

Subject

Openbare samenvatting betreffende MOOI42011

MEMO Voortgangsrapportage MOOI-regeling status jan-2023

Datum

01-01-2023

Gereviewd door

Programmamanager Hans Linden

Onderwerp

Voortgangsrapportage MOOI-regeling:
Plasmachemie voor CO₂-vrije productie van waterstof en etheen uit methaan.

LS,

Bij deze bieden wij U aan een update van de voortgang van de MOOI-regeling
"Plasmachemie voor CO₂-vrije productie van waterstof en etheen uit methaan".
Met status datum 1-1-2023.

Met vriendelijke groet,

Wilbert Derks,
Projectmanager Brightsite

Onderwerp

Openbare samenvatting MOOI42011

Plasmachemie voor CO₂-vrije productie van waterstof en etheen uit methaan.

Auteurs

Wilbert Derks, Sitech

Hans Linden, Marco Linders, TNO

Gerard van Rooij, UM

Doelstelling project

Met een elektrisch gegenereerd plasmaproces wordt momenteel in Duitsland op industriële schaal acetyleen uit aardgas geproduceerd, waarbij waterstof en koolstof als bijproducten ontstaan maar geen CO₂ wordt gevormd (Hüls proces). Dit proces wordt echter alleen gebruikt op momenten dat de elektriciteitsprijs heel laag is, omdat het anders nu nog niet economisch rendabel is. Momenteel is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de (on)mogelijkheden om op basis hiervan in 2022 een 1e generatie bench scale-installatie te realiseren. Daarbij wordt nagegaan of de businesscase kan worden verbeterd door het initieel in het plasmaproces gevormde acetyleen met een navolgende hydrogenatiestap om te zetten in etheen of verwante koolwaterstoffen die op Chemelot kunnen worden gebruikt bij de productie van kunststoffen. Daarnaast kunnen in deze bench-scale installatie andere grondstof-eindproduct combinaties getest worden.

Vanuit de overtuiging dat dit "state-of-the-art" proces door toepassing van meer geavanceerde en op de specifieke toepassing afgestemde plasmatechnologie verder verbeterd kan worden, is het huidige project erop gericht om hiertoe een meerjarig R&D ontwikkeltraject uit te voeren. Dit zal met name gericht zijn op het efficiënter overbrengen van elektrische energie naar de thermische toestand van plasma's en de primaire interactie met methaan.

Uitgevoerde activiteiten, de behaalde resultaten per mijlpaal

WP 1.1-2-3 Stromings-Thermisch-Chemie modellering

projectdoel: inzicht in flow en thermische huishouding thermische plasma processen en simulatie van plasma processen
--

Dit resultaat zal het ontwerpproces versnellen en de mogelijkheid bieden om verschillende configuraties en variabelen sneller door te rekenen

In een eerder project (TSE studie, mede gefinancierd door RVO) is de modellering gestart van de Hüls plasma reactor. Hieruit zijn enkele lessen geleerd, waaronder dat de modellering moet worden opgesplitst in twee delen: enerzijds de stroming (massa) en anderzijds de chemie/reactiekinetiek van het proces. Beide in 1 model resulteert in weken rekentijd voor 1 simulatie (is onwerkbaar). Beide deelmodellen zijn het startpunt voor het huidige MOOI project, waarvan de resultaten uiteindelijk worden geïntegreerd. De modellen zijn omgezet naar een model dat de lab-schaal (benchscale) reactor beschrijft. Eerste simulaties zijn uitgevoerd. Een eerste interessant resultaat laat zien dat de snelheid van afkoelen van het geproduceerde gas, de uiteindelijke gassamenstelling beïnvloed, ofwel er kan gestuurd worden op gewenst eindproduct met koeling.

