

# Selektiva reduktado de nitrogen-oksidoj per amoniako

Miroslav Markvart (Ĉeĥoslovakio)\*

## Landaj delegitoj de ISAE:

Argentino	<i>Dr. Máximo Valentinuzzi, Gascón 520, RA-1181 Buenos Aires</i>
Aŭstralio	<i>Ing. K. McG. Bowling, 42 Catalpa Crescent, Turramurra, NSW, 2074</i>
Aŭstrio	<i>AEI, Grete Breunlich, Stoesslgasse 2/8, A-1130 Wien</i>
Belgio	<i>Léon J. Hauregard, rue du Centenaire 147, B-4600 Liège-Chênée</i>
Brazilo	<i>Ing. Enivaldo Alves Silva, CxP 04-0144, BR-70000 Brasília (DF)</i>
Britio	<i>Dr. Marjorie Flint, 3, Longcroft Park, Beverley, N. Humberside HU17 7DY</i>
Bulgario	<i>Ljubomir Mihajlov, str. Valentin Andreev 41, BG-1619 Sofia</i>
Ĉeĥoslovakio	<i>Jiří Laube, Alej RA 811, CS-413 01 Roudnice n. L.</i>
Danlando	<i>Prof. Paul E. Kustaanheimo, DIA-E, 451, Danmarks Tekniske Højskole, DK-2800 Lyngby</i>
Finnlando	<i>Sirkka Mattlin, Hurtankatu 6, SF-05820 Hyvinkaa</i>
Francio	<i>Féodor Jelenc, 97, rue A. Fradin, F-86100 Châtellerault</i>
F.R. Germanio	<i>Dr. Gerhard Kalckhoff, Schuckertstr. 14/XI, D-8000 München 70</i>
Hispanio	<i>Johano Guñón C/ Wilfredo 6-3°-2a, Barcelona 1</i>
Hungario	<i>János Sárközi, Cserje u. 35, H-2600 Vác</i>
Italujo	<i>«Edistudio», cas. post. 213, I-56100 Pisa — pĉk 12230561</i>
Japanio	<i>Takeo Sugano, 6-5 Ohte-cho, J-569 Takatsuki Osaka — pĉk Osaka 4-021212</i>
Jugoslavio	<i>A. Jakupoviĉ, Filipa Višnjiĉa 39, YU-11080 Zemun</i>
Meksikio	<i>Héctor Vázquez, Avenida 7 No 267, México, 13, D.F.</i>
Nederlando	<i>Ing. J. O. de Kat, Kraaijenlaan 3, NL-2566 RA Den Haag</i>
Norvegio	<i>Prof. Carl Støp-Bowitz, Camilla Colletts vei 3, N-Oslo 2</i>
Novzelando	<i>Prof. C. J. Adcock, 174 Oriental Parade, NZ-Wellington 1</i>
Pollando	<i>Tyburcjusz Tyblemski, Bartka Zwyciezcy 11/1, PL-58500 Jelenia Gora</i>
Portugaliao	<i>Portugala E-A, R. Dr. João Couto, 6 R/C.-A, Lisboa 4</i>
Rumanio	<i>Ing. Dorin Hehn, Lugojujulj 21, sc. A, R-1900 Timișoara</i>
Sovetio	<i>Dr. V. Gromov, Santjago de Kuba 2-1-55 194291 Leningrad</i>
Svedio	<i>Christer O. Kiselman, Tuvängsvägen 38, S-752 45 Uppsala - pĉk 55 5735-0</i>
Svisio	<i>Rudi Hauger, ETH-Hönggerberg, Laboratorium für Festkörperphysik E17 CH-8093 Zürich</i>
Usono	<i>Ken Thomson, P.O. Box 663, Houston, TX 77001</i>
Venezuelo	<i>prof. Juan Eduardo Bachrich, Apto. 3833, Carácas 1010 A</i>

