



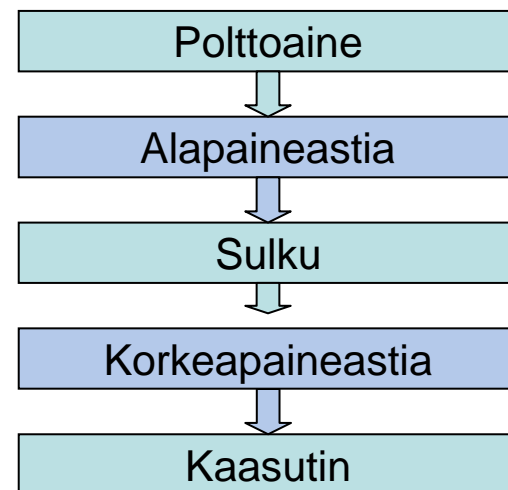
Biopolttoaineen syöttö paineistettuun reaktoriin

Kokemuksia hiilisyötöstä

Yksi kriittisimmistä systeemeistä paineistetussa kaasutuksessa on polttoaineen syöttö ilmanpaineesta kaasuttimen korkeampaan paineeseen. DOE raportissa vuodelta 2002 [Clayton 2002] rankataan syöttösystemien kehitystarve 20 kehitystä ja tutkimusta tarvitsevasta alasta sijalle 4. Higman [Higman 2003] antoi yleiskuvan käytetyistä metodeista hiilen paineistamiseen paineistetussa kaasutuksessa. Higmanin johtopäätös on, että syöttö on pitkistä kokemuksesta huolimatta hankalaa ja aiheuttaa päänsärkyä. Hän mainitsee myös, että hiilen paineistukseen löytyy kaksi päätapaa:

1. Kuivasyöttö : Systeemi rakentuu kolmesta astiasta, jotka on sijoitettu peräkkäin (tai päällekkäin) ja erotettu venttiileillä. Kuvassa 1 löytyy tämän tekniikan periaate. Polttoaine toimitetaan matalapaineastiaan, josta se sitten kuljetetaan sulkuun avaamalla venttiili 1 venttiiliin 2 pysyessä kiinni. Kun sulku on täynnä, niin venttiili 1 suljetaan ja venttiili 2 aukaistaan. Sitten sulku paineistetaan ja polttoaine virtaa korkeapaineastiaan. Jotta sulku voidaan jälleen täyttää, suljetaan venttiili 2, jolloin sulun paine lasketaan ilmanpaineeseen ennen kuin venttiili 1 avataan.

2. Slurry(liete)pumppaus : Menetelmä on helpompi ja parempi kuin kuivasyöttö sulkujen kautta. Toinen tämän prosessin etu on se, että sillä voidaan päästä 70 barin paineeseen (verrattuna kuivasyötön max 40 bariin) [Holt 2001]. Slurry sisältää n. 30-40% vettä, jolloin loput on hiiltä.



Kuva 1: Sulkusyötön (kuivasyöttö) periaatekuvaus

Taulukko 1: Kahden paineistusmenetelmän etuja ja haittoja

Kaasu	N ₂	Synteetikaasu	CO ₂
Edut	Saatavissa O ₂ -systeemistä	Voi vähentää synteetikaasun saastumista (vähemmän N ₂)	1. Ei myrkyllinen kuten synteetikaasu 2. Ei vaikuta katalyyttisiin prosesseihin
Haitat	1. Vaikuttaa katalyyttisiin prosesseihin negatiivisesti	1. Sekoittumisen riski ulkoisen atmosfääriin kanssa 2. Riskinä päästöt ympäristöön	Saatavissa vain CO-shift reaktoreissa tai CO ₂ -erottamisessa

Taulukossa 1 esitetään kahden hiilikaasuttimessa käytettävän paineistusmenetelmän etuja ja haittoja.

