

KÉT AKADÉMIKUS HÁROM KOSSUTH-DÍJJAL NAGY FELFEDEZÉST TETT, ÉS MEGVALÓSÍTOTTÁK A MODERN HIDROKRAKKOLÁST Varga József halálának 65. és Rabó Gyula halálának 5. évfordulójára

TWO MEMBERS OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES WITH THREE KOSSUTH PRIZE MADE A BIG INVENTION AND COMMERCIALIZED MODERN HYDROCRACKING On the Death Anniversaries of József Varga and Jule Rabo

Németh László¹, Rácz László²

¹PhD, University of Nevada, Las Vegas, NV, USA
nemethlaz@gmail.com

²egyetemi doktor, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
liracz@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Varga József, a Varga-hidrokrakk-szabadalom és -eljárás kidolgozója, kiváló szakemberekből álló magyar kémiai tudományos iskolát hozott létre. Ő a katalízis magyarországi atyja és megalapítója.

Egyik tanítványa, Rabó Gyula, az USA-ban fedezte fel, hogy erősen savas Y-zeolitok alkalmazása a krakkolás és hidrokrakkolás során előnyösen befolyásolja az eljárások hozamát és termékösszetételét. A Varga-eljárás, valamint Rabó felismerése mérőkövek voltak a katalízistudomány és a modern kőolajipar fejlődésében. Az Y-zeolitokat használó krakkolás és hidrokrakkolás ma a kőolaj-feldolgozás legfontosabb eljárásai közé tartoznak. A Rabó-eljárás a teammunka eredményességének kiváló példája: az anyagtudomány kiválóságai (Robert Milton, Donald Breck, Edith Flanigen és munkatársaik), a katalitikus eljárások specialistái, és az ipari alkalmazásban jártas szakemberek szoros együttműködése átütő erejű sikerekhez vezetett. A kidolgozott és alkalmazott katalitikus eljárások hasznát trillió dollárra lehet becsülni, ami a mai napig is az ipari katalízis egyik legnagyobb eredménye.

Büszkék lehetünk magyar tudósainkra, Varga Józsefre és Rabó Gyulára, akik felfedezéseikkel hozzájárultak a modern kőolaj-feldolgozó ipar megteremtéséhez és a zeolitkatalizátorok alkalmazásához. Ezeknek a szellemi és tudományos értékeknek megőrzése fontos feladatunk, ezért ezen összeállítással is emlékeztetni akarunk ma is példaértékű szellemi hagyatékukra.

ABSTRACT

József Varga was the inventor of the Varga-hydrocracking process, and established a Hungarian chemical school with renowned scientists. He is the father and founder of Hungarian catalysis science.

One of his students, Gyula Rabó (Jule A. Rabo), discovered while working in the United States that the use of strongly acidic Y-zeolites during cracking and hydrocracking has a beneficial effect on the yield and product composition (the Rabo process). The Varga-hydrocracking process, as well as the recognition of Rabó's discovery, were milestones in the development of catalytic science and the modern petroleum industry. Cracking and hydrocracking using Y-zeolites are today among the most important processes in petroleum refining. The Rabo process is an excellent example of the success of teamwork: the breakthroughs that have been achieved through the close collaboration of excellences in materials science (Robert Milton, Donald Breck, Edith Flanigen and coworkers), specialists in catalytic processes, and professionals in industrial applications. The estimated economic benefit of Rabó's invention is trillions of dollars, and it is still one of the greatest achievements of industrial catalysis.

We should be proud of our Hungarian scientists, József Varga and Jule Rabo, who contributed to the creation of the modern oil refining industry and the use of zeolite catalysts. Preserving the memory of these intellectuals and their scientific contributions is an important task, and therefore with this presentation the intent is to remind us of their intellectual legacies, which are still unique and exemplary today.

Kulcsszavak: tudománytörténet, magyar akadémikusok, zeolit, modern olajipar

Keywords: history of science, members of the Hungarian Academy of Sciences, zeolite, modern refinery

BEVEZETÉS

Két magyar akadémikus, Varga József, a mester (*1. kép*), és Rabó Gyula, a tanítvány (*2. kép*) felfedezéseikkel hozzájárult a katalízis ipari alkalmazásához és a modern olajipar megalapozásához és fejlődéséhez.