## 1. Enkonduko

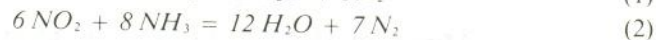
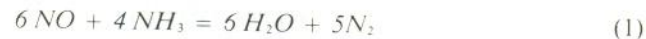
Nitrogenoksidoj (komune simboligitaj kiel  $NO_x$ ), speciale ja  $NO$  kaj  $NO_2$ , apartenas, krom  $SO_2$ ,  $CO$  kaj hidrokarbonidoj, al la plej gravaj gaspoluaĵoj endanĝerigantaj la vivmedion. La nitrogenoksidoj prezentas inter la menciitaj kombinaĵoj unuarangan tokson. Ties ĉeesto en atmosfero ne sole plifortigas tokso-efikon de plujaj poluantoj, ekz. de  $SO_2$ , sed ĝi estas ankaŭ prekursoro en vico da fotoĥemiaj reakcioj, per kiuj estiĝas kombinaĵoj ankoraŭ pli toksaj — ekz. el hidrokarbonidoj, kiuj eskapas el la ellastuboj de aŭtomobilaj motoroj — krom alie, peroksiacilnitratoj, kiuj konsistigas ekscitan parton de la t.n. smogo. Tial oni en la tutmonda skalo serĉas, kiel limigi emisiojn de  $NO_x$ , kaj disvolvas teĥnologie efikajn kaj samtempe ekonomie akcepteblajn metodojn por sendanĝerigi ilin.

La plej efika metodo por likvidado de  $NO_x$  estas ties kataliza reduktado al  $N_2$ . Unu el eblaj modifoj de tiu ĉi procedo estas la t.n. selektiva reduktado, ĉe kiu oni aplikas, en la rolo de la reduktiva substanco, amoniakon, kies eksterordinara taŭgeco al ĉi celo baziĝas sur tio, ke ĝi reagis plejparte sole kun  $NO_x$  kaj nur en eta grado ankaŭ kun  $O_2$ , kiu ĉeestas same en la gas-poluaĵoj. Rilate al multfoje pli granda enhavo de  $O_2$  en ellas-gasoj kompare al  $NO_x$ , kvanto da eluzata  $NH_3$  estas ege malpli granda ol ĉe aliaj — dum totala reduktado aplikataj — reduktivaj substancoj, ekz. brul-gaso, metano,  $CO$  k.s., kiuj reagis prefere kun oksigeno, kaj nur duavice ankaŭ kun  $NO_x$ . Sekve de tio la procedo povas esti pli ekonomia malgraŭ tio, ke prezo de  $NH_3$  estas, kompare al la ceteraj — ĉe kataliza reduktado aplikataj — brulaĵoj, pli alta.

\* inĝeniero, Ústav anorganické chemie, Československá akademie věd, Majakovského 24, 160 00 PRAHA 6.

## 2. Teoria analizo de la procedo de la selektiva reduktado

Ĉe la kataliza reduktado de  $NO_x$  per  $NH_3$  povas krom bazaj reakcioj:



okazi ankaŭ flankaj reakcioj estigantaj la oksidon  $N_2O$ , kiuj ja ne povas en decida grado influ la ĉefan proceson. Rilate ĉeeston de  $O_2$  eblas ankaŭ oksidado de  $NH_3$  laŭ la ekvacio:



El la termodinamika analizo de la prezentitaj reakcioj (t.e. el kalkulo de  $\Delta H^\circ$ ,  $\Delta G^\circ$  kaj  $K_w$ ) rezultas, ke tiuj estas forte ekzotermaj kaj preskaŭ unudirektaj, do ties ekvilibro estas ŝovita plene al reakci-produktoj, do al  $N_2$  kaj akvo-vaporo.

Tab. 1

reakcio	$\Delta H_{298}^\circ$ (kJ)	$\Delta G_{300}^\circ$ (kJ)	$(K_w)_{300}$
1	-1809,7	-1838,8	$8,53 \cdot 10^{191}$
2	-2737,4	-3052,8	$5,44 \cdot 10^{319}$
3	-1267,1	-1333,6	$1,57 \cdot 10^{139}$

La faktoro, kiu decidas pri grado de la forigo de  $NO_x$ , estas kinetiko de ties reduktado. Pri partoprenado de la reciproke konkurencaj reakcioj, havantaj tiel senperan influon al fina rezulto de la redukta proceso, t.e. pri reduktado de  $NO_x$  per  $NH_3$  (n-roj 1 kaj 2) kaj pri oksidado per  $O_2$  (n-ro 3), decidas oportuna elekto de teĥnologia reĝimo kaj selektiveco de aplikita katalizoro.

