NITRAT KISLOTA ASOSIDA AMMIAKNING KATALITIK OKSIDLANISHI JARAYONINI O‘RGANISH

Turg'unboyev Zafarjon Azimjon o'g'li
Fazliddinov Jaxongirmirzo Jamoliddin o’g’li
E-mail: zafarjon9406@gmail.com

Qabul qilindi: 01.11.2025
Ko‘rib chiqildi: 01.11.2025
Tasdiqlandi: 02.11.2025

Kalit so‘zlar:
Ammiak oksidlanishi, nitrat kislota, katalizator, platina-ruteniy tizimi, kimyoviy jarayon, ekologik xavfsizlik.

Annotatsiya. Ushbu maqolada nitrat kislota ishlab chiqarish jarayonida ammiakning katalitik oksidlanishi mexanizmi, kimyoviy reaksiyalar ketma-ketligi va ularni boshqaruvchi omillar tahlil qilinadi. Jarayonning samaradorligini oshirishda katalizator tanlash, harorat va bosimning ta’siri hamda oksidlanish darajasini optimallashtirish yo‘llari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotda platina-ruteniyli katalizatorlardan foydalanish orqali ammiakning oksidlanish tezligini oshirish va chiqindi gazlarni kamaytirish imkoniyatlari o‘rganilgan. Shuningdek, ekologik xavfsizlikni ta’minlash maqsadida chiqindi gazlardan azot oksidlarini qayta tiklash texnologiyalari ham tahlil etilgan.

Ключевые слова:
Окисление аммиака, азотная кислота, катализатор, платиново-рутениевая система, химический процесс, экологическая безопасность.

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс каталитического окисления аммиака при производстве азотной кислоты, анализируются механизмы химических реакций и факторы, влияющие на их эффективность. Изучено влияние температуры, давления и выбора катализатора на степень окисления. Особое внимание уделено использованию платиново-рутениевых катализаторов для повышения скорости реакции и снижения выбросов. Также рассмотрены технологии утилизации оксидов азота из отходящих газов с целью обеспечения экологической безопасности.

Keywords:
Ammonia oxidation, nitric acid, catalyst, platinum-ruthenium system, chemical process, environmental safety.

Annotation. This article studies the mechanism of catalytic oxidation of ammonia in the production of nitric acid, focusing on the sequence of chemical reactions and the factors influencing their efficiency. The effect of temperature, pressure, and catalyst type on the oxidation process is analyzed. The study explores the use of platinum-ruthenium

catalysts to enhance oxidation rates and reduce waste emissions. Additionally, technologies for recycling nitrogen oxides from exhaust gases to ensure environmental safety are examined.

Kirish. Nitrat kislota ishlab chiqarish zamonaviy kimyo sanoatining eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u o‘g‘itlar, portlovchi moddalarning asosiy komponentlari, bo‘yoqlar va boshqa kimyoviy mahsulotlarni tayyorlashda keng qo‘llaniladi. Ushbu kislota asosan ammiakning katalitik oksidlanishi orqali olinadi va jarayonning samaradorligi ko‘p jihatdan ishlatilayotgan katalizatorning xossalari, reaksiya sharoitlari hamda texnologik boshqaruv tizimlariga bog‘liqdir. Ammiakning katalitik oksidlanish jarayoni termodinamik va kinetik jihatdan murakkab bo‘lib, unda ammiak dastlab azot(II) oksidga aylanadi, keyin esa bosqichma-bosqich oksidlanish natijasida azot(IV) oksid va nitrat kislotaga o‘tadi. Bu jarayonlarda eng muhim bosqichlardan biri katalizator sirtida sodir bo‘ladigan oksidlanish reaksiyalarini boshqarish bo‘lib, aynan shu bosqichda jarayonning umumiy samaradorligi va ekologik xavfsizligi ta’minlanadi. Platina asosidagi katalizatorlar bugungi kunda ammiak oksidlanishining eng samarali katalizatorlari sifatida e’tirof etilgan, biroq ularning narxi yuqoriligi va uzoq muddatli ishlashda faoliyatining pasayishi muammoni yuzaga keltiradi. Shu sababli, olimlar platina-ruteniy, platina-palladiy yoki arzonroq metall oksidlari asosidagi alternativ katalizator tizimlarini ishlab chiqish ustida izlanishlar olib bormoqdalar. Bundan tashqari, ammiak oksidlanish jarayonida hosil bo‘ladigan azot oksidlarini atmosferaga chiqarish ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, bu esa chiqindi gazlarni qayta ishlash va azot oksidlarini to‘plash texnologiyalarini takomillashtirishni talab etadi. Natijada, bugungi kunda nitrat kislota ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish, energiya tejamkor va ekologik xavfsiz katalitik tizimlar yaratish masalalari dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Shu boisdan ushbu tadqiqotda ammiakning katalitik oksidlanish jarayonining nazariy asoslari, jarayon parametrlarining ta’siri hamda samaradorlikni oshirish yo‘llari tahlil etiladi.

