

## Bioszén gyártási technológiák

Bioszén keletkezik bármely növényi biomassza termokémiai bontásával, pirolízissel. A pirolízis manapság vonzó technológiának számít. A folyamat viszonylag alacsony hőmérsékleten játszódik le, ami a biomassza teljes elégetéséhez alacsony szintű károsanyag kibocsátást feltételez.

A bioszén tulajdonságai azonban nagymértékben függenek a gyártási technológia körülményeitől és az alapanyagtól. Az alapanyag lehet mezőgazdasági hulladék, erdészeti hulladék, de használt gumiabroncs, bontási hulladék, szilárd lakossági hulladék stb is. Az alapanyagként hasznosítható hulladékok használatát bioszén gyártásra nagymértékben korlátozza az anyag veszélyessége, az alapanyag elérhető mennyisége, a bioszén és a pirolízis során keletkezett további termékek piaca, a talaj tulajdonságai és a környezeti hatások.

A pirolízis technológiát tekintve három alapvető folyamatot különböztetünk meg: karbonizáció (lassú pirolízis), gyors pirolízis, elgázosítás és ehhez adódik még a flash karbonizáció, valamint a hidrotermális karbonizáció. A folyamatok során bizonyos mennyiségben három termék/fázis keletkezik: szilárd termék (faszén és/vagy hamu), folyékony termék (bio-olaj vagy kátrány) és gáz (szintézis gáz). A gyártani kívánt termék mennyisége és minősége függvényében, a technológiai feltételek különböznek (hőmérséklet, nyomás, tartózkodási idő stb.). Technológiai szempontból a pirolízis folyamat az alkalmazott hőmérséklet szerint lehet:

1. alacsony hőfokú (500 °C alatt)
2. középhőfokú (500 – 800 °C)
3. magas hőfokú (800 °C felett)

A **lassú karbonizáció** (lassú pirolízis) évek óta faszén gyártására alkalmazott technológia. Jellemzői az alacsony hőmérséklet, lassú hevítési sebesség, nagyon hosszú tartózkodási idő (Zhang et al, 2010), melynek eredményeként 35% szilárd fázis (faszén), 35% gáz és 30% kátrány keletkezik. A modern, lassú karbonizációs pirolizáló vegyi anyag forrásként hasznosítják a felszabadult illóanyagot vagy elégetik villamos energia termelése céljából, illetve hasznosítják ipari folyamatokban. A lassú pirolizáló berendezések több szempontból előnyösebbek a más termokémiai lebomlást hasznosító berendezésekhez képest: a berendezés olcsó, mérete kicsi, a használható alapanyag nagyon változó lehet, az alapanyag szemcsemérete durva, több bioszént termel más termokémiai folyamathoz képest.

A **gyors pirolízis** mérsékelt hőfokon (400-600 °C) zajlik, bár a domináns hőmérséklet 550 C°. A hevítési sebesség nagyobb, mint 2C°/s, a szilárd és a gáz fázis tartózkodási ideje nagyon rövid (<2 s), kevés szilárd, de nagyarányú folyékony termék keletkezik (Brewer et al, 2009). A folyamat gyorsítása érdekében az alapanyagot általában <10 nedvességtartalomra szárítják ki, szemcseméretét <2 m-re csökkentik. Az alapanyag kiszáritásával ugyanakkor megakadályozzák a nagyarányú vizes frakció képződését a bioolajban. A gyors pirolízis elsődleges terméke a bioolaj, amely a pirolízis során keletkezett pára kondenzációjával

keletkezik. Mennyiségileg az eredeti biomassa 60-70 tömeg %-át teszi ki a bioolaj, 15-25%-át pedig a bioszén.

A ligno-cellulóz alapú biomassa pirolízise két mechanizmuson alapszik. Az első reakció maximum 500-550 °C-on a karbonizáció, melynek eredményeként keletkezik az elsődleges bioszén. A második reakció magasabb hőmérsékleten zajlik, melynek során a szerves gőzök (kátrány), vagyis a kondenzálható illékony anyagok lebomlanak és kokszt (másodlagos bioszén) képződik (Brown, 2009). A gyors pirolízis technológiája modernebb, mint a lassú pirolízis.

