

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka, kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Marko Kunttonen
UUSTUOTTEEN VALMISTUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN

Työn ohjaaja:
Työn teettäjä:
Tampere 2008

DI Kari Järvinen
Gardner Denver Oy. valvojana ins. Juhani Lehto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Kuntonen Marko:

Uustuotteen valmistusprosessin tehostaminen

Insinööriyö:

41 sivua

Työn ohjaaja:

DI Kari Järvinen

Työn teettäjä:

Gardner Denver Oy. valvoja ins. Juhani Lehto

Tampere 2008

TIIVISTELMÄ

Gardner Denver Oy on tuonut markkinoille uuden tuotesarjan, jolla pyritään vastaamaan asiakkaiden alati kasvaviin tarpeisiin ja vaatimuksiin. Työni tarkoituksena on tutkia ja esittää parannusehdotukset uuden tuotesarjan valmistusprosessin tehostamisesta ja osa- ja moduulikokoonpanomenetelmistä.

Lopputyössäni olen tehnyt myös esivalmistuskappaleen tuotesarjasta, jonka aikana teen työ-/kokoonpano-ohjeistuksen ko. tuotesarjalle. Ohjeistus tulee tarpeeseen, koska kyseessä on uusi tuotesarja, jollaista ei aikaisemmin ole tehty. Uusi tuotesarja olisi tarkoitus valmistaa hyödyntäen osa- ja moduulikokoonpanoja.

Käsittelen lopputyössäni valmistusprosessia ja sen tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Sen sijaan en käsittele materiaalikustannuksia. Lopputyöni on osittain kytköksissä diplomityöhön: Uustuotteiden hankinnan tehostamisesta.

TAMPERE POLYTECHNIC
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

Kuntonen, Marko	Intensify productionprocess of the newproduct.
Engineering Thesis	41 pages
Thesis Supervisor	Msa. Kari Järvinen
Commissioning Company	Gardner Denver Oy. Supervisor: Bsc. Juhani Lehto
Month	March 2008

ABSTRACT

Gardner Denver Ltd. is launching a new product family, which they hope to answer to customers needs and constantly grow markets as well. Meaning and purpose of this thesis is to research and make suggestions for production process and tell how to make it more effective.

During this thesis, I will make a preproduction piece of product family. Another part in this thesis is to make work instructions for machines. Work instructions are necessary because the question is about a new product family. The new product family would be meant to be build by using a module and part assembly.

This thesis will deal whit production process and factors which effect in it. The thesis will not handle material costs.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Gardner Denver Oy:lle tutkimuksena valmistusprosessista. Olen saanut työhöni hyviä ideoita ja ohjausta valmistusprosessista. Aikaisempaa vastaavaa työtä ei tietääkseni ole tehty ja siitä johtuen työ oli haastavaa, mutta myös erittäin antoisaa ja mielenkiintoista. Tutkintotyön kautta itselle on kehittynyt jonkinlainen näkemys valmistusprosessista ja mitkä kaikki asiat siihen ja sen tehokkuuteen vaikuttavat. Tutkintotyöni laajeni hiukan käsittelemään kokovalmistusprosessia, mutta yksittäisellä tuotesarjalla on vaikutus koko valmistusprosessiin. Työhön tarvittava materiaali tuli erilaisia teoksia lukien ja omien työkokemusten ja ajatusten kautta. Omien ajatusten ja kokemusten sanoiksi pukeminen oli ehkä työni vaikein osuus.

Haluan kiittää koko Gardner Denver Oy:n henkilökuntaa tuesta ja kiinnostuksesta lopputyötäni kohtaan. Haluan myös kiittää valmistuspäällikkö Juhani Lehtoa työni valvomisesta ja tuotantopäällikkö Harri Syrjäläistä, joka antoi mahdollisuuden tehdä ko. lopputyö. Kiitos myös työntarkastajalle DI Kari Järviselle joka valvoi työtäni.

Tampereella

Marko Kuntonen
Niittyläntie 1 G 21
33480 Ylöjärvi
Puh. 050 3670839

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT.....	4
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Yritysesittely /1/	8
1.2 Tuote /1/.....	9
1.3 Tavoitteet ja rajaus.....	10
2 RUUVIKOMPRESSORI /1/	10
2.1 Tempest	11
2.2 Ruuviyksikkö.....	12
2.3 Ruuvikompressorin toimintaperiaate.....	14
2.3.1 Ilmanpuristuminen.....	14
2.3.2 Ilmajäähdytys	15
2.3.3 Vesijäähdytys	16
3 MASSARÄÄTÄLÖINTI /3/	17
3.1 Yleistä.....	17
3.2 Tavoitteet	18
4 MODULOINTI.....	18
4.1 Yleistä.....	18
4.2 Modulointia ohjaavat tekijät /3/.....	20
4.3 Tavoitteet ja hyödyt /5/.....	20
4.4 Moduloitu tuoterakenne /2/	22
4.4.1 Modulaarisen tuoterakenteen ominaisuuksia /3/	22
4.5 Moduulikokoonpano ja osakoonpano.....	23
5 LAYOUT.....	23
5.1 Yleistä /4/.....	23
5.2 Tuotantolinja-layout /4/	24
5.3 Layout suunnittelu /6/.....	24
6 MATERIAALIN OHJAUS JA TOIMITUS	25