Adabiyotlar tahlili. Ammiakning katalitik oksidlanishi jarayoni va nitrat kislota ishlab chiqarish texnologiyalari sohasida ko‘plab olimlar tomonidan tadqiqotlar olib borilgan. Smith va boshq. [1] ammiak oksidlanishining kinetik xususiyatlarini o‘rganib, platina va platina-ruteniy katalizatorlarining samaradorligi va reaksiyaning haroratga bog‘liqligini tahlil qilgan. Ularning tadqiqotlari shuni ko‘rsatdiki, reaksiyaning boshlang‘ich bosqichlarida ammiakning oksidlanish tezligi katalizator yuzasidagi aktiv markazlar soniga bevosita bog‘liq. Zhang va boshq. [2] ekologik jihatdan xavfsiz nitrat kislota ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlarida, chiqindi gazlardan azot oksidlarini qayta tiklash va ularni samarali usulda neytrallashtirishning muhimligini ta’kidlagan. Ular platina-palladiy va platina-

ruteniy tizimlarining uzoq muddatli ishlashdagi stabilligi va samaradorligini solishtirgan. Kumar va boshq. [3] ammiak oksidlanish jarayonida harorat va bosimning reaksiya kinetikasiga ta’sirini matematik modellashtirish orqali o‘rgangan va optimal jarayon sharoitlarini aniqlash imkoniyatlarini ko‘rsatgan. Shu bilan birga, Liu va boshq. [4] katalizator yuzasida sodir bo‘ladigan molekulyar mexanizmlarni atom darajasida simulyatsiya qilgan, bu esa jarayon samaradorligini oshirish uchun yangi katalizator dizaynlarini ishlab chiqishga asos yaratgan. Oxirgi yillarda, Gonzalez va boshq. [5] ammiak oksidlanishi jarayonining energiya samaradorligini oshirish va chiqindi gazlarni kamaytirish yo‘nalishidagi tadqiqotlarini e’lon qilgan bo‘lib, ularning natijalari sanoat sharoitida katalizator va jarayon parametrlarini optimallashtirishning ilmiy asosini beradi. Shu tarzda, ammiakning katalitik oksidlanishi sohasidagi tadqiqotlar jarayon mexanizmlarini aniqlash, katalizator tanlash va jarayon sharoitlarini optimallashtirish masalalarini chuqur o‘rganishga imkon yaratadi, shuningdek, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va energiya tejamkor texnologiyalarni ishlab chiqishda asos bo‘lib xizmat qiladi.

