

## SPUŠTĚNÍ NOVÝCH VÝROBEN CYKLOHEXYLAMINU A DICYKLOHEXYLAMINU V BC MCHZ OSTRAVA A V ZÁVODĚ WANHUA, YANTAI, ČÍNA

JOSEF PAŠEK<sup>a</sup>, BOHUMÍR DVOŘÁK<sup>a</sup> a LIBOR DLUHOŠ<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, <sup>b</sup> BorsodChem MCHZ s.r.o. Ostrava, Member of Wanhua-BorsodChem Group, Česká republika  
bohumir.dvorak@vscht.cz

Je popsán vývoj a realizace technologií cyklo- a dicyklohexylaminu v MCHZ Ostrava od 70. let minulého století po současnost, v níž je výrobní závod součástí Wanhua-BorsodChem Group. V průběhu více než padesátiletého vývoje vzrostla produkce cyklohexylaminu (CHA) o dva řády, zavedením vypírky NH<sub>3</sub> z cirkulačního plynu došlo k úspoře vodíku a zvýšila se kvalita obou aminů, jejichž výtěžek je více než 99,0 %. Výroba CHA hydrogenací anilinu je urychlována speciálním, velmi aktivním a selektivním kobaltovým katalyzátorem s vysokou cca 20letou životností.

Klíčová slova: cyklohexylamin, dicyklohexylamin, kvalita produktů, BC MCHZ Ostrava, kobaltový katalyzátor

### Úvod

Cyklohexylamin (CHA) se vyrábí v BorsodChem MCHZ Ostrava (BC MCHZ) již od počátku 60. let minulého století, tedy asi 60 let (cit.<sup>1,2</sup>). Kapacita výroby se postupně zvyšovala a v letech 2022 a 2023 vývoj vyvrcholil spuštěním 2 nových výrobních komplexů na výrobu CHA a dicyklohexylaminu (DCHA), jednak v Ostravském závodě s kapacitou 60 kt CHA/rok a 10 kt DCHA/rok, v roce 2023 byla spuštěna podobná jednotka u čínského vlastníka BC MCHZ v závodě Wanhua Yantai. Pro tuto čínskou jednotku jsme v roce 2020 předali podrobné podklady<sup>3</sup>. Kapacita obou linek výroby CHA a DCHA pokrývá asi 60–70 % světové spotřeby těchto aminů.

V souvislosti s rozvojem výroby CHA se v BC MCHZ postupně vyvíjela i výroba sekundárního aminu, tj. DCHA. Na samém počátku výroby CHA se ze surové reakční směsi DCHA neizoloval, později se z výroby CHA část reakční směsi odvětvila a konvertovala se na niklovém katalyzátoru na rovnovážnou směs obsahující asi

65 % DCHA a 35 % CHA. Ještě později byl obsah DCHA v reakční směsi zvýšen parciální kondenzací a zařazením dalšího reaktoru na víc než 90 %.

Při výrobě DCHA vzniká ekvivalent amoniaku, jehož izolaci jsme později též realizovali. Větší ekonomický význam než izolovaný amoniak měl přebytečný vodík zbavený NH<sub>3</sub>, který se mohl vracet do hydrogenace anilinu.

V posledních letech byl tedy v BC MCHZ provozován vzájemně propojený komplex 3 jednotek:

- hydrogenace anilinu na CHA na speciálním kobaltovém katalyzátoru s výrobou kolem 25 kt/rok,
- výroba DCHA ať již hydrogenací anilinu, nebo ze surového CHA na komerčním niklovém katalyzátoru (5 kt DCHA/rok),
- izolace amoniaku z plynů z hydrogenace anilinu na CHA a DCHA absorpcí do vody s následnou koncovou destilací bezvodého amoniaku.

