



ESIKÄSITTELYLINJAN SUUNNITTELU

Tomi Tapanainen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

TAPANAINEN, TOMI: Esikäsittelylinjan suunnittelu

Opinnäytetyö 38 s., liitteet 16 s.
Kesäkuu 2011

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä selvitystyötä ja suunnitella toimiva kokonaisuus teknisten kumituotteiden metalli- ja muoviosien esikäsittelyä varten. Opinnäytetyön tilaaja on Hyvinkään Kumi Oy. Tässä tapauksessa esikäsittelyllä tarkoitetaan työkappaleen määrättyjen pintojen raepuhaltamista, tartunta-ainekäsittelyä eli bondausta ja näihin liittyviä työvaiheita. Automaation tarve oli syntynyt muutaman tuotannossa olevan pyörähdyskappaleen kasvussa olevan tuotantomäärän takia sekä työn tasaiseen laatuun liittyvien vaatimusten takia.

Tärkeitä linjaa koskevia vaatimuksia olivat automaattinen kappaleenkäsittely, käytön sekä kunnossapidon helppous ja kustannustehokas kokonaisratkaisu. Tavoitteena oli löytää nykyisen tuotannon puitteisiin hyvin soveltuva ratkaisu. Tietoa hankittiin eniten erilaisten yrityskontaktien kautta, ja tarkoituksena oli hyödyntää olemassa olevia ratkaisuja mahdollisimman paljon.

Lopputuloksena esitettiin kokonaisratkaisu ja siihen liittyviä laitekohtaisia yksityiskohtia niiltä osin, kuin tietoa oli saatavilla. Lisäksi käsiteltiin mahdollisuuksia suunnitelman toteuttamista ajatellen sekä pohdittiin mahdollisia kehityskohteita laitekohtaisesti ja koko suunnitelmaa koskien.

Asiasanat: Esikäsittely, kumituote, raepuhallus, bondaus, automaatio

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Option of Modern Production Systems

TAPANAINEN, TOMI: Designing of Pre-treatment Line

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 16 pages
June 2011

This bachelor's thesis implies research work about pre-treatment line for metal- and plastic parts of technical rubber products. Pre-treatment includes stages for shot blasting and treatment with adhesive component (bonding). Main goal was to design a fully automated system considering demands of cost effectiveness and quality.

Information was collected from different companies that provide surface treatment or pre-treatment solutions for metal and plastic parts. Greatest challenge was to create fully automated and flexible system to handle such small parts and in other hand to find system that would be practical to use and maintain.

Outcome presents an overall plan for whole system which includes stages of pre-treatment and for solution regarding automated loading and unloading. Last part was to come up with developing ideas about topics that were incompleting.

Key words: Pre-treatment, rubber product, shot blasting, bonding, automation

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 LÄHTÖKOHDAT JA KÄYTTÖTARKOITUS	7
2.1 Nykyinen valmistusmenetelmä	7
2.2 Käyttötarkoitus ja tarkasteltavat kappaleet	9
3 TUTKIMUS- JA TOTEUTUSSUUNNITELMA	10
3.1 Tutkimusmenetelmät	10
3.2 Tutkimussuunnitelma.....	11
4 TEKNISET VAATIMUKSET	13
4.1 Ensimmäinen vaihe, nykyisen valmistusmenetelmän arviointi	14
4.2 Toinen vaihe, alustavien suunnitelmien arviointi	15
4.3 Kolmas vaihe, jatkosuunnitelmien arviointi	17
4.4 Järjestelmän käyttöä, kunnossapitoa ja turvallisuutta koskevat vaatimukset	18
5 SUUNNITTELUN JA SELVITYSTYÖN VAIHEET	19
5.1 Järjestelmään kuuluvat laitteet	20
5.1.1 Raepuhallus.....	20
5.1.2 Puhdistus	21
5.1.3 Tartunta-ainekäsittely.....	21
5.1.4 Kuivaus	22
5.1.5 Kappaleenkäsittely.....	22
5.1.6 Turvalaitteet	23
5.2 Alustavat suunnitelmat	23
5.2.1 Kappaleenkäsittelyrobottiin perustuva solu.....	24
5.2.2 Läpiajettava linja	25
5.3 Materiaalin hankinta laitevalmistajilta	26
5.4 Alustavien suunnitelmien rajaaminen ja kehittäminen	28

	5
5.5 Lopullisen suunnitelman valitseminen ja kehittäminen	29
5.5.1 Kappaleiden suojaaminen.....	29
5.5.2 Layoutin arviointi	31
6 TYÖN LOPPUTULOKSET	32
7 KEHITYSAJATUKSET	33
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	34
LÄHTEET.....	37
LIITTEET.....	38

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee esikäsittelylinjan suunnittelua teknisten kumituotteiden metalli- ja muoviosia varten. Opinnäytetyön tilaaja on Hyvinkään Kumi Oy. Opinnäytetyön aihe liittyy olennaisesti työharjoittelujaksoilla tutuiksi tulleisiin työtehtäviin ja niiden automatisointiin. Opinnäytetyön lähtökohdat, selvitystyön tarve sekä tavoitteet tuodaan esille nykyisen valmistusmenetelmän arvioinnin avulla luvussa 2. Tavoitteena on käyttää apuna valmistusmenetelmän tuntemusta sekä soveltaa opintojen antamia näkökulmia selvitystyön aikana.

Opinnäytetyön keskeisin tavoite on kustannustehokkaan ratkaisun löytäminen esikäsittelyä sekä siihen liittyvää kappaleenkäsittelyä varten. Lopputuloksena esitetään laitevalinnat sekä materiaalia koko esikäsittelylinjasta, sen toiminnasta sekä teknisistä yksityiskohdista. Tavoitteena on esittää vähintään yksi toteutuskelpoinen kokonaisratkaisu sekä alustava kustannusarvio kaikkien tarvittavien laitteiden osalta.

Opinnäytetyötä varten tehty tutkimussuunnitelma ja tiedonhankintamenetelmät esitellään luvussa 3. Koska selvitystyö sisältää useita eri osa-alueita, järjestelmällinen etenemistapa ja ennakkosuunnittelu koettiin hyödylliseksi. Opinnäytetyössä hyödynnetään työntekijöiden kokemuksia eri työvaiheista. Tietoa laitteista sekä erilaisista teknisistä ratkaisuista haetaan lähinnä yrityskontaktien kautta.

Luku 4 sisältää teknisten ja käyttöä koskevien vaatimusten arviointia, joiden avulla pystytään seuraamaan selvitystyön edistymistä ja toteutuskelpoisuutta. Teknisiä vaatimuksia käsitellään kolmessa eri vaiheessa. Käsitteily aloitetaan nykyisen valmistusmenetelmän osalta, ja lopetetaan jatkosuunnitelmien valmistumisen jälkeen. Luku 5 käsittelee selvitystyön vaiheita sekä edistymistä ja tuloksia eri osa-alueilla. Selvitystyön vaiheet on käyty läpi alkuperäisen suunnitelman mukaisesti ja mahdolliset muutokset on kirjattu ylös. Selvitystyö alkaa automaatiovaihtoehtoihin tutustumisella, ja jatkuu alustavien suunnitelmien kautta laitevaihtoehtojen valintoihin ja kehittämiseen. Kappaleessa esitellään myös materiaalin hankinnan edistymistä ja erilaisten tiedonhankintamenetelmien käyttökelpoisuutta. Pääpaino on kuitenkin teknisten yksityiskohtien esittelyllä ja valmiiden suunnitelmien arvioinnissa

Opinnäytetyön lopputulokset ja kehitysajatukset esitellään luvussa 6 ja 7 siten, että ensin käydään läpi valmiiksi saadut sekä keskeneräiseksi jääneet osat alueet, jonka jälkeen siirrytään arvioimaan kehityskohteita ja ajatuksia selvitystyön jatkamiseksi. Tavoitteena oli esittää yksi toteutuskelpoinen ratkaisu esikäsittelyn järjestämiseksi.

Liitteissä esitellään käsiteltäviä kappaleita koskeva kuvamateriaali, alustavien suunnitelmien periaatekuvat sekä laitevalmistajilta saatu aineisto. Kappaleita on havainnollistettu teknisillä piirustuksilla ja valokuvilla sekä käsiteltävistä pinnoista on tehty selkeyttävät mallit.

2 LÄHTÖKOHDAT JA KÄYTTÖTARKOITUS

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyön lähtökohtia nykyisen valmistusmenetelmän avulla sekä käydään läpi työkappaleiden erityisvaatimuksia. Nykyisen valmistusmenetelmän kaikki vaiheet selostetaan yksityiskohtaisesti ja jäseneltyä tietoa hyödynnetään koko opinnäytetyön ajan. Työkappaleiden erityispiirteet tekevät selvitystyöstä haastavan, ja niiden käsittely vaikuttaa oleellisesti esimerkiksi myöhemmin käsiteltäviin teknisiin yksityiskohtiin.

2.1 Nykyinen valmistusmenetelmä

Opinnäytetyön lähtökohtana on automaation lisääminen teknisten kumituotteiden metalli- ja muoviosien esikäsittelyssä. Esikäsittelyllä tarkoitetaan tässä tapauksessa rasvan poistamista metalliosista teollisuuskäyttöön tarkoitettulla yksivaihepesukoneella tai käsin tehtävällä liuotinpesulla, raepuhallusta alumiinioksidirakeella ja tartunta-ainekäsittelyä. Tämä opinnäytetyö käsittelee työkappaleiden käsittelyä raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn osalta.

Yleisesti ottaen tuotannossa olevat teknisten kumituotteiden sarjakoot ovat pieniä, alle 500 kappaleen kokoisia eriä. Tuotannosta löytyy kuitenkin muutamia tuotteita, joiden vuosituotantomäärä ja sarjakoot ovat niin suuria, ettei nykyinen käsityönä tehtävä esikäsittely ole enää riittävän tehokas valmistusmenetelmä.

Lähtökohtana on viisi erilaista tuotetta, joiden esikäsittely on sarjakoon ja työkappaleen ominaisuuksien takia järkevä automatisoida.

Käytännössä lähes kaikissa metalli- ja muoviosissa on pintoja, joita ei saa raepuhaltaa eikä käsitellä tartunta-aineella. Nämä pinnat suojataan erilaisilla kumisilla holkeilla, levyillä, tapeilla tai muilla vastaavilla suojakappaleilla. Pintojen suojaaminen tehdään kaikissa tapauksissa käsityönä, ja se saattaa muodostaa jopa kolmasosan esikäsittelyyn käytettävästä ajasta. Esimerkiksi takopyörän W902-11230 (liite 2) molempiin päihin asetetaan kumiholkki ja noin 2000 työkappaleen erän suojaaminen vie noin 5–6 tuntia aikaa yhdeltä työntekijältä.

