H	688	685	3	0.25	0.01
SAPO-34-H-a	555	537	18	0.20	0.03
SAPO-34-S	511	477	34	0.18	0.07
SAPO-34-S-a	325	293	33	0.11	0.07

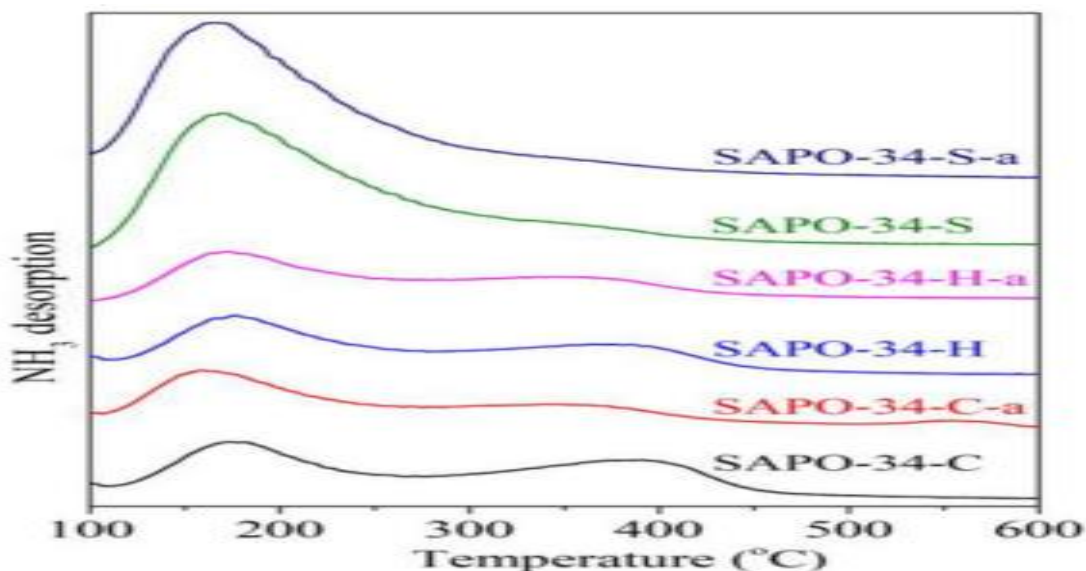
S_{BET} : BET specific surface area; V_{micro} : micropore volume determined by t-plot; S_{exter} : specific surface area determined by $S_{\text{BET}} - S_{\text{micro}}$; V_{exter} : pore volume determined by $V_{\text{total}} - V_{\text{micro}}$.

Figure 5. SEM images for (a) SAPO-34-C, (b) SAPO-34-C-a, (c) SAPO-34-H, (d) SAPO-34-H-a, (e) SAPO-34-S, and (f) SAPO-34-S-a.

zeolitlar mikro-/ dan iborat ierarxik g'ovak tuzilishga ega. HNO₃ bilan ishlov berishdan keyin hosil bo'lgan mezo-/makroporlar. Ushbu natijalar ierarxik g'ovak tuzilishini olish uchun kislota bilan ishlov berish usulidan foydalanish mumkinligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, SAPO-34-C va SAPO34-H ning tashqi yuzasi kislotali ishlov berishdan keyin sezilarli darajada oshadi, SEM tasvirlarida ko'rsatilganidek, nanozarrachalarning kuchli korroziyasi tufayli SAPO-34-S uchun



u biroz kamayadi. Turli xil zeolitlarning kislotaligi NH_3 -TPD tomonidan baholandi, va profillar 7-rasmda ko'rsatilgan. Taxminan 1748 C da desorbsiya cho'qqilari fizikaning

