

Bo‘riyeva Muhabbat Mamayusuf qizi

madinamm2022@gmail.com

Termiz Davlat Universiteti

Annotatsiya Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish — karbonat angidrid gazini elektr energiyasi yordamida foydali kimyoviy mahsulotlarga aylantirish jarayonidir. Ushbu texnologiya iqlim o‘zgarishi, sanoat chiqindilarini kamaytirish va qayta tiklanuvchi energiyani kimyoviy yoqilg‘i shaklida saqlash muammolarini hal qilishda istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. CO₂ molekulasi termodinamik jihatdan barqaror bo‘lgani uchun uni qaytarish murakkab jarayon sanaladi. Shuning uchun samarali katalizatorlar, mos elektrolitlar, elektrodlardagi sirt jarayonlari va mahsulot selektivligini boshqarish asosiy ilmiy vazifalardandir.

Kalit so‘zlar: CO₂ qaytarish, elektrokimyo, katalizator, karbonat angidrid, yashil kimyo, metanol, uglerod monooksid, formiat, qayta tiklanuvchi energiya.

Kirish Bugungi kunda atmosferada karbonat angidrid miqdorining ortishi global ekologik muammolardan biri hisoblanadi. CO₂ asosan yoqilg‘i yoqish, sement ishlab chiqarish, metallurgiya, transport va boshqa sanoat jarayonlarida hosil bo‘ladi. Bu gaz issiqxona effekti kuchayishiga sabab bo‘lib, iqlim o‘zgarishi, havo haroratining ko‘tarilishi, muzliklarning erishi va tabiiy muvozanat buzilishiga olib keladi.

CO₂ ni kamaytirishning ikki asosiy yo‘li bor: birinchisi, CO₂ chiqindilarini kamaytirish; ikkinchisi, hosil bo‘lgan CO₂ ni foydali mahsulotlarga aylantirish. Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish aynan ikkinchi yo‘nalishga kiradi. Bu texnologiyada karbonat angidrid elektr toki yordamida uglerod monooksid, formiat, metanol, metan, etilen va boshqa mahsulotlarga aylantiriladi.

Bu jarayonning eng katta afzalligi shundaki, agar elektr energiyasi quyosh yoki shamol kabi qayta tiklanuvchi manbalardan olinsa, CO₂ dan foydali kimyoviy mahsulot ishlab chiqarish nisbatan ekologik toza jarayonga aylanadi. Demak, elektrokimyoviy CO₂ qaytarish nafaqat chiqindini kamaytirish, balki uni iqtisodiy qiymatga ega mahsulotga aylantirish imkonini beradi.

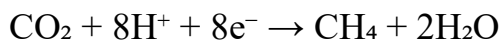
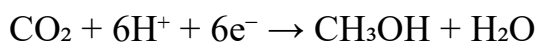
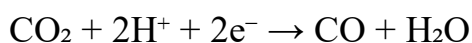
Jarayonning kimyoviy mohiyati

CO₂ molekulasi chiziqli tuzilishga ega bo‘lib, undagi C=O bog‘lari kuchli. Shu sababli CO₂ kimyoviy jihatdan inert gazlardan biri hisoblanadi. Uni qaytarish uchun elektron va protonlar ishtirokida ketma-ket reaksiyalar yuz beradi. Jarayon elektrod yuzasida kechadi.

Oddiy ko‘rinishda jarayon quyidagicha tasvirlanadi:

$\text{CO}_2 + \text{elektronlar} + \text{protonlar} \rightarrow \text{qaytarilgan uglerodli mahsulotlar}$

Masalan:



Bu reaksiyalardan ko‘rinadiki, mahsulot turi elektronlar soni, protonlar miqdori, katalizator turi, elektrolit muhiti va elektrod potensialiga bog‘liq bo‘ladi. Eng oddiy mahsulotlar CO va formiat bo‘lsa, metanol, metan va etilen kabi mahsulotlar ko‘proq elektron va proton talab qiladi.