Työkappaleiden pintojen suojaamisen jälkeen kappaleet syötetään tuotekohtaiselle tangolle. Yhdelle tangolle mahtuu, mallista riippuen, 12–28 työkappaletta. Tangon tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa työkappaleiden käsittelyä raepuhalluksen aikana sekä omalta osaltaan suojata kappaleen ei-käsiteltäviä pintoja (reikien sisäpinnat).

Raepuhallus tapahtuu käsipuhalluskaapissa ja joidenkin työkappaleiden tankoja varten on olemassa teline käsittelyn helpottamiseksi. Telineessä olevaa tankoa voi pyörittää, ja työntekijän ei tarvitse käsin kannatella tankoa sekä työkappaleita. Tämä on tärkeää esimerkiksi muovisen suksenrullan käsittelemisessä, koska raepuhallus vie huomattavan paljon aikaa. Raepuhalluksen tavoitteena on puhdistaa ja karhentaa metalli- ja muoviosien pinta. Puhallusrakeena käytetään alumiinioksidiraetta, ja tämä soveltuu kaikille tuotannossa oleville työkappaleille. Puhalluspaine vaihtelee 1,5–4,0 baarin välillä.

Raepuhalluksen jälkeen kappaleet puhdistetaan paineilmalla pölystä ja alumiinioksidirakeista. Työvälineenä käytetään tavallista paineilmapistoolia. Kun työkappaleet on puhdistettu, kappaleet puretaan tangoilta koriin tai pahvilaatikkoon.

Tartunta-ainekäsittelyä varten on oma työtilansa. Tilasta löytyy kaksi maalauskaappia, kuivauskaappi, maaliruiskut kaikille tartunta-aineille sekä tarvittavat tartunta-aineet ja muut kemikaalit. Vastaavasti kuin raepuhalluksessa, työkappaleiden ei-käsiteltävät pinnat suojataan, työkappaleet

syötetään tangolle ja tankoja varten ovat olemassa telineet käsittelyn helpottamiseksi bondauksen aikana.

Tartunta-ainekäsittely tehdään siis maaliruiskun avulla, levittämällä tartunta-ainetta ohut ja tasainen kerros työkappaleiden pinnalle. On erittäin tärkeää, että pinta on tasainen, koska ylimääräinen tartunta-aine saattaa kiehua kuumassa muotissa kun kumia puristetaan työkappaleen pintaan. Kun työkappaleet on käsitelty, annetaan niiden kuivua maalauskaapissa tai kuivauskaapissa 10–20 minuuttia, jonka jälkeen kappaleet voidaan purkaa tangoilta ja kumiset suojat irrottaa työkappaleiden ei-käsiteltävistä pinnoista. Tartunta-aineeseen liittyvät yksityiskohdat on esitetty liitteessä 1 (Rohm and Haas Company 2007).

2.2 Käyttötarkoitus ja tarkasteltavat kappaleet

Esikäsitteilylinjan käyttötarkoitus on teknisten kumituotteiden metalli- ja muoviosien esikäsitteily, ja tämä sisältää raepuhalluksen sekä tartunta-ainekäsittelyn eli bondauksen. Yleisesti ottaen työkierto sisältää käsiteltävän kappaleen syöttämisen järjestelmään automaattisesti, työkappaleen raepuhalluksen alumiinioksidirakeella, kappaleen puhdistuksen paineilmalla, kappaleen bondauksen, kuivaamisen kiertoilmaunissa ja lopuksi kappaleen purkamisen järjestelmästä automaattisesti.

Selvitystyön pohjana on ollut viisi metalli- ja muovikappaletta, joiden tuotantomäärä antaa edellytykset nyt tai tulevaisuudessa automaation lisäämiselle. Lisäksi tavoitteena on parantaa laatua etenkin tartunta-aineen levittämisen osalta. Nykyisellä käsin käytettävällä maaliruiskulla on vaikea saada aikaiseksi tasaista ja riittävän ohutta kerrosta.

Tarkasteltavien työkappaleiden tekniset piirustukset esitellään liitteessä 2 (Hyvinkään Kumi Oy 2010), valokuvat liitteessä 3 ja käsiteltäviä pintoja havainnollistavat mallit liitteessä 4. Yleisesti ottaen työkappaleet ovat pieniä ja kevyitä pyörähdyskappaleita, joiden halkaisija on suurimmillaan 70 mm ja pienimmillään 16 mm. Takopyörien ja holkin materiaali on alumiinia ja suksenrullien materiaali kovaa muovia.

Kaikissa kappaleissa on pintoja, joita ei saa raepuhaltaa eikä käsitellä tartunta-aineella. Näiden pintojen suojaaminen työvaiheiden yhteydessä on otettava huomioon ja varmistuttava siitä, että suojausmenetelmä kestää työvaiheiden aiheuttamaa rasitusta ja likaantumista. Raepuhalluksesta syntyy hienojakoista pölyä, joka saattaa aiheuttaa häiriöitä esimerkiksi mahdollisille liukupinnoille. Toisaalta raepuhallussuihku itsessään kuluttaa myös suojana käytettävää materiaalia. Tartunta-aine on tahmeaa ja se saattaa aiheuttaa ongelmia esimerkiksi suojan poiston yhteydessä.

3 TUTKIMUS- JA TOTEUTUSSUUNNITELMA

Tutkimussuunnitelma käsittää ennen varsinaista työn aloitusta tehtävän alustavan suunnitelman tutkimuksen etenemisestä sekä eri työn vaiheisiin liittyvät suunnitelmat koskien tutkimusmenetelmiä. Tutkimussuunnitelman tarkoituksena ei ole estää mahdollisten muutosten tekemistä, vaan luoda hyvä pohja ja selkeitä päämääriä tutkimustyön etenemistä ajatellen.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä käytetään erilaisia tutkimusmenetelmiä lähinnä tiedon hankkimiseen ja materiaalin jäsentelyyn. Tutkimusmenetelmiä koskevaa teorian tietoa on hyvin vaikea soveltaa suoraan käytettäväksi, koska tarvittava materiaali on pääasiassa teknisiä yksityiskohtia. Iso osa käytettävästä aineistosta perustuu suoraan työtehtävien kautta hankittuun kokemukseen ja nykyisen valmistusmenetelmän tuntemiseen. Varsinaisen selvitystyön osalta tärkein osa on yrityskontaktien kautta saatu aineisto eikä varsinaista kirjallisuuteen pohjautuvaa teorian tietoa voida käyttää tehokkaasti hyödyksi. Opinnäytetyön aihe on hyvin käytännönläheinen ja tavoitteet selkeitä, teknisiä vaatimuksia sisältäviä, joten kirjallisuuden käyttäminen ei ole välttämätöntä.

Opinnäytetyön ensimmäisenä vaiheena on tutustuminen nykyiseen valmistusmenetelmään. Tämä vaihe on käytännössä suoritettu opinnäytetyötä edeltävien työsuhteiden aikana, mutta saadut kokemukset jäsennellään opinnäytetyön ensivaiheessa. Nykyinen valmistusmenetelmä selostetaan

luvussa 2.1 ja sen mukaisesti pohdittavat tekniset vaatimukset luvussa 4. Materiaalia täydennetään lisäksi opinnäytetyön tilaajalta saadulla aineistolla, joka sisältää muun muassa käsiteltävien kappaleiden tekniset piirustukset, tartunta-aineeseen liittyvät yksityiskohdat sekä aloituspalaverissa pohdittavat vaatimukset ja alustavat ajatukset.

Yrityskontaktien kautta saatavan materiaalin hankintaa valmistellaan siten, että tehdään alustavat suunnitelmat kahdesta eri vaihtoehtoisesta esikäsittelylinjasta ja tehdään lyhyt yhteenveto tärkeimmistä vaatimuksista. Tavoitteena on päästä osallistumaan eri vaihtoehtojen kehitykseen mahdollisimman monipuolisesti. Alustavien lähtökohtien saaminen nopeasti on siksi tärkeää. Lähtökohtana on siis luoda vuorovaikutusta yrityskontaktien kanssa ja osallistua aktiivisesti erilaisten teknisten ratkaisujen arviointiin ja kehittämiseen.

Opinnäytetyön vaiheet pyritään luomaan siten, että eri vaiheiden aikana saatua materiaalia voidaan arvioida ja kehittää vähintään kahteen kertaan. Lisäksi pidetään mahdollisena sitä, että alkuvaiheessa tuotetussa materiaalissa on virhearviointeja, ja niitä pystytään oikaisemaan työn myöhemmissä vaiheissa. Koska materiaalin hankkimiseen liittyvät aikataulut saattavat muuttua reilusti, on järkevää aloittaa eri aiheiden käsittely välittömästi. Tarkoituksena on saada tarvittava alustava aineisto hyvissä ajoin tutkittavaksi ja kehittää sitä kahdessa eri vaiheessa. Ensin rajataan alustavien suunnitelmien avulla potentiaaliset kehityssuunnat ja viedään suunnitelmia näiden osalta eteenpäin, jonka jälkeen tehdään varsinainen lopullinen valinta ja jatketaan sen osalta selvitystyötä.

3.2 Tutkimussuunnitelma

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe sisältää tutkimussuunnitelman määrittämisen. Tarkoituksena on luoda looginen tapa edetä asioissa, huomioiden rajoitteet muun muassa materiaalin hankintaan liittyen sekä muiden ulkopuolisten asioiden osalta. Eri yritysten kanssa toimiminen on tärkeä ehto työn onnistumisen kannalta, ja tämän takia on olennaista, että aikataulu on joustava.

Opinnäytetyön ensimmäinen osuus on aloituspalaveri opinnäytetyön tilaajan edustajien kanssa. Tässä vaiheessa määritellään opinnäytetyön sisältö,

keskeisimmät tavoitteet sekä työn vaiheet eli karkea toteutus suunnitelma. Aloituspäätöksessä käydään läpi esikäsittelylinjan käyttötarkoitus ja sitä koskevat keskeisimmät vaatimukset. Lisäksi pohditaan alustavasti mahdollisia vaihtoehtoja ja tutkimussuuntia.

Varsinaisen toteutus suunnitelman ensimmäinen vaihe sisältää tutustumisen nykyiseen valmistusmenetelmään, sen ongelmakohtiin ja työvaiheiden vaatimuksiin. Käytännössä tätä vaihetta ei tarvitse tehdä erikseen, koska nykyinen valmistusmenetelmä on hyvin tuttu aikaisempien työsuhteiden ansiosta. Oleellista on kuitenkin se, että työvaiheiden vaatimukset ja mahdolliset ongelmakohdat kirjataan ylös ja käsitellään nimenomaan suunnittelutyön näkökulmasta.

