

## *Elektrosztatikus technológiák a levegőtisztaság-védelemben*

**Összefoglalás:** Napjainkban az ipari fejlődés és a motorizáció egyre súlyosabb terheket ró a környezetre. A környezetvédelmi problémák közül is központi helyet foglal el a levegőtisztaság védelme, a levegő minőségének megőrzése. A levegőszennyező anyagok jelentős része mérgező és vissza nem fordítható káros hatással van az emberre, az állat- és növényvilágra; egyes gázok pedig az építmények, műemlékek rongálódását idézik elő. Ugyanakkor a légszennyezés nem ismer országhatárokat, a savas esők és az ózonlyuk miatti ultraibolya sugárzás káros hatásai mindannyiunkat érintenek. A Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszéken több mint harminc éve foglalkozunk levegőtisztaságvédelmi technológiákkal. A tanszék profiljának és hagyományainak megfelelően a villamos kisüléseken alapuló technológiák alkalmazhatóságát és hatásosságát vizsgáltuk különböző szennyező gázokra valamint por- és gázkeverékére. Írásunkban a levegőtisztaság-védelmi kutatások előterébe került „nemtermikus plazma” vagy a szakirodalomban PCDP (Pulsed Corona Discharge Process) néven említett technológiáról, valamint a porleválasztó ciklon és a PCDP egyesítése alapján működő olyan reaktorról lesz szó, amely egyszerre alkalmas a levegő-, por- és gázszennyezésének lényeges csökkentésére. **Kulcsszavak:** Villamos kisülés, koronareaktor, gázbontás, porleválasztás, ciklon.

**Abstract:** Nowadays, industrial development and motorization are putting increasingly heavy burdens on the environment. The air pollution control and the preservation of air quality are extremely important among environmental protection problems. A significant number of air pollutants are toxic and have an irreversible harmful effect on humans, animals and plants, and some gases cause damage to buildings and monuments. Nevertheless the air pollution is not stopped by borders, the hazardous effects of acid rain and ultraviolet radiation due to the ozone hole affect us all.

\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
E-mail: horvath.miklos@  
uniduna.hu

\*\* *Dunaiújvárosi Egyetem,  
Műszaki Intézet*  
E-mail: kiss.endre@uniduna.hu

[1] Kawamura, K.–Aoki S.–Kimura H.–Fuji T.–Mizutani S.–Higo T.–Ishikawa R.–Adachi K.–Hosoki S. (1988): Pilot plant experiment of  $\text{NO}_x$  and  $\text{SO}_2$  removal from exhaust gases by electron-beam irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 13., pp. 5–12.

The research group of the Department of Natural Sciences and Environmental Protection, has been dealing with the air pollution control technologies for more than thirty years. In accordance with the profile and traditions of the department, the research group examined the applicability and effectiveness of technologies based on electric discharges for various polluting gases and dust and gas mixtures. The lecture will discuss the technology called „non-thermal plasma” or PCDP (Pulsed Corona Discharge Process), as well as a reactor based on the combination of dust separation cyclone and PCDP, which is suitable for significant reduction of both dust and gas pollution of the air.

**Keywords:** Electrostatic discharge, corona reactor, gas decomposition, cyclone.

## Bevezetés

A kéndioxid káros hatásai közismertek: izgatja a légutakat, ha azonban porszemcsékre adszorbeálva, vagy szulfátokkal együtt lélegzi be az ember, káros hatásokat vált ki. A kibocsátott kén-dioxid a levegőbe kerülve  $\text{SO}_3$ -dá oxidálódik, amelynek egy részéből  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , másik részéből  $\text{H}_2\text{SO}_3$  keletkezik. A légtérben a kénsavból szulfátok, a kénessavból szulfitok keletkeznek, amik később szintén szulfátokká oxidálódnak. Nagy nedvességtartalom esetén nagyobb szulfátszemcsék és kénsavcseppek keletkeznek. A szulfátok szemcse- és a kénsav cseppmérete  $0.2\text{--}0.6\text{ }\mu\text{m}$ , ami miatt a tüdőbe könnyen be tudnak hatolni.

A kén-dioxid és a másodlagos reakciókban képződött származékai a kibocsátás helyétől 100 km távolságban is károsíthatják a növényzetet, szennyezhetik a talajt és a vízkészletet [1].