## 3. Akiritaj eksperimentaj rezultoj

Rilate intencon uzi en Ĉeĥoslovakio la selektivan reduktadon de  $NO_x$  por sendanĝerigado de elir-gasoj en ekzistantaj fabrikoj por produktado de  $HNO_3$ , oni detale studis en laboratorio influon de redukto-kondiĉoj al efikeco de la proceso, kaj samtempe konduton de granda vico da diversaj katalizoroj, antaŭ ĉio sub atmosfera premo, tamen oni studis ankaŭ eblecojn la-

bori sub pli alta premo (*Markvart - Pour 1974 A*). La aplikata metodiko kaj aparatara ordigo de mezurado estis detale priskribitaj jam pli frue (*Markvart - Pour 1969*).

### 3.1. Katalizoroj surbaze de platenaj metaloj

El ekzamenitaj katalizoroj de tiu ĉi grupo la plej altan aktivecon montris la katalizoroj platenaj (platenizita alumino). Surbaze de la laboratorioj mezuradoj oni starigis optimumajn kondiĉojn de selektiva reduktado por ties apliko.

Tenante proponitan teĥnologian reĝimon de la proceso (t.e. volumena rapideco  $30\ 000\ h^{-1}$ , enira gas-temperaturo  $220 - 240^\circ C.$ , superflua kvanto da amoniako rilate la steĥiometrian laŭ la ekvacioj (1) kaj (2) proksimume  $20 - 40\%$ , la katalizoro havis  $0,5 - 1,0\ mas.\%$  el plateno), oni povas ĉe kutimaj koncentritecoj de  $NO_x$  kaj  $O_2$  en elir-gasoj el la fabrikoj por produktado de  $HNO_3$  kun basprema aŭ senprema absorbado ( $0,2 - 0,5\ volumen.\%$  el  $NO_x$  kaj  $3-5\%$  el  $O_2$ ) atingi forigon de pli ol  $90\%$  de  $NO_x$ .

El la vidpunkto de la praktika direktado de la proceso estas grave, ke la kurbo de temperatur-dependeco ĉe konverto de  $NO$  havu maksimumon, kies situo estas tre signifoplena, ĉar ĝi dividas la sferon de reakci-temperaturoj en du partojn — la sfero de pli altaj temperaturoj ol estas tiu de la maksimumo, kie produktoj de la reakcio entenas sole spurojn de  $NH_3$ , kaj la sferon, kie en la rezulta gaso troviĝas pli granda kvanto da nereaginta amoniako. La situo de la maksimumo, dependanta kaj de aplikita katalizoro, kaj de reakci-kondiĉoj, difinas do sferon de oportunaj reakci-temperaturoj.

Testante metodojn de selektiva reduktado sur *Pt*-katalizoroj en modela aparato, oni trovis, ke en neregulaj temp-intervaloj okazas malpligrandiĝoj de  $NO_x$ -konverto, akompanataj samtempe kun pligrandiĝo de  $NH_3$ -enteno en la gasoj post la reaktoro. La variado de la proced-efikeco ne estis eĉ dum kontinua proceso flua; okazis nesistemaj subitaj malpligrandiĝoj, kiujn sekvis periodoj de parta reaktiviĝo de la katalizoro. En la gaso post la reaktoro ja ĉiam troviĝis  $NH_3$  en kvanto da centoj de ppm ( $200\ ppm$  kaj pli), kaj ties kvanto estis preskaŭ sendependa de ajna ŝanĝo de bazaj teĥnologiaj parametroj.

Serĉante eblajn kialojn de ties senaktivigo, oni antaŭ ĉio pensis pri kontakta veneniĝo de la katalizoro, ĉar oni scias, ke la platen-katalizoroj estas tre facile senaktivigeblaj, speciale per sulfur-kombinaĵoj. Tial oni testis influon de sulfur-kombinaĵoj, konkrete de  $SO_2$  kaj  $H_2S$ , je aktiveco de platen-katalizoroj sub kondiĉoj de la selektiva reduktado de  $NO_x$  same en laboratorioj kondiĉoj.

Oni trovis (*Markvart - Pour 1974 B*), ke ambaŭ pli supre menciitaj kombinaĵoj jam en koncentritec-regiono de kelkaj ppm tre subpremas aktivecon de la katalizoro, kio pli rimarkinde montriĝas ĉe konverto de  $NO$  ol ĉe  $NH_3$ . La senaktiviĝo estis parte neinvertigebla; en la elirgasoj jam konstante troviĝis nereaginta amoniako. La laboratoriajn provojn konfirmis indikoj, kiujn oni akiris, mezurante proceson en modela aparato. Estas evidente, ke la sulfur-kombinaĵoj povas trapasi la tutan proceson dum produktado de  $HNO_3$  kaj esti absorbitaj dum la selektiva reduktado sur la katalizoro. Tion oni poste konfirmis, analizante sulfur-enteno en la katalizoroj antaŭ kaj post ĉesigo de la modelaj eksperimentoj.

