

Odbourávání organických kontaminantů ve vzdušínách použitím plazmatu

Lubomír Prokeš^a, Pavel Stáhel^a, Radim Žebrák^b, Luboš Zápotocký^b

^a Ústav fyzikální elektroniky, Masarykova Univerzita, Kotlářská 2, Brno, Česká republika.

^b DEKONTA a.s., Dřetovice 109, Stehelčevy, Česká republika.

Kontakt: prokes@chemi.muni.cz

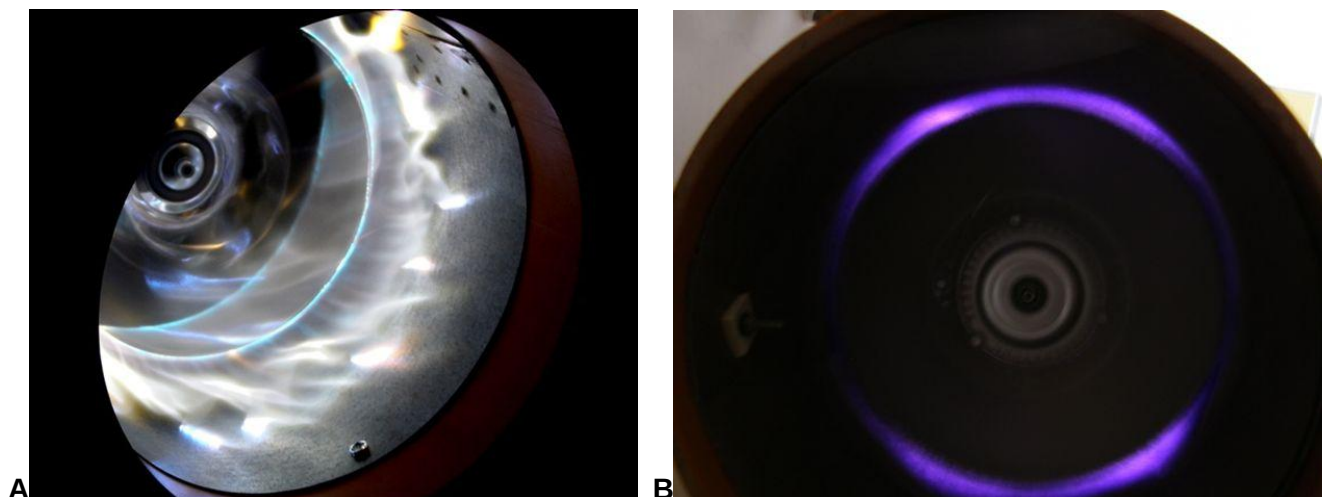
Devices based on rotary gliding arc and rotary barrier discharge were applied for efficient decomposition of some VOCs (acetone and toluene) in air without the production of other waste substances. This cleaning technology is advantageous for its low operating costs.

Organická rozpouštědla hrají důležitou roli v řadě průmyslových odvětví jako jsou strojírenství, stavebnictví, chemický, farmaceutický a potravinářský průmysl, gumárenství, obuvnictví a textilní, dřevařský a nábytkářský průmysl, používají se v tiskárnách a čistírnách. K nejpoužívanějším organickým rozpouštědlům v současnosti patří aceton, toluen, benzen, ethyl acetát, ethanol, methanol, xylén, methyl ethyl keton, hexan, petrolether a dichlormethan. Jsou používána zejména k rozpuštění maziv, olejů a nátěrových hmot (laků a mořidel), k ředění barev, pesticidů a epoxydových pryskyřic (včetně lepidel), a také jako čisticí (zejm. pro tuky a minerální oleje) a odstraňovače starých nátěrů.

K expozici organismu dochází především vdechováním výparů. Krátkodobé a zejména dlouhodobé účinky jednotlivých rozpouštědel na zdraví závisejí na délce expozice a druhu rozpouštědla. Z hlediska životního prostředí lze drtivou většinu organických rozpouštědel pokladat za těkavé organické sloučeniny (VOC) schopné vytvořit fotochemické oxidanty (zejm. O₃) při reakci s oxidy dusíku v atmosféře vlivem slunečního záření. V důsledku toho dochází k neustálému zpřísňování legislativní úpravy pro používání organických rozpouštědel (Vyhláška MŽP 355/2002 Sb, Vyhláška MŽP 337/2010 Sb a Zákon o ochraně ovzduší 201/2021 Sb.) a k rozvíjení technologií k odstranění těchto látek z ovzduší.

V provozním měřítku se k odstraňování rozpouštědel ze vzduchu používají především absorpce v kapalinách, adsorpce na sorbenty (aktivní uhlí, zeolity, aj.), biofiltrace, kondenzace par, katalytická oxidace, termická oxidace (rekuperativní, regenerativní) a membránové separace [1, 2]. V laboratorním měřítku byly testovány také katalytický mikrovlnný rozklad, fotokatalytická oxidace, odbourávání v plazmatu, radiolýza (elektronovým paprskem) a různé kombinované postupy (adsorpce na zeolit s katalytickou oxidací nebo oxidací plazmatem, plazma s katalytickou oxidací nebo s fotokatalytickou oxidací, plazma s adsorpcí a katalytickou oxidací, aj.). Z plazmových zdrojů byly aplikovány dielektrický bariérový výboj [3-6], koronový výboj [3, 7, 8], doutnavý výboj [9], povrchový výboj [3, 10, 11], mikrovlnný výboj [12, 13] a klouzavý výboj [14-16]. Tato zařízení se ovšem vyznačují poměrně nízkou účinností a neumožňují pracovat s většími objemy plynu. Další problém představuje nezanedbatelný tlakový spád a nemožnost upscalingu.

