
Laserleikkauskeskuksen tuotannonohjaus ja materiaalin käytön optimointi

Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy

Jukka Asikainen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jukka Asikainen	
Työn nimi Laserleikkauskeskuksen tuotannonohjaus ja materiaalin käytön optimointi	
Päiväys 12.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 37+2
Ohjaaja(t) Heikki Salkinoja, Anu Moilanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyö tehtiin Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy:n Varkauden tehtaille. Työssä tutkittiin uuden laserleikkaukoneen tuotannonohjausta ja materiaalikäytön optimointia. Työn tavoitteena oli suunnitella tehokas laserkoneen tuotannonohjaustapa ja minimoida laserleikkauksesta syntyneen hukkamateriaalin määrä.</p> <p>AFT:n uuden seularumpumallin tukirenkaat valmistetaan laserleikkaamalla. Ehjästä levystä valmistetut renkaat tuottavat huomattavan määrän hukkamateriaalia jos leikkaustapahtumaa ei suunnitella huolella.</p> <p>Tutkimiseen käytettiin edellisvuosien toteutuneiden rumputilausten tilastoja, joista voitiin hahmottaa yleisimmät rumpukoot. Niiden pohjalta voitiin tehdä päätelmiä siitä, minkälaisia hukkapaloja tulee myös uuden tuotteen myötä syntymään eniten. Näille laadittiin oma varastointijärjestelmä.</p>	
Avainsanat Laserleikkaus, tuotannonohjaus, seularumpu, materiaalikäyttö, Trumpf, CO ₂ -laser, varastointi	
hukkamateriaali	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Mechanical Engineering and Production Technology			
Author(s) Jukka Asikainen			
Title of Thesis Production Control of the Laser Cutting Machine and Optimizing Material Usage			
Date	12.5.2011	Pages/Appendices	37+2
Supervisor(s) Heikki Salkinoja, Anu Moilanen			
Project/Partners Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy			
<p>Abstract</p> <p>The final thesis was made for Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy Varkaus factories. In the thesis, the new laser cutting machine's production control and the optimization of material usage was researched. The main goal was to design an efficient production method for the machine and to minimize the amount of waste material from the cutting.</p> <p>The support rings of the new screen cylinder models are cut from steel sheet by laser cutting, and due to the form of the cut part, a amount of waste material is generated, if the cutting process isn't planned properly.</p> <p>For the research, past years knowledge of actual orders was used to get the idea, which cylinder sizes are the most common ones. On the basis of the knowledge conclusions could be made what is the size of the waste material that is produced most. For those materials a storage system was designed.</p>			
<p>Keywords Laser cutting, production control, screen cylinder, material usage, Trumpf, CO₂-laser, storing waste material</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	YRITYSESITTELY	8
3	TUOTTEET	10
3.1	MacroFlow™ ja MegaFlow™	11
3.2	Reikärummut.....	12
3.3	Roottorit	12
4	TUOTANNONOHJAUS.....	15
4.1	Johdatus tuotannonohjaukseen	15
4.2	Tuotannonohjauksen historia	15
4.3	Tuotannonohjausmenetelmät.....	16
4.3.1	Material Requirements Planning.....	16
4.3.2	Manufacturing resource planning – MRP II	17
4.3.3	Enterprise Resource Planning – ERP.....	18
4.3.4	Juuri oikeaan tarpeeseen – JOT.....	18
4.3.5	Lean.....	19
5	LASERLEIKKAUS.....	21
5.1	CO ₂ -laser	22
5.2	Nd:YAG-laser.....	24
5.2.1	Jatkuvatoiminen Nd:YAG-laser.....	24
5.2.2	Pulssattava Nd:YAG-laser	25
5.3	Ruostumattoman teräksen laserleikkaus	25
6	SEULARUMPUJEN VALMISTUS.....	27
6.1	Macroflow™-rummun valmistus	27
6.2	Macroflow 2™-rummun valmistus	28
6.3	Tukirenkaiden laserleikkaus.....	29
6.3.1	Trumpf 7040	29
6.3.2	Leikkaustapahtuman nestaus ja ohjelmointi	31
7	LASERLEIKKAUSKESKUKSEN TUOTANNONOHJAUS	33
8	MATERIAALIEN VARASTOINTI.....	34
9	LOPPUTULOKSET	36
	LÄHTEET	37

LIITTEET

- Liite 1 Nestausesimerkki 1
- Liite 2 Nestausesimerkki 2

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy:n Varkauden tehtaalle. Tehtaiden toiminta alkoi 1945 seulalevyjen valmistuksella sotakorvaustuotteiksi Varkauden Pirtinniemellä Ahlströmin alaisuudessa. Tuotevalikoima on sittemmin tarkentunut lähinnä paperiteollisuuden lajittimien seularumpuihin ja roottoreihin. AFT on vuodesta 2006 ollut osa Aikawa Groupia jonka pääpaikka on Japanin Shizouka. Konsernin muut yritykset ovat Aikawa, AFT Finebar ja POM Technologies.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia uuden laserleikkauskeskuksen tuotannonohjausta, materiaalikäyttöä ja -käsittelyä. Työssä selvitetään kuinka laserpoltosta ylijäävät levyt voitaisiin hyödyntää, kuinka niitä tulisi varastoida, sekä miten hyötypalojen varastointi dokumentoidaan. Laserkeskuksella leikataan uuden Macroflow 2 – seularummun tukirenkaat, ja koska tuotantomäärät ovat melko suuria, AFT näki tarpeelliseksi teettää selvityksen materiaalikäytöstä ja käytön optimoinnista. Materiaalikäytön lisäksi tavoitteena on laatia tuotannon kuvaus aina Macroflow 2 – rummun tukilanganpujotusrobottiin asti.

Opinnäytetyössä esitellään AFT yrityksenä, sekä sen historia lyhyesti. Tämän jälkeen kuvataan eri tuotteita, ja hieman tarkemmin uusinta tuotetta, jonka tuotanto alkoi maaliskuussa 2011. Teoriaosuudessa käydään läpi erilaisia tuotannonohjausmenetelmiä sekä laserleikkauksen teoriaa. Opinnäytetyön lopussa esitellään työn päätulokset ja kuinka yritys voisi hyödyntää niitä.

2 YRITYSESITTELY

Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy kuuluu Advanced Fiber Technologies (AFT)-konseniin, joka on japanilaisen Aikawa Groupin omistuksessa. AFT suunnittelee ja valmistaa paperi- ja selluteollisuudelle laitteita, komponentteja ja varaosia. AFT: llä on tehtaita Suomessa, Kanadassa ja Etelä-Koreassa. Varkaudessa toimii Advanced Fiber Technologies (AFT) Oy, jonka liikevaihto oli vuonna 2010 noin 22 M€ ja henkilöstöä n. 100, joista toimihenkilöitä 25. Vuonna 2011 henkilöstömäärä on noussut vahvan tilauskannan ansiosta. Myös liikevaihdon odotetaan nousevan paremmaksi kuin 2010.

Yrityksen historia ulottuu vuoteen 1945, jolloin lajitteluprosesseissa käytettäviä seulalevyjä aloitettiin ensi kertaa valmistamaan sotakorvausteollisuutena Neuvostoliitolle. Toimintahistoriansa aikana seulalevytehdas on kuulunut A. Ahlström Osakeyhtiön, kanadalaiseen CAE Screenplates Inc: iin ja kanadalaiseen Advanced Fiber Technologies Inc: iin. CAE:n aika (1993-2003) oli vahvaa kasvun aikaa, jolloin tuotteita kehitettiin ja liiketoiminta kasvoi ja kansainvälistyi entisestään. Kun CAE luopui seulalevyliiketoiminnastaan, se sai siitä erittäin hyvän hinnan. Uuden omistajan myötä (AFT) liiketoiminnoissa menttiin mukaan pörssitoimintaan, mikä meinasi kaataa koko liiketoiminnan. Silloisen omistajan strategiana oli maksaa omistajille osinkoa huolimatta liiketoiminnan kannattavuudesta. Yritys velkaantui voimakkaasti, joutui karsimaan tärkeitä investoinneistaan ja kehittämistoimistaan ja oli lopulta mennä konkurssiin vuonna 2006. Advanced Fiber Technologies Inc päätti luopua liiketoiminnasta ja pelastajaksi tuli nykyinen omistaja japanilainen perheyhtiö, Aikawa Iron Works, joka osti seulalevyliiketoiminnan osaksi omaa liiketoimintaansa. Samalla irtaannuttiin myös pörssistä. Liiketoiminta alkoi taas kehittyä kannattavaksi kunnes vuonna 2009 maailmanlaajuinen lama leikkasi tuotteiden kysyntää olennaisesti. AFT:n velkarasite uhkasi syödä kassan tyhjäksi ja liiketoiminnan pelastamiseksi AFT:n globaali johto esitti yhden tehtaan sulkemista. Käytännössä se tarkoitti AFT Oy:tä, Varkauden tehdasta, jonka sulkemisesta käytiin jo YT-neuvottelut kesällä 2009. Liiketoiminnan pelastamiseksi laadittiin erilaisia suunnitelmia, jotka johtivat lopulta kaikkien tehtaiden säilyttämiseen, mutta toiminnan olennaiseen supistamiseen ja mukauttamiseen vallitsevaan markkinatilanteeseen.