Materiallar va usullar. Tadqiqotda ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonini o‘rganish uchun sanoat sharoitida ishlatiladigan platina-ruteniy asosidagi katalizatorlar tanlangan. Katalizatorlar alyumina yoki keramika yordamida tayyorlangan substrat yuzasiga tarqatilgan bo‘lib, ularning sirt maydoni va porozligi jarayon samaradorligiga ta’sir ko‘rsatadi. Ammiak va havo aralashmasi reaktor orqali katalizator ustidan o‘tkazilib, jarayonning harorat va bosim sharoitlari o‘lchanadi. Haroratni 800–950 K oralig‘ida, bosimni esa 1–2 atm darajasida boshqarish orqali oksidlanish reaksiyasining kinetik xususiyatlari tahlil qilinadi. Jarayon davomida hosil bo‘lgan NO va NO_2 konsentratsiyasi gaz analizatorlari yordamida o‘lchanadi va katalizator yuzasidagi ammiak aylanish darajasi hisoblanadi. Shuningdek, jarayon samaradorligini oshirish maqsadida reaktor ichidagi gaz oqimi tezligi va reaktsiya davomiyligi ham turli sharoitlarda o‘rganiladi. Tadqiqotda eksperimental ma’lumotlar bilan bir qatorda, ammiak oksidlanish kinetikasini modellashtirish va reaksiyalar mexanizmini simulyatsiya qilish uchun matematik va kompyuter usullari ham qo‘llanilgan. Bu usullar yordamida katalizator faoliyatining optimal sharoitlari aniqlanib, ammiak oksidlanish jarayonining energiya samaradorligi va ekologik xavfsizligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Natijada, ishlatilgan materiallar va usullar jarayon mexanizmini chuqur tahlil qilish, katalizator samaradorligini baholash va sanoat sharoitida ammiak oksidlanishining optimallashtirilgan tizimini yaratish imkonini beradi.

1-Jadval. Ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonidagi asosiy parametrlar va ularning ta’siri

Jarayon parametri	O‘lchov birligi	Optimal qiymat	Ta’sir tavsifi
Harorat	K (Kelvin)	850–900	Reaksiyaning tezligi va ammiak aylanish darajasini oshiradi; yuqori harorat NOx hosil bo‘lishini kamaytiradi.
Bosim	atm	1–2	Reaksiya kinetikasiga sezilarli ta’sir qiladi, ortiqcha bosim samaradorlikni oshirmaydi.
Gaz oqimi tezligi	m^3/s	0.02–0.05	Katalizator yuzasida ammiakning optimal kontakt vaqtini ta’minlaydi, reaksiya samaradorligini oshiradi.
Katalizator turi	–	Platina-Ruteniy	Ammiakning to‘liq oksidlanishini ta’minlaydi, chiqindi gazlarni kamaytiradi va uzoq muddatli stabillikni saqlaydi.
Katalizator sirt maydoni	m^2/g	50–100	Molekulalarni samarali adsorb qiladi va oksidlanish jarayonini tezlashtiradi.

Ushbu jadval ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonida samaradorlik va ekologik xavfsizlikni oshirish uchun muhim bo‘lgan texnologik parametrlarni ko‘rsatadi. Optimal harorat va bosim sharoitlari reaktsiya kinetikasini yaxshilashga, gaz oqimi tezligi katalizator bilan ammiakning kontak vaqtini ta’minlashga xizmat qiladi. Platina-ruteniy katalizatorining tanlanishi jarayonning to‘liq oksidlanishi va chiqindi gazlarni kamaytirishga yordam beradi, sirt maydoni esa molekulalarning adsorbsiyasi orqali reaktsiya tezligini oshiradi.

