

Katariina Aikala

KONETEHOJEN PÄIVITYS TUOTANNONSUUNNITTELUA
VARTEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2018

KONETEHOJEN PÄIVITYS TUOTANNONSUUNNITTELUA VARTEN

Aikala, Katariina
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2018
Sivumäärä: 42
Liitteitä: 1

Asiasanat: Lean, kapasiteetti, kannattavuus, tuotannonsuunnittelu

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea ja määrittää ajankohtaiset konetehot tuotannonsuunnittelun hyödynnettäväksi. Työ toteutettiin Aurubis Finland Oy:n Valssaamon konekannasta. Konekantaan laskettiin myös muutama alihankintatoiminta sekä eri rakennuksissa sijaitseva patinointilinja. Läpikäytäviä koneita oli yhteensä 36. Osa koneista yhdistettiin laskennoissa.

Työn tavoitteena oli selvittää jokaisen koneen maksimitehokapasiteetti. Maksimitehokapasiteettia hyödynnetään tuotannonsuunnittelussa kustannuslaskennassa. Tiedon avulla voidaan määrittää tuotteen kannattavuus. Määritteenä käytettiin, kuinka paljon materiaalia kyettiin saamaan koneen läpi tunnissa. Työssä jätettiin huomiotta niin kutsutut asetusajat. Vain koneen oma tehollinen aika merkitsee. Työn rajoittavia tekijöitä olivat koneiden ominaisuudet, turvallinen työskentely sekä materiaalin laadulliset seikat. Konetehojen määrittelyssä hyödynnettiin muun muassa ajonopeuksia, hyötyleveyksiä sekä tuotteiden paksuuksia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin Lean-johtamisfilosofiaa, jossa koneen kapasiteetin määrittäminen on oleellista. Oikeanlaisilla konetehoarvoilla kyetään vähentämään niin sanottua arvoa tuottamatonta toimintaa, jonka minimoiminen on yksi filosofian perusajatuksista. Lisäksi teoriassa selvittiin kustannuslaskentaa ja eriteltiin nettoteho- ja maksimitehokapasiteetin eroja.

UPDATING MACHINE POWER FOR PRODUCTION PLANNING

Aikala, Katariina

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

October 2018

Number of pages: 42

Appendices: 1

Keywords: Lean, capacity, profitability, production planning

The purpose of this thesis was to calculate and determine the current machine power benefit for production planning. The calculations were made of Aurubis Finland Oy rolling mill's machine base. A few subcontracting operations and a patina line from other building were also included in the calculations. There were total of 36 machines to go through. Some of the machines were combined in the calculations.

The aim of this thesis was to find out the maximum power capacity of each machine. Maximum power capacity is utilized in the production planning in costing. Data can be used to determine the profitability of a product. Unit used was how much material was able to pass through the machine per hour. The so – called setting times were ignored. Only the actual automatic time of the machine means. Restrictive factors were machine properties, safe working and quality control. The definition of machine power utilized, among other things, driving speeds, the effective width and product thicknesses.

The theoretical part of the thesis focused on the Lean management philosophy, where determining the machine's capacity is essential. With the correct output values to be reduced on the so – called value of unproductive operation, the minimum is one of the basic ideas of philosophy. Finally cost accounting was calculated and the differences in net power capacity and maximum power capacity were distinguished.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PROJEKTIN MÄÄRITTELY JA TOIMINNALLINEN YMPÄRISTÖ	7
2.1	Aurubis Finland Oy.....	7
2.2	Työn tavoite ja rajaus.....	7
2.3	Toiminnallinen ympäristö.....	8
3	LEAN	9
3.1	Lean yleisesti	9
3.2	Imu	10
3.2.1	Kanban.....	10
3.2.2	JIT.....	11
3.3	Virtaus.....	11
3.4	Hukka.....	12
3.5	5 avainsäntöä.....	14
3.6	Kaizen	15
3.7	Lean Six Sigma	16
4	KUSTANNUSLASKENTA.....	17
4.1	Kustannuslaskenta yleisesti	17
4.2	Kapasiteetti	17
5	ALAVIRTA.....	19
5.1	Nauhaleikkurit.....	19
5.2	Levyleikkurit sekä pyöryläleikkuri	20
5.3	Pakkaus	22
6	TAHDISTIN.....	25
6.1	Uunit	25
6.1.1	Hehkutus.....	25
6.1.2	Läpivetouuni 1111.....	26
6.1.3	Läpivetouuni 1112.....	26
6.1.4	Ebner – uunit 1117/1118	27
6.2	Valssaimet.....	27
6.2.1	Valssaus.....	28
6.2.2	Kylmävalssain 1101	29
6.2.3	Kylmävalssain 1102	30
6.2.4	Viimeistelyvalssain 1105.....	31
6.3	Valssaimen pesukone.....	31
6.4	Hitsikone ja patinalinja	32
6.5	Rasvanpoisto- ja peittäuslinja ja peittäuskone	33

7	YLÄVIRTA.....	34
7.1	Askelpalkkiuuni	34
7.2	Kuumavalssain.....	34
7.3	Jyrsimet	36
7.4	Saha.....	36
7.5	Sahan pakkaus.....	37
8	ALIHANKINTA	38
8.1	Oikaisu	38
8.2	Ultraus.....	38
9	TULOKSET JA YHTEENVETO	39
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on ajankohtaistaa Valssaamon koneiden maksimitehokapasiteetti tuotannosuunnittelun hyödynnettäväksi. Työssä määritellään koneen teoreettiset maksimitehokapasiteetti-arvot, joita vertaamalla esimerkiksi koneen hyötysuhteeseen saadaan realistiset konetehot. Ajankohtaisilla ja paikkaansa pitävillä konetehoilla pystytään tehostamaan tuotantoa, selvittämään tuotteen kulkuaika Valssaamon läpi ja kuinka paljon tuotteen työstäminen kustantaa.

Pääasiassa maksimitehokapasiteettia hyödynnetään kustannuslaskennassa. Määrittämällä koneen teho tuotteelle, kyetään määrittämään, onko tuotetta kannattava valmistaa ja millä vähimmäishinnalla tuotetta kannattaa myydä asiakkaalle. Ajankohtaisilla tehoarvoilla mahdollistetaan koneiden sujuva ja kannattava työskentelyaikataulu. Työn toimeksiantajana on Aurubis Finland Oy.

Työssä keskityttiin Valssaamon konekantaan. Laskentaan kuuluvia koneita on yhteensä 36 kappaletta. Nämä käsittävät koko Valssaamon tuotantoketjun niin kuuma- valssauksesta pakkaukseen. Aikataulullisesti konekanta käytiin läpi maaliskuu – kesäkuun 2018 välisellä ajalla, jolloin viikkotahdiksi tuli 3 – 4 konetta/viikko.

2 PROJEKTIN MÄÄRITTELY JA TOIMINNALLINEN YMPÄRISTÖ

2.1 Aurubis Finland Oy

Aurubis Finland Oy on osa maailmanlaajuista Aurubis Group konsernia. Konserni on yksi maailman johtavimmista kuparinkierrättäjistä. Porin Kuparipuistossa sijaitseva yritys työllistää noin 200 henkilöä niin Valssaamossa, omassa Valimossaan sekä erinäisissä asiantuntijatehtävissä. 90 prosenttia Valssaamon valmiista tuotteista valmistuu ulkomaanvientiin. Päätuotteita Aurubis Finland Oy:lla on erilaiset valssatut tuotteet: kuparilevyt, laatat, nauhat ja pyörylät. Pääajatuksena on tuottaa asiakkaalle mahdollisimman laadukkaasti ja joustavasti tämän pyytämää tuotetta. (Aurubis Finland Oy www – sivut 2018.)

Alkuvuodesta 2018 Aurubis Group pääsi sopimukseen Wieland-Werke AG:n kanssa valssaamotoiminnan myymisestä viimeiseksi mainitulle. Mikäli myynti hyväksytään Euroopan Unionin kauppakomitean puolesta, astuu kauppa voimaan. Tämä tarkoittaa Porin toiminnan siirtymistä Wieland-Werke AG:n alaisuuteen ja Wieland-Werke AG:sta tulisi maailman suurin valssattujen kuparituotteiden tuottaja. (Aurubis Finland Oy www – sivut 2018.)

2.2 Työn tavoite ja rajaus

Työ rajattiin Valssaamon konekantaan ja muutamaan alihankintana suoritettavaan muokkaustoimintoon. Laskettavia kohteita on 35 kappaletta, joista osa yhdistettiin laskennassa. Opinnäytetyön kannalta työ rajattiin koneen kapasiteettiin, asetusajoja ja muuta tuottamatonta toimintaa ei huomioitu. Teho laskettiin koneiden arvoista ja ilmoitettiin arvoina tonnia/tunti tai kg/tunti. Koneesta riippuen muuttujia oli muun muassa ajonopeus, valmiin materiaalin leveys, paksuus, kovuusaste sekä laaduntarkastelu.

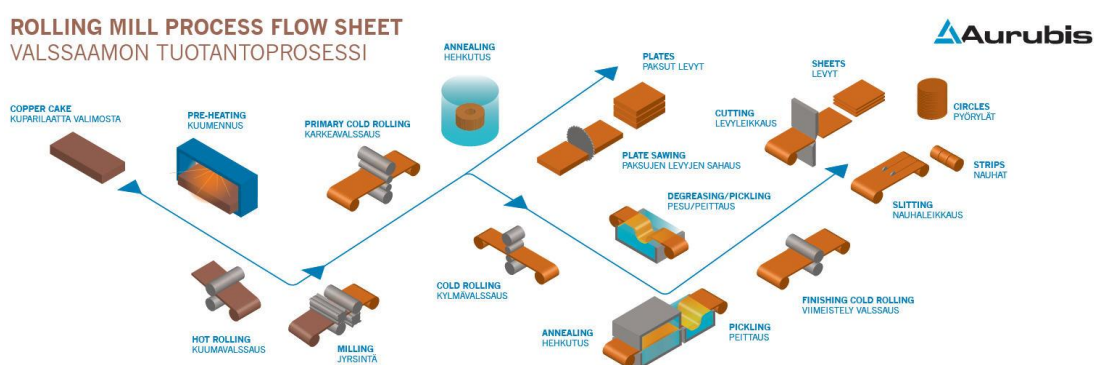
Koneen maksimitehokapasiteetista oli jo valmiiksi suuntaa antavia lukuja, mutta tavoitteena oli saavuttaa vähintään 10 prosentin tarkkuus todellisesta maksimikonekapasiteetista. 10 prosentin tarkkuus mahdollistaa vielä melko tarkan lopputuleman.

Maksimitehokapasiteetti-arvot ovat voineet muuttua todellisuudesta erilaisten koneuudistusten tai materiaalimuutosten takia. Myös koneen tuotteet ovat saattaneet muuttua. Tuotekanta kokee myös jatkuvia muutoksia uusien asiakkuuksien myötä.

2.3 Toiminnallinen ympäristö

Aurubis Finland Oy:n Valssaamo voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: Alavirta, Tahdistin ja Ylävirta. Ylävirta käsittää karkean työstön kuten kuumavalssauksen ja jyrsinnän. Tahdistimessa tuote käy asiakkaan tilauksesta riippuen läpi hehkutuksia, peittauksia, pesuja ja kylmävalssauksia. Alavirrassa tuote leikataan ja pakataan. Kuvassa 1 kuvataan Valssaamon prosessi. Tuotteesta riippuen se voi käydä vain osan prosessista tai jonkin prosessin kohdan useaan kertaan.

Maksimitehojen laskeminen aloitettiin prosessin loppupäästä, Alavirran leikkureista ja pakkauspisteistä. Siitä siirryttiin Tahdistimen uuneihin, valsseihin ja muihin alueen koneisiin. Lopuksi maksimitehot laskettiin Ylävirran kuumavalssilta, sahoilta ja jyrsimiltä.



