

FOLYTONOS ANYAGTOVÁBBÍTÁSÚ MIKROHULLÁMÚ KEZELŐEGYSÉG FEJLESZTÉSE

Kovács Róbertné V.P.¹ - Beszédes Sándor² – Dr. PhD. Ludányi Lajos³ –
Prof. Dr. Hodúr Cecilia⁴ – Prof. Dr. Szabó Gábor⁵

1. tudományos munkatárs, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Műszaki Intézet
2. tanársegéd, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet
3. tudományos munkatárs, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet
4. egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet
5. egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet

SUMMARY

Most branches in the food industry have a considerable wastewater output. The problem is not only the total amount of wastewater production, but also the high content of organic matter. Anaerobic digestion is an effective way of treating wastewater for yielding profitable biogas and alleviating environmental concerns. Pre-treatment of sludge to break down its complex structure can be used for enhancing anaerobic digestibility. Research group of the Department of Process Engineering at the University of Szeged has investigated the applicability and the efficiency of microwave pre-treatment for food industry sludge. The results showed that the microwave treatment of sludge solution resulted in higher biodegradability and enhanced biogas production as well. According to these results a continuous-flow microwave toroidal cavity resonator treating-system was developed.

Kulcsszavak: mikrohullám, szennyvíziszap, folyamatos üzemű, üregezonátor

1. BEVEZETÉS

A nagy mennyiségben keletkező ipari és kommunális szennyvíz erősen környezetterhelő hatású. Tisztításuk során a szennyeződések különböző szeparációs eljárásokkal választják le szennyvíziszap formájában. A keletkező iszapok kezelési technológiáinak fejlesztése műszaki, energetikai és környezetvédelmi szempontból is egyre hangsúlyosabb szerepet kap.

Az keletkező szennyvizek elsősorban magas szervesanyag tartalmuk miatt jelentenek veszélyt környezetünkre, de éppen a magas szervesanyag tartalmuk lebontásával válik lehetővé nagy mennyiségű biogáz előállítása. A korábbi évek gyakorlatában a biogázüzemek létesítésének és üzemeltetésének célja elsősorban a különböző hulladékok és melléktermékek ártalmatlanítása volt, az energiakinyerés hozadékként jelentkezett. Ez a tendencia azonban napjainkra az EU-ban is és hazánkban is alapvetően megváltozott: a „waste-to-energy” koncepció előtérbe kerülésével egyre inkább a biomassza alapú energia előállító létesítmények gazdaságos üzemeltetése a cél.

Ennek az elvnek megfelelően a biogáz termelés során, fontos szempont, hogy adott kiindulási anyagból minél nagyobb mennyiségű hasznos terméket tudjunk előállítani.

A rothasztásra kerülő alapanyagok esetében a biológiai lebonthatóság mértéke a kihozatali mutatókra és a fermentáció időbeni lefutására egyaránt hatással van. A magas szervesanyag tartalmú szennyvizek elméletileg magas biológiai lebonthatósággal rendelkeznek, azonban a háztartásokból, a szennyvíztisztítás, és a különböző ipari technológiák alkalmazása során bekerülő nagy mennyiségű mosó-, tisztító-, fertőtlenítőszer kedvezőtlenül befolyásolja a lebonthatóság mértékét, illetve növeli a lebontási időt. Ezen hatások kiküszöbölésére, ezzel a biogázkihozatal növelésére különböző előkezelés eljárásokat alkalmazhatunk, mint például termikus, kémiai és fizikai kezelések, vagy az enzimes előkezelések.

A mikrohullámú energiaközlés élelmiszeripari, vegyipari és környezetvédelmi alkalmazása néhány évtizedes múltra tekint vissza. Legfontosabb előnyei között tartják

számon az intenzív hőkeltő tulajdonságát, illetve összetett rendszerekben az eltérő dielektromos tulajdonságú komponensek esetében megfigyelhető szelektív felmelegítő képességét. (Szabó, G. et al. 2002)

A szennyvizek és azokból származó szennyvíziszapok mikrohullámú kezelésének vizsgálatával csak az utóbbi két évtizedben kezdtek el foglalkozni. Az első kísérletek elsősorban a patogén mikroorganizmusok számának csökkentésére irányultak. A későbbiekben vizsgálták az egyes szervesanyagok biológiai lebonthatóságának változását, illetve oxidációs eljárásokkal kombinálva a szervesanyag-eltávolítás hatékonyságára gyakorolt hatásait is.