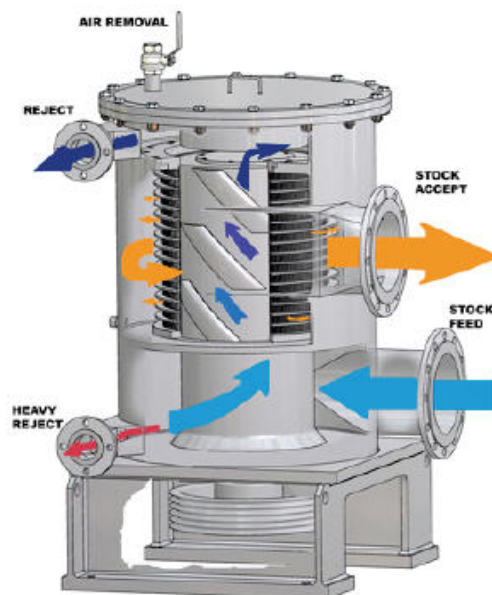
Nykytilanne yrityksessä on, että AFT pyrkii tuomaan markkinoille uudenlaista tuotetta, joka tullaan valmistamaan uudenlaisella valmistusmenetelmällä. Tavoitteena on kehittää tuottavuutta karsimalla kiinteitä kustannuksia ja lisäämällä automaation astetta.

Esimerkiksi AFT Oy:ssä se käytännössä tarkoittaa, että toimintaa jatketaan ja pyritään kehittämään pienemmällä henkilömäärällä pyrkien tuomaan uutta teknologiaa tuotantoon ja toiminnan ohjaukseen.

3 TUOTTEET

AFT toimittaa lajittimien seularumpuja ja roottoreita, sekä kokonaisia lajittimia. Yritys myös huoltaa ja korjaa asiakkaiden rumpuja ja roottoreita. Rummut ja roottorit valmistetaan itse Varkauden, Lennoxvillen ja Inchionin tehtailla, mutta lajitinrungot teetetään alihankintana ja niihin tulevat rummut ja roottorit tulevat omilta tehtailta.

Lajittimien tehtävänä on lajitella sellumassasta prosessin jatkon kannalta liian suuret partikkelit pois. Massaan on voinut jäädä puunkäsittelystä erilaisia epäpuhtauksia kuten hiekkaa, tuhkaa tai metallipartikkeleita. Yleisempi tapa on Outflow -lajitus. Tämä tapahtuu pumpaamalla massa lajittimeen, jossa roottori painaa massaa seularummun sisäpintaa vasten, aiheuttaen rumpuun paineiskuja ja turbulenssin. Paineiskut ja turbulenssi estävät rummun tukkeutumisen. Hyväksytyt osa massasta menee rummun reikien tai lankojen rakojen läpi ja hylätty osa poistuu lajittimesta niin sanottuna rejektinä. Raskaat partikkelit eivät nouse rumpuun asti, vaan poistuvat lajittimesta raskaana rejektinä. Kevyemmät epäpuhtaudet nousevat rumpuun ja nousevat rummun läpi lajittimen yläosaan josta ne poistuvat rejektinä. Koska lajitinkonstruktiota on useita erilaisia, voidaan massa syöttää myös lajittimen yläosaan ja rejekti poistetaan lajittimen alaosasta. Myös lajiteltava massa voi vaikuttaa lajitinkonstruktion. Kuvassa 1 on erään painelajittimen läpileikkaus, josta myös selviää miten massa kulkee lajittimen läpi. (Seppälä M. 1999, s.118)



Kuva 1. Painelajittimen läpileikkaus. (AFT Oy)

Paperimassaa seulotaan myös juuri ennen paperikoneen perälaatikkoon eli Headboxiin syöttämistä. Tämä seulonta tehdään yleensä Inflow -menetelmällä, jossa massaa

ei syötetä rummun sisälle, vaan massa syötetään rummun ulkopuolelle, josta hyväksytty massa menee rummun läpi.

AFT valmistaa myös pulpperin reikälevyjä. Pulpperointi kuuluu uusiomassan siistausprosessiin, joka on eräs massan käsittelyvaihe. Pulpperoinnissa keräyspaperi silputaan, siitä poistetaan epäpuhtauksia ja massa uudelleenkuidutetaan. Pulpperointi on jatkuva prosessi.

Pulpperi on horisontaalisesti asennettu pisimmillään kymmeniä metrejä pitkä ja halkaisijaltaan useita metrejä oleva pyörivä putki, johon uudelleenkierrätetty paperi syötetään putken alkupäästä, jossa tapahtuu paperin ensimmäinen hajottaminen. Pulpperiin syötetään kemikaaleja irrottavat massakuituja. Pulpperin loppupäähän syötetään laimennusvettä, jonka jälkeen massasulpun sakeus on 4-5 %. Hyväksytyt kuidut kulkevat pulpperin päässä olevan reikälevyn läpi ja rejekti poistetaan rummun päästä. Reikälevyyn on myös hitsattu listoja, joilla parannetaan massan hajoamista. Pulpperoinnin jälkeen akseptimassa kulkee yleensä seuraaviin lajittimiin, joissa massa seulotaan tarkemmin. (Seppälä M. 1999, s.69)

3.1 MacroFlow™ ja MegaFlow™

Kuvan 2 MacroFlow™- ja MegaFlow™-seularummut ovat tällä hetkellä yrityksen tärkeimmät tuotteet. Ne ovat 14 vuoden tuotekehityksen tuloksia. Näitä rumpuja kutsutaan lankarummuiksi rakenteensa vuoksi. Rummun lajitteleva osa koostuu ohuista pitkittäin ja toistensa lähelle sijoitetuista profiililangoista. Rumpu lajittelee massan profiililankojen välin mukaan. Lankojen leveys, korkeus ja profiilin muoto valitaan seulottavan massan mukaan. Tällä yritys erottuu kilpailijoistaan, koska AFT:lla on kattava kokemus ja tuotevalikoima eri tyyppisten massojen lajittelemisesta.

Lankarummun pääkomponentit ovat lankojen tukirenkaat, profiililangat sekä päätyrenkaat. Näitä rumpuja sanotaan myös jatkuvarakoisiksi, koska lankojen välinen rako voi olla jopa 95 % koko rummun pituudesta. Lankarumpujen valmistuksesta kerrotaan tarkemmin luvussa 6.



Kuva 2. Macroflow™-rumpu. (AFT Oy)

3.2 Reikärummut

AFT valmistaa seularumpuja myös poraamalla ja lävistämällä. Reikien muotoja on useita erilaisia suorista rei'istä kartioreikiin ja reikiä voidaan tehdä 0,5 – 20mm levyihin. Reiän lisäksi rumpun pintaan koneistetaan monesti joku profiili, jolla voidaan vaikuttaa massan lajitteluun. Reikärumpujen menekki on kuitenkin pienentynyt huomattavasti ja asiakkaat haluavatkin yleensä lankarummun.

Erittäin tarkkaan seulontaan AFT tarjoaa elektronisädesuihkulla valmistettuja ElectroBeam™-seularumpuja joiden reikien halkaisija vaihtelee 0,15-0,4 mm välillä. Näitä rumpuja ei voida kuitenkaan valmistaa Varkauden tehtailla, vaan kyseisten rumpujen vaipat rei'itetään alihankkijalla. (Asikainen. A, 2011)

ElectroBeam™-seularummut valmistetaan elektronisädesuihkulla. Rei'itettävä kappale laitetaan tyhjiökammioon jossa sitä ammutaan elektronitykillä. Prosessi on erittäin nopea, ja sillä saadaan tehtyä reikiä jopa 3000 Hz taajuudella. Elektronisädesuihkulla voidaan valmistaa erilaisilla profiileilla olevia reikiä. (Salkinoja. H, 2011)

3.3 Roottorit

AFT valmistaa myös lajittimien sisään tulevia roottoreita. Roottoreita on kolme eri mallia: GHC™, EP™ ja Gladiator™. Kaikille kolmelle mallille on yhteistä vähäinen energiankulutus sekä erittäin hyvä käytettävyys. Hyvin toimiva roottori saa rumpun pintaan juuri oikeanlaisen painepulssimuodon, jolloin tukokset ja sellumassan kuitu-

jen ketjuuntumisen saadaan pidettyä kurissa. Kaikki roottorit toimivat samalla periaatteella, jossa roottori saatetaan pyörimään, ja vaipan pintaan asennetut elementit aiheuttavat lajitinpintaan painepulsseja.

GHC™-roottori on lieriön mallinen, jonka vaippaan on hitsattu elementtejä spiraalin muotoon. Kuvasta 3 näkee elementtien sijoittelun roottorin runkoon. Roottorin mallilla energiankulutusta saadaan pudotettua 20-50% ja tämän ansiosta roottorimallille on myönnetty EnergySmart™-sertifikaatti. GHC-roottoreita käytetään esimerkiksi kartongin valmistukseen käytettävän massan seulonnassa.



Kuva 3. GHC™-roottori. (AFT Oy)

EP™-roottorin lieriövaipparunkoon on hitsattu foileiksi kutsuttuja elementtejä. Tämä roottorimalli sopii hienosti esimerkiksi hiertämällä valmistetun sellumassan ja kierrätysmassan seulontaan.