Kuva 1. Tuotantoprosessi (Aurubis Finland Oy sisäinen verkko)

3 LEAN

3.1 Lean yleisesti

Lean on johtamisfilosofia, jonka pääideana on maksimoida asiakkaalle tuotettava hyöty samalla pienentäen oman tuotannon kustannuksia. Tavoitteena on luoda prosessi, joka tarvitsee toimiakseen vähemmän ihmisvaivaa, tilaa, sidottua pääomaa sekä vähemmän tuotantoaikaa. Yleisesti ajatellaan, että Lean on kehitetty vain tuotannon tehostamiseen. Oletus ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan Lean-ajattelua voidaan hyödyntää liki kaikessa liike-elämässä. Lean ei ole pelkästään tuotannon asia, vaan filosofian toimimiseen tarvitaan koko organisaation panostusta. (Lean Enterprise Institute www – sivut 2018.)

Termi Lean on kehitetty 1990 – luvulla pohjaten Toyotan bisnesajattelumalliin. Ajattelumalli oli kehittynyt Toyotan tehtaissa jo 1940 – luvulla. (Lean Enterprise Institute www – sivut 2018.) Toyotan bisnesmallin isänä pidetään Taiichi Ohnoa (ARROW Engineering 2016). Sen sijaan termi Lean vakiintui 1990 – luvulla julkaistun kirjan *The Machine That Changed the World* (1990) myötä. Womack, Jones ja Roos selvittävät teoksessaan, miten Toyota onnistui autoteollisuuden näkökulmasta tuottamaan tehokkaammin, nopeammin sekä laadukkaammin tuotteitaan kuin esimerkiksi silloin maailman johtavin valmistaja Ford, joka suosi toiminnassaan massatuotantoa. Teos perustuu Massachusetts Institute of Technologyn viiden vuoden mittaiseen tutkimukseen tulevaisuuden tuotantoon. (Lean Enterprise Institute www – sivut 2018.)

Ajatusmallissa pyritään tehokkaasti poistamaan ylimääräisiä toimintoja; tuotetaan vain tarpeeseen, pienennetään asetusajoja ja muuta arvoa tuottamatonta aikaa. Tavoitteena on mahdollisimman pienillä kustannuksilla tuottaa asiakkaalle laadukasta tuotetta. (Lean Enterprise Institute www-sivut 2018.)

Lean ajattelun pääideana on olla jatkuva, standardointiin pyrkivä ja imuohjaukseen perustuva työskentelytapa. Samalla Lean pyrkii olemaan jatkuvasti tilannekuvaansa muuttava ja kehittävä kokonaisvaltainen työtapa. Jatkuvan kokonaisvaltainen kehitys

on tärkeässä roolissa filosofiassa. Tämän takia se ei pääosin sovellu yksittäisprojekteihin, vaan on huomattavasti tehokkaampi työskentelytapa jatkuvassa projektivirrassa. Filosofia on suosittua nykyisen yhteiskunnan yritysmaailmassa. Siksi työtapaa menee helposti sekaisin muiden kehitysmallien kanssa, joilla saattaa olla Lean-filosofian kanssa yhteisiä piirteitä tai arvoja, mutta myös eroavia työtapoja. (Westerling 2017.)

3.2 Imu

Imuohjausjärjestelmä on asiakastilaukselle perustuva järjestelmä. Asiakkaan tekemä tilaus käynnistää valmistusprosessin, jolloin tuotetta tehdään vain tarpeeseen mahdollisimman pienellä varastoinnilla. Täydellinen imuohjausjärjestelmä vaatii lyhyitä läpimenoaikoja, tehokasta konesijoittelua ja sarjasuuruksien pienenemistä. Ideaalitulanteessa sarjakoko on yksi eikä välivarastoja ole. Jotta imuohjaus olisi mahdollista, on asetusaikoja kyetty aiemmin jo pienentämään huomattavasti. (Tuominen 2010, 81.)

Organisaation toiminnasta riippuen täydellinen nollavarastotilanne ei ole aina mahdollista. Syitä nollavarastotilanteen mahdottomuudelle on esimerkiksi eri vaiheiden suoritusaikojen suuri eroavaisuus. Tällöin voidaan soveltaa kanban menetelmää. (Tuominen 2010, 81.)

3.2.1 Kanban

Kanban on japania ja tarkoittaa korttia tai taulua. Visuaalisen kanban taulun tarkoituksena on visualisoida työn kulkua ja seurata tilausta tai tuotetta prosessin läpi. Hahmotamalla ja tuntemalla prosessin eteneminen, voidaan toteuttaa JIT – menetelmää.

Taululla havainnoidaan, kuinka paljon tuotetta tarvitsee vielä tuottaa välivarastoon sujuvan työskentelyn takaamiseksi. Toimiva kanban menetelmä vähentää prosessissa ylimääräistä työtä eri vaiheissa ja sujuvoittaa tilauksen tai tuotteen etenemistä.

Välivarastoitavien tavaroiden määrät on ennalta määritelty. Taulusta nähdään eri tuotteiden varastotilanteen tämänhetkinen tilanne sekä kuinka monta yksikköä mitäkin

tuotetta pitää tuottaa, jotta tilaukset tai välivarastot saadaan tasapainoon. Aatteen mukaan ei tule tuottaa yhtään ylimääräistä yksikköä varmuuden vuoksi.

Kanban menetelmä ei ole kehitetty pelkästään kulujen ja imun seurantaan, vaan sillä kartoitetaan myös jatkuvasti mahdollisia kehittämiskohteita prosessissa ja tunnistetaan mahdollisia esteitä virtaukselle. Oikein toteutettuna kanban menetelmä ohjaa prosessia itseksensä ja vapauttaa työtunteja muuhun, kuten esimerkiksi prosessin parantamisen kehittämiseen.

(Gross & McInnis 2003, 2 – 3.)

3.2.2 JIT

Lean ajattelun keskiössä on vahvasti JIT – tuotanto (Just In Time). Nimensä mukaisesti tuotannossa valmistuu vain juuri sen verran tuotteita kuin välttämättömästi tarvitaan sillä hetkellä. JIT – tuotanto perustuu ajatukseen valmistaa eri tuotteita pienissä eräkoissa, mutta tiheään tahtiin toistuvasti. Pienet eräkoot mahdollistavat prosessin nopean läpäisyn, korkean laadun sekä mahdollisimman pienet välivarastot. Pienten eräkokojen ja välivarastojen pienuuden takia laatuun on pakko panostaa. Virheen ilmaantuessa prosessi saattaa pysähtyä ja tuote lähteä myöhässä asiakkaalle. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 361.)

3.3 Virtaus

Sujuvan virtauksen luominen on yksi Lean filosofian tärkeimmistä tavoitteista. Virtauksella tarkoitetaan esimerkiksi materiaalin ja tiedon keskeytymätöntä etenemistä prosessissa ilman varastointia. Jotta yritys saavuttaisi täydellisen virtauksen, pitää sen omaksua ensin muita Lean – menetelmiä ja – periaatteita, kuten asetusaikojen lyhentämistä ja laadunohjausta. Täydellinen virtaus pakottaa prosessin eri vaiheet lähemmäs toisiaan sekä pienentämään sarjakokoja. Toimiva virtaus tuo monia etuja prosessiin:

- Laadunkehitys
Virheet huomataan pienien eräkokojen takia nopeasti. Nopea reagointi helpottaa virheen välitöntä analysointia, jonka avulla virheen syntyä kyetään estämään tulevaisuudessa.
- Joustavuus
Asiakkaan tarpeisiin ja toiveisiin kyetään reagoimaan nopeasti lyhyen läpimenoajan vuoksi.
- Tuottavuuden parantaminen
Hyvin suunnitellussa virtauksessa jokainen työvaihe on asiakkaalle lisää arvoa tuottavaa toimintaa. Ylimääräiset, arvoa tuottamattomat toiminnot on onnistuttu karsimaan kokonaisuudessaan tai vähentämään minimiin.
- Varastotilat vapautuvat
Ilman välivarastoja lattiatilaa kyetään hyödyntämään esimerkiksi kapasiteetin lisäyksessä. Varastojen pieneneminen laskee varastointikustannuksia. Säädetty pääoma voidaan hyödyntää esimerkiksi uusiin investointeihin
- Turvallisuus
Eräkoon pienentyessä myös kerralla siirrettävän tavaran määrä pienenee. Tämä vähentää mahdollisia hankalia nosteluja ja siirtelyjä. Pienempi tavaramäärä luo työpisteelle lisätilaa ja lisää turvallisuutta.
- Työmotivaatio
Jokaisen vaiheen tuottaessa lisäarvoa asiakkaalle, työntekijät näkevät helpommin työnsä jäljen ja kokevat tekevänsä arvokkaampaa työtä.

(Tuominen 2010, 72 -23.)

3.4 Hukka

Lean filosofian keskeisenä tarkoituksena on parantaa yrityksen tuottavuutta. Parantamiseen pyritään poistamalla turhat ja tuottamattomat toiminnot tuotannosta mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti. Samalla ajatuksena on pienentää kustannuksia sekä parantaa laadullisia seikkoja. Lean filosofiassa hukat on jaettu kahdeksaan eri osa-alueeseen:

- Ylituotanto
Ylituotanto tarkoittaa nimensä mukaisesti tuotantoa, jossa tuotetta valmistetaan ilman tilausta tai varmuudeksi varastoon. Ylituotanto sitoo resursseina pääomaa, varastotilaa sekä henkilöstöä. Toyotan ajatusmallin kehittäjän Taiichi Ohno pitää ylituotantoa merkittävämpänä hukkana, koska se edesauttaa helposti myös muiden hukkien syntymistä. Ylituotannon ajatellaan myös vaikeuttavan muiden, todellisten ongelmien havaitsemista.
- Odottelu ja viivästykset
Erilaiset viivästykset ja odottelut eivät tuota asiakkaalle lisäarvoa. Yleisimmin viivästyksen syinä voivat olla esimerkiksi erilaiset pullonkaulat, konehäiriöt, materiaali puute tai edellisen työvaiheen viivästykset. Ohno laskee jopa auto-maattikoneen käynnin odottelun hukaksi.
- Tarpeeton kuljettaminen
Lean kokee kaikenlaisen turhan liikkeen hukaksi. Kuten odottelut ja viivästykset, eivät erilaiset liikuttelut eri työvaiheiden välillä kasvata asiakkaalle arvoa. Turhaa liikettä voi olla niin tuotteissa kuin työvoimassa. Erityisesti materiaalin edestakainen siirtely varastosta työpisteille ja takaisin koetaan kuormittavaksi.
- Ylikäsittely
Ylikäsittely voi syntyä niin puutteellisen suunnittelun, väärin tai heikkolaatuisten työkalujen takia kuin väärin menetelmien takia. Myös ylilaatu koetaan asiakkaan kannalta hukaksi.
- Ylimääräiset varastot
Suuret eräkoot, ylimääräinen materiaali, keskeneräinen tuotanto sekä valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi aiheuttavat lisäkustannuksia. Samalla ne kasvattavat läpimenoaikoja sekä heikentävät todellisen ongelman havaitsemista, kuten esimerkiksi tuotannon heilahteluja, myöhässä toimitettavia tuotteita, vikatilanteita sekä pitkiä asetusajoja.
- Tarpeeton liike työskennellessä
Työkalujen tai muiden tuotannossa tarvittavien tavaroiden etsiminen, kurottelu ja keräily luokitellaan ylimääräiseksi liikkeeksi työvaiheen aikana. Tarpeettomat liikkeet eivät tuota asiakkaalle tai tuotteelle lisäarvoa.
- Laatuvirheet
Viallisella tuotteella ei ole asiakkaalle arvoa, tämän vuoksi laatuvirheet ja niiden korjaaminen aiheuttaa hukkaa. Laatuvirheet lisäävät turhaa työskentelyä,

materiaalin kulutusta, aiheuttavat reklamaatioita ja kuluttavat ennen kaikkea kapasiteettia.

