

FIIBRILISTE MATERJALIDE SUBSTRAADILE KANDMISE TEHNOLOOGIA

**Rait Rand
Tallinna Tehnikaülikool**

**Juhendajad:
PhD Tanel Tätte
PhD Raavo Josepson**

Magistritöö eesmärk

- Töötada välja tehnoloogia, mis võimaldaks kanda fiibrilisi SnO₂ materjale substraadile defineeritud pinnapunktide vahele.
- Toota fiibreid mille läbimõõt on alla 4µm
- Leida protsessi parameetrid kus tervete fiibrite saagis ületaks 75%

•Välja töötatava tehnoloogia objektiks on keraamilised fiibrid, mis lähteainest või tootmistehnoloogiast sõltuvalt leiavad rakendust nii fotoonikas, meditsiinis kui ka mikromehhaanikas. Mikro- ja nanomehhaanikas on fiibri üks olulisemaid omadusi nende märkimisväärne kõvadus, mis sageli ületab kordades makroskoopiliste analoogide vastavaid näitajaid.

Lisaks pinnapunktide vahelise fiibri tootmisel tekkivale stabiilsusele annab loodav tootmisprotsess võimaluse tekitada fiiber juba lõplikus rakenduses kasutatava seadme pinnale.

Sellisteks seadmeteks oleksid potentsiaalis näiteks optilised ja elektrilised gaasi sensorid. Viimane on võimalik, kuna vastavate materjalide elektrijuhtivus on väga tundlik gaasikeskkonnale (muutus on mitmeid suurusjärke)

• Töö uudsus seisneb selles, et meile teada olevalt ei ole varem analoogset tehnoloogiat kasutatud keraamiliste materjalide otse pinnale tõmbamiseks ja puudub ka info nii peenikeste fiibrite terveks jäämisest.

Üldse piirdub printsiibi kasutamise varasem kirjeldus kolme meile teada oleva artikliga, kus seda on kasutatud pinnapunktide ühendamiseks orgaaniliste fiibritega

• Stabiilne ning vähest praaki andev mikrofiibri tootmine tagab head eeldused nii saadud materjali omaduste uurimiseks, kui ka nende hilisemaks rakendamiseks.

Seda põhjustel, et protsessi parameetrid on hästi kontrollitavad.

Magistritöös läbitud etapid

1. Kirjeldus fiibrite erinevatest tootmise protsessidest ja nende plussid/miinuseid.
2. Teostatakse lähte-aine voolamise teoreetiline simulatsioon.
3. Ülevaade kasutatavast mehhaanikast
4. Mehhaanikat kontrolliva tarkvara väljatöötamise etapp.
5. Praktiliste katsete etapp

Sissejuhatuses antakse ülevaade töö uudsusest ja vajalikkusest. Kirjeldatakse projekti tagamaid.

Kokkuvõte keskendub saadud tulemuste nii numbrilistele kui tunnetuslikele (saavutatu tähtsus, uudsus) tulemuste välja toomisele ning loodud süsteemi võimekusele edasisteks katseteks.

Fiibrite valmistamise tehnoloogiad

Fiibrite tootmine jaguneb suuresti kaheks

- *Bottom-up* (põhjast-üles)
- *top-down* (tipust-alla)

Antud töös väljatöötamisel olev tõmbamise tehnoloogia liigitub *top-down* kategooria alla.

Lisaks kirjeldatakse selles töö etapis kasutatavat lähte-ainet ja võimalikke järeltötluse meetodeid.

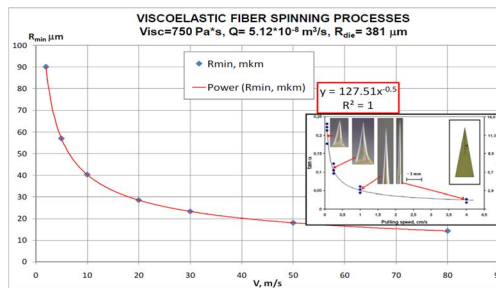
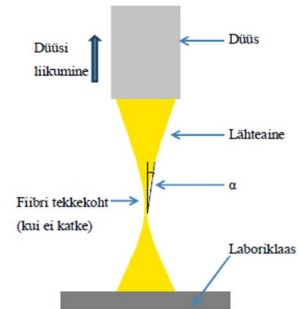
• *Bottom-up* ehk põhjast üles on tehnoloogia kus fiiber moodustatakse väiksemaid osasid kokku liites, näiteks keemiline sadestamine.

• *Top-down* ehk tipust alla on tehnoloogia mille puhul fiiber moodustatakse suuremast toorikust ehk mõõtmete vähendamise teel. Selline tehnoloogia on näiteks fiibrite tõmbamine toorikust või elektriline rotatsioonitõmbamine (ingl. electrospinning).