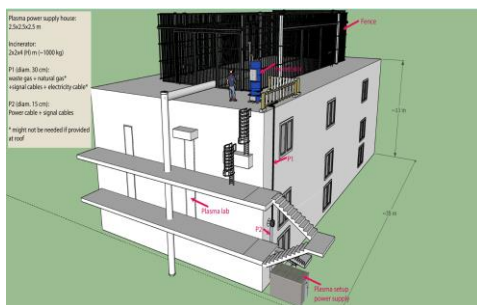
WP 2.1-2 Ontwerp research (Bench) reactor

projectdoel: Plasma experimenten op laboratorium schaal (Bench) om inzicht te krijgen in kentallen

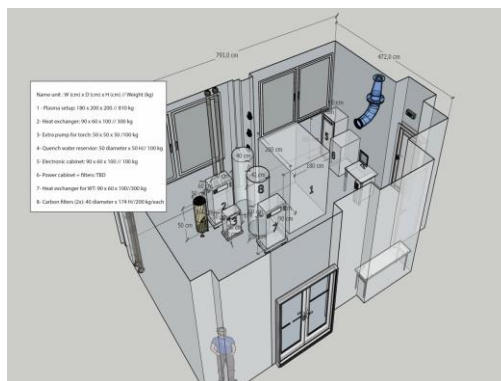
Proefopstelling voor verificatie en testen plasma chemie processen

Het ontwerp van de benchscale installatie is helaas enkele maanden vertraagd door trage start van de ontwerpgesprekken met de plasmabron leverancier. Dit werd met name veroorzaakt door juridische- en inkoop-technische beslommingen. Inmiddels kunnen we melden dat de plasma-bron is besteld en naar verwachting rond - Q1 2023 geleverd zal worden. Tevens is het ontwerp van de benchscale installatie waar de plasmabron aan gekoppeld wordt in het stadium Approved For Construction gekomen.

Hiervoor is veel werk verzet en zijn er extra voorzieningen getroffen om te komen tot een acceptabele installatie voor Brightlands Chemelot Campus (BCC) qua emissie naar lucht en oppervlakte water. Naar verwachting zal met de samenstellen en het koppelen van de verschillende onderdelen in april 2023 gestart kunnen worden.



Building 5 on BCC with plasma lab



Model of Benchscale installation

WP 3.1-2 Nieuwe diagnostiek voor proces control

Relatie probleem / projectdoel: inzicht in flow en thermische huishouding thermische plasma processen en simulatie van plasma processen

Dit resultaat zal het ontwerpproces versnellen en de mogelijkheid bieden om verschillende configuraties en variabelen sneller door te rekenen

De ontwikkeling van nieuwe diagnostieken voor plasmametingen en proces control is in volle gang. We hebben een hoog vermogen Nd:YAG-lasersysteem in gebruik genomen waarmee we onze expertise in Raman- en Thomson-verstrooiing toe kunnen passen om gastemperatuur, samenstelling en elektronenparameters te meten. Bovendien stellen de eigenschappen van deze laser ons in staat een nieuwe generatie diagnostische gegevens voor methaanplasma te ontwikkelen. Bijvoorbeeld de monitoring van koolstofformatie, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en gassnelheid als ongewenste processen is hierbij van belang. Momenteel leggen we de laatste hand aan de veiligheidsinfrastructuur en verwachten we in de komende weken de eerste metingen te verrichten.

Parallel hieraan hebben we onderzocht of we een realtime 2-dimensionale meting van plasmadichtheid en temperatuur kunnen implementeren met behulp van Talbot-interferometrie. We hebben echter vastgesteld dat deze techniek niet geschikt is voor onze experimentele omstandigheden.

Voor analyse van gasfaseproducten hebben we een robuust 2-kanaals GC-TCD-systeem geïnstalleerd voor het kwantificeren van de belangrijkste verwachte gasfaseproducten. We bereiden momenteel ook een FTIR-systeem voor het meten van CH₄, C₂H_x en hogere koolwaterstoffen (bijv. benzeen, diacetyleen, enz.).