- Työntekijän luovuuden ja osaamisen käyttämättömyys

Monissa lähteissä hukat on jaoteltu seitsemään osaan, eikä työntekijän luovuutta ja osaamisen käyttämättömyyttä ole huomioitu. Tällä kuitenkin tarkoitetaan esimerkiksi työntekijän parannusehdotuksia, oppimismahdollisuuksia sekä kykyjä, joita ei huomioida. Hukkaa voidaan vähentää kuuntelemalla työntekijää ja ottamalla heidät osaksi kehittämisprosessia.

(ARROW engineering 2016.)

3.5 5 avainsääntöä

Lean – filosofiassa on niin kutsuttuja perussääntöjä, askelia parempaan filosofian ymmärtämiseen. Viideksi säännöksi jaotellut peruseriaatteet ovat helppo muistaa, mutta toteuttaminen on usein paljon hankalampaa.

1. Määritä tuoteperhe tai -perheet ja niiden arvo asiakkaan näkökulmasta
2. Tunnista kaikki tuoteperheen tai -perheiden arvoa tuottavat vaiheet ja poista mahdollisuuksien mukaan ne vaiheet, jotka eivät tuo lisää arvoa.
3. Pyri toistamaan arvoa tuottavat vaiheet mahdollisimman tehokkaassa järjestyksessä ja lähellä toisiaan. Onnistunut sijoittelu vähentää työvaiheiden odotusaikoja ja siirtomatkoja.
4. Tuotteiden valmistus tapahtuu vain tarpeeseen. Tarve luo prosessiin imun, joka ohjaa tuotantoa oikeaan tarpeeseen. Imulla varmistetaan se, että tuotetta ei seisoteta välivarastossa luomassa hukkaa.
5. Arvon määrittelyssä arvovirrat on tunnistettu, ylimääräiset tuottamattomat vaiheet poistettu ja virtaus prosessin läpi on käynnistetty. Tämän vaiheen jälkeen aloitetaan prosessi uudelleen ja uudelleen, kunnes on luotu täydellinen arvo ilman jätettä.

(Lean Enterprise Institute www – sivut 2018.)

Kuvassa 2 on kuvattu avainsääntöjen kiertokulku. Täydellinen sääntöjen noudattaminen ja Lean filosofian toteuttaminen vaatii jatkuvaa parantamista, siksi viidennen vaiheen jälkeen tulee siirtyä jälleen vaiheeseen yksi.



Kuva 2. Lean filosofian avainsääntöjen kiertokulku (Lean Enterprise Institute www – sivut 2018).

3.6 Kaizen

Kaizen ymmärretään toimintasuunnitelmana, joka pyrkii jatkuvaan prosessin parantamiseen. Strategiassa kaikki yrityksen työntekijät panostavat tuotannon parantamiseen. Päätoimijana strategiassa on niin sanotut lattiatason työntekijät. Käytännössä tämä tarkoittaa tuotannossa työskenteleviä henkilöitä. Osittain menetelmää voidaan ajatella myös filosofiana. (Lean production www – sivut 2018.)

Filosofisia piirteitä se saa pyrkimällä rakentamaan kulttuurin, jossa kaikki työntekijät ovat innostuneet kehittämään yritystä ja tekevät aktiivisesti aloitteita tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Kaizen-menetelmä on tiiviissä yhteistyössä standardoidun työn kanssa. Standardoidussa työssä pyritään toistamaan toiminnot parhaimmalla mahdollisella tavalla riippumatta siitä, kuka työn tekee. Kaizen-menetelmässä pyritään kehittämään yhä parempia tapoja työskennellä tehokkaammin ja laadukkaammin. Parempi toimintapa tulee standardoida aina jokaisen työntekijän käyttöön. (Lean production www – sivut 2018.)

3.7 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma – laadunkehitysohjelman tavoitteena on pienentää tuotteiden vaihtelua tilastollisin ja tieteellisin keinoin. Vaihtelun pieneminen kasvattaa sujuvaa virtausta, eli nostaa kapasiteettikykyä. Lean Six Sigma keskittyy pääasiassa vaihtelun pienentämiseen, kun taas Lean hukkan poistamiseen. Lean Six Sigman työkaluja käytetään Lean filosofiassa ongelmanratkaisun apuna, koska Lean Six Sigman keinoilla kyetään minimoimaan vaihtelusta syntyvää hukkaa. (Lean Six Sigma www – sivut 2018.)

Käsitteenä Lean Six Sigma korostaa äärimmäistä laatua: prosessissa syntyviä virheellisiä kappaleita on vain muutama miljoonan kappaleen otannassa. Laadunkehitysohjelma pyritään tehostamaan organisoidun Six Sigma – ohjelman työkaluja käyttäen. Ohjelman tavoitteena on yrityksen liiketoiminnan kilpailukyvyyn ja kannattavuuden parantaminen laatuun pohjaten. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 389 – 390.)

Ajattelutapaan kuuluu muutamia peruseriaatteita ja kannustimia: asiakkaan hyöty, prosessin kehitys sekä jatkuva parannus. Yksi Six Sigman käytetyistä projektimaisista toimintasuunnitelmista on niin kutsuttu DMAIC. Suunnitelma on viisivaiheinen ja koostuu määrittelystä (define), mittauksesta (measure), analysoinnista (analyze), parannuksesta (improve) sekä ohjauksesta (control). (Lintula 2015.)

4 KUSTANNUSLASKENTA

4.1 Kustannuslaskenta yleisesti

”Kustannuslaskenta tuottaa tärkeää perustietoa yritysjohdon suunnittelua, päätöksentekoa ja valvontaa varten. Keskeinen mitta toiminnan tehokkuudelle on voitto, joka määritellään sisäisessä laskennassa tuottojen ja kustannusten erotukseksi.” (Ikäheimo, Laitinen, Laitinen & Puttonen 2011, 82.)

Kustannuslaskennassa määritetään tuotteelle omakustannushinta. Laskennan tulisi olla niin tarkka, että tuotteille saataisiin laskettua jo tarjoustä tehdessä tarkka kustannus sekä hinta. (Lahti & Tuominen 2010, 88 – 89.) Jotta laskelmat olisivat paikkaansa pitäviä, pitää tietää tuotteen kulku prosessissa: mitä koneita tuottamiseen tarvitaan, kuinka paljon tuote vaatii konekapasiteettia sekä raaka-aineen vaikutukset.

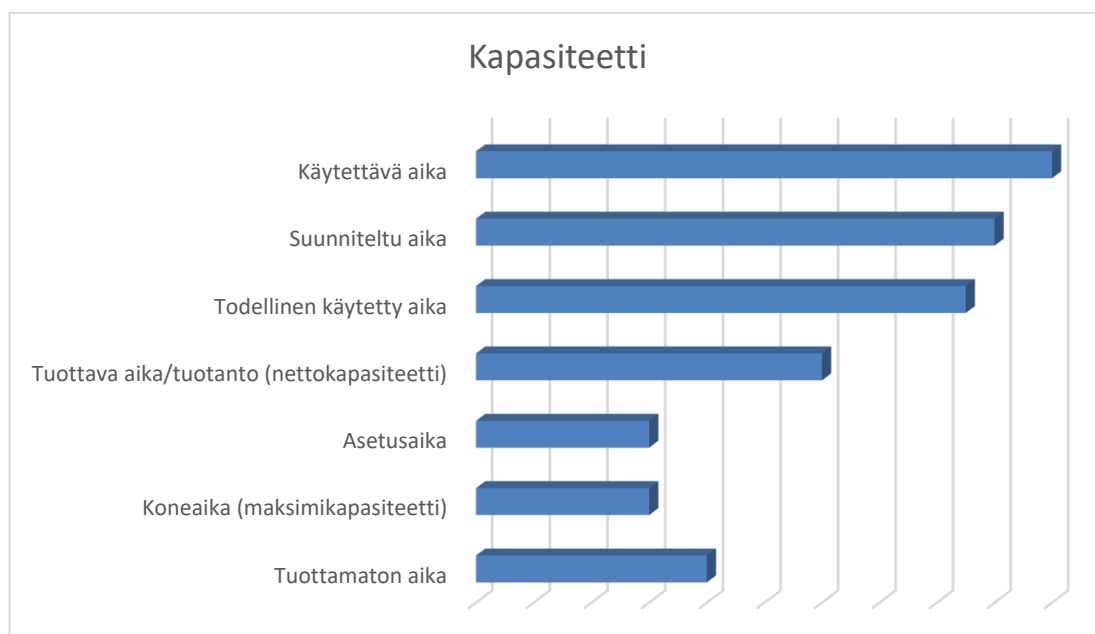
Koneiden määrittelyssä apua haetaan määrittämällä tuotteille ja niiden variaatioille oma moduuli. Jokaisella moduulilla on oma etukäteen suunniteltu prosessi, jossa on määritelty kuormitettavat koneet. Vakioituilla moduuleilla saavutetaan toistettavuutta, tuottavuutta sekä laatua. Hyödyntämällä moduuleita saadaan koko prosessin kokonaiskustannukset helpommin selville. Tuntemalla moduulin kokonaiskustannukset on helpompi määrittää tuotteen kannattava kate. (Lahti & Tuominen 2010, 89, 132 – 133.) Aurubis Finland Oy:llä moduulit ovat määriteltyinä erilaisin tuotekoodein.

4.2 Kapasiteetti

Tehokkaaseen prosessiin tarvitaan ajankohtaisia tietoja koneiden kapasiteeteista. Kapasiteetti määritellään tuotantokykyä mittaavana datana, joka kertoo prosessin koneen enimmäissuorituskyvyn tietyssä aikamääreessä (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 399). Valssaamossa suoritettavat laskelmat ovat yksikössä kg/tunnissa. Laskelmat ovat teoreettisia maksimitehokapasiteettiarvoja. Teoreettisen maksimitehokapasiteetin määrittämisen jälkeen kyetään määrittämään joko koneen tai moduulin nettotehokapasiteetti. Nettotehokapasiteetti on koneesta riippuen tietty prosenttiosuus

teoreettisesta maksimitehokapasiteetti-arvosta. Osuuden suuruuteen vaikuttaa esimerkiksi koneiden rikot, hukka ja asetusajat. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 400.)

Kapasiteetti määritellään usein koneajan perusteella. Koneelle määritetään käytettävissä oleva aika, joka paloitellaan niin tuottavaan kuin tuottamattomaan aikaan. Tuotava aika jaotellaan vielä asetusajkaan, koneaikaan sekä käsiaikaan. Kaaviossa 1 kuvataan esimerkkijaottelua kapasiteetin määrittelyssä. Taulukossa kapasiteetin määrittää aika. Maksimitehokapasiteetin muuttaminen nettotehokapasiteetiksi on usein laskennallinen. Laskennoissa oletetaan muun muassa tietty prosenttiosuus niin poissaoloille kuin konekannan käytettävyydelle. (Rahiala 1985, 90.)



Kaavio 1. Kapasiteetin jaottelu (Rahiala 1985, 90)

Lean filosofian mukaisesti pyritään vähentämään niin tuottamatonta aikaa kuin asetus-aikaa. Vaikka asetusaja lasketaan tuottavaan aikaan, tulee sitä pienentää, koska silloin ei hyödynnetä koneiden maksimitehokapasiteettia. Pienentämällä asetusajoja sekä tuottamatonta aikaa, kyetään lisäämään koneaikaa, jolloin hyödynnetään koneen maksimitehokapasiteettia.