Toisessa vaiheessa tutustutaan pinta- ja esikäsittelyalan automaattioratkaisuihin eri yritysten julkisen materiaalin kautta. Tavoitteena on luoda selkeä kuva erilaisista ratkaisuksista ja eritellä joukosta tähän tarkoitukseen sopivia vaihtoehtoja. Tämän vaiheen yhteydessä on tarkoitus tehdä kaksi alustavaa suunnitelmaa ohjaamaan selvitystyötä.

Kolmas vaihe, eli laitevalmistajien kartoitus suoritetaan hyvin pitkälti samanaikaisesti kuin toinen vaihe. Tavoitteena on löytää mahdollisimman monta potentiaalista alan toimijaa, joiden kautta varsinaista selvitystyötä on mahdollista tehdä. Alusta alkaen on selvää, että suuri osa tarvittavasta ammattitaidosta löytyy nimenomaan pinta- ja esikäsittelyalan yrityksiltä, joten tämä vaihe on keskeinen työn onnistumisen kannalta.

Laitevalmistajien kartoittamisen jälkeen ja joissain tapauksissa sen aikana ovat vuorossa yhteydenotot sellaisiin yrityksiin, joiden tarjontaan kuuluu raepuhalluslaitteet, tartunta-ainekäsittelyyn soveltuvat laitteistot (maalaukskaapit ja automaattiset maaliruiskut) tai molemmat näistä. Tavoitteena on löytää vahvistus alustavien suunnitelmien ajatuksille ja löytää järkevä lähtökohta selvitystyön jatkamista ajatellen. Opinnäytetyön lähtötietojen perusteella voidaan arvioida, että automaattinen raepuhalluslaite muodostaa ison osan kokonaiskustannuksista, joten sitä pidetään lähtökohtaisesti ohjaavana tekijänä.

Tiedon hankinnan jälkeen on tavoitteena tarkentaa alustavia suunnitelmia saadun materiaalin mukaisesti tai vaihtoehtoisesti tuoda mukaan uusia

tutkimussuuntia ja niiden edellyttämiä tarkennuksia. Tämä vaihe on erittäin riippuvainen laitevalmistajien toimittamasta materiaalista, joten mahdollinen viivästyminen täytyy ottaa huomioon.

Toteutus suunnitelman viimeiseksi vaiheeksi määritellään laitevalinnat sekä lopullisen suunnitelman tarkennus. Tässä vaiheessa tavoitteena on saada aikaiseksi yksi toteutuskelpoinen ratkaisu sekä sitä koskevat ajatukset selvitystyön jatkamiseksi tai loppuunsaattamiseksi. Lisäksi tavoitteena on suorittaa hyvin kriittinen arvio suunnitelmasta ja tehdä mahdollisia kehitysajatuksia.

4 TEKNISET VAATIMUKSET

Suunnittelutyön tärkein osuus on erilaisten teknisten vaatimusten kartoittaminen ja ongelmien sekä haasteiden ymmärtäminen. Heti työn alkuvaiheessa tehdään suunnitelma teknisten vaatimusten arvioimiseksi työn eri vaiheissa. Vaatimuksia arvioidaan työn kolmessa eri vaiheessa. Tämä on perusteltua muun muassa siksi, että suurin osa aineistosta saadaan alalla toimivilta yrityksiltä eikä aihetta suoraan käsittelevää kirjallisuutta ole saatavilla. Mahdolliset suunnittelutyön alkuvaiheessa tapahtuvat virheelliset arviot voi siis korjata myöhemmin yrityksiltä saatavan materiaalin perusteella.

Teknisten vaatimusten arviointi aloitetaan arvioimalla nykyistä valmistusmenetelmää ja siihen liittyviä ongelmia sekä kehityskohteita. Lähtökohtana on siis suunnitella nykyistä tehokkaampi valmistusmenetelmä, mutta myös parantaa laatua tarvittavilta osin.

Seuraavassa vaiheessa pohditaan erilaisia vaihtoehtoja automaattisen linjan tai solun pohjaksi ja näiden vaihtoehtojen asettamia vaatimuksia esimerkiksi laitteiden ja apulaitteiden määrään liittyen. Tavoitteena on löytää toimintavarma ja mahdollisimman yksinkertainen ratkaisu sekä hyödyntää mahdollisimman paljon toimivaksi todettuja laitteita ja laitekokonaisuuksia.

Kolmas arviointi tapahtuu alustavien suunnitelmien valmistumisen aikana ja sen jälkeen. Tässä vaiheessa arviointi tehdään järjestelmällisesti jokaisen

laitevaihtoehdon kohdalla, laitteiden rajapinnoissa sekä lopuksi yleisesti koko järjestelmää koskien.

4.1 Ensimmäinen vaihe, nykyisen valmistusmenetelmän arviointi

Nykyinen valmistusmenetelmä on ollut käytössä useita vuosia ja mitoitettu pienten valmistuserien mukaan. Valmistusmenetelmä sisältää käsin tehtäviä työvaiheita. Työkappaleiden ei-käsiteltävien pintojen suojaus sekä suojauksen purkaminen muodostaa esimerkiksi tuotteen W902-11230 (liite 2) kohdalla hyvin merkittävän osuuden esikäsitteilyn kokonaisajasta. Tämän takia ehdottomana vaatimuksena on se, että automaattinen esikäsitteilylinja sisältää mekanismin, jonka avulla tarvittavat pinnat suojataan ja suojaus puretaan täysin automaattisesti.

Kaikkia työvaiheita koskien tärkeimpänä vaatimuksena on työkappaleiden syöttäminen ja siirtyminen järjestelmässä automaattisesti, ilman käsin tehtäviä välivaiheita. Tavoitteena on järjestää työkappaleiden syöttäminen järjestelmään ilman käsin täytettävien palettien käyttämistä, esimerkiksi konenäön ja kuusiakselisen kappaleenkäsittelyrobotin avulla poimimalla.

Tartunta-aineen levitys tavallisella maaliruiskulla on työvaiheena melko nopea, mutta ongelmaksi muodostuu kerroksen epätasaisuus ja paksuus. Tartunta-aineen tavoiteltu kerrospaksuus kuivana on 0,3-0,5 μm (Rohm and Haas Company 2007), joten on selvää, että tasaisen ja riittävän ohuen kerroksen saavuttaminen on nykyisellä valmistusmenetelmällä erittäin hankalaa. Yhtenä vaatimuksena on parantaa tartunta-ainekäsittelyä kerroksen tasaisuuden ja paksuuden osalta automaattikäyttöön soveltuvien maaliruiskujen avulla. Kerrospaksuuden merkitys tulee esille, kun kumi puristetaan metalliosan päälle. Liian paksu tartunta-ainekerros alkaa kiehua kuumassa muotissa, eikä kumi tartu metalliin vaaditulla tavalla.

Tartunta-ainekerroksen paksuuden lisäksi on huomioitava sen asettamat vaatimukset maaliruiskun osalta. Tartunta-aine on paksua ja tahmeaa, joten on varmistuttava siitä, että käytettävä ruisku, letkut sekä maalisäiliö soveltuvat tällaiselle aineelle. Lisäksi on syytä kiinnittää huomiota ruiskun huollon helppouteen mahdollisten ongelmatilanteiden takia. Nykyisin käytössä olevilla

maaliruiskuilla ongelmia ilmenee yleensä, jos ruiskun huoltaminen on laiminlyöty ja tartunta-ainetta pääsee kuivumaan suuttimeen. Tämän osalta riittää siis se, että ruiskun yksinkertaisella ja nopealla huoltotoimenpiteellä varmistetaan sen toimivuus vähintään yhden vuoron ajanjaksolla.

Yhtenä tärkeänä etuna on myös se, että automaattinen linja keventää esikäsitteilyosaston työmäärää ja antaa joustavuutta muiden työtehtävien hoitamiseen. Tämän asian kohdalla täytyy ymmärtää kuitenkin se, että automaattinen linja asettaa myös uusia vaatimuksia työntekijöille ja lisää työn teknistä vaativuutta. Avainasemassa on työntekijöiden kouluttaminen sille tasolle, että automaattisen linjan käynnistäminen, häiriötilanteiden poisto sekä päivittäiset huoltotoimenpiteet onnistuisivat ongelmitta. Tämä asettaa myös laitteistolla vaatimuksia muun muassa käyttöliittymän ja turvalaitteiden osalta.

Linjan tulee pystyä käsittelemään viittä erilaista, tällä hetkellä tuotannossa olevaa työkappaletta. Tärkein tarkasteltava työkappale on pieni takopyörä (W902-11230), jonka tuotantomäärä on suurin. On hyväksyttävää, että linjan laitteistoihin tehdään muutoksia työkappaleiden vaatimusten mukaisesti. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi raepuhallussuutinten vaihtamista tai kohdistamista, tartunta-aineruiskun säätämistä ja kohdistamista sekä kappaleenkäsittelyyn liittyviä yksinkertaisia muutoksia.

Vuosituotantomäärän osalta tavoitteena on 250 000 työkappaletta. Tuotanto on mahdollista järjestää kahdessa valvotussa vuorossa, mutta tarkoituksena on ottaa huomioon myös mahdolliset miehittämättömät jaksot. Tätä ei kuitenkaan pidetä tärkeänä vaatimuksena, vaan lähinnä mahdollisena kehityssuuntana, mikäli tarve isommalle tuotantomäärälle ilmenee.

4.2 Toinen vaihe, alustavien suunnitelmien arviointi

Lähtökohtaisesti esikäsitteilylinjan vaihtoehtoina on kuljetinrataa hyödyntävä ratkaisu tai kappaleenkäsittelyrobotin ympärille rakennettava soluratkaisu. Tärkeimpänä ohjaavana tekijänä on kappaleiden pieni koko, erityispiirteensä kaikissa kappaleissa esiintyvät suojattavat pinnat sekä se, että kaikki kappaleet ovat pyörähdyskappaleita.

Lähdetään tarkastelemaan vaatimuksia kappaleen ominaisuuksien mukaan yleisellä tasolla. Koska työkappaleissa on käsiteltäviä ja ei-käsiteltäviä pintoja, on tärkeää, että kappaleen liikkeet järjestelmässä ovat hallittuja. Tämä tarkoittaa sitä, että kappaleilla on oltava määrätty asema raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn aikana. Kappaleet ovat pyörähdyskappaleita, ja käsiteltävät pinnat sijaitsevat kappaleen sivuprofiilissa, joten liikkeiden määrä on rajoitettu kappaleen pyörähdysliikkeeseen akselinsa ympäri. Kyseeseen tulee kappalekohtainen teline tai muu rakenne, joka mahdollistaa työkappaleen asemoinnin suoraan sekä mahdollistaa pyörimisliikkeen työvaihekohtaisella menetelmällä.

