

A bioszén fizikai tulajdonságai

A pirolízis hőmérséklete és az alapanyag összetétele nagymértékben befolyásolja a bioszén fizikai jellemzőit, mint például a pórusszerkezetet, fajlagos felszín és az adszorpció tulajdonságokat (Antal and Grónli, 2003; Downie et al., 2009; Amonette and Joseph, 2009). A pirolízis hőmérséklet növekedésével eltűnik az alapanyag mátrix, nő a fajlagos felszín és a hamutartalom, de lecsökkennek a felszíni funkcionális csoportok, amelyek biztosítják a rétegek szabad felületeit (Guo and Rockstraw, 2007). A ligno-cellulóz degradáció kb 120°C-on kezdődik, a hemicellulóz 200-260°C-on bomlik le, míg a cellulóz 240 és 350°C között, a lignin pedig 280 - 350°C között degradálódik. A maradék frakciók aránya, valamint a hamutartalom befolyásolja a bioszén reaktivitását és azokat a szerkezeti változásokat, amelyek meghatározzák a bioszén tulajdonságait (Downie et al., 2009). A pirolízis hőmérséklet növekedése hozzájárul az aromás gyűrűs szerkezet kialakulásához a szén polikondenzációja által, amely eredményeként nő a pórusok kialakulásának esélye és a bioszén fajlagos felszíne. A nagy hőmérsékleten (400-700°C) kialakult, sok szenet tartalmazó kondenzált struktúrák, általában kevesebb funkcionális csoportot tartalmaznak a felületi töltés és ioncsere létrejöttéhez, a dekarboxilezésnek köszönhetően, mint az alacsony hőmérsékletű bioszén, amelyek sokkal több olyan C=O and C-H funkcionális csoportot tartalmaznak, amelyek elősegítik a tápanyag megkötését. (Glaser et al., 2002; Baldock and Smerink, 2002;). Novak et al. (2009) szerint a bioszén felületi töltése függ az alapanyagtól és a hőmérséklettől.

Szemcseméret

A lassú pirolízis (karbonizáció) során termelt bioszén szemcsemérete megegyezik a pirolízis előtti biomassza szemcseméretével. Ha az alapanyagot 1 mm-es szemcseméretre darálják, a pirolízis során keletkezett bioszén szemcsemérete szintén 1 mm körüli lesz. A pirolízis során az illékony anyag fokozatos eltávolításával a bioszén porózusabb lesz, de összességében megtartja formáját és méretét. A pirolízis során keletkezett finom frakció, amely a faszéngyártó kemence alján gyűl össze, a biomassza részleges égése során (nagy hamutartalmú bioszén) valamint a törékennyé vált bioszén részecskék érintkezéséből levált részekből származik. A reaktor gyors felmelegítése esetén az illékony anyagok gyors felszabadulása is hozzájárul a finom frakció létrehozásához, mivel a nagy belső nyomás hatására a részecskét felrobbannak. A gyors pirolízis, valamint az elgázosítás folyamatának elősegítésére a biomasszát ledarálják, ezért a folyamat során keletkezett bioszén szemcsemérete kicsi (1-100 μ m). A szemcseméret csökkenésével, a por okozta kockázat nő. Általában a bioszén alkotóelemeinek szemcsemérete nagyobb, mint PM10 (<10 μ m) és PM2 (<2 μ m), ennek ellenére, a bioszén kapcsán javasolt a levegő portartalmának mérése. A bioszén mechanikai összetételének mérésére, kb 50 μ m szemcsefrakcióig, a szitasorral történő szétosztási módszert alkalmaznak. A lézeres mechanikai összetétel meghatározási módszer alkalmas a kisebb szemcseméret meghatározására. A pipettás módszer (ülepedésen alapuló) azonban nem alkalmas a bioszén mechanikai összetételének meghatározására, a szenesedett anyag kis sűrűsége miatt (a szenesedett anyag nem ülepszik le a vízben, hanem a víz felületén marad (Downie et al, 2009).

Sűrűség

A faszén esetén kétféle sűrűséget különböztetünk meg: a) a tömegsűrűséget (látszólagos sűrűség), mely a strukturális térfogatot és a faszén pórustérfogatát is magába foglalja, b) a részecskesűrűséget, amit valódi sűrűségnek is neveznek, és amely csak a szilárd molekulák által elfoglalt térfogatot jelenti.

A térfogatsúly mérése során egy ismert tömegű mintát helyeznek el egy ismert térfogatú edényben. A tömörödésnek jelentős hatása van a pórustérfogatra, ezért a bioszén tömegsűrűsége kicsi, általában 0.2-0.5 g/cm³ (fajsúlya: 0.2-0.5 g/cm³) között van, amely az alapanyag és technológia függvényében változik.

Például, nagy hamutartalmú bioszenet eredményező alapanyag vagy technológia esetén, amely során a szenesedett anyag széntartalma kicsi, a sűrűség nagy, az ásványi anyagnak köszönhetően.

A részecskesűrűséget piknométerrel mérik. Mivel ez esetben a részecskék közötti pórustérfogatot nem veszik figyelembe, a részecskesűrűség értéke nagyobb, mint, a térfogatsúly. A részecskesűrűséget nem befolyásolja a tömörödés. A bioszén részecskesűrűsége általában 1.5-1.7 g/cm³ között változik és nő a pirolízis hőmérsékletével, mivel a szilárd szén sűrű aromás gyűrűszerkezetté kondenzálódik. Néhány nagy hőmérsékletű bioszén részecskesűrűsége elérheti a szilárd grafit sűrűségét (2.25 g/cm³). A látszólagos sűrűséghez hasonlóan, a részecskesűrűség is nő az ásványi hamutartalommal, ezért a nagy hamutartalmú faszének esetén túllépheti a 2.0 g/cm³-t (Downie, 2009).