V podstatě stejným způsobem byly koncipovány nové jednotky výroby CHA a DCHA v Ostravě i v Yantai. Výroba CHA v BC MCHZ byla spuštěna v roce 2022



Na slavnostním Večeru s českou chemií organizovaným Svazem chemického průmyslu převzal ocenění Osobnost české chemie doc. Ing. Bohumír Dvořák, CSc. Ostravský rodák absolvoval VŠCHT Praha v roce 1961. Již jako student začal pracovat na Ústavu organické technologie pod vedením inženýra, nyní prof. Josefa Paška, DrSc., a do současnosti je jeho dlouholetým spolupracovníkem.

Nejvýraznějších úspěchů dosáhl při vývoji průmyslových katalyzátorů, což je oblast, která mu přinesla velké uznání v aplikační sféře a více než padesátiletou, dosud trvající spolupráci s průmyslovými podniky – výrobcem katalyzátorů v Litvinově a producentem aminů v BC MCHZ. V rámci této spolupráce např. připravil podklady pro výrobu měďného katalyzátoru, jejíž zkušební provoz byl zahájen v 2. polovině roku 1989 v CHZ Litvinov a jejíž produkty jsou aplikovány již více než 30 let ve výrobně anilinu v BC MCHZ Ostrava a od roku 2005 také v závodě Tokuyama v Japonsku.

a v dubnu 2023 byla uvedena do chodu výrobní v Yantai. Výroba DCHA v BC MCHZ se poněkud opozdila, protože na výrobu tohoto aminu bylo použito zařízení po zrušené jednotce s kapacitou 25 kt CHA, které se poněkud upravilo. Výroba DCHA v BC MCHZ Ostrava byla spuštěna v červenci 2023.

Oba nové komplexy představují nejen budoucí „monopol“ výroby obou aminů, ale zároveň svou koncepcí jsou nejlepšími technologiemi těchto látek na světě.

Při hydrogenaci anilinu na CHA se používá námi vyvinutý kobaltový katalyzátor, který je relativně levný, má velmi dlouhou životnost (max. spotřeba katalyzátoru je 40 g/t CHA), vysokou aktivitu a selektivitu.

Výtěžek obou aminů na anilin je asi 98,6 %, ztráty 1,4 % připadají asi stejným dílem na hydrogenolyzu na cyklické uhlovodíky a na tvorbu odpadních vysokovroucích látek.

Odpadní směs benzenu, cyklohexanu a cyklohexenu se může prodat na výrobu cyklohexanu (kaprolaktam) hydrogenací benzenu.

Propojení 3 jednotek poskytuje jistou pružnost v objemu výroby CHA a DCHA.

Komplex 3 jednotek pracuje pouze s jedním recyklačním dmychadlem vodíku a uspořádání jednotky poskytuje kapacitu 60 kt CHA/rok a 10 kt DCHA/rok při výkonu dmychadla 500 kmol plynů/h. Tlak v hlavním reaktoru je asi 200 kPa.

Propojení 3 jednotek v BC MCHZ Ostrava částečně využívá energii expanze vodíku vyráběného za tlaku 2 MPa.

Reakční teplo hydrogenace anilinu se využívá k výrobě páry a spolu s účelnou výměnou tepla vyrobená pára pokrývá celou spotřebu tepla při výrobě CHA.

Způsob hydrogenace anilinu na cyklohexylamin je předmětem několika našich čs. patentů<sup>4–13</sup>. CHA se ve světě vyrábí hydrogenací anilinu na kobaltových nebo rutheniových katalyzátorech, snad se využívá i aminace cyklohexanolu. Tento článek neobsahuje rešerši způsobu hydrogenace anilinu.

## Vývoj výroby cyklohexylaminu a dicyklohexylaminu v BC MCHZ

Výrobu cyklohexylaminu v BC MCHZ jsme zahájili v roce 1962, tehdy se produkovalo asi 600 t CHA/rok, dnes výroba obou aminů dosáhla kolem 30 kt/rok. Výroba CHA se v BC MCHZ vyvíjela spolu s výrobou anilinu hydrogenací nitrobenzenu. V 60. a 70. letech minulého století se nitrobenzen do tehdejších MCHZ dovážel z VCHZ Rybitví. Ostatně katalytická redukce nitrobenzenu vodíkem na měděném katalyzátoru se mohla uplatnit až po roce 1963, kdy se v DEZA Valašské Meziříčí spustila katalytická rafinace koksárenského surového benzolu, čímž se odstranily sírné sloučeniny, které jsou silnými jedy pro měděné katalyzátory. Katalytická hydrorafinace surového benzolu dnes poskytuje benzen s obsahem kolem 0,3–0,4 ppm síry.