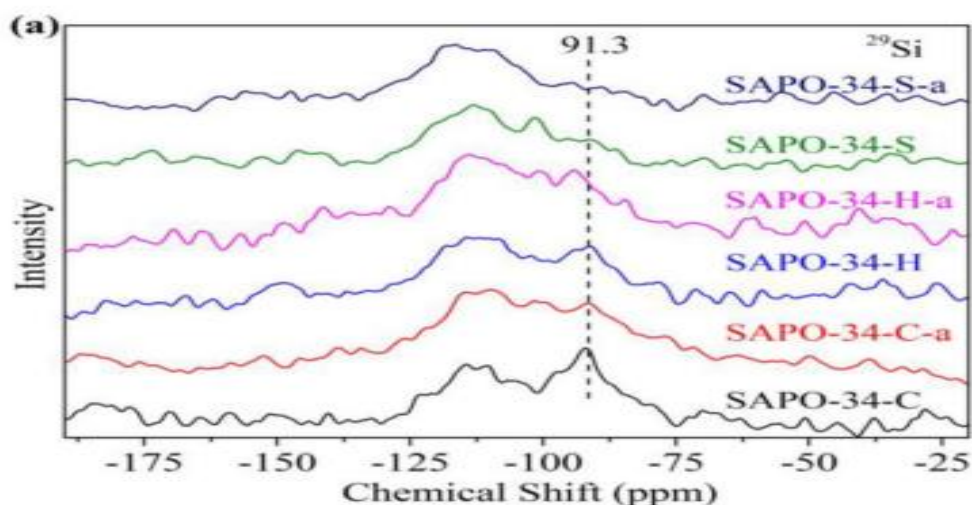


Shakl 7. Namunalarning NH_3 -TPD profillari.

sorblangan NH_3 va NH_3 zaif kislota joylarida, masalan, panjara nuqsonlari yoki terminal SiOH , AlOH va POH larda adsorbsiyalanadi.[42, 43] Shunday qilib, agar ko'proq nuqson joylari hosil bo'lsa, past haroratli desorbsiya cho'qqilari maydoni kattaroq bo'ladi. SAPO-34-S va SAPO-34-Sa namunalari XRD naqshlari va SEM natijalariga yaxshi mos keladigan past harorat cho'qqisi uchun ancha katta maydonlarni ko'rsatadi. 3908C dagi cho'qqilar yuqori reaksiya haroratida MTO uchun faol joylar bo'lgan kuchli Bronsted kislotali joylarida adsorbsiyalangan NH_3 bilan bog'liq.[44, 45] Bundan tashqari, SAPO-34 zeolitlari uchun ham kuchsiz, ham kuchli kislota joylarining eng yuqori nuqtalari faqat bir oz farq qiladi, bu nitrat kislotali bilan ishlov berish kislota kuchini sezilarli darajada o'zgartirmasligini ko'rsatadi.[46] Bundan tashqari, kislota bilan ishlov berishdan keyin kuchli kislota joylari bilan bog'liq NH_3 desorbsiyasi kamayadi, bu esa SAPO-34 zeolitlari ustidan quyi olefinlarning shakllanishiga foyda keltirishi mumkin.[47-4]. Qattiq holatdagi



sehrli burchakli aylanish (MAS) NMR spektroskopiyasi turli SAPO-34 namunalarining ramka atomlarining kimyoviy muhitini o'rganish uchun ishlatilgan. ^{29}Si MAS NMR spektroskopiyasi SAPO-34 da mavjud bo'lgan turli kremniy muhitlarini aniqlash uchun ishlatilgan (8-rasm a). Daqiqada 91,3 ppm signal Si(4Al) ga beriladi, bu esa Bronsted kislotasi joylarining asosiy manbai hisoblanadi.[10, 44, 45, 50] Bundan tashqari, barcha namunalar -94 dan -115 ppm gacha bo'lgan keng signalni ko'rsatadi, bu Si (3Al), Si (2Al), Si (1Al) va Si (0Al) ga tegishli. SAPO-34 zeolitlari uchun keyin



Shakl 8. (a) ^{29}Si va (b) ^{27}Al qattiq holatdagi NMR spektrlari turli SAPO-34 namunalari.