A mikrohullámú sugárzásnak a kommunális szennyvíziszapokra való hatását vizsgálva megállapították, hogy mind a szervesanyagok vízdoldhatósága (Eskicioglu et al., 2008), mind az illékony szerves vegyületek esetében (Pino-Jelicic et al., 2006) a mikrohullámú energiaközléssel nagyobb növekedés érhető el, mint a hagyományos hőkezelési eljárásokkal. A szerves anyagoknak a lebontó mikroorganizmusok általi könnyebb hozzáférhetősége anaerob fermentáció során magasabb biogázhozamot eredményez (Eskicioglu et al., 2009), illetve felgyorsítja a lebontás ütemét (Guo et al., 2009).

Az eddigi tanulmányokban közölt adatok szakaszos üzemmódú berendezésben végzett kísérletekre vonatkoznak, folyamatos anyagtovábbítású kezelő berendezések üzemeltetési paramétereinek optimalizálására vonatkozó tapasztalatokkal nem rendelkezünk. A folyamatos üzemű mikrohullámú szennyvíz kezeléseket esetében a folyamatszabályozására is használható dielektromos anyagi jellemzők (dielektromos állandó, veszteségi tényező) változásának egzakt nyomon követése, a paraméterek real-time meghatározására alkalmas mérési rendszerek sincsenek kidolgozva.

2. FOLYAMATOS ANYAGTOVÁBBÍTÁSÚ MIKROHULLÁMÚ KEZELŐRENDSZER

2.1. Előzetes kísérletek az üzemeltetési paraméterek meghatározására

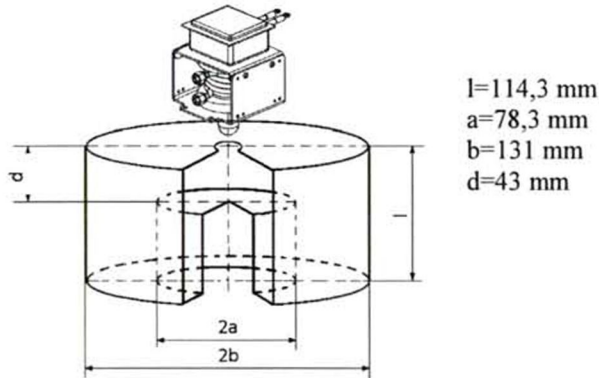
A Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának Folyamatmérnöki Intézetében Szabó Gábor professzor vezetésével működő kutatócsoport folyamatos anyagtovábbítású toroid-üregrezonátoros kísérleti berendezést fejlesztett ki. Mivel folyamatos üzemű mikrohullámú iszapkezelésre vonatkozó kísérleti és üzemeltetési tapasztalatok nem álltak rendelkezésre, ezért a biogáz képződés fokozásához szükséges, optimális sugárzási energia meghatározásához szakaszos üzemű, változtatható magnetron-teljesítményű berendezésen végzett előkísérletekre volt szükség. Ezen vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a mikrohullámú előkezelésnek, akkor van jelentős hatása a biológiai lebonthatóságra, ha a besugárzott energia 500 kJ szint felett van. A besugárzott összes teljesítmény mellett, a fajlagos mikrohullámú teljesítmény (Wg^{-1}) másik meghatározó műveleti paraméter, amely mind a szervesanyagok vízdoldhatóságának, mind az aerob és anaerob úton történő lebontásnak a mértékét és ütemét befolyásolja (Beszédes et al., 2010; Beszédes et al., 2011,a). A biológiai lebonthatóságra vonatkozó analitikai vizsgálati eredmények, valamint az anaerob fermentáció mértékének és ütemének meghatározására vonatkozó batch mezofil rothasztási tesztek eredményei is azt mutatták, hogy mind a húsipari, mind a tejipari iszapok előkezelésére a 0,5-2,5 Wg^{-1} fajlagos teljesítmény értéktartományban besugárzott, 500-900 kJ energia esetén érhető el az energetikai szempontból is megfelelő biogázhozam.

2.2. A mikrohullámú kezelőrendszer ismertetése

A szakaszos üzemmódú elő-kísérletek során megállapított fajlagos mikrohullámú teljesítményt és a közölt mikrohullámú energia érték tartományt figyelembe véve, kifejlesztésre került egy folyamatos anyagtovábbítású toroid-rezonátoros mikrohullámú szennyvíziszap-kezelő rendszer. A berendezés tartalmaz egy magnetront, amely 700W beépített teljesítményű, és 2450 MHz frekvenciájú mikrohullám előállítására képes. A magnetron kimenő teljesítményét a hálózati feszültség szabályozásával tudjuk a kívánt értékre állítani. A magnetron a túlmelegedés elkerülése érdekében vízhűtéssel van ellátva, valamint hőmérsékletérzékelőkkel lett felszerelve, és egy digitális kijelzőn folyamatosan ellenőrizhető a magnetron mindenkori hőmérséklete.