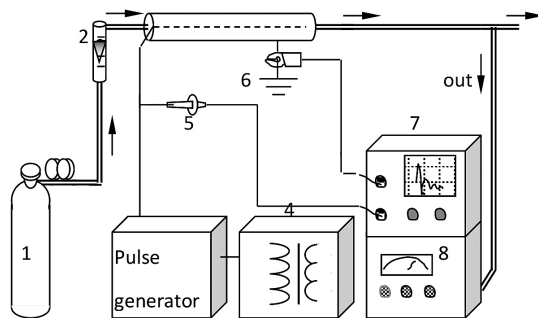
A nitrogén-oxidok szintén károsak az egészségre és rendkívül reakcióképesek. A nitrogén-oxidok a kén-dioxidokkal tisztítják az élő környezetet, de az épületek, műemlékek is károsodnak a savas esők miatt. A nitrogén-oxidok és a belsőégésű motorok által emittált telítetlen szénhidrogén vegyületek a felelősek a nagyvárosokban a napsugárzás hatására kialakuló fotokémiai szmogért, ami szintén rendkívül veszélyes az emberi egészségre, valamint a környezet állapotára. A porszennyezés szintén jelentős mértékben terheli a környezetet. A nehézipar és a közlekedés okozza a legnagyobb porszennyezést. A füstgázok kén-dioxid és nitrogén-oxid tartalma a jól ismert adszorpciós és katalitikus eljárások mellett hatékonyan csökkenthető nagyfrekvenciás impulzusok által létrehozott koronakisülésben.

Kísérleteink alapján kijelenthető, hogy a szennyező gáz felbontási aránya és hatásfoka egyéb paraméterek mellett függ a koronaimpulzusok polaritásától, és alakjától (nagyság, meredekség, félérték-szélesség) [2], [3], [4], [5]. A füstgázok portartalmának csökkentésére az elektrosztatikus porleválasztók mellett bevált eszköz a ciklon. Ez az eszköz mechanikusan, a füstgázok perdületét és az itt fellépő inercia erőket felhasználva választja le a porszemcséket. A ciklonok geometriája lehetővé teszi, hogy az eszköz tengelyébe elektródát beépítve elektrosztatikus porleválasztóként, illetve koronakisüléssel működő gázbontó reaktorként is működjön. A készülék és a kisülések paramétereit optimalizálva így lehetővé válik egyetlen eszközzel a füstgázok megtisztítása a porszennyeződéstől, és a veszélyes gázoktól.

## A kísérleti elrendezés

A gázbontó reaktor esetében a kísérletek során a keverő palackból 20–200l/h intenzitással vezettük be a gázkeveréket a hengeres típusú reaktorba. A gázkeverék 150–700 ppm koncentrációjú nitrogén-oxid, illetve kén-dioxid volt tiszta nitrogénben, illetve levegőben hígítva. A transzformátor által előállított feszültségből egy kapacitív áramkör [1] hozta létre a nagyfeszültségű impulzusokat, amiket a reaktor tengelyében kifesztített szóróelektródra kapcsolunk.

1. ábra. A gázbontáshoz használt kísérleti elrendezés



1: Gázkeverék, 2: Áramlásmérő, 3: Koronareaktor, 4: Nagyfeszültségű transzformátor, 5: Feszültségmérő szonda 6: Árammérő szonda, 7: Oszcilloszkóp, 8: Gázanalizátor

[2] Berta, I.–Tóth, L. –Szedenik, N. (1986): Pulse Charging System Precipitation PORANAL, Balatonfüred, pp. 585–600.

[3] Luigi Civitano (1993): *Industrial Application of Pulsed Corona Processing to Flue Gas NATO ASI Series, Vol. G. Part B*, Berlin–Heidelberg: Springer.

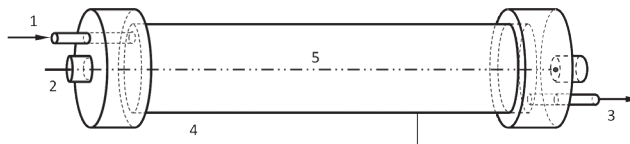
[4] Kiss, E.–Nifuku, M.–Sato, M.–Horváth, M.–Jenei, I.–Hajós, G. –Brendel, M.: Removal of NO<sub>x</sub> from Flue and Exhaust Gases Using Nonthermal Plasma Technology 6<sup>th</sup> International Conference on Electrostatic Precipitation. Budapest, 18–21 June, 1996. Proceeding. pp. 574–579

[5] Masuda S.–Wu Y. (1987): Removal of NO<sub>x</sub> by corona discharge induced by sharp rising nanosecond pulse voltage; *Electrostatics '87, Proceedings of the International Conference on Electrostatics*, April 1987.

A gázbontás-kísérletek során használt reaktor egy 6 cm belső átmérőjű, 1,2 m hosszú hengeres típusú reaktor, melynek tengelyében kifeszített 0,24 mm átmérőjű wolfram huzal volt a szóróelektrod.

A feszültség hullámok a szóróelektrodra az elektródot koncentrikusan körülvevő fémhenger földpotenciálra voltak kapcsolva (2. ábra).