Elektrokimyoviy hujayra tuzilishi

Elektrokimyoviy CO_2 qaytarish odatda maxsus elektrokimyoviy hujayrada amalga oshiriladi. Unda katod, anod, elektrolit va tashqi elektr manbai bo‘ladi. CO_2 qaytarilishi katodda sodir bo‘ladi. Anodda esa ko‘pincha suv oksidlanib, kislorod ajraladi.

Katod — CO_2 qaytarilishining asosiy markazi. Bu yerda katalizator joylashadi. Katalizator CO_2 molekulasini adsorbsiyalaydi, uni faollashtiradi va kerakli mahsulotga aylanishiga yordam beradi. Anodda suvning oksidlanishi sodir bo‘lib, protonlar va elektronlar hosil bo‘ladi.

Elektrolit ionlarning harakatlanishini ta‘minlaydi. Elektrolit sifatida suvli eritmalar, ion suyuqliklar yoki qattiq elektrolit membranalar ishlatilishi mumkin. Elektrolitning pH qiymati, ion tarkibi va o‘tkazuvchanligi mahsulot selektivligiga kuchli ta‘sir qiladi.

Katalizatorlarning roli

Elektrokimyoviy CO_2 qaytarishda katalizator hal qiluvchi ahamiyatga ega. Chunki CO_2 juda barqaror molekula bo‘lib, oddiy sharoitda uni qaytarish qiyin. Katalizator reaksiya energiya to‘sig‘ini kamaytiradi, mahsulot yo‘nalishini boshqaradi va jarayon samaradorligini oshiradi.

Turli metallar turli mahsulotlar hosil qilishga moyil bo‘ladi. Masalan, oltin va kumush ko‘pincha CO hosil bo‘lishiga yordam beradi. Qalay va vismut formiat hosil qilishda samarali. Mis esa noyob katalizator hisoblanadi, chunki u CO_2 dan ko‘p uglerodli mahsulotlar, xususan etilen va etanol hosil qilishga qodir.

Katalizatorning samaradorligi quyidagi ko‘rsatkichlar bilan baholanadi: mahsulot selektivligi, Faradey samaradorligi, tok zichligi, barqarorlik va energiya samaradorligi. Yaxshi katalizator faqat CO_2 ni qaytarishi emas, balki vodorod ajralish reaksiyasini ham kamaytirishi kerak. Chunki suvli muhitda CO_2 qaytarish bilan bir vaqtda H_2 hosil bo‘lishi mumkin. Bu esa asosiy mahsulot samaradorligini pasaytiradi.

Jadval. Elektrokimyoviy CO_2 qaytarishda katalizatorlar va mahsulotlar

Katalizator turi	Asosiy mahsulotlar	Afzalligi	Kamchiligi	Qo‘llanish istiqboli
Oltin (Au)	CO	CO hosil qilishda yuqori selektivlik	Juda qimmat	Laboratoriya va maxsus kataliz tizimlari
Kumush (Ag)	CO	Nisbatan barqaror, selektivligi yaxshi	Narxi yuqori	CO ishlab chiqarish texnologiyalari
Qalay (Sn)	Formiat, chumoli kislotasi	Arzonroq, formiat uchun samarali	Ba‘zan barqarorligi cheklangan	Kimyo sanoati uchun istiqbolli
Vismut (Bi)	Formiat	Zaharli emasroq, selektivligi yaxshi	Faollikni oshirish kerak	Ekologik xavfsiz katalizator sifatida muhim
Mis (Cu)	Metan, etilen, etanol	Ko‘p uglerodli mahsulotlar hosil qiladi	Selektivlikni boshqarish qiyin	Eng istiqbolli katalizatorlardan biri
Rux (Zn)	CO	Arzon, mavjudligi yaxshi	Samaradorlik cheklangan	Arzon kataliz tizimlari
Uglerod materiallari	CO, formiat	Yengil, arzon, modifikatsiya qilish oson	Faolligi dopirlashga bog‘liq	Yashil kataliz uchun istiqbolli
Molekulyar katalizatorlar	CO, formiat, metanol	Tuzilmani aniq boshqarish mumkin	Barqarorlik muammosi bor	Fundamental tadqiqotlar va selektiv kataliz