Por konservi bonan aktivecon de la platenaj katalizoroj oni proponis kaj longtempe esploris eblecon defendi ilin per antaŭmeto de tavolo el oksida katalizoro (*Markvart — Pour — Matoušek — Kočí 1976*). En la unua tavolo oni aplikis katalizoron, kiun konsistigas oksidoj de kupro kaj ĥromo. Tiuj absorbu katalizor-venenojn kaj malebligu ties efikon sur la platen-katalizoron, uzitan en la sekvanta tavolo. Per tiamaniere ordigita katalizorlito, testita en model-kondiĉoj dum pli ol 7000 h, oni sukcesis elimini efikon de la sulfur-kombinaĵoj tiom, ke, malgraŭ variado de  $NO_x$ , longtempa averaĝo de ties forigo atingis relative altan gradon (86% el meznombra enteno 0,3 volumen-% de  $NO_x$ ) kaj enteno de  $NH_3$  en elirgasoj estis malpli ol < 200 ppm.

### 3.2. Katalizoroj bazitaj sur neplaten-metaloj

Malgraŭ bonaj ecoj de la platen-katalizoroj restas ĉe ties aplikado en la teĥnologia praktiko esencaj malavantaĝoj, nome, krom la menciita granda sensiveco al katalizor-venenoj, ankaŭ ties granda prezo. Tial oni klopodis anstataŭigi ilin per la katalizoroj neplatenaj, kiuj malgraŭ sia malplia aktiveco, povas esti pli rezistivaj al senaktiviĝo kaj antaŭ ĉio, malpli kostaj.

La katalizoroj el oksidoj de komunaj metaloj estis tavoligitaj sur portanto el  $Al_2O_3$ . Ili estis studitaj sub kondiĉoj, kiuj ebligas kompari ties aktivecon kun platen-katalizoroj (*Markvart - Pour 1974 C*). El vico da testitaj katalizoroj -  $CuO$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $MoO_3$ ,  $WO_3$ ,  $V_2O_5$ ,  $MnO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Co_3O_4$ ,  $NiO$ ,  $CuO-Cr_2O_3$  kaj  $MnO-Cr_2O_3$  montris la plej altan efikecon la katalizoroj surbaze de  $Cu$  kaj  $Mn$ . Kompare al la platen-katalizoroj estis ja tiuj malpli aktivaj, do por atingi kontentigan gradon de la  $NO$ -konverto, estis necese apliki pli altan temperaturon aŭ malpli altan volumen-rapidecon. Por atingi certan nivelon de konverto, tamen ili ne postulis tioman superfluan de  $NH_3$  rilate la steĥiometrion, do ili estis pli selektivaj ol la platen-katalizoroj kaj ne

tiom sensivaj al variado de proporcio inter  $NH_3$  kaj  $NO$ . Karaktero de temperatur-dependeco de konverto estas, ĉe oksidaj katalizoroj, egala kiel ĉe la katalizoro platenaj kun ĉiuj konsekvencoj, kiuj el tiu ĉi fakto eliras. Diference de la platen-katalizoro la kurbo estas tre ebena ĉe maksimumo, kio plifaciligas elekton de optimuma reago-temperaturo.

El ĉiuj studitaj katalizoroj montriĝis — por praktika aplikado — plej oportunaj la vanad-katalizoroj speciale pro sia eminenta rezistivo rilate la katalizor-venenojn, precipe la sulfur-kombinaĵojn. Ĉe studado de ties ecoj oni trovis, ke ilia aktiveco dependas konsiderinde de metodo uzita ĉe ilia produktado. Tial oni studis la problemaron pli detale. La akiritaj rezultoj kondukis al originala ĉeĥoslovaka procedo por prepari katalizorojn surbaze de  $V_2O_5$ , teganta  $Al_2O_3$  (*ĈS.AO 179 083 (1977)*), kiuj ĉe selektiva reduktado de  $NO_x$  preskaŭ egalas al katalizoroj platenaj, kaj kontraste al la lastaj en granda intervalo de la reakci-temperaturoj, tiuj estas tre selektivaj.