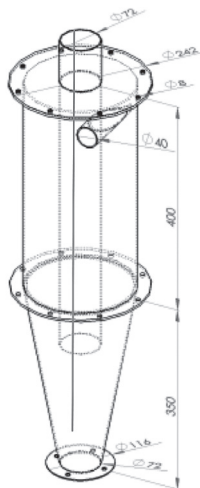
2. ábra. A kísérleteknél használt hengeres típusú reaktor



1: Gázbevezetés, 2: Nagyfeszültségű impulzusok csatlakozása, 3: Gázkivezetés, 4: Földelektrod, 5: Szóróelektrod

A füstgázok por- és szennyezőgáz-tartalmának egyidejű leválasztására végzett kísérleteknél egy 400 mm hosszú 242 mm átmérőjű ciklont használtunk, aminek a tengelyében helyeztük el a szóróelektrodát. Az elektródára kapcsolt nagyfeszültségű impulzusok emelték a porleválasztás hatásfokát és a szennyező gázok egy részét is lebontották. A ciklont a 3. ábrán látjuk.

3. ábra. A por és gáz egyidejű leválasztásához használt ciklon

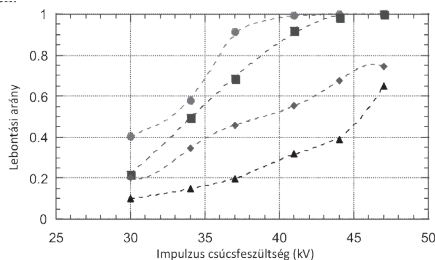


## Eredmények

## GÁZBONTÁS

A gázbontásra irányuló kísérleteket kén-dioxiddal, nitrogén-oxiddal és aromás szénhidrogénekkel végeztük. Kén-dioxid esetében a lebontási arány erősen függ mind a kezdeti koncentrációtól, mind a feszültségimpulzusok csúcsértékétől (4. ábra). A mérések szerint a bontási arány az impulzusok csúcsértékének növekedésével nő, a koncentráció növekedésével pedig csökken.

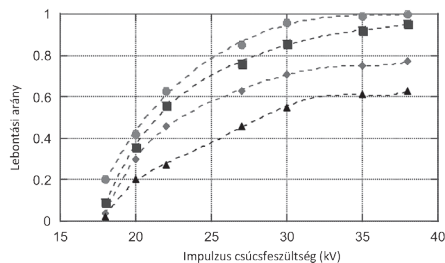
4. ábra.  $\text{SO}_2$  lebontási aránya az impulzus-csúcsfeszültség függvényében különböző kezdeti koncentrációk esetén



Polaritás: negatív, ●: 150 ppm, ■: 233 ppm, ◆: 420 ppm, ▲: 815 ppm

Hasonló függést figyelhetünk meg pozitív impulzusok alkalmazásánál, azzal a különbséggel, hogy a pozitív impulzusok szembetűnően nagyobb arányban bontják le a kén-dioxid molekulákat (5. ábra).

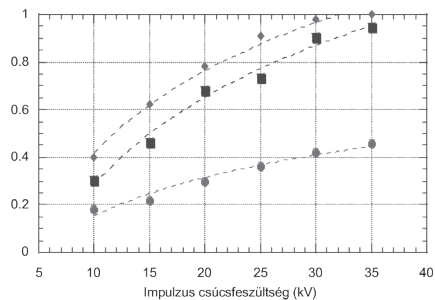
5. ábra.  $\text{SO}_2$  lebontási aránya az impulzus-csúcsfeszültség függvényében különböző kezdeti koncentrációk esetén



Polaritás: pozitív, ●: 150 ppm, ■: 390 ppm, ◆: 515 ppm, ▲: 810 ppm

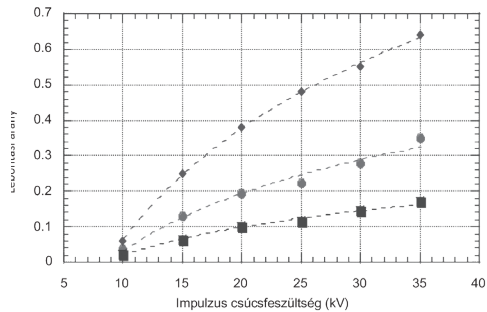
A nitrogén-oxid bontását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a bontási arány a kén-dioxidhoz hasonlóan a feszültségcsúspont csúcserősségének növekedésével nő, míg a kezdeti koncentráció növekedésével csökken (6., 7. ábra). A pozitív impulzusok a nitrogén-oxidot is nagyobb arányban bontják, mint a negatív impulzusok.