Mõlemal tehnoloogial on omad eelised ja puudused, bottom-up puhul on probleemiks näiteks vajaliku puhtusastme saavutamise raskus keskkonnas. Top-down puhul aga kasvõi mikromõõtmetes tooriku saamine. Samuti on top-down tehnoloogia oluliselt odavam kui bottom-up.

Teoreetiline simulatsioon

Selgitati välja voolamise tüüp ning fiibri tekkele olulised parameetrid ning parameetrite võimalikud teoreetilised mõjusused fiibrile tekkele.



Seda kõike lähtuvalt olemasolevast mehhaanikast.

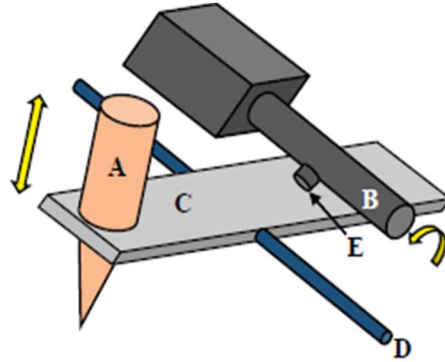
Tähtsaima tulemusena selgitati välja et antud lahenduse juures on

- düüsi liikumise kiirusel väike mõju fiibri parameetritele
- võimalik minimaalne fiibri läbimõõt sõltub mitte muudetavatest parameetritest vaid lähte-aine enda parameetritest.
- Samuti mida lähemale jõutakse võimalikule teoreetilisele läbimõõdule seda vähem välised parameetrid mõjutavad läbimõõtu.

Riistvara kirjeldus

Riistvara kirjelduse etapis antakse ülevaade kasutatavast mehhaanikast, selle tööpõhimõtetest ning parameetritest.

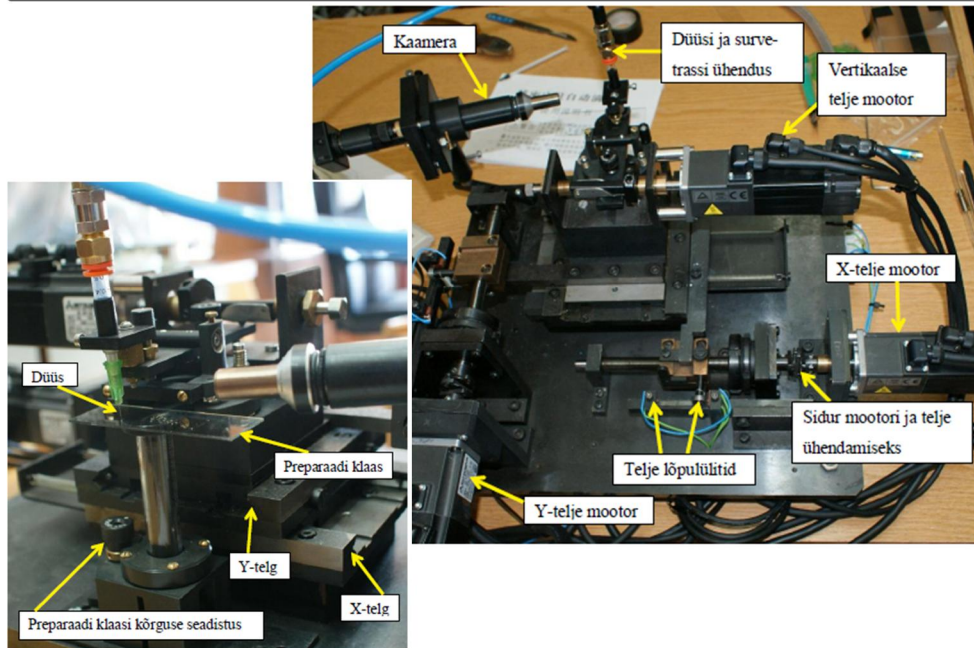
Kirjelduses peatutakse kogu süsteemi erinevatel detailidel nagu võimendid, mootorid, nihkelaua mehhaanika ning kõikide detailide spetsifikatsioonidel ja sobivusel antud rakenduseks.



Mõistmaks kogu süsteemi toimimist on töös kasutatud mitmeid joonised selgitamaks tema tööpõhimõtet ning saavutatud suurt täpsust.

Riistvara kirjelduses olevatest parameetritest lähtuvalt hakatakse looma tarkvara kogu süsteemi kontrollimiseks ning käitamiseks.