## 4. Modelaj prov-aparatoj

Tuj post ekregado de bazaj problemoj ĉe la selektiva reduktado en laboratorio oni komencis eksperimenti en fabrikaj kondiĉoj. Ĉi-cele oni konstruis du aparatojn kun kapacito  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , instalitaj en du diversaj ĉeĥoslovakaj fabrikoj por produktado de  $HNO_3$ .

La unua instalaĵo provizita sole per la plej necesaj mezuraparatoj por kontrolado de la teĥnologia reĝimo ĉe reduktado, servis sole por indiki aplikeblecon de la metodo sub realaj kondiĉoj en fabrikado de  $HNO_3$  (diversa grado de oksidiĝo de  $NO_x$ , variado de rilato inter  $NH_3$  kaj  $NO_x$ , malsekaj gasoj k.t.p.), kaj laboris sole dum limigita temp-intervalo. Surbaze de tiamaniere akiritaj spertoj oni disvolvis kaj konstruis novan, plene aŭtomatigitan instalaĵon (*RENOX 102A — Markvart — Pour — Matoušek — Kočí 1976*), kiu estis proponita, kaj pro sia strukturo kaj pro mezur-cirkvitoj aŭ regulado, kiel modelo de produkt-instalaĵo. Per tiu ĉi instalaĵo oni pliprecizigis la laboratoriajn rezultojn rilate la realajn kondiĉojn en fabrikoj produktantaj  $HNO_3$ , longtempe testadis diversajn tipojn de katalizoroj el la vidpunkto de ties stabileco kaj akiris indikojn bezonajn por proponi kaj projekti fabrikajn instalaĵojn, celantan speciale kontroladon pri estiĝo de sedimentoj de amoniaj saloj sub nefavoraj redukto-reĝimoj.

Problemo de la estiĝado de amoni-saloj, kiuj povas aperi ĉe basaj temperaturoj sur rekta reago inter  $NH_3$  kaj  $NO_x$ , apartenas (konsidere fabrikajn

aplikon de selektiva reduktado) al la plej ofte diskutataj problemoj. El la rezultoj de la provado sekvas, ke ĉe reaktor-eniro oni povas malebligi tiun ĉi reagon per plivarmigo de izolitaj elirgasoj kaj amoniako. Ties miksado okazas sole ĉe sufiĉe alta temperaturo, kiam la reago jam funkcias. Post la reaktoro la amoni-saloj povas ekesti sole tiam, kiam en la gasoj post reduktado restas nekonsumenta amoniako. Kondiĉe de oportuna teĥnologia reĝimo ĉe reduktado, la gasoj post la reaktoro estas preskaŭ senigitaj de amoniako, do ne minacas danĝero de estiĝado de amoni-saloj. Sub malfavoraj kondiĉoj aŭ se la katalizoro estas senaktivigita, la elir-gasoj ja povas enteni amoniakon (ĉirkaŭ centoj da ppm), kiuj povas plue reagi kun resto de  $NO_x$ . En ĉi okazo oni povas observi sur malvarmaj partoj de la reaktoro sedimentojn en la formo de subtila pulvoro. Tamen se la temperaturo en la reaktoro estas pli alta ol  $110^\circ C$ , la amoni-saloj ne estiĝas eĉ sub tiuj ĉi kondiĉoj. Analizo de la sedimento montris, ke ties plej grava komponanto estas  $NH_4NO_3$ .

## 5. Fabrika reaktoro *RENOX 604*

Surbaze de la eksperimentaj datoj, akiritaj en la laboratorio, kaj spertoj kaj scioj el la laboro de la modelaj instalaĵoj, oni proponis por *Chemopetrol k.p.*, fabriko *SCHZ Lovosice* (Norda Bohemio, Ĉeĥoslovakio) reaktoron por forigado de  $NO_x$  el elirgasoj por kelke da produktoj de  $HNO_3$ , kies tuta kapacito estas  $120\ 000\ m^3\ h^{-1}$ .

