

Aulin Janne

TÄRYPÖYDÄN SUUNNITTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2016

TÄRYPÖYDÄN SUUNNITTELU

Aulin, Janne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
huhtikuu 2016
Ohjaaja: Aarnio, Ulla
Sivumäärä: 39
Liitteitä: 8

Asiasanat: Koneensuunnittelu, tuotekehitys, Konstruktiosuunnittelu

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ohutlevyteollisuuden yritykselle tärypöytä, jonka avulla saadaan irrotettua levytyökeskuksella leikattujen ohutlevyjen tuotteet levyn rangasta. Tavoitteena oli luoda laite, jonka avulla työntekoa helpotetaan ja nopeutetaan ohutlevytuotannossa.

Päähuomio opinnäytetyössä oli toimivan laitteen suunnittelu käyttäen hyväksi teknisen tiedon soveltamista sekä innovatiivista ajattelua. Tärkein osa opinnäytetyötä oli suunnitella turvallinen sekä käytännöllinen laite nopeuttamaan ja helpottamaan työntekoa tuotannossa sekä ehkäisemään fyysisestä kuormituksesta johtuvia sairauspoissaoloja.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa päähuomio oli tärypöydän suunnittelun prosessin esittäminen insinöörin näkökulmasta. Työ toteutettiin seuraamalla suunnittelun eri vaiheita teoriaosan mukaisella tavalla. Opinnäytetyön käytännön osuuden alussa luotiin useampi mahdollinen konstruktio. Konstruktiovaihtoehdoista valittiin paras kehittälyvaiheeseen, jossa laitteen lopulliset ominaisuudet suunniteltiin ja tarvittavat komponentit valittiin.

Laitteen turvallisuuden varmistamiseksi viimeisiä työvaiheita oli riskianalyysin laatiminen. Riskianalyysi laadittiin taulukkomuodossa standardin SFS-EN ISO 12100-1 mukaisesti käyttäen apuna Tapio Siirilän kirjaa Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä.

Opinnäytetyön viimeisenä vaiheena oli teknisten piirustusten laatiminen laitteen rakentamista varten. Laitteesta laadittiin kokoonpano- sekä osapiirustukset sekä räjäytyskuva. Suunnittelutyön tuloksena saatiin luotua laite, joka täyttää sille asetetut vaatimukset.

DESIGNING VIBRATING TABLE

Aulin Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical and production engineering

April 2016

Supervisor: Aarnio, Ulla

Number of pages: 39

Appendices: 8

Keywords: Machine design, Product development, Structural planning

The purpose of this thesis was to design a vibrating table in order to be able to dismount the products from sheet metal. The vibration table was designed for a sheet metal company. The objective for this thesis was to design a machine with which the task of dismounting the parts would be easier and faster in sheet metal production.

In this thesis the main objective was to design a functioning machine using the aid of technical knowledge and innovative thinking. The most important part of this thesis was to design a safe and practical device to speed up and ease the amount of work in the production together with preventing sick leaves consequential from physical strain.

The report is formed with the main objective to present the designing process from the engineers point of view. The task was carried out by following the theory of machine design. The practical part of the thesis was to create multiple potential structures. The best of structures was selected in the development stage, where the final attributes of the machine was designed and needed components selected.

One of the last stages of the task was to ensure the safety of the device by creating a risk analysis. The analysis was converted into a table chart by following the SFS-EN ISO 12100-1 standard and Tapio Siirilä's book Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä.

The last stage of this thesis was to create technical drawings for manufacturing the machine. As a result of the designing process, it was possible to create a machine which meets the required objectives.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA	7
2.1	Seger Oy.....	7
2.2	Opinnäytetyön määrittely.....	8
2.3	Ohutlevytyöstö.....	8
2.3.1	Levytyökeskus.....	10
3	KONEENSUUNNITTELU.....	12
3.1	Konstruktiosuunnittelu.....	13
3.2	Konstruoinnin työkulku	13
3.2.1	Tehtävänasettelun selvitys.....	15
3.2.2	Luonnosteluvaihe	15
3.2.3	Kehittelyvaihe	17
3.2.4	Viimeistelyvaihe.....	19
3.3	Koneturvallisuus	20
3.3.1	EU-Direktiivit	21
3.3.2	Riskianalyysi	21
3.4	Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD)	22
3.4.1	Historiaa	22
3.4.2	Ohjelmisto	22
4	TÄRYPÖYDÄN TARKOITUS JA TAVOITTEET.....	23
4.1	Tärypöydän tarkoitus	23
4.2	Tärypöydän suunnittelun tavoite.....	24
5	TÄRYPÖYDÄN SUUNNITTELUN VAIHEET	25
5.1	Tehtävänasettelun selvitys	25
5.2	Luonnosteluvaihe.....	25
5.3	Komponenttien valinta ja suunnittelu	28
5.3.1	Tärylaite	28
5.3.2	Tärinänvaimentimet.....	30
5.3.3	Rungon suunnittelu.....	31
5.3.4	Päällyskehikon suunnittelu.....	32
5.3.5	Ironneiden tuotteiden kerääminen.....	33
5.3.6	Ohjurien suunnittelu	34
5.4	Viimeistelyvaihe	35
5.5	Laitteen turvallisuus ja riskianalyysi	36
6	YHTEENVETO JA PÄÄTTÄMINEN.....	38
	LÄHTEET.....	40

LYHENTEET JA TERMIT

CAD	Computer Aided Design
CNC	Computer Numerical Control
SOLIDWORKS	3D-mallinnusohjelma
DFMA	Design For Manufacturing and Assembly

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on suunnitella irrotuslaite ohutlevyteollisuuden yritys Seger Oy:lle. Työn tarkoituksena on luoda laite, joka nopeuttaa sekä helpottaa levytyökeskuksella leikattujen tuotteiden irrottamista.

Työlle asetetaan tavoitteeksi, että laite on konstruktiosuunnittelun perussääntöjen mukainen. Perussääntöjen mukaan suunniteltavan laitteen tulee olla turvallinen, yksiselitteinen sekä yksinkertainen. Työn toinen tavoite on, että suunniteltava laite on myös käytännöllinen sekä toimintavarma, jotta se hyödyttäisi yrityksen tuotantoa.

Opinnäytetyön kirjallisessa osassa raportoidaan suunnittelutyön eri vaiheet ja niiden työnkulku. Työn käytännön osa toteutetaan seuraamalla koneensuunnittelun teorian kaltaisesti suunnitteluprosessin kulkua. Suunnitteluprosessin aikana laitteesta luodaan vaatimuslista, toimintorakenne sekä riskianalyysitaulukko. Vaatimuslistaan on tarkoitus kirjata vaatimukset sekä mahdolliset toiveet suunniteltavan laitteen ominaisuuksista. Toimintorakenteessa päätoiminto jaetaan osatoimintoihin ja haetaan vaihtoehtoisia ratkaisuja niille. Vaihtoehtoisten ratkaisujen avulla voidaan tarkastella eri konstruktiovaihtoehtoja valiten lopuksi paras mahdollinen konstruktiotyyppi. Riskianalyysitaulukossa luetellaan havaitut riskit, niiden vakavuus, toistuminen sekä riskikerroin. Riskianalyysitaulukko luodaan standardin SFS-EN ISO 12100-1 perusteella.

Tärypöydän mallintamiseen ja sen ominaisuuksien tarkastelemiseen käytetään Solidworks 2014 3D-suunnitteluohjelmistoa. Tavoitteena on suunnitella toimiva sekä käytännöllinen irrotuslaite, josta lopputuloksena luodaan täydelliset kokoonpano-osakokoonpano- työ- sekä osapiirustukset laitteen rakentamista varten. Luodut piirustukset sisällytetään opinnäytetyöhön.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA

2.1 Seger Oy

Seger Oy (Kuva 1) on Uudessakaupungissa sijaitseva ohutlevyteollisuuden yritys, joka työllistää hieman alle 100 työntekijää. Segerillä on pitkä kokemus ohutlevytuotteiden valmistamisesta, joka juontaa juurensa vuosikymmenten aikana yrityksen toimittua sekä ulkomaisilla että kotimaisilla markkinoilla. Käytännössä yritys valmistaa alihankkijana muille yrityksille erilaisia ohutlevykomponentteja. Tuotannossa käytetään apuna levytyökeskuksia, särmäyskoneita, puristuskoneita, pistehitsausta sekä kokoonpanoa. Segerillä on mahdollista valmistaa yhteensä yli 9000 erilaista ohutlevyosaa tarpeen vaatiessa. Liikevaihto Segerillä oli vuonna 2014 yli 16M €.

Seger Oy valmistaa sarjatuotantona vaativia ohutlevyosia ja niiden kokoonpanoja eri teollisuudenalojen asiakkaille, kuten tehoelektroniikka, telekommunikaatio ja ajoneuvoteollisuus. (Seger Oy:n www-sivut 2016.)

CNC-koneita kuten laser-leikkuuta, levytyökeskuksia ja särmäyspuristimia käytämme erityisesti pienille volyymeille. Volyymien kasvaessa sovellamme kustannustehokkaita työkaluratkaisuja epäkesko- tai hydraulipuristimissa tehtävissä aihioleikkauksissa ja taivutusvaiheissa. Syvävedettyjä tuotteita voidaan valmistaa tuottavasti kolmitoimisilla hydraulipuristimilla. (Seger Oy:n www-sivut 2016.)



Kuva 1. Seger Oy (Seger Oy:n www-sivut 2016)

2.2 Opinnäytetyön määrittely

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella laite, joka irrottaa tärinän voimasta levytyökeskuksen ohutlevyyn leikkaamat tuotteet, tiputtaa ne turvalliseen paikkaan työntekijän kerättäväksi ja toimitettavaksi jatkokäsittelyyn sekä mahdollisesti kuljettaa jäljelle jääneen levyn rangan pois seuraavan valmiiksi leikatun levyn tieltä. Laitteen suunnitteluun käytetään 3D-suunnitteluohjelmistoa Solidworksia. Kyseisellä suunnitteluohjelmistolla luodaan laitteesta 3D-malli ja teknilliset piirustukset, joiden perusteella laitteesta voidaan rakentaa prototyyppi.

2.3 Ohutlevytyöstö

Suomessa ohutlevytuotantoa harjoitetaan melkein koko maassa. Yrityksiä on huomattava määrä, jotka joko valmistavat alihankintana tuotteita muille yrityksille taikka tuottavat ohutlevyratkaisuja suoraan asiakkaille eri tarpeisiin. Ohutlevytuotannossa valmistetaan tuotteita aina sähkökaapeista autojen peltosiin saakka. Esimerkkinä voidaan todeta, että yhdellä yrityksellä voi olla yli 9000 erilaista tuotetta, jota se kykenee valmistamaan.