Varga József tudósként és ipari miniszterként jelentősen hozzájárult az ország műszaki fejlődéséhez. Alkotói korszakában (1932–1956) már több katalitikus eljárást ismertek és alkalmaztak az iparban, mint például a Haber–Bosch-féle ammóniaszintézist (100 atm, 1913), a Fischer–Tropsch-szintézist (Sasol, 21 atm, 1925) és az Ipatyev (Ipatieff)-féle olefinoligomerizációt nagy oktánszámú motorhajtóanyagok előállítására (100 atm, 1935) (Armor, 2011), de Magyarországon senki nem foglalkozott ezekkel tudományos szinten.

Itthon már az 1930-as évektől működött a Péti Nitrogénművek műtrágyagyára, nyomás alatti ammóniaszintézissel, de nem volt szénhidrogénipari katalitikus kutatás. Ezért *Varga Józsefet munkássága és különösen a Varga-hidrokrakk-eljárás kifejlesztése alapján joggal nevezhetjük a katalízis magyarországi alkalmazása atyjának és megalapítójának.*

Varga korai kutatási eredményei alapján rájött arra, hogy a hozzáadott kénvegyületek *a hidrogénnyomás alatt végrehajtott hőbontás (hidrokrakkolás) során* segítik a hidrogénezést (ezt Varga-effektusnak nevezték el). Ezután nagyszámú



Varga

1. kép. Varga József (1891–1956), a 'mester' (Dobos Lajos festménye, Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum Vegyészeti Múzeuma; az aláírás Markó László leckekönyvéből)



Rabó Gyula

2. kép. Rabó Gyula (1924–2016) (Rabó Bence családi gyűjteményéből)

kísérletet végeztek a nyersolajok katalitikus hidrokrakkolására, és 1953-ban magyar szabadalmi bejelentést is tettek (142997 sz.), amely *mérföldkő a hazai kőolaj-feldolgozási katalitikus irodalomban. Tudományos munkássága elismerésé-ként 1950-ben és 1952-ben Kossuth-díjjal tüntették ki.*

Varga József műegyetemi tanársegédje és helyettese a Nagynyomású Kutatóintézetnél, az öt éve elhunyt Rabó Gyula *1953-ban kapott Kossuth-díjat. 1956 után Észak-Amerikában a zeolitkatalizátorok fejlesztésében ért el világraszóló eredményeket: a Union Carbide-nál fedezte fel a zeolitkatalízisen alapuló krakkolást és hidrokrakkolást, melyek döntően megváltoztatták a modern kőolaj-feldolgozás technológiáját.*

VARGA JÓZSEF MUNKÁSSÁGA

Élete fő műve a középnyomású hidrokrakkolás, a nagy aszfalttartalmú kőolajakból és kátrányokból való benzin- és gázolaj-előállításra. Sikeres életpályáját az alábbi tudományos és állami beosztások jellemzik. A Budapesti Műszaki Egye-

temen elvégzése után, 1913 januárjától tanársegédnek, 1923 decemberében (harminckét éves korában) a Kémiai Technológia Tanszék vezetőjének és nyilvános rendes tanárnak nevezték ki. 1951-től a Nagynyomású Kísérleti Intézet (NAKI) igazgatója, 1952-től a Veszprémi Vegyipari Egyetem Ásványolaj- és Szénfeldolgozó Tanszékének vezetője. Munkásságát több mint száz – önálló vagy társszerzőkkel írt – közlemény, huszonöt feletti egyetemi jegyzet és tankönyv, valamint kilenc szabadalom jelzi (Móra, 1969). 1932-től az MTA levelező, majd 1946-tól rendes tagja. Munkásságát 1942-ben Corvin-koszorúval, 1950-ben és 1952-ben Kossuth-díjjal ismerték el. 1939-től az Iparügyi Minisztérium államtitkára lett, majd iparügyi, valamint kereskedelmi és közlekedésügyi miniszter, és egészen 1943-ig töltötte be e tisztségeket a Teleki-, Bárdossy- és Kállay-kormányokban. Politikai okokból ekkor lemondott miniszteri megbízatásáról, s visszatért a műegyetemre oktatni, majd részt vett a tanszék 1945 utáni újjászervezésében (Móra, 1969).

A VARGA-FÉLE HIDROKRAKK-ELJÁRÁS SZABADALMA

A Varga-eljárás szabadalmát *Eljárás aszfalttartalmú nyersolajok és egyéb, aszfalttartalmú, hidrogénben szegény anyagok feldolgozására motorhajtóanyagokká* címmel 1953. december 31-én jelentették be, és 1956. június hó 1-jén 142997 szám alatt kapott szabadalmi védelmet (Varga, J. et al., 1953). A szabadalom tulajdonosa a magyar állam, és feltalálói Varga József, Rabó Gyula, Zalai András és Steingaszner Pál vegyész-mérnökök voltak.

