

osvrti

Nobelova nagrada za kemiju 2007. – dobitnik: Gerhard Ertl* za izučavanje kemijskih procesa na čvrstim površinama

S. Zrnčević

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Zavod za reakcijsko inženjerstvo i katalizu
Savska c. 16, 10 000 Zagreb



Njemački znanstvenik Gerhard Ertl dobitnik je ovogodišnje Nobelove nagrade za kemiju, koja mu je dodijeljena na 71. rođendan. Nagrada od 1,54 milijuna dolara priznanje je profesoru Ertlu za "njegov rad na području kemijskih procesa na čvrstim površinama".

Zaslужan je za razvijanje metodologije kojom je pokazao kako se različite eksperimentalne tehnike mogu primjenjivati za dobivanje potpune slike o promjenama koje se zbivaju na površinama čvrstih

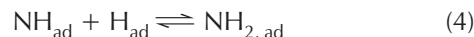
tijela, odnosno kako se ponašaju pojedini slojevi atoma ili molekula na površinama ekstremno čistih metala.

Profesor Gunar fon Heine, iz Švedske kraljevske akademije znanosti, objasnio je značaj Ertlovih otkrića: "Još od gimnazije zamišljamo da se kemijski procesi odvijaju u vodi ili zraku, dok se u stvarnosti mnogi, za znanost interesantni i za praktičnu primjenu veoma važni kemijski procesi odvijaju na čvrstim površinama. Stvar je u tome da tvari na površini, tj. na granici faza, imaju drukčija svojstva nago u svojoj unutrašnjosti. Stoga neke tvari olakšavaju odvijanje kemijskih reakcija (koje inače idu vrlo teško) ako se na njihovoj površini zbivaju željene promjene". Upravo je to princip na kojemu se temelji djelovanje katalizatora, koji se danas nalaze u gotovo svim automobilima, i igraju ključnu ulogu u kemijskoj i srodnim industrijama omogućavajući proizvodnju željenog produkta na učinkovit način uz neznatno nastajanje sporednog produkta i ostalog otpada, štedeći sirovine i energiju te osiguravajući ekonomsku opravdanost procesa. "Također, površinska kemija odgovara i na pitanja zašto i kako željezo hrđa, koji su procesi i zašto odgovorni za uništavanje ozonskog omotača, što se dešava unutar poluvodiča u elektroničkim elementima, kako rade gorive ćelije itd.

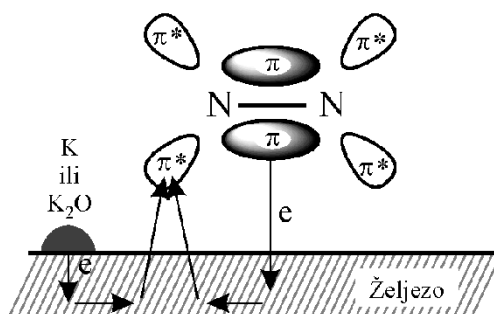
Znanstvena istraživanja profesora Ertla koja započinju šezdesetih godina prošlog stoljeća predstavljaju temelj moderne kemije čvrstih površina, a njegov pažljiv metodološki pristup postao je model ne samo za akademska istraživanja već i za razvoj industrijskih procesa."

Svoj pristup među ostalim utemeljio je na izučavanju Haber-Boschovog procesa sinteze amonijaka (procesa značajnog za dobivanje umjetnog gnojiva). Iako su za otkriće procesa i njegovu industrijsku provedbu zaslužni nobelovci Haber (1918.) i Bosch (1931.), detaljni mehanizam reakcije tek je otkriven zahvaljujući radu profesora Ertla. Izučavajući reakciju na molekularnom nivou primjenjivao je vlastitu tehniku, pripremio je idealnu površinu željeza koje je rabio kao katalizator, pri niskom tlaku je dodavao vrlo precizne količine plinova, primjenjivao je cijeli niz spektroskopskih metoda da temeljito ispita ponašanje molekula na površini te je izučavao i povratnu reakciju disocijacije amonijaka rabeći teški vodik kao traser molekulu.

Iz niza podataka koje je dobio primjenjujući različite tehnike, profesor Ertl je bio u mogućnosti da dobije cjelokupnu sliku Haber-Boschovog procesa.



Otkrio je da je cijepanje molekule dušika na atome najsporiji stupanj reakcije (jednadžba (2)). Stoga, da bi se ubrzala sinteza amonijaka, potrebno je ubrzati cijepanje veze N–N. Kao što je poznato, dodatak kalija kao promotora ubrzava ovaj najsporiji stupanj, ali se tek na osnovi radova G. Ertla zna zašto.