Ohutlevytyöstö käytännössä tarkoittaa sitä, että ohutlevystä valmistetaan jollain tavalla tuotteita, joko aina valmiiksi tuotteeksi saakka tai osittain yrityskohtaisesti vaihe kerrallaan. Tässä tapauksessa ohutlevytyöstö tapahtuu levytyökeskusten avulla, jotka toimivat revolveri uloslyönti-periaatteella.

Levytyökeskuksella on pääsääntöisesti kaksi erilaista toimintatapaa. Ensimmäinen ja yleisemmin käytetty vaihtoehto on sellainen, jossa levytyökeskus jättää valmiiksi leikatun levyn leikkauspöydälle koneen etuosaan ja palaa asetettuun alkuasentoon. Tämän jälkeen työntekijä voi astua valoverhojen läpi ja vetää valmiin levyn erilliselle pöydälle, jossa leikattujen osien irrottaminen tapahtuu ravistelemalla levyä käsivoimin. Osien irtoamisen jälkeen ne kerätään ja toimitetaan seuraavalle työpisteelle seuraavaa työvaihetta varten. Jäljelle jäävä ranka taitellaan ja nostetaan sille tarkoitettuun metallinkeräysastiaan.

Toinen vaihtoehto on, että levyn leikkaustyön valmistuessa, tuodaan se purkulaitteen kuljettimen avulla levytyökeskuksen taakse erilliselle pöydälle. Levytyökeskuksen pinottua tarpeeksi levyjä, yleensä n. 15...30 kappaletta, nostetaan ne trukin avulla erilliselle pöydälle, jossa osien irrottaminen tapahtuu ravistelemalla yksi levy kerrallaan. Irronneet osat kerätään ja toimitetaan jatkokäsittelyyn. Jäljelle jäänyt levyn ranka taitellaan käsin ja nostetaan metallinkeräysastiaan, jonka jälkeen samat työvaiheet toistetaan, kunnes kaikki levyt on ravisteltu. Jotta tämänkaltainen tuotantotapa on mahdollista, tulee levytyökeskuksessa olla purkulaitteen lisäksi lastauslaite, joka nostaa leikkaamattoman levyn levytyökeskuksen leikkauspöydälle. Levytyökeskus voidaan asettaa leikkaamaan haluttu määrä levyjä, jotka se työstää automaattisesti, työntekijän kuitenkin pitää levyjen välissä käydä ruiskuttamassa leikkuunestettä seuraavaksi leikattavan levyn päälle.

Tuotantotavat eroavat toisistaan siten, että levytyökeskuksen leikatessa levyn valmiiksi ja jättäessä sen leikkuupöydän etuosaan, leikkuuohjelman kesto on n. 10...40 minuuttia. Työntekijän fyysinen rasittuminen jää tällöin huomattavasti pienemmäksi verrattuna toiseen työskentelytapaan.

Tämän opinnäytetyön aiheen mukaista suunnittelutyötä aletaan suorittamaan sen tuotantovaihtoehdon mukaan, jossa valmiiksi leikatut levyt pinotaan koneen taakse. Kaikki tuotteet eivät sovellu tuotantotapaan, joka on olennainen opinnäytetyön kannalta. Tuotteella voi olla esimerkiksi pintavaatimus, jolloin osien irrottamisessa pitää olla tarkka tai tuotantomäärä voi olla niin alhainen, että ei ole ajankäytöllisesti järkevää leikata osia tällä tuotantotavalla.

Ohutlevytyöstöön kuuluu myös muita аспекteja. Särmääminen on ohutlevyteollisuudelle elintärkeä työstömenetelmä. Särmäämällä voidaan ohutlevytuotetta taivuttaa halutulla tavalla moneen erilaiseen kulmaan, riippuen tietysti fyysisistä mahdollisuuksista. Muita työvaiheita ohutlevytyöstössä on mm. kierteytys, hionta, pistehitsaus, puristus sekä kokoonpano.

2.3.1 Levytyökeskus

Levytyökeskuksella kyetään työstämään monia eri materiaaleja. Yleisimpiä niistä ovat metallit (alumiini, kupari, sinkitty teräs jne.), mutta muitakin materiaaleja valmistetaan, mm. paperi- sekä muovituotteet. Lisäksi on olemassa useita erityyppisiä levytyökeskuksia, joihin voidaan liittää mm. purku- ja lastauslaitteita tilanteen ja tarpeen mukaisesti.

Levytyökeskuksen toimintaperiaate on revolveri uloslyönti. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koneessa on pistin sekä tyyny. Pistin lyö ohutlevyn läpi tyynyyn, jolloin saadaan haluttu leikkaustulos. Levy sijoitetaan koneen ”kynsiin”, joiden paikat xy-akselistossa on ennalta määritetty. Näin levytyökeskuksella pystytään suorittamaan levyleikkaus-ajo todella tarkasti. Kynnet kuljettavat levyn NC-koodin mukaisesti seuraavaan akseliston pisteeseen, jossa pistin lyö levyn läpi tyynyyn. Levytyökeskuksen etu verrattuna muihin työstötapoihin on, että sillä on mahdollista tehdä myös erilaisia kohokuvioita sekä muita samantyyllisiä ratkaisuja, esimerkkinä kierteyttäminen erikokoisilla kierretapeilla.



Kuva 2. Finn-Power levytyökeskus (mach-trade srl:n www-sivut 2016)

Levytyökeskuksen (kuva 2) leikatessa halutut tuotteet ohutlevyyn, jäävät ne levyn rankaan kiinni pienillä kannattimilla, joita kutsutaan myös mikroiksi. Eri tuotteilla mikrojen koot vaihtelevat ja niitä voidaan myös muokata halutun mukaisiksi. Niiden muokkaaminen tapahtuu ohjelmoidessa uuden tuotteen NC-koodia levytyökeskukseen. NC-koodiin annetaan arvo, jonka mukaan levytyökeskus jättää mikron halutun kokoiseksi. Mikrojen koon muuttamisessa pitää myös olla tarkkana, koska liian suureksi jätettäessä, mikro haittaa tuotteen irrottamista huomattavasti. Toisaalta, jos mikron koon muuttaa liian pieneksi, tuote irtoaa levystä liian helposti ja aiheuttaa myös ongelmia, esimerkiksi tuote voi irrota jo levytyökeskuksen viimeistellessä levyä tai kun levy kuljetetaan tuotantovaihtoehdon mukaisesti levytyökeskuksen taakse, tai leikkuupöydälle levytyökeskuksen etupuolelle.

3 KONEENSUUNNITTELU

Koneensuunnittelu (tuotekehitys, konstruointi) on periaatteessa melko yksinkertainen toimi ja tähän tarkoitukseen on kehitetty muutamia eri näkökulmia siitä, miten suunnittelu aloitetaan ja miten se etenee kehittelyn eri vaiheissa aina valmiiseen tuotteeseen saakka. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi konstruoinnin eri vaiheita, josta saadaan käsitys siitä, miten koneensuunnittelu tämän työn aikana noudatti tällaisen suunnittelunäkökulman ohjeistusta.

Tuotekehitystoiminnalla tarkoitetaan prosessia, jonka tavoitteena on uusi tuote tai tuoteparannus. Prosessin lopputulosta kutsutaan tuotteeksi, mutta nykyään yhä useammin myös innovaatioksi. Tuotekehitystoiminta on tapahtunut yleensä yritysten tarkoin varjelluissa suljetuissa ympäristöissä. Koveneva globaali kilpailu pakottaa yritykset jatkuvaan ja yhä nopeampaan tuotekehitykseen. Varsinkaan pienten yritysten omat voimavarat ja osaaminen eivät enää riitä tuottamaan tarvittavia innovaatioita. Siksi erilaiset hajautetun innovoinnin tavat ovat yleistymässä. (Hietikko 2008, 15.)

Kun on olemassa ongelma tai tarve, joka on ratkaistava, kehittäjän on kyettävä kuvittelemaan tuotetta, joka parantaa tilanteen aiheuttamatta liikaa harmia muualla ja samalla pitämään kehittäjän kiinni bisneksessä. Kehittäjän on myös kyettävä hahmottamaan kuinka tuote voidaan tehdä (valmistaa.) Sen jälkeen on vielä arvioitava potentiaalisia markkinoita siten, että tuotteen valmistaminen ei muutu kannattamattomaksi. On myös varmistettava ettei missään ole olemassa tekijää joka estäisi tuotteen myymisen (esim. turvallisuusmääräykset). (Hietikko 2008, 15.)