5 ALAVIRTA

Alavirran leikkurit ja pakkausasemat ovat Valssaamossa viimeisiä vaiheita ennen asiakkaalle lähettämistä. Tämän takia materiaalin laatuun kiinnitetään paljon huomiota. Tämä hidastaa omalta osaltaan koneiden tehoa, sillä harvoin leikkurit pystyvät ajamaan maksiminopeutta ja tuottamaan laadukasta tuotetta asiakkaalle. Ajonopeuteen vaikuttavat laaduntarkkailun lisäksi erilaiset materiaaliominaisuudet ja leikattavan tuotteen rajoitukset. Pakkausasemien hidasteena on usein riippuvaisuus trukeista ja suuri käsiasetus aika.

Alavirran koneiden automaattinen käyntiaika vaihtelee 6 – 30 % välillä. Tämä aika on siis arvoa tuottavaa, maksimitehokapasiteettiin kuuluvaa aikaa: kone leikkaa asiakkaan tuotetta tai esimerkiksi halkaisee rullaa muiden koneiden hyödynnettäväksi. Muu aika, koneesta riippuen 70 – 94 % kuluu asetusaikeisiin sekä arvoa tuottamattomaan aikaan.

5.1 Nauhaleikkurit

Valssaamossa on yhteensä neljä pääasiallista nauhaleikkuria. Jokaisella nauhaleikkurilla on omat paksuutensa tai leveytensä mitä sillä kyetään leikkaamaan. Nauhaleikkurit työskentelevät joko kolmi- tai viisivuorokierrossa.

Nauhaleikkurilla 1201 leikataan leveää nauhaa. Kapeimmillaan koneella leikataan 340 mm levyistä tuotetta. Leveimmillään kone kykenee leikkaamaan 1130 mm levyistä nauhaa. Paksuuksissa pääpaino on yli 1 mm paksuisissa tuotteissa, mutta koneella kyetään leikkaamaan 0,13 – 2,5 mm paksuisia tuotteita. Monipuolisuuden takia koneen ajot jaoteltiin viiteen eri käyrästöön: lujitukseen/oikaisuun, leikkaukseen, reunaukseen, reunapyöritykseen sekä teippaukseen. Näille jokaiselle määriteltiin keskimääräinen ajonopeus yhdessä koneenkäyttäjien kanssa. Normaali ajonopeus on 100 m/min. Pienimmillään nopeus on teippauksessa. Muiden leikkauksien nopeudet jakaantuvat 40 – 100 m/min välille.

Nauhaleikkuri 1202 leikkaa muuntaja- ja muuta teollisuuteen käytettävää nauhaa. Kapeimmillaan koneella kyetään leikkaamaan 15 mm leveää nauhaa. Leveimmillään tuote voi olla 750 mm leveä. Paksuudet vaihtelevat 0,2 – 2 mm välillä. Koneella ei käytetä nopeusyksikkönä metriä minuutissa, vaan nopeus määritetään vetokelan kierrosnopeuden mukaan. Kierrosnopeus muutettiin kapasiteettiteholaskennoissa m/min laskennallisesti ja koneenkäyttäjän kokemuksen avustuksella, jotta se olisi yhtäläinen muiden leikkureiden ja muiden koneiden kanssa. Koneella ajetaan pääasiassa 45 – 50 m/min. Yhdessä koneenkäyttäjän kanssa määriteltiin 45 m/min laaduntarkkailunopeudeksi ja 50 m/min perusnopeudeksi.

Uusin leikkuri valssaamossa on nauhaleikkuri 1204. Koneella leikataan 0,2 – 2,5 mm paksuista tuotetta. Kone on suunniteltu siten, että se kykenee tarvittaessa leikkaamaan liki mitä tahansa Alavirran nauhaleikkurin tuotetta. Minimissään leikattava nauha voi olla leveydeltään 29 mm ja leveimmillään 1100 mm. Ajonopeuteen vaikuttaa paljon materiaalin kovuus sekä nauhan leveys. Kovat ja leveät, yli 100 mm, kyetään leikkaamaan jopa nopeudella 150 m/min. Sen sijaan pehmeät ja/tai kapeat leikataan 40 – 60 m/min vauhdilla. Teoreettinen maksimitehokapasiteetilaskenta laskettiin 120 m/min ja 50 m/min nopeuksilla.

1206 leikkurilla leikataan pääasiassa 0,13 – 1 mm paksuisia nauhoja. Paksuimmillaan koneella kyetään leikkaamaan 1,3 mm paksuista tuotetta. Pääasiassa koneella leikataan muuntaja- ja kaapelinauhaa. Koneen pääpaino on pitkissä kaapelijaajoissa. Kapeimmillaan kyetään leikkaamaan 19,5 mm levyistä nauhaa ja leveimmillään nauha voi olla 700 mm leveä. Pääasiassa kaikki tuotteet leikataan 100 m/min vauhdilla. Mikäli tuote kuitenkin on hankalaa ajettavaa esimerkiksi paksuuden, kovuuden tai leveyden takia, tuotetta leikataan hieman hitaammin, noin 50 – 70 m/min. Sen sijaan osa tuotteista kyetään ajamaan jopa 150 m/min. Maksimitehokapasiteetti on kuitenkin laskettu 100 m/min kanssa, koska se on pääosin koneella käytettävä nopeus.

5.2 Levyleikkurit sekä pyöryläleikkuri

Levyleikkauskoneet sekä niiden pakkausasemat lasketaan kuuluvan Alavirtaan. Levyleikkureita on kaiken kaikkiaan kolme kappaletta. Osa muista koneista pystyy myös

tekemään jonkinasteisia levyleikkauksia, mutta niiden pääasiallinen toiminta on jokin muu ja siksi niitä ei lasketa tähän mukaan. Pyöryläleikkureita on Valssaamossa vain yksi.

1,5 mm ja sitä ohuimmat levyt leikataan levyleikkurilla 1300. Minimipaksuus koneella on 0,3 mm. Levy voidaan leikata minimissään 400 mm ja maksimissaan 6,5 m pituiseksi. Levyn leveys voi vaihdella 200 mm ja 1150 mm välillä. Mikäli lähtörullaa ei ole reunattu, on lähtöleveyden oltava vähintään 425 mm. Ajonopeuden määrittelee koneen leikkaaja aina tuotteesta riippuen. Koneella 1300 pakataan tuote suoraan leikurin jälkeen. Mikäli pakkaukseen tulee monta levyä, voidaan koneella leikata hieman nopeammin. Kun taas pakkauksen on pieni tai hankala, leikataan levyjä hieman hitaammin, jotta valmis tuote ehditään pakata. Keskimääräiseksi ajonopeudeksi määriteltiin 10 m/min.

Levyleikkuri 1321 leikkaa paksuimmillaan 6,5 mm paksuisia levyjä. Minimissään levyn paksuus on 1,5 mm. Levyt voivat olla pituudeltaan 1 – 4 m välillä. Leveydeltään levyt vaihtelevat 550 – 1140 mm välillä. Levyleikkuri 1321 toimii vakionopeudella 15 m/min.

Pienlevyleikkurilla 1322 leikataan 2 – 12 mm paksuista, koneen nimensä mukaisesti pieniä levyjä. Levyjen maksimimita on 3450 mm ja minimissään levy voi olla leveydeltään 120 mm. Pääasiallisesti koneella leikataan 1000 x 2000 mm levyjä, painolevyjä sekä kaistoja. Painolevyt ovat kooltaan 457 x 457 – 914 x 559 mm väliltä olevia hopeakupari – levyjä. Painolevyt menevät jännityksenpäästöön uunille 1118/1117 leikkauksen jälkeen, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Uunissa hehkutetut levyt pakataan pakkausasteella 1432. Kaistat määriteltiin 120 x 500 – 500 x 2000 mm välillä oleviksi levyiksi.

Pienlevyleikkurilla 1322 ei käytetä ollenkaan automatiikkaa, vaan leikkaaja ja apulainen käyttävät leikkuria pääasiassa käsiajolla. Yhdessä koneenkäyttäjien kanssa määriteltiin, kuinka monta kappaletta realistisesti kyetään leikkaamaan tunnissa. Niin sanottuja isoja levyjä (1000 x 2000 mm tai enemmän) määriteltiin leikattavan ja pakattavan noin 12 kpl tunnissa. Mikäli isoja levyjä teipattiin ennen leikkausta, tiputti se tehon 8

kappaleeseen tunnissa. Painolevyjä ja kaistoja kyetään leikkaamaan noin 500 kg/h samalla, kun ne joko pakataan asiakkaalle tai uunia 1118/1117 varten. Hankaluuksia asetti myös maksimikapasiteetin määrittämisessä samanaikainen pakkaus koneella 1430. Tämän takia pakkaus huomioitiin leikkurin maksimikapasiteetin määrittelyssä ja pakkausaseman teho laskettiin pakettien mukaan.

Pyöryleikkuri 1323 leikkaa halkaisijaltaan 250 – 1050 mm levyisiä kupariympyröitä. Materiaalin paksuus vaihtelee 0,4 – 2 mm välillä. Seos ei rajoita koneen käyttöä, sillä kaikki leikattavat ympyrät ovat samaa kupariseosta. Ajonopeus on säädetty automaattiseksi: kone leikkaa kolme kappaletta minuutissa. Tällöin tuntitehoksi tulee 180 kappaletta.

5.3 Pakkaus

Pakkausasemat ovat muutamia koneita lukuun ottamatta konekohtaisia. Useimmat tilaukset pakataan leikkuriin joko yhdistetyllä tai välittömässä läheisyydessä sijaitsevalla pakkausasemalla. Mikäli tuote on sellainen, ettei sitä pystytä pakkaamaan omalla pakkausasemalla tai omaa pakkausasemaa ei ole, kuljettaa trukki sen kalvopakkauslinjalle 1402.

Pakkausasemien maksimitehokapasiteetin selvittäminen aloitettiin haastatteleamalla koneenkäyttäjiä. Heiltä selvitettiin eri pakkausasemien rajoitteita niin yksittäisen kiepin kuin pakkauksen suhteen. Mikäli koneella käytettiin automatiikkaa, mitattiin aikaa, joka automatiikkaan kului pakettikohtaisesti. Selvitettyillä rajoitteilla laskettiin kuinka monta pakettia eri koneilla pystyisi pakkaamaan tunnissa. Ajassa ei huomioitu asetusaikaa, mikä on pakkausasemilla hyvin suuri. Selvitettyillä arvoilla kyettiin laskemaan koneen maksimitehokapasiteetti, mikäli tiedetään kieppien paino ja/tai määrä.

Kelauskone ja sen pakkausasema (1120/1401) kuuluvat Alavirran koneistoon. Kelauskoneella kuparirullista leikataan joko kilomääräisesti tai metrimääräisesti oikeankokoisia pikkurullia. Lähtörulla on aiemmin leikattu muilla koneilla oikeaan leveysmittaan.

Pikkurullat voivat olla maksimissaan 250 kg painoisia. Koneella ajettavan kuparin paksuus vaihtelee 0,3 – 1 mm välillä. Rullat voivat olla leveydeltään minimissään 200 ja maksimissaan 1000 mm. Pikkurullia ajetaan noin 12,5 m/min mikäli ajo on alle 40 metriä tai laatua pitää tarkastella erityisen tarkasti. Pitkät kiepit voidaan ajaa 30 m/min. Kelaukskoneella pakkaus 1401 suoritetaan yleensä samanaikaisesti, kun kelataan uutta rullaa. Valmiita pikkurullia menee lavalle 1 - 5 kappaletta. Pakkauksen suojaukseen ja kollitukseen menee noin viisi minuuttia. Tämän mukaisesti lavoja kyetään tekemään 12 kappaletta tunnissa. Rajoittavana tekijänä on kuitenkin trukin ehtivyyys sekä kelaukseen kuluva aika.