Biopolttoaineen paineistaminen

Hiileen verrattuna on puupolttoaineilla erityisiä fysikaalisia ominaisuuksia, jotka vaikeuttavat paineistusta. Tiettyjä vaikeuksia on raportoitu biomassan kaasutuksen yhteydessä myötävirtakaasuttimessa Nuonin/Alankomaat laitoksessa [Walters and Kanaar 2006]. Puupolttoaineen jauhatuksessa muodostuu säikeistä materiaalia, joka voi kietoutua yhteen. Tämä tuo mukanaan suuremman riskin kiinnittymiseen syöttösystemin eri osissa verrattuna hiileen. Biopolttoaineen alhainen tiheys vaikuttaa myös kelluvuuteen. Lietesyöttöä, jota voidaan käyttää hiilipoltossa ja hiilikaasutuksessa, on vaikea (jopa mahdotonta) käyttää puupolttoaineiden tapauksessa. ETC:llä tehdyt testit (katso kokeet) osoittivat, että jopa lietettä, jossa oli 20 % puupolttainetta ja 80 % vettä, oli vaikea syöttää.

Hiilen paineistukseen käytettyjä metodeja ei voida suoraan soveltaa biopolttoaineille. Swanson et al [Swanson 2003] selostivat raportissaan joitakin tekniikoita, joita voidaan käyttää biomassan paineistukseen.

1. Sulkusyöttäjä (lock hopper)
2. Solusyöttäjä (rotary feeder)
3. Tulpanmuodostava syöttäjä
4. Ei-tulpanmuodostava syöttäjä

1. Sulkusyöttäjä (lock hopper)

Sulkusyöttäjä on mainittu aikaisemmin ja sitä käytetään usein hiilen paineistuksessa. Walters [Walters and Kanaar 2006] on raportoinut biopolttoaineiden syötössä sulkusyöttäjien huonontunutta suorituskykyä. USA:ssa on kaksi yritystä, jotka ovat kehittäneet sulkusyöttäjiä biopolttoaineille; Miles ja Cratech.

Nostaakseen sulkusyöttäjän suorituskykyä päätti Miles modifioida sulkua yhdeksi eriäväksi astiaksi, joka muistuttaa enemmän pitkiä kapeita putkia kuin paineastiaa [Swanson 2003]. Gas Technology Institute (GTI) on käyttänyt tätä tekniikkaa ja 31 barin kaasuttajaa Calmecyssä/Ranskassa. Nämä laitokset ovat tyyppiä fluidisoitu peti.

Cartech testasi paineistetun kaasutuslaitoksen sen syöttösystemillä. Biopolttoaineen paineistus tapahtuu pneumaattisen latauksen kautta. Paineistuksessa käytetään n. 63 litraa ilmaa per kilo polttoainetta [Swanson 2003].

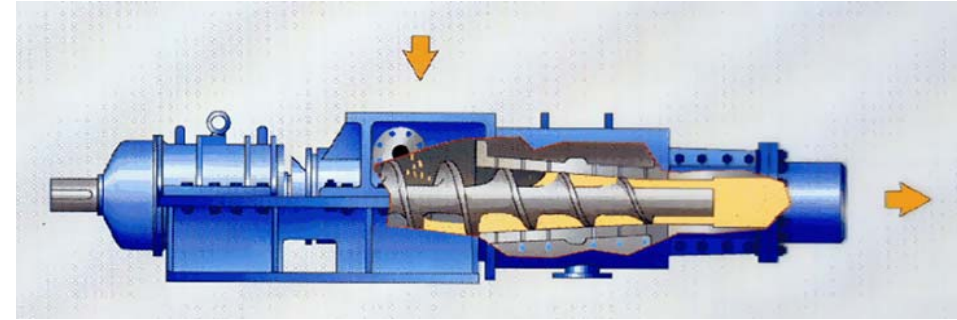
2. Solusyöttäjä

Solusyöttäjiä käytetään paperiteollisuudessa syöttämään haketta tai puujauhetta keittäjään. Syöttäjän paine pidetään yllä metalli-metalli kontaktilla (toleranssi < 1mm). Puristuskaasua, joka tavallisesti on höyryä, käytetään aikaansaamaan toivottu paine. Höyryä käytetään keittoprosessissa alavirrassa. Esimerkki sellaisesta syöttäjästä on Andritzin syöttäjä. Andritz syöttäjä selviää n. 10-12 barin paineesta. Nämä koneet ovat painavia ja voivat painaa jopa 11,4 tonnia 20 tonnia/h syöttöä varten ja maksavat n. kolme miljoonaa kruunua.