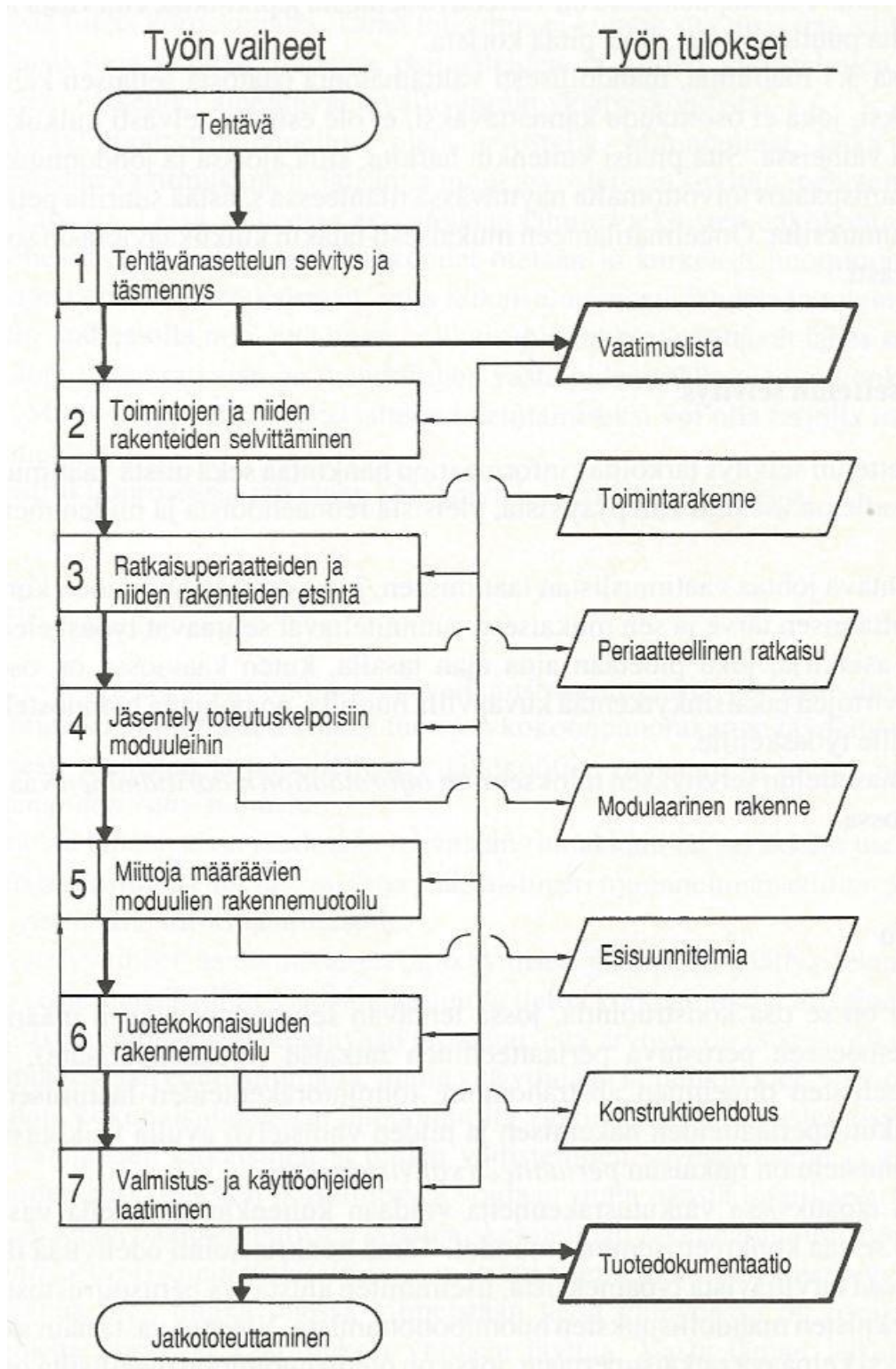
3.1 Konstruktiosuunnittelu

Konstruktiosuunnittelu lukeutuu tuotekehitystoiminnan eli konstruoinnin aihealueen piiriin. Tuotekehitystyötä on kaikki uusien tuotteiden ja laitteiden sekä vanhojen sellaisten parantaminen. Yleisellä tasolla tuotekehitys on tuotantoa harjoittavalle yritykselle elintärkeää, koska tuotteiden elinkaari tulee päätökseensä ennemmin tai myöhemmin. Yleensä trendituotteilla elinkaari on lyhyt, kun taas laitteilla, joihin yritykset investoivat, elinkaari on huomattavasti kauaskantoisempi.

Kun ongelma on perin juurin selvitetty ja se tunnetaan kaikilta näkökulmilta, hyvän loppuratkaisun laatimisessa ei ole mitään ongelmia. Kysymyksessä on vain ammattitaidon ja hankitun osaamisen soveltaminen. Ei siinä tarvita mitään taivaita hipovia heureka-oivalluksia. Silti näitä oivalluksen huippuhetkiäkin silloin tällöin saa kokea. (Tuomaala 1995, 44.)

3.2 Konstruoinnin työnkulku

Uusittu ohjeisto VDI 2221 esittää kehittelylle ja konstruoinnille etenemistavan, jossa konkretisoidaan seitsemässä perustavanlaatuisessa työaskeleessa (kuva 3). Se on laadittu silmällä pitäen laajaa käyttöä koneenrakennuksen, hienomekaniikan, elektroniikan kytkentöjen ja ohjelmistojen kehittelyn ja prosessitekniisten laitteiden suunnittelun aloilla. (Pahl & Beitz 1990, 47.)



Kuva 3. Työn vaiheiden rakenne (Pahl & Beitz 1990, 46)

3.2.1 Tehtävänasettelun selvitys

Tehtävänasettelun selvitys tarkoittaa informaation hankintaa sekä niistä vaatimuksista, jonka ratkaisulle on asetettu että pysyvistä, yleisistä reunaehdoista ja niiden merkityksestä. Tämä tehtävä johtaa vaatimuslistan laatimiseen, jossa otetaan huomioon konstruktiivisen kehittämisen tarve ja sen mukaisesti suunniteltavat seuraavat työaskeleet. Tehtävänasettelun selvityksen tuloksena on informaation määrittäminen vaatimuslistan muodossa. (Pahl & Beitz 1990, 48.)

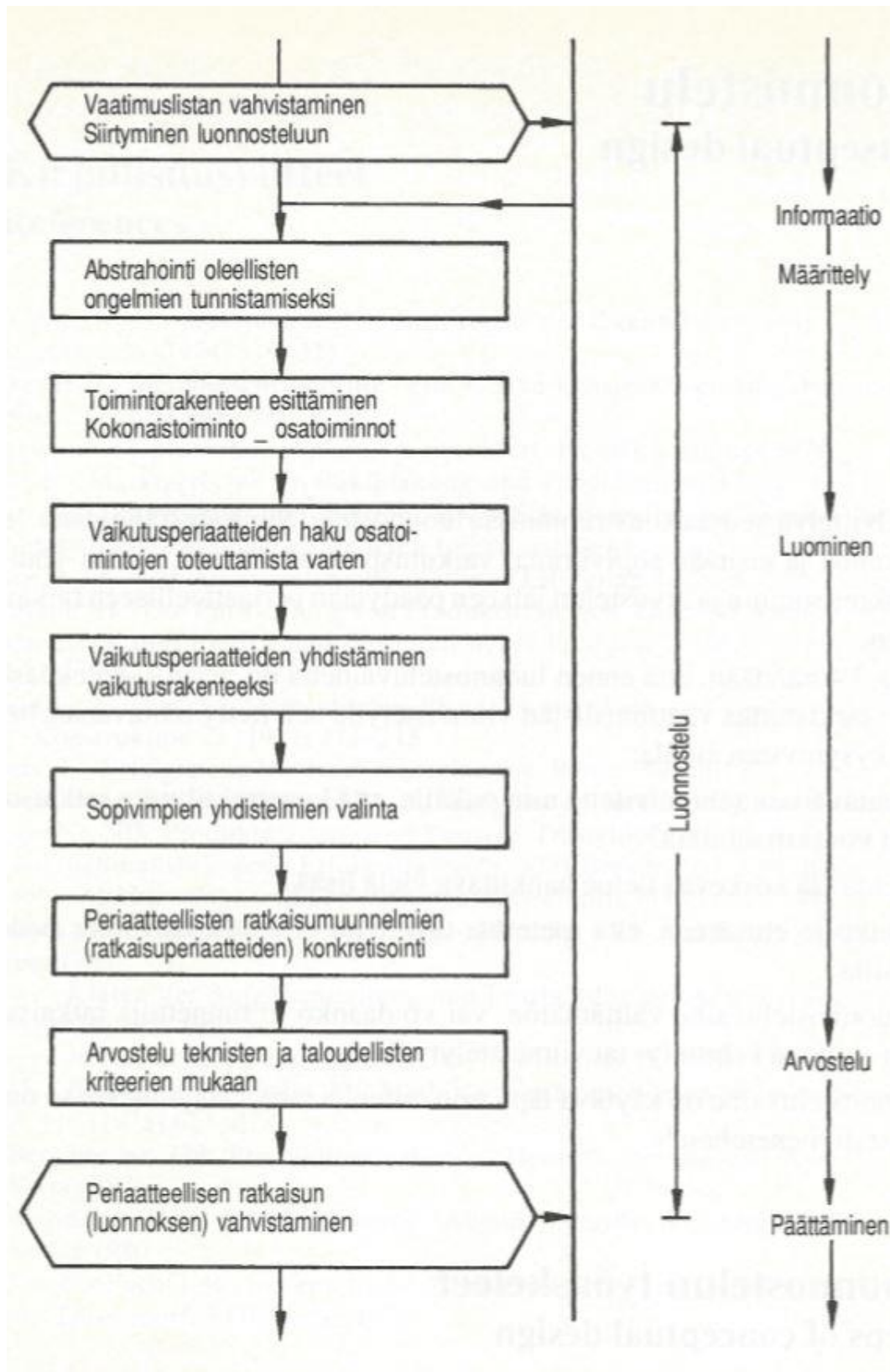
Konstruktiivinen työ alkaa ongelman kohtaamisella. Jokaisella tehtävällä on omat ajallisesti muuttuvat reunaehdot, jotka konstruktorin pitää täysin ymmärtää päästäkseen optimaaliseen ratkaisuun. Sen vuoksi tehtävänasettelu olisi jo alusta pitäen selvitettävä mahdollisimman laajasti ja täydellisesti, jotta työskentelyn aikana täydennykset ja korjaukset rajoittuisivat vain välttämättömimpään. (Pahl & Beitz 1990, 62-63.)

3.2.2 Luonnosteluvaihe

Luonnostelu on osa konstruointia, jossa tehtävän selvittelyn jälkeen määritetään vaikutusrakenteeseen perustuva periaatteellinen ratkaisu (ratkaisuperiaate). Siihen päästään oleellisten ongelmien abstrahoinnin, toimintorakenteiden laatimisen sekä sopivien vaikutusperiaatteiden hakemisen ja niiden yhdistelyn avulla vaikutusrakenteeksi. Luonnostelu on ratkaisun periaatteen vahvistamista. (Pahl & Beitz 1990, 48.)

Luonnosteluvaihe jaetaan useampaan työaskeleeseen (kuva 4). Nämä askeleet pitää läpikäydä sen vuoksi, että jo ennakolta varmistettaisiin parhaaksi mahdolliseksi osoittautuvan ratkaisun ottaminen kehittelyyn, sillä seuraavien vaiheiden, kehittelyn ja viimeistelyn aikana ei voida sanottavasti jos lainkaan poistaa luonnoksen perustuvaa laatua olevia heikkouksia. Kestävä ja menestyksellinen konstruktiivinen ratkaisu syntyy vain tarkoituksenmukaisimman periaatteen valinnan avulla, eikä konstruktiivisia hienouksia liikaa korostamalla. Tämä toteamus ei kumoa sitä tosiasiaa, että tarkoituksenmukaisiksikin osoittautuneiden periaatteiden ja niiden

yhdistelmien mukaisten ratkaisujen vaikeudet aiheutuvat tavallisimmin yksityiskohdista. (Pahl & Beitz 1990, 49.)