1205 on nauhaleikkurin 1204 pakkausasema. Pakkausasemalla pakataan pelkästään koneen 1204 ajettavia tuotteita, mikäli siihen on mahdollisuus. Muutoin tuote lähetetään kalvopakkauslinjalle 1402. Pakkausasemalla 1205 kyetään pakkaamaan minimissään 30 mm ja maksimissaan 200 mm leveitä tuotteita reikä ylöspäin. Maksimipaino on yhdelle kiepille 2000 kg. Yhden nauhan siirto leikkurin orrelta lavalle vie noin 6,5 minuuttia. Maksimissaan koneella voi pakata yhdeksän nauhaa tunnissa, kun pakkaaja työskentelee yksin.

Nauhaleikkuri 1206 pakkausasemalla 1207 pakataan pääasiassa leikkurin omia leikkauksia reikä ylöspäin. Kapeimmillaan nauha voi olla 19,5 mm ja maksimissaan 200 mm leveä. Kääntöpöytä rajoittaa kiepin maksimihalkaisijaksi 1450 mm ja imukupinostin kykenee nostamaan maksimissaan 1500 kg kiepin. Mikäli pakattavassa kiepissä on liian vähän tartuntapintaa imukupinostimelle, asiakas pyytää tuotteen pakattavan reikä vaakatasossa tai tuotteet ovat liian isoja pakattavaksi pakkausasemalla 1207, lähetetään se koneelle 1402 pakkaukseen. Maksimissaan koneella 1207 kyetään pakkaamaan 23 nauhaa tunnissa.

Kalvopakkauslinja 1402 sijaitsee aivan Alavirran perällä. Koneella kyetään pakkaamaan tuotteita joko reikä ylöspäin tai v-lavalle vaakatasoon. Maksimissaan paketti voi painaa v-lavalle aseteltuna 5000 kg. Rajoitteena on Alavirran trukin nostokapasiteetti. Reikä ylöspäin pakattavat eli niin sanotut käännettävät nauhat ovat maksimipakkaukkooltaan 2500 kg ja noin metrin korkuisia. Nämä rajoitteet määrittelevät linjan alussa oleva kääntöpöytä. Pääasiassa pakkauskoko vaihtelee 50 – 2000 kg välillä.

Pakattavat nauhat voivat olla leveydeltään minimissään 20 mm ja maksimissaan kääntöpöydän maksimimita, mikäli tuote ohjeistetaan kääntämään. V-lavalle pistettävät nauhat voivat olla leveydeltään pidempiä, maksimissaan kuitenkin 1130 mm. Koneeseen mahtuu kerrallaan kuusi pakettia. Paketti kulkeutuu tyhjän koneen läpi noin kolmessa minuutissa. Mikäli tuote on käännettävä, tuo kääntäminen radalla oloaikaan minuutin lisää. Ilman asetusajoja voidaan maksimitehokapasiteetilaskentaan käyttää 15 lavaa tunnissa käännettäville ja v-lavoille 20 lavaa tunnissa. Koneella on kuitenkin hyvin suuri käsiasetusajo, joten nämä lavamäärät eivät ole täysin realistisia.

1432 on pakkausasema, jolla pakataan koneella 1322 leikattuja ja uunilla 1117/1118 hehkutettuja levyjä tai suoraan oikealla mitalla valssattuja levyjä. Levyn maksimipaino on 40 kg, sillä koneella oleva imukuppi ei kykene nostamaan turvallisesti raskaampaa levyä. Levyt pakataan imukupin kanssa käsityönä. Keskimääräinen pakettikoko on 500 kg, maksimin ollessa 1000 kg. Koneenkäyttäjien mukaan paketteja valmistuu keskimäärin noin 2 – 3 kpl puoleentoista tuntiin. Tietoa hyödynnettiin maksimikapasiteetin määrittelyssä.

1435 – numeroisella pakkausasemalla pakataan levyleikkuri 1321 lopputuotteita. Maksimipakkausaino on 2500 kg ja maksimilevypaino 200 kg. Varsinaista minimipainoa ei levyyssä ole, vaan minimin määrää ennemmin levyn mitat. Pakattavan levyn tulee osua useampaan imukuppiin, jotta voidaan taata turvallinen nosto. Pakkausasemalla on automaattinen imukuppinostin ja välipaperin levitys. Ilman välipaperia levyjä kyetään pakkaamaan jopa 120 kappaletta tunnissa. Välipaperin kanssa pakatessa automaatti kykenee pakkaamaan 90 levyä tunnissa.

6 TAHDISTIN

Tahdistimen konekanta on automatisoituneempaa kuin Alavirran koneet. Siksi niiden automaattinen käyttöaikakin on suurempi. Käyttöaste saattaa olla jopa 85 %. Leveyksillä ei ole juurikaan muuta kuin laskennallista merkitystä Tahdistimen alueella, sillä koneilla ei tapahdu leikkausta yhtä poikkeusta lukuun ottamatta. Tahdistimen ajoaikoihin vaikuttaa eniten materiaalin paksuus, seos sekä kovuusaste. Pääosin Tahdistimen valssaimilla työskennellään 5 – vuorossa, kun taas muut välimuokkausvaiheiden koneet työskentelevät pääosin 3 – tai 2 – vuorossa.

6.1 Uunit

Tahdistimen alueella sijaitsee neljä uunia (1111, 1112 ja 1117 ja 1118). Uunit 1117 ja 1118 on yhdistetty siten, että uuneja hoitaa vuorossa yksi työntekijä. Uunit 1111 ja 1112 ovat läpivetouuneja ja 1117 ja 1118 Ebner – uuneja.

6.1.1 Hehkutus

Hehkutus on nimitys lämpökäsittelyprosesseihin, joiden avulla materiaalin ominaisuuksia muutetaan tietyn lämpötila – alueen välillä. Lämpötila on riippuvainen niin materiaalista, kuin hehkutuksen tarkoituksesta. Hehkutus suoritetaan yleensä kylmämuokkauksen jälkeen tai ohessa. Kylmämuokkaus, kuten kylmävalssaus nostaa materiaalin sisäisiä jännityksiä sekä aiheuttaa muita epätoivottuja materiaali muutoksia. Hehkutuksella voidaan pehmentää materiaalia sekä eliminoida materiaalin sisäisiä jännitteitä. Poistamalla materiaalin sisäisiä jännityksiä tai pehmentämällä materiaalia, voidaan materiaalia muun muassa jatkotyöstää ilman murtumia. (Bodycote www – sivut 2018.)

6.1.2 Läpivetouuni 1111

1111 uunin ajoaikaan vaikuttaa seostyyppi sekä paksuus. Uunilla 1111 ajetaan hapetettuja tuotteita, mattatuotteita sekä messinkiä. Koneen rajoitteet leveyden suhteen olivat 660 – 1060 mm ja paksuudet vaihtelivat 0,45 – 1,5 mm välillä. Mattatuotteita uuni 1111 ajoi kolmea mittaa. Niille oli määritelty valmiiksi tietyt ajonopeudet. Hapetetuille tuotteille ei juurikaan ollut määritelty nopeuksia, vaan niitä seurattiin ajokirjasta. Nyrkkisääntönä kuitenkin pidettiin sitä, että mitä vahvempaa materiaalia, sitä hitaammin tuli ajaa. Yhdessä koneenkäyttäjän kanssa määriteltiin jako, jossa alle 1 mm paksuiset rullat ajetaan nopeudella 5 m/min ja yli 1 mm 4 m/min. Nopeuksissa on aina heittoa riippuen lähtörullan laadusta, mutta nämä koettiin keskimääräisiksi nopeuksiksi. Messinkiä koneella ajettiin aina samaa nopeutta riippumatta siitä, minkä paksuisista tavara on.

6.1.3 Läpivetouuni 1112

Läpivetouunilla 1112 ajoaikaan vaikuttaa samat ominaisuudet kuin uunilla 1111. Koneen rajoitteet leveydessä oli 500 – 1140 mm ja paksuudessa 0,12 – 1,85 mm. Ohuet tuotteet kyetään ajamaan nopeammin kuin paksut. Nopeimmillaan tuotetta kyetään ajamaan 52,5 m/min seoksilla XLP, ETP ja HCP, kun materiaalin paksuus on 0,3 mm tai alle. Seos XLP on deoksidoitu kupari, jolla on hyvin pieni fosforipitoisuus. Seoksella on erittäin hyvä muokattavuus ja kestävyys. ETP – seoksella käsitetään elektrolyttikupari ja HCP on suurijohteinen seos, joka on happipitoinen ja sisältää vain vähän fosforia. Hitaimmillaan tavara kulki 8,5 m/min seoksella DHP ja DLP paksuudella 1,8 mm. DHP on runsasfosforinen kupari, kun taasen DLP on matalafosforinen kupariseos.

6.1.4 Ebner – uunit 1117/1118

Ebner – uunit 1117/1118 suorittavat Valssaamossa jännityksenpäästö- ja pehmenys-hehkuksia. Kuparirullat tai levyt ”panostetaan” hehkuusalustoihin. Seoksesta riippuen uuniaika vaihtelee 6 tunnista 14 tuntiin. Pääosin käytössä on maksimissaan neljä hehkuusalustaa kerrallaan. Jokaiseen hehkuusalustaan voidaan panostaa joko kaksi leveää rullaa, yli 760 mm per rulla, tai kolme kapeaa, alle 760 mm per rulla. Maksimi-levyys panokselle on 2,5 m. Painoltaan panokset voivat vaihdella muutamasta tonnista liki 15 tonniin. Pyrkimyksenä kuitenkin rullille on se, että hehkuusalustassa olisi noin 10 000 kg materiaalia kerrallaan. Levyissä maksimipanostus on 4,5 tonnia, vaikkakin normaalisti pyritään panostamaan hehkuusalustaan kerrallaan noin 3 - 4 tonnia. Suurin osa levyistä käsitellään uunilla 1118, koska 1117 pituusrajoitus levyille on 1,2 m.

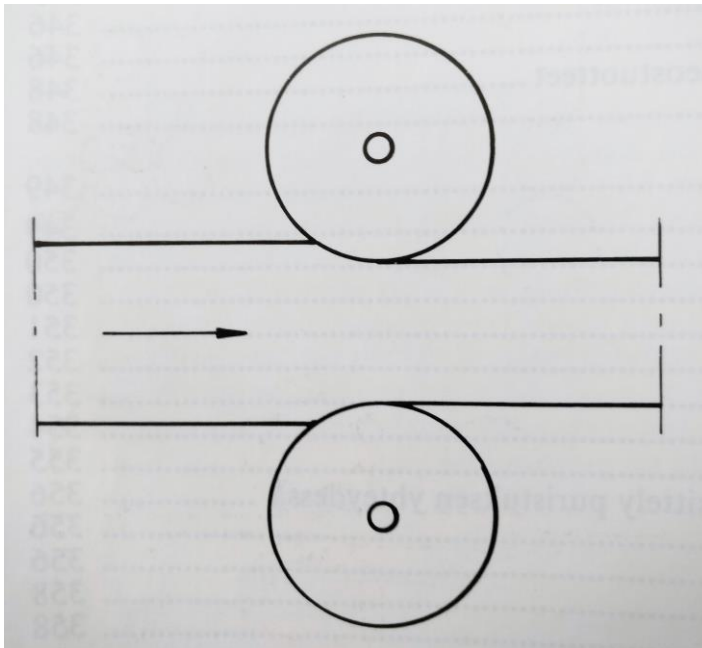
Maksimitehokapasiteettia lähdettiin selvittämällä eri seosten uuniajat eri hehkuksilla. Samalla selvitettiin, mitä rajoituksia on 1117 ja 1118 välillä. Osaa seoksista ei ollut ohjelmoitu uunille 1117, jolloin niitä voidaan hehkuuttaa vain 1118 hehkuusalustoilla. Ohjelmien antamat ajat jaettiin oletetuilla panostusmäärillä, jolloin saatiin uunien tehot tunnissa. Maksimitehokapasiteetti laskettiin kahden pöntön käytöllä. Uuni-tehoajoissa ei otettu huomioon jäähdytysaikoja, jotka kasvavat aina panoksen painon mukaan. Jäähdytysajat on otettu huomioon niin sanotussa takaodotusajassa, joka lasketaan asetusaikeihin.