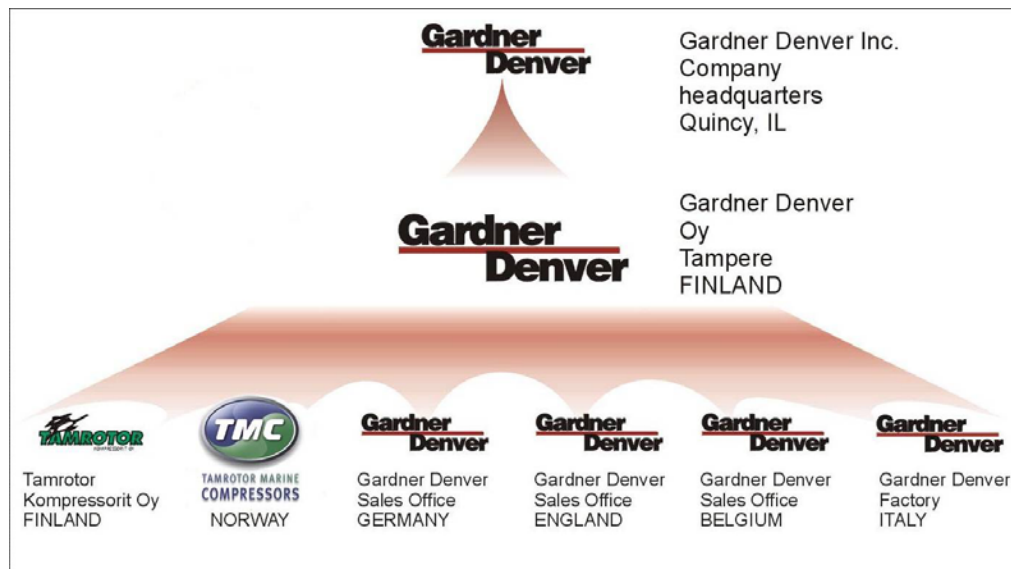
6.1 Yleistä.....	25
6.2 Imuohjaus /3/	25
7 5-S toimintamalli /1/	25
7.1 5-S:n vaiheet.....	26
7.1.1 1-S (Sort)	26
7.1.2 2-S (Set in order)	26
7.1.3 3-S (Shine).....	27
7.1.4 4-S (Standardize).....	27
7.1.5 5-S (Sustain)	27
8 UUSI TUOTE /1/	28
8.1 Yleistä.....	28
8.2 ESP90-132	29
9 ESIVALMISTUS (PREPRODUCTION)	29
10 OMAT PÄÄTELMÄT	30
10.1 Materiaalin varastointi.....	30
10.2 Tuotantolinja-layout	31
10.3 Materiaalin keräily.....	32
10.4 Osa- ja moduulikokoonpano.....	32
10.5 Apuvälineet ja automaatiolaitteet	33
10.6 Preproduction parannus ehdotukset.....	33
10.6.1 Yksikkö.....	33
10.6.2 Säiliö.....	34
10.6.3 Varoventtiili.....	34
10.6.4 Runko	34
10.6.5 Sääto	34
10.6.6 Puhallin.....	35
10.6.7 Kattokehys	36
10.6.8 Öljytermostaatti	36
10.6.9 Kori.....	37
10.6.10 Öljynsuodatin	37
10.7 Kokoonpano vaiheet.....	37

11 TULOSTEN ARVIOINTI.....	40
12 LÄHTEET	41

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittely /1/

Nykyinen Gardner Denver Oy aloitti toimintansa Tampella Tamrock Compressed airina vuonna 1963, jolloin Tamrock solmi ruotsalaisen SRM:n (svenska rotormaskiner) kanssa lisenssisopimuksen ruuvikompressorien valmistuksesta. Vuonna 1990 kompressoriosasto yhtiöitettiin, jolloin Tamrotor Oy (nykyinen Gardner Denver Oy) erkani itsenäiseksi yritykseksi. Sitten vuonna 1997 Gardner Denver, Inc. osti Tamrotor:n ja vuonna 1999 nimi Garden Denver otettiin käyttöön. Nykypäivänä Tampereen Messukylän tehdas on osa maailman laajuista Gardner Denver, Inc.:a. Kuvassa 1 on Gardner Denver, Inc:n organisaatio.



Kuva1. Gardner Denver, Inc. organisaatio /1/

Tampereen Messukylän tehdas työllistää n.240 työntekijää. Gardner Denver Oy:n maailmanlaajuinen kompressorimyynä on toteutettu kansainvälisen edustajaverkoston avulla yli 40 maahan. Kompressorimyynä on ollut tasaisessa kasvussa jo vuodesta

1991. TMC (Tamrotor Marine Compressor) myynti on hoidettu norjalaisen yhteistyöyrityksen Tamrotor Marine Compressor, AS, Norway kautta. Vuoden 2006 liikevaihto oli 61,8 miljoonaa euroa sisältäen Tamrotor Kompessorit Oy:n osuuden.

1.2 Tuote /1/

Ruuvikompressori on ylivoimaisesti parhaiten teollisuuden vaatimukset täyttävä kompressori, minkä vuoksