


UO‘K: 669.292.3

 10.70769/3030-3214.SRT.4.1.2026.19

ISHLATILGAN VANADIY KATALIZATORLARINI ATROF MUHITGA TA’SIRI VA UNI QAYTA ISHLASH USULLARI



Mamaraimov G‘ayrat Farhodovich

Dotsent, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: gmamaraimov20061993@mail.ru
ORCID ID: 0009-0009-3847-9655
Science ID: FSN-0825-0030



Ergashev Hasanboy Zohidjon o‘g‘li

Magistrant, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Navoiy, O‘zbekiston
Science ID: MSN-0326-0037

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada sanoatda keng qo‘llaniladigan vanadiyli katalizatorlarning ishlatilgandan keyingi holati, ularning atrof-muhitga ta’siri va ekologik xavflari tahlil qilinadi. Vanadiy birikmalarining fizik-kimyoviy xossalari, toksikligi hamda tuproq, suv va havo muhitiga tarqalish mexanizmlari yoritib beriladi. Shuningdek, ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni qayta ishlash, neytrallash va muqobil texnologiyalar orqali ekologik xavflarni kamaytirish yo‘llari ilmiy asosda ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: vanadiyli katalizatorlar, V_2O_5 , ekologik xavf, sanoat chiqindilari, toksik elementlar, qayta ishlash.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТРАБОТАННЫХ ВАНАДИЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И МЕТОДЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Мамараимов Гайрат Фарходович

Доцент, Навоийский государственный горный и
технологический университет, Навои, Узбекистан

Эргашев Хасанбой Зохиджон угли

Магистрант, Навоийский государственный горный и
технологический университет, Навои, Узбекистан

Аннотация. В данной научной статье анализируется состояние ванадиевых катализаторов, широко применяемых в промышленности, после их использования, их воздействие на окружающую среду и экологические риски. Освещаются физико-химические свойства, токсичность и механизмы распространения соединений ванадия в почве, воде и воздушной среде. Также на научной основе рассматриваются способы снижения экологических рисков путем переработки, нейтрализации отработанных ванадиевых катализаторов и применения альтернативных технологий.

Ключевые слова: Ванадиевые катализаторы, V_2O_5 , экологический риск, промышленные отходы, токсичные элементы, переработка.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF SPENT VANADIUM CATALYSTS AND METHODS FOR THEIR PROCESSING

Mamaraimov Gayrat Farhodovich

Docent, Navoi State Mining and Technological University, Navoi,
Uzbekistan

Ergashev Hasanboy Zohidjon ugli

Master's student, Navoi State Mining and Technological
University, Navoi, Uzbekistan

Abstract. *This scientific article analyzes the condition of vanadium catalysts widely used in industry after their utilization, their environmental impact, and associated ecological risks. The physicochemical properties, toxicity, and mechanisms of distribution of vanadium compounds in soil, water, and air are elucidated. Additionally, methods for reducing environmental risks through recycling, neutralization of spent vanadium catalysts, and the implementation of alternative technologies are examined on a scientific basis.*

Keywords: *Vanadium catalysts, V_2O_5 , environmental risk, industrial waste, toxic elements, recycling.*

Kirish. Hozirgi kunda kimyo va neft-kimyo sanoatining jadal rivojlanishi katalizatorlardan foydalanish hajmining keskin ortishiga olib keldi. Ayniqsa, vanadiy asosidagi katalizatorlar o'zining yuqori faolligi va iqtisodiy samaradorligi tufayli sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatida, selektiv katalitik qaytarish texnologiyalari, organik sintez va polimerlanish jarayonlarida keng qo'llanilmoqda.

Biroq, katalizatorlarning faol ishlash muddati cheklangan bo'lib, ma'lum vaqt o'tgach ular faolligini yo'qotadi va sanoat chiqindisiga aylanadi. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning noto'g'ri saqlanishi yoki utilizatsiya qilinishi atrof-muhit uchun jiddiy xavf tug'diradi. Vanadiy birikmalari biologik faol bo'lib, tirik organizmlar uchun toksik hisoblanadi. Shu sababli ushbu maqolada ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning ekologik ta'siri va ularni xavfsiz boshqarish masalalari dolzarb ilmiy muammo sifatida o'rganiladi [1].

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Vanadiyli katalizatorlar asosan vanadiy(V) oksid (V_2O_5) yoki uning turli tashuvchilar bilan kombinatsiyasidan tashkil topgan. Vanadiyning o'ziga xos xususiyati uning bir nechta oksidlanish darajalarida mavjud bo'la olishidir. Bu esa uni oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida samarali katalizatorga aylantiradi.