6.2 Valssaimet

Tahdistimen alueella sijaitsee kolme valssainta; 1101, 1102 ja 1105. Kaikki kolme ovat kylmävalssaimia. Näistä 1105 on viimeistelyvalssain, 1102 ja 1101 ovat karkeavalssaimia. 1101 suoritetaan muokkauksia aina 12 mm lähtötuotteesta 0,33 mm lähtötuotteeseen sekä laatan valssausta. 1102 pääpaino on alle 3,5 mm paksuisten tuotteiden valssausta.

6.2.1 Valssaus

Kuparin muovaaminen valssaamalla tapahtuu syöttämällä tuote kahden pyörivän työvalssin väliin. Tuotteen ohittaessa työvalssit, ohenee lähtötuotteen paksuus työvalssien välisen raon mukaisesti. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1995, 336.) Työvalssien välistä rakoä pienennetään aina materiaalin ohetessa. Tätä kulkeumaa työvalssien läpi kutsutaan pistoksi. Kuvassa 3 kuvataan valssauksen peruseriaatetta, pistoa.



Kuva 3. Valssauksen peruseriaate (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen. 1995, 336).

Pääosin Valssaamossa valssataan maksimissaan 30 % reduktion pistoilla rullatuotteita. Tämä tarkoittaa sitä, että yhden piston aikana lähtörullatuote ohenee maksimissaan 30 %. Laattoja ohentaessa reduktio voi olla suurempikin, riippuen aina ominaisuuksista, joita lopputuotteeseen halutaan.

Kylmävalssauksella kyetään ohentamisen lisäksi parantamaan lähtötuotteen pinnanlaatua. Mikäli kylmävalssaukseen yhdistää hehkutuksen, voidaan muokata lähtötuotteeseen haluttu kovuus- ja lujuusaste. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1995, 344.)

6.2.2 Kylmävalssain 1101

Valssaimen 1101 muokkauksen kautta kulkee iso osa Valssaamon tuotteista. Koneen käsittelemät rullat ovat painoltaan 2000 – 6000 kg, joiden leveydet vaihtelevat 660 – 1150 mm välillä. Rullien lisäksi koneella valssataan myös laattoja. 1101 valssaimella valssattavien laattojen paksuudet vaihtelevat 4,87 – 100 mm välillä. Rullatavara on paksuimmillaan lähtötuotteena 13 mm ja ohuimmillaan lopputuotteena 0,11 mm. Pistojen määrä vaihtelee rullatavarassa 1 – 15 piston ja laatan 2 - 6 piston välillä. Pääosin pistojen määrä vaihtelee rullassa 1 – 8 välillä.

Pistojen määrän vaihteluun syitä ovat muun muassa:

- kokonaisreduktio
- materiaalin kovuus/pehmeys
- seos

Keskimäärin muokkausprosentti on noin 27 – 30 % per pisto, mutta mitä ohuempi valssattava tuote on, sitä pienempää muokkausprosenttia tulee käyttää. Osaa seoksista pitää myös muokata huomattavasti 30 prosenttia pienemmällä muokkausprosentilla, koska muutoin materiaaliin saattaa tulla epätoivottuja ominaisuuksia, kuten esimerkiksi reikiä, hilsettä tai venymää.

Valssaimen 1101 ajonopeus vaihtelee paljon tuotteen ja sen ominaisuuksien perusteella. Jotta saataisiin realistinen maksimitehokapasiteetti määriteltä, on ajot jaettava muutamaankin eri kategoriaan; laatan ajon, jyritystä rullasta loppumittaan ja välivaihemittaan, uudelleenvalssattaviin ja holkkiajoihin.

Jyritytty rulla on alkupaksuudeltaan 10 – 13 mm välillä. Loppumittaan valssatessa se valssataan 2,5 mm ja 0,33 mm välille. 0,33 millimetrin paksuuteen valssatessa pistomäärä on keskimäärin kahdeksan.

Välivaihemittaan valssatessa paksuudet vaihtelevat 3 – 6,7 mm välillä. Pääosin välivaihemittavalssaus suoritetaan 2 – 4 pistolla. Välivaiheeseen valssattavat tuotteet kulkeutuvat Ebner – uuneille, peittäuskoneelle tai valssille 1102.

Uudelleen valssattavat tuotteet ovat tuotteita, jotka ovat aikaisemmin valssattu välivaihemittaan, mutta ovat käyneet esimerkiksi jännityksenpäästöhehkutuksessa Ebner – uuneilla. Tällöin lähtöpaksuus on jo 6,7 ja 3 mm välillä. Uudelleenvalssaus tapahtuu korkeintaan kahdella pistolla, pääpainon ollessa yhden piston uudelleenvalssauksessa. Materiaalin paksuus ei muutu merkittävästi uudelleenvalssauksessa. Uudelleen valssauksen valmiin tuotteen tavoitepaksuus vaihtelee 2 – 6 mm välillä.

Holkkiajossa paksuimmillaan valmis tuote on noin 0,8 mm. Pääpaino on kuitenkin tuotteissa, joiden lähtöpaksuus ennen suoritettavaa ajoa on noin 0,6 mm. Nämä valssataan yleensä kahdella pistolla 0,22 mm paksuuteen. Ohuimmillaan lähtötuote on 0,33 mm ja se valssataan kahdella pistolla 0,145 mm paksuuteen. Holkkituotteet päätyvät pääasiassa uunille 1112 jatkokäsittelyyn.

Laatta-ajossa muokkausprosentti vaihtelee 10 – 55 % välillä. Lopputuotteiden paksuusvaihtelu on 100 millimetristä 4,87 millimetriin. Enimmillään pistoja on kuusi kappaletta ja vähimmäispistomäärä on kaksi. Laatanajossa pistot tulee olla parillisia, mikäli laatta pestään. Tällöin se voidaan siirtää suoraan valssaimen omalle pesukoneelle 1132. Laatta-ajossa maksiminopeudeksi on vakioitu työturvallisuuden takia 9 m/min.

1101 ajonopeuksiksi määriteltiin normaalissa rulla-ajossa 60 – 140 m/min, ensimmäisen piston ollessa 60 m/min ja nopeuden noustessa pistojen määrän kasvaessa. Kaapelinauhoja ajettaessa 1. piston ajonopeus tuli laadullisen tarkkailun takia olla huomattavasti hitaampi kuin normaalin rullan ensimmäinen pisto. Ensimmäisen piston nopeudeksi kaapelinauhoille määriteltiin 25 m/min. Loput kolme pistoa voitiin ajaa samoilla nopeuksilla kuin muutkin rulla-ajot. Vaikka nopeudet eivät varsinaisesti ole jokaiselle tuotteelle samat, ovat nämä keskiarvonopeuksia pistoille.

6.2.3 Kylmävalssain 1102

Kylmävalssain 2 (1102) lähtötuotteen paksuus vaihtelee 3 ja 4 mm välillä. Pääpaino on kuitenkin 3 mm paksuisessa lähtötuotteessa. Lopputuotteen paksuus vaihtelee 3,5 ja 0,127 mm välillä. Minimissään koneeseen syötettävän rullan leveys tulisi olla 500 mm ja maksimissaan leveys saa olla 770 mm. Valssaus tapahtuu emulsion avulla, 1 –

7 pistolla. Piston muokkausprosentti on pääasiassa 30 % lähtötuotteesta, ohuella tuotteella sen ollessa pienempi, kun taas paksulla voi olla huomattavasti suurempi muokkausprosentti per pisto. Rullaa saatetaan hehkuttaa pistojen välillä uunilla 1112.

Myös kylmävalssaimen 1102 ajonopeuksiin vaikuttaa samat seikat kuin kylmävalssaimella 1101. Sen lisäksi valssaimen 1102 rajoittimena on päämoottorin ampeerit. Ensimmäinen pisto peräkelalta tapahtuu maksimissaan 100 m/min nopeudella, sillä kela ei kykene pyörimään nopeammin. Pistot 2 – 7 voidaan ajaa nopeammin, koska peräkelä ei ole käytössä. Tällöin valssainta voidaan käyttää jopa maksiminopeudella 200 m/min. Laadullisesti ei kuitenkaan ole järkevää aina ajaa 200 m/min, vaan yleensä nopeutta nostetaan pisto pistolta. Keskiarvoksi määriteltiin 150 m/min pistoille 2 – 7.

6.2.4 Viimeistelyvalssain 1105

1105 on niin sanottu viimeistelyvalssain. Valsattavat rullat ovat painoltaan 1000 – 7000 kg. Pääasiassa viimeistelyvalssaus tapahtuu yhdellä pistolla. Lähtörullan paksuus vaihtelee 0,14 – 4 mm välillä ja valmiin rullan paksuus 0,12 – 3,5 mm välillä. Rullan leveydet ovat minimissään 600 ja maksimissaan 1100 mm. Valssaimen maksiminopeus on 230 m/min, mutta sitä kyetään ajamaan hyvin harvoin. Nopeutta rajoittaa valssaimen kestävyys: rullat kestävät vain 200 kN voiman. Pääosa ajoista ajetaan 30 – 150 m/min vauhdilla. Keskiarvonopeudeksi määriteltiin noin 90 m/min huomioiden kuitenkin sen, että mitä enemmän laatua pitää tarkkailla, sitä pienempi ajonopeuden on oltava.

6.3 Valssaimen pesukone

Tahdistimen alueella sijaitseva levypesukone 1132 on kiinteästi yhteyksissä valssaimen 1101, joka konetta käyttää pääasiallisesti. Satunnaisesti siinä saatetaan pestä myös muita suhteellisen painavia levyjä.

Pesukoneella 1132 pestään suora levy puhtaaksi emulsioista, lastuista ja hapettumista. Koneella ei tapahdu leikkausta tai muuta materiaalimuutosta. Koneen rajoitteena on levyjen kuivuminen. Puhallin ei ehdi kuivata levyä kunnolla maksiminopeudella, joten

käyttönopeus on huomattavasti pienempi kuin maksiminopeus. Koneen nopeusasteikko on 1 – 10 ja yleisimmin on käytössä asetus 3. Asetuksella 3 radat liikkuvat 12 m/min. Maksimitehokapasiteetti laskettiin tällä arvolla.

Koneelle tuleva materiaalin kokorajoituksia on leveyden suhteen maksimi 1150 mm ja minimi on 660 mm. Paksuimmillaan koneessa voidaan ajaa 40 mm paksua laattaa, ohuimman laatan ollessa hieman alle 5 mm paksu.

6.4 Hitsikone ja patinalinja

Hitsikoneella 1120 nimensä mukaisesti hitsataan kuparirullia yhteen, reunataan ja leikataan eri levyisiä nauhoja. Kuparin paksuus vaihtelee 1,6 mm ja 4 mm välillä, eikä siihen tapahdu koneella muutoksia. Valmiin tuotteen leveys on 30 – 1000 mm välillä. Kapeita nauhoja leikatessa hyötyleveys on kuitenkin laskettu minimiarvolla 200 mm. Koneen ajonopeuteen vaikuttavat reunaromut, materiaalin kovuus sekä paksuus. Koneella tapahtuva reunaus on 2 – 3 mm tuotteille ja sitä ajetaan 15 – 20 m/min. Pehmeään ajoaika laskettiin tiputtamalla kovan nopeutta keskimäärin 25 %. Yhdistetyllä reunauksella ja hitsauksella ajonopeus oli 15 m/min.