A Varga-szabadalom (142997 sz.) diszkussziója

A technológiai paramétereket az általános részben ismertették, de a katalizátorkészítés pontos receptje nincs megadva. A szabadalom pontos megértéséhez azonban az irodalmi ismertetés és a nagy méretű kísérleteken alapuló példák elemzése is igen fontos. Az 1950-es években kizárólag anyagmérleget (súlymérés), desztillációt és kénelemzést használtak, a manapság elterjedt gázkromatográfiás vizsgálatok és katalizátorminősítés nélkül. Az adott korszakban azonban ezek nagy műszaki teljesítménynek számítottak.

A szabadalom irodalmi részében leírták, hogy a kis aszfalttartalmú ásványolajok, barnaszénkátrányok 200–300 atmoszféra hidrogénnyomáson, de a nagy aszfalt- és kis hidrogéntartalmú ásványolajok csak 500–700 atmoszférán bonthatók le jó hatásfokkal motorhajtóanyagokká. Kis nyomáson a jelentős kokszképződés miatt a folyamatos eljárás nem valósítható meg. Az irodalom szerint csak 700 atm nyomáson lehet üzembiztosan és gazdaságosan termelni. Ilyen körülmények között például mintegy 7% keményaszfalt-tartalmú ásványolaj-lepárlási maradék-

ból 5,5 súly% hidrogén felhasználásával csak 17 súly% benzin és kb. 63 súly% 325 °C-ig forró középpárlat képződik. Bár 700 atmoszféra nyomáson a nagy aszfalttartalmú nyersanyagok jó hatásfokkal dolgozhatók fel motorhajtóanyagokká, az eljáráshoz rendkívül költséges berendezés szükséges, és ezért ez az eljárás csak különleges esetekben gazdaságos. Megkísérelték korábban a már említett nagy aszfalttartalmú nyersanyagokat a folyadékfázisú hidrogénezésnél szokásos nyomásnál kisebb, 70 atm nyomáson feldolgozni, azonban a reakciót nem sikerült végrehajtani. Ezek az irodalmi megjegyzések az adott időszak technológiai korlátaira utalnak, nevezetesen a nagynyomású berendezések megépítésének és üzemeltetésének nehézségeire.

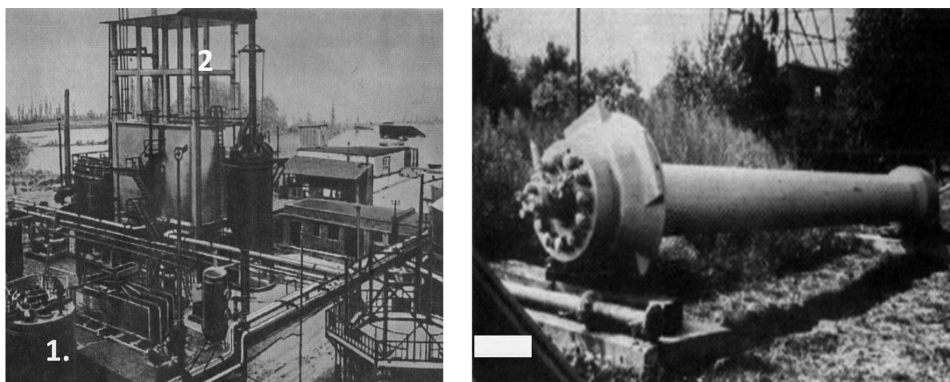
A találmány szerinti eljárást 400–500 °C-on, célszerűen 430–480 °C közötti hőmérsékleten hajtják végre. A nyersanyagban jelen levő oxigén-, kén- és nitrogénvegyületek jelentékeny része az eljárás folyamán eltávozik, például a kén mintegy 40–70%-os hatásfokkal. Katalizátor gyanánt alkalmasak a szokásos hidrogénező katalizátorok, például a periódusos rendszer 5., 6., 7. és 8. csoportjába tartozó fémek, ezek vegyületei, egymagukban vagy egymással keverten és hordozókon elosztatva vagy anélkül. Hatásosak továbbá a természetes és mesterséges szilikátok, az alumínium-oxid és ezek keverékei egymással vagy a felsorolt hidrogénező katalizátorokkal. Különösen hatásosnak bizonyult az aktív koks vagy szénpor, és ezeken a katalizátorokon a hidrokrakkoló eljárás jó hatásfokkal motorhajtóanyagokká alakította az alapanyagokat.