Sanoatda eng ko'p uchraydigan vanadiyli katalizatorlar quyidagilardir:

- V_2O_5 asosidagi kontakt katalizatorlar;
- V_2O_5 - TiO_2 - WO_3 tarkibli katalizatorlar;
- Organik ligandlar bilan bog'langan organo-vanadiy katalizatorlar.

Ushbu katalizatorlar uzoq vaqt ishlatilganda mexanik yemirilish, zaharlanish va strukturaning buzilishi tufayli faoliyatini yo'qotadi [2].

Hozirgi vaqtda ishlatilgan vanadiyli katalizatorlardan vanadiy besh oksidini olish texnologiyasi ishlab chiqilgan. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlardan (IVK) vanadiy olish hamda V_2O_5 va uning hosilalarini (katalizatorlar, ferrovanadatlar v.b.) ishlab chiqarish uchun ikkilamchi xomash-

yoning eng yaxshi turlaridan biri hisoblanadi. Vanadiy manbasi sifatida IVKdan foydalanish zarurligiga yana bir sabab shuki, chiqindiga chiqarilgan ishlatilgan katalizatorlar vanadiyning yuqori darajada zaharli birikmalari bilan atrof-muhitning ifloslanishiga olib keladi. Har yili dunyo bo'yicha 35 ming tonna ishlatilgan vanadiy katalizatori chiqindi sifatida hosil bo'ladi [3].

Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarning atrof-muhitga ta'siri:

1. **Tuproqqa ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar tarkibidagi vanadiy birikmalari tuproqqa tushganda kimyoviy migratsiya jarayonlari sodir bo'ladi. Vanadiy ionlari tuproqning kislotalilik darajasiga bog'liq holda harakatchan bo'lib, o'simlik ildizlari orqali o'zlashtirilishi mumkin. Bu holat qishloq xo'jaligi mahsulotlarining sifati pasayishiga va oziq-ovqat zanjiri orqali inson organizmiga vanadiyning kirib kelishiga sabab bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, vanadiy miqdori ortgan tuproqlarda mikroorganizmlar faolligi pasayadi, bu esa tuproq unumdorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

2. **Suvga ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar saqlanadigan hududlarda yog'ingarchilik yoki sanoat oqava suvlari ta'sirida vanadiy suvga o'tishi mumkin. Suvda eruvchan vanadiy birikmalari ayniqsa xavfli bo'lib, suv organizmlariga kuchli toksik ta'sir ko'rsatadi. Vanadiy ionlari baliqlarning nafas olish jarayonini buzadi, plankton va suv o'simliklarining rivojlanishini sekinlashtiradi. Bu esa butun suv ekotizimining izdan chiqishiga olib keladi.

3. **Havoga ta'siri** - ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni tashish, maydalash yoki qayta ishlash jarayonida chang va aerzol shaklida havoga tarqalishi mumkin. Vanadiy oksidlari bilan ifloslangan havo uzoq muddat davomida nafas yo'llari orqali inson organizmiga kirib, sog'liq uchun xavf tug'diradi. Vanadiy aerzollari bilan uzoq vaqt ta'sirlanish surunkali bronxit, o'pka

yallig'lanishi va allergik kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin.

4. **Biologik va toksikologik ta'siri** - vanadiy tirik organizmlar uchun zarur mikroelementlar qatoriga kirmaydi. Aksincha, uning ortiqcha miqdori hujayra metabolizmini buzadi. Vanadiy ionlari fermentlar faoliyatiga ta'sir qilib, oqsil va uglevod almashinuvini izdan chiqaradi. O'simliklarda vanadiy fotosintez jarayonini sekinlashtiradi, barglarning rangsizlanishiga olib keladi. Hayvonlar va inson organizmida esa asab tizimi, jigar va buyrak faoliyatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [4].

Ko'plab rivojlanayotgan mamlakatlarda ishlatilgan katalizatorlarni utilizatsiya qilish tizimi yetarli darajada yo'lga qo'yilmagan. Natijada ular ochiq maydonlarda saqlanadi yoki oddiy sanoat chiqindilari bilan birga ko'miladi. Bu holat ekologik xavflarni yanada kuchaytiradi. Vanadiyli katalizatorlar og'ir metall chiqindilari sifatida maxsus texnologiyalar asosida qayta ishlanishi zarur.

Ishlatilgan katalizatorlardan vanadiyni ajratib olish va uni qayta foydalanish eng samarali usullardan biri hisoblanadi. Bu usul - tabiiy resurslarni tejaydi, chiqindilar hajmini kamaytiradi, iqtisodiy jihatdan foydali hisoblanadi [5].