A magnetronhoz négyszögletes csőtápvonallal csatlakozik az üregrezonátorhoz (1. ábra), ahol egy spirálcsővön keresztül áramlik a kezelendő anyag.

1. ábra: Kifejlesztett toroid-rezonátoros mikrohullámú szennyvíziszap-kezelő berendezés főbb méretei



Forrás: Beszédes et. al., 2011,b

További főbb paraméterek:

a rezonáns hullámhossz:

$$\lambda_0 = \pi a \sqrt{\frac{2l}{d} \ln \frac{b}{a}} = \pi \cdot 7,83 \text{ cm} \sqrt{\frac{2 \cdot 11,43 \text{ cm}}{4,3 \text{ cm}} \ln \frac{13,1 \text{ cm}}{7,83 \text{ cm}}} = 40,69 \text{ cm} = 0,4069 \text{ m}$$

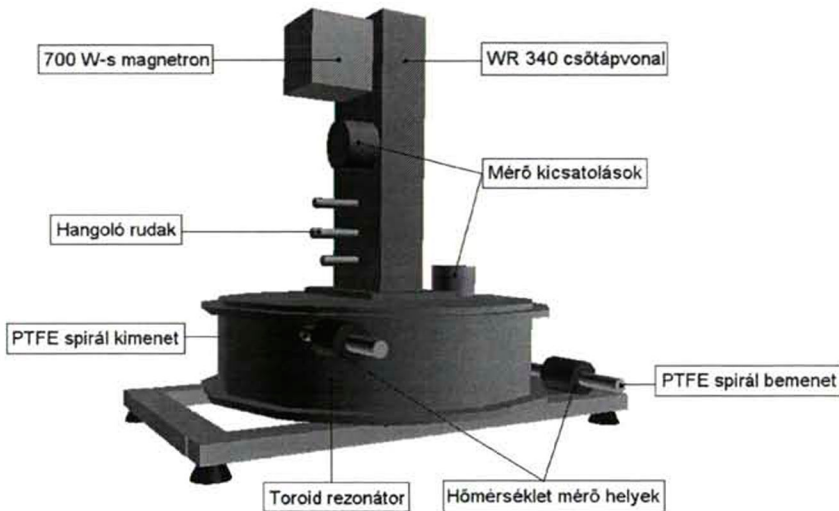
a rezonancia frekvencia: $f_0 = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{0,4059 \text{ m}} = 7,373 \cdot 10^8 \text{ 1/s} = 737,3 \text{ MHz}$

A generátorból (magnetronból) kilépő teljesítmény haladó hullám formájában belép a négyszögletes csőtápvonalba és a rezonátoron kialakított gerjesztő-résen terjed tovább a rezonátor zárt terébe. A rezonátorban lévő közeg – dielektromos tulajdonságainak megfelelően – módosítja a rezonátorban és a tápvonalban a kialakuló erővonalaképet, illetve energiát vesz fel az elektromágneses térből.

A hangoló rúd a tápvonal szélesebbik oldalának szimmetriatengelyében van elhelyezve és menetes kialakítása révén különböző mértékig hatolhat be a tápvonal villamos terébe, ahol a behatolás értékétől függően kapacitív vagy induktív reaktanciát képvisel a tápvonal impedanciájában. Ha például a terhelés kapacitív jellegű, a hangoló rúd állításával induktív

reaktanciát kell becsatolni a térbe, azaz beállíthatunk egy olyan értéket, ahol a két reaktancia kompenzálja egymást és a valós, ohmos impedancia marad terhelésként. Ekkor minimális lesz a visszavert jel, melyet a mérőüreggel mérhetünk. Általában a terhelés reaktanciája különböző mértékű fáziseltolást hoz létre, melyet egy hangoló rúddal már nem lehetséges kompenzálni, ezért három, egymástól számított távolságra elhelyezett hangoló rúd a megoldás.