A találmány szerinti eljárás hidrogénfogyasztása kisebb, mint a nagynyomású hidrogénezésé. További előnye, hogy hidrogénforrásként kisebb hidrogéntartalmú gázelegyek is felhasználhatók, például 40–70 térfogat% H₂-tartalmú ipari gázelegyek. Ilyen a kísérletek helyszínén, Pétfürdőn hozzáférhető ammónia szintézisgáz.

A magyar szabadalom huszonhat országban lett bejelentve, és célul tűzték ki nemzetközi hasznosítását (Károlyi, 2001). A HU 142997 szabadalom alapján a következő külföldi szabadalmi bejelentések születtek: BE533923A, DE977520C, FR1120530A, GB778421A, NL98723C, CA571971DA, AT198400DA és US2939835A (Varga et al., 1954).

A szabadalom és kiegészítése az adott kor kiváló minőségű kutatómunkáját bizonyítja. Rendkívüli szervezést és kísérlettervezést igényelt, hogy a kísérleteket 400 literes nagynyomású fluidágyas reaktorban hajtsák végre, és anyagmérleget tudjanak készíteni. Ez a szabadalom fontos mérföldköve a magyarországi katalitikus kutatásoknak.

A 3. képen a NAKI kísérleti üzem (Móra, 1969) és a használt 400 literes reaktor látható (súlya 13 tonna, hossza 10,6 m, átmérője 400 mm, falvastagsága 70 mm, próbanyomása 375 atm). Varga Józsefnek és munkatársainak a *Petroleum Refiner* című folyóiratban 1957-ben, az amerikai szabadalmi bejelentés után megjelent közleménye részletesen ismerteti a Varga-eljárás technikai részleteit és eredményeit (Varga et al., 1957).



3. kép. A NAKI kísérleti üzeme, Pétfürdő, 1953, áttekintő kép (bal);
és (1. nagynyomású reaktor, 2. desztillációs oszlopok)
és a nagynyomású 400 literes reaktor közelebbi képe (jobb)
(Móra, 1969; Rabo et al., 2001)
(Magyar Műszaki és Közlekedési Múzeum
Vegyészeti Múzeuma [MMKMVM] gyűjteménye)

A Varga-féle hidrokrakk-eljárás hasznosítására 1959-ben az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) és a keletnémet VVB Mineralöle Halle/Saale Magyar–Német Varga Tanulmányi Társaságot alakított, amely Böhlenben 1960-ban egy második nagyüzemi kísérletben is igazolta az eljárás eredményességét (42 ezer tonna szovjet benzinmentes kőolaj feldolgozásával). Ullmann professzornak, a Böhleni Kombinát vezérigazgatójának javaslata alapján – hálás megemlékezéssel az 1956 végén betegségben elhunyt feltalálóra – nevezték el az eljárást Varga-eljárásnak (Varga-Verfahren).

A Varga-eljárás sajnos soha, sehol nem valósult meg folyamatosan működő, ipari termelőegységként. Úgy látszik, egy új technológia bevezetéséhez nem elegendő annak kidolgozása és kísérleti üzemi kipróbálása, a tervek és a makett elkészítése; valami más is kell hozzá. Magyarországon abban az időben nem voltak a méretnöveléshez értő gyakorlott vegyészmérnökök. Hiányozhatott a marketing és a fejlett gépészeti háttér, és a megvalósításban érdekeltek sora. Talán a politikai környezet sem támogatta. Valami hiányzott akkor, mert a kőolajmaradékok feldolgozása a világban gyorsan elterjedt – csak sajnos nem a Varga-eljárás alapján (Károlyi, 2001). Fontos kiemelni, hogy Varga József fiatal tudósokból álló iskolát alapított, amelynek tagjai később jelentős eredményeket értek el: miniszter, akadémikus, professzor, egyetemi rektor és vezető kutatók lettek egyes tanítványaiból.

RABÓ GYULA, A VARGA-TANÍTVÁNY FELFEDEZÉSEI AZ USA-BAN

E sorok írója, Németh László a UOP¹-nél huszonhárom éven keresztül dolgozott a fenti Varga-szabadalom egy másik feltalálójával, Rabó Gyulával, aki UOP-konzultánsként minden hónapban egy hétig a szomszéd irodában tartózkodott. Alkalmam volt a Varga-szabadalomról és az ő (Rabó Gyula) zeolit-felfedezéséről beszélgetni, és gyakran voltunk együtt Riverside-on, ahol a UOP-nek több folyamatos hidrokrakkoló kísérleti üzeme (pilot plant) működött az új katalizátorok és eljárások fejlesztésére.