Vanadiy birikmalarini erimaydigan holatga o'tkazish orqali ularning atrof-muhitga tarqalishini cheklash mumkin. Stabilizatsiyalangan chiqindilar maxsus poligonlarda xavfsiz saqlanadi.

So'nggi yillarda kam toksik yoki vanadiy miqdori kamaytirilgan katalizatorlar yaratishga qaratilgan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu kelajakda ekologik xavflarni sezilarli darajada kamaytirishi mumkin.

Metall vanadiy chiqindilaridan farqli o'laroq, katalizatorlardagi vanadiy kimyoviy birikma – vanadiy pentaoksid (V_2O_5) ko'rinishida mavjud bo'ladi [6].

Ishlatilgan katalizatorlarda uning miqdori odatda 4-8 foizni tashkil etadi, bu esa ruda xom ashyosidagiga nisbatan ancha yuqori hisoblanadi. Foydalanish jarayonida katalizatorlarning faolligi yo'qoladi, bu holat faol komponent va tashuvchi tuzilishining o'zgarishi hamda boshqa bir qator sabablar bilan bog'liq. Bir necha regeneratsiya sikllaridan so'ng katalizatorlar ishlatilgan holatga o'tadi va ulardan qimmatli mahsulotlarni ajratib olish maqsadida utilizatsiya qilinishi lozim. Ko'p

komponentli xomashyo hisoblangan ishlatilgan katalizatorlar murakkab turdagi chiqindilar sirasiga kiradi va ularni qayta ishlash jiddiy qiyinchiliklar bilan bog'liq. OVKni qayta ishlash birinchi marta XX asrning 70-yillari oxirida AQSH, Yaponiya, Germaniya va Fransiyada o'rganilgan va 1985-yilga kelib IVKdan vanadiy (V_2O_5 ko'rinishida) olishning jahon hajmi 2200 tonnani, shu jumladan Yaponiyada 1500 tonnani tashkil etdi.

Ishlatilgan katalizatorlar texnogen xomashyodan ko'ra ko'proq ikkilamchi xomashyo hisoblanishi mumkin, chunki ular ishlab chiqarish chiqindilari (shlaklar, shlamlar, chiqindilar va boshqalar kabi) emas, balki iste'mol (bu holda katalitik) xususiyatlarini yo'qotish natijasida ishdan chiqqan mahsulotdir [7].

Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni utilizatsiya qilish pirometallurgik qayta ishlash usullari (kuydirish, shu jumladan kimyoviy reagentlarni qo'llash, yuqori haroratli xlorldash) va gidrometallurgik (kislotali va ishqoriy tanlab eritish, birikmalarni kimyoviy cho'ktirish, ekstraksiya) usullarni o'z ichiga olgan yo'nalishlar bo'yicha amalga oshiriladi. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlarni oldindan kuydirish qayta ishlanayotgan neftdan katalizator yuzasida cho'kadigan uglerodli va oltingugurtli birikmalarni yo'qotish maqsadini ko'zlaydi.

AQSH olimlari tomonidan neft kimyosida qo'llaniladigan va tarkibida vanadiy, molibden, nikel hamda kobalt birikmalari mavjud bo'lgan alyuminiy oksidi asosidagi ishlatilgan katalizatorlarni qayta ishlash usuli taklif etilgan. Katalizatorlar kuydirilgandan so'ng, ulardan uglerod, oltingugurt va uglevodorodlarni ajratib olish uchun kuyindiga metallardan biri - initsiatorlar: alyuminiy, qalay, mis, rux, temir, nikel, kobalt yoki magniy kiritiladi va material 10 - 30% li sulfat kislotada tanlab eritiladi. Tanlab eritishni tezlashtiruvchi metallardan alyuminiy katalizator tarkibidagi vanadiy miqdorining 20% miqdorida ishlatish ma'qul. Alyuminiyning vazifasi vanadiyni besh valentli holatdan to'rt valentli holatga qaytarishdan iborat.

Neft sanoatida qo'llaniladigan va tarkibida 10% dan ortiq V_2O_5 bo'lgan xuddi shunday ko'p komponentli katalizatorlar ishda 500°C haroratda 7 soat davomida kuydirilgan. Keyin kuyindi "xlrohavo", "xlrohazot", "xlrohuglerod oksidi" aralash-

malarida xlorldangan. Xlorldash sharoitiga qarab nikel va kobaltning 80% dan ortigʻi, molibdenning 95% atrofida, vanadiyning 80% dan ortigʻi ajratib olingan. Alyuminiy oksidini xlorldash 5% gacha cheklanishi mumkin. Kobalt va nikel xloridlari xlorldashning qattiq qoldigʻini suv bilan tanlab eritish orqali, molibden va vanadiy xloridlari hamda oksixloridlari esa bugʻlarni selektiv kondensatsiyalash orqali olingan. Xlorldash reaksiyasining tanlovchanligi uchun harorat va jarayon davomiyligidan tashqari, xlorldovchi gaz aralashmasidagi kislorodning qisman bosimi ham muhim ahamiyatga ega.

