

KOKKUVÕTE

Lõputöö "Biomassi reaktori disain ja tehniline analüüs tahke süsiniku tootmiseks ligniini allikatest" uurib uusi ja innovaatilisi viise biomassiressursside kasutamiseks tahke süsiniku tootmisel, keskendudes eelkõige säästvatele energiale ja tehnoloogia arendamisele elektrisõidukite akude jaoks. Uuringu eesmärk oli tuvastada olemasolevaid lahendusi laboratoorse reaktori tasemel, teha tehnilisi disaine ja visualiseerimist, tehnilisi analüüse ning tuvastada komponentide tarnijad ja/või alltöövõtjad. Alguses oli eesmärgiks reaktorisüsteemi ehitamine ja väli testimine, kuid erinevate piirangute tõttu keskenduti lõpuks ainult disaini ja jooniste pakkumisele ning ligniini käitumise analüüsimisele süsteemi jätkusuutlikkuse ja jõudluse teoreetilise mõistmise eesmärgil.

Uuring näitas, et kuigi suureskaalalised biomassi pürolüüsi reaktorid on hästi arenenud, on olemas vajadus kulutõhusate ja spetsiaalselt ligniini pürolüüsile pühendatud laboratoorsete reaktorite järele. See turulünk rõhutab taskukohaste laboratoorsete reaktorite vajadust ligniinipõhise süsiniku tootmiseks. Reaktori kambri disainis kasutati 316 roostevaba terast, kuna sellel on kõrge korrosioonikindlus ja suur mehaaniline vastupidavus kõrgetel temperatuuridel. Kambri tihendus realiseeriti lekkekindla töö tagamiseks pürolüüsi ajal. Filtreerimissüsteemi lisati nii kuivad kui ka märjad puhastid, et tõhusalt hallata kõrvalsaadusi, optimeerides puhastusprotsessi ja parandades saadud süsiniku kvaliteeti. Uuring põhines ligniini struktuuril ja keemial, sidemete dissotsiatsiooni energiatel ja selle pürolüüsi tagajärgedel. See uuring näitas tingimusi, mille korral saab protsessis optimeerida nii söe saagikust kui ka söe kvaliteeti, tõestades, et tõhususe tagamiseks on vajalikud eeltötlustehnikad nagu kuivatamine ja jahvatamine. Reaktori disainis püüti minimeerida energiatarbimist ja kasvuhoonegaaside heitkoguseid, pakkudes välja taastuenergia allikate integreerimise ja kõrvalsaaduste, nagu bioõli ja sünteesgaas, kasutamise ringmajanduse edendamiseks. Keskkonnategevus tähendaks väiksemat sõltuvust fossiilkütustest ja korralikku süsiniku sidumist.

Lõputöö saavutas oma uued eesmärgid, pakkudes põhjalikke disaine ja tehnilisi analüüse ligniini pürolüüsiks mõeldud biomassi reaktori jaoks. Kuigi ei saavutatud algselt planeeritud ambitsioonikat plaani ehitada ja väli testida reaktorisüsteemi, pakub teoreetiline ülevaade tohutut alust sama praktiliseks teostamiseks lähitulevikus. Reaktori disaini aspektid jätkusuutlikkuse, tõhususe ja keskkonnamõjude osas teevad sellest mudelist uue lahenduse ligniinipõhise süsiniku tootmiseks. Tehniliste detailide analüüs ja tulevikuperspektiivid näitavad, et reaktorisüsteem võib märkimisväärselt panustada säästvasse energiauuringusse ja -rakendusse.

Edasisteks uuringuteks ja arendusteks tuvastati mitmed valdkonnad: automatiseeritud söötmissüsteemid edasistes modifikatsioonides, mis suurendavad protsessi järjepidevust ja

korduvust. Täiustatud simulatsioonitarkvara saab samuti kasutusele võtta, et suurendada disaini jõudluse analüüsi ja reaktori disaini optimeerimist. Siiski on teoreetiliste leidude valideerimiseks ja disaini edasisteks modifikatsioonideks reaalsete andmete põhjal endiselt oluline reaktorisüsteemi tegelik ehitamine ja väli testimine. Lisaks on oluline uurida partnerlussuhteid tööstuse sidusrühmadega, et liikuda laboratoorsetest prototüüpidest kommertsiaalsete tootmissüsteemide suunas. Tulevased uuringud nendes valdkondades tuginevad lõputööle tehtud tööle ja liiguvad eesmärgi suunas pakkuda praktilisi, kaubanduslikult elujõulisi lahendusi ligniini allikatest pärit säästva süsiniku tootmiseks.

SUMMARY

The thesis, "Design and Technical Analysis of a Biomass Reactor for the Production of Solid Carbon from Lignin Sources," delves into which novel and innovative ways of using biomass resources for the production of solid carbon, with applications based on sustainable energy, particularly the technology to be developed for electric vehicle batteries. The scope of the study was to identify existing solutions at the lab-scale reactor level, do technical designs and visualisation, technical analyses, and identify suppliers and/or subcontractors for the components. In the beginning, initially, the ambition was to do the construction of a reactor system and field test it. however, due to various constraints, the focus shifted to only providing design and drawings, with the analysis of lignin behaviour for the theoretical understanding of sustainability and performance of the system.

It was shown that, although large-scale biomass pyrolysis reactors are well developed, there is a gap for cost-effective tailor-made lab-scale reactors dedicated to lignin pyrolysis. This market gap underlines a need for affordable lab-scale reactors toward lignin-based carbon production. The reactor chamber was designed using 316 stainless steel since it has a high corrosion resistance and high mechanical stress at high temperatures. The chamber sealing was realized to ensure a leak-tight operation under pyrolysis. Both dry and wet scrubbers were incorporated into the filtration system to manage byproducts effectively, aiming to optimize the purification process and enhance the quality of the resulting carbon. The research was based on the structure and chemistry of lignin, bond dissociation energies, and its pyrolysis consequences. This study showed conditions under which both the char yield and char quality can be optimized in the process, proving that pre-treatment techniques like drying and grinding are needed to ensure process efficiency. The reactor design aimed to minimize energy consumption and greenhouse gas emissions, proposing the integration of renewable energy sources and the utilization of byproducts like bio-oil and syngas to promote a circular economy. The environmental performance would entail less dependence on fossil fuels, and proper carbon sequestration.

The thesis thus achieved its new objectives by giving inclusive designs and technical analyses for a biomass reactor to be used in lignin pyrolysis. If not the ambitious, initially intended plan to construct and field-test the reactor system, theoretical insight offers an enormous foundation for the pragmatic realization of the same in the not too distant a future. The aspects of sustainability, efficiency, and the implications for the environment in the design of the reactor make this model a solution for the new way forward in lignin-based carbon production. The technical detail analysis and proposed future considerations show that the reactor system can considerably contribute to the sustainable research and application of energy.

For further research and development, several areas were identified: an automated feeding system in further modifications, resulting in increased process consistency and repeatability. Advanced simulation software can also be adopted to increase the performance analysis of the design and design optimization of the reactor. However, to validate the theoretical findings and further design modifications based on real data, the actual building and field testing of the reactor system will still be essential. Furthermore, exploring partnerships with industry stakeholders is essential for transitioning from lab-scale prototypes to commercial-scale production systems. Future research in these areas will build upon the work performed by this thesis and toward the goal of providing practical, commercially viable solutions for sustainable carbon from lignin source production.