Leikkauksessa nauhan ajonopeuteen vaikutti tuotteen kovuuden ja pehmeuden lisäksi kuparin paksuus. Reunaromujen koolla on myös merkitystä: alle 20 mm reunaromu per reuna vaikeutti ajoa katkeamisvaaran takia. Tämän takia konetta ajetaan näissä tilanteissa hitaammalla nopeudella. Tällöin mahdolliseen romun katkeamiseen kyetään reagoimaan ennen vaaratilannetta.

Mitä paksumpaa ja pehmeämpää leikattava tuote on, sitä hitaammin sitä kyettiin laadukkaasti ja turvallisesti leikkaamaan. Alle kahden millin paksuinen ja kova lähtötuote kyetään leikkaamaan 10 m/min vauhdilla, kun taas yli 4,1 millin paksuinen kova lähtötuote leikataan 6 m/min vauhdilla.

Patinalinja 1160 ei varsinaisesti sijaitse Valssaamossa, vaan Nordic Centerissä. Nordic Center sijaitsee samalla alueella kuin Valssaamo, mutta eri hallissa. Se kuitenkin lasketaan Valssaamon konekantaan. Patinalinjalla nimensä mukaisesti pintakäsitellään kupari asiakkaan tarpeiden mukaan. Pääasiassa linjan tuotteita käytetään rakennusten pinnoilla koristeena. Linja kulkee vakionopeutta 2,2 m/min laadukkaan patinoinnin saavuttamiseksi. Käsiteltävän kuparin paksuus vaihtelee 0,5 – 2 mm, pääpaino ollen 0,6 – 0,7 mm välillä. Rullien leveys on minimissään 500 mm ja maksimissaan 1200 mm.

6.5 Rasvanpoisto- ja peittäuslinja ja peittäuskone

RP – linja eli rasvanpoisto- ja peittäuslinja 1150 poistaa kuparin pinnalta mahdolliset oksidimuutokset sekä öljyjäämät edellisiltä vaiheilta. Osassa tuotteista saatetaan myös suojata pinta, jotta oksidikerrostumia ei pääse syntymään. 1150 ajettavien rullien paksuus vaihtelee pääosin 0,12 – 1,6 mm välillä. Satunnaisesti koneella saatetaan ajaa myös vahvempaa tuotetta. Hyötyleveydet vaihtelevat 630 – 1135 mm välillä.

Ajonopeuteen vaikuttaa materiaalin paksuus. Ohuempi materiaali kyetään ajamaan nopeammin kuin paksu. Nopeuden suurin määrittävä tekijä on kuparin kuivuminen pesun jälkeen. Pääosin tuotteita ajetaan 20 – 25 m/min. Koneenkäyttäjien avulla määriteltiin keskiarvonopeudet tietyille mittaväleille. Alle 1 mm tuotteet laskettiin 24 m/min nopeudella, kun taas yli 1,4 mm tuotteet laskettiin 17 m/min vauhdilla. 1 – 1,39 mm tuotteiden nopeudeksi määriteltiin 20 m/min.

Peittäuskoneella (1140) käsitellään rikkihapolla kuparin pintaa. Tämä poistaa epäpuhtauksia liuottamatta kuitenkaan itse kuparia. Peittäuskoneelle tulevien rullien paksuudet vaihtelevat 0,6 – 6,7 mm välillä ja leveydet 600 – 1130 mm välillä. Ajonopeuteen vaikuttaa paksuuden lisäksi laatu: mikäli lähtörullassa on ryppyä tai muuta laatuvirhettä, on ajonopeutta hidastettava. Pääasiassa koneella ajetaan kuitenkin noin 10 m/min. Peittäuskoneella suoritetaan myös mattarullien ajoa. Mattarullat ajetaan hie- man hitaammin laadullisten seikkojen takia, noin 6 – 7 m/min. Näillä luvuilla suori- tettiin myös laskenta.

7 YLÄVIRTA

Ylävirran konekantaan kuuluu karkeamuokkauksia suorittavia koneita. Tuotteiden paksuus on suurempaa kuin Alavirrassa ja Tahdistimessa. Ylävirran konekantaan kuuluu askelpalkkiuuni, kuumavalssi, erilaisia jyrsimiä, saha ja pesulinja. Ylävirta työskentelee pääosin 2-vuorossa, sillä koneet pystyvät tuottamaan materiaalia enemmän kuin Tahdistin tai Alavirta kykenee käsittelemään.

7.1 Askelpalkkiuuni

Askelpalkkiuunissa 1011 lämmitetään valimoista tulleet, kuumavalssille menevät laatat. Askelpalkkiuuni on ensimmäinen vaihe Valssaamossa. Uunissa lämmitettävät laatat ovat paksuudeltaan 110 – 250 mm välillä. Kapeimmillaan lähtölaatta on 730 mm ja leveimmillään 1160 mm. Lähtölaattojen pituudet vaihtelevat 1250 mm ja 3600 mm välillä. Seos ei juurikaan vaikuta uunissaoloaikaan, vaan rajoitteena on lähinnä paksuus. Mitä paksumpi lähtölaatta on, sitä pidempään sitä tulee lämmittää ennen kuumavalssainta. Keskimäärin laatat ovat uunissa noin kaksi ja puoli tuntia. Kapeita laattoja menee uuniin 16 kerrallaan, kun leveitä mahtuu 12. Alle 1500 mm pitkät laatat mahtuvat uuniin kaksi rinnakkain.

7.2 Kuumavalssain

Kuumavalssissa valssataan askelpalkkiuunissa kuumennettuja, valimoista tulleita laattoja alkumittoihin ennen muita käsittelyjä. Koneella ajetaan rulla 10 – 13 mm paksuiseksi ja niin sanotut ”pätkät” 10 – 200 mm paksuiseksi. Pätkät ovat suoraksi jääviä tuotteita, kun taasen rullatuotteet kelataan ennen valssaimelta lähtöä. Normaali pistomäärä rullalle on noin 10 – 12. Koneelle on valmiiksi asetettu erilaisia pistosarjojaohjelmia, joista selviää, mikä tuote tulee ajaa milläkin pistomäärällä. Eniten pistojen määrään vaikuttaa tuotteen paksuus, seoksella ei ole suurta roolia. Olettamuksena voidaan kuitenkin pitää sitä, että normaalivalssaus ajetaan kymmenellä pistolla ja maksiminopeudella 112 m/min.

Kuumavalssaimella suoritetaan myös niin sanottuja kavennuspistoja. Kavennuspistoja suoritetaan silloin, kun askelpalkkiuunista tuleva lähtölaatta on leveämpi kuin haluttu lopputuote. Valssatun tuotteen leveydet vaihtelevat 1150 – 660 millimetrin välillä. Kavennuspistot vaikuttavat pistojen määrään. Kaventaessa ajetaan ylimääräisiä pistoja, normaalin maksimimäärän ollessa yhteensä 12 pistoa. Pistomäärän lisäksi kavennus vaikuttaa ajonopeuteen. Kavennuspistot ajetaan yleensä neljän ensimmäisen piston aikana, näiden pistojen aikana nopeus on 90 m/min. Loput pistot voidaan ajaa normaalilla maksiminopeudella.

Pääasiallisesti tuotteen muutosprosentti on piston aikana keskimäärin noin 20 – 30 %. Ensimmäisissä pistoissa muutosprosentti voi olla hyvinkin suuri, mutta tuotteen ohetessa se yleensä pienenee. Rullan loppupaksuus on yleensä ilman kavennuspistoja noin 12,5 mm ja kavennuksen kanssa noin 13 mm.

Pätkiä ajettaessa, eli suoraksi jääviä tuotteita ajetaan samoilla nopeuksilla kuin rulla-tuotteet. Pääasiassa lähtötuotteen paksuus on leveillä 155 mm, kapeilla 180 mm, valimosta tulleilla 200 mm ja paksuimmillaan lähtölaatta on 250 mm paksuinen. Lopputuotteen paksuus voi olla mitä vain 200 – 10 mm välillä. Pistojen määrä mukautuu sen mukaan kuinka paljon lähtötuotteen ja lopputuotteen paksuudessa on eroa. Maksimissaan yhdellä pistolla voidaan ohentaa 20 – 30 mm ja viimeisen piston tulisi ohentaa enintään noin 10 mm. Osalle pätkestä suoritetaan niin kutsuttu pesupisto.

Pesupistolla poistetaan askelpalkkiuunissa syntynyt oksidikerros ennen varsinaista valssausta. Pesupisto ajetaan yleensä nopeudella 33 m/min. Piston jälkeen pätkä jäähdytetään jäähdytystunnelissa. Mitä paksumpi pätkä on, sitä hitaammin se kulkee tunnelissa. Alle 30 mm paksuiset pätvät kulkevat tunnelissa 25 m/min nopeudella, kun taas yli 150 mm paksuiset 5 m/min. Pesupisto suoritetaan yleensä tuotteille, jotka siirtyvät valssilta ilman jyräintä suoraan sahalle leikkaukseen ja pakkaukseen.

7.3 Jyrsimet

Valssaamon Ylävirrassa sijaitsee kaksi erilaista jyrsintä: 1 – puolinen jyrsin (1016) sekä 2 – puolinen jyrsin (1015). Jyrsinnässä poistetaan kuumavalssauksessa syntynyt hapettunut kerros. Kaksipuolisella jyrsimellä käsitellään rullia, kun taas yksipuolisella jyrsimellä käsitellään pätkiä.

Rullia jyrsvä 1015 sijaitsee kuumavalssaimen läheisyydessä. Siihen tulevien rullien lähtöpaksuus vaihtelee 11 – 13 mm välillä ja lopputuotteen paksuus on 10 – 12 mm välillä. Rullien leveydet ovat samanlaiset kuin Valssaamon muissakin koneissa: pienimmillään leveys on 660 mm ja leveimmillään 1150 mm. Rullien paino vaihtelee 3500 kilogrammasta 6000 kilogrammaan. Jyrsimen ajonopeuteen vaikuttaa moni seikka: tuotteen seos, leveys, paksuusero lähtötuotteen ja lopputuotteen välillä sekä terien kunto. Pääasiassa koneella kuitenkin ajetaan sen maksiminopeutta, 15 m/min. Hankalimmissa tilanteissa ajetaan kuitenkin hitaammin, esimerkiksi terien kierron loppulla. Koneen maksimitehokapasiteetti laskettiin perusnopeudella 15 m/min.

1 – puolisessa jyrsimessä tuote kulkee kaksi kertaa koneen läpi. Tällöin kummatkin pinnat saadaan jyrsvettyä hapettuneesta kerroksesta. Koneelle tuleva tuote voi olla maksimissaan 70 mm paksu ja lopputuotteen paksuus vaihtelee 9 – 69 mm välillä. Pääsääntönä on, että yhden jyrsinnän aikana poistetaan paksuudesta keskimäärin 0,6 mm. Tällöin lähtötuotteen ja lopputuotteen välinen paksuusero on keskimäärin 1,2 mm. Kone käsittelee levyjä ja laattoja, joiden leveys vaihtelee 660 – 1150 mm välillä. Ajonopeudessa pyritään 7 m/min nopeuteen. Nopeuteen kuitenkin vaikuttaa seos sekä terien kunto.

7.4 Saha

Sahalla (1131/1130) nimensä mukaisesti sahataan levyistä kaistoja tai katkaistaan pätkiä. Lähtötuotteiden leveys vaihtelee 1150 ja 730 mm välillä. Paksuusvaihtelu on laaja: Katkaisusahalla maksimipaksuudesta 250 millimetristä minimipaksuuteen 5 millimetriin, eikä muutu lähtötuotteen ja lopputuotteen välillä. Kaistasahalla maksimipaksuus

on 125 mm. Loppuleveydet vaihtelevat, ollen leveimmillään 1150 mm ja kapeimmillaan 130 mm. Katkaisussa pituudet vaihtelevat 10 metristä 200 millimetriin. Sahan tuotteen menevät joko jatkojalostukseen Valssaamon muille koneille tai pakkaukseen ja asiakkaalle.