nitrat kislotasi bilan davolashdan so'ng, taxminan -91 ppm rezonans sezilarli darajada pasayadi, bu NH_3 -TPD tavsifi natijalariga mos keladigan Bronsted kislotasi joylari sonining kamayishini ko'rsatadi. Bundan tashqari, Bronsted kislotalari Al va Si ramka atomlari orasidagi ko'prik gidroksi guruhlarida joylashgan, shuning uchun SAPO-34 dagi Al atrof-muhit ham kislotaga xususiyati bilan chambarchas bog'liq.[51] 8 b-rasmda namunalarning ^{27}Al MAS NMR spektrlari ko'rsatilgan. 44 ppm da signal tetraedrallardagi Al atomlariga mos keladi muhit. Barcha namunalar, shuningdek, 15 ppm da kichik cho'qqi va -10 ppm intensiv cho'qqisiga ega, ular mos ravishda penta muvofiqlashtirilgan va oktaedral



Al atomlariga tegishli. Nitrat kislota bilan ishlov berishdan so'ng, rezonansning intensivligi 44 ppm kamayadi, shu bilan birga -10 ppm da rezonansning intensivligi ortadi. Kislota bilan ishlov berish tetraedral ramka Al turlarini oktaedral Al turlariga aylantiradi, natijada ko'prik gidroksi turlari tufayli kislotali zichlik kamayadi.

Xulosa

Biz 0,4 dan 1,5 mm gacha bo'lgan kristall o'lchamlari va turli xil g'ovak tuzilmalariga ega bo'lgan kichik In_2O_3 zarrachalari o'lchami taxminan 8 nm bo'lgan ZnZrO_x qo'llab-quvvatlanadigan indiy asosidagi oksidlarni va bir qator SAPO-34 zeolitlarini tayyorladik. In_2O_3 - ZnZrO_x kompozit oksidlari va turli SAPO-34 zeolitlarining granulalari mexanik ravishda aralashtirildi va olefinlarni kamaytirish uchun bevosita CO_2 gidrogenatsiyasi uchun foydalanildi. $\text{C}_2=\text{C}_4$ = selektivlik barcha uglevodorodlar orasida 85% ga etadi faqat taxminan 1% CH_4 va 17% CO_2 konversiyasida C_2 - C_4 olefin/parafin (o/p) nisbati 7,7 ga teng. $\text{C}_2=\text{C}_4$ = selektivlik prognoz qilingan maksimal qiymatdan ancha yuqori O'zgartirilgan Fisher-Tropsch sintez katalizatorlari bo'yicha Anderson-Schulz-Flory taqsimoti. Ikki funktsiyali katalizatorlardagi SAPO-34 zeolitlarining fizik-kimyoviy xususiyatlari CO_2 gidrogenatsiyasi uchun katalitik ishlash uchun muhim rol o'ynashi aniqlandi. $\text{C}_2=\text{C}_4$ = selektivlik va bifunksional katalizatorlarga nisbatan C_2 - C_4 o/p nisbati SAPO-34 zeolitining kristal hajmining pasayishi bilan asta-sekin o'sib boradi, chunki kichraytirilgan kristal o'lchami diffuziya uzunligini sirtidan kislota joylariga qisqartirishi mumkin. zeolit gözenekleri, shuning uchun quyi olefinlarni hosil qilish uchun samarali C-C ulanishi uchun oraliq turlarning massa o'tkazilishiga yordam beradi. HNO_3 dan keyingi davolashdan so'ng SAPO-34 zeolitlari mikro-/mezo-/macroporlardan tashkil topgan ierarxik tuzilmani hosil qiladi va Bronsted kislotasi



joylari miqdori ham kamayadi, ularning ikkalasi ham $C_2 = -C_4$ ni yanada kuchaytiradi. Bundan tashqari, SAPO-34 ning kristal kattaligi va gözenek tuzilishi teskari suv-gaz almashinuvi (RWGS) reaksiyasi muvozanatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. RWGS reaksiyasidan CO selektivligi turli In_2O_3 -ZnZrO_x/SAPO-34 bifunksional katalizatorlariga nisbatan taxminan 54% ni tashkil qiladi. Shunday qilib, ushbu tadqiqot CO₂ gidrogenatsiyasidan ishlab chiqarish taqsimotini sozlash imkonini beruvchi istiqbolli katalizator dizaynini ko'rsatadi.