Om deze diagnostieken te testen onder relevante omstandigheden hebben we een 3kW microgolflasmareactor gebouwd en getest met stikstof. Alle maatregelen om deze reactor bedrijfsveilig te maken met CH₄ (en CO₂ of N₂+O₂) zijn goedgekeurd en worden de komende tijd geïnstalleerd. Door zijn modulaire opbouw onderscheidt de reactor zich van andere reactoren in veelzijdigheid en flexibiliteit; aanpassingen aan de configuraties zijn eenvoudig te maken zonder de veiligheid in gevaar te brengen. Standaard biedt de opstelling de mogelijkheid om O₂-concentraties uit te voeren door middel van (fluorescentie), een GC, een FTIR, laserdiagnostiek en (gepulseerde) microgolflasvermogensmeting.

WP 4.1 Proevenprogramma Bench scale

Relatie probleem / projectdoel: Dit resultaat geeft inzicht in de mogelijke verbetermogelijkheden van het conventionele Hüls proces

Dit resultaat zal gebruikt worden voor de voorstudie van een demo fabriek

Het proevenprogramma voor het kunnen begrijpen van het Hüls proces is op papier reeds in een vergevorderd stadium. We zullen echter moeten wachten op de in bedrijfname van de Benchscale installatie waar we mee willen werken.

WP 5.1 Ontwerp bench scale reactor (van conceptual naar basic)

projectdoel: De pilot scale opstelling is nodig om na dit project inzicht te krijgen in de effecten van het bedrijven van grootschalige plasma opstelling in industriële omgevingen

Dit resultaat is nodig om met de stakeholders/partners het besluit tot vervolg middels een nog te realiseren pilot scale opstelling te onderbouwen
--

In de TSE-haalbaarheids studie is een conceptual ontwerp tbv een pilot plant gemaakt die een capaciteit heeft van 1-3 ton H₂/jaar. Hiervoor is met twee contractors het gehele conceptual engineering proces doorlopen en is een estimate van de capex en opex kosten afgegeven.

Naar verwachting zal medio 2023 gestart worden met de Basic Engineering van een 1^e generatie pilot plant met een van de twee contractors. Dit zal leiden tot een B-begroting voor capex en opex tav de bouw en het bedrijven van deze installatie

WP 6.1-2-3 Circulaire plasma chemie

projectdoel: Andere mogelijkheden voor plasmachemie kan helpen de introductie van circulaire koolstof economie te versnellen
--

Dit resultaat zal plasma chemie in een breder perspectief plaatsen
--

Aan dit werkpakket is conform planning nog niet gestart.

WP 7.1-2-3 Hydrogenatie acetyleen (TNO)

Relatie probleem / projectdoel: inzicht en verificatie van mogelijke hydrogenatiemethode voor grootschalige omzetting van acetyleen

Dit resultaat zal gebruikt worden voor de verdere uitwerking van een demo plant

Acetyleen is onder bepaalde condities zeer explosief, wat strenge eisen stelt aan de veiligheid. Er is een opstelling ontworpen en gebouwd, om veilig de hydrogeneringsreactie te kunnen uitvoeren. Deze opstelling is geplaatst in een bunker bij TNO. Er is een uitvoerige veiligheidsstudie uitgevoerd, waaronder zogenaamde 'HAZOP' sessies met deskundigen van Sitech en TNO. Op basis hiervan werden enkele aanpassingen van de opstelling geïdentificeerd en deze zijn verwerkt. Voor de gasanalyse is een GC aangeschaft (buiten dit project).

Inmiddels is de opstelling door zijn technische opstart perikelen heen en kunnen we naar verwachting jan-2023 starten met het beoogde proeven programma.

WP 8.1-2 Techno economisch model voor business case

projectdoel: Reductie van CO2 emissie heeft economische implicaties

Dit resultaat zal deze implicaties op economische impact helderder maken
--

Tbv de technisch economische evaluatie van het te ontwikkelen proces is gestart met een gevoeligheids analyse om te beoordelen met welke parameters de BC beïnvloed kan worden. Te denken valt aan:

- Benodigde CAPEX
- Elektriciteit prijzen
- Methaan prijzen
- Etheen prijzens
- Ander product als etheen zoals Koolstof, Acetyleen, Benzeen, VCM, etc etc
-

Inmiddels is een rekenmodel opgesteld waarin we de gevoeligheid op de Business Case kunnen analyseren en kunnen vergelijken met competitieve technologieën. De vervolgstappen zullen focussen op een verdere verdieping om de Capex-kosten beter te kunnen begrijpen en zodoende verbeteringen te kunnen benoemen die met vervolg onderzoek aangetoond kunnen worden.