Zařízení na principu rotačního klouzavého výboje [17], a jeho modifikace v podobě rotujícího bariérového výboje, vyvinuté v laboratořích centra CEPLANT, umožňují upravovat vzdušiny a plyny v řádu desítek až stovek m³/hod při nízkém tlakovém spádu.



Rotující klouzavý (A) a bariérový (B) výboj o průměru 200 mm s typickým průtokem 200- 500 m³/hod.

Podobně jako u jiných výbojů [3, 18, 19], jsou hlavními produkty rozkladu acetonu i toluenu CO₂ a H₂O, žádné další produkty nebyly zjištěny v kvantifikovatelném množství (účinnost výboje byla monitorována pomocí GC-MS a GC-FID a fotoakustického analyzátoru Innova 1412). Obě testovaná zařízení lze snadno napojit na stávající vzduchotechniku, bez nutnosti připojení vysokotlakých ventilátorů s možností dočišťování vzduchu jinými dekontaminačními technikami. Účinnost lze dále zvýšit použitím vícestupňového systému, tj. zařazením několika výbojů za sebou.

Tento výzkum byl podpořený v rámci projektů CZ.1.05/2.1.00/03.0086 financovaného z Evropského fondu pro regionální rozvoj a LO1411 (NPU I) financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy, Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_019/0004703.

Literatura

- [1] Khan, F.I., Ghoshal, A.K. (2000) Removal of volatile organic compounds from polluted air. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13, 527-545.
- [2] Preis, S., Klauson, D., Gregor, A. (2013) Potential of electric discharge plasma methods in abatement of volatile organic compounds originating from the food industry. *Journal of Environmental Management* 114, 125-138.
- [3] Vandenbroucke, A. M., Morent, R., De Geyter, N., Leys, Ch. (2011) Non-thermal plasmas for non-catalytic and catalytic VOC abatement. *Journal of Hazardous Materials* 195, 30-54.
- [4] Liang, P., Jiang, W., Zhang, L., Wu, J., Zhang, J., Yang, D. (2015) Experimental studies of removing typical VOCs by dielectric barrier discharge reactor of different sizes. *Process Safety and Environmental Protection* 94, 380-384.
- [5] Wang, H., Li, D., Wu, Y., Li, J., Li, G. (2009) Removal of four kinds of volatile organic compounds mixture in air using silent discharge reactor driven by bipolar pulsed power. *Journal of Electrostatics* 67, 547-553.
- [6] Liu, J., Wang, J., Cao, X., Zhang, R., Hou, H. (2015) Decomposition of gaseous toluene using a continuous flow discharge plasma reactor with new configurations. *Environmental Technology* 36, 3084-3093.
- [7] Mista, W., Kacprzyk, R. (2008) Decomposition of toluene using non-thermal plasma reactor at room temperature. *Catalysis Today* 137, 345-349.
- [8] Schiorlin, M., Marotta, E., Rea, M., Paradisi, C. (2009) Comparison of toluene removal in air at atmospheric conditions by different corona discharges. *Environmental Science & Technology* 43, 9386-9392.

- [9] Trushkin, A. N., Grushin, M. E., Kochetov, I. V., Trushkin, N. I., Akishev, Yu. S. (2013) Decomposition of toluene in a steady state atmospheric pressure glow discharge. *Plasma Physics Reports* 39, 167–182.
- [10] Seto, T., Kwon, S.-B., Hirasawa, M., A. Yabe (2005) Decomposition of toluene with surface-discharge microplasma device. *Japanese Journal of Applied Physics* 44, 5206–5210.
- [11] Krčma, F., Vyhnalíková, J., Poláchová, L., Grossmannová, H., Stará, Z. (2008) VOC decomposition in surface discharge. *Chemické Listy* 102, s1424–s1427.
- [12] Ko, Y., Yang, G., Chang, D. P., Kennedy, I. M. (2003) Microwave plasma conversion of volatile organic compounds. *Journal of the Air & Waste Management Association* 53, 580-585.
- [13] I, Y.-P., Liu, Y.-C., Han, K.-Y., She, T.-C. (2004) Construction of a low-pressure microwave plasma reactor and its application in the treatment of volatile organic compounds. *Environmental Science & Technology* 38, 3785-3791.
- [14] Indarto, A., Azhari, C. H., Mohtar, W. H. W., Lee, H., Song, H. K. (2007) Advanced VOCs decomposition method by gliding arc plasma. *Chemical Engineering Journal* 131, 337-341.
- [15] Du, Ch. Ming, Yan, J. H., Cheron, B. (2007) Decomposition of toluene in a gliding arc discharge plasma reactor. *Plasma Sources Science and Technology* 16, 791-797.
- [16] Sh. Y. Lu, X. M. Sun, X. D. Li, J. H. Yan, Ch. M. Du (2012) Decomposition of toluene in a rotating gliding arc discharge reactor. *IEEE Transactions on Plasma Science* 40, 2151-2156.
- [17] MASARYKOVA UNIVERZITA. Způsob generování nízkoteplotního plazmatu, způsob plazmové úpravy tekutin, práškových materiálů i pevných látek tímto nízkoteplotním plazmatem a zařízení k provádění těchto způsobů. Česká republika, Patentový spis CZ 306119 29. 6. 2016.
- [18] Huang, H., Ye, D., Leung, D. Y. C., Feng, F., Guan, X. (2011) Byproducts and pathways of toluene destruction via plasma-catalysis. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 336, 87-93.
- [19] Evuti, A. M. (2016) Qualitative by-products analysis of non-thermal plasma decomposition of toluene and xylene from wastewater using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *American Journal of Environmental Engineering and Science* 3, 90-99.