Adabiyotlar

1. Kuyboqarov O., Anvarova I., Abdullayev B. RESEARCH OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF A CATALYST SELECTED FOR THE PRODUCTION OF HIGH-MOLECULAR WEIGHT LIQUID SYNTHETIC HYDROCARBONS FROM SYNTHESIS GAS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-7 (115). – С. 28-32.
2. Kuyboqarov O., Egamnazarova F., Jumaboyev B. STUDYING THE ACTIVITY OF THE CATALYST DURING THE PRODUCTION PROCESS OF SYNTHETIC LIQUID HYDROCARBONS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 11-7 (116). – С. 41-45.
3. Муртазаев Ф.И., Ньматов Х.И., Бойтемиров О.Э., Куйбакаров О.Э., & Каршиев М.Т. (2019). ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СЕРЫ И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. Международный академический вестник, (10), 102-105.
4. Муртазаев Ф.И., Ньматов Х.И., Бойтемиров О.Э., Куйбакаров О.Э., & Каршиев М.Т. (2019). ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗИРОВАННЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОБЕССЕРИВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРОВОДОРОДА. Международный академический вестник, (10), 105-107.



5. Boytemirov O., Shukurov A., Ne'matov X., & Qo'yboqarov O. (2020). Styrene-based organic substances, chemistry of polymers and their technology. Результаты научных исследований в условиях пандемии (COVID-19), 1(06), 157-160.
6. Куйбокаров О., Бозоров О., Файзуллаев Н., Хайитов Ж., & Худойбердиев И.А. (2022, June). Кобальтовые катализаторы синтеза Фишера-Тропша, нанесенные на Al_2O_3 различных полиморфных модификаций. In E Conference Zone (pp. 349-351).
7. Куйбокаров О.Э., Бозоров О.Н., Файзуллаев Н.И., & Нуруллаев А.Ф.У. (2022). КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА В ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ. Universum: технические науки, (1-2 (94)), 93-103.
8. Куйбокаров О.Э., Бозоров О.Н., Файзуллаев Н.И., & Хайдаров О.У.У. (2021). СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕРОДОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА ПРИ УЧАСТИИ CO-Fe-Ni-ZrO₂/ВКЦ (ВЕРХНИЙ КРЫМСКИЙ ЦЕОЛИТ). Universum: технические науки, (12-4 (93)), 72-79.
9. Куйбокаров О.Э., Шобердиев О.А., Рахматуллаев К.С., & Муродуллаева Ш. (2022). ПОЛИОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА В СИНТЕЗ ГАЗ. Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS), 2(5), 679-685.
10. Rustamovich O.N., Ergashovich K.O., Khujanazarovna K.Y., Ruzimurodovich K.D., & Ibodullaevich F.N. (2021). Physical-Chemical and Texture Characteristics of Coate-Fe-Ni-ZrO₂/YuKS+ Fe₃O₄+ d-FeOON. Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry, 12(3).



11. О.Э.Куйбокаров.,Т.Х.Сайфуллаев Конверсия метана в карбонат на молибденовых и цирконийных катализаторах *Universum: технические науки*. Выпуск: 12(117) Декабрь 2023 год.

12. О.Э.Куйбокаров. Контроль качества препарата самарий¹⁵³Sm-оксобифор *Universum: технические науки*. Выпуск: 3 (120) март 2024 год.

13. Qo‘yboqarov O.E. Metanni karbonatli konversiyalanishi Sanoatda raqamli texnologiyalar 2(1). (2024).

14. Oybek Kuybokarov, Muradulla Karshiyev, Ganisher Rakhimov, Research of the catalytic properties of a catalyst selected for the production of high-molecular weight liquid synthetic hydrocarbons from synthesis gas *E3S Web Conf. III International Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection (ICAPE2024) Volume 498, 2024*.