Elektante koncepton de la instalaĵo oni plene respektis la postulatojn, ke dum konstruado aŭ funkciado ne ekestu ajnaj kapacitaj, maŝin-teĥnologiaj aŭ ĥemi-inĝenieriaj ŝanĝoj en ekzistantaj uzinoj por produktado de  $HNO_3$  (*Šubrt 1982*). Tial oni projektis la reaktorojn por la selektiva reduktado kiel aldonajn kaj kuplis ilin paralele al kolekt-kondukilo de la elirgasoj el ĉiuj produktopunktoj. La instalaĵo estas konstruita el du memstaraj partoj, kies kapacito estas  $60\ 000\ m^3\ h^{-1}$ ; tio ebligas pli facilan reguladon de laborpovo ĉe *RENOX* en amplekso 20 - 107% de ties laborkapacito por preventi eventualan malfunkciadon de iu el produktosekcioj de  $HNO_3$  aŭ por transpaŝi proprajn haltigojn ekz. cele al substituo de katalizoro, purigo de reaktoro k.t.p.

Bazaj partoj de instalaĵo, lokitaj en libera areo, estas: ventolilo, varmo-interŝanĝilo gaso-gaso por utiligi varmon el reduktitaj gasoj, vapora gas-varmigilo por fronti varmo-perdojn de instalaĵo, vapor-varmigilo por amoniako, aparato por miksi elirgasojn kun amoniako, propra reaktoro, sek-

vanta tubaro kun armaturoj kaj malpeza konstruaĵ-parto, en kiu estas lokitaj partoj por mezurado kaj regulado, aŭtomatigo kaj elektroinstalaĵoj (*Pavlas - Hruška 1981*). La instalaĵo estas plene aŭtomatigita inklude la dozadon de amoniako, kiu estas regata laŭ kvanto da elirgasoj kaj koncentriteco de  $NO_x$  troviĝanta en ili. Plue la instalaĵo estas provizita per blokado malebliganta funkciadon, se premo aŭ temperaturo ne atingas bezonajn valorojn.

Enhavon de reaktoro konsistigas vanad-katalizoro kaj la katalizoro surbaze de fer- kaj ĥrom-oksidoj, kiuj certigas malaltan nivelon de  $NH_3$  en reduktitaj gasoj kaj dum subitaj ŝanĝoj en la rilato inter  $NH_3$  kaj  $NO_x$ .

La instalaĵon oni prove ekfunkciigis en 1980; ekde 1982 ĝi jam laboras teĥnologie. Ĝi funkcias daŭre kun efikeco pli alta ol 90%, enhavo de  $NO_x$  en purigitaj gasoj estas tenata sub valoro de 200 ppm, enhavo de resta amoniako malpli alta ol 100 ppm.

La instalaĵon oni konsideras kompara unuo, kiu eliras el rezultoj de la ĉeĥoslovaka esplorado kaj dokumentas la ĉeĥoslovakon kontribuon al solvado de la problemaro ĉe poluaĵoj, kiuj eliras el la fabrikoj produktantaj  $HNO_3$ .

Fine oni povas konstati, ke la disvolvita metodo kaj instalaĵo por la selektiva reduktado de  $NO_x$  estas fabrike finitaj kaj estas oportunaj por aplikado en la ekzistantaj uzinoj produktantaj  $HNO_3$ , speciale en tiuj, kie temas pri purigado de granda amaso da elirgasoj kun relative malalta koncentriteco de  $NO_x$ .

## 6. Referencoj

- Markvart, M. — Pour, V. (1974 A): Simulace vlivu tlaku na selektivní redukci kyslíčnicků dusíku amoniakem. — *Chem. Prům.* 24/49, 231.
- Markvart, M. — Pour, V. (1969): Selektivní redukce kyslíčnicků dusíku amoniakem. — *Chem. Prům.* 19/44, 8.
- Markvart, M. — Pour, V. (1974 B): Selektivní katalytická redukce kyslíčnicků dusíku. — *Setkáni čs. chemiků* 74. Brno.
- Markvart, M. — Pour V. — Matoušek, P. — Kočí, J. (1976): Selektivní redukce odpadních kyslíčnicků dusíku z výroby kyseliny dusičné. — *Chem. Prům.* 26/51, 231.
- Markvart, M. — Pour, (1974 C): Selektivní redukce kyslíčnicků dusíku amoniakem na neplatinných katalyzátorech. — *Chem. Prům.* 24/49, 545.
- ČS.AO 179 083 (1977). Způsob výroby vanadového katalyzátoru.
- Šubrt, R. (1982): Likvidace oxidů dusíku z výroby kyseliny dusičné v Severočeských chemických závodech, k.p., Lovosice, stanici Renox. — *Ochrana ovzduší* 14, 144.
- Pavlas, P. — Hruška, P. (1981): Zařízení pro odstraňování oxidů dusíku z koncových plynů selektivní redukcí. — *Chem. Prům.* 31/56, 82.