2. ábra: A mikrohullámú gerjesztő egység és a toroid-rezonátor



Készítette: Ludányi Lajos

A készülékben az anyagtovábbítást egy pneumatikus mágnes szeleppel vezérelt pneumatikus munkahenger végzi. A kezelőrendszerben lehetőség van golyós szelepekkel többféle anyagtovábbítási ciklus választására (pl.: töltési, ürítési, keringtetési, stb.), illetve ezeken túlmenően egyéb lehetőségeket is nyújt a rendszer. A kezelt anyag hőmérsékletfelfutásának szabályozhatóságára egy hűtőegység került beépítésre a toroid-rezonátor után. A kezelt anyag térfogatáramát egy áramlásmérő méri, melynek villamos jelét, illetve az iszap be- és kimeneti hőmérsékleteit egy mérés-adatgyűjtő fogadja, majd szoftveresen, on-line módon rögzíti, illetve a számítógép képernyőjén megjeleníti. Az üregrezonátorból egy mérőfejen keresztül kicsatolt mikrohullámú jelet a mikrohullámú teljesítménymérő feldolgozza és a mért teljesítménnyel arányos DC jelet szintén a mérés-adatgyűjtőn keresztül rögzíthetjük, illetve jeleníthetjük meg a számítógépen. Az adatgyűjtő szabad mérőhelyei lehetőséget nyújtanak az adott kezelési feladatnak megfelelő további paraméterek (pl: pH, vezetőképesség, oldott oxigéntartalom, turbiditás, stb.) mérésére.

3. ÖSSZEFOGLALÁS/KÖVETKEZTETÉSEK/EREDMÉNYEK

A kifejlesztett kezelőrendszeren elvégzendő további feladatok: a mikrohullámú kezelés, műveleti-, eljárás- és berendezés paramétereinek definiálása, amelyek alkalmasak a folyamat közben a hőmérséklettől és a kezelt anyag fiziko-kémiai tulajdonságainak változásaitól függő folyamatok nyomonkövetésére és leírására, a meghatározott paraméterek

alkalmazásával a folyamat energetikai szempontú optimalása, fiziko-matematikai modell alkotása, amely alapján kidolgozható a berendezés léptéknövelési algoritmus.

IRODALOMJEGYZÉK

- Beszédes, S., Kertész, Sz., László, Zs., Szabó, G., Hodúr, C. (2009):** Biogas production of ozone and/or microwave-pretreated canned maize production sludge. *Ozone Sci. & Eng. J.* 31 (3), 257-261.
- Beszédes S., László Zs., Horváth H. Zs., Szabó G., Hodúr C. (2011.,a):** Comparison of the effects of microwave irradiation with different intensities on the biodegradability of sludge from the dairy- and meat-industry. *Bioresource Technology*, 102, pp.: 814-821
- Beszédes S., Ludányi L., Koltai A., Szabó G. (2011.,b):** Toroid-rezonátor fejlesztése szennyvíziszapok mikrohullámú kondicionálásra (Development of toroid cavity resonator for microwave conditioning of wastewater sludge). 7. Magyar Szárítási Szimpózium. Gödöllő, Magyarország, 2011.04.07-2011.04.08 Gödöllő: Szent István Egyetem, pp. 12-13.(ISBN:978-963-269-211-1)
- Eskicioglu, C., Prorot, A., Marin, J., Droste R.L., Kennedy, K.J. (2008):** Synergetic pretreatment of sewage sludge by microwave irradiation in presence of H₂O₂ for enhanced anaerobic digestion. *Water Res.* 42, 4674- 4682.
- Eskicioglu C., Kennedy K.J., Droste R.L. (2009):** Enhanced disinfection and methane production from sewage sludge by microwave irradiation. *Desalination* 278, 279-285.
- Guo L., Li, X.M., Bo, X., Yang, Q., Zeng, G.M., Liao, D.X., Liu, J.J. (2008):** Impacts of sterilization, microwave and ultrasonication pretreatment on hydrogen producing using waste sludge. *Biores. Technol.* 99, 3651-3658.
- Houdkova L., Boran J., Ucekaj V., Elsasser T., Stehlik (2008):** Thermal processing of sewage sludge II. *Applied Thermal Eng.* 28, 2083-2088.
- Müller, J., Winter, A., Strükmann, G. (2004):** Investigation and assessment of sludge pretreatment processes. *Water Sci. Technol.* 49 (10), 97-104.
- Pino-Jelcic, S.A., Hong, S.M., Park, J.K. (2006):** Enhanced anaerobic biodegradability and inactivation of fecal coliforms and salmonella ssp. in wastewater sludge by using microwaves. *Wat. Environ. Res.* 78(2), 209-216.
- Szabó, G., Rajkó, R., Neményi, M., Hodúr, C. (2002):** Modelling of Combined Hot-air Convective and Microwave Drying of Mushroom (*Agaricus Bisporus*). *International Drying Symposium. IDS'2002.* Beijing, August 27-30. China. Drying 2002. Edited by: C.W. Cao., Y.K. Pan., X.D. Liu., Y.X. Qu. Series Editor: A.S. Mujumdar. Volume A pp. 319-326.