Kuva 4. EP™-roottori. (AFT Oy)

Gladiator™-mallin roottori muistuttaa ulkoisesti GHC™-mallin roottoria, ainoana erona pintaan asennettujen elementtien asento ja koko. Gladiator™-roottoria käytetään esimerkiksi mustalipeän lajitteluun.

4 TUOTANNONOHJAUS

4.1 Johdatus tuotannonohjaukseen

Tuotannonohjauksella tarkoitetaan koko toimitusketjun, markkinoinnin, tuotesuunnittelun, valmistuksen ja materiaalitoimintojen yhteensopeuttamista tuotantotavoitteiden ja asiakastyytyväisyyden saavuttamiseksi. Sen tehtävänä on hallita ja sopeuttaa tuotantoa markkinoiden tarpeisiin. Siinä ei siis ole kyse teknologiasta, vaan pikemminkin toimintatavasta. Tuotannonohjauksen apuvälineenä käytetään yleensä siihen tarkoitettuja ohjelmistoja. (Pyysalo. J, 2010)

4.2 Tuotannonohjauksen historia

Tuotannonohjausta on ollut olemassa siitä lähtien, kun valmistusta on ollut olemassa. Siihen alettiin kuitenkin kiinnittää huomiota vasta 1700-luvun lopulla alkaneen teollisen vallankumouksen aikana, joilloin työnjohdosta tuli osa teollista valmistusta. Valmistavien konepajojen tuotantomäärät alkoivat kasvaa ja sen johdosta töitä oli alettava jakaa tehokkaammin. Terminä tuotannonohjaus alkoi yleistyä kuitenkin vasta 1980-luvulla. (Pyysalo. J, 2010)

Eri tuotannonohjausmenetelmiä alkoi kuitenkin kehittyä vasta 1900-luvun alussa. Henry Fordin kehittämä liukuhihnatuotanto oli merkittävä askel tuotannonohjausajattelussa. Silloin huomattiin, että ohjauksella voidaan ratkaisevasti vaikuttaa tuotantotehokkuuteen. Ennen massatuotantoa ja liukuhihnavalmistusta tuotteet valmistettiin samassa työpisteessä alusta loppuun ilman, että eri työvaiheita jaettiin osiin. (Pyysalo. J, 2010)

Liukuhihnatuotannon keksiminen mullisti teollisen tuotannon, kun huomattiin, että valmistajien läpimenoajat lyhenivät ratkaisevasti kun eri työvaiheet jaettiin soluihin. Jokaiselle tuotantosolulle annettiin yksi tai useampi työvaihe, ja solut ketjutettiin peräkkäin muodostaen liukuhihnan. Näin jokainen solu oppi tekemään omat työvaiheensa nopeammin ja tehokkaammin, vaikuttaen koko valmistuksen läpimenoaikaan. Liukuhihnatuotantoa ohjattiin kuitenkin manuaalisesti, kunnes 1950-luvulla kehitettiin ensimmäiset numeeriset tuotantolaitteet. (Pyysalo. J, 2010)

NC-ohjaus (Numerical Control) kehitettiin alun perin lentokoneiteollisuuden tarpeisiin, ja muualla teollisessa tuotannossa ne yleistyivät vasta 1960-luvulla. NC-ohjatut ko-

neet muuttivat teollista tuotantoa radikaalisti, koska koneiden ohjaus nopeutui ja asetajat lyhenivät. Myöhemmin kehitetyt CNC-koneet (Computer Numerical Controlled) nopeuttivat niitä vielä enemmän, kun tietokoneet saatiin avuksi koneiden ohjaukseen. (Pyysalo. J, 2010)

1950-luvulla valmistuksessa alettiin kiinnittää huomiota myös työnsuunnitteluun, johon kuului olennaisesti työnajoitus sekä työnjakelu. Työvaiheiden sijaintia ja niiden vaikutuksia valmistusketjussa tutkittiin, jolloin havaittiin, että työvaiheen aloittamisajankohdalla voidaan vaikuttaa koko valmistusketjuun. Tähän saakka tuotannonohjaus oli kuitenkin lähinnä tuotannonseuraamista, kunnes 1970-luvulla tuotannonseuraus alkoi vaihtua tuotannonsuunnitteluun. Työvaiheiden materiaalitarkoituksia sekä koko tehtaan kuormitusta alettiin suunnitella ennakkoon. (Pyysalo. J 2010)

1990-luvulla tuotannonohjauksen sijaan alettiin puhua toiminnanohjauksesta, jolloin tuotannon operatiivinen ohjaus laajeni tehtaan strategiselle tasolle. Yhä laajemmat ohjausjärjestelmät alkoivat yleistyä. (Pyysalo. J, 2010)

4.3 Tuotannonohjausmenetelmät

4.3.1 Material Requirements Planning

Material Requirements Planning (MRP) on 1960-luvulla kehitetty yksinkertainen tuotannonohjausmenetelmä, jossa tuoterakenteesta riippuen laskettiin materiaalien tarve. Tästä käytetään myös nimeä materiaalihjaus. Tarvelaskennalla ajoitetaan työvaiheet sekä suunnitellaan osien hankintatarpeet. Laskennassa tarvittavia tietoja ovat eri valmistusvaiheiden kesto ja hankintojen toimitusajat. Näiden lisäksi tarvitaan tietää kulloinen varastotila sekä jo valmiiksi valmistuksessa olevien osien määrä. Tarvelaskennassa ei oteta kuitenkaan huomioon tehtaan kuormitusta tai valmistusresursseja, jonka takia tämä tuotannonohjausmenetelmä on hieman kyseenalainen. (Lehtonen, J-M. 2004, s.74)

Laskentaa voidaan tehdä kolmella tavalla: varasto-ohjautuvalla, tilauskantaohjautuvalla tai asiakasohjautuvalla tavalla.

Varasto-ohjauksessa valmistettavista tuotteista tehdään myyntiennuste, jossa arvioidaan kunkin myytävän tuotteen mahdollinen menekki. Tämän jälkeen tuotteita valmistetaan varastoon, josta niitä voidaan myydä lyhyellä toimitusajalla. Tämän laskentamallin ongelmana on se, että varastoon voidaan myös virheellisen ennusteen perusteella valmistaa tuotteita, joita ei todellisuudessa mene kaupaksi. Varastoon valmistettavat tuotteet sitovat myös runsaasti yrityksen pääomaa. Pitkään varastossa seisoneita tuotteita voidaan myös joutua myymään alihintaan, jotta sitoutunutta pääomaa saadaan vapautettua. Tässä laskentamallissa olisikin hyvä tehdä myyntiennusteita mahdollisimman tiheään tahtiin, jolloin varasto ei pääse kertymään liikaa huonomenekkisiä tuotteita. Väärin ennustetun menekin toinen vaihtoehto on se, ettei kysytyjä tuotteita valmisteta riittävästi varastoon. Varasto-ohjautuva laskenta toimiikin parhaiten silloin, kun tuotteiden menekki on vuosien saatossa vakiintunut, ja myyntiennusteen teko on melko helppoa.

Tilaukantaohjautuvassa tuotannossa tuotteen toteutunut tilaus toimii valmistusimpulssina. Näin valmiita tuotteita ei valmisteta ennusteiden perusteella varastoon, jolloin varastoon ei sitoudu niin paljoa yrityksen pääomaa. Tuotteiden valmistus tapahtuu tilaukannasta, ja tuotteesta riippuen asiakkaalle on annettu tietty toimitusaika. Raaka-aineiden hankintaa varten on kuitenkin tehtävä jonkinlainen myyntiennuste, jolloin on aina olemassa ennusteen pieleenmenemisen riski. Myös alihankintaa täytyy tarkastella, ja tehdä mahdollisuuksien mukaan kiinteitä alihankintasopimuksia, jotta tilausten yhteydessä ilmoitettu toimitusaika varmasti pitää. (Etälukio)

Asiakasohjautuvassa tuotannossa toteutunut tilaus toimii impulssina materiaalihankinnoille sekä valmistukselle. Tässä mallissa raaka-aineita tai alihankintaosia ei tilata etukäteen varastoon, vaan ne hankitaan vasta kun tilaus on tapahtunut. Tämän ansiosta varastoihin ei sitoudu yrityksen pääomaa, mutta toimitusajat kasvavat pitemmiksi. Ilman tilaukantaohjautuvaa tuotanto voi olla myös haaste tehtaan kuormituksen kannalta.