Rabó elmesélte, hogy ő irányította a Varga-eljárás fejlesztését, méretnövelését és a németországi (böhleni) kísérleteket. A NAKI igazgatóhelyetteseként minden héten ment Pétfürdőre a kísérleteket megbeszélni, irányítani és értékelni. Rabó 1956-ban nem tért vissza Böhlenből Budapestre. Ennek és a forradalom leverésének következtében lezárult egy fontos tudománytörténeti szakasz. Varga József halála és Rabó Gyula emigrálása után az eljárásfejlesztő munkák a NAKI-ban és Magyarországon nem folytatódtak.

Rabó Gyula zeolittal kapcsolatos felfedezése

Robert Milton és kutatócsoportja a Union Carbide Linde-divíziójában évek óta foglalkozott zeolitszintézissel. Felfedezték az A- és X-zeolitokat, amelyeket gázok szétválasztásához sikeresen alkalmaztak az alacsony hőmérsékletű desztillációs szétválasztás helyett. A szintézishez oldható szilícium- és alumíniumvegyületeket használtak, és a képződött gélből alacsony hőmérsékleten sikeresen szintetizálták a zeolitokat. Donald Breck 1951-ben csatlakozott a Linde-divízió Buffalóban lévő, New York-i laboratóriumához, ahol több tucat új zeolitot fedeztek fel, így 1954-ben az Y-zeolitot. A felfedezett új anyagokat adszorpcióhoz és gázok szétválasztásához, ipari körülmények között alkalmazták.

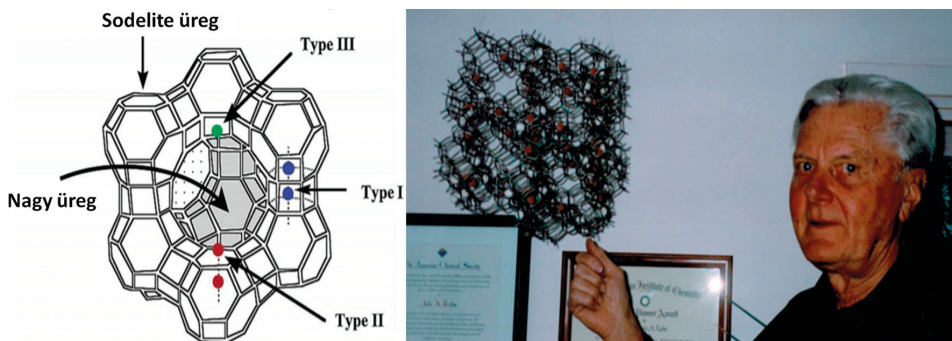
1957-ben Robert Milton, a Union Carbide kutatási igazgatója meghívására Rabó Gyula Bécsből az USA-ba ment (Rabó et al., 2001), hogy a zeolitok katalitikus ipari felhasználásával foglalkozzon. Breck és az 1956-ban belépett Edith Flanigen kis mennyiségben új anyagokat biztosítottak a katalitikus kísérleteihez. A kifejlesztett növelt Si/Al arányú módosított Y-zeolitok nagy aktivitást mutattak krakkolási reakciókban (4. kép).

Rabó és munkatársai felfedezése alapján három mérföldkő jellegű *szabadalmat jelentettek be* (Rabó et al., 1959) szénhidrogének átalakítására az USA Szabadalmi Hivatalában.

A három Union Carbide-szabadalmat a bíróságon több konkurens olajipari vállalat támadta, és érvényteleníteni próbálták, de a fellebbviteli bíróság 1960-

¹ Universal Oil Products Company, 2005 óta Honeywell OUP

ban minden Union Carbide-szabadalmat engedélyezett az eredeti igénypontokkal. Rabó Gyulának és a perelő vállalatoknak az eredeti hitelesített laboratóriumi jegyzőkönyveket kellett bemutatniuk a bíróság nyilvános ülésén, amelyek alapján a bíróság döntött: kártérítésre kötelezte a licenc nélküli alkalmazókat, és elutasította a megsemmisítési kérelmeket.



4. kép. Az Y-zeolit modellje (FAU) és Rabó Gyula az Y-zeolit (FAU) modellel (Rabó Bence családi gyűjteményéből)

Itt jegyezzük meg, hogy a katalitikus felfedezések támogatására nagy anyagtudományi csoport állt rendelkezésre a Union Carbide-nál. Új anyagokat fedeztek fel, azok ipari gyártását megoldották, és kereskedelmi forgalomban értékesíthető katalizátorokat állítottak elő. Ezek nem álltak rendelkezésre a Varga-eljárás fejlesztése során. Előbbi kiváló példája annak, hogy a sikeres felfedezéshez csapatmunkára, az anyagtudományi és katalitikus kutatók együttműködésére van szükség. Kísérleti üzem sem állt rendelkezésre, ezért partnereket kerestek.

