



Projekti INFO

67

Polttoaineen koostumuksen vaikutus kaasutusprosessiin

Osa 1 termokemiallinen mallinnus- Vaikutus kuonan muodostumiseen

Johdanto

Tuhkapitoisuus ja koostumus voi vaihdella paljon eri puupolttoaineilla (esim. kuori, sahanpuru, hakkuutähteet (latvat ja oksat)). Taulukossa 1 on esitetty muutamien tyyppisten puupolttoaineiden koostumuksia.

Taulukko 1. Muutamien tyyppisten puupolttoaineiden koostumus – tuhka- ja alkuainepitoisuus (paino-% av TS)

	Kuori (mänty)	Hakkuutähte (kuusi, vanha)	Hakkuutähte (kuusi, tuore)	Sahajauho (mänty)
tuhkapitoisuus	1.9	6.4	2.2	0.31
S	0.03	0.03	0.03	<0.01
Cl	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Si	0.13	1.86	0.18	0.011
Al	0.089	0.38	0.024	0.0031
Fe	0.016	0.15	0.024	0.0022
Ca	0.42	0.256	0.57	0.093
Mg	0.038	0.070	0.048	0.021
P	0.030	0.034	0.033	0.0093
Na	0.010	0.11	0.011	0.0001
K	0.13	0.29	0.19	0.045

Puuaineksen tuhkan koostumuksen pääalkuaineet ovat useimmiten kalsium (Ca), kalium (K) ja pii (Si) (punaisella taulukossa 1). Eri puumateriaalien koostumuksissa on suuria pitoisuuseroja. Erot voivat vaikuttaa reaktorissa kuonan ja partikkelien muodostukseen, mikä taas vaikuttaa kaasutusprosessin suorituskykyyn.

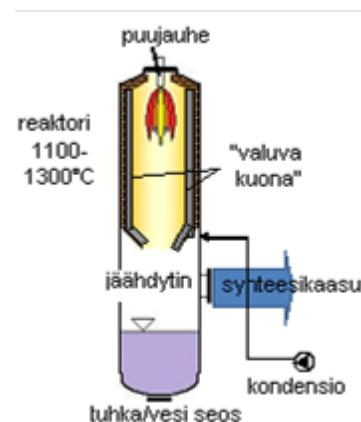
Tuhkan vaikutus kaasutusprosessiin

Jotta saavutetaan hyvä kuonanmuodostus EF-kaasuttimella (entrained flow-kaasutin) pitää tuhkan olla kokonaan sulanutta ja valua reaktorin seiniä pitkin (kuva 1), koska osittain sulanut tuhka voi aiheuttaa ongelmia kaasutusreaktorissa. Siksi on tärkeää tietää kuinka eri polttoaineet muodostavat tuhkaa ja kuonaa.

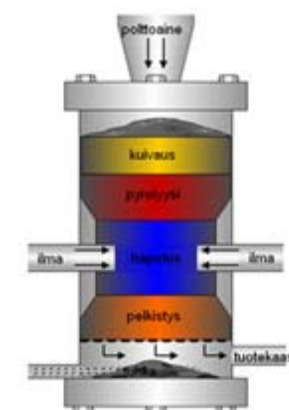
Tyypillisessä kiintopetimyötävirtakaasuttimessa (fixed bed down draft-kaasutin) (kuva 2), halutaan kuitenkin estää tuhkan sulaaminen, koska tämä voi aiheuttaa kuonan muodostumista kaasuttimen arinaan ja seinille, mikä voi häiritä toimintaa.

Siksi on tärkeää tietää, miten eri polttoainekoostumukset vaikuttavat muodustestun tuhkan/kuonan ominaisuuksiin. Kalium kulkeutuu kaasufaasiin ja voi kondensoitua kaliumrikkaiksi partikkeleiksi synteetikaasuun (kuva 3). Partikkelit voivat aiheuttaa ongelmia seuraavissa käsittelyvaiheissa, joissa lämpötila on matalampi kuin reaktorissa.

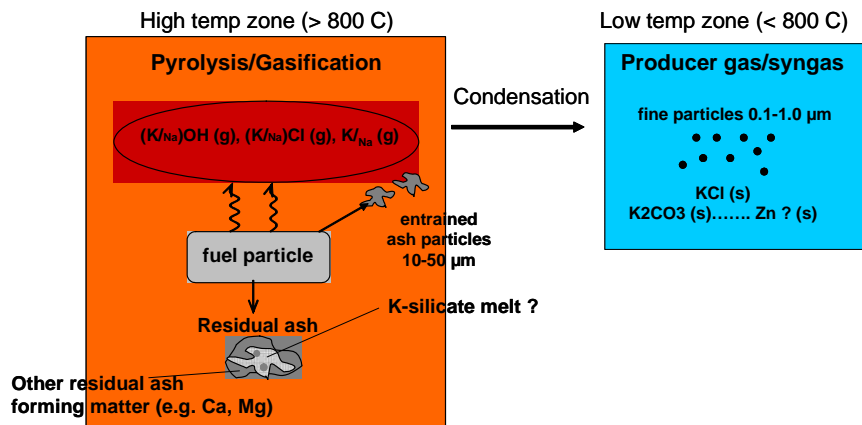
Tämän alustavan osatyön avulla on tarkoitus määrittää tuhkan ja alkalien (K+Na) termokemiallinen sulamiskäyttäytyminen ja kulkeutuminen synteetikaasuun kaasuttamalla neljää erityyppistä puupolttoainetta.