Tarvittavien pintojen suojaus vaatii jokaiselle kappaleelle erilaisen ratkaisun. Käytännössä suojauksen tulee kestää raepuhalluksen aiheuttama kuluminen sekä olla niin tiivis, ettei tartunta-aine pääse tunkeutumaan kappaleen ja suojan väliin. Suojattavien pintojen ollessa kappaleiden päädyissä on otettava huomioon myös kappaleen pyörimisliike esimerkiksi käyttämällä suojaissa liukuvaa sisäpintaa.

Raepuhalluksen jälkeen työkappale täytyy puhdistaa paineilmalla ennen kuin pinta voidaan käsitellä tartunta-aineella. Työvaihe ei sinänsä sisällä ongelmakohtia, mutta on syytä ottaa huomioon raepuhalluksesta aiheutuvan pölyn vaikutus laitteiden liikkuviin osiin sekä työskentely-ympäristöön. Käytännössä puhdistuksen täytyy tapahtua kammiossa, ja kammion alaosassa tulee olla tila mihin pöly ja raejäämät pääsevät laskeutumaan. Tästä seuraa se, että käytön helpottamiseksi kammiossa on oltava helppokäyttöinen mekanismi kertyneen pölyn ja rakeiden poistamista varten.

Kappaleenkäsittelylaitteiston vaatimukset jaetaan tässä vaiheessa kahden alustavan suunnitelman mukaisesti. Kuljetinrataan perustuvan ratkaisun osalta on tietenkin olennaista, että itse kuljetinrata soveltuu käytettäväksi raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn aiheuttamassa likaisessa ympäristössä. Lisäksi pidetään tärkeänä, että kappaleet voidaan syöttää linjalle helposti, ja niiden asemointi tapahtuu nimenomaan linjassa olevan telineen tai vastaavan rakenteen avulla.

Toisena vaihtoehtona on robotin käsivarren hyödyntäminen kappaleiden siirtämisessä työvaiheiden välillä sekä kappaleiden pyörimisliikkeen

saavuttamiseksi. Tämän ongelmana on se, että kappaleenkäsittelyrobotin tulee tällöin pystyä työskentelemään isommalla alueella, ja järjestelmässä on kerrallaan vain yksi työkappale käsiteltävänä. Tämä saattaa aiheuttaa sen, että tavoiteltava vuosituotantomäärä ei toteudu. Lisäksi on huomioitava raepuhalluskammion sekä tartunta-ainekäsittelykammion tiivistäminen robotin käsivarteen asennettavalla tiivistepinnalla.

Tartunta-aineen kuivaaminen on selkeä työvaihe eikä se vaadi esimerkiksi pintojen suojausta. Käytännössä ainoa vaihtoehto on kiertoilmauuni, mitoitettuna kahden alustavasti mietityn vaihtoehdon mukaan. Tartunta-aineen valmistaja ilmoittaa kuivausajaksi 5 minuuttia 80 asteessa kiertoilmauunissa (Rohm and Haas Company 2007). On kuitenkin hyvä varautua siihen, että hieman pienempikin lämpötila riittää, joten ohjeelliseksi lämpötilahaarukaksi määritetään 50–80 astetta. Tämä on mahdollista varmistaa kokeellisesti, mikäli tarve ilmenee.

4.3 Kolmas vaihe, jatkosuunnitelmien arviointi

Opinnäytetyön loppuvaiheessa valitaan kehitettäväksi vaihtoehdoksi kiertävään linjaan perustuva ratkaisu sekä kappaleenkäsittelyyn konenäöllä varustettu kappaleenkäsittelyrobotti. Nämä vaatimukset koskevat työn loppuvaihetta niiltä osin, kuin materiaalia on saatavilla. Tavoitteena on tuoda esille tärkeimmät vaatimukset työvaiheita koskien.

Raepuhalluksen osalta tärkeimmäksi vaatimukseksi osoittautuu työkappaletta pyörittävän mekanismin yhteensopivuus kappaletta suojaavan telineen ja vastakappaleen kanssa. Raepuhallukselle altistuvien osien pinnat valitaan siten, että ne kestävät raepuhalluksen aiheuttamaa kulumista hyvin ja ovat tarvittaessa helposti irrotettavissa. Lisäksi on syytä ottaa huomioon myös se mahdollisuus, että kappalekohtaisia telineitä joutuu vaihtamaan usein, joten niiden kiinnitys tulee olla yksinkertainen. Työkappaleen pyörimisliikkeen takia yläpuolisen pinnan suojaaminen asettaa vaatimuksia, koska tarpeeton kitka suojan ja työkappaleen välissä saattaa aiheuttaa vaurioita.

Tartunta-ainekäsittelyn osalta haasteena ovat samat asiat kuin raepuhalluksessa, mutta sen lisäksi käytettävään ruiskuun ja säiliöihin liittyviä

yksityiskohtia. Ruiskun suuttimen kärki on altis tukkeutumiselle, joten ruiskun ja toisaalta myös maalauskaapin rakenteen täytyy olla sellainen, että kärjen saa vaihdettua nopeasti. Vastaava ongelma esiintyy myös tartunta-ainesäiliössä sekä letkuissa, joten huoltotoimenpiteisiin liittyvät asiat tulee huomioida myös niiden kohdalla.

Kappaleenkäsittelyn osalta suurimmaksi haasteeksi todetaan kustannustehokkaan ratkaisun löytäminen. Käytännössä kaikkein uusin tekniikka ei tule kyseeseen kustannusten takia, mutta yksinkertainenkin konenäköjärjestelmä soveltuu käytettäväksi, jos poimittavien kappaleiden tunnistettavaa pintaa pystyy selkeyttämään esimerkiksi kuljetinhihnan ja pienen käsin tehtävän työn avulla. Tämä lisää myös kappaleenkäsittelyn varmatoimisuutta ja ohjelmoinnin yksinkertaisuutta, koska kappaleet ovat selkeästi esillä ja pintojen tunnistus onnistuu paremmin. Toisaalta alkuperäisenä vaatimuksena on käsin tehtävän työn poistaminen kappaleenkäsittelystä, mutta tässä tapauksessa täytyy tehdä kompromissi varmatoimisuuden ja kustannusten sekä automaattisuuden välillä.

Kun linjan rakenne alkaa olla selvillä, on syytä miettiä työvaiheiden aikana ja välissä tapahtuvaa seuranta ja vikatiilojen havaitsemista. Vikatiilojen osalta seurattavia asioita ovat raepuhallusrakeen ja tartunta-aineen riittävä määrä, kappaleenkäsittelyrobotin häiriötilat sekä kuivausuunin lämpötila. Lisäksi seurataan kappaleiden kulkua linjassa työvaiheiden välillä ja sitä, että kappaleet pysyvät telineissä. Tyhjät telineet likaantuvat tarpeettomasti ja siten lisäävät linjan toimintahäiriöitä.

4.4 Järjestelmän käyttöä, kunnossapitoa ja turvallisuutta koskevat vaatimukset

Suunnittelutyön edetessä on tärkeää ottaa huomioon myös muutamia, erityisesti laitteen käyttöä ja kunnossapitoa koskevia asioita. Opinnäytetyön tavoitteena ei ole edetä käyttöönottoon liittyviin asioihin tai kunnossapito-ohjeeseen asti, mutta tarkoituksena on ottaa näihin liittyviä asioita huomioon jatkotoimenpiteitä ajatellen.

Yleisesti ottaen linjan tulee olla teknisesti yksinkertainen sekä varmatoiminen. Työntekijöiden perusteellinen kouluttaminen linjan käyttöä koskien tulee olemaan välttämätöntä, koska vastaavia automaattisia järjestelmiä ei ole käytössä. Varmatoimisuudella tarkoitetaan sitä, että on järkevää hyödyntää toimivaksi todettuja ratkaisuja mahdollisimman paljon eikä etsiä välttämättä teknisesti moderneinta tai joustavinta ratkaisua. On myös tarkoituksenmukaista ottaa heti alkuun lähtökohdaksi mahdollisten häiriötilanteiden minimointi, koska järjestelmän tulee toimia ilman jatkuvasti läsnä olevaa koneenkäyttäjää.

Rakenteiden täytyy olla mahdollisimman yksinkertaiset puhdistaa, koska tartunta-aineen ja raepuhalluspölyn sekä etenkin näiden yhdistelmän aiheuttama likaantuminen voi estää järjestelmän yksittäisten osien, kuten kappaleiden telineiden, suojakappaleiden sekä robotin tarttujien sujuvan toiminnan. Lisäksi mahdollisten kuljettimien ja johteiden kohdalla otetaan huomioon mahdollinen likaantuminen. Tartunta-aine asettaa vaatimuksia myös ruiskujen huollolle. Ruiskun suuttimen puhdistaminen on nykyisen valmistusmenetelmän yleisin huoltotoimenpide, joten täytyy ottaa huomioon ruiskun soveltuvuus kyseiselle aineelle ja toisaalta mahdollisen huoltotoimenpiteen helppo suoritus tarvittaessa.

Linjan turvalaitteiden osalta huomioidaan se, että laitteiston sijoituskohte on todennäköisesti avoin tehdashalli. Varmin ratkaisu on rajata linjan sekä mahdollisen erillisen kappaleenkäsittelysolun työalue turva-aidalla ja varustaa ovi rajakytkimellä, joka sammuttaa koko järjestelmän, jos joku pyrkii työalueen sisälle. Tämä ratkaisu perustellaan sillä, että työntekijät eivät voi tehdä kunnossapitotöitä tai käyttöön liittyviä työtehtäviä, kun linjalla liikkuu työkappale tai mahdollinen kappaleenkäsittelyrobotti syöttää työkappaleita linjalle.

5 SUUNNITTELUN JA SELVITYSTYÖN VAIHEET

Varsinainen opinnäytetyön suorittaminen koostuu karkeasti kahdesta erilaisesta osasta. Selvitystyö sisältää materiaalin hankkimista laitevalmistajilta ja muista lähteistä sekä olemassa olevan tiedon jäsentelyä. Suunnittelutyön osuus on vähäisempää, ja se painottuu tiettyihin teknisiin yksityiskohtiin. Asioiden esittely etenee samassa järjestyksessä, kuin ne käytännössä tehtiin.

5.1 Järjestelmään kuuluvat laitteet

Tässä luvussa esitellään järjestelmään kuuluvat laitteet sekä näihin liittyvät apulaitteet karkealla tasolla. Lähtötilanteessa on tärkeä ottaa huomioon eri laitteiden rakenteeseen liittyviä vaihtoehtoja sekä yhteensopivuutta muiden laitteiden osalta.

Tavoitteena on luoda hyvä pohja alustavien suunnitelmien tekemistä varten ja tuoda esille tiedossa olevia potentiaalisia vaihtoehtoja. Tässä vaiheessa hyödynnettiin käytännön työtehtävistä saatua kokemusta sekä tuotannon työntekijän näkökulmasta havaittuja ongelmakohtia. Tämän ansiosta eri vaiheissa otetaan huomioon työntekijöiden osuus eri työvaiheissa.