V roce 1963 se v MCHZ spustila malá výroba anilinu hydrogenací nitrobenzenu s využitím jednoho z trubkových reaktorů po opuštění hydrogenace fenolu na cyklohexanol. V roce 1969 byl pro hydrogenaci nitrobenzenu na anilin vybudován nový reaktor, jehož trubky byly chlazené cirkulací organického přenašeče tepla, který dovozoval pracovat při vyšší teplotě až 230 °C, původní reaktor chlazený vroucí vodou dovozoval teplotu chladičového média jen kolem 180 °C. Nový reaktor byl vybudován na produkci anilinu 2000 t/rok, tehdejší výroba anilinu redukcí nitrobenzenu železnými pilinami ve VCHZ Rybitví byla kolem 4000 t/rok.

Když padlo rozhodnutí tehdejší RVHP o specializaci československého chemického průmyslu na výrobu gumárenských chemikálií, s čímž byla spojena i výroba anilinu s kapacitou asi 50 kt/rok, zvolili jsme novou koncepci výroby anilinu s kombinací dvou katalytických reaktorů za sebou, kdy první reaktor byl trubkový, chlazený vroucí vodou, který produkoval páru na úkor velkého reakčního tepla redukce nitrobenzenu vodíkem, druhý reaktor byl adiabatický, kdy se teplota postupně zvyšovala až na 300 °C s tím, jak postupovala deaktivace měděného katalyzátoru. Na tomto principu pracuje i současná výroba anilinu v BC MCHZ s kapacitou kolem 160 kt/rok a také licenční jednotka japonské firmy TOSOH s kapacitou až 300 kt anilinu za rok.

O vývoji výroby anilinu v BC MCHZ se zmiňujeme proto, že donedávna byl anilin hydrogenován na cyklohexylamin na jednotkách, které zbyly po výrobě anilinu. Až poslední stupeň rozvoje výroby cyklohexylaminu, tj. jednotka na kapacitu 60 kt CHA/rok byla vybudována v letech 2021–2022 jen na výrobu CHA. Stonásobné zvýšení objemu výroby CHA se tedy uskutečnilo v několika etapách.

Po rozhodnutí o vybudování výroby anilinu se dvěma reaktory za sebou byl takový poloprovoz s kapacitou 8–10 kt anilinu/rok spuštěn v roce 1975 a reaktor chlazený organickým přenašečem tepla byl upraven na výrobu cyklohexylaminu. Protože redukce kobaltového katalyzátoru vyžadovala teplotu 220–230 °C, byly v reaktoru první etapy oxidy kobaltu redukovány přehřátým vodíkem. Reaktor chlazený organickým přenašečem tepla zajistil potřebnou teplotu pro redukci oxidů kobaltu bez problému.

V roce 1985 byla spuštěna velká výrobní anilinu a nitrobenzenu, která zahrnovala 5 reaktorových linek, každá linka měla kapacitu 20–21 kt anilinu/rok. Poloprovozní reaktor na výrobu až 10 kt anilinu/rok bylo možné využít pro výrobu cyklohexylaminu.

Již předtím se objevil trh pro sekundární amin, tj. dicyklohexylamin. První výroba dicyklohexylaminu byla v BC MCHZ realizována tak, že se část reakční směsi z reaktoru výroby cyklohexylaminu konvertovala v adiabatickém reaktoru na niklovém katalyzátoru na rovnovážnou směs, která obsahovala asi 65–67 % DCHA.