Kuva 4. Luonnostelun työaskeleet (Pahl & Beitz 1990, 72)

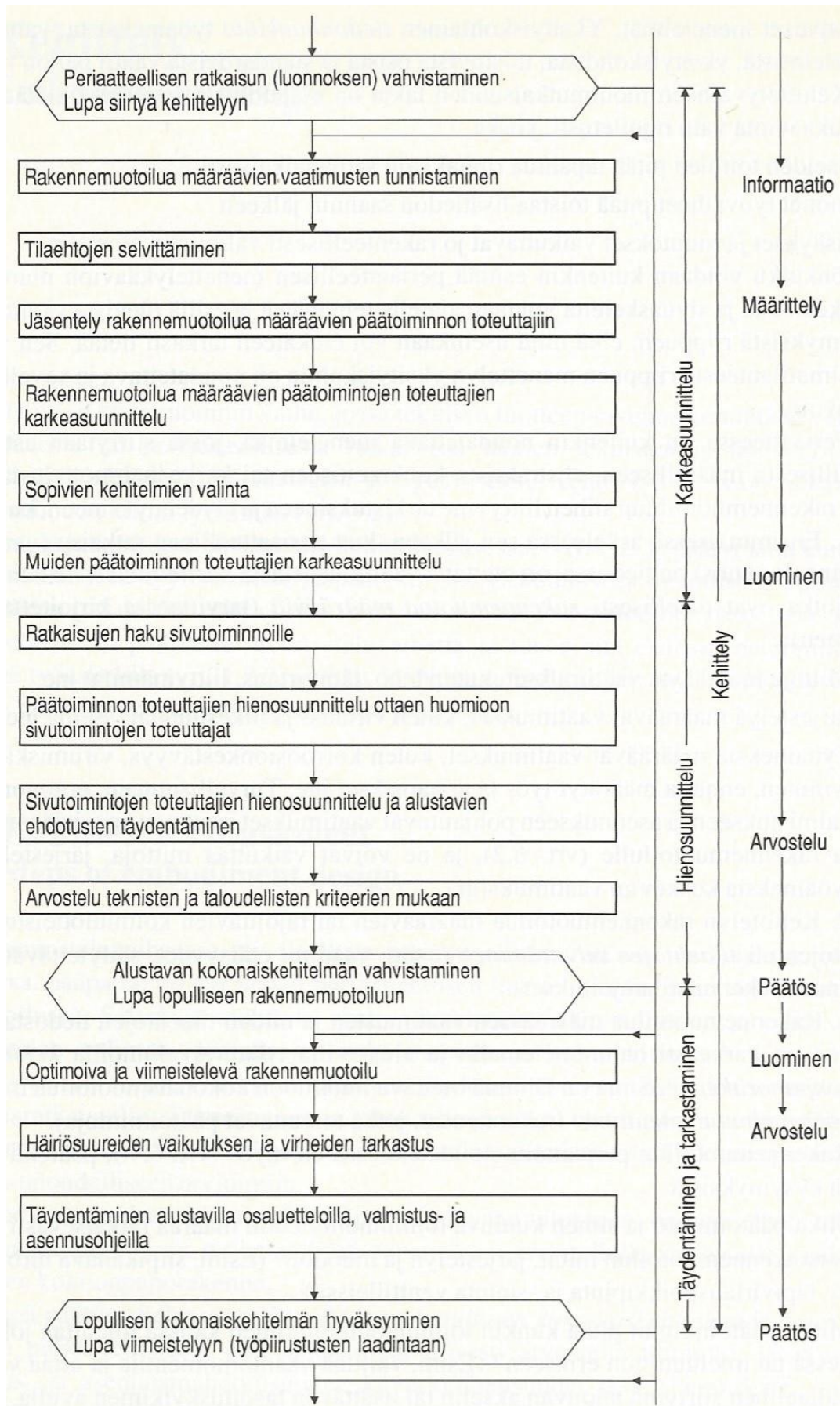
3.2.3 Kehittelyvaihe

Kehittely on se osa konstruointia, jossa vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta lähtien suunnitellaan teknisen tuotteen kokoonpanorakenne täydellisesti ja yksikäsitteisesti teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan. Kehittely on ratkaisun rakennemuodon vahvistamista. (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Lopullisessa kokonaiskehityksessä on jo tarkistettu toiminnot, kestävyys, tilankäytön sopivuus jne., minkä ohessa viimeistään tässä yhteydessä on osoitettava, että kustannuksia koskevat vaatimukset voidaan täyttää. Vasta tämän jälkeen voidaan siirtyä viimeistelyyn. (Pahl & Beitz 1990, 49.)

Kun luonnosteluvaiheessa oli oleellista periaatteellinen ratkaisu vaikutusrakenteen muodossa, pääpaino on nyt tämän periaatteellisen kuvitelman konkreettisessa rakennemuotoilussa. Sellainen muotoilu vaatii viimeistään nyt työainesten ja valmistusmenetelmien valintaa, päämittojen vahvistamista ja kolmiulotteisen yhteensopivuusehtojen tutkimista. Lisäksi ratkaisua on täydennettävä esiin tulleiden sivutoimintojen osaratkaisuilla. Teknologiset ja taloudelliset näkökohdat ovat nyt tärkeimpiä.

Kehittelytoimessa on toisin kuin luonnostelussa luovien työaskeleiden lisäksi paljon enemmän korjaavia askeleita (kuva 5). Tällöin analyttiset ja synteettiset työtavat vuorottelevat jatkuvasti ja toisiaan täydentäen. Tämän vuoksi jo esitettyjen ratkaisuhaun, valinnan ja arvioinnin menetelmien rinnalle tulevat vikojen tunnistamisen ja optimoinnin tapaiset menetelmät. Yksityiskohtainen tiedonhankinta työaineksista, valmistusmenetelmistä, yksityiskohdista, toistuvista osista ja standardeista vaatii paljon työtä. (Pahl & Beitz 1990, 176-177.)



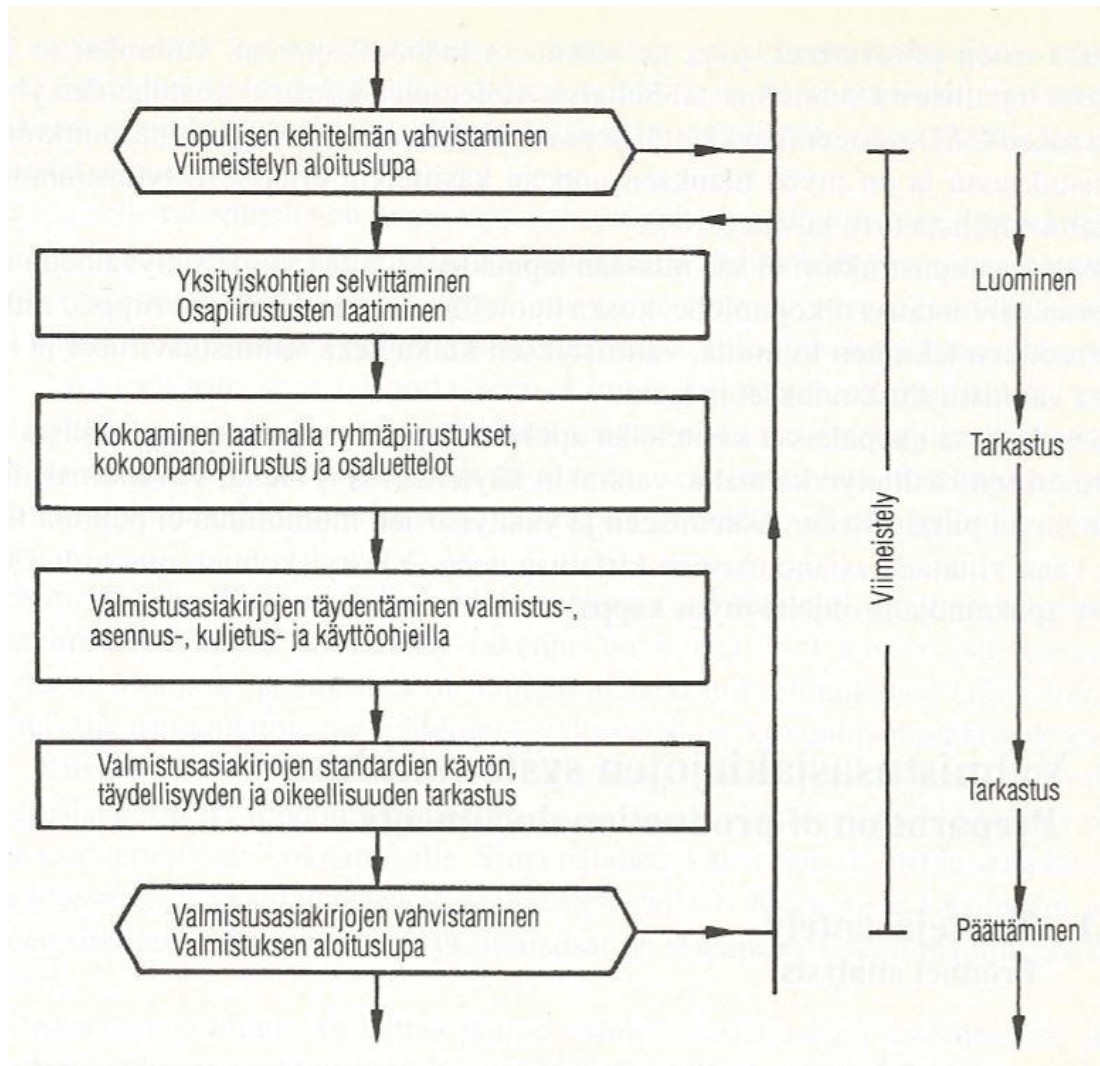
Kuva 5. Kehittelyn työaskeleet (Pahl & Beitz 1990, 178)

3.2.4 Viimeistelyvaihe

Viimeistely on se osa konstruointia, jossa teknisten rakennelman kokoonpanorakennetta täydennetään lopullisilla muotoa ja kaikkien yksittäisosien mitoitusta ja pinnanlaatua koskevilla määräyksillä, työainesten määrityksillä sekä valmistusmahdollisuuksien ja lopullisten kustannuksien tarkistuksilla (kuva 6). Siinä laaditaan sitovat piirustukset ja muut asiakirjat suunnitelman aineellista toteuttamista varten. (Pahl & Beitz 1990, 50.)

Viimeistelyvaiheen painopiste on valmistusasiakirjojen, erityisesti osa- eli työpiirustusten, tarvittaessa rakenneryhmien piirustusten sekä kokonais- eli kokoonpanopiirustusten ja osaluetteloiden laatimisessa. (Pahl & Beitz 1990, 458.)

Lopullisen kehitelmän osien suunnittelu ei ole vain yksityisten osien puhtaaksi piirtämistä, vaan samalla optimoidaan myös osien muoto, työaines, pinnanlaatu ja toleranssit tai sovitteet. Optimoinnin tavoitteina on suuri materiaalin hyväksikäyttö (esim. tasainen muotolujuus ja tarkoituksenmukainen työaineksen valinta) ja osien muotoilu valmistuksen ja kustannusten kannalta edulliseksi ottamalla myös huomioon standardien, saatavissa olevien osto-osien ja tehtaan omien toistuvien osien mahdollisimman laaja käyttö. (Pahl & Beitz 1990, 458-459.)



Kuva 6. Viimeistelyn työaskeleet (Pahl & Beitz 1990, 459)

3.3 Koneturvallisuus

Tuotekehityksessä pitää ottaa huomioon niin lakipykälät, kuin myös koneen yleinen turvallisuustaso. Erilaisia määräyksiä pitää noudattaa sekä muita turvallisuustoimenpiteitä tulee suorittaa aina, kun suunnitellaan jotakin uutta laitetta.

3.3.1 EU-Direktiivit

Kehitellessä uutta tai parannettaessa vanhaa laitetta, pitää ottaa huomioon EU-Direktiivit, jotka ohjaavat koneen rakennetta ja sallittuja toimintoja.

Koneiden turvallisuuteen liittyvät direktiivit koskevat Euroopan unionin (EU) lisäksi koko Euroopan talousaluetta (ETA). Siten esimerkiksi EU:n ulkopuolisessa, mutta Euroopan talousalueeseen kuuluvassa Norjassa tai Islannissa valmistettua konetta kohdellaan niin kuin jossain EU-maassa valmistettua konetta. (Siirilä 2008, 25.)

3.3.2 Riskianalyysi

Riski on lainsäädännössä ja standardeissa suunnilleen sama asia kuin normaalissa puhekielessäkin. Riski muodostuu ajateltavissa olevista seurauksista ja sellaisten seurausten toteutumisen todennäköisyydestä. Siten riski on kohtalainen esimerkiksi silloin, kun seuraukset ovat erittäin haitallisia, mutta niiden toteutuminen on hyvin epätodennäköistä. (Siirilä 2008, 77.)

Nykyisessä EU:n direktiiveihin perustuvassa turvallisuutta koskevassa lainsäädännössä ja muissa määräyksissä turvallisuusvaatimusten toteuttaminen perustuu riskien arviointiin ja hallintaan. Tämän lähestymistavan mukaisesti teknisiä ratkaisuja saa periaatteessa valita ja toteuttaa kohtalaisen vapaasti, mutta niihin liittyvät riskit on tunnettava ja hallittava niin, että jäljelle jäävä riski on hyväksyttävissä. (Siirilä 2008, 78.)

3.4 Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD)

3.4.1 Historiaa

Tietokoneavusteinen suunnittelu on käytännössä syrjäyttänyt käsin piirtämisen monilla aloilla. Kolmiulotteisten suunnitteluohjelmien myötä erilaiset analyysit, simulaatiot ja visualisoinnit ovat yleistyneet, ja liittyvät nyt entistä läheisemmin suunnittelijan työhön. Kokoonpanorakenteiden ja lisääntyneen sähköisen dokumentaation myötä myös suunnittelutiedon hallinta on kokenut viime vuosina mullistuksen, ja on nykyään erottamaton osa suunnittelutyötä. (Pere 2012, 2-11.)

Vaikka tietokone oli aluksi vain sähköinen piirustusväline, mullisti se silti teknisen piirtämisen. Vanhoihin piirustuslautoihin verrattuna erityisesti muutosten ja tuotevariaatioiden tekeminen helpottui huomattavasti. Piirustuslaudalla paperille tai muulle materiaalille laaditun piirustuksen muuttaminen tarkoitti aiemmin pyyhekumin, raapekynän tai korjauslakan käyttöä, mikä puolestaan huononsi piirustuksen laatua. Piirustukset jouduttiinkin luonnosteluvaiheen jälkeen vielä erikseen piirtämään puhtaaksi. Tietokoneella laadittua piirustusta sen sijaan voitiin muuttella sen laadun kärsimättä. Myös erillinen luonnosteluvaihe jäi pois, kun luonnosta voitiin jatkaa aina valmiiksi piirustukseksi asti. (Pere 2012, 2-11.)

3.4.2 Ohjelmisto

Tässä opinnäytetyössä käytetään apuna 3-ulotteista suunnitteluohjelmisto Solidworksia. Solidworks on Ranskalaisen Dassault Systemsin luoma ohjelmisto ja se on yksi maailman käytetyimmistä 3D-suunnitteluohjelmistoista. Solidworksin ensimmäinen Windows-pohjainen versio julkistettiin vuonna 1995.

Solidworksilla kyetään luomaan haluttu malli kolmiulotteisessa ympäristössä. Kolmiulotteinen ympäristö sallii mallin tarkastelun huomattavasti laaja-alaisemmin kuin kaksiulotteisissa ohjelmistoissa. Ohjelmalla voidaan luoda 3D-mallin pohjalta helposti tarvittavat 2D-piirustukset. Lisäksi ohjelmistolla voidaan testata erilaisia lujuuskestävyyksiä sekä muita simulaatiomalleja.

4 TÄRYPÖYDÄN TARKOITUS JA TAVOITTEET

4.1 Tärypöydän tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa kone, joka irrottaa levytyökeskuksen valmiiksi leikkaamat tuotteet ohutlevystä. Levyn paksuus vaihtelee tuotteittain, mutta on kuitenkin yleensä välillä 0.25...3 mm paksua. Pääosin levytyökeskuksella on kaksi päätoimista leikkausohjelmaa. Ensimmäinen on, että keskuksen leikattua levyn valmiiksi tuodaan se koneen etuosan pöydälle ja työntekijä vetää sen erilliselle pöydälle, jossa työntekijä sitten irrottaa osat ravistamalla levyä. Toinen tapa on, että levytyökeskuksen leikatessa levyn valmiiksi viedään se kuljettimen avulla levytyökeskuksen takana olevalle pöydälle. Sen jälkeen, kun levyjä on tarpeeksi monta nipussa, nostetaan nippu trukin avulla erilliselle pöydälle. Tällä hetkellä koneen puuttuessa ihminen ravistelee osat käsivoimin pois levystä. Yhden valmiiksi leikatun levyn paino vaihtelee materiaalista ja paksuudesta sekä äärimitoista riippuen 10...100 kilogrammaan, joten levyjen ravisteleminen tällaisella intensiteetillä on fyysisesti melko raskasta. Raskas fyysinen työ johtaa toistuvana toimintana useasti erilaisiin ammattisairauksiin ja sairauspoissaoloihin.

Raskaasta työstä johtuva kuormitus lisää tuki- ja liikuntaelinsairauksien vaaraa. Riskit liittyvät usein raskaiden taakkojen nostamiseen ja siirtämiseen, niiden yhteydessä sattuu joka neljäs työtapaturma. Tuki- ja liikuntaelinsairaudet ovat maassamme yleisin sairauspoissaolojen syy. Raskas työ voi aiheuttaa haitallista kuormitusta myös hengitys- ja verenkiertoelimistölle. (Rissanen 2006, 4.)

4.2 Tärypöydän suunnittelun tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa sellainen laite, joka on toimiva, yksinkertainen, säädösten mukainen sekä edullinen ajatellen sen toimintaa yrityksen tuotantoympäristössä. Lisäksi tavoitteena on, että työntekijän ei tarvitse tehdä mekaanista työtä saadakseen osat irrotettua levystä sekä valmiiden levyjen jatkokäsittelyyn toimittaminen nopeammin. Tämä vähentää työntekijöiden rasittumista ja keventää fyysistä työnkuvaa huomattavasti. Kone suunnitellaan niin ergonomisesti, että työntekijän ei ole välttämätöntä tehdä sellaista ruumiillista työtä, joka rasittaisi niveliä tai muita ruumiinosia, jotka aiheuttaisivat sairauspoissaoloja. Koneen lähtötavoitteina on sellainen konstruktio, joka suorittaa toiminnot automaattisesti työntekijän valvonnassa. Opinnäytetyö rajataan siten, että noudatetaan konstruktiosuunnittelun perussääntöjä, eli laitteen tulee olla yksinkertainen, yksiselitteinen sekä turvallinen.

5 TÄRYPÖYDÄN SUUNNITTELUN VAIHEET

5.1 Tehtävänasettelun selvitys

Tärypöydän suunnittelu aloitetaan teoriaosan mukaisella tavalla. Liikkeelle lähdetään luomalla ensin vaatimuslista tehtävänasettelun selvitys-kappaleen mukaisesti (Liite 1). Vaatimuslistassa on tarkoitus esittää tarpeellisia lähtötietoja laitteesta, esimerkiksi materiaalit, käyttövoima, valmistaminen sekä levyn mitat maksimissaan. Vaatimuslistassa esitetään myös, että onko kyseinen vaatimus toive vai vaatimus. Vaatimukset ovat nimensä mukaisesti kiinteitä ominaisuuksia, jotka konstruktiossa pitää olla, kun taas toivomukset ovat konstruktion ominaisuuksia, joita ei välttämättä ole pakko toteuttaa, mutta olisi edullista konstruktiolle, jos ne toteutettaisiin. Tämän opinnäytetyön mukaisesti laaditussa vaatimuslistassa esitetään laitteen mitat, turvallisuuden perusvaatimukset, laitteen käyttövoima, irrotuksen aiheuttama voima sekä toiveita, jotka vaikuttavat laitteen toiminnan helppokäyttöisyyteen.

Tässä vaiheessa työtä on jo hieman ajatuksia, millainen laitteen ulkomuoto mahdollisesti olisi. Suunnittelun väli- ja lopputulokset ovat hyvin pitkälti suunnittelijan oman intuition tuloksia ja näin alkuvaiheessa kirjataan kaikki koneen rakennetta koskevat ajatukset ylös myöhempää käyttöä varten.

5.2 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaiheessa luonnostellaan tärypöydän muotoja sekä luodaan mahdollisia erilaisia konstruktioita. Suunnitellaan laitteen ominaisuuksia, toimintoja sekä pääpiirteistä ulkonäköä sekä vahvistetaan aikaisemmassa vaiheessa luotu vaatimuslista.

Luonnosteluvaiheessa luodaan tärypöydästä myös toimintorakenne (Liite 2), jossa päätoiminto jaetaan osatoimintoihin. Tässä vaiheessa osatoiminnoille haetaan vaihtoehtoisia ratkaisuja. Jakamalla toiminnot osatoimintoihin ja etsimällä näille vaihtoehtoisia ratkaisuja, voidaan parasta mahdollista ratkaisua tarkastella

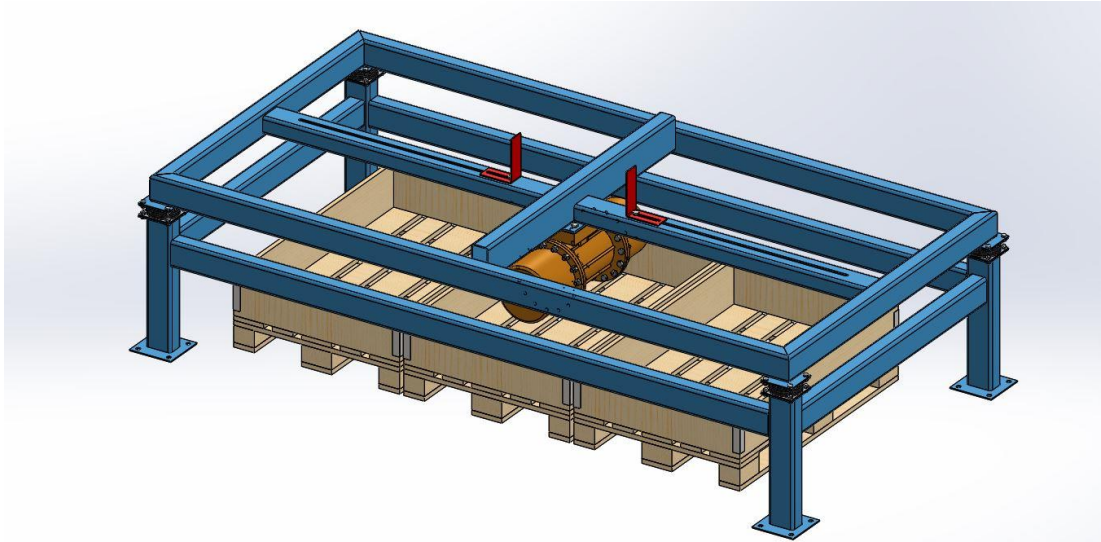
huomattavasti laadukkaammin, kuin ilman sitä. Tämän opinnäytetyön kannalta oleelliset asiat toimintorakenteessa ovat jätteen poistaminen, levynipun kiinnittäminen sekä irtoavien osien kerääminen.