5.1.1 Raepuhallus

Raepuhalluksen suurin ongelma tulee olemaan ei-käsiteltävien pintojen suojaus tarkasti ja siten, että suojaukseen käytettävä ratkaisu kestää raepuhalluksen aiheuttaman kulumisen, likaantumisen sekä mekaanisen rasituksen. Tämän lisäksi huomioidaan raepuhalluskaapin kokoa koskevat rajoitteet sekä työkappaleiden ja raepuhallussuutinten liikkeisiin liittyvät asiat.

Rakenteen ja raepuhalluskaapin koon osalta ratkaisevana tekijänä on työkappaleiden liike linjan tai solun sisällä. Vaihtoehtoina on alustavasti lattialle asennettava kuljetin, joka siirtää työkappaleet kaikkien työvaiheiden läpi tai vaihtoehtoisesti muu vastaava kiertävä kappaleiden siirtämiseen kykenevä ratkaisu. Toisena lähtökohtana on kappaleenkäsittelyrobotin hyödyntäminen sekä kappaleen automaattisessa poiminnassa, että kappaleiden siirtämisessä työvaiheiden välillä. Nämä lähtökohdat otetaan huomioon alustavia suunnitelmia tehdessä ja teknisten vaatimusten määrittelyn yhteydessä. Vaikka vaihtoehdot eroavat toisistaan melko paljon, raepuhalluksen osalta löydetään useita yhdistäviä tekijöitä vaatimusten osalta. Näitä ovat esimerkiksi kappaleiden pintojen suojaamista koskevat likaantumiseen ja kulumiseen liittyvät ongelmat sekä mahdollisten oheislaitteiden toimintaan liittyvät haasteet.

Raepuhallussuutinten määrään vaikuttavia asioita ovat kappaleiden liikkeiden toteuttaminen ja kappaleiden pintojen suojaamiseen liittyvät rakenteet.

Ratkaisun halutaan olevan riittävän yksinkertainen, joten suutinten omia liikeratoja halutaan välttää, mutta toisaalta suuttimen asento on oltava helposti säädettävissä erilaisten työkappaleiden takia. Pääpaino on kappaleiden liikkeillä raepuhalluksen aikana. Liikkuvien osien minimimäärää voidaan perustella varmatoimisuudella sekä kunnossapitotoimenpiteiden helppoudella.

5.1.2 Puhdistus

Työkappaleiden puhdistus ennen tartunta-ainekäsittelyä nähdään välttämättömäksi myös automaattisen linjan kohdalla. Tämä perustuu nykyisen valmistusmenetelmän osoittamiin tuloksiin. Laitteistoon liittyvät komponentit ovat yksinkertaisia riippumatta siitä, millaisilla laitteilla raepuhallus ja tartunta-ainekäsittely tapahtuvat.

Puhdistus tapahtuu paineilmalla, erillisessä kammiossa. Tässä tapauksessa paineilmasuutinten määrällä voi korvata kappaleen liikkeen eikä kappaleen pintoja tarvitse suojata työvaiheen aikana. Huomioon otettavia asioita ovat pölyn kerääminen ja kammion riittävän tiivis rakenne työympäristön puhtaana pitämistä ajatellen.

5.1.3 Tartunta-ainekäsittely

Bondauksessa käytetään vastaavia työvälineitä kuin automaattisessa ruiskumaalauksessa. Laitteita valitessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon tartunta-aineen aiheuttama likaantuminen esimerkiksi maaliruiskun suuttimissa, letkuissa ja säiliöissä. Maalauskaapin tärkeimpiä ominaisuuksia ovat muun muassa tehokas ilmanvaihto sekä helppo suodattimen vaihto.

Ruiskujen osalta otetaan huomioon niiden soveltuvuus tartunta-aineelle sekä helposti likaantuvien osien, kuten suutinten kärkien vaihdon ja puhdistuksen yksinkertaisuus. Säiliöiden iso koko ei ole tärkeä vaatimus, koska noin kahden litran säiliö riittää usean sadan tai tuhannen työkappaleen käsittelyyn, riippuen kappaleesta ja käytettävän ruiskun säädettävyydestä. Oleellisempaa on varmistaa, että tartunta-aine ei kuivu säiliön pintoihin, käyttämällä esimerkiksi säiliössä olevaa sekoitinta.

Vastaavasti kuin raepuhalluksessa myös bondauksen yhteydessä täytyy suojata työkappaleiden ei-käsiteltävät pinnat. Nämä apulaitteet tulee valita ja suunnitella sen mukaan, että ne kestävät tartunta-aineen aiheuttaman likaantumisen ja toisaalta ovat helposti puhdistettavissa tai vaihdettavissa tarpeen mukaan.

5.1.4 Kuivaus

Työkappaleiden kuivaus tapahtuu kiertoilmauunissa. Käytettävä lämpötila ja uunin koko määräytyvät tartunta-aineen asettamien vaatimusten mukaisesti. Kappaleiden pintoja ei tarvitse suojata tämän työvaiheen aikana ja työvaihe voidaan tarvittaessa suorittaa erillään muusta linjasta tai solusta esimerkiksi siten, että kappaleet puretaan kuivausuunin läpi kulkevalle hihnakuljettimelle.

Tartunta-ainekerroksen kuivauksen yhteydessä täytyy ottaa huomioon se, että liian korkea lämpötila tai liian korkea kuivausaika aiheuttavat ainekerroksen palamista. Kuivaukseen liittyvät yksityiskohdat voidaan tarvittaessa selvittää kokeellisesti. Lisäksi työkappalekohtaiset erot saattavat vaikuttaa tartunta-aineen kuivumiseen esimerkiksi vaikeiden muotojen osalta.

5.1.5 Kappaleenkäsittely

Kappaleenkäsittelyä koskevat vaihtoehdot ovat olennainen osa tätä selvitystyötä ja ratkaisu vaikuttaa oleellisesti koko esikäsitteilylinjan toimivuuteen. Kappaleenkäsittelyn lähtökohtana on automaattinen ratkaisu, joka soveltuu kaikille käsiteltäville työkappaleille pieniä rakenteellisia muutoksia hyödyntäen. Alustavana ajatuksena on hyödyntää pientä kuusiakselista kappaleenkäsittelyrobotia konenäöllä varustettuna. Tavoitteena on kappaleiden poiminta automaattisesti suoraan laatikosta tai paremmin soveltuvalta alustalta, esimerkiksi kuljetinhihnalta.

Vaihtoehtoisena ajatuksena pidetään myös jokaiselle kappaleelle räätälöityä manipulaattorikomponenteista rakennettua ratkaisua, jonka kustannukset ovat mahdollisesti pienemmät kuin kappaleenkäsittelyrobotia hyödyntävässä sovelluksessa.

Myös kappaleenkäsittelyssä täytyy huomioida mahdollisten apulaitteiden tarve sekä kokonaisuuden toimivuus mahdollisesti pölyisessä ja likaisessa ympäristössä. Esimerkiksi robotin tarttujien mekaniikan toimivuuteen vaikuttaa tartunta-aineen aiheuttama likaantuminen, joten rakenteiden suojaaminen ja osien helppo puhdistus on tärkeää.

5.1.6 Turvalaitteet

Turvalaitteiden osalta pohdinta on tarkoitus jättää työn loppuvaiheille ja esittää sitä koskevat kehitysajatukset lopullisen esikäsittelylinjan vaatimusten mukaisesti. Turvalaitteita koskevia alustavia vaatimuksia käsiteltiin luvussa 4.4. Lähtökohtaisesti vaihtoehtona on erilaisten turva-aitojen käyttäminen linjan vaatimusten mukaisesti.

Turvalaitteiden valintaan vaikuttaa esimerkiksi käytettävien laitteiden rakenne ja laitteiston sijoitus tuotantotiloihin. Raepuhalluskammion ja tartunta-ainekäsittelykammion tiiveyden avulla voidaan estää epäpuhtauksien leviäminen työympäristöön. Lisäksi on huomioitava vikatilanteiden hoitamiseen liittyviä ja työturvallisuuteen vaikuttavia asioita.

5.2 Alustavat suunnitelmat

Työn alkuvaiheessa tehtävät alustavat suunnitelmat sisältävät yksinkertaistetun periaatekuvan järjestelmän layoutista sekä selostuksen käytettävistä laitteista. Alustavat suunnitelmat antavat lähtökohtia selvitystyön eri vaiheille ja rajaavat vaihtoehtoja.

Tavoitteena on luoda opinnäytetyön varhaisessa vaiheessa konkreettisia tutkimussuuntia, ja siten nopeuttaa varsinaisen tiedon hankinnan aloittamista. Tarkoituksena on valita ennakkotietojen perusteella kehityskelpoisimmat vaihtoehdot, ja muuttaa niitä tarvittaessa hankittavan materiaalin mukaan.

5.2.1 Kappaleenkäsittelyrobottiin perustuva solu

Tämän suunnitelman perusajatuksena on hyödyntää robotin potentiaalia kappaleen siirtämisessä työvaiheiden välillä sekä robotin ranteen liikkeiden käyttäminen työvaiheiden apuna. Tässä vaihtoehdossa vain yksi työkappale on kerrallaan käsittelyssä, joten haluttuun tuotantomäärään ei välttämättä päästä. Lisäksi ongelmaksi muodostuvat kappaleenkäsittelyrobottia koskevat vaatimukset esimerkiksi ulottuvuuteen ja kuorman käsittelyyn liittyen, jotka nostavat kustannuksia ratkaisevasti. Yksinkertainen periaatekuva solusta esitetään liitteessä 5.

Robotti poimii työkappaleet automaattisesti laatikosta tai kuljettimelta. Vaihtoehtoina on konenäkösovelluksen hyödyntäminen kappaleiden tunnistuksessa tai kappaleiden syöttäminen vakioidussa asennossa robotin työalueelle. Kappaleenkäsittelyä varten on olemassa valmiita ratkaisuja, joita voi soveltaa osaksi solua. Robotin tarttujasta löytyy rakenne, joka suojaa työkappaleen toisen puolen ei-käsiteltävän pinnan. Lisäksi robotin työkalun ja ranteen rajapinnassa otetaan huomioon raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn vaatima tiivistys.

Robotti syöttää työkappaleen raepuhalluskaappiin, ja kappaleen toinen pääty asettuu sitä varten suunniteltuun suojaan. Työkalun ja ranteen rajapinnassa oleva laippa tiivistää kaapin. Raepuhallussuutin tai suuttimet kohdistetaan työkappaleiden mukaan siten, että suihku ei tarpeettomasti kuluta robotin tarttujaa tai raepuhalluskaapissa olevaa vastakappaletta. Robotin ranneliike hoitaa kappaleen pyöryksen, joten raepuhallussuuttimilta ei vaadita liikeratoja.

Raepuhalluksen jälkeen työkappale puhdistetaan erillisessä puhdistuskammiossa. Robotti vie työkappaleen kammioon ja paineilmasuutin puhdistaa kappaleen pölystä.

Tartunta-ainekäsittely tapahtuu maalauskaapissa, jonka rakenteessa on aukko robotin tarttujalle. Tiivistys tapahtuu vastaavasti kuin raepuhalluksessa, eli robotin ranteen laipan avulla. Maalauskaapin sisällä oleva vastakappale suojaa kappaleen toisen päädyn ja robotin ranneliike pyörittää kappaletta ruiskun pysyessä paikoillaan. Ruiskun asento säädetään eri kappaleiden vaatimusten mukaisesti.

Kappaleiden kuivaus erotetaan muusta työkierrosta siten, että kiertoilmauunin läpi kulkee kuljetinhihna, joka hoitaa kappaleen siirtämisen uunin läpi ja lopulta laatikkoon. Robotti siirtää työkappaleen kuljettimen päälle, kuljetin pysähtyy ja robotti pudottaa kappaleen hihnalle. Hihna kuljettaa kappaleet uunin läpi erikseen määriteltävän ajan kuluessa, ja kappaleet putoavat kuljettimen päädystä laatikkoon.

5.2.2 Läpiajettava linja

Läpiajettava linja koostuu kahdesta laitekokonaisuudesta. Ensimmäinen on kiertävä linja, jonka päälle tai viereen järjestelmän vaatimat laitteet asennetaan. Toinen kokonaisuus on kappaleiden syöttämiseen tarkoitettu robottisolu tai erilaisista manipulaattoreista rakennettu laitteisto. Tavoitteena on löytää pienikokoisille kappaleille soveltuva kokonaisuus, jonka kustannukset sallivat mahdollisimman monipuolisen kappaleenkäsittelyratkaisun liittämisen osaksi linjaa. Periaatekuva läpiajettavasta linjasta esitetään liitteessä 6.

Kappaleiden syöttäminen toimii automaattisesti, joten tässäkin vaihtoehdossa hyödynnettiin konenäöllä varustettua kuusiakselista robottia. Robotti poimii työkappaleet suoraan laatikosta tai soveltuvalta alustalta, esimerkiksi liukuhihnalta, ja syöttää kappaleen linjalle halutussa asennossa. Kappaleenkäsittelylaitteisto sijoittuu mahdollisimman lähelle itse esikäsitteilylinjaa, joten robotin työalueen ei tarvitse olla suuri.

Kappaleet siirtyvät työvaiheiden välillä lattialle asennettavalla kuljettimella, jonka kuljetinvaunut tai telineet pystyvät kuljettamaan yhtä tai useampaa työkappaletta kerrallaan. Työkappaleen ei-käsiteltävien pintojen suojaamiseen liittyvien osien kiinnittämisessä voidaan hyödyntää kuljetinvaunujen tai telineiden rakennetta.

Kuljetin kulkee raepuhalluskaapin läpi ja työkappaleiden pyörimisliike aikaansaadaan raepuhalluskaapin rakenteessa olevalla pyöritysmoottorilla tai lisäksi raepuhallussuuttimen liikkeellä. Työkappaleiden ei-käsiteltävien pintojen suojaukseen tarvitaan erilliset ratkaisut ylä- sekä alapinnoille ja niihin liittyvät tarvittavat osat ovat helposti vaihdettavissa. Työkappaleiden puhdistus

raepuhalluksen aiheuttamasta pölystä tapahtuu paineilmalla erillisessä kammiossa.

Tartunta-ainekäsittely tehdään maalauskaapissa, ja maaliruiskujen avulla. Vastaavasti kuin raepuhalluskaapissa myös maalauskaapista löytyy pyöritysmoottori käsiteltävää kappaletta varten. Työkappaleiden ei-käsiteltävien pintojen suojaaminen tapahtuu vastaavalla menetelmällä kuin raepuhalluksessa.

Bondauksen jälkeen työkappaleet siirtyvät kuivaukseen kiertoilmauniiniin, jonka lämpötila on noin 50–80 astetta. Kuivauksen jälkeen kappaleet poistetaan kuljetinvaunuista tai -telineistä ja siirretään valmiiden kappaleiden laatikkoon kappaleenkäsittelylaitteiston avulla tai kuljettimessa olevan erillisen mekanismin avulla.

5.3 Materiaalin hankinta laitevalmistajilta

Työn alkuvaiheessa kartoitetaan laitevalmistajia ja tutustutaan eri yritysten tarjontaan yleisellä tasolla. Näistä yrityksistä valitaan potentiaalisimmat, joihin otetaan yhteyttä samanaikaisesti. Tiedossa on se, että suoraan soveltuvia ratkaisuja ei todennäköisesti ole tarjolla, mutta tavoitteeksi otetaan käyttötarkoitusta vastaavien ratkaisujen selvittäminen sekä alustavien suunnitelmien toteutuskelpoisuuden tutkiminen. Näistä lähtökohdista on mahdollista löytää ratkaisu jatkokehitystä ajatellen ja toisaalta korjata mahdolliset virheet alustavista suunnitelmista.

On tärkeää ottaa huomioon eri kontaktien aikataulut ja käyttää aika tehokkaasti usean eri aihealueen selvitystyössä yhtä aikaa. Lisäksi valmistaudutaan siihen, että materiaalin saaminen ja kokoaminen tehdään opinnäytetyön loppuvaiheessa ja sen käsittelyyn käytetään todella vähän aikaa. Tavoitteena ei ole alkuvaiheessa löytää valmiiksi kehitettyjä ratkaisuja vaan suunnitelmiin hyvin soveltuvia lähtökohtia, joiden kehittämiseen pystyy osallistumaan mahdollisimman monipuolisesti.

Tutkimussuuntia on lähtökohtaisesti kaksi. Ensimmäisen tavoitteena on ratkaista pelkästään kappaleenkäsittelyyn liittyviä ongelmia ja toinen

tutkimussuunta keskittyy itse esikäsittelyn selvittämiseen ensisijaisesti laitekokonaisuutena tai vaihtoehtoisesti yksittäisten laitteiden osalta. Opinnäytetyön alussa tehdyn selvityksen mukaan, useat pinta- ja esikäsittelyalan yritykset tarjoavat automaattioratkaisuja sekä raepuhalluksen, että maalauksen osalta. On kuitenkin selvää, että tämän esikäsittelylinjan vaatimukset ovat haastavia monella eri osa-alueella. Ratkaisevana tekijänä on kappaleiden pieni koko sekä erityispiirteinä esikäsittelyn aikana suojattavat pinnat.

Yhteydenottojen tavoitteena on antaa hyvä yleiskuva esikäsittelylinjan työvaiheista, käsiteltävistä kappaleista sekä erityispiirteistä. Apuna käytetään työkappaleiden teknisiä piirustuksia, valokuvia, kuvankaappauksia CAD-ohjelmasta (käsiteltävien pintojen havainnollistaminen) sekä alustavia suunnitelmia. Materiaalia kehitetään ja tuotetaan lisää selvitystyön edetessä. Kappaleiden poikkeuksellisen pieni koko ja jossain määrin vaikeat muodot tuovat haasteita sopivien ratkaisujen löytämiselle etenkin esikäsittelyn osa-alueilla. Kappaleenkäsittelyyn liittyvien vaihtoehtojen selvittäminen on suoraviivaisempaa, koska selvitettävä kuusiakseliseen robottiin perustuva ratkaisu on joustava ja soveltuu usean erimallisen esikäsittelylinjan tai -solun syöttö- ja purkulaitteeksi.

Selvitystyö etenee ensimmäiseksi kappaleenkäsittelyn osalta. Kaikkien vaihtoehtojen lähtökohtana on kuusiakselinen kappaleenkäsittelyrobotti konenäöllä varustettuna. Käytettävien robottien kappaleenkäsittelykyky asettuu 1–3 kg välille, ja robotin työalueen koko on kaikissa tapauksissa halkaisijaltaan noin 600–700 mm (Roboty Oy, Epson Robots, 2011). Tässä vaiheessa on useita muuttujia muun muassa asennukseen liittyvissä asioissa. Itse esikäsittelylinjan malli vaikuttaa kappaleenkäsittelylaitteiston sijoittamiseen ja siten esimerkiksi asennuskorkeuteen. Yhden kappaleenkäsittelyrobottia koskevan vaihtoehdon tekniset yksityiskohdat esitetään liitteessä 7 (Roboty Oy, Epson Robots, 2011).

Konenäön käytön osalta selvitetään laitevalmistajien sovellusten yhteensopivuus käsiteltävien kappaleiden kanssa. Alkuperäisenä tavoitteena on kappaleiden automaattinen poiminta suoraan laatikosta, ja tämä otetaan selvityksen lähtökohdaksi. Laitevalmistajien suorittamien simulaatioiden

perusteella kappaleiden poiminta suoraan laatikosta on hyvin hankalaa, joten jonkinlainen apulaite tarvitaan kappaleiden tunnistamisen helpottamiseksi. Toimintavarmuuden takaamiseksi ja kustannusten takia ratkaisuksi ehdotetaan liukuhihnan käyttämistä robotin työtasona. Tämä vaatii hieman käsin tehtävää työtä, jotta kappaleet saataisiin asetettua soveltuvaan asentoon poimintaa varten. Tässä tapauksessa tunnistuksessa hyödynnetään kappaleista löytyviä reikiä ja muita selkeitä muotoja, esimerkiksi sivuprofiilia. Käsin tehtävän työn käyttäminen poikkeaa alkuperäisistä vaatimuksista, mutta tässä tapauksessa täytyy tehdä kompromissiratkaisu etenkin kustannusten pienentämiseksi.

Varsinaisen esikäsittelyn osalta selvitystyö etenee hitaammin. Kappaleiden erityispiirteiden takia valmiita ratkaisuja ei varsinaisesti tule esille, vaan kokonaisuutta lähdetään suunnittelemaan alusta lähtien. Peruskomponentit, kuten raepuhalluskaappien ja maalauskaappien rakenteet ovat selvillä, mutta kappaleiden siirtäminen työvaiheiden välillä, haluttujen liikkeiden aikaansaaminen ja etenkin työkappaleiden pintojen suojaus asettavat useita haasteita selvitystyölle. Materiaalin hankinnan aikana varsinaiseksi tavoitteeksi muodostuu linjan layoutin havainnollistaminen sekä työkappaleiden suojaukseen liittyvien aiheiden selvittäminen niin pitkälle kuin on mahdollista.