Riistvara kirjeldus

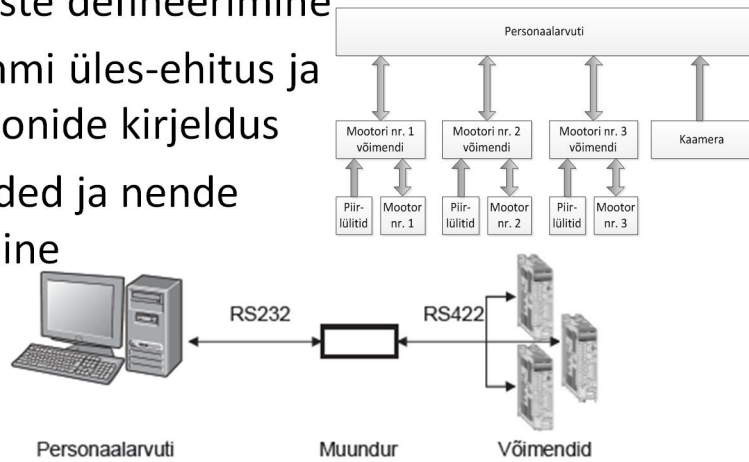


Kiire kirjeldus detailidest.

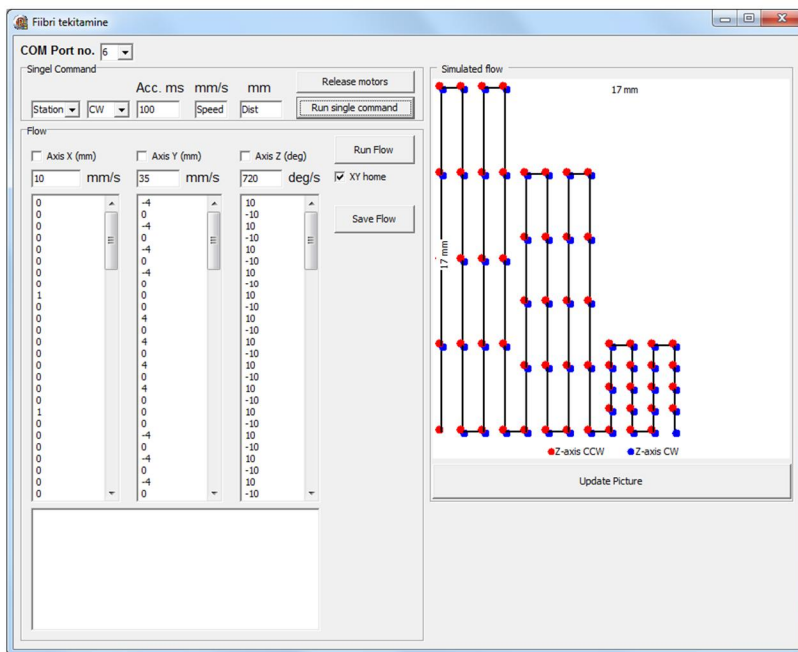
Tarkvara väljatöötamine

Läbitud etapid

1. Kommunikatsiooni riistvara/protokoll
2. Nõudmiste defineerimine
3. Programmi üles-ehitus ja funktsioonide kirjeldus
4. Lisanõuded ja nende teostamine



Tarkvara väljatöötamine



Olenevalt kasutatava arvuti seadistusest peab olema võimalik

1. Pordi muutmine
2. Peenseadistuseks peab olema võimalus nihkelauda ning düüsi liigutatada üksik-käskudena.

Üksik-käskude muudetavad parameetrid: kiirus, kiirendus ning sammude arv.

3. Seoses sooviga käsitsi telgi liigutada, peab programmiselt olema võimalik telgede pidurite vabastamine

4. Programmis peab olema võimalus luua mitmetest üksteisele järgnevatest käskudest koosnev fiibri tootmise voog. Voo loomisel peab saama seadistada pikkust telje ning sammu kaupa

5. Luua võimalus seadistada telgede liikumise kiirusi fiibri tootmise voo loomisel

6. Katsete dokumenteerimiseks on tarvilik luua võimalus salvestada faili fiibri tootmise protsessi parameetrid

7. Katse kordamiseks tuleb võimaldada salvestatud fiibri tootmise protsessi voo lugemine failist

8. Lähteaine omaduste ning düüsi läbimõõdu tõttu on kriitiline fiibri tootmise protsessi voo sujuv täitmine (protsessi sammude vahelised seisakud minimaalsed). Vastasel juhul võib tekkida probleeme düüsi ummistumisega.