Vaihtoehtoja osatoiminnoille etsittäessä kirjataan ne ylös ja merkitään toimintorakenteeseen. Jäljelle jäävän rangan siirtäminen pois tärypöydän päältä suoritetaan joko siten, että ohutlevyn ranka jää pöydän päälle tai valuu siltä pois. Levyn jääminen tärypöydän päälle on konstruktion kannalta edullisempi, koska tämän kaltaisella konstruktiolla voidaan irrottaa leikatut osat monesta päällekkäisestä levystä samalla kertaa ja jäljelle jäänyt rankanippu voidaan siirtää jätteenkäsittelylavalle trukin avulla.

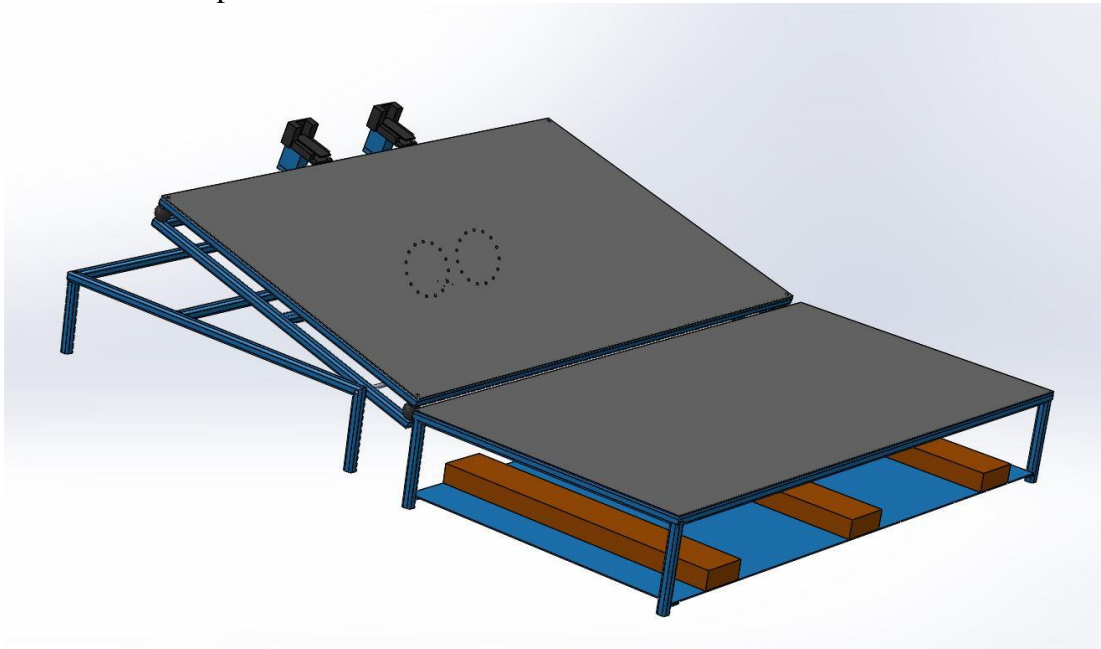
Levynipun kiinnitys on myös olennainen osa konstruktion toimintaa. Jonkinlainen kiinnitys tarvitaan, jotta irrotettava levynippu pysyisi riittävästi paikoillaan. Kiinnittimet eivät kuitenkaan saa olla sellaiset, että levynippu ei pääse värähtelemään kunnolla, koska koneen toiminta perustuu levynipun värähtelyyn eri taajuuksella kuin päällyshehikko.

Irtoavien osien kerääminen osoittautuu koneen toiminnassa sellaiseksi vaiheeksi, jolla on useampi mahdollinen ratkaisu. Työstettäessä useampaa levyä kerralla on kuitenkin suotavaa, että irtoavat osat tippuvat tai valuvat tärypöydän pinnalta pois. Turvallisuuden ja laitteen helppokäyttöisyyden vuoksi valitaan osatoiminto, jossa irtoavat osat tippuvat tärypöydän pinnalta alas eurolavalle. Tällä tavoin saadaan eliminoitua yksi työvaihe laitteen toiminnalla sekä ehkäistyä mahdollinen turvallisuusriski, joka aiheutuisi työntekijän mennessä laitteen viereen keräämään irronneita osia.

Ajatuksena on, että luodaan useampia erilaisia vaihtoehtoja konstruktiosta, joista valitaan paras. Kuvissa 7 ja 8 on esitetty kaksi eri vaihtoehtoa, joiden ideoiden pohjalta aletaan hahmotella konstruktiivista ratkaisua luonnosteluvaiheessa.



Kuva 7. Kokoonpano A



Kuva 8. Kokoonpano B

Ratkaisu Kokoonpano B (Kuva 8) hylätään. Konstruktiossa suunnitellut ominaisuudet ylittävät määritellyt rajaukset sekä se on todella monimutkainen verrattuna Kokoonpano A:han (kuva 7), joten kehittelyvaiheessa keskitytään pelkästään Kokoonpano A:n suunnittelun vaiheisiin.

5.3 Komponenttien valinta ja suunnittelu

Tämä työvaihe lukeutuu kehittälyvaiheen piiriin. Luonnosteluvaiheen jälkeen on lähtökohtaiset tiedot ja vaatimukset selvillä sekä on luotu karkeita konstruktiivisia ratkaisuja laitteesta. Tässä vaiheessa työtä aletaan luoda lopullista ratkaisua, jossa määritellään koneen toimintorakenne sekä lopullinen ulkomuoto.

Yksi konstruktiosuunnittelun pääsäännöistä on, että ajankäytöllisesti ei ole järkevää suunnitella jo valmiina olevia komponentteja, vaan niitä liitetään konstruktion mahdollisuuksien mukaan. Seuraavassa työvaiheessa otetaan kantaa näihin asioihin. Osa komponenteista vaatii uuskonstruktion mukaista suunnittelua, mutta osa komponenteista voidaan tilata valmiina pakettina alaan erikoistuneelta yritykseltä.

Kokoonpanovaihe on huomioitu myös hyvin pitkälti suunnitteluvaiheessa (DFMA-menetelmä). Tämän kaltainen suunnittelu on koneensuunnittelupiireissä arvostettu piirre, koska se vähentää valmistuskuluja. Tämä johtuu siitä, että kerralla hyvin suunniteltuun konstruktion ei tarvitse tehdä muutoksia. Mitä pidemmällä konstruktio on, sitä kalliimmaksi sen muuttaminen tulee.

5.3.1 Tärylaite

Tärylaitteella (kuva 9) saadaan aikaiseksi tärisevä voima, joka on tässä konstruktiossa voima, jolla tuotteet saadaan irrotettua levynipusta. Toisin sanoen tarkoituksena on saada levynippu värähtelemään suuremmalla taajuudella kuin tärypöydän pinta.

Tärylaitteita on monia erilaisia, jotka soveltuvat parhaiten toimintatavoiltaan tiettyihin sovelluksiin. Tärylaitteiden käyttövoima on yksi muuttuja, esimerkkinä paineilmatäryttimet, magneettitäryt, lineaaritäryt ja tärymoottorit, jotka toimivat sähköän avulla.

Tärymoottori on sähkömoottori, jonka akselin päihin on asennettu säädettävät vastapainot. Tärymoottorin teho on sidoksissa moottorin sähkötehoon,

pyörimisnopeuteen sekä vastapainojen asentoon. Tätä värähdysliikettä voidaan hyödyntää mm. tärykuljettimissa materiaalin kuljettamiseen, tärypöydissä betonin tiivistämiseen, siilorakenteissa holvaantumisen purkamiseen tai esimerkiksi betoniauton välissä nopeuttamaan betonin valumista suojaritilän läpi. (Tärylaite Oy:n www-sivut 2016.)



Kuva 9. Italvibras tärymoottori (Tärylaite Oy:n www-sivut 2016)

Tärylaite sekä oheistarvikkeet hankitaan valmiina pakettina alaan erikoistuneelta yritykseltä. Tärylaitteen valitsemiseen vaikuttavat tärkeät muuttujat, kuten osien irrottamiseen vaadittava teho, käyttövoima, tärylaitteen koko sekä sen käyttämä tekniikka.

Tärymoottorin koko on olennainen asia konstruktiossa. Täryn teho on jossain määrin suoraan verrattavissa sen kokoon, esimerkkinä n. 20 kg:n tärylaitteen toiminta ilmoitetaan kykenevän jopa 1000 kg:aan saakka. Suunnitellussa konstruktiossa tärymoottorin tehon tulee olla sellainen, että sillä pystytään täryttämään hieman yli 1000 kilogrammaa. Valitaan tämän perusteella yrityksen luettelosta sopiva laite.

Tärkeä osa tärymoottorin toimintaa on taajuusmuunnin. Taajuusmuuntimen avulla kyetään säätelemään moottorin toimintaa, eli toisin sanoen tärinän voimakkuutta. Konstruktion toiminnan kannalta taajuusmuunnin on elintärkeä. Sen avulla saadaan

määritettyä tarpeeksi suuri voima, jolla saadaan tuotteet irrotettua ohutlevyn rangasta.

Tärymoottori sijoitetaan pöydän päällyskehikon alapuolelle. Päällyskehikon alapuolelle hitsataan laippa, jossa on neljä $\varnothing 17$ mm:n reikää pultteja varten. Konstruktiossa pulttien koot ylimitoitetaan, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä rikkoontumisilta. Tärymoottori liitetään kokoonpanoon pulttaamalla se vahvasti ja tukevasti kiinni noin keskikohtaan päällyskehikon alapinnalle. Näin tärylaitteen huoltaminen voidaan suorittaa suhteellisen helposti ja vaivattomasti.

5.3.2 Tärinänvaimentimet

Tärinänvaimennin on tärkeä osa konstruktiota. Sen avulla saadaan eristettyä suurimmat tärymoottorin aiheuttamat voimat rungon ja päällysrungon välillä. Lisäksi tärinänvaimentimilla saadaan pienennettyä melua, joka kappaleiden irrottamisesta syntyy.

Tärinänvaimennin (kuva 10) sijoitetaan rungon jokaiseen kulmaan, eli niitä tulee laitteeseen neljä kappaletta. Tärinänvaimentimet tilataan alaan erikoistuneelta yritykseltä. Ottaen huomioon voimat sekä muut tarpeelliset muuttujat, valitaan kooltaan tarpeeksi suurikokoiset tärinänvaimentimet. Päällyskehikko sekä suunniteltu määrä levyjä, jotka kerralla ovat irrotuksessa tärypöydällä, painavat yhteensä n. 1000 kilogrammaa. Valitaan yrityksen luettelosta tärinänvaimentimet, jotka kestävät tämän kaltaisen painon.