Linjan pohjapiirrosta koskeva suunnitelma esitetään liitteessä 8 (Akateg Oy 2011). Suunnitelma on alustava, eikä se sisällä tietoa muun muassa kappaleenkäsittelyn järjestämisestä. Suunnitelma vastaa hyvin pitkälti alustavaa suunnitelmaa, jonka perusajatuksena on läpiajettava linja ja erillinen kappaleenkäsittelylaitteisto.

5.4 Alustavien suunnitelmien rajaaminen ja kehittäminen

Koska materiaalia on rajatusti käytettävissä, ja sen käsittely ajoittuu opinnäytetyön loppuvaiheille, on selvää, että selvitystyö jää kesken. Saadun materiaalin perusteella esitetään ehdotus esikäsittelylinjan rakenteesta ja kappaleenkäsittelyn osalta lähes valmiista ratkaisusta. Alustavien suunnitelmien osalta valinta kohdistuu läpiajettavaan linjaan, koska lähes kaikki hankittu materiaali liittyy yksinomaan tähän vaihtoehtoon.

Käytännössä materiaalin hankkimisen jälkeen siirrytään suoraan kehittämään opinnäytetyön lopputuloksena esitettävää ratkaisua. Tässä vaiheessa todetaan, että vertailua on vaikea suorittaa ilman materiaalia vaihtoehdoisesta ratkaisusta. Tässä vaiheessa suoritetaan vertailua ja teknisten yksityiskohtien arviointia muutaman laitteen kohdalla. Vertailukohdetta ei voida käyttää, mutta eri vaihtoehdoista tunnistetaan kehityskohteita ja ongelmia. Opinnäytetyötä päätetään kuitenkin jatkaa mukautetusti alkuperäisen suunnitelman mukaan ja kiinnittää huomiota etenkin lopputulosten esittämiseen ja tärkeimpien kehitysajatusten löytämiseen.

5.5 Lopullisen suunnitelman valitseminen ja kehittäminen

Kehitettäväksi suunnitelmaksi valitaan siis kiertävään linjaan perustuva ratkaisu. Kappaleenkäsittelyn osalta selvitystyö etenee siten, että ensimmäinen tarjous suunnitelmien mukaisesta laitteistosta saadaan hyvissä ajoin. Varsinaisen linjan osalta selvitystyö keskittyy layout kuvan arviointiin sekä kappaleiden pintojen suojaamiseen liittyvien yksityiskohtien kehittämiseen. Aikaa on käytössä rajoitetusti, joten on hyvä, että opinnäytetyön loppuvaihe käytetään tehokkaasti muutaman oleellisen asian selvittämiseksi.

Koska varsinaista lopullista ratkaisua ei synny, on tärkeää kirjata ylös mahdollisimman monta käyttökelpoista kehitysajatusta itse linjaa ja kappaleenkäsittelyä koskien. Kehitysajatuksia voidaan hyödyntää, jos selvitystyötä jatketaan opinnäytetyön valmistumisen jälkeen tai tutkimussuuntaa halutaan muuttaa.

5.5.1 Kappaleiden suojaaminen

Kappaleiden siirtämiseen työvaiheiden välillä käytetään lattialle asennettavaa kuljetinta, josta löytyy telineet käsiteltäville kappaleille. Suunnitelmaa täydennetään kappaleiden telineitä koskevilla ajatuksilla ja tässä hyödynnetään kokemuksia nykyisestä valmistusmenetelmästä. Oleellista on, että telineen rakenne on yksinkertainen kappaleiden suojaamista ajatellen. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon myös luvussa 4 esitetyt tekniset vaatimukset koskien

mekaanista rasitusta sekä pintojen likaantumista ja kulumista työvaiheiden aikana.

Kappaleiden suojaamista lähdetään käsittelemään tärkeimmän ja monimutkaisimman työkappaleen, eli pienen takopyörän osalta. Muiden kappaleiden osalta suojaaminen on yksinkertaisempaa, ja yhden työkappaleen perusteella selvitettyt asiat ovat sovellettavissa kaikkiin kappaleisiin.

Ensimmäiseksi pohditaan telineen soveltuvuutta kappaleenkäsittelylaitteen ja alustavasti esitetyn kuljettimen osalta. Kappaleenkäsittelyrobotin osalta voidaan todeta, että sen tarkkuus ja joustavuus kappaleen asennon suhteen eivät aseta suuria ongelmia, mutta tarttujen valinta myöhemmässä vaiheessa on tärkeää. Tähän vaikuttaa muun muassa robotin työskentely-ympäristö kappaleille tarkoitettujen telineiden kohdalla. Ajatuksena on, että teline muodostaa myös kappaleen alapuolisen pinnan suojan. Rakenne koostuu kappaletta ohjaavasta tapista, johon robotti asettaa kappaleen läpi kulkevan reiän ja varsinaisena telineenä käytetään kappaleen suojattavan pinnan mittojen mukaisesti tehtävää kuppia. Tärkeitä vaatimuksia ovat telineen pinnoittaminen kulutusta kestäväksi, telineen nopea vaihto sekä puhdistus ja yhteensopivuus raepuhalluskaapin sekä maalauskaapin pyöritysmoottorin kanssa.

Yläpuolisen pinnan suojaaminen on tarpeellista vain raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn yhteydessä. Itse suojan rakenne vastaa alapuolisen pinnan suojaa, mutta suojan poistaminen ja asettaminen vaatii yhden liikeradan ja apulaitteen. Käytetään yksinkertaista paineilmalla toimivaa sylinteriä, jonka männän varren päähän asennetaan kappaleen pintaa suojaava rakenne. Sylinteri sijoittuu raepuhalluskaapin ja maalauskaapin päälle ja männän vartta varten tarvitaan tiivistetty läpivienti kaapin sisälle. Kun kappale siirtyy käsiteltäväksi, suoja laskeutuu paikoilleen ja kun käsittely on tehty, suoja nousee yläasentoon. Suojattavien kappaleiden lukumäärä riippuu esimerkiksi raepuhalluksen tarkkuudesta, ja sen vaikutuksesta muihin kuin käsiteltävänä olevaan kappaleeseen. Yläpuolisen suojan täytyy olla riittävän väljä, ettei se aiheuta tarpeetonta kitkaa kappaleen pinnan ja suojan väliin. Yhtenä vaihtoehtona on suojan liukulaakerointi.

Yleisesti ratkaistavia ongelmakohtia ovat erilaiset osien ja pintojen kestävyysvaikutukset. Näiden osalta ratkaisuna voidaan käyttää erilaisia pinnoitteita,

esimerkiksi kumia. Lisäksi ratkaisevaa on liikkuvien osien suojaus sekä suojausmekanismin vaatiman läpiviennin tiivistäminen. Raepuhalluksen osalta suuttimen valinnalla vaikutetaan raesuihkun kokoon ja siten vähennetään tarpeetonta rasiusta ympäröiviin rakenteisiin.

5.5.2 Layoutin arviointi

Työvaiheiden määrä ja alustavan suunnitelman määrittelemä ajatus työkierrosta asettaa vaatimuksia linjan koolle. Vaikka käsiteltävien kappaleiden koko on hyvin pieni, se ei vaikuta suoraan laitteiden kokoon. Raepuhalluksen ja tartunta-ainekäsittelyn vaatimat ratkaisut ja linjan kapasiteetin asettamat ehdot kasvattavat linjan mittoja tarvittavan lattiapinta-alan osalta. Linjan kokoa koskevat vaatimukset eivät ole tiukat, vaikka laitteiston pieni koko on toivottavaa sen sijoittamisen yksinkertaisuuden takia.

Otetaan huomioon kuivaukseen käytettävän kiertoilmauunin koko ja sen vaatima tila linjan toisella puolella. Kiertoilmauunin lopulliset mitat määräytyvät muiden työvaiheiden määräämän kulkunopeuden ja kappaleen kuivumisajan todellisten, mahdollisesti kokeellisesti selvitettävien arvojen mukaisesti.

Liitteessä 8 näkyvässä kuvassa kappaleenkäsittelylaitteen sijaintia esittää työntekijää kuvaava piirros (Akateg Oy 2011). Kappaleenkäsittelylaitteiston vaatima tila koostuu robotin vaatimasta asennusalueesta, apulaitteena käytettävän liukuhihnan leveydestä sekä valmiille kappaleilla tarkoitettuun laatikosta. Liukuhihnan leveyden valinta tapahtuu kappaleenkäsittelyrobotin työalueen säteen mukaisesti ja pituudella vaikutetaan jonossa olevien kappaleiden määrään. Pidemmällä liukuhihnalla vähennetään käsin tehtävän työn suorituskertoja ja siten päästään lähemmäs alkuperäistä tavoitetta.

Layout kuvasta puuttuu puhdistukseen käytettävä kammio raepuhalluskaapin ja maalauskaapin välistä. Tarvittavan kammion koko on huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi raepuhalluksessa, joten sen sovittaminen työvaiheiden väliin ei ole ongelma. Puhdistuskammion osalta oleellista on pölyn tehokas kerääminen esimerkiksi alapuolelle sijoitettavaan säiliöön siten, että säiliön tyhjentäminen voidaan tehdä helposti.

6 TYÖN LOPPUTULOKSET

Työn lopputuloksena esitetään luvun 5.5 layout kuva (Akateg Oy, 2011) ja siihen liittyviä arvioita sekä yksi ratkaisu kappaleenkäsittelyn järjestämiseksi. Loppuvaiheen selvitystyö keskittyy hankitun materiaalin käsittelyyn ja kehitysajatuksiin. Kehitysajatuksat ja ehdotetut jatkotoimenpiteet esitetään luvussa 7. Selvitystyötä ei saada täysin valmiiksi, ja esimerkiksi itse linjaa koskeva kustannusarvio jää toteutumatta. Opinnäytetyö sisältää kuitenkin pohdintaa etenkin esikäsittelyn teknisistä vaatimuksista, ja useita asioita viedään eteenpäin pohjatietojen perusteella. Etenkin nykyisen valmistusmenetelmän arviointi ja siitä seuranneet johtopäätökset auttavat työn loppuvaiheen tekemisessä.

Kappaleenkäsittelyyn käytettävä robotti, konenäkösovellus ja oheislaitteet lisäävät kokonaisratkaisun kustannuksia, mutta toisaalta ratkaisu on hyvin joustava ja soveltuu kaikille selvitystyön aiheena olleille kappaleille sekä muille vastaaville kappaleille. Lisäksi ratkaisu mahdollistaa kehitysajatuksat myös muiden kuin pyörähdyskappaleiden käsittelyyn liittyen. Konenäön käyttämisen lähtökohtana on käsityön määrän vähentäminen ja siihen tarpeeseen ratkaisu vastaa hyvin, siitä huolimatta, että kappaleiden tunnistamista tarvitsee avustaa erillisellä työalustalla ja käsin tehtävällä kappaleiden erottelulla. Nykyiseen valmistusmenetelmään verrattuna käsin tehtävä työmäärä vähenee huomattavasti.