Kuva 1. Kuonaa muodostava entrained flow-kaasutin



Kuva 2. Myötävirtakaasutin



Kuva 3. Pyrolyysissä/kaasutuksessa tärkeitä tuhkanmuodostusprosesseja biomassapartikkeleista

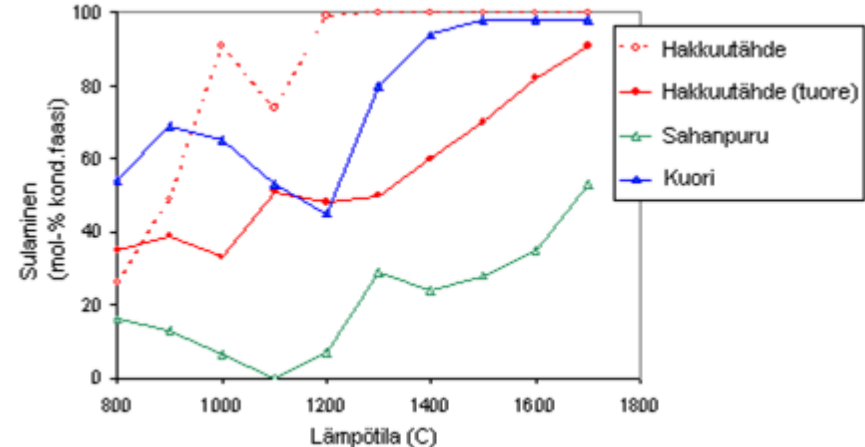
Menetelmä – termokemiallinen mallinnus

Termokemiallista mallinnusta hyödynnetään tässä sulamiskäyttäytymisen ja tuhkan muodostumisen ennustamiseen sekä synteesikaasuun haihtuvien alkalien (K+Na) määrittämiseen tutkimalla neljää erityyppistä puuainesta (kuori, hakkuutähde (tuore), hakkuutähde (säilötty) ja sahanjauho) (katso taulukko 1). Ilmavajetta vastaava ilmatekijä 0,35, lämpötila 800-1700 °C ja normaali-ilmapaine (1 Bar).

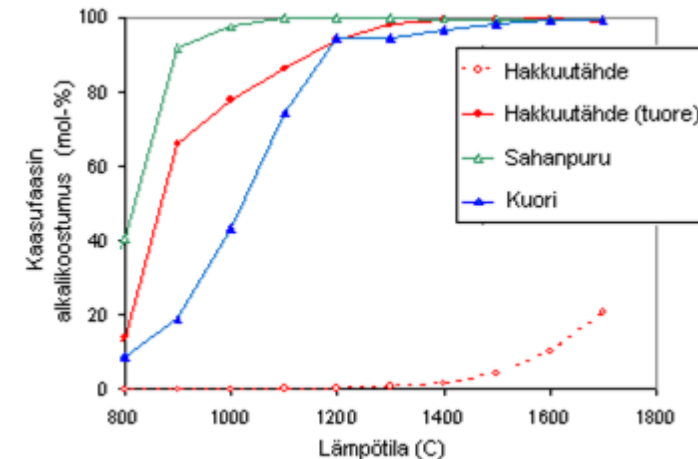
Mallinnukset suoritettiin ohjelmalla FACTSage-5.1, joka perustuu tutkittavan systeemin Gibbsin vapaasen energian minimointiin. Laskennassa on käytetty kaasukomponenttien termodynaamisia tietoja sekä stoikiometrisen kondensaatiovaiheita. Termodynaamiset tiedot ovat peräisin FACT-tietokannasta.

Tulokset – alustava mallinnus

Tulokset näyttävät, että Si-rikas säilötty hakkuutähde muodostaa tuhkaa ja kuonaa, joka on kokonaan sulanutta 1200-1300 °C lämpötilassa, joka on EF-kaasuttimen prosessilämpötila. Sahanpuru, puunkuori ja tuore hakkuutähde sulaa vain osittain (kuva 4), mikä voi aiheuttaa ongelmia kuonan pinnoittumisessa reaktioastian seinämiin. Kaikki polttokokeet osoittivat taipumusta sulamiskäyttäytymiseen (osittain sulanut), joka voi aiheuttaa reaktoriin pinnoittumisen muodostusta n.1000 °C lämpötilassa, jota käytetään myötävirtakaasuttimella. Kaikki polttokokeet, paitsi Si-rikas hakkuutähde, osoittivat korkeaa kaasutusprosessin aikana partikkeleina kaasufaasiin kulkeutuvien alkalien pitoisuutta (kuva 5).



Kuva 4. Tuhkan/kuonan sulamiskäyttäytyminen reaktiolämpötilan funktiona eri puupolttoaineilla.



Kuva 5. Puupolttoaineessa olevia alkalimetalleja, jotka kulkeutuvat kaasufaasiin ja edelleen synteesikaasuun eri lämpötiloissa.

Päätelmät

Mallinnus osoitti merkittäviä eroja sekä tuhkan sulamiskäyttäytymiselle että alkalin kulkeutumiselle synteesikaasuun, eri tyyppisillä puupoltto-aineilla. Nämä seikat voivat vaikuttaa kaasutusprosessin toimintaan ja suorituskäyttöön. Esimerkiksi Si-rikkaan lisäaineen lisääminen ja/tai Si-rikkaan polttoaineen (esim. olki) lisääminen puuaineen sekaan voi olla mielenkiintoinen vaihtoehto, jonka avulla voidaan saavuttaa korkea suorituskäyttö puupolttoaineelle kuonaa muodostavassa EF-myötävirtakaasuttimessa.