Seuraavassa vaiheessa, jossa suunnitellaan tärinänvaimentimien liittämistä konstruktion tuleen eteen ongelma. Millä tavoin ne voidaan sijoittaa ja liittää runkoon sekä kehikkoon siten, että ratkaisu on kestävä sekä, että niiden avulla vältetään ylimääräisten voimien kohdistuminen itse runkoon.



Kuva 10. Tärinänvaimennin (Etra:n www-sivut 2016)

On monia erilaisia vaihtoehtoja, miten tärinänvaimentimet liitetään konstruktion. Suunnittelun kannalta on edullista, että niitä voidaan tarkastella 3-ulotteisessa ympäristössä Solidworksissa. Kiinnityksestä johtuen ei saisi aiheutua jännityksiä tai muita voimia kohdistuvaksi runkoon tai päällyshehikkoon.

DFMA-menetelmän mukaisesti suunnitellaan, että tärinänvaimentimet kiinnitetään pulttaamalla rungon ja päällyshehikon välille. Pulttaaminen onnistuu siten, että liitetään päällyshehikkoon sekä runkoon hitsaamalla 148x148 mm:n metalliläipät, joissa on 4 $\varnothing 13,5$ mm:n reikää.

5.3.3 Rungon suunnittelu

Tärypöydän rungon suunnittelu aloitetaan siitä, että teollisena muotoiluna toimii aivan nimen mukaisesti pöytä. Pöydän runko valmistetaan metallista ja suunnitellaan siten, että se kestää pöydän päällisen ehikon, sekä lisäksi n. 15 valmiiksi leikatun ohutlevyn painon. Painoa näille kertyy n. 1000 kg, joten rungon rakenteen tulee olla vahva.

Rungon perusmateriaalina käytetään 120x80x5 mm:n teräspalkkeja. Palkkien paksuus takaa sen, että konstruktio kestää sen päälle asetettavan painon sekä lisäksi turvallisuuden takia vielä jonkin verran enemmän. Rungon valmistamisessa käytetään valmiiksi tilattuja teräspalkkeja, jotka katkaistaan mahdollisuuksien mukaan joko tilauksen toimittavan yrityksen toimitiloissa tai paikan päällä Seger Oy:llä. Palkit liitetään toisiinsa hitsaamalla.

Runko suunnitellaan myös siten, että värinänvaimentimet saadaan sijoitettua parhaalla mahdollisella tavalla, ettei pöydänpäällisestä johtuvia voimia kohdistuisi runkoon. Värinänvaimentimien sijoittamisessa runkoon tulee ottaa huomioon myös etteivät ne ole esteenä, kun värinästä johtuen osat irtoavat ja putoavat kehikon läpi.

5.3.4 Päällyshehikon suunnittelu

Nimensä mukaisesti rungon päälle asetettava pinta on kehikko, joka valmistetaan rungon mukaisesti 120x80x5 mm:n teräspalkeista. Ideana konstruktiossa on juurikin se, että värinän voimasta irtoavat tuotteet putoavat kehikon läpi seuraavalle tasopinnalle.

Kehikon suunnittelussa pitää ottaa huomioon se, miten irrottamisen jälkeen jäljelle jäävät rangat voidaan varmasti ja turvallisesti kuljettaa trukin avulla metallinkierrätykseen tarkoitettulle lavalle. Kun toimintorakenne on jaettu Liitteen 2 mukaisesti, voidaan tarkastella eri vaihtoehtoja kehikon rakenteelle.

Vaihtoehtoja päällyshehikon toteutukselle suunnittelijan näkökulmasta on muutamia. Kuitenkin, päällyshehikko pitää toteuttaa siten, että irrotettavat tuotteet pääsevät tippumaan ilman, että tiputuksen varrella on mitään esteitä. Vaihtoehtoina on, että päällyshehikko on eräänlaisen ristin muotoinen, jolloin kehikon sisällä on kaksi palkkia ristissä. Toisena vaihtoehtona on, että kehikossa on useampi poikittaispalkki kehikon sisässä. Tällä tavoin on mahdollista ehkäistä tuotteiden tippumisen aiheuttavia esteitä.

Toimivuuden näkökulmasta se vaihtoehto, jossa kehikossa on yksi suurempi keskipalkki, pituudeltaan 1420 mm on parempi, koska tällöin levynipun paikallaan pitäminen sekä keskittäminen on helpompaa. Tämä keskipalkki ovat kehikon muita palkkeja korkeammalla, jolloin saadaan luotua tyhjää tilaa levynipun alapuolelle. Tyhjän tilan ansiosta irrotuksen jälkeen jäljelle jäävät rangat voidaan nostaa trukin avulla pois tärypöydän pinnalta. Tämän jälkeen rankanipun kuljettaminen metallinkeräyslavalle voidaan suorittaa helposti.

Kehikon valmistaminen suoritetaan hyvin pitkälti samalla tavalla kuin rungon valmistaminen. Mahdollisuuksien mukaan tilataan valmiiksi mitoitettut ja leikatut teräspalkit suoraan tehtaalle, jossa ne tarkastetaan ja mitoitetaan työpiirustusten mukaisesti, jonka jälkeen ne voidaan liittää toisiinsa hitsaamalla.

5.3.5 Ironneiden tuotteiden kerääminen

Täryn aikaansaaman voiman takia tuotteet irtoavat siis levystä ja tippuvat päällyshehikon läpi. Tiputtuaan päällyshehikon läpi tuotteet pitää kerätä jonnekin. Tässä työvaiheessa suunnitellaan systeemi, joka on konstruktion sekä tuotteiden keräämisen kannalta edullinen.

Liikkeelle lähdetään taas konstruktiosuunnittelun perussääntöjen mukaisesti, eli konstruktion tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen, yksiselitteinen sekä turvallinen. Ensimmäinen ajatus on, että päällyshehikon alapuolelle sijoitetaan jonkinlainen vetolaatikko. Työntekijä kerää irrotetut osat laatikosta ja toimittaa ne sitten eteenpäin seuraavaan työvaiheeseen.

Työssä etuna on 3-ulotteinen suunnittelu. Eri vaihtoehdot on mahdollista mallintaa hyvinkin lyhyessä ajassa ja kun niitä voidaan tarkastella 3D-ympäristössä, vaihtoehtojen etsiminen ja pohtiminen on suhteellisen helppoa. Vetolaatikkoa tarkastellessa mieleen tulee perussäännöt. Miten olisi mahdollista tehdä vielä yksinkertaisempi ja turvallisempi systeemi? Vetolaatikon omaisessa konstruktiossa työntekijä siis kerää irronneet tuotteet vetolaatikosta ja siirtää ne jatkokäsittelyyn. Työntekijän työskennellessä koneen lähetyvillä syntyy jälleen uusi riski.

Suunnitellaan keräyssysteemi siten, että poistetaan keräämisestä aiheutuva riski sekä ylimääräinen työvaihe. Laskemalla tärypöydän korkeutta ja sijoittamalla eurolava suoraan tärypöydän alle, tippuvat irrotettavat osat suoraan lavalle. Tällöin lavat voidaan siirtää käyttäen apuna trukkia tai pumppukärryjä, jolloin saadaan poistettua riskit, jotka aiheutuisivat työntekijän työskentemisestä tärypöydän vieressä. Lisäksi laitteen helppokäyttöisyyttä saadaan vietyä vielä hieman pidemmälle.

5.3.6 Ohjurien suunnittelu

Konstruktioon tarvitaan myös ohjurit, jotka pitävät levynipun paikoillaan täryn aikana. Tämä on erityisen tärkeää, koska päällekkäin kasattujen levyjen tuotteiden on tarkoitus pudota aina edeltävän tuotteen jättämästä aukosta. Ohjurien suunnittelussa pitää ottaa huomioon värinän aiheuttamat voimat ja liikeradat sekä se, että levynippu saataisiin pidettyä mahdollisimman suorassa koko tärytyksen ajan, jotta tuotteet pääsevät tippumaan aina alempana olevan leikatun osan jättämästä aukosta.

Ohjurin koko ylimitoitetaan hieman, jotta se kestää värinän aiheuttamat voimat sekä siksi, että laite suunnitellaan käytettäväksi siten, että levyjä olisi n. 15 kpl kerralla pöydällä tärytettävänä. Ylimitoitus takaa myös sen, että levyt eivät pääse nousemaan ohjurin ylitse täryn aikana.

Kiinnittimet sijoitetaan päällyskehikkoon siten, että niillä on liikkumavaraa n. 900 mm. Tällä tavoin varmistetaan erikokoisten levyjen mahdollinen työstäminen. Kiinnittimet liitetään konstruktion pulttaamalla.

Kiinnittimet suunnitellaan siten, että ne voidaan valmistaa paikan päällä Seger Oy:ssä. Kiinnittimet valmistetaan 3 mm paksusta teräslevystä, jotka särmätään 90 asteen kulmaan.

5.4 Viimeistelyvaihe

Työn viimeisessä vaiheessa luodaan tarvittavat tekniset piirustukset konstruktioista. Konstruktioista tarvitaan kaikki mahdolliset piirustukset, mm. työ-, osakokoonpano- ja kokoonpanopiirustukset. Piirustusten laatiminen aloitetaan kokoonpanopiirustuksesta, sen jälkeen osakokoonpanopiirustuksista ja lopuksi perusosista, joista tarvitaan myös työpiirustukset, esimerkkinä konstruktion runko. Laitteesta tarvitaan myös piirustus, jossa konstruktio on esitetty räjäytyskuvana.

Kokoonpanopiirustus (Liite 3) on suhteellisen helppo ja nopea valmistaa. Kokoonpanopiirustuksen tarkoitus on näyttää kaikkien luotujen osakokoonpanojen sekä erillisten osien paikat konstruktiossa. Jos konstruktiossa on jokin liikkuva osa, voidaan kokoonpanopiirustuksessa osoittaa sen toisenlainen asento verrattuna perusasentoon. Lisäksi kokoonpanopiirustuksessa ilmoitetaan konstruktion päämitat.

Rungon (Liite 4) sekä Päällyskehikon (Liite 5) piirustukset luodaan osakokoonpano- ja työpiirustuksina. Molempiin piirustuksiin luodaan tarvittavat kuvannot, tarkat mitat sekä hitsausmerkinnät. Lisäksi piirustuksiin liitetään lista tarvittavista palkeista, jossa esitetään palkkien pituudet ja koot seinämäpaksuuksineen.

Ohjurien piirustukset luodaan osa- sekä työpiirustuksena (Liite 6). Piirustukseen merkitään ohjurin valittu koko sekä tarvittavat mitat, jotta se voidaan särmätä tarvittavaan 90 asteen kulmaan.