WP 9.1 Voorstudie concept ontwerp demonstratie plant

projectdoel: Voor verder introductie van CO2 reductie door plasmachemie zal opschaling naar industriële grote nodig zijn
--

Dit resultaat zal conceptueel ontwerp van een demo plant opleveren met bijbehorende kostenschatting.
--

Aan dit werkpakket is conform planning nog niet gestart.

WP 10.1 Maatschappelijke acceptatie

projectdoel: Vergroten van het draagvlak voor implementatie

Resultaat zal naast een vergroot draagvlak tevens een gevoeligheidsanalyse inhouden van de business case voor uiteenlopende technische en maatschappelijke parameters.
--

Aan dit werkpakket is nog niet gewerkt en zal begin 2023 vorm gegeven en opgestart worden.

Bijdrage van het project aan de doelstellingen van de regeling

Het in het onderzoek te verkennen en te optimaliseren principe om met een elektrisch gegenereerd plasma methaan CO₂-vrij om te zetten in waterstof en waardevolle kool(water)stof producten heeft de potentie om op een site als Chemelot ca 50% van de huidige CO₂-emissie van ruim 6 Mton/jaar te reduceren. Deze reductie is gebaseerd op de synergistische vervanging van het huidige SMR-proces om waterstof te produceren en de reductie op de huidige verbranding van aardgas om etheen uit fossiele nafta te vervaardigen in het momenteel toegepaste kraakproces.

SMR wordt in de chemische industrie algemeen toegepast om uit aardgas waterstof te produceren. Op grond van een recente analyse van CBS en TNO gaat het hier om bijna 1 Mton/jaar waterstof die gepaard gaat aan een CO₂ uitstoot van 11 Mton CO₂. Daar de industriële CO₂-uitstoot op nationale schaal ca 44 Mton CO₂ bedraagt, is duidelijk dat ten opzichte hiervan een besparing van ca 25% mogelijk is indien waterstof. Voor technologie-ontwikkelaars en toeleveranciers zullen hierdoor nieuwe wereldwijd te exploiteren markten ontstaan. Gezien het high-tech gehalte van plasmatechnologie systemen liggen hier mogelijkheden voor Nederlandse bedrijven om hun huidige vooraanstaande positie in deze sector te vertalen naar deze nieuwe zich op wereldschaal ontwikkelende markt.

Spin off binnen en buiten de sector

Naast het huidige MOOI project zijn er verschillende aanpalende projecten in voorbereiding of al gestart om de technologie op tijd op bulk schaal te kunnen toepassen:

Generatie 1 plasma technologie

- TSE haalbaarheids studie Plasma chemistry for CO₂-free production of hydrogen and ethene from methane) is afgerond in 2022

Generatie 2

- MOOI project: Plasmachemie voor CO₂-vrije productie van waterstof en etheen uit methaan: momenteel in uitvoering
- Groeifonds NXTGN HT: ontwikkeling plasma equipment voor bulk processing
Hiervoor is een projectvoorstel ingediend en inmiddels gehonoreerd

Generatie 3

- UM en TNO (Full ERP) funded projects
- Groeifonds Groenvermogen: plasma processen om methaan om te zetten in waterstof en ethyleen

Overzicht van openbare publicaties en presentaties

Presentaties op de volgende workshops:

- KIVI- OP weg naar een waterstofland: 20 mei 2022
- Green Chemistry Conference: 20 september 2022
- Groene Chemie Nieuwe Economie: 11 oktober 2022

“Het project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2020”