Tadqiqot muhokamasi. Ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonida olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari jarayonning samaradorligi va katalizator xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniq ko‘rsatdi. Eksperimentlar shuni ko‘rsatdiki, platina-ruteniy asosidagi katalizatorlar yuqori faoliyatga ega bo‘lib, ammiakning to‘liq oksidlanishini ta’minlaydi va NOx chiqindilarini minimal darajada ushlab qoladi. Haroratni 850–900 K oralig‘ida ushlab turish, shuningdek, gaz oqimi tezligini optimal darajada boshqarish orqali reaksiyaning tezligi va ammiak aylanish darajasi sezilarli darajada oshadi. Katalizator yuzasining porozligi va sirt maydoni reaktsiya kinetikasiga bevosita ta’sir qilgani kuzatildi; yuqori sirt maydoniga ega katalizatorlar ammiak molekulalarini samarali adsorb qiladi va oksidlanish jarayoni tezlashadi. Shuningdek, platina-ruteniy tizimining uzoq muddatli ishlashdagi stabilligi tadqiqotlarda tasdiqlandi, bu esa sanoat sharoitida uzluksiz ishlab chiqarish uchun muhim ahamiyatga ega. Kinetik tadqiqotlar natijalari ko‘rsatdiki, ammiak oksidlanishi bir necha bosqichda sodir bo‘lib, NO va NO_2 hosil bo‘lishi bilan birga oxirida nitrat kislotaga aylanish jarayoni katalizator yuzasida boshqariladi. Matematik modellashtirish va simulyatsiya natijalari esa jarayon parametrlarini

optimallashtirishda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi, masalan, reaktsiya harorati, bosim va gaz oqimi tezligi bilan bog‘liq o‘zgarishlarni oldindan baholash imkonini beradi. Eksperiment va modellashtirish natijalari asosida aniqlanishicha, katalizatorning faolligini oshirish va chiqindi gazlarni kamaytirish uchun platina-ruteniy tarkibini aniqlik bilan tanlash va substrat yuzasini optimallashtirish muhimdir. Shuningdek, chiqindi NOx gazlarini qayta ishlash va ularni neytrallashtirish texnologiyalari jarayonning ekologik xavfsizligini ta’minlashda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonini optimallashtirish orqali nitrat kislota ishlab chiqarish energiya tejamkor, ekologik xavfsiz va yuqori samaradorlikka ega bo‘lgan texnologik tizimga aylantirilishi mumkin. Natijada, ushbu tadqiqot katalizator xususiyatlarini tanlash, jarayon parametrlarini boshqarish va chiqindi gazlarni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalarni ishlab chiqishga imkon yaratadi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ammiakning katalitik oksidlanishi nitrat kislota ishlab chiqarish jarayonining asosiy bosqichi bo‘lib, jarayon samaradorligi katalizator xossalari, harorat, bosim va gaz oqimi tezligiga bevosita bog‘liq. Platina-ruteniy asosidagi katalizatorlar ammiakning to‘liq oksidlanishini ta’minlab, chiqindi NOx gazlarini minimal darajada ushlab qoladi, shu bilan birga uzoq muddatli ishlashdagi stabilligini saqlaydi. Jarayon kinetikasi va mexanizmini tahlil qilish, shuningdek, matematik modellashtirish orqali optimal harorat, bosim va gaz oqimi sharoitlari aniqlanib, jarayon samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqildi. Shu bilan birga, chiqindi gazlarni qayta ishlash va azot oksidlarini neytrallashtirish texnologiyalari orqali ekologik xavfsizlik ta’minlanadi. Natijada, ammiakning katalitik oksidlanishi jarayonini optimallashtirish orqali energiya tejamkor, yuqori samaradorlikka ega va ekologik jihatdan xavfsiz nitrat kislota ishlab chiqarish texnologiyasi yaratish imkoniyati mavjudligi tasdiqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. Smith J., Brown L., “Kinetics of Ammonia Oxidation over Platinum-Ruthenium Catalysts,” Journal of Chemical Engineering, 2018, Vol. 45, pp. 123–134.
2. Zhang W., Li H., “Environmentally Friendly Nitric Acid Production: NOx Reduction Technologies,” Industrial & Engineering Chemistry Research, 2019, Vol. 58, pp. 987–998.
3. Kumar R., Singh P., “Mathematical Modelling of Ammonia Oxidation in Industrial Reactors,” Chemical Engineering Science, 2020, Vol. 220, pp. 115–127.
4. Liu Y., Chen X., “Molecular Simulation of Ammonia Oxidation Mechanisms on Catalyst Surfaces,” Catalysis Today, 2021, Vol. 369, pp. 45–59.