3. Tulpanmuodostava syöttäjä

Tätä tekniikkaa pidetään kaupallisesti käyttökelpoisimpana. Suurin osa kuivan materiaalin paineistamisen teknisestä kehityksestä tapahtuu tämän tekniikan raamien sisällä [Swanson 2003]. Metso ja Andritz/Ahlstrom-syöttäjät ovat markkinoilla dominoivia syöttäjiä. Normaalisti näitä syöttäjiä käytetään syöttämään haketta tai muuta selluloosamateriaalia massateollisuuden keittäjään.

Kuvassa 2 esitetään kehitelmä Metson syöttäjästä. Aines tippuu ruuvia vasten ja puristuu ruuvin kartiokkaan muodon takia etuosassa olevaan sylinteriin (kaula). Materiaali kuivuu jonkin verran puristuksen aikana, koska hakkeella voi olla jopa 50 % kosteuspitoisuus. Kaula on varustettu siirrettävillä reiitetyillä levyillä veden poisjohtamista varten. Kosteuden ja kaasun poistamista varten on olemassa tuuletusaukko.

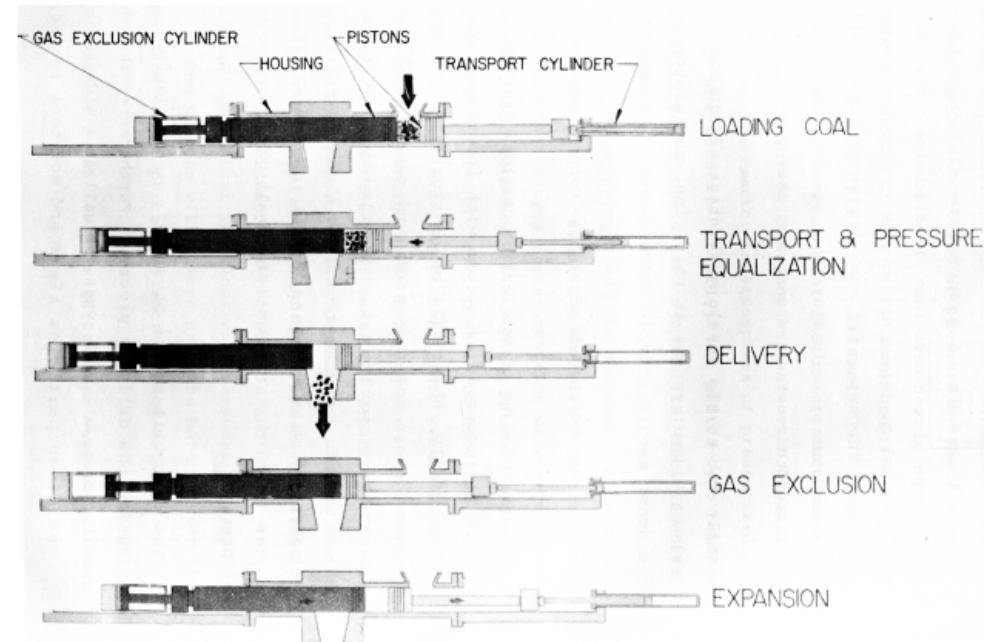


Kuva 2: Metson tulppasyöttäjä

4. Ei-tulpanmuodostava syöttäjä

1980- ja 1990-luvuilla on kehitetty kaksi systeemiä. Tekijät ovat Ingersoll-Rand/USA ja Fortum/Suomi. Systeemit ovat samannäköisiä. Ingersoll-Rands syöttäjä on kehitetty hiilisyöttöä varten ja Fortumin biopolttoainetta varten. Ingersoll-Rands syöttäjän käyttöjaksotus selostetaan kuvassa 3. Hiili otetaan sisään kahden männän (siirtomäntä ja tyhjennysmäntä) välissä olevaan tilaan. Tämä tila paineistetaan inertin kaasun avulla sen jälkeen kun yhteys tilan ja ympäristön välillä on suljettu. Molemmat männät liikkuvat samalla nopeudella tyhjennysaluetta kohti. Hiili tippuu alas tyhjennysastiaan. Mäntien välissä oleva kaasu poistetaan siten, että siirtomäntä painetaan tyhjennysmäntää vasten.

Tämä tekniikka vaikuttaa kiinnostavalta myötävirtakaasutinta ajatellen, koska materiaali pitää siinä muotonsa. Silti näiden kahden syöttäjän kehittäminen on pysäytetty eri syistä.



Kuva 3: Ingersoll-Rands syöttäjä

Taulukko 2: Eri kaupallisten paineistussysteemien edut ja haitat