4.3.2 Manufacturing resource planning – MRP II

MRP:ssä valmistusresursseja ja –kuormitusta ei oteta lainkaan huomioon, jonka vuoksi on kehitetty tehokkaampi tuotannonohjausmenetelmä manufacturing resource planning, jota kutsutaan myös MRP II:ksi. Tässä menetelmässä laskentaperusteena käytetäänkin lähinnä resurssitarpeita. Tätä varten eri valmistusvaiheiden kestot on kelloitettu, ja niistä on saatu laskentaa varten kiinteät työvaiheiden kestoajat. Näin

voidaan pitää myös huolta, ettei tuotannon laitteiden kapasiteettiä ylitetä. Tämä on edelleen yleisin ohjausjärjestelmätyyppi Suomessa. (Pyysalo. J, 2010)

4.3.3 Enterprise Resource Planning – ERP

Puhuttaessa ERP-järjestelmästä, ei puhuta tuotannonohjauksesta vaan koko yrityksen toiminnanohjauksesta. Tämän ohjausjärjestelmän keksi Gartner Group vuonna 1990. ERP kehitettiin laajennetuksi MRP:ksi jolla koko yrityksen toimintaa voidaan ohjata samalla järjestelmällä. Tästä onkin tullut nykyaikainen tapa ajatella yrityksen toimintaa. (Pyysalo. J, 2010)

Uuden vuosituhannen vaihteessa maailmalla levinnyt pelko tietojärjestelmien kaatumisesta sai aikaan sen, että yritykset alkoivat päivittää ja vaihtaa tuotannonohjausjärjestelmiään. Samassa yhteydessä järjestelmiä laajennettiin nykyaikaisiksi ja monet valitsivat ERP:in uudeksi toiminnanohjausjärjestelmäksi. Tällä varmistettiin toiminnan katkeamaton jatkuminen sekä uuden järjestelmän tuoma entistä parempi tehokkuus. ERP:stä kehitettiin myös web-selainpohjainen ERP II -järjestelmä johon myös alihankkijat ja asiakkaat pääsivät käsiksi.

ERP-järjestelmään kuuluu valmistuksen lisäksi mm. myynti, yrityksen johto, raportointi, tilaustenseuranta, dokumentaatio ja viestintä.

4.3.4 Juuri oikeaan tarpeeseen – JOT

JOT on suomenkielinen käännös japanilaisesta Just in Time-mallista (JIT). Japanilainen autonvalmistaja Toyota kehitti JIT-ohjauksen 1970-luvulla, josta se 1980-luvulla tuli myös Suomeen. Tämä menetelmä on kehitetty jatkuvaan tuotantoon, ja sen perimmäisenä ideana on poistaa valmistuksesta jalostusarvoa tuottamaton aika, resurssit, materiaalit ja varastointi. JOT:ssa optimaaliseen tuotantoon päästäänkin laskeamalla tuotannolle kustannusoptimi. Juuri oikeaan tarpeeseen-nimi kuvastaakin hyvin ohjaustapaa: juuri oikea määrä resursseja, tuotantolaitteita ja materiaaleja. Jos päädytään käyttämään JOT:ia, on tehtaan layout ja organisaatio suunniteltava valmistettavalle tuotteelle sopivaksi. (Miettinen. P, 1993, s.52)

JOT:ssa tuotannon aloitusaika lasketaan toimituspäivästä taaksepäin, jolloin valmistus on viimeistään aloitettava, jotta se saadaan valmiiksi toimituspäivään mennessä. Tuotantosolut toimivasti itsenäisesti imuohjausperiaatteella ja työvaiheen valmistuttua annetaan signaali edelliselle solulle toimittaa edellisen solun esivalmiste eteenpäin.

Kun työvaiheiden kestot ovat käytännössä hieman eri pituisia, tulee solujen välille pieniä välivarastoja. Menetelmään kuuluu myös nollavirhefilosofia, jossa jokainen tuotantosolu vastaa itse työnlaadusta, eikä valmistuksessa näin ollen ole erillistä laatuorganisaatiota. Tuotannossa painotetaan tuotantosolujen siisteyttä ja järjestystä.

JOT-menetelmä on haavoittuvainen, eikä yksikään tuotantosolu saa hidastaa vauhtia, tai koko ketju hidastuu, ja toimitusaika menee pitkäksi. Tästä johtuen olisikin hyvä että tuotannon työntekijät saataisiin sitoutettua omien tuotantosolujen laitteiden kunnossapitoon. Automaatio tehostaa JOT:ia, mutta silloin kunnossapitokustannukset voivat nousta, johtuen kunnossapidettävien kohteiden mahdollisesta monimutkaisuudesta. (Miettinen. P, 1993, s.52)

4.3.5 Lean

Leanin perusajatuksissa on yhtäläisyyksiä JOT-malliin. Tuotannosta pitää karsia turha arvoa tuottamaton, virtausta täytyy kasvattaa ja jokaisen toiminnon täytyy tuottaa asiakkaalle arvoa. Asiakkaat eivät ole valmiita maksamaan varastoinneista, ylimääräisistä siirroista, odotuksesta eikä mistään sellaisista toimista, jotka eivät lisää tuotteen arvoa. Näistä tulee siis päästä eroon. Täytyy myös muistaa että hukkaa on organisaation jokaisella tasolla, eikä ainoastaan valmistuksessa.

(Pyysalo. J, 2010)

Leanin seitsemän hukkan eliminointiin on kehitetty muistisääntö: TIMWOOD

1. T – Transport

- Ylimääräiset kuljetukset ja siirrot eliminoidaan. Tähän auttaa tehdas layoutin uudelleensuunnittelu. Siirrot koskevat myös dokumentteja sekä papereita. Niidenkin turha siirtely vie aikaa.

2. I – Inventory

- Varastoissa pidettävien raaka-aineiden, puolivalmisteiden tai valmiiden tuotteiden määrä pitäisi minimoida. Ne pidentävät tuotteiden läpimenoaikaa sekä tuovat kuljetus- ja varastointikustannuksia. Jos tavaroimitukset alihankkijoilta ovat vuosien saatossa pidentyneet, voi myös se pikku hiljaa kasvattaa varaston kokoa. Tuotannon epätasapaino aiheuttaa myös liikaa varastointia.

3. M – Motion

- Työpisteissä tapahtuvat liikkeet pitäisi optimoida. Kaikki turha kurottelu ja ylimääräiset askeleet tulisi poistaa. Jo työpisteen uudelleen järjestelemisellä voidaan työtapahtumia tehostaa huomattavasti. Tällä

on myös vaikutus työntekijän terveyteen, eikä hyvän ergonomian vuoksi pääse syntymään yleisiä niska- tai selkäkipuja.

4. W – Waiting

- Odottelua on tuotannossa monenlaisesta syystä. Kun automatisoitu kone suorittaa tehtävää ja operaattori seuraa vierestä, on myös tämä turhaa odottelua. Materiaalitoimituksista, käsittelyviiveistä ja varastojen tyhjenemisestä aiheutuvat odottelut ovat odottelusta yleisimpiä. Myös alimitoitettun konekapasiteetin aiheuttama tuotannon pullonkaula tuo ylimääräistä odottelua.

5. O – Overproduction

- Ylituotanto ei tuota asiakkaille mitään arvoa, joten sitäkin tulee karsia. Tilaamattomien osien valmistaminen aiheuttaa ylimääräisen henkilökunnan palkkaamista, koska osat vaativat kuljetusta ja varastointia.

6. O – Over processing

- Ylijalostaminen, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. Tuotteita tehdään esimerkiksi muutamia ylimääräisiä, vaikka asiakas on tilannut tietyn määrän. Näiden ylimääräisten tuotteiden tuotantokustannukset tulevat joka tapauksessa jossain vaiheessa asiakkaiden maksettaviksi. Tilausvaiheessa on monesti myös sovittu käytettävät valmistusstandardit tai toleranssit. Ylijalostamista on myös tuotteen valmistaminen tarpeettoman tarkkoilla toleransseilla.

7. D – Defect

- Tuotannossa syntyvät laatuvirheet ja virheelliset tuotteet tulisi karsia pois. Laatuvirheiden syitä voi olla lukemattomia: henkilöstön puutteellinen koulutus, tuotantolaitteen huono suunnittelu ja/tai puutteellinen kunnossapito, virheelliset raaka-aineet jne. (Pyysalo. J, 2010)

5 LASERLEIKKAUS

Laserleikkaus on terminen materiaalinleikkausprosessi. Leikkaaminen voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: polttoleikkaus, sulattava leikkaus sekä höyrystävää leikkaus. Käytettävä tapa valitaan leikattavan materiaalin ja ainevahvuuden mukaan. Käytettävä kaasua, kaasunpaine sekä laserleikkauksilaitteiston teho erottaa prosessit toisistaan. (TRUMPF, 2007)

Polttoleikkauksessa leikkauskaasuna käytetään happea. Happi puhalletaan leikkausrailoon maksimissaan noin 6 barin paineella. Se saa aikaan kemiallisen eksotermisen reaktion, joka vapauttaa energiaa moninkertaisesti. Reaktion johdosta materiaali palaa ja synnyttää korkean lämpötilan, nostaten leikkauksen nopeutta ja mahdollistaen paksumpien ainevahvuuksien leikkaamisen. Hapella leikatessa materiaalin pinta hapetuu, joka on poistettava ennen seuraavaa työvaihetta. (TRUMPF, 2007)

Sulattavassa leikkauksessa leikkauskaasuna käytetään inerttiä kaasua, kuten typpeä tai argonia. Leikkauskaasun tehtävänä on jäähdyttää materiaalia sekä puhalttaa sulanut materiaali pois. Inerttiä kaasua käytettäessä metallissa ei tapahdu kemiallista reaktiota. Sulattavassa leikkauksessa käytetään suurta kaasunpainetta, jolloin voidaan myös puhua korkeapaineleikkauksesta. Tällöin käytettävä kaasunpaine on 20 bar. Suuri paine parantaa leikkuujälkeä niin, ettei leikkuureunaan synny jäystettä eikä kuonaa, joten jälkikäsittelyä ei tarvita. Inertillä kaasulla leikkuun aloittaminen kuitenkin hankaloituu, jonka vuoksi joillakin laitteilla voidaan käyttää happea läpipolttoon, ja siirtyä siitä itse leikkuun ajaksi typpeen tai argoniin. (TRUMPF, 2007)

Höyrystävässä leikkauksessa leikattava materiaali kuumennetaan lasersäteellä paikallisesti höyrytymispisteeseen. Höyryttäminen vaatii suurta lasertehoa ja se sopii näin ollen ohuiden materiaalien leikkaamiseen. Höyrystävän leikkaamisen leikkauksen jälki on erittäin hyvä.