Po uvolnění linky anilinu s kapacitou 10 kt/rok (obsahovala kolem 5 m<sup>3</sup> katalyzátoru) se po roce 1985 linka přebudovala na výrobu cyklohexylaminu. V roce 1988 byla spuštěna nová, tehdy již třetí linka na výrobu

cyklohexylaminu a opět byl anilin hydrogenován v reaktoru určeném původně k výrobě anilinu. Požadavek na odbyt CHA stále narůstal a přitom výkon šroubového kompresoru na recyklaci vodíku zůstával stejný, asi 2900 Nm<sup>3</sup>/h. Proto se molární poměr vodík (hydrogenační plyn)/anilin stále zmenšoval a v posledních letech klesl i na hodnotu 5,5. První náplň kobaltového katalyzátoru pracovala v reaktoru 20 let a neznáme katalytický proces s tak dlouhou životností katalyzátoru. Před spuštěním nové jednotky CHA s kapacitou 60 kt/rok dosahovala roční produkce cyklohexylaminu asi 25 kt/rok. V této době BC MCHZ již ovládly evropský trh CHA a část CHA se vyvážela i do Asie a Ameriky. Podobná výrobní kapacita CHA existuje ještě na Taiwanu, v pevninské Číně je asi 8 menších výrobců CHA.

Bylo nutno pokrýt i narůstající odbyt DCHA. V souvislosti s novou anilinovou jednotkou byla vybudována samostatná výroba DCHA s využitím trubkového reaktoru ze zlikvidované výroby isopropylaminu. Na této jednotce byl obsah DCHA v reakční směsi zvýšen parciální kondenzací reakční směsi s následnou konverzí zbývajících primárního aminu na amin sekundární, čímž se koncentrace DCHA v reakční směsi zvýšila na 90–92 %. Tato nová linka již neměla dmychadlo na recyklaci nezreagovaného vodíku a koncové plyny obsahující hlavně vodík a asi 4–5 % NH<sub>3</sub> byly vedeny do okruhu reaktoru CHA. Na takovém zařízení bylo možné vyrábět DCHA buď ze surového CHA nebo z anilinu, ev. z jejich směsi.

Až do jistého rozsahu výroby DCHA bylo ekvivalentní množství vznikajícího amoniaku spalováno spolu s vodíkem. Ztrácel se tím nejen amoniak, ještě větší eko-

nomický dosah mělo spalování vodíku, protože z okruhu reaktoru CHA se do spalovny odváděl plyn, obsahující asi 13 obj.% NH<sub>3</sub> a 85 % vodíku. Proto byla v komplexu nové konstelace v roce 2014 dobudována absorpce amoniaku do vody a desorpce bezvodého amoniaku, která umožňovala recyklaci většiny vypraného vodíku do výroby CHA.

Tento systém tří spojených provozů jsme přejali do komplexu nové velké kapacity cyklohexylaminu 60 kt/rok a dicyklohexylaminu 10 kt/rok (obr. 1, 2).

## Kvalita produktů

### Cyklohexylamin

Realizací projektu CHA 60 kt/rok je garantovaná produkce CHA s čistotou minimálně 99,9 %, s minimálním obsahem organických nečistot a garancí barevnosti pod 20 Hz. Kvalita CHA z nové produkce je porovnána s původní kvalitou v tabulce I.