Mahsulotlar va ularning ahamiyati

Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish natijasida turli mahsulotlar olinadi. Ularning har biri sanoat uchun muhim qiymatga ega.

Uglerod monooksid sintez-gaz tarkibiy qismi sifatida ishlatiladi. CO vodorod bilan birgalikda metanol, sintetik yoqilg‘i va boshqa kimyoviy mahsulotlar olishda qo‘llanadi.

Formiat yoki chumoli kislotasi kimyo sanoatida, konservantlar, teri sanoati, yoqilg‘i elementlari va vodorod tashuvchi modda sifatida ishlatilishi mumkin.

Metanol suyuq yoqilg'i, erituvchi va kimyoviy xomashyo sifatida muhim. U formaldegid, sirka kislotasi va boshqa mahsulotlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Metan energiya tashuvchi gaz sifatida qo'llanadi, lekin CO₂ dan metan olish ko'proq elektron talab qiladi. Shu sababli energetik samaradorlik masalasi muhim.

Etilen esa polietilen va boshqa polimerlar ishlab chiqarishda asosiy xomashyo hisoblanadi. Mis katalizatorlari yordamida CO₂ dan etilen olish juda istiqbolli, lekin texnologik jihatdan murakkab.

Jarayonning afzalliklari

Elektrokimyoviy CO₂ qaytarishning eng asosiy afzalligi — karbonat angidridni chiqindi emas, xomashyo sifatida ishlatish imkonidir. Bu yondashuv "uglerod aylanishi" konsepsiyasiga mos keladi.

Ikkinchi afzallik — jarayonni qayta tiklanuvchi energiya bilan bog'lash mumkin. Agar elektroliz uchun elektr energiyasi quyosh yoki shamol stansiyalaridan olinsa, jarayonning umumiy karbon izi kamayadi.

Uchinchi afzallik — mahsulot turini katalizator va sharoit orqali boshqarish mumkin. Masalan, Sn katalizatori formiatga, Ag katalizatori CO ga, Cu katalizatori esa uglevodorodlarga yo'naltiradi.

To'rtinchi afzallik — jarayon nisbatan yumshoq sharoitda, ya'ni xona haroratiga yaqin sharoitda olib borilishi mumkin. Bu uni termokimyoviy CO₂ qaytarishga nisbatan qulay qiladi.

Muammolar va cheklovlar

Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish hali sanoatda keng qo'llanilayotgan mukammal texnologiya emas. Uning bir nechta jiddiy muammolari bor.

Birinchi muammo — CO₂ ning past eruvchanligi. Suvli elektrolitlarda CO₂ kam eriydi, bu esa reaksiya tezligini cheklaydi.

Ikkinchi muammo — vodorod ajralish reaksiyasi bilan raqobat. Suvli muhitda protonlar elektron qabul qilib H₂ hosil qilishi mumkin. Bu CO₂ qaytarish samaradorligini pasaytiradi.

Uchinchi muammo — mahsulot selektivligini boshqarish qiyinligi. Ayniqsa mis katalizatorida bir nechta mahsulot bir vaqtda hosil bo'lishi mumkin. Bu esa tozalash va ajratish xarajatlarini oshiradi.

To'rtinchi muammo — katalizatorning uzoq muddatli barqarorligi. Katalizator yuzasi reaksiyalar davomida oksidlanishi, zaharlanishi yoki strukturasi o'zgartirishi mumkin.