Konstruktioista tarvitaan piirustus, jossa kokoonpano on luotu räjäytyskuvana. Tämä on tärkeä piirustus, koska sen pitäisi antaa hyvä käsitys laitteen kokoonpanosta. Räjäytyskuvassa (Liite 7) laitteen kaikki osat eritellään mahdollisimman tarkasti, piirustukseen liitetään osaluettelo sekä osat merkitään luetteloinnin perusteella.

5.5 Laitteen turvallisuus ja riskianalyysi

Yksi konstruoinnin perussäännöistä on, että suunniteltavan tuotteen tulee olla turvallinen. Laitteen turvallisuuden takaamiseksi siitä luodaan turvallisuusselvitys, ts. riskianalyysi. Riskianalyysissä otetaan kantaa siihen, mitä mahdollisia riskejä koneen toimintaan sisältyy ja miten niitä on mahdollista ehkäistä tai pienentää.

Konstruktio suunnitteluvaiheessa on jo pyritty huomioon erinäisiä vaatimuksia turvallisuuden kannalta ja osat on suunniteltu sellaisesta näkökulmasta, että riskejä konstruktiossa olisi mahdollisimman vähän.

Riskianalyysi laaditaan Tapio Siirilän kirjoittaman kirjan Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä ohjeiden mukaisesti. Riskejä tarkastellaan siinä järjestyksessä, jossa ne tunnistetaan.

Riskeistä luodaan taulukko (Liite 8), jossa riskit on tunnistettu ja todettu, onko riski vakava, kuinka usein sille altistutaan, mikä riskin todennäköisyys on, onko sitä mahdollista välttää ja mikä riskikerroin sillä on. Lisäksi taulukosta löytyy tieto, millä tavoin riskiä voidaan pienentää. Taulukko luodaan standardin SFS-EN ISO 12100-1 mukaisesti.

Ensimmäiseksi riskianalyysissä tarkastellaan käsien tai sormien puristumista rungon tai päällysrungon väliin. Vakavuus riskillä on melko suuri, altistuminen sille on toistuva, mutta todennäköisyys suhteellisen pieni. Todennäköisyys on pieni, koska ohjureita ei tarvitse asettaa joka levynipun kohdalla erikseen. Lisäksi koneen pitäisi käynnistyä itsestään. Riskiä voidaan pienentää oikeilla työtavoilla.

Toiseksi tarkastellaan riskiä, jossa on mahdollista saada viiltohaavoja levyrungoista. Vakavuus on lievä, mutta altistuminen tälle riskille on toistuva. Todennäköisyys on kuitenkin riskissä pieni ja välttäminen on mahdollista oikeilla työtavoilla ja oikeilla työvälineillä.

Seuraava riski syntyy, jos päällysrunko tai runko irtoaa kokoonpanosta rakenteen pettäessä. Riski on vakava, mutta altistuminen ja todennäköisyys ovat pieniä, koska teräspalkit on ylimitoitettu jo suunnitteluvaiheessa tämän riskin ehkäisemiseksi.

Koneen käyttämisestä johtuva melu on huomattava, joten myös se luokitellaan riskiksi. Altistuminen melulle tapahtuu toistuvasti, riippuen koneen käyttämisestä, mutta riskin välttäminen on mahdollista käyttämällä kuulonsuojaimia. Kuulon menetys määritellään melko vakavaksi, joten seurausten vakavuus pitää ottaa huomioon.

Kun valmiiksi leikattu levynippu siirretään levytyökeskuksen takaa tärypöydän päälle, syntyy riski. Varomattomasta toiminnasta johtuen levyt voivat lähteä liukumaan trukin piikkien päältä. Vakavuus tällä riskillä on suhteellisen pieni, koska mahdollisia seurauksia on viiltohaavat ja ruhjeet. Riskiä on mahdollista pienentää oikeilla työtavoilla ja noudattamalla varovaisuutta.

Osia irrotettaessa tärinän avulla on mahdollisuutena myös, että irtoavat osat voivat lähteä sinkoilemaan. Vakavuus riskillä on suhteellisen pieni, koska seurauksena on mahdollisia viiltohaavoja tai ruhjeita. Altistuminen riskille on toistuva, kuitenkin todennäköisyys riskillä on pieni. Riskiä ei ole mahdollista välttää, mutta oikeilla työtavoilla sitä voidaan pienentää huomattavasti.

Riskeille lasketaan riskikerroin Tapio Siirilän kirjan Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä ohjeiden perusteella. Riskin suuruus saadaan kertomalla todennäköisyyden ja seurausten lukuarvo keskenään (Siirilä 2008, 108). Todennäköisyyden lukuarvo on välillä 0,1...1, jossa 0,1 on äärimmäisen epätodennäköinen ja 1 tapahtuminen on varmaa. Vakavuuden arvoasteikko on välillä 1...100, jossa 1 on ei seurauksia ja 100 on kuolema tai hyvin vakava vammautuminen. Riskien laskennalliset lukuarvot jakautuvat viiteen erilliseen riskitasoon, jossa 0,1...5 on vähäinen riski, 6...15 siedettävä riski, 16...28 kohtalainen riski, 29...48 merkittävä riski ja 49...100 sietämätön riski. Riskin laskennallisen luokittelun ollessa 29 tai suurempi, tulee suorittaa toimenpiteitä riskin luokittelun alentamiseksi.

6 YHTEENVETO JA PÄÄTTÄMINEN

Työn tarkoituksena oli luoda toimiva ja käytännöllinen irrotuslaite ohutlevyteollisuuden yrityksen tarpeisiin. Suunnittelu toteutettiin Solidworks 2014 3D-suunnitteluohjelmistolla. Laitteesta luotiin luonnosteluvaiheessa muutamia mahdollisia erilaisia malleja, joista sitten valittiin paras ja josta käytiin suunnittelun vaiheet tarkemmin. Suunnittelun edetessä luotiin vaatimuslista ja toimintorakenne. Vaatimuslistaan merkittiin lähtökohtaisia tietoja vaatimuksista sekä toiveista, joita laitteen ominaisuuksien tulisi sisältää. Toimintorakenteessa jaettiin päätoiminto osatoimintoihin, joista sitten mahdollisia vaihtoehtoja läpikäymällä voitiin luoda karkeita malleja mahdollisista eri laitteista.

Luonnosteluvaihteen jälkeen oli kaksi mahdollista laitetta, joita voitaisiin alkaa kehittämään eteenpäin työn seuraavassa vaiheessa. Konstruktiosuunnittelun kolme pääsääntöä ovat: Konstruktion tulee olla mahdollisimman yksinkertainen, yksiselitteinen sekä turvallinen. Tarkastellessa mahdollisia malleja, toinen näistä on huomattavasti monimutkaisempi ja työläämpi verrattuna toiseen vaihtoehtoon. Valittiin vaihtoehto Kokoonpano A (kuva 7).

3D-suunnitteluohjelman loistava ominaisuus on se, että luotua mallia voidaan tarkastella reaaliajassa 3-ulotteisessa ympäristössä. Mahdolliset virheet suunnittelussa mallissa oli helppo tarkistaa sekä korjata. Toimintorakenteessa mainittuja eri vaihtoehtoja oli melko nopea mallintaa, jolloin niiden vaikutusta laitteen lopulliseen toimintaan voitiin tarkastella.

Konstruktion toimintorakenteen mukaiset osat suunniteltiin tai valittiin valmiista ratkaisuista. Mahdollisuuksien mukaan hyödynnettiin valmiita ratkaisuja. Konstruktiossa valmiita tilattavia ratkaisuja ovat tärymoottori sekä tärinänvaimentimet. Osat tilattiin niihin erikoistuneilta yrityksiltä. Loput osat vaativat konstruktiivista suunnittelua. Suunnittelussa käytettiin hyväksi toimintorakennetta, jossa määriteltiin eri vaihtoehtoja konstruktion toiminnan ratkaisuihin.

Suunnittelutyön valmistuessa seuraava työvaihe oli luoda tekniset piirustukset konstruktioista. Laitteen valmistamisen kannalta konstruktioista tarvitaan kaikki mahdolliset piirustukset, mm. kokoonpano-, osakokoonpano- sekä työpiirustukset ja räjäytyskuva. Konstruktio tulee olla mahdollista rakentaa näiden piirustuksien mukaan.

Koneen suunnittelun sekä tulosteiden valmistuttua oli koneesta vielä tehtävä turvallisuusselvitys. Selvitys tehtiin luomalla riskianalyysitaulukko ja ottamalla kantaa havaittuihin riskeihin laitteen toiminnassa. Taulukosta ilmenee myös riskin vakavuus, toistuminen, todennäköisyys, välttämismahdollisuus, riskikerroin sekä mahdolliset riskien pienentämisen toimenpiteet. Riskianalyysitaulukko luotiin SFS-EN ISO 12100-1 standardin sekä Tapio Siirilän Siirilän kirjan Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä ohjeiden perusteella.

Työ kokonaisuudessaan oli mielestäni onnistunut konstruktiosuunnittelun prosessi. Tavoitteisiin päästiin ja saatiin luotua konstruktiosuunnittelun perussääntöjen kaltainen laite. Teoriassa koneen pitäisi toimia sillä tavoin, kuin se on suunniteltu. Kuitenkin, valmiiksi rakennettua tärypöytää ei voida liittää tähän opinnäytetyöhön, johtuen tilattavien osien toimitusajoista sekä konstruktion valmistamisen aikataulusta.

Tavoitteena työn alussa oli suunnitella toimiva laite ja luoda siitä piirustukset, joiden avulla konstruktio on mahdollista rakentaa. Lopullisena yhteenvetona voidaan todeta, että projekti oli todella mielenkiintoinen kone- ja tuotantotekniikan opiskelijalle. Työ tarjosi haasteita alusta loppuun saakka ja lopputuloksena saatiin aivan toivotun kaltainen laite.

LÄHTEET

Etra:n WWW-sivut. Tärinänvaimentimet. Viitattu 10.3.2016.

<http://tuotteet.etra.fi/fi/g19919037/novibra-saw>

Hietikko, E. 2010. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Mach Trade SRL:n WWW-sivut. FINN POWER 2500 x 1270. Viitattu 10.3.2016.

<http://www.mach-trade.com/finnpower2500x1270-p-458.html>

Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe.

Rissanen, A-L. 2006. Käsintehtävät nostot ja siirrot työssä. Tampere: Hermes.

Viitattu 17.2.2016.

http://www.ttl.fi/fi/ergonomia/erg_tiedonlahteet/Documents/kasintehtavat_nostot_ja_siirrot.pdf

Seger Oy:n WWW-sivut. Viitattu 17.2.2016. Segertech.com

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Espoo: Inspecta.

Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka.

Tärylaite Oy:n WWW-sivut. MVSİ Teollisuuden tärymoottori. Viitattu 6.2.2016.

<http://www.tarylaite.fi/tuotteet/italvibras-moottoritaryt/mvsi/>