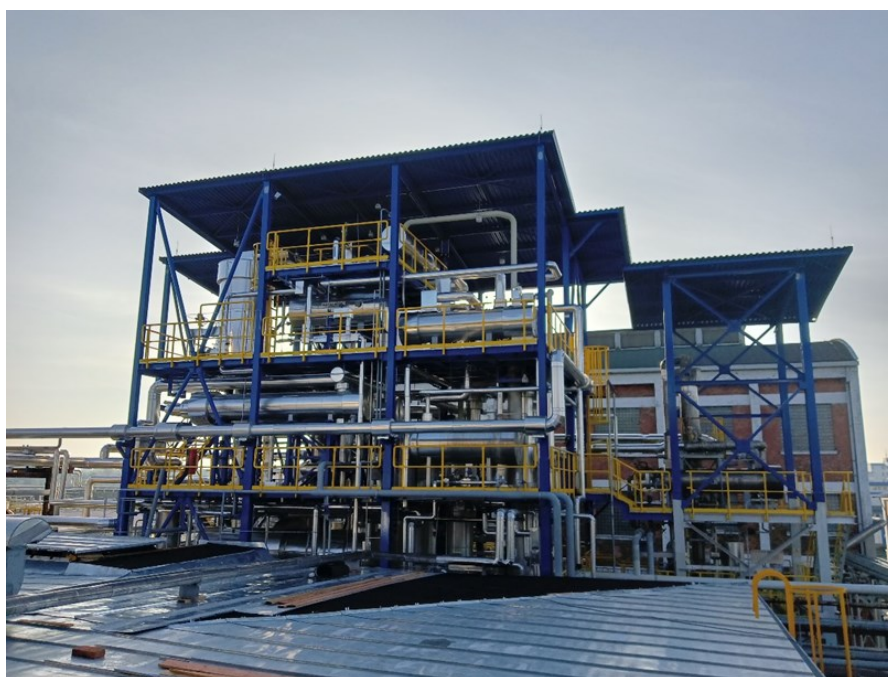
Nová technologie a způsob skladování CHA jsou v rámci nové výrobní jednotky koncipovány tak, aby se výrazně snížila tvorba *N*-cyklohexylidencyklohexylaminu (SB) v CHA. Při dodržení podmínek skladování CHA nesmí obsah SB překročit 0,05 %, což je hranice pro aplikaci CHA při výrobě cyklamátu (umělých sladidel).

### Dicyklohexylamin

Na nové jednotce je finální rektifikace produktu provedena v kontinuálním uspořádání, až dosud jsme DCHA



Obr. 1. Nová výrobní CHA v BC MCHZ Ostrava s kapacitou 60 kt/rok



Obr. 2. Nová výrobní DCHA v BC MCHZ Ostrava s kapacitou 10 kt/rok

Tabulka I

Porovnání složení CHA z nové jednotky 60 kt/rok s původní kvalitou CHA

Látka	Benzen a ostatní uhlovodíky [%]	CHA [%]	Cyklohexanol [%]	Anilin [%]	DCHA [%]	SB <sup>a</sup> [%]	Voda [%]	Zabarvení [Hz]
Původní CHA	max. 0,5	min. 99,7	max. 0,05	max. 0,005	0	max. 0,05	max. 0,1	max. 50
Nový CHA	0,007	min. 99,9	< 0,001	0	0	0,02	max. 0,05	max. 20

<sup>a</sup> SB – *N*-cyklohexylidencyklohexylamin

Tabulka II

Porovnání složení DCHA z nové jednotky 10 kt/rok s původní kvalitou DCHA

Látka	Benzen a ostatní uhlovodíky [%]	CHA [%]	Cyklohexanol [%]	Anilin [%]	DCHA [%]	SB <sup>a</sup> [%]	FCHA [%]	Voda [%]	Zabarvení [Hz]
Původní DCHA	0	max. 0,2	max. 0,2	max. 0,2	min. 99,0	max. 0,2	max. 0,2	max. 0,3	max. 50
Nový DCHA	0	0,01	0	0	99,8	0,03	0,005	0,05	5

<sup>a</sup> SB – *N*-cyklohexylidencyklohexylamin

izolovali vsádkovou rektifikací. Nové uspořádání rektifikace umožnilo zvýšit čistotu výsledného produktu (viz tabulka II) a také stabilizovalo celý proces výroby. Tabulka II porovnává kvalitu původně vyráběného DCHA s kvalitou dosahovanou na nové jednotce 10 kt DCHA/rok. S tímto produktem může BC MCHZ vstoupit i do speciálních aplikací tohoto produktu, jako jsou farmacie a speciální organické syntézy.