Beshinchi muammo — sanoat miqyosiga o'tkazish. Laboratoriyada yuqori samaradorlik ko'rsatgan tizimni yirik ishlab chiqarishga moslashtirish har doim ham oson emas.

Kelajak istiqbollari

Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish kelajakda yashil kimyo va uglerod neytral sanoatning muhim qismiga aylanishi mumkin. Buning uchun bir nechta yo‘nalishda tadqiqotlarni kuchaytirish zarur.

Birinchidan, arzon va barqaror katalizatorlar ishlab chiqilishi kerak. Qimmatbaho Au va Ag o‘rniga Cu, Sn, Bi, Fe, Ni asosidagi katalizatorlar yoki uglerodli materiallar istiqbolli hisoblanadi.

Ikkinchidan, mahsulot selektivligini oshirish zarur. Ayniqsa CO₂ dan metanol, etanol va etilen kabi yuqori qiymatli mahsulotlar olish iqtisodiy jihatdan muhim.

Uchinchidan, gaz diffuziyali elektrodlar va membranali elektrolizyorlar rivojlantirilishi kerak. Bu CO₂ ning elektrod yuzasiga yetib borishini yaxshilaydi va tok zichligini oshiradi.

To‘rtinchidan, qayta tiklanuvchi energiya bilan integratsiya qilish muhim. Quyosh yoki shamol energiyasi ortiqcha ishlab chiqarilgan paytda CO₂ ni kimyoviy mahsulotlarga aylantirish energiyani saqlashning yangi yo‘li bo‘lishi mumkin.

Xulosa

Elektrokimyoviy CO₂ qaytarish karbonat angidridni foydali kimyoviy mahsulotlarga aylantirish imkonini beruvchi istiqbolli texnologiyadir. Bu jarayon iqlim o‘zgarishini yumshatish, sanoat chiqindilarini kamaytirish va qayta tiklanuvchi energiyani kimyoviy shaklda saqlash uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Jarayonning asosiy kuchli tomoni shundaki, CO₂ chiqindi gaz emas, balki uglerodli xomashyo sifatida qaraladi. Uning elektrokimyoviy qaytarilishi orqali CO, formiat, metanol, metan, etilen va boshqa mahsulotlarni olish mumkin. Bu mahsulotlar kimyo sanoati, yoqilg‘i texnologiyalari va polimer ishlab chiqarishda muhim o‘rin tutadi.

Biroq texnologiyani keng joriy etish uchun bir nechta muammo hal qilinishi zarur: katalizator barqarorligini oshirish, mahsulot selektivligini boshqarish, CO₂ ning past eruvchanligi muammosini kamaytirish, vodorod ajralish reaksiyasini cheklash va sanoat miqyosida iqtisodiy samarali elektrolizyorlar yaratish.

Kelajakda arzon metall katalizatorlar, uglerodli nanomateriallar, gaz diffuziyali elektrodlar va qayta tiklanuvchi energiya bilan integratsiyalashgan tizimlar bu sohaning rivojlanishini tezlashtiradi. Eng muhim xulosa shuki, elektrokimyoviy CO₂ qaytarish faqat laboratoriya tadqiqoti emas, balki uglerod neytral iqtisodiyotga o‘tishda real texnologik asos bo‘lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Umarov B.B. **Fizik kimyo**. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2017.
2. G‘ulomov M.G. **Kimyoviy texnologiya asoslari**. Toshkent: Fan, 2018.

3. Mirkomilov T.M., Raximov H.R. **Umumiy va noorganik kimyo.** Toshkent: O'qituvchi, 2016.
4. Karimov B.K. **Zamonaviy materiallar kimyosi.** Toshkent: Innovatsiya, 2022.
5. To'rayev X.X. **Materialshunoslik asoslari.** Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
6. Vaxobov A.V., Teshaboyev A.T. **Polimerlar kimyosi.** Toshkent: O'zbekiston, 2018.