## Selektivní redukce oxidů dusíku amoniakem

*Ve stručném nástinu je podán rozbor teoretických a některých praktických aspektů při řešení problematiky exhalací odpadních oxidů dusíku z výroby kyseliny dusičné metodou selektivní katalytické redukce.*

*Přehledně jsou uvedeny výsledky československého základního a aplikovaného výzkumu a jejich uplatnění při průmyslové realizaci uvedeného procesu, doplněné o popis provozního zařízení RENOX s udáním prakticky dosahovaných hodnot účinnosti procesu.*

Alven-dato de la manuskripto: 6.3.1983

## Scienca Revuo en 1984

Jam antaŭe (SR, 1982, 100), la prezidanto de ISAE atentigis la SR-abonantojn, ke — por povi vivi — nia revuo bezonas minimume 400-500 pagantajn membrojn. Ĉar daŭras la financa krizo de ISAE, en 1984 ni devos denove redukti la kajerojn tiel, ke aperos solaj du anstataŭ la normalaj kvar. Tamen, niaj legantoj ne malgajnos: rekompence ili ricevos la tre utilan eldonaĵon de Pola Esperanto-Asocio: **Bibliografio de la enhavo de Scienca Revuo (1949-1978) kun la Suplemento (1979-1982)**. La aŭtorino de la zorge kompilita verko estas **Irena Bednarz**. La 86-paĝa broŝuro, samformata kiel SR, povos esti bindita kun la du aperontaj kajeroj de la 35-a SR-volumo (1984).

Por ke nia revuo povu en 1985 reaperi normal-amplekse, ni turnas nin al la ISAE-membroj kun insista peto:

**VARBU PLIAJN ABONANTOJN!**

Redakcio

## Sorbo kaj elimino de substancoj per aer-plantaj organoj

(Ekologia kaj geohemia signifo)\*

Lev Vladimiroviĉ Medvedev\*\* (Sovetio)

### 1. Enkonduko

La klasika biologio atribuis al la folio du funkciojn, tiujn de asimilado kaj transpirado. Sed jam ekde la komenco de la 18-a jarcento aperis unuaj donitaĵoj pri ĝia kapablo sorbi kaj elimini diversajn peorganikajn kaj organikajn substancojn, kaj tiamaniere partopreni en nutrado de la planto. Malgraŭ tiuj donitaĵoj, la triumfo de la **liebige teorio** (1840) pri la minerala perradika nutrado por kelkaj jardekoj prokrastis agnoskon de la sorb-elimina kapablo kiel la tria gravega foli-funkcio. Kaj ĝis nun, scio pri multaj teoriaj kaj praktikaj aspektoj de tiu ĉi funkcio ne estas sur kontentiga nivelo.

### 2. Sorbo

La unuajn pruvojn pri sorbo kaj utiligo de mineralaj saloj tra la folio ni ŝuldas al *Davy* (1802) por  $NH_4 NO_3$ , al *Reinsch* (1871) por *P* kaj *K*, al *Bous-singault* (1978) por  $CaSO_4$ . Dank al skrupulaj eksperimentoj de la laste nomita aŭtoro (p. 394), kiu skribis, ke «sorbante likvan akvon, la folioj povas konduki en plant-organismon nutrajn substancojn... tenatajn en aer-suspensio kaj kaptatajn, solvatajn de roso», estis definitive pruvita kapablo de aer-plantaj organoj sorbi mineralajn substancojn. Baldaŭ la malkovro trovis vastan aplikon por «eksterradika nutrado» (la terminon proponis en 1903 *Ševirjev*) kaj por trakto de plantoj per pesticidoj, kaj lastatempe por fi-toindikado de atmosfera poluo (*Guderian* 1977, *Tukey k.a.* 1962).

\* prelego (20.10.1983) en Moskva Sciencista Esperanto-Klubo (MSEKz)

\*\* sciencisto, en Instituto por Akvoproblemoj, de Scienca Akademio de Sovetio, av. Mira, 196-144, 129128 MOSKVA