### Kobaltový katalyzátor pro hydrogenaci anilinu na CHA

Příprava speciálního kobaltového katalyzátoru byla předmětem výzkumné práce B. Dvořáka jednak v rámci jeho diplomové práce, jednak v rámci práce kandidátské. Kobaltový katalyzátor byl jednoznačně vybrán, protože bylo známo, že kobalt ve srovnání s jinými kovy preferuje vznik primárního aminu a potlačuje termodynamikou preferovaný vznik DCHA. Měli jsme tehdy šťastnou ruku a pro hydrogenaci anilinu na cyklohexylamin jsme vybrali jako katalyzátor oxidy kobaltu na uhličitane vápenatém, dotovaný 3 % uhličitane sodného.

Výroba katalyzátoru je celkem jednoduchá, jeho aktivita, selektivita a životnost jsou extrémně vysoké. Některé vlastnosti vyvinutého kobaltového katalyzátoru jsme dalším výzkumem vysvětlili, u některých se nám to dosud plně nepodařilo. Např. při hydrogenaci anilinu v bezvodém prostředí se aktivita katalyzátoru postupně zvyšuje až na desetinásobek, délka této tzv. záběhové periody závisí na obsahu vody v reakční směsi. Přítomnost vody v jisté koncentraci má příznivý vliv na rychlost hydrogenace anilinu. Některými vlastnostmi kobaltového katalyzátoru při hydrogenaci anilinu se zabývá doktorská práce R. Valeše<sup>14</sup>.

Pravděpodobně s ohledem na záběhovou periodu jsme v 60. letech minulého století špatně stanovili optimální molární poměr (MP) vodík/anilin, tj. poměr pro dosažení maximální rychlosti hydrogenace anilinu za daných podmínek. Za optimální jsme tehdy považovali MP = 20, až později jsme si všimli, že optimální poměr je mnohem nižší. Dlouhou dobu jsme pak za optimální považovali MP kolem 10 a teprve před několika lety jsme při záměrných experimentech zjistili, že optimální molární poměr je nižší než 6, poměr MP = 6 byl nejmenší MP použitý při experimentech. V tomto směru se tedy hydrogenace anilinu kineticky chová jako jiné hydrogenace, tj. že hydrogenovaná komponenta nemá výrazně silnější absorpci než vodík. Zdálo by se, že bude účelné hydrogenovat anilin s malým přebytkem vodíku a že je možné ušetřit energii spotřebovanou na jeho recyklaci. Nicméně dlouhodobé pozorování ukázalo, že při nízkém přebytku vodíku se katalyzátor rychleji zanáší smolami, a proto dnes doporučujeme pracovat s molárním poměrem hydrogenační plyn/anilin kolem 10. Velmi malý přebytek plynů by byl pro nový katalyzátor nevýhodný též z hlediska teplotního profilu vodou temperovaných katalytických trubek reaktoru.

### Závěr

- Proces výroby CHA a DCHA založený na speciálním kobaltovém katalyzátoru s účelným propojením tří výrobních jednotek považujeme za nejlepší na světě. Vysoké zatížení kobaltového katalyzátoru dovoluje budovat trubkový reaktor s kapacitou až 100 kt/rok. Dlouhá životnost katalyzátoru garantuje jeho velmi nízkou měrnou spotřebu.
- Účelná výměna tepla spolu s výrobou páry na úkor reakčního tepla hydrogenace anilinu poskytují tepelně samonosný proces výroby CHA.
- Pokud efektivně využijeme malé množství produktů hydrogenolýzy, je chemický výtěžek procesu výroby CHA a DCHA až 99,5 %.
- Na mnohaletém vývoji procesu CHA a DCHA se podílelo mnoho pracovníků jak z BC MCHZ, tak z VŠCHT Praha. Ti z raného vývoje procesu jsou spoluautory citovaných patentů. V posledních letech se pod vedením L. Dluhoše podíleli na vývoji obou procesů pracovníci J. Schneider, J. Janošek, P. Nykel, R. Čapek, J. Broskevič, L. Mrózek, J. Woznica, S. Michalík a D. Nevlud.