Ezen szabadalmak több évtizedre meghatározták a szénhidrogének átalakításának folyamatait a kőolajiparban. Amikor a Union Carbide engedélyezte a teljesen levédett szabadalmak publikálását, 1960-ban Rabó és munkatársai nagy érdeklődést kiváltva ismertették a Második Nemzetközi Katalízis konferencián a több vegyértékű kationokkal módosított és savas Y-zeolittal mért krakkolási és hidrokrakkolási katalitikus eredményeiket (Rabó et al., 1961).

Rabó titoktartási szerződés keretében a világ legnagyobb olajvállalatainak is előadta eredményeit, de azokat először senki sem hitte el. Elbeszéléséből tudjuk, hogy a Mobil Oil vezetői például lehetetlennek neveztek felfedezését, és a szabadalmak megvásárlását visszautasították. Később egy kis palládiumtartalmú, majd több fémtartalmú – $(\text{NH}_4^+)\text{Y}$, (HC-11) – katalizátort felajánlottak kipróbálásra a Unocal cégnek, amelyeknél szintén hatalmas aktivitást észleltek.

A Union Carbide szabadalmait több évtizedig senki sem tudta jelentősen továbbfejleszteni. A Union Carbide licencszerződések keretében alkalmazási jogot adott több olajipari vállalatnak, így a UOP-nek is. A savas Y-zeolit ipari alkal-

mazása a UOP-nél 1960-ban valósult meg, azóta a világ összes olajfinomítójában a hidrokrakkolás és katalitikus krakkolás katalizátorainak ez a fő savas komponense. Kijelenthetjük, hogy a felfedezéshez a Varga-iskolában szerzett tapasztalatok jelentősen hozzájárultak. Ma a nagy pórusú szilíciumdús Y-zeolitot széles körben, több eljárásban használják.

A Union Carbide bopáli (India, 1984. december 2–3.) katasztrófája után, 1988-ban e cég zeolit- és katalízisrészlege és a UOP-t tulajdonló Allied Signal közös vállalkozást indított UOP néven, majd 1995-ben a UOP megszerezte a Unocal folyamattechnológiai licenceit is, ami felgyorsította a krakkolási és hidrokrakkolási eljárások gyorsabb elterjesztését az olajiparban.

A UOP-hidrokrakk jelentős licencljárás lett Rabó Gyula eredményei nyomán, amelyek a Varga-eljárás kidolgozása során szerzett tapasztalatokon alapultak. A UOP C. P. Dubbs termikus krakk technológiáját ekkor már széles körben licenclte és alkalmazta az USA az olajfinomítóiban. Érdekességként említjük a Dubbs családtagok keresztneveit: C. P. Dubbs teljes neve Carbon P[etroleum] Dubbs volt, lányait Methyl Dubbsnak és Ethyl Dubbsnak hívták.

A zeolitok savassága, jelentősége

Tanulmányozták az amorf alumíniumszilikát és a kristályos zeolitok közötti nagy savasságkülönbségeket és az O-H kötés erősségét a különböző atompozíciókban. A kötéstávolságok hatását is vizsgálták. Dr. Rabó, Verner Schomaker professzorral (Rabo et al., 1966) együtt évtizedekig foglalkozott a zeolitok atomi szintű kémiájával, elméletével és reakciómechanizmusuk kutatásával. Eredményeiket csak részben publikálták az ipari titkok megőrzése érdekében (Gajda–Rabo, 1990; Pellet et al., 1988; Rabo et al., 1989; 1990). A javasolt savasságelméletük szerint a zeolitikristályban a növekvő T–O–T (T a tetraédes ionok) atomtávolság és a pozíció a felelősek a zeolitikristályban a H⁺-formájú zeolitok savasságáért.

