

Väitöstiedote

Väitös 19.08.2022

Synteesikaasun syväpuhdistaminen

Väitöskirjan nimi	Adsorption-based deep syngas purification
Väitöskirjan sisältö	Yksi kestävien polttoaineiden ja kemikaalien tuotannon haasteista kaasutusreitintä kautta on taloudellinen pienemmän mittakaavan puhtaan synteesikaasun tuottaminen. Katalyyttistä konversiota varten synteesikaasusta on poistettava esimerkiksi haitalliset typpi-, rikki-, halogeeni- ja metalliyhdisteet. Tässä väitöstutkimuksessa on esitetty vaihtoehtoinen prosessi nykyisille isoon mittaluokkaan tarkoitetuille liuotinpesuprosesseille. Loppupuhdistuskonseptissa hyödynnetään erityisesti adsorptiota, ja yhdistämällä prosessi kiintoaineiden sekä tervojen poistoprosessien kanssa saavutetaan kustannustehokkaasti täysi synteesikaasun puhdistusketju. Väitöskirjassa tutkittiin kokeellisesti erilaisia adsorbentteja rikkivedyn (H_2S) pidätykseen, tavoitteena löytää soveltuvin rikinpoistomateriaali loppupuhdistusprosessiin. Lisäksi koko loppupuhdistuskonsepti validoitiin oikeassa synteesikaasussa. Laboratoriokokeissa yleisesti käytetyt sinkkioksidit todettiin toimivaksi myös bio-synteesikaasussa, mutta parhaan potentiaalin osoitti edullinen aktiivihili hapettavassa ja ammoniakkia sisältävässä kehässä jossa rikkivety konvertoituu kiinteäksi rikiksi. Pyrkimyksenä parantaa ei-regeneroitavien adsorbenttien taloutta ja materiaalien kierrätystä testattiin lisäksi sinkkiä sisältäviä terästeollisuuden valokaariuunin (EAF) pölyjä adsorptiotarkoitukseen. EAF pöly osoitti rikinpidätyiskykyä erityisesti korkeassa lämpötilassa. Loppupuhdistuskonsepti rakennettiin penkkikokoluokkaan ja prosessin suorituskyky validoitiin koeajoissa missä koko tuotantoketju oli kytketty yhteen, alkaen biomassan kaasutuksesta Fischer-Tropsch nestetuotantoon. Usean testiviikon operoinnin perusteella erilaisissa tulokaasukompositioissa loppupuhdistusprosessi osoitti saavuttavan korkean kaasun puhtaustason soveltuvaan katalyyttiin synteesiprosesseihin. Nämä tulokset indikoivat, että puhdistuskonsepti on realistinen vaihtoehto liuotinpesuprosesseille.
Väitöskirjan ala	Kemian tekniikka
Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot	Diplomi-insinööri Christian Frilund christian.frilund@vtt.fi
Väitöksen ajankohta	19.8.2022 klo 12
Etäväitöksen osoite	https://aalto.zoom.us/j/61655886386
Paikka	Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, luentosali Ke2, Kemistintie 1, Espoo
Vastaväittäjä(t)	Dr Tilman Schildhauer, Paul Scherrer Institute, Sveitsi
Valvoja	Professori Ville Alopaeus, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu
Väitöskirjan verkko-osoite	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/115570
Avainsanat	Synteesikaasu, kaasunpuhdistus, rikkivety, adsorptio

Press release

Defence on 19.8.2022

Deep syngas purification

Title of the doctoral thesis Adsorption-based deep syngas purification

Content of the doctoral thesis

One of the challenges of sustainable fuels and chemicals production using the solid-feedstock gasification route is the economic smaller-scale production of high-purity syngas. For syngas to be suitable for catalytic processes, essentially complete removal of e.g. harmful nitrogen-, sulfur-, halogen- and metal species is required.

In this doctoral dissertation, an alternative to conventional solvent scrubbing-based cleaning processes, originally developed for large-scale plants, is presented. The new final gas cleaning process mainly uses adsorption for impurities removal and when coupled upstream with hot gas tar and particulate removal, complete syngas purification in a cost-effective manner can be achieved. The objective of this dissertation was to experimentally investigate hydrogen sulfide (H₂S) adsorbents to find the most suitable material for the new final gas cleaning concept. In addition, the full final gas cleaning was validated in a real syngas environment.

Lab-scale tests revealed that commonly used zinc oxides were suitable for bio-syngas H₂S removal, but the best H₂S capture results were achieved with affordable activated carbons, which in an oxidizing and ammonia-containing atmosphere efficiently converted H₂S to solid sulfur. In an effort to improve non-regenerable adsorbent economics and material recyclability, zinc-containing steel making electric arc furnace (EAF) dusts were tested for H₂S removal. The EAF dusts demonstrated high-temperature desulfurization capabilities.

A bench-scale final gas cleaning process was constructed and validated in a full production chain from solid residual biomass gasification to Fischer-Tropsch crude production. Several week-long tests in varying feed concentrations showed that the new process achieved high gas purity standards suitable for catalytic synthesis, hence proving the practical feasibility of the concept.

Field of the doctoral thesis Chemical Engineering

Doctoral candidate and contact information M.Sc. (Tech.) Christian Frilund
christian.frilund@vtt.fi

Defence date and time 19th August 2022 at 12 o'clock

Remote defence <https://aalto.zoom.us/j/61655886386>

Place of defence Aalto University School of Chemical Engineering, Lecture hall Ke2, Kemistintie 1, Espoo

Opponent(s) Dr Tilman Schildhauer, Paul Scherrer Institute, Switzerland

Custos Professor Ville Alopaeus, Aalto University School of Chemical Engineering

Link to electronic thesis <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/115570>

Keywords Syngas, gas cleaning, hydrogen sulfide, adsorption