Tekniikka	Edut	Haitat	Huom.
Lock-hopper (sulkusyöttäjä)	Yksinkertainen	Pitkiä astioita pitkien sykliainojen takia	Tehokkaampi, jos materiaali siirrettävissä, esim hake ja pelletit
	Ei purista polttoainetta	Puristuskaasua tarvitaan, mutta sen mukana tulee korkeat puristuskustannukset	Tietyt konstruktiot voivat vähentää puristuskaasun tarvetta
	Voidaan käyttää moniin polttoaineisiin	Ei-jatkuva syöttö	
	Matala energiankulutus (eniten venttiileille)	Venttiilien vuotoriski	
Solusyöttäjä	Jatkuva syöttö ja hyvät annostusmahdollisuudet	Holvaantumisriski venttiilien yläpuolella	Puristuskaasua tarvitaan vähemmän, koska tekniikassa uudelleen-kierrätys
	Pieni erityinen koko	Puristuskaasua tarvitaan	
	Matala energiankulutus	Vuodon riski polttoaineen tarttumisen vuoksi	
	Voi käsitellä useita polttoaineita		
Tulpanmuodostava syöttäjä	Jatkuva-puoli-jatkuva syöttö	Korkeat kitkavoimat johtavat kulumiseen ja korkeaan energian kulutukseen	Erityinen energiantarve mäntäsyöttäjälle on pienempi kuin ruuvisyöttäjälle
	Voi käsitellä pistäviä ja kosteita materiaaleja	Polttoaineen puristaminen voi johtaa suuriin tulppiin, joita ei voida käyttää prosessissa	
	Paineistettua kaasua vähän tai ei ollenkaan		
Ei-tulpanmuodostava syöttäjä	Ei materiaalin puristusta	Paineistettua kaasua tarvitaan tiettyjen konstruktioiden kohdalla	Mahdollisesti pienempi energiantarve kuin tulpanmuodostavilla

Johtopäätökset

Taulukkoon 2 on koottu niiden tekniikoiden edut ja haitat, jotka on mainittu aikaisemmin. Voidaan tehdä johtopäätös, että:

1. Biopolttoaineen paineistusta varten on olemassa joukko kehityskelpoisia ratkaisuja.
2. Ei ole olemassa kaupallista paineistussysteemiä, joka toimii hyvin biopolttoaineelle.
3. Kahta-kolmea kiinnostavaa tekniikkaa tulee tutkia enemmän; Metson tulppasyöttäjää, Fortumin syöttäjää ja Stamet syöttäjää.
4. Lisää kehitystyötä tarvitaan koskien jauhesyöttöä



Toukukuu 2010

Hassan Salman & Fredrik Weiland
+46 911 23 23 80