Rabó Gyula kitüntetései, hatása a katalízistudományra és a kőolajipari technológiákra

Rabó Gyulát szerte a világon és Magyarországon is elismerték. Több mint ötven közlemény (társ)szerzője és hatvan USA-szabadalom (társ)jogosultja volt. 1953-ban Kossuth-díjat kapott. Később az alábbi díjakkal ismerték el munkásságát: megkapta a New York-i Katalízis Társaság első díját (A katalízis kiválósága, 1985), az Amerikai Kémiai Társaság E. V. Murphree-díját (1988) és a North American Catalysis Society Eugene J. Houdry-díját (1989), a német Humboldt Alapítvány kitüntetését (1990), a Kémikusok Amerikai Intézetétől a Kémia Úttörője elismerést a zeolitikatalízis felfedezéséért (1993). Többször, több Nobel-díjas és világhírű tudós javasolta kémiai Nobel-díjra. 1991-ben elsőként kapta meg a Varga József-érmét az MTA Kémiai Tudományok Osztályától. Élete utolsó éveit

ben mindig ezt nézegette a dolgozószobájában, és beszélgetéseink során nagy tisztelettel emlegette a Varga-érmet és „Varga Józsi bácsit”.

Az MTA 1993-ban külső tagjának választotta. A korai Kossuth-díj és a Varga-érem mellett 2011-ben megkapta a Magyar Köztársasági Érdemrend tisztikeresztjét, amelyet New Yorkban adtak át az akkor betegeskedő Rabó feleségének. A Budapesti Műszaki Egyetem, valamint a Pannon Egyetem díszdoktora, a Magyar Kémikusok Egyesületének tiszteletbeli tagja volt. Mindig tökéletes gentlemanként viselkedett: a katalízis kutatói csak *Eminence Rabónak* hívták.

A YouTube-on megtekinthető az azóta elhunyt híres kataliziskutató, Burtron H. „Burt” Davis interjúja Rabó Gyulával (Davis, 1997).

A zeolitkatalízis gazdasági eredményei

A zeolitok alkalmazása több billió dolláros üzlet. A zeolitkatalizátorok bevezetése az olajipari és finomítói technológiákba a huszadik század egyik legnagyobb gazdasági eredménnyel járó kémiai felfedezése. Katalitikus alkalmazásai közül a FCC-krakkolás és a hidrokrakkolás a legjelentősebbek. A UOP, a Haldor *Topsøe*, az ExxonMobil, a Chevron Lummus Global, a Shell Global, a CD Tech, az Axens és a Sinopec rendelkezik hidrokrakkoló technológiával. Érdekes, hogy 2021 elején a pandémia alatt és az olajipari politikusok által javasolt átalakulások közepe is virágzik a hidrokrakkoló licencek eladása, és a megújuló energetikai átalakulásokban is jelentős szerepet játszik (O'Reilly, 2020).

A Rabó dr. vezetésével kifejlesztett zeolitkatalizátorok (és az azokra épülő FCC- és HC-eljárások) 2000-ig 75 milliárd hordó kőolaj megtakarítását eredményezték. A kidolgozott katalitikus eljárások hasznát trillió dollárra lehet becsülni, ami a mai napig is az ipari katalízis egyik legnagyobb eredménye (Rabó et al., 2001).

A UOP a Rabó-felfedezés óta és szabadalmi alapján, 1960 óta 250 hidrokrakkoló (Unicracking) gyártási licencet adott el katalizátorral és technikai szer vízzel együtt ötven országba (O'Reilly, 2020). A UOP hidrokrakkoló eljárásának alkalmazási részesedése 65% körüli, de sok olajfinomító a UOP-tól vásárolt hidrokrakkoló katalizátort is saját katalizátoraként írja le. Nagyszámú Unicracking katalizátor van jelenleg is gyártásban a speciális alkalmazásokhoz. Magyarországon nincs Unicracking technológiájú hidrokrakkoló.

A hidrokrakkolás jövője

Ma az olajipar a teljes megújulás stádiumában van, a modern technológiákban megújuló energiahordozókat kell használni, és flexibilisen kell alkalmazkodni a mai igényekhez, káros anyagok kibocsátása nélkül kell működniük, és alkalmasnak kell lenniük hulladékok felhasználására. A biomassza felhasználásá-

val fosszilis tüzelőanyagok válthatók ki, és a hidrokrakkolás során alkalmasan megválasztott katalizátorral és feldolgozási körülményekkel energiaforrássá, motorhajtóanyaggá alakíthatók. Példaként említjük az Ecofining-eljárást (Honeywell-UOP, 2021), ami emberi fogyasztásra nem alkalmas olajokat és állati zsiradékokat alakít biodízellé. A polietilén és más műanyag hulladékok hidrokrakkolása is igen fontos környezetvédelmi szempontból.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönik Edie Flanigen és Vasant Thakkar tartalmi javaslatait, Rabó Bencének, Markó Lászlónak és Vargáné Nyári Katalinnak (Vegyipari Múzeum) a fényképek és dokumentumok biztosítását és Tóth Rita Zsuzsannának (Szabadalmi Hivatal) a szabadalmakkal kapcsolatos segítséget. A kézirat átnézését és a javasolt korrekciókat Markó Lászlónak, Joó Ferencnek és B. Nagy Jánosnak. Simonné Sarkadi Livia és Gáti Gyula hasznos tanácsokat adott a teljes megemlékezés publikálásához.