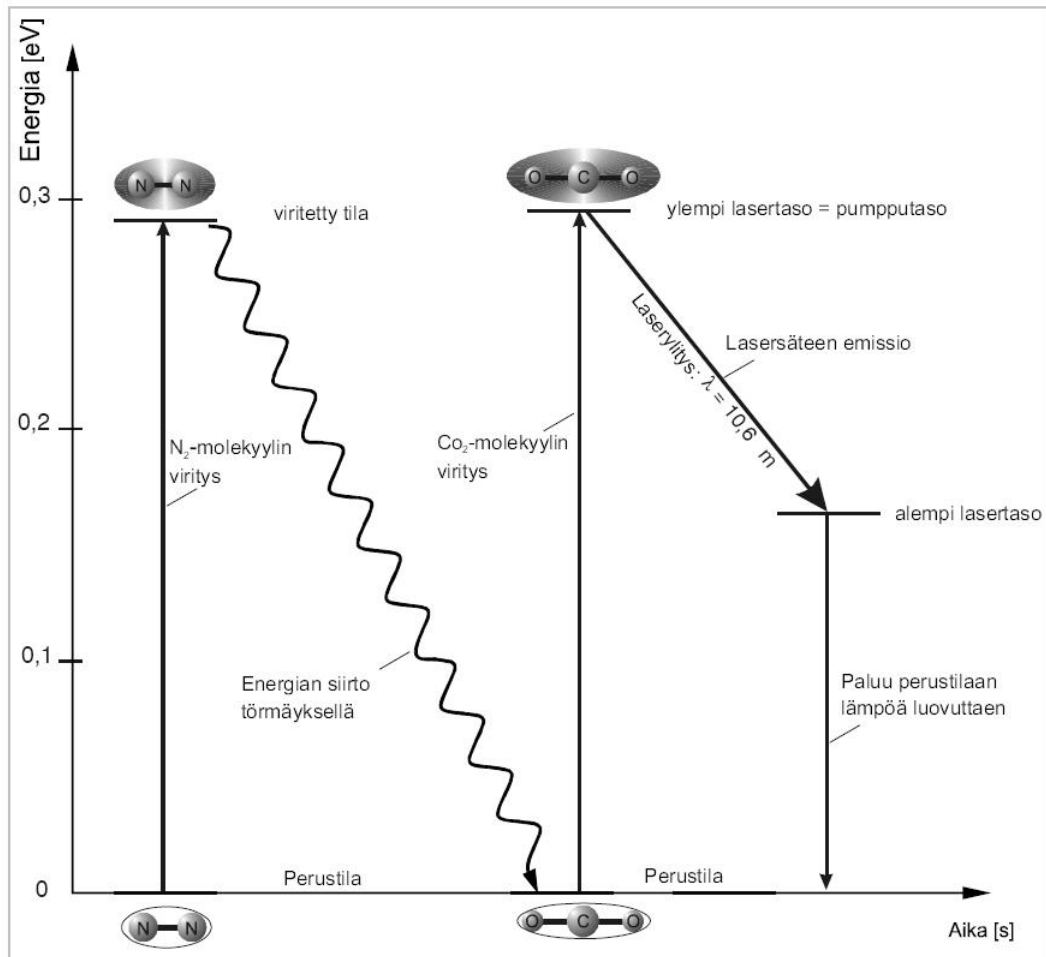
Lähes mitä tahansa ainetta voidaan leikata laserilla. Käytettävä leikkaustapa sekä kaasua valitaan leikattavan materiaalin mukaan. (TRUMPF, 2007)

5.1 CO₂-laser

Teollisuudessa leikkaamiseen ja hitsaamiseen käytetään yleensä hiilidioksidilaseria, eli CO₂-laseria. Siinä resonaattorikaasuna lasersäteen tuottamiseen käytetään kaasuseosta, jonka yhtenä komponenttina on hiilidioksidi. Nimi on hieman harhaanjohtava, koska seoksessa on hiilidioksidia yleensä vain 1-9 %. Kaasuseoksessa on lisäksi heliumia 60-85 % ja typpeä 13-55 %. Käytettävän kaasuseoksen seossuhteet riippuvat käytettävästä laserlaitteesta. (Lasertyöstö. 2005, s.55)

Laserlaitteistojen hyötysuhteet ovat yleensä melko matalia. Hyötysuhde tarkoittaa säteen tehon suhdetta sen synnyttämiseen tarvittavan sähkötehon suhteen. CO₂-laserin sähköinen hyötysuhde on yleensä 10-15 %, teoreettisen maksimin ollessa noin 21 %.

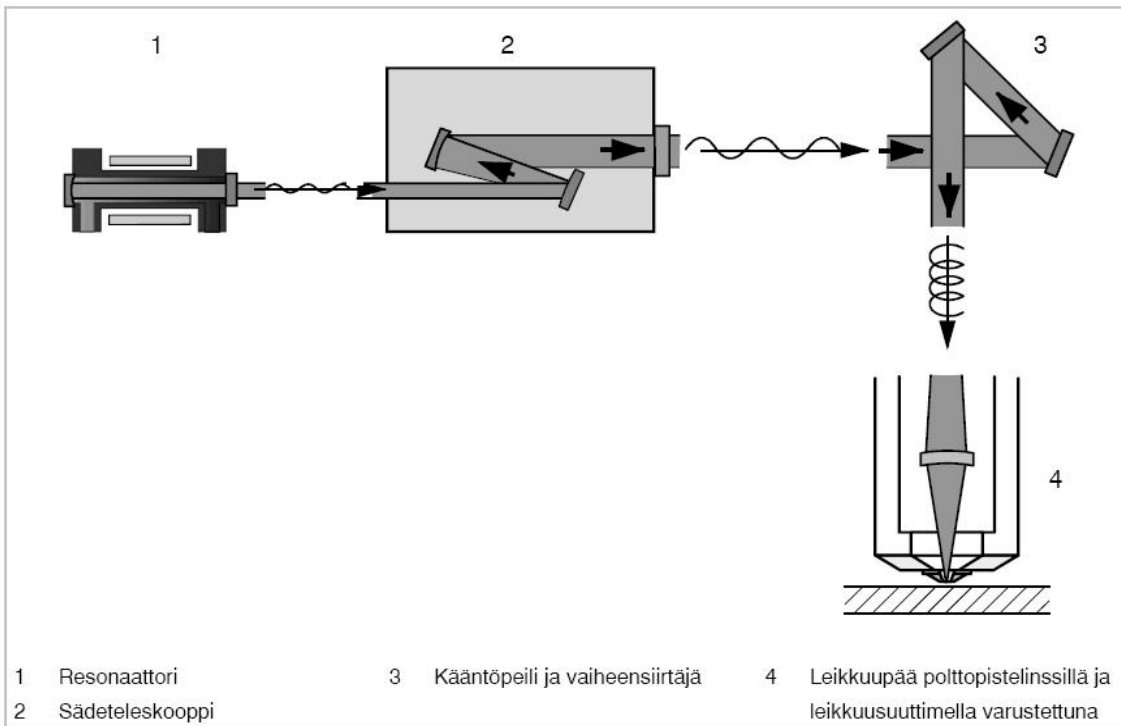
Laitteiston pääosat ovat resonaattori, peilit ja polttosuutin. Resonaattorin tehtävänä on synnyttää lasersäde. Resonaattorissa syntyy laserkaasupurkauksia, jotka vapauttavat kaasuseoksesta elektroneja. Elektronit törmäilevät seoksessa olevan typen kanssa, jolloin typpimolekyylit alkavat värähdellä. Typpimolekyylit saattavat CO₂-molekyylit värähtelemään, jonka seurauksena ne siirtyvät ylemmäksi lasertasoksi kutsutulle energiatasolle. Tätä energiatasoa kutsutaan myös nimellä pumpputaso. Kun molekyylit saavuttavat kyseisen energiatason, ne lähtevät siirtymään kohti alemmaa energiatasoa, ja tämän seurauksena CO₂-molekyylit alkavat emittoimaan laserivaloa 10600 nanometrin aallonpituudella. Pitkän aallonpituuden vuoksi CO₂-laser ei läpäise lasia eikä kvartsia, joten se on pakko siirtää peileillä. Kuvassa 5 on kuvattu lasersäteen synnyttämiseen tarvittavat energiatasot.



Kuva 5. CO₂-laserin energiatasot. (Trumpf)

Resonaattorissa olevat peilit heijastavat syntynyttä sädettä edestakaisin, vahvistaen sädettä entisestään. Lopulta säde heijastetaan puoliläpäisevää peiliä kohti, jonka lävistäessään se kulkeutuu kohti polttosuutinta. Säteen tuottaminen tuottaa valon lisäksi huomattavasti lämpöä, joten laitteistoa on jäähdytettävä tehokkaasti, jotta laitteisto ei pääse särkymään.