6. ábra. NO lebontása az impulzus-csúsfeszültség függvényében pozitív impulzusok esetén



Polaritás: pozitív, kezdeti koncentrációk: ♦: 145 ppm, ■: 300 ppm, ●: 525 ppm

7. ábra. NO lebontása az impulzus-csúsfeszültség függvényében negatív impulzusok esetén

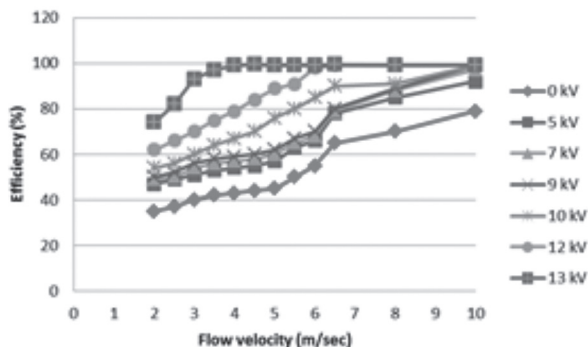


kezdeti koncentrációk: ♦: 145 ppm, ●: 300 ppm, ■: 525 ppm,

GÁZOK ÉS POROK EGYIDEJŰ LEVÁLASZTÁSA ELEKTROSZTATIKUS CIKLONNAL

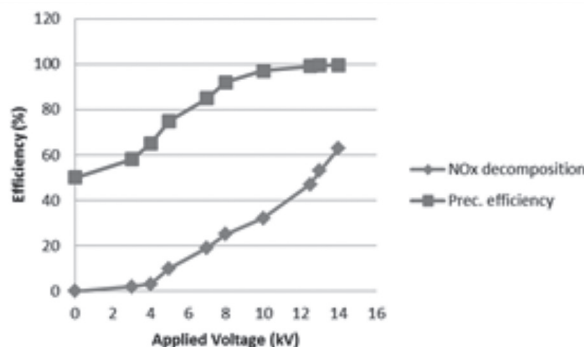
A porleválasztó ciklon tengelyébe elhelyezett elektródára egyenfeszültséget kapcsolva egyrészt nőtt a porleválasztási hatásfok, másrészt feszültségimpulzusok alkalmazásával lehetővé vált a füstgázok por- és nitrogén-oxid tartalmának egyidejű csökkentése. A vizsgálatokat 8 mm átlagos átmérőjű grafitporral végeztük. A 8. ábrán az elektrosztatikus ciklon porleválasztási arányát látjuk különböző egyenfeszültség értékek alkalmazása mellett, illetve feszültség nélkül. Jól látható, hogy a különböző áramlási intenzitásoknál a feszültség növelésével határozottan javul a leválasztás aránya. Ez az arány a villamos impulzusok nélkül a legalacsonyabb.

8. ábra. Elektrosztatikus ciklon porleválasztási aránya az áramlási sebesség függvényében különböző impulzus-feszültségek esetén



Nitrogén-oxid és por együttes leválasztása esetén mind a porleválasztás, mind a gázbontás hatásfoka egyértelműen javul az alkalmazott feszültségimpulzusok csúcsertékeinek növekedésével. 13 kV felett a porleválasztás aránya meghaladja a 99%-ot, a nitrogén-oxid lebontási aránya pedig eléri a 60%-ot. (9. ábra)

9. ábra. Nitrogén-oxid és porleválasztási aránya az impulzus-csúcsfeszültség függvényében



## Konklúzió

Kísérleteink alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált gázok jól lebonthatók koronaimpulzusok segítségével. A bontási arány és hatások függ:

- Az alkalmazott impulzusok homlokmeredekségétől: a rövidebb felfutású impulzus esetén nagyobb arányban bomlanak le a szennyező gázok.
- Az impulzusok polaritásától: Azonos feltételek mellett legjobb hatásfokot a pozitív impulzusokkal sikerült elérni, negatív impulzusok esetén 50–80%-kal alacsonyabb a hatásfok.
- A feszültségimpulzusok csúcsértékétől: a feszültségimpulzusok nagyságával nő a felbontási arány.
- A porleválasztó ciklonok leválasztási hatásfoka 90% fölötti a legtöbb vizsgált porra. A hatásfok nő a vívőgáz sebességével.
- Magas egyenfeszültséget kapcsolva az elektródra, a leválasztási hatásfok tovább emelkedik. A vizsgált 8 mm átlagos átmérőjű grafitpor esetében a leválasztási arány 99% fölötti is lehet, 12 kV feletti egyenfeszültség alkalmazásával.
- Nagyfeszültségű, gyors impulzusok alkalmazásával a NO<sub>x</sub>-koncentráció 60–70%-kal csökkenthető a porleválasztással egyidejűleg.