Ajonopeuteen vaikuttaa pääasiassa tuotteen paksuus: mitä paksumpi tuote, sitä pienemmillä nopeuksilla sitä kyetään sahaamaan. Kaistasahan arvot esitetään koneella mm/s ja katkaisusahalla yksikkönä on prosentti. Kaistasahalla ajonopeuteen vaikuttaa paksuus hyvin paljon. Ohuimpia tuotteita, jotka ovat noin 8 mm paksuisia, voidaan leikata jopa 396 m/h. Paksuimmat tuotteet taasen pitää ajaa huomattavasti hitaammin, noin 28,8 m/h.

Katkaisusahalla yli 100 mm tuotteilla ajonopeus on 5 % teoreettisesta maksiminopeudesta. Jo pelkästään turvallisuuden takia maksimikäyttönopeus on kuitenkin 34 %. Teoreettinen maksiminopeus tutkittiin olevan noin 432 m/h, jonka avulla saatiin määritettyä yli 100 mm paksujen tuotteiden ajonopeudeksi 21,6 m/h ja maksimikäyttönopeudeksi määriteltiin noin 147 m/h.

7.5 Sahan pakkaus

Sahalla 1131/1130 on oma levypakkauspisteensä. Pakkauspisteellä kyetään pakkaamaan kaikkia sahoilla leikattavia tuotteita. Pakkauspainot vaihtelevat yleensä 100 kg paketeista vaa'an maksimiin 5000 kg. Pakkaaminen on pääasiallisesti käsityötä eikä siinä käytetä ollenkaan automatiikkaa. Levyt nostetaan vaa'alle nosturin avulla ja pakataan vaadittavalla tavalla. Rajoittimena on pääasiassa nosturi sekä trukin ehtivyyys. Vaikka vaihe on pääasiassa käsin työskentelyä, ei levyn painolla ole juuri merkitystä nosturin takia. Sen sijaan paketin koko ja levyn painon suhde määritteli paljon tehokkuutta. Yhden levyn paketit ovat trukin ja asetusaikojen takia hieman hitaampia tehdä kuin usean levyn paketit. Kiloissa ero kuitenkin tasaantuu, koska usein yhden levyn paketin levyt ovat paksuja ja painavia, kun taasen ohuita ja kevyitä levyjä pakataan monta samaan pakettiin. Ohuiden levyjen pakkausnopeudeksi määriteltiin 20 kappaletta tunnissa, kun taas paksuimmille määriteltiin kymmenen kappaletta tunnissa.

8 ALIHANKINTA

8.1 Oikaisu

Osa levyistä pitää oikaista ennen asiakkaalle lähtöä. Pääasiassa oikaistavat levyt tulevat sahalta. Valssaamossa kyetään osa levyistä oikaisemaan yksipuolisella jyrsinkoneella, mutta pääasiassa oikaistavat levyt oikaistaan alihankintana joko Kuparipuiston alueen sisällä tai Nakkilassa. Maksimikapasiteettia oli vaikea määrittää, koska pääasiassa tuotteet saatettiin lähettää maanantaina ja tulla takaisin Valssaamoon perjantaina. Tätä tietoa hyödynnettiin ja laskettiin maksimikapasiteetti neljän työpäivän perusteella. Kapasiteetti laskettiin per levy, koska lähetettävät erät voivat olla hyvinkin erisuuruisia ja sisältää montaa eri mittaa.

8.2 Ultraus

Osa Aurubis Finland Oy:n asiakkaista vaatii ulkopuolisen suorittaman tarkastelun tuotteidensa lähtölaatalle. Tällöin laatalle suoritetaan joko tunkeumanestetarkastus, ultraus tai jokin muu asiakkaan vaatima tarkastelu. Ultraus voidaan suorittaa mille tahansa levymitalle tai seokselle. Pääasiassa laatta on noin kolmemetristä. Tarkastaja kykenee tarkastamaan noin 4 laattaa tunnissa, josta saatiin laskettua kapasiteettiteho.

9 TULOKSET JA YHTEENVETO

Lasketut maksimikapasiteettiarvot kyetään hyödyntämään tuotannon kustannuslaskenta-arvioissa muuttamalla ne koneen käyttösuhteen mukaisesti nettokapasiteettiarvoihin. Käyttösuhte määritellään esimerkiksi ARROW – ohjelmalla. ARROW – ohjelma näyttää keltaisin, vihrein ja valkoisin viivoin koneen käyntiaikoja. Vihreällä merkitty aika kertoo automaatilla käytettyä käyntiaikaa. Ottamalla automaattisen käynnin ajan suhteen koko koneen kapasiteettiaikaan voidaan määrittää nettokapasiteettiarvo, joka on huomattavasti realistisempi arvio kustannuksista kuin maksimikapasiteettiarvo. Kaikilla koneilla ei kuitenkaan ole automatiikkaa käytössä tai asennettu ARROW – ohjelmaa. Käyttösuhte voidaan määrittää myös pitkäaikaisella datalla konekannan automaattikäytön suhteen.

Kapasiteettiarvot siirretään tuotekodeittain kustannuslaskennan tietokantaan. Määrittäessä jokaisen konevaiheen kustannukset, saadaan tuotekoodille kustannushinta. Valssaamossa käytettyjä tuotekodeja on monia. Ne kertovat tuotteesta esimerkiksi seoksen tyyppin ja lähtöleveyden.

Aiemmat, päivittämättömät maksimitehokapasiteettiarvot poikkesivat odotettua enemmän uusista laskelmista. Pienet erot saattavat johtua erilaisista jaotteluista koneissa, mutta suuria eroja tämä ei selitä. Uusia laskelmia pidettiin kuitenkin lähempänä totuutta olevina, joten ne otetaan käyttöön kustannuslaskennassa.

Kuten saattoi ennen projektin alkua olettaa, suurimmat maksimitehokapasiteettiarvot tulivat Tahdistimen ja Ylävirran konekannoille. Siellä materiaali on vielä paksua ja painavaa. Pienimmät maksimitehokapasiteettiarvot tulivat pakkausasemille. Pakkausasemilla materiaali on jo huomattavasti kevyempää kuin raakamuokausvaiheessa. Myös automatiikka, mikäli sitä on käytettävissä, on hitaampaa kuin suurien maksimitehokapasiteettikoneiden automatiikka. Pienimmillään maksimitehokapasiteetti on 20 kg/h ja teoriamaksimillaan liki 5 miljoonaa kiloa tunnissa. Teoriamaksimi on kuitenkin täysin mahdoton saavuttaa käytännössä, sillä kyseessä on kuumavalssin pätkäajo. Pätkäajoon vaikuttaa askelpalkkiuunin maksimitehokapasiteetti. Pätkiä kyetään valssaamaan vain sen verran kuin uuni niitä kykenee esikäsittämään. Taulukossa 1 näkyy

koneiden keskimääräiset maksimitehokapasiteetit ja jaottelut. Luvut ovat yksikössä kg/h. Taulukossa näkyviä lukuja verrataan koneiden hyötysuhteeseen ja muutetaan niiden mukaisesti nettotehokapasiteeteiksi.

Jokaiselle koneelle ja ajotyypille lasketut maksimitehokapasiteettiarvon laskelmat muokattiin Excel – kaavioksi (liite 1), jonka sarjana oli esimerkiksi koneella ajettavan materiaalin paksuus. Pystyakselilla näkyy maksimitehokapasiteetti arvona kg/h ja vaaka – akselilla on koneesta riippuen esimerkiksi hyötyleveys.

Taulukko 1. Keskimääräiset maksimitehokapasiteetitiluvut koneittain

Kone	Ajotyyppi	Keskimääräinen maksimitehokapasiteetti kg/h
1011	Kuumennus	22208
1012	Rullan valssaus	61225
	Pätkän valssaus	1686740
	Pesuvälssaus	1363781
1015	Jyrsintä	79782
1016	Jyrsintä	66001
1101	Uudelleenvälssaus	102749
	Laatta-ajo	92446
	Holkkiajo	8675
	Jyrsitystä valssaus	46262
1102	Valssaus	32742
1105	Viimeistelyvälssaus	62236
1111	Matta-ajo	2648
	Hapetettujen ajo	1992
	Messinkiajo	1845
1112	DHP, DLP	7440
	XLP, ETP, HCP	8046
	OFE, OFE-OK	8671
1117/1118	Levyt	306
	Rullat	1954
1120	Reunaus	12320
	Reunaus ja hitsaus	14483
	Leikkaus	6743
1131	Katkaisu	30355
	Kaista	19882
1132	Pesu	130458
1140	Peittaus	12850
1150	Rasvanpoisto ja peittaus	9527
1160	Patinointi	1224
1201	Reunaus	52610
	Leikkaus	31367
	Teippaus	20911
	Lujitus ja oikaisu	39209
1202	Leikkaus	12922
1204	Leikkaus	41491
1205	Pakkaus	5455
1206	Leikkaus	19310
1207	Pakkaus	9600
1220	Kelaus	4445
1300	Leikkaus	3138
1321	Leikkaus	27316
1322/1430	Leikkaus ja pakkaus	1065
1323	Leikkaus	1275
1352	Alihankinta	185
1401	Pakkaus	5400
1402	Nauhat	9733
	V-lavat	28363
1431	Pakkaus	9644
1432	Pakkaus	1031
1435	Välipaperi	4183
	Ilman välipaperia	5665
1948	Alihankinta	7563

LÄHTEET

ARROW Engineering ' Lean – filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa'. 10.5.2016. Viitattu 10.6.2018. <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>

Aurubis Finland Oy:n www – sivut. Viitattu 4.6.2018. <https://finland.aurubis.com/aurubis-finland-oy/>

Bodycote www – sivut. Viitattu 2.9.2018. <https://www.bodycote.com/>

Gross J. M. & McInnis, K. R. 2003. Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process. Amacom. Viitattu 3.7.2018. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/samk/detail.action?docID=3001746>

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen A. 2009. Teollisuustalous. 6. uud. p. Infacs Oy.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen P. 1995. Valmistustekniikka. 5. uud. p. Otatieto.

Ikäheimo, S., Laitinen, E., Laitinen, T. & Puttonen, V. 2011. Laskentatoimi ja rahoitus. Vaasan Yritysinformaatio Oy.

Lahti, S. & Tuominen, K. 2010. Lean – Tehoa ja laatua tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehittämiseen. Readme.fi.

Lean Enterprise Institute www – sivut. Viitattu 10.6.2018, 13.6.2018. <https://www.lean.org/>

Lean Production www – sivut. Viitattu 13.6.2018. <https://www.leanproduction.com/>

Lean Six Sigma www – sivut. Viitattu 26.6.2018. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/etusivu/>

Lintula R. 'Lean Six Sigma on prosessien systemaattista ja tuloshakuista kehittämistä! (osa 1)' Aalto University Professional Development. 18.5.2015. Viitattu 26.6.2018. <https://www.aaltopro.fi/aalto-leaders-insight/2015/lean-six-sigma-on-prosessien-systemaattista-ja-tuloshakuista-kehittamista-osa-1>

Rahiala, E. 1985. Tuotannon tavoitteiden asettaminen ja mittaaminen. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyttä: itsearviointin oppi- ja työkirja. Readme.fi.

Westerling, J. 'Lean projektinhallinnassa – mitä, miksi ja kenelle'. eCraft. 10.10.2017. Viitattu 10.6.2018, 3.7.2018. <https://www.ecraft.com/fin/blog/2017/10/10/lean-projektinhallinnassa-mit-miksi-ja-kenelle>

1160 TEHOKÄYRÄSTÖ

