

Odbourání amoniaku ve vzdušninách: aplikace nízkoteplotního plazmového výboje generovaného za atmosférického tlaku.

Pavel Šťáhel^a, Lubomír Prokeš^a, Radim Žebrák^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

Apparatus based on rotary gliding arc was applied for efficient decomposition of ammonia in air without the production of other waste substances. This technology of cleaning of ammonia contaminated air is advantageous for its low operating costs.

Amoniak (čpavek, NH_3) je toxický bezbarvý plyn, charakteristického štiplavého zápachu. Je velmi dobře rozpustný ve vodě (vzniká hydroxid amonný), s kyselinami reaguje za vzniku amonných solí. V průmyslu slouží jako prekurzor pro výrobu hnojiv, HNO_3 , výbušnin a léčiv, používá se jako chladivo (bezvodý amoniak se používá v průmyslových chladicích systémech a na zimních stadionech), jako čisticí a bělidlo.

Nejvýznamnějším zdrojem amoniaku (až 74 %) v životním prostředí je mikrobiální rozklad močoviny nebo kyseliny močové obsažených v exkrementech a moči živočichů a lidí. Přítomnost amoniaku v interiérech budov pro ustájení hospodářských zvířat, vyvolává u zvířat i jejich ošetřovatelů silné dráždění zažívacího a dýchacího ústrojí, pokožky a také zraku. Emise z mobilních zdrojů, aplikace umělých hnojiv, průmyslové výroby nebo energetiky jsou mnohem méně významné [1-4]. Amoniak v atmosféře reaguje s kyselinou dusičnou a sírovou obsaženými v atmosféře a vytváří s nimi netěkavé amonné soli, které se jako součást kyselých dešťů dostávají do vody a půdy. Pro vodní organismy (zejm. ryby a obojživelníky) je amoniak velmi toxický i v poměrně nízkých koncentracích [2].

Podle Směrnice Evropského parlamentu a rady (EU) 2016/2284 [5] se ČR zavázala snížit emise amoniaku (NH_3) oproti roku 2005 o 7 % pro jakýkoli rok od r. 2020 do r. 2029 a o 22 % pro jakýkoli rok od r. 2030. K jejich snížení se dosud používá především zachycování a eliminace amoniaku v pračkách vzduchu a biofiltrech [6-7], méně obvyklé jsou aplikace fotokatalytického rozkladu (UV záření + TiO_2 katalyzátor; [8]) nebo katalytického rozkladu za vysoké teploty (např. CuO/CeO_2 ; [10]) - tato metoda se primárně používá jako technologie výroby vodíku bez příměsí CO_x [11].

Snahy o aplikaci odbourávání čpavku v bariérových plazmových výbojích narážejí především na jejich nízkou účinnost a nemožnost pracovat s většími objemy plynu [12-13]. Přítomnost organických komponent jako např. metan v plynu navíc vede k depozici vodivé uhlíkové vrstvy na elektrodách, což vede k výpadkům provozu (zařízení je nutno odstavit a vyčistit). Také dosavadní aplikace statického klouzavého výboje je omezena pouze na průtoky plynu do cca $50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ [14]. Dalším problémem tohoto typu výboje je nezanedbatelný tlakový spád a rovněž nemožnost upscalingu.

Nové zařízení na principu rotačního klouzavého výboje [15], vyvinuté v laboratořích centra CEPLANT, umožňuje upravovat obrovské množství plynů v řádu stovek až tisíců m^3/hod při nízkém tlakovém spádu zachování excelentní účinnosti. V laboratorních podmínkách (nízké koncentrace NH_3) bylo v jednom stupni dosaženo konverze až 100 %, v provozních podmínkách ($> 500 \text{ ppm NH}_3$) bylo za stejných podmínek dosaženo konverze až 80 % v jednom stupni. Účinnost lze zvýšit použitím vícestupňového systému, tj. zařazením několika výbojů za sebou. Při maximálním průtoku plynu je pro jeden stupeň spotřeba energie cca $3 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^3$. Zařízení lze snadno napojit na stávající vzduchotechniku, bez nutnosti připojení vysokotlakých ventilátorů.

Tento výzkum byl podpořený v rámci projektů 2016TH02030332 Technologické agentury ČR, 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.

Literatura

- [1] N. Anderson, R. Strader, C. Davidson 2003. Airborne reduced nitrogen: ammonia emissions from agriculture and other sources. *Environment International* 29, 277–286.
- [2] J. W. Erisman, M. Sutton 2007. Reduced nitrogen in ecology and the environment. In: *Ammonia Emissions in Agriculture* (ed. G.-J. Monteny, E. Hartung), Wageningen Academic Publisher, Wageningen, 58-63.
- [3] S. N. Behera, M. Sharma, V. P. Aneja, R. Balasubramanian 2013. Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environmental Science and Pollution Research* 20, 8092–8131.
- [4] A. Sapek 2013. Ammonia emissions from non-agricultural sources. *Polish Journal of Environ. Studies* 22, 63-70.
- [5] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2016/2284 ze dne 14. prosince 2016 o snížení národních emisí některých látek znečišťujících ovzduší, o změně směrnice 2003/35/ES a o zrušení směrnice 2001/81/ES.
- [6] M. R. Shahmansouri, H. Taghipour, B. Bina, H. Movahedian 2005. Biological removal of ammonia from contaminated air streams using biofiltration system. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 2, 17-25.
- [7] A. E. Kalingan, Ch.-M. Liao, J.-W. Chen, S.-Ch. Chen 2004. Microbial degradation of livestock-generated ammonia using biofilters at typical ambient temperatures. *Journal of Environmental Science and Health* B39, 185-198.
- [8] Y. Dong, Z. Bai, R. Liu, X. Wang, H. Yan, T. Zhu 2006. Heterogeneous decomposition of indoor ammonia in a photoreactor with TiO₂-finished cotton fabrics. *Environmental Technology* 27, 705-714.
- [10] Ch.-M. Hung 2008. Catalytic decomposition of ammonia over bimetallic CuO/CeO₂ nanoparticle catalyst. *Aerosol and Air Quality Research* 8, 447-458.
- [11] T. V. Choudhary, C. Sivadinarayana, D. W. Goodman 2001. Catalytic ammonia decomposition: CO_x-free hydrogen production for fuel cell applications. *Catalysis Letters* 72, 197-201.
- [12] R. Zhang, T. Yamamoto, D. S. Bundy 1996. Control of ammonia and odors in animal houses by a ferroelectric plasma reactor. *IEEE Transactions on Industry Applications* 32, 113-117.
- [13] R. Kosch, H. Van den Weghe, A. Decker 2005. Ammonia emissions: Are plasma-physical techniques suitable for the treatment of exhaust air from stalls? *Landtechnik* 60, 162-163.
- [14] Sh. Lu, Lu Chen, Q. Huang, L. Yang, Ch. Du, X. Li, J. Yan 2014. Decomposition of ammonia and hydrogen sulfide in simulated sludge drying waste gas by a novel non-thermal plasma. *Chemosphere* 117, 781–785.
- [15] 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.