### LITERATURA

1. Pašek J., Růžička V., Richter P., Jarkovský L., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu a dicyklohexylaminu, čs. patent 101477, Nov 15, 1961.
2. Pašek J., Růžička V., Jarkovský L., Richter P., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. patent 101478, Nov 15, 1961.
3. Pašek J., Dluhoš L., Dvořák B., Fíla V.: Information concerning the processes for cyclohexylamine and dicyklohexylamine production through aniline hydrogenation in the Yantai plant, April 2020.
4. Pašek J., Dvořák B., Pexidr V., Marek J., Bílek O.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 218989, Nov 9, 1982.
5. Pašek J., Dvořák B.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 226299, Nov 8, 1983.
6. Pašek J., Marek J., Grapl J., Rozinek R.: Způsob výroby cyklohexylaminu, čs. AO 250279, Dec 30, 1986.
7. Pašek J., Dvořák B., Jarkovský L., Richter P.: Způsob aktivace katalyzátoru pro výrobu cyklohexylaminu hydrogenací anilinu, čs. patent 129874, Nov 15, 1968.
8. Pašek J., Pexidr V., Dvořák B., Růžička V., Kočárek P.: Způsob regenerace katalyzátorů, čs. AO 188729, Jul 7, 1981.
9. Dvořák B., Pašek J., Pavlas P., Neuwirt I., Lubojacký J.: Způsob stabilizace aktivovaného kobaltového hydrogenačního katalyzátoru, čs. AO 234642, Nov 12, 1984.
10. Dvořák B., Pašek J., Lubojacký J., Pavlas P., Neuwirt I.: Způsob reaktivace stabilizovaného kobaltového katalyzátoru pro selektivní hydrogenaci anilinu na

- cyklohexylamin čs. AO 241688, Nov 11, 1985.
11. Dvořák B., Pašek J., Lubojacký J., Círová A., Rosenthal J.: Způsob zvýšení selektivity procesu katalytické hydrogenace anilinu na cyklohexylamin, čs. AO 253798, Aug 25, 1987.
  12. Grapl J., Pavlas P., Dvořák B., Lubojacký J.: Způsob zlepšení vlastností kobaltového katalyzátoru pro cyklohexylaminový proces, čs. AO 263848, Jan 30, 1989.
  13. Pašek J., Dvořák B., Grapl J., Pavlas P., Lubojacký J.: Způsob redukce hydrogenačního kobaltového katalyzátoru, čs. AO 269723, Jan 24, 1990.
  14. Valeš R.: *Studium vlastností kobaltového katalyzátoru používaného pro hydrogenaci anilinu na cyklohexylamin. Disertační práce.* VŠCHT Praha, Praha 2023.

**J. Pašek<sup>a</sup>, B. Dvořák<sup>a</sup>, and L. Dluhoš<sup>b</sup>** (<sup>a</sup> *University of Chemistry and Technology, Prague*, <sup>b</sup> *BorsodChem MCHZ s.r.o. Ostrava, Member of Wanhua-BorsodChem Group, Czech Republic*): **Start-up of New Cyclohexylamine and Dicyclohexylamine Plants at BC MCHZ Ostrava and at The Wanhua Plant, Yantai, China**

The development and realization of cyclo- and dicyclohexylamine technologies at MCHZ Ostrava from the 1970s to the present, in which the production plant is a part of the Wanhua-BorsodChem Group, is described. In the course of more than fifty years of development, the production of cyclohexylamine (CHA) has increased by two orders of magnitude. With the introduction of the scrubbing of NH<sub>3</sub> from the circulation gases, hydrogen has been saved. The quality of both amines has increased, their yield being more than 99.0%. The production of CHA by hydrogenation of aniline is accelerated by a special, very active and selective cobalt catalyst with a long service life of approximately 20 years.

**Keywords:** cyclohexylamine, dicyclohexylamine, quality products, BC MCHZ Ostrava, cobalt catalyst



Užití tohoto díla se řídí mezinárodní licencí Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.cs>), která umožňuje neomezené využití, distribuci a kopírování díla pomocí jakéhokoliv média, za podmínky řádného uvedení názvu díla, autorů, zdroje a licence.