Syntynyt lasersäde johdetaan kuvan 6 mukaisesti sädeteleskooppiin, jossa se suurennetaan siirtoa varten kahden peilin avulla. Säde kulkee laitteen sisällä sille runkoon varattujen kaasutäytteisten putkien tai palkeiden sisällä. Tämä siksi, ettei ilman epäpuhtaudet pääse heikentämään tai häiritsemään säteen kulkua. Säde ohjataan peileillä polttiimeen, jossa se kulkee fokusoivan linssin läpi. Tällä saadaan aikaan säteen leikkaava polttopiste. Leikkauskaasu puhalletaan leikkaustapahtumaan polttiimen kaasukanavasta. (TRUMPF, 2007)



Kuva 6. Lasersäteen kulku resonaattorista polttimeen. (Trumpf)

5.2 Nd:YAG-laser

Toinen yleisesti teollisuudessa käytetty tekniikka on Nd:YAG-laser. Se kuuluu kide-lasereihin, jossa lasersäde synnytetään YAG-kiteessä olevissa neodyymiatomeissa. Neodyymi toimii laseraktiivisena aineena, joka on seostettu yttrium-alumiinipiksidista valmistettuun kiteeseen. Korkeammille energiatasoille pumppaaminen tehdään kryptonlamppuilla. Syntynyt lasersäde on aallonpituudeltaan 1064 nanometriä, joten sitä voidaan siirtää peilien lisäksi kuiduissa. Nd:YAG-laserin hyötysuhde on CO₂-laseriin verrattuna melko alhainen, ja yleensä päästäänkin noin 2-3 % hyötysuhteeseen. Suurin osa energiasta muuttuuikin lämmöksi, joten resonaattoria on jäähdytettävä voimakkaasti vedellä. (Lasertyöstö, 2005, s.59)

5.2.1 Jatkuvaloiminen Nd:YAG-laser

Nd:YAG-lasereja on kahdentyyppisiä: suurteho jatkuvaloimisia sekä pulssattavia. Jatkuvaloiminen laser on teholtaan riittävä hitsaukseen ja leikkaukseen, ja suuritehoisin kaupallinen jatkuvaloiminen laser olikin vuonna 2005 säteen ulostuloteholtaan 6 kW. Jatkuvaloimisen laserin sädettä voidaan myös pulssittaa, mutta se tapahtuu sädettä katkomalla, jolloin niillä ei voida saavuttaa nimellismaksimitehon ylittäviä pulssi-tehoja. (Lasertyöstö, 2005, s.60)

Lasersäteen synnyttäminen tapahtuu noin 150 mm pitkällä ja halkaisijaltaan 7 – 10 mm Nd-YAG-kiteellä, ja suuren lämpenemisen vuoksi yhden kiteen maksimiteho voi olla noin 800 W. Lisä tehoa voidaan kuitenkin saada yhdistelemällä kiteitä kolmella eri tavalla:

1. Liittämällä kiteet peräkkäin, eli sarjaan. Tällöin säteen laatu vastaa yksittäisen kiteen säteenlaatua, mutta teho saadaan nostettua suureksi. Kiteitä voidaan liittää käytännössä maksimissaan neljä peräkkäin, johtuen säteen laatuvaatimuksista sekä resonaattorin suoritusvaatimuksista.
2. Toisessa tavassa kaikkia kiteitä ei laiteta resonaattoriin, vaan ne tulevat resonaattorin jälkeen säteen vahvistimiksi. Tämä rakenne on yleinen pulssilasereissa.
3. Lisätehoa saadaan aikaan myös yhdistämällä eri resonaattorien tuottamat säteet kuitujen avulla työstökohteessa. Tällä menetelmällä säteen laatu huononee, mutta tehoa voidaan myös jakaa työasemien välillä.

(Lasertyöstö, 2005, s.60)

5.2.2 Pulssattava Nd:YAG-laser

Lasersäde voidaan synnyttää myös pulssaamalla. Laitteisto on rakenteellisesti lähes samanlainen kuin jatkuvatoiminen laser, mutta energiatasoille pumppaukseen käytettävät lamput ovat erilaisia. Jatkuvatoimisten kaarilamppujen tilalla on krypton salamalamput. Niihin syötetään virtapulsseja säädettävällä amplitudilla, jolloin lamput tuottavat valopulsseja. Pulssittamalla laitteen maksimi nimellisteho voidaan ylittää jopa 10-20 kertaisesti, jolloin laitteiston keskiteho on maksimissaan noin 1 kW. Pulssittamalla synnytettyllä säteellä kokonaislämmöntuonti pysyy alhaisena sekä laitteiston koko on pieni. Kokonaishyötysuhde on kuitenkin samaa luokkaa kuin jatkuvatoimisissa lasereissa. (Lasertyöstö, 2005, s.62)

5.3 Ruostumattoman teräksen laserleikkaus

Ruostumattoman teräksen laserleikkauksessa leikkauskaasuna käytetään yleensä typpeä. Happea käytettäessä ruostumattoman teräksen pintaan syntyy oksidikalvo jolloin materiaalin pinta ei enää vastaa alkuperäistä koostumusta. Oksidikalvo aikaansaa sen että aine menettää pinnasta korroosionkesto-ominaisuutensa, jolloin alun perin ruostumaton pinta voi alkaa ruostua. Typellä leikatessa materiaalin pinta ei

hapetu, ja aine säilyttää näin ruostumattomuutensa. Tyypileikkauksen jälkeen leikkauks jälki on myös erittäin korkealaatuinen, eikä jälkikäsittelyjä näin ollen tarvita.

Hapella leikatessa materiaalissa syntyy eksoterminen reaktio, joka nostaa leikkaustapahtuman lämpötilaa nopeuttaen näin leikkaamista. Tyypellä leikatessa eksotermistä reaktiota ei pääse tapahtumaan, jonka vuoksi leikkausnopeus pienenee. Lisäksi leikkattavien materiaalien ainevahvuuden laskevat. (Termiset leikkausmenetelmät. 2011, s.14-15)

6 SEULARUMPUJEN VALMISTUS

AFT Oy valmistaa eri tyyppisiä seularumpuja, joista kerrottiin luvussa 3. Opinnäytetyö suuntautuu kuitenkin lankarumpujen valmistukseen, joten tässä osiossa kuvataan vanhan ja uuden seularumpumallin valmistusvaiheet.

Varkauden tehtaalla valmistettujen seularumpujen rakenteet eroavat hieman Korean Incheonin tehtaalla valmistetuista rummuista. Korean valmistustapa on erittäin optimaalinen materiaalin käytön suhteen, ja sen soveltamista Varkauden valmistustapaan tulisikin tutkia. Kyseisessä valmistustavassa tukirenkaita ei laserleikata suoraan renkaiksi, vaan renkaat valmistetaan laserleikatuista kaarista.

6.1 MacroflowTM-rummun valmistus

MacroflowTM-rumpu eli MF-rumpu on ns. jatkuvarakoinen seularumpu, koska sen rakojen pituus voi olla jopa 95% rummun pituudesta. Rakenne aikaansaa erinomaiset seulontaominaisuudet. Rumpuihin pitkittäin asennettuja lankoja on eri profiileja, joista valitaan asiakkaan sovellukseen paras vaihtoehto. Rumpujen halkaisijat vaihtelevat 320 mm:stä aina 2000 mm:iin. Samalla rumpujen pituudet vaihtelevat 200 mm:stä 2000 mm:iin. Rumpukokojen suurten vaihtelujen lisäksi pienet valmistuserät tuovat haasteita valmistukseen. Valmistuksessa käytettävät mitta- sekä laatutoleranssit ovat myös erittäin tarkkoja. Näin voidaan varmistaa että AFT valmistaa markkinoiden parhaat seularummut.

MacroflowTM-rummun valmistuksen työvaiheet:

1. Profiililankojen katkaisu
2. Tukilankaurien jyrsintä
3. Lankamaton kudonta
4. Vaippatyö
5. Renkaan valmistus
6. Kokoonpanohitsaus ja krymppäys

7. Viimeistelysorvaus
8. Rummun viimeistely ja tarkastus
9. Sähkökiillotus ja kromaus

6.2 Macroflow 2TM-rummun valmistus

Macroflow 2TM-rumpu eli MF2-rumpu on uusi versio vanhasta MF-rummusta. MF2-rumpu näyttää ulkoisesti melko samalta kuin edeltäjä, mutta rakenteessa ja valmistustavassa on merkittäviä eroja. MF-rummussa on lukuisia hitsausaumoja tukilangoissa, jotta rumpu saadaan tehtyä lieriöksi. MF2-rummusta ei ole samanlaisia jyrsitettyjä tukilankoja, eikä niiden päälle krympättyjä tukirenkaita, vaan vaipan renkaat on laserleikattu valmiiksi renkaiksi. Näin rummun rakenne on lujempi rasituslujuudeltaan, koska rakennetta heikentävät hitsit puuttuvat.