9. Programmi tõrgeteta töö Windows XP keskkonnas

Katseseeriad

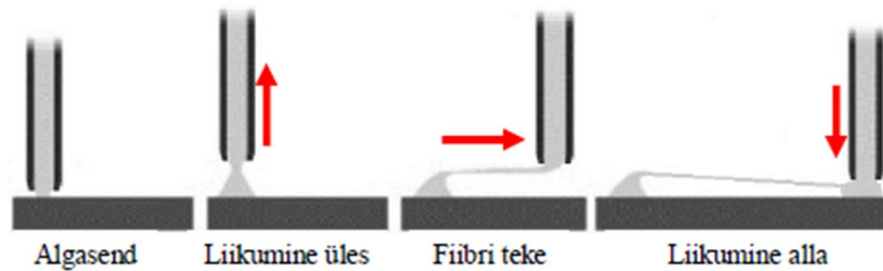
Katseseeriade eesmärgiks on erinevate parameetrite väärtustega saadud katsetulemuste analüüsiga koostada tulemi sõltuvus seadistusest. Sellele vastavalt leida “ideaalsed” parameetrid tootmiseks.

Kokku sooritati kolm suurt katseseeriat, mille igapähe lõpptulemus andis infot järgmise seeria planeerimiseks (muutusteks parameetrites)

- Siin rääkida veel vahekatsetest jne.

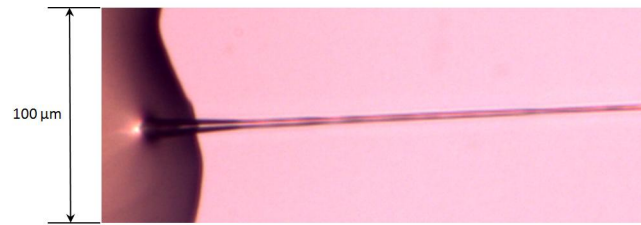
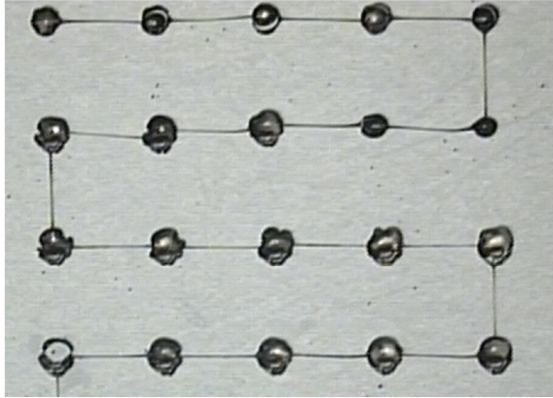
Katseseeriade tulemused

Katseseeriade tulemusena leidsid kinnitust teoreetilise simulatsiooni punktis kirjeldatud sõltuvused protsessi parameetritest. Tänu katseseeriadele lisati nõudeid tarkvarale ja ka teostati need.



- Suunatud parameetrite defineerimisega saavutati parameetrite mõjusused
- Seeria-seeria järel suudeti vähendada fiibrite läbimõõtu saavutades lõpuks vajalik tulemus.
- Fiibrite saagise pidev tõus.

Katseseeriade tulemused



Selgita piltidel nähtavat

Kokkuvõte

Õnnestus välja töötada tehnoloogia fiibriliste materjalide kandmiseks substraadile defineeritud pinnapunktide vahele.

- Fiibrite läbimõõt 3,4..3,9 μ m
- Tervete fiibrite saagis ületas 80%

Välja töötatud fiibrite valmistamise meetod loob eelduse katsetamiseks erinevaid lähteaineid fiibrite loomiseks.

Suur tänu!

Töoga saavutati seatud eesmärk, töötada välja tehnoloogia mis võimaldaks kanda fiibrilisi materjale substraadile, defineeritud pinnapunktide vahele, mis annab võimaluse tekitada fiiber juba lõplikus rakenduses kasutatava seadme pinnale.

Selle tulemini jõuti läbi seadet kontrolliva tarkvara disaini, riistvara muutuste ja sobilikkude parameetrite leidmise. Seadmele täpsed parameetrid, millega on võimalik saavutada fiibrite saagis 75-100% leiti katseseeriade ning nende tulemuste analüüsiga, mis hõlmas esmalt parameetrite identifitseerimist, mõjude hindamist ning lõpuks sobilike väärtuste leidmist.

Katseseeriatega õnnestus tõestada, et antud seadmega on võimalik toota fiibreid mille läbimõõt on alla 4 μ m.

Sellise läbimõõduga keraamilisi fiibreid mis kuivades ja vananedes ei purune, ei ole autorile teada-olevalt õnnestunud pinnapunktide vahele sellise meetodiga siiani edukalt tekitada.

Välja töötatud fiibrite valmistamise süsteem (koosneb riistvarast, tarkvarast ning välja töötatud katseplaanidest) annab võimaluse hakata katsetama erinevaid lähteaineid fiibrite loomiseks. Samuti saab tänu heale saagisele leida fiibrite järeltöötamiseks sobilikud meetodid, kus terveid fiibreid on piisavalt palju, et nende järeltöötuse järgselt, töötuse meetodite sobilikkuse kohta otsuseid vastu võtta.