IVKni ishqoriy kuydirish yordamida qayta ishlash natijasida tarkibida kremniy boʻlmagan kuyindi hosil boʻladi, unda vanadiy miqdori katalizatoridagi miqdoriga nisbatan ikki baravar oshadi. NaHCO₃ eritmasida (konsentratsiyasi 100 g/l, harorati 80°C) 40 daqiqa davomida tanlab eritilganda kuyindidan 96,4% vanadiy ajratib olinadi. Jarayon texnologik sxemasining yakuniy mahsuloti 98,3% tozalikdagi vanadiy pentaoksididir. Ishlatilgan katalizatoridan vanadiyning umumiy ajralishi 88,7% ga yetishi mumkin.

IVKni oʻzgarmas tok yoyli pechida qaytaruvchi eritishda oltingugurtning xatti-harakati oʻrganilgan. Oltingugurtning yoʻqotilishi asosan shixtani qizdirish va eritish jarayonida gaz fazasi

orqali sodir boʻladi. Vanadiy oksidini alyuminiy bilan qaytarilganda, shlakning past oksidlanishi, shlakning yuqori asosliligi va glinozyom miqdorining ortishi hisobiga undagi kremnozyom miqdorining kamayishi natijasida metallidagi oltingugurt konsentratsiyasi 0,021- 0,024% gacha pasayadi.

Ishlab chiqilgan texnologiya tarkibida 90% dan ortiq V₂O₅, 0,02% dan kam oltingugurt (boshlangʻich materialda 15,0%) va 1,0% natriy va kaliy yigʻindisi (boshlangʻich materialda taxminan 10%) boʻlgan mahsulot olish imkonini beradi. Olingan mahsulot ferrovanadiy eritish uchun yaroqli, IVK tarkibidagi kaliy esa kaliyli oʻgʻit sifatida foydalaniladi.

Xulosa. Ishlatilgan vanadiyli katalizatorlar atrof-muhit uchun jiddiy xavf manbai hisoblanadi. Ularning tuproq, suv va havo muhitiga tarqalishi ekologik muvozanatning buzilishiga olib keladi. Shu sababli, vanadiyli katalizatorlarni ekologik xavfsiz boshqarish, qayta ishlash texnologiyalarini rivojlantirish va muqobil katalizatorlar yaratish dolzarb vazifalardan biridir. Ishlatilgan vanadiy tarkibli katalizatorlarni qayta ishlashning tavsiflangan texnologiyalarini sanoat amaliyotiga joriy etish vanadiyning xomashyo bazasini kengaytirishga va vanadiy mahsulotlarining tannarxini pasaytirishga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI

- [1] Колобов, Г. А., & Иващенко, В. И. (1995). Извлечение редких металлов из отработанных катализаторов. В Технологии и оборудование для утилизации трудноперерабатываемых отходов цветной металлургии (с. 116–128). Донецк: ДонИЦМ.
- [2] Toyabe, K., Kirishima, K., & Shibayama, H. (1995). Process for recycling used catalysts (U.S. Patent No. 5415849). United States Patent and Trademark Office.
- [3] Gaballah, I., & Djona, M. (1993). Processing of spent catalysts by selective chlorination. In Extractive Metallurgy of Copper, Nickel and Cobalt (Vol. 1, pp. 1253–1268). Denver, USA.
- [4] Shao, Y., Feng, Q., & Chen, Y. (2009). Studies of recovery of vanadium from desilication residue obtained from processing of a spent catalyst. Hydrometallurgy, 96(1–2), 166–170.
- [5] Костяков, В. Н., Полетаев, Е. Б., Медведь, С. Н., & Ясинский, А. А. (2005). Поведение серы при восстановительной плавке отработанных ванадиевых катализаторов в дуговой печи постоянного тока. Процессы литья, (1), 7–9.
- [6] Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., Арипов, А. Р., Мамараимов, Ф. Ф., Туробов, Ш. Н., & Нарзуллаев, Ж. Н. (2019). Ўзбекистон шароитида ванадий ва палладий ажратиб олишнинг технологик жараёнларини тадқиқ қилиш. Композицион материаллар, (1).
- [7] Хасанов, А. С., Вохидов, Б. Р., & Мамараимов, Ф. Ф. (2020). Техноген чиқиндилардан ванадий беш оксидини ажратиб олиш имкониятларини ўрганиш. Научно-технический журнал Ферпи, 24(3).