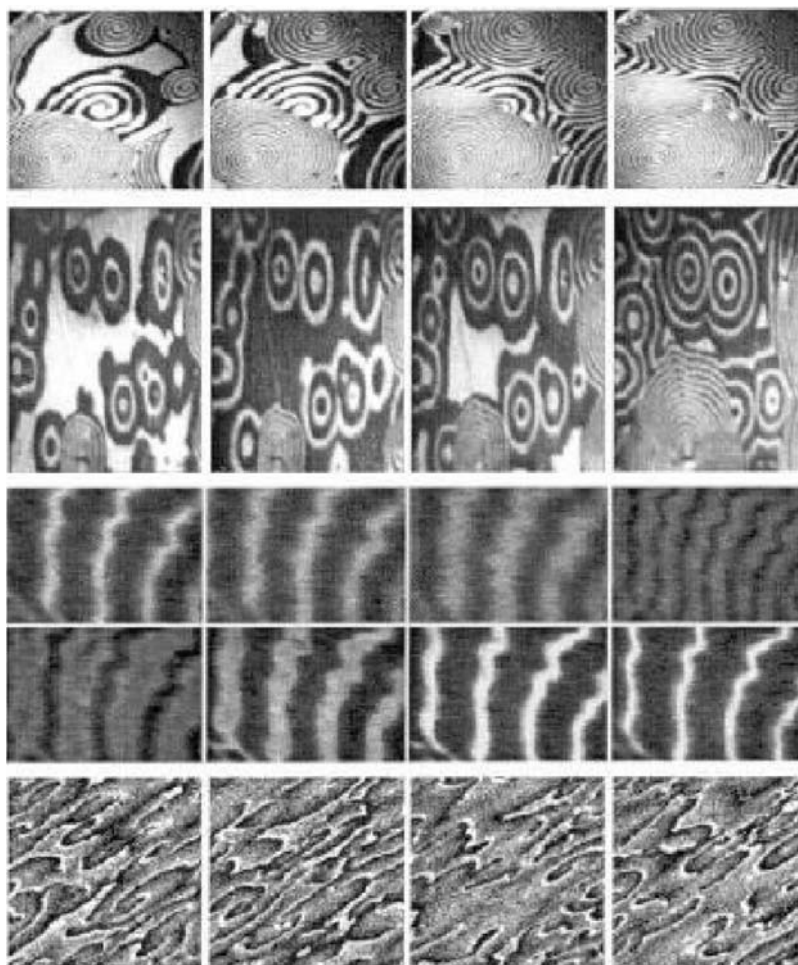


Slika 1 – Uloga kalija kao promotora u disocijacijskoj kemisorpciji N_2 na Fe-katalizatoru

Fig. 1 – The action of potassium promoters in the dissociative chemisorption of N_2 on Fe-catalysts

Naime jako elektropozitivan kalij osigurava elektrone koji odlaze na željezo (katalitički aktivna tvar), a zatim na adsorbiranu molekulu dušika, čime se olakšava disocijacija molekule i na taj način ubrzava reakcija.

* Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin, Njemačka



Slika 2 – Slika površine Pt dobivene fotoemisijom elektronskom mikroskopijom. Tamne površine bogate su s CO, a svijetle s O₂. Vremenska skala ≈ 10 s, dužinska skala ≈ 0,1 mm

Fig. 2 – Platinum surface imaged by photoemission electron microscopy. Dark areas are rich in CO while light areas are O₂ rich. Time scale ≈ 10 s, length scale ≈ 0.1 mm

U najranijoj fazi nekih heterogeno-katalitičkih reakcija zapaženo je da makroskopska kinetika ukazuje na oscilatornu brzinu reakcije. To je jasan znak nelinearnog dinamičkog ponašanja sustava. Ti fenomeni posebice su izučavani za kemijske reakcije koje su se zbivale u masi i 1977. godine belgijski fizičar Ilya Prigogine dobiva Nobelovu nagradu “za svoj doprinos neravnotežnoj termodinamici, posebice teoriji disipativnih struktura”.

Potaknut opažanjima oscilatornih brzina, profesor Ertl je želio naći odgovor na pitanje: kakav se molekularni mehanizam krije iza nelinearne kinetike i kakvi se drugi fenomeni mogu očekivati osim oscilatorne kinetike?

Za izučavanje odabrao je drugu “klasičnu katalitičku reakciju”, oksidaciju ugljičnog monoksida kisikom na površini platine, procesa koji se zbiva u automobilskim katalitičkim konverterima. Ponovno je pokazao da kombinacija cijelog niza metoda površinske fizike i kemije može rezultirati razumijevanjem vrlo važnih i kompleksnih katalitičkih procesa. Otkrio je fenomen oscilatornih reakcija na površini platine, a fotoemisijom elektronskom mikroskopijom (PEEM) te difrakcijom elektrona male energije (LEED) dobio je prve slike o strukturnim promjenama koje se zbivaju pri oksidaciji ugljikova monoksida (slika 2).

Ovim istraživanjima profesor Ertl je pokazao da se njegova metodologija može primjenjivati ne samo za sustave kod kojih je kineti-

ka određena najsporijim stupnjem (rate-limiting step) koji određuje brzinu reakcije, kao što je slučaj kod Haber-Boschovog procesa nego i za sustave u kojima dominira nelinearna dinamika (oksidacija CO u CO₂).

Profesor Gerhard Ertl je među prvima uočio golemi tehnološki potencijal površinske kemije. Njegovi mnogobrojni eksperimenti rasvijetlili su gotovo čitavo ovo područje. Stoga uglavnom iza svega što se uči o površinskoj kemiji, kao i iza svih katalizatora u automobilskim konverterima, te djelotvorne proizvodnje umjetnih gnojiva, stoji ovaj veliki znanstvenik. Svojim sistematičnim i detaljnim istraživanjima stvorio je čvrstu osnovu za našu predodžbu o molekularnim procesima koji se zbivaju na površini čvrstih tvari.

Biografija

Profesor Ertl rođen je 1936. u Štutgartu, Njemačka. Doktorirao je 1965. na Tehničkom sveučilištu u Minhen s temom *Über die Kinetik der Katalytischen Oxidation von Wasserstoff an Germanium-Einkristallen*. Od 2004. radi kao profesor emeritus u Zavodu za fizikalnu kemiju Fritz-Haberovog Instituta u Berlinu. Cjelovita biografija profesora Ertla može se pronaći na <http://www.fhi-berlin.mpg.de/>