Macroflow 2TM-rummun valmistuksen työvaiheet:

1. Tukirenkaan laserleikkaus
 - Tukirengas laserleikataan 304L tai 316L levystä uudella laserleikkauskeskuksella. Tukirenkaan sisä- tai ulkopintaan leikataan sihtilankojen vaatimat urat.
2. Lankojen pujotus robotilla
 - Robotti pujottaa katkaistut langat tukirenkaiden uriin.
3. Krymppäys
 - Pujotetut langat krympätään rumpuun kiinni kuumennuslaitteella.
4. Päätysten valmistus
5. Kokoonpanohitsaus
6. Viimeistelysorvaus
7. Tarkastus
8. Peittäus ja kromaus

Yksinkertaisemman ja kestävämmän rakenteen lisäksi MF2-rummun valmistuksessa on vähemmän työvaiheita. Näin tuotetta kohti käytetty työaika lyhenee merkittävästi.

6.3 Tukirenkaiden laserleikkaus

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin MF2-rummun tukirenkaiden laserleikkaamiseen. Työtä aloittaessa MF2-rumpujen tuotantoa ei ollut vielä aloitettu, vaan laserleikkauskeskuksella suoritettiin viimeisiä hienosäätöjä ja ajettiin testejä. Laserleikkauskeskuksena on saksalainen Trumpf 7040, joka edustaa teollisen laserleikkauksen uusinta tekniikkaa.

6.3.1 Trumpf 7040

Kuvan 7 Trumpf 7040 on nykyaikainen CO₂-laserleikkauskeskus. Laite varustetaan kahdella toisistaan riippumattomalla leikkauspäällä, tai vaihtoehtoisesti yhdellä leikkauspäällä, kuten AFT Oy on valinnut. Yksi leikkauspää on hyvä vaihtoehto, jos leikataan paksumpia materiaaleja, tai leikattavana materiaalina on alumiinia tai ruostumatonta terästä. Yhdellä leikkauspäällä saadaan suurempi leikkausteho, koska resonattorista tulevaa sädettä ei tarvitse jakaa kahdelle leikkauspäälle. AFT Oy:n kone on varustettu säteen ulostuloteholtaan 3,6 kW:n Truflow 3600 resonattorilla.

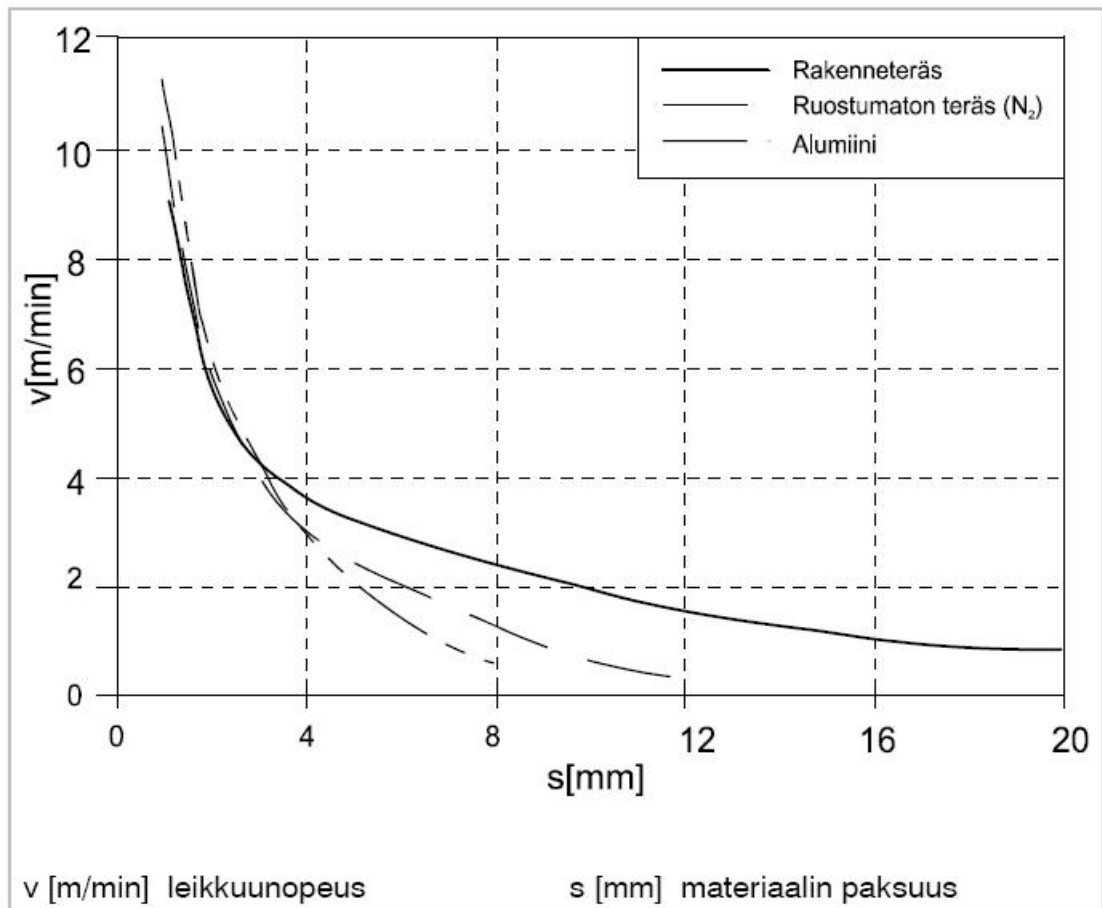
Kuvassa 8 olevan leikkauspään ohjaus on toteutettu lineaarimoottoreilla, jotka mahdollistavat tarkemmat leikkauspään liikkeet. X- ja Y-suuntaiset liikkeet tapahtuvat 0,05 mm tarkkuudella, joka on välttämätöntä MF2-rummun valmistuksen kannalta, koska leikattavien tukirenkaiden sihtilankahammastus on erittäin tarkasti toleroitu. Langanpujotusrobotti vaatii myös virheettömän hammastuksen, jotta pujottaminen on mahdollista. Leikkauspään maksiminopeus on 304 m/min. Ruostumatonta terästä leikattaessa leikkausnopeus on noin 4 m/min. Eri materiaaleilla leikkausnopeus vaihtelee hieman, ja ainevahvuuden kasvaessa leikkausnopeus hidastuu jyrkästi. Kuvasta 9 voidaan nopeudet nähdä eri materiaaleilla ja ainevahvuuksilla.



Kuva 7. Trumpf 7040 AFT:n tiloissa.



Kuva 8. Laserleikkauspää



Kuva 9. Leikkausnopeudet eri materiaaleilla ja ainevahvuuksilla. (Trumpf)

Laserkoneen fyysiset mitat ovat: pituus 16,8 m ja leveys 8,1 m. Painoa kokonaisuudessa on 15000 kg. Kone on varustettu kahdella leikkauspöydällä, joille sijoitettavien levyjen maksimitilat ovat 4000 x 2500 mm. Laitetta voidaan operoida niin, että toinen leikkauspöytä on koneen sisällä käytössä ja toiselle pöydälle voidaan asettaa ajoaikana uutta levyä.

Lasertapahtuman nestaus ja ohjelmointi hoidetaan tavallisella PC-tietokoneella Trumpfin omalla Trutops-ohjelmistolla. Ohjelma on AutoCAD-pohjainen sovellus, johon voidaan tuoda valmis AutoCAD- tai Inventor-piirustus. Ohjelma tekee automaattisesti laserkoneen ymmärtämän leikkausohjelman ja laskee leikattavan materiaalin mukaan esisytettyjen tietojen mukaan leikkausradan ja parametrit. Käyttäjä voi kokemuksen perusteella muuttaa ajoparametrejä haluamaksi.

6.3.2 Leikkaustapahtuman nestaus ja ohjelmointi

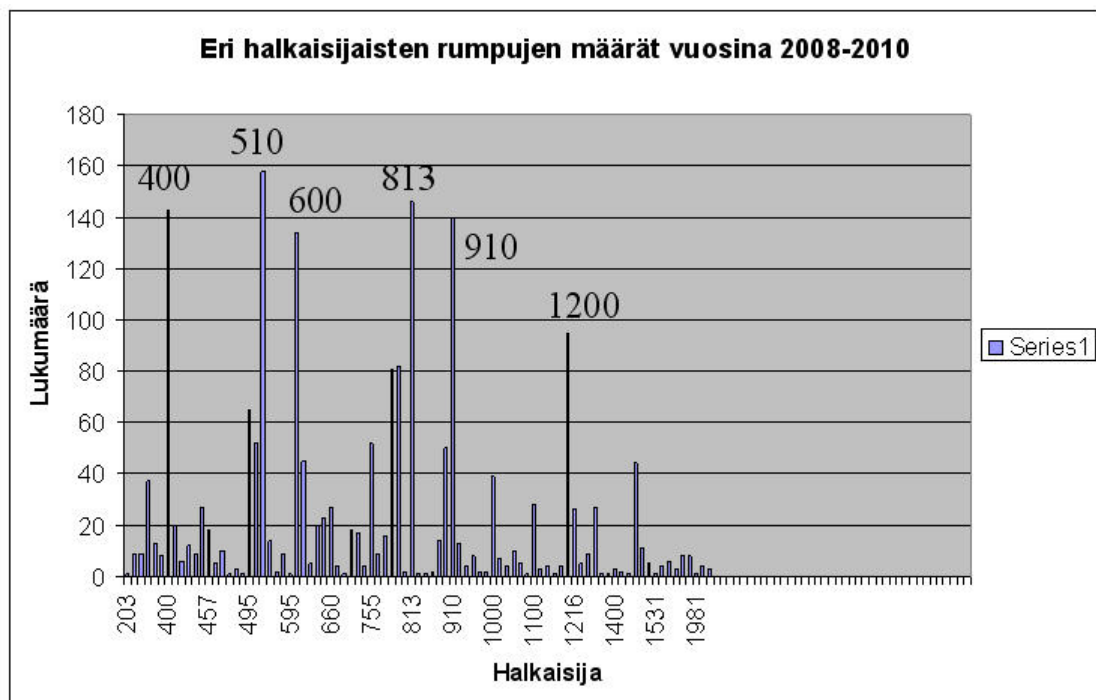
Nestaus tarkoittaa leikkaustapahtuman suunnittelua. Siinä mietitään järkevä leikattava levykoko sekä komponenttien sijoittelu levyille. Tämä on tärkeä osa leikkaustapahtumaa, jolla optimoidaan tuleva levyn käyttö. Nestauksessa valitaan käytettävä levy