Pórustérfogat

A pórusok mérete szerint három porozitást különböztetünk meg. Az anyagtudományokban a <2 nm-nél kisebb belső átmérőjű pórusokat mikropórusoknak nevezik, a 2-50 nm belső átmérőjű pórusokat mezopórusnak, míg a 200 nm-nél nagyobb pórusokat makropórusoknak. A talajtudományokban, azonban minden 200 nm belső átmérő alatti pórust mikropórusnak tekintenek (Brewer et al, 2012). A pórustérfogat nagymértékben befolyásolja egy adott minta tulajdonságait. Az aktív szén gyártása területén a 2 nm alatti mikropórusok befolyásolják a szén felszíni felületének adszorpcióját. A bioszén talajra alkalmazása során a makropórusoknak fontos szerepe van a talaj vízháztartásában és a mikrobiológiájában. A nagyobb pórusok segítségével a víz, a növényi gyökerek és a gombasejtek könnyebben hatolnak be a részecskébe. Ugyanakkor a pórusok védelmet nyújtanak a mikroorganizmusoknak a nagyobb, ragadozó organizmusoktól. A bioszeneknek gyakran jellegzetes pórusméret eloszlása van, ami az eredeti növény struktúrájának köszönhető (Khalil, 1999).

Fajlagos felület

A bioszén fajlagos felülete egy olyan fizikai tulajdonság, amelynek jelentős hatása van a bioszén és a talaj közötti kölcsönhatás mértékére. Minél nagyobb a bioszén fajlagos felülete, annál több kémiai kölcsönhatásban vehet részt a bioszén, grammonként.

Továbbra is vita tárgya, hogy mely fajlagos felületmérési módszer a legalkalmasabb a bioszén talajra alkalmazása során. A legelterjedtebb fajlagos felületi mérési módszer a Brunauer,

Emmett és Teller adszorpciós izotermaegyenleten (BET-egyenlet) alapuló módszer. A karbonizációval (lassú pirolízis) gyártott bioszenek BET fajlagos felülete gyakran $1 \text{ m}^2/\text{g}$, ami nem sokkal nagyobb a lignocellulózos biomassza fajlagos felületétől, mivel a pórusok nagy része makropórus. A hosszú tartózkodási idő, a nagy hőmérséklet és az aktiváló folyamatok alkalmazása a pirolízis során (gőzzel fűtés) elősegítik a mikropórusok kialakulását a szén szerkezetében és a nagy BET fajlagos felület létrejöttét. A biomassza és a pirolízis technológia függvényében, néhány bioszén fajlagos felülete elérheti a néhány száz vagy ezer négyzetmétert grammonként, ami alkalmassá teszi őket aktív szénkénti használatra. További módszerek a fajlagos felület mérésére, az *etilén-glikol-monoetil-éter (EGME)* módszer, amelyet általában talajokra alkalmaznak, valamint a gáz-szorpciós módszerek, melyek nagyobb és több hidrofób molekulát használnak annak a szerves anyagnak a szimulálására, amelyet a bioszén adszorbeálna a talajban. A bioszén irodalom alapján, azonban a BET módszert használják a bioszén fajlagos felületének meghatározására (Brewer et al, 2012). Az EBC 2012 feltételei szerint a fajlagos felület értéke számot ad a bioszén minőségéről és jellemzőiről, ugyanakkor jelzi a használt pirolízis technológia hatékonyságát. Általában az EBC 2012 ajánlása szerint a fajlagos felület értéke száraz tömegre vonatkoztatva $150 \text{ m}^2/\text{g}$, bár esetenként a kisebb fajlagos felületérték lehet a megfelelő.

Hivatkozások:

Amonette, J, and S. Joseph. 2009. Characteristics of biochar: Micro chemical properties. pp. 33-52. In J. Lehmann and S. Joseph (eds.) *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan, London.

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

Baldock, J.A., and R.J. Smernik. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red Pine) wood. *Org. Geochem.* 33: 1093-1109.

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

Downie A, Crosky A, Munroe P (2009) Physical properties of biochar. In ‘*Biochar for Environmental Management: Science and Technology*’. (Eds J Lehmann, S Joseph) pp. 13–32. (Earthscan, London, UK).

EBC, 2012. European Biochar Certificate – Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation, Arbaz, Switzerland, <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-guidelines.pdf>, Version 4.8 of 13th December 2013 (accessed on 25.11.14).

Glaser, B., J. Lehmann and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal-a review. *Biol. Fert. Soils.* 35: 219-230.

Guo, Y., and A.D. Rockstraw. 2007. Physiochemical properties of carbons prepared from pecan shells by phosphoric acid activation. *Bioresource Tech.* 98: 1513-1521.

Hanay, O., Hasar, H., Kocer, N.N., Aslan, S., 2008. Evaluation for agricultural usage with speciation of heavy metals in a municipal sewage sludge. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 81, 42–46.

Khalil, L. B. 1999. Porosity characteristics of chars derived from different lignocellulosic materials. *Adsorpt. Sci. Technol.* 1999, 17, 729–739

Novak JM, Lima I, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrah D, Watts DW, Busscher W J, Schomberg H. 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science* 3, 195-206.