IRODALOM

- Armor, J. N. (2011): A History of Industrial Catalysis. *Catalysis Today*, 163, 1, 3–9. DOI: 10.1016/j.cattod.2009.11.019, https://www.researchgate.net/publication/232400493_A_history_of_industrial_catalysis
- Davis, B. (1997): *Personal interview with Jules Rabo*. <https://www.youtube.com/watch?v=7EJ-4f1cha3Y>
- Gajda, G. J. – Rabo, J. A. (1990): Acid Function in Zeolites: Recent Progress. Guidelines for Mastering the Properties of Molecular Sieves. *Zeolite Chemistry and Catalysis*, American Chemical Society, 273–297.
- Honeywell-UOP (2021): *Honeywell Introduces Simplified Technology to Produce Renewable Diesel*. <https://uop.honeywell.com/en/news-events/2021/january/honeywell-uop-ecofining-single-stage-process>
- Károlyi J. (2001): In memoriam Varga-eljárás. *Magyar Kémikusok Lapja*, 56, 1–2. 29–32.
- Móra L. (1969): *Varga József élete és munkássága*. Budapest: BME, <https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/13387>
- Németh L. (2016): Rabó Gyula (1924–2016). *Magyar Kémikusok Lapja*, 71, 7–8, 239.
- O'Reilly, C. (2020): *Tüprás Selects Honeywell Technology*. <https://www.hydrocarbonengineering.com/refining/08122020/tpa-selects-honeywell-technology/>
- Pellet, R. J. – Blackwell, C. S. – Rabo, J. A. (1988): Catalytic Cracking Studies and Characterization of Steamed Y and LZ-210 Zeolites. *Journal of Catalysis*, 114, 1, 71–89. DOI: 10.1016/0021-9517(88)90010-3
- Rabo, J. A. – Pickert, P. E. – Boyle, J. E. (1959): (a) U.S. Patent 3,103,006, “Decationized Molecular Sieve Compositions;” (b) U.S. Patent 3,236,761 “Hydrocarbon Conversion Process and Catalyst” (decationized compositions); (c) U.S. Patent 3,236,762, filed 12/30/ “Hydrocarbon Conversion Process with the use of a Y type crystalline zeolite” (multivalent cation compositions).

- Rabo, J. A. – Pickert, P. E. – Stamires, D. N. – Boyle, J. E. (1961): Molecular Sieve Catalysts in Hydrocarbon Reactions. In: *Actes Du Deuxième Congrès International de Catalyse, Paris, 1960*. Vol 2. Éditions Technip, 2055–2074.
- Rabo, J. A. – Angell, C. L. – Kasai, P. H. et al. (1966): Studies of Cations in Zeolites: Adsorption of Carbon Monoxide; Formation of Ni ions and Na Centres. *Discussions of the Faraday Society*, 41, 328–349.
- Rabo, J. A. – Gajda, G. J. (1989): The Acid Function in Zeolites. *NATO ASI Series, 1989. Proceeding of NATO Workshop on Zeolites*.
- Rabo, J. A. – Gajda, G. J. (1990): Acid Function in Zeolite Recent Progress. *Catal. Rev.-Sci. Eng.*, 31, 385–430.
- Rabo, J. A. – Schoonover, M. (2001): Early Discoveries in Zeolite Chemistry and Catalysis at Union Carbide, and Follow-up in Industrial Catalysis. *Applied Catalysis A: General*, 222, 261–275.
- Varga J. – Rabó Gy. – Zalai A. – Steingaszner P. (1953): 142977 sz. magyar szabadalom, Eljárás aszfalttartalmú nyersolajok és egyéb, aszfalttartalmú, hidrogénben szegény anyagok feldolgozására motorhajtóanyagokká. (1955. június 6-án pótszabadalmat (144385) nyújtottak be.)
- Varga, J. – Rabo, Gy. – Zalai, A. – Steingaszner, P. (1954): US Patent 2939835. Treatment of Mineral Oils to Produce Light and Middle Oils. <https://patents.google.com/patent/US2939835A/en?q=us2939835>
- Varga, J. – Karolyi, J. – Rabo, Gy. et al. (1957): Treatment of Mineral Oils to Produce Light and Middle Oils. *Petroleum Refiner*, 36, 9, 198.