**A flash karbonizáció (FC).** A gyors pirolízis és a flash karbonizáció csak nagyon magas hőmérsékleten és nagyon rövid tartózkodási idő esetén különböztethető meg egymástól (Demirbas & Arin, 2002). A flash karbonizáció új technológia, melyet a Hawaii egyetem fejlesztett Michael J. Antal professzor vezetésével (US 6790317 B2 szabadalom: <https://drive.google.com/viewerng/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US6790317.pdf>). A FC közepes nyomáson, minimális tartózkodási idő alatt, maximális hatékonysággal termel bioszén. A flash karbonizáció során nyomás hatására az illóanyagok kondenzálódnak és másodlagos szenesedés történik (a gyors pirolízissel ellentétben, ahol a pára eltávolítása a cél). A folyamat során a lassú pirolízishez képest sokkal hatékonyabb módon gyártanak szilárd szenet a biomasszából. A tartózkodási idő általában <30 perc, a karbonizáció pedig egy nyomástartó edényben történik 1–2 MPa kezdeti nyomás alatt (Nunoura et al, 2006; Antal et al, 2003), maximum 600 °C hőmérsékleten. A flash karbonizáció során a hevítési sebesség nagyobb a gyors pirolízishez képest, ezért Demirbas et al, 2002 szerint a flash karbonizáció a tartózkodási idő és a keletkezett termék tekintetében is valamelyest különbözik a gyors pirolízistől. Manya et al, 2012 szerint a flash karbonizáció során keletkezett szilárd termékben visszanyerhető az eredeti biomassa szénttartalmának 65%-a.

Az **elgázosítás** magas hőmérsékleten (800 – 1000 °C) történik, hosszú tartózkodási idő alatt a reaktorban. Eredményeként nagy arányban keletkezik pirolízis gáz. A folyamat során keletkezett faszén aránya csak 5-10% között ingadozik a nagy hőmérsékletnek köszönhetően. Ugyanakkor az elgázosítás során keletkezett faszén nagy koncentrációban tartalmazhat fémeket és egyéb ásványokat a hamutartalom és az alapanyag összetételének függvényében, ami korlátozhatja talajra alkalmazását. (Brewer et al, 2009)

**A hidrotermális karbonizáció (Hydrothermal carbonization- HTC).** A száraz pirolízis alternatívájaként, a nedves pirolízis, vagyis a hidrotermális karbonizáció lehetőséget terem új, nem szokványos, többnyire nedves hulladékok (nedves mezőgazdasági hulladékok, városi szennyvíziszap, alga hulladék stb) hasznosítására. A HTC folyamattal gyártott bioszén egy zagy, amely folyadékot, szén részecskéket és az alapanyag függvényében ásványokat és nyomelemeket tartalmaz. A 200°C hőmérsékleten és 20 bar nyomáson végbemenő folyamat során, vizes környezetben csak 1-5% gáz képződik. Az alapanyag lebomlása a száraz pirolízishez hasonló mechanizmussal történik: hidrolízis, dehidratálás, dekarboxilálás, aromatisálás és újrakondenzálás (Libra Judy A et al, 2011). A lehűtött HTC zagy víztartalmát

préssel távolítják el, a vizet visszaforgatják a rendszerbe, a szilárd HTC pogácsát pedig kiszáritják.

### **Hivatkozások:**

Antal MJ, Gronli M. 2003 The art, science, and technology of charcoal production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 42(8), 1619–1640.

Brewer, Catherine Elizabeth, 2012. Biochar characterization and engineering, *Graduate Theses and Dissertations*. Paper 12284.

Demirbas, A., & Arin, G. 2002. An overview of biomass pyrolysis. *Energy Sources*, 24(5), 471-482, <http://carbonneutraleconomies.wikispaces.com/file/view/pyrolysis.pdf>

Libra Judy A, Kyoung S Ro, Claudia Kammann, Axel Funke, Nicole D Berge York Neubauer, Maria-Magdalena Titirici, Christoph Fühner, Oliver Bens, Jürgen Kern & Karl-Heinz Emmerich. 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis, Review, *Biofuels* (2011) ISSN 1759-7269 2(1), 89–124

Manyà, Joan J 2012. Pyrolysis for biochar purposes: a review to establish current knowledge gaps and research needs *Environmental Science & Technology* 46(15):7939-54

Zhang, Afeng, Liqiang Cui, Gengxing Pan, Lianqing Li, Qaiser Hussain, Xuhui Zhang, Jinwei Zheng, and David Crowley. 2010. Effect of Biochar Amendment on Yield and Methane and Nitrous Oxide Emissions from a Rice Paddy from Tai Lake Plain, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139.4: 469-75.

Összeállította: Vaszita Emese (BME ABÉT)