Kappaleenkäsittelyn osalta keskeneräiseksi jää liukuhihnan pituuden valinta ja siten kustannusten arviointi. Tämä ei kuitenkaan muodosta merkittävää osaa kappaleenkäsittelyn kokonaiskustannuksista, eikä liukuhihnaan liittyen ole erityisiä teknisiä vaatimuksia. Lisäksi alustavasta tarjouksesta puuttuu tiedot tarttujista sekä robotin asennusrungosta. Tarttujien valinta on järkevää suorittaa kokeellisesti, käytettävien kappaleiden avulla ja asennusrungon rakenne riippuu esimerkiksi linjan asennuskorkeudesta. Yleisesti ottaen saatu tarjous kattaa kuitenkin kaikki tärkeät komponentit ja sen avulla voidaan hahmottaa kappaleenkäsittelyn aiheuttamien kustannusten vaikutus kokonaiskustannuksiin.

Varsinaisen linjan osalta selvitystyö jää pääosin alustavan suunnitelman tasolle. On kuitenkin tärkeää, että linjaa koskevia vaatimuksia pystytään arvioimaan

hyvin pitkälti nykyisen valmistusmenetelmän kautta sekä saadun materiaalin avulla. Tärkeänä asiana pidettyä, kappaleiden ei-käsiteltävien pintojen suojaamista ehditään suunnitella alustavasti ja nimenomaan kappaleenkäsittelyn ja linjan asettamien ehtojen mukaisesti. Aihetta käsiteltiin tarkemmin luvussa 5.5.1.

Muita selvitystyön kannalta oleellisia keskeneräisiä asioita ovat muun muassa työvaiheiden seurantaan liittyvät yksityiskohdat sekä raepuhalluksessa ja tartunta-ainekäsittelyssä käytettävät komponentit. Näitä asioita koskien ehditään pohtia tärkeimpiä teknisiä vaatimuksia, mutta selvitystyötä on järkevää viedä eteenpäin kun kappaleiden telineisiin ja suojaamiseen liittyvät asiat selvitetään tarkemmin. Opinnäytetyön aikana ei ehditä perehtymään laitteiden ohjauksen järjestämiseen tai kappaleenkäsittelyn ohjauksen sovittamiseen itse linjaan.

Lopputuloksena esitettävät asiat voidaan arvioida toteutuskelpoisiksi, mutta keskeneräisyyden vuoksi esimerkiksi kustannusten vertaaminen alkuperäisiin vaatimukseen on mahdotonta. Selvitystyötä jatketaan opinnäytetyön aikana hankittujen kontaktien kautta ja lopullinen arviointi jää myöhemmin tehtäväksi. Materiaalin määrä huomioiden, opinnäytetyön lopputulos vastaa jossain määrin alkuperäistä tavoitetta eli yhden toteutuskelpoisen vaihtoehdon esittämistä.

7 KEHITYSAJATUKSET

Tässä luvussa esitetään tärkeimmät kehitysajatukset ja näkökulmia selvitystyön jatkamista ajatellen. Kappaleiden pintojen suojaamisen osalta esitettävä suunnitelma vaatii käytännössä malliosien tekemisen kappaleen telineen, eli alapuolisen suojan sekä yläpuolisen suojan osalta. Tarkasteltavia asioita ovat suojiin likaantumiseen liittyvät asiat sekä eri pinnoitteiden toimivuus raepuhalluksen kulutuksen estämiseksi. Lisäksi mietitään soveltuva ratkaisu telineiden nopeaa vaihtoa ajatellen sekä yleisesti kappaleiden suojaamiseen liittyvien osien puhdistukseen. Aihe on erittäin oleellinen linjan toimintavarmuuden kannalta ja vaatii varmasti useita eri tarkasteluita toimivuuden takaamiseksi.

Edelliseen ehdotukseen liittyen on oleellista, että työvaiheiden seuranta järjestetään riittävän kattavasti. Perusajatuksena ovat telineistä irtoavien kappaleiden havaitseminen sekä yksittäisten laitteiden häiriötilat. Esimerkiksi raepuhalluksessa rakeen loppuminen tai tartunta-ainekäsittelyn ruiskuissa tapahtuvat tukokset ja muut häiriöt. Tärkeintä on saada linja pysähtymään välittömästi puutteellisen toiminnan aikana ja estää esimerkiksi telineiden tarpeeton likaantuminen. Työvaiheiden seuranta liittyy olennaisesti linjan ja kappaleenkäsittelylaitteiston ohjauksen järjestämiseen ja vaikuttaa siten koko järjestelmän osalta käytön ja kunnossapidon hoitamiseen.

Kappaleenkäsittelyn osalta on selvitettävä myös vaihtoehtoisia laitteita. Konenäöllä varustetun robotin tekniset ominaisuudet vastaavat tarvetta, mutta kustannusten vertailukelpoisuuden takia on syytä harkita myös muita, yksinkertaisempiin ratkaisuihin perustuvia vaihtoehtoja. Esiitetyn vaihtoehdon parhaina puolina ovat joustavuus ja monipuolisuus, mutta mikäli tuotantoon haluttuja kappaleita ei ensivaiheessa ole kuin yksi, niin on mahdollista pärjätä huomattavasti kustannustehokkaammalla ratkaisulla.

Tärkeänä selvitettävänä asiana pidetään myös tarvittavien muuttujien määrittelyä käsiteltävien kappaleiden näkökulmasta. Esimerkiksi raepuhallussuutinten ja tartunta-aineruiskujen asennon, paineen sekä suihkun koon vaihtamisella voidaan vaikuttaa tehokkuuteen merkittävästi ja toisaalta estää rakenteiden kulumista ja likaantumista. Lisäksi on määritettävä linjan kulkunopeus ja sovitettava se jokaisen kappaleen kohdalla kappaleenkäsittelylaitteiston sekä kuivausuunin kanssa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvitystyö lähti liikkeelle aikataulun mukaisesti ja ensimmäiset vaiheet saatiin suoritettua hyvin nopeasti. Nykyisen valmistusmenetelmän arviointi sekä ongelma- ja kehityskohtien löytäminen oli mielenkiintoista ja toteutettiin hyvin nopeasti, koska työvaiheet olivat tuttuja entuudestaan. Samaan aikaan tutustuttiin erilaisiin pinta- ja esikäsittelyalan ratkaisuihin ja yrityksiin sekä pohdittiin erilaisia kehityskelpoisia vaihtoehtoja. Näiden vaiheiden

lopputuloksena esitettiin kaksi alustavaa suunnitelmaa, joiden avulla oli tarkoitus aloittaa tiedon kerääminen laitevalmistajilta.

Koska laitevalmistajien kartoitus oli tehty osittain etukäteen, voitiin siirtyä melko nopeasti yhteydenottoihin. Tässä vaiheessa todettiin, että kyseisten kappaleiden esikäsittely on menetelmänä hyvin monimutkainen, ja etenkin kappaleiden pieni koko saattaisi aiheuttaa ongelmia sopivien laitteiden etsinnän aikana. Lisäksi tarvittavien pintojen suojaus koettiin suureksi haasteeksi ja sen kehittämiseen päätettiin käyttää riittävästi aikaa. Materiaalin hankinnan osalta suunnitelma ei toteutunut täysin, mutta sekä kappaleenkäsittelyn että itse esikäsittelylinjan osalta saatiin yritysten kautta soveltuvaa materiaalia.

Yleisesti ottaen opinnäytetyön aihe oli hyvin laaja ja aikataulu todella tarkasti mitoitettu. Tästä johtuen hyvin alkaneen selvitystyön myöhemmät vaiheet venyivät useilla viikoilla ja joitain materiaaleja päästiin käsittelemään vasta loppuvaiheessa. Tästä huolimatta opinnäytetyö valmistui lähes ajallaan ja kaikki materiaali ehdittiin käsittelemään myös opinnäytetyön raportissa. Alkuperäisenä tavoitteena oli hankkia suurin osa tarvittavasta materiaalista hyvissä ajoin ja suorittaa kehitystyötä kahdessa vaiheessa. Valitettavasti tämä ratkaisu jouduttiin hylkäämään aikataulun venymisen takia ja kaikki materiaali käsiteltiin pääosin yhdessä vaiheessa.

Tärkeimpänä tavoitteena oli yhden toteutuskelpoisen ratkaisun esittäminen. Tämä ei toteutunut alkuperäisen tavoitteen mukaisesti, vaan esikäsittelyn työvaiheiden osalta jäi useita asioita selvittämättä kokonaan. Loppuvaiheessa päädyttiin käsittelemään joitain puuttuvia asioita kehitysajatusten muodossa ja siten edistämään omaa oppimista ja selvitystyön tavoitteiden saavuttamista.

Lopputulos sisälsi alustavan layout-kuvan linjasta, ja siitä ilmeni työvaihekohtaiset laitteet sekä osa tarvittavista apulaitteista. Apulaitteiksi määriteltiin esimerkiksi kappaleiden liikkeitä aikaansaavat pyöritysmoottorit, ja niihin liittyvät rakenteet. Kappaleiden suojaamiseen tarvittavat osat ja rakenteet puuttuivat kuvasta, mutta niihin liittyvät alustavat suunnitelmat käsiteltiin luvussa 5.5.1.

Kappaleenkäsittelyn lopputulos vastasi paremmin alkuperäistä tavoitetta, ja sen osalta esitettiin lähes valmis laitekokonaisuus sekä alustava tarjous. Ratkaisu

perustui alustavassa suunnitelmassa esitettyyn kappaleenkäsittelyrobottiin sekä tarvittaviin konenäkökomponentteihin. Tämän vaihtoehdon tekninen soveltuvuus todettiin hyväksi, mutta sen vaikutus kokonaiskustannuksiin arvioitiin merkittäväksi, ja siten ratkaisevaksi tekijäksi selvitystyön jatkamista ajatellen.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa ei kirjattu erikseen oppimistavoitteita, mutta selvitystyön edetessä huomattiin monia uusia asioita, joiden tutkimisesta olisi varmasti hyötyä myös tulevaisuudessa. Teknisen tiedon hankkiminen, arviointi ja kehittäminen olivat yllättävän hankalia osa-alueita, mutta toisaalta taidot kehittyivät opinnäytetyön raportoinnin aikana.

LÄHTEET

Rohm and Haas Company, 2007. Thixon 715-EF + 715-B Solvent-Based Adhesive. [PDF].

Hyvinkään Kumi Oy, 2010. Kappaleiden tekniset piirustukset. [PDF].

Roboty Oy, Epson Robots, 2011. Epson C3. [PDF].

Akateg Oy, Haliseva. A, 2011. Alustava layout. [PDF].

LIITTEET