tai hyötypala-aihio, sijoitellaan komponentit levyille ja suunnitelma siirretään ohjelmoitavaksi. Nykyaikaiset ohjelmat hoitavat ohjelmoinnin automaattisesti, eikä käyttäjän tarvitse välttämättä syöttää ajoparametreja.

Laserleikkauskeskus tarvitsee toimiakseen ohjelman, joka sisältää tarkat tiedot leikkaustapahtuman liikeradoista ja leikkauksen aloitus- ja lopetuskohdista.

7 LASERLEIKKAUSKESKUKSEN TUOTANNONOHJAUS

Opinnäytetyöhön selvitettiin mitkä rumpuhalkaisijat ovat olleet viime vuosina yleisimpiä. Kaikista vuosina 2008 – 2010 toteutuneista rumputilauksista tehtiin käyrä, josta näkee että kaikista yleisimmät rumpuhalkaisijat kulkevat noin 100 mm:n välein. Harvinaisempia kokoja on tullut vain murto osa yleisimpiin kokoihin nähden. Kuvasta 11 näkee kuinka toteutuneet rumputilaukset jakautuvat. Tämän perusteella pystyttiin suunnittelemaan eri halkaisijaisten tukirenkaiden tehokasta sijoittelua ehjälle levyarkille.



Kuva 11. Toteutuneiden rumputilauksien halkaisijat.

Laserleikkauksen tuotannonohjauksessa haluttiin siirtää vastuuta ja työsuunnittelua mahdollisimman paljon työntekijöille. Työntekijöillä on koko ajan viime hetken tieto valmistusvaiheesta, ja koska työntekijät nestaavat leikattavat levyt, on heidän paras suunnitella eri rumpujen tukirenkaiden valmistusjärjestys.

Työsuunnitteluun kerätään tieto viikottain toimitettavasta toimitusaikalistasta sekä jokaisen työn mukana kulkevasta työkortista. Niistä työntekijä etsii materiaalin ja leikattavan rengashalkaisijan perusteella sopivimmat renkaat joita leikata. Suunnittelussa pyritään siihen, että yhdellä leikkauskerralla saadaan leikattua mahdollisimman monen rummun renkaat yhtä aikaa. Näin materiaalien käsittelyajat ja asetusajat saadaan pidettyä pienenä ja koneaika mahdollisimman suurena.

8 MATERIAALIEN VARASTOINTI

Laserkoneella käytettävät materiaalit varastoidaan koneen välittömässä läheisyydessä. Varastohallinnan hoitaa koneenkäyttäjä. Ehjät levyarkit varastoidaan koneen vieressä lattialla niin, että uusien levyjen tuonti onnistuu mahdollisimman helposti sivutrukilla tai tarkoitukseen sopivalla nostoapuvälineellä, joka on kiinnitettynä hallinosturiin. Levyt nostetaan työstettäväksi Scanveirin valmistamalla 6-kuppisella alipainetarimella.

Laserleikkaamisesta ylijääneet hyötypalat varastoidaan kuvan 12 laserpalavarastossa, joka sijaitsee aivan koneen vieressä. Laserpalavarasto on Kastenin valmistama hyllykokonaisuus, johon mahtuu 28 kpl EUR-lavoja ja 6 kpl 2000 x 2000 mm kokoisia erikoislavoja. Käytettävät kuormalavat ovat teräsrakenteisia lavoja, jotta lavoista saadaan puurakenteista lavaa ohuempia. Kapeampien hyllyjen maksimikuormat ovat 1000 kg/hylly ja leveiden hyllyjen maksimikuormat ovat 3500 kg.



Kuva 12. Laserpalavaraston hyllyt.

Hyllytarpeen laskemisessa käytettiin apuna edellisvuosien toteutuneita rumputilauksia, jotta pystyttiin arvioimaan kuinka paljon hyödynnettävää levymateriaalia syntyy. Koska yleisimmät rumpuhalkaisijat olivat alle 1000 mm, voitiin päätellä että myös jatkossa alle 1000 mm halkaisijaltaan olevia hyötypaloja tulisi syntymään eniten. Oikeassa reunassa sijaitsevat 2000 x 2000 mm lavoille tarkoitetut hyllyt tullaan kuormaamaan suurten renkaiden poltosta ylijääneillä hyötypaloilla, koska ne ovat liian suuria EUR-lavoille lastattaviksi

Pienet hyötöpalakiekot voidaan nostella yksikuppisella alipainetarraitella. Koska alipainetarraitin ei saa kapeasta renkaasta otetta, niiden käsittely tapahtuu käsin. Valmiita renkaita varten EUR-lava nostetaan laserleikkauspöydän tasalle korkealle nostavalla pumppukärrillä, jotta työergonomia pysyisi hyvänä. Näin työntekijä ei joudu tekemään toistuvaa kyyristävää liikettä.

Suuret tukirenkaat, jotka eivät mahdu EUR-lavoille, kuljetetaan tarkoitukseen valmistetulla rengaskärrillä. Kärrissä on säädettävät tapit, joiden varaan renkaat voidaan laittaa roikkumaan tai niitä voidaan tukea alhaalta. Tuentatapa riippuu siitä onko kyseessä outflow- vai inflow-rumpu. Kärrtiin voidaan kuormata maksimissaan kahden noin 2000 mm halkaisijaltaan olevan rummun tukirenkaat, joita olisi muuten mahdoton kuljettaa kapeilla käytävillä. Kärrin pystypalkeissa on lisäksi renkaiden kaatumisen estävät säädettävät stopparit. Kärryä suunnitellessa sen käytöstä laadittiin riskianalyysi, jossa otettiin huomioon kaikki käytöstä mahdollisesti aiheutuvat vaaratilanteet. Niiden pohjalta kärrin turvallisuutta parannettiin. Kuvasta 13 näkee rengaskärrin rakenteen.



Kuva 13. Tukirenkaiden kuljetukseen rakennettu kärrä.

9 LOPPUTULOKSET

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin, ja seuraava vaihe on suunnitelmien vieminen tuotantoon. MF2-tuotantoa ylösajettaessa opinnäytetyössä suunniteltujen toimintatapojen toimivuutta tarkkaillaan ja tarpeen tullen sitä muokataan paremmaksi. Tutkielman laatija tulee toimimaan toiminnan kehityksessä ja työntekijöiden perehdyttämisessä. Nestauksen toimivuus tulee olemaan mielenkiinnon kohteena, koska juuri sillä voidaan voimakkaasti vaikuttaa materiaalikäytön tehokkuuteen. Tulevaisuudessa mahdollisesti lisääntyvät materiaaliveitohdot voivat tuoda uusia lisähaasteita eritoten varastoinnin toimivuuteen.

Tukirenkaiden valmistamista kaarista tulisi myös tutkia tarkemmin. Kaarien hitsaukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska uudet automatisoitavat hitsausprosessit voivat tuoda valmistukseen tehokkuutta, sekä lajitusprosessin kannalta riittävän lujia hitsejä. Esimerkiksi laser- ja plasmahitsauksen mahdollisuuksia tulisi tarkastella.

LÄHTEET

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus.

Kujanpää, V.; Salminen, A.;& Vihinen, J. Lasertyöstö. Helsinki: Teknologiateollisuus ry

Seppälä, M. 1999. Paperimassan valmistus. Helsinki: Opetushallitus

TRUMPF Werkzeugmaschinen GMBH +Co. KG. 2007. CO₂-lasertyöstö.

AGA. 2011. Termiset leikkausmenetelmät.

Lehtonen, J-M. 2004. Tuotantotalous. Porvoo: WS Bookwell Oy

Etälukio. Opetushallitus. Lukupäivämäärä 5.4.2011. Saatavissa:
<http://www2.edu.fi/yrittajyvayla/?page=283> (Luettu 5.4.2011)

Asikainen, A. Haastattelu. 3.1.2011

Pyysalo, J. 2010. Tehtaansuunnittelu ja tuotannonohjaus- kurssi.

Salkinoja, H. 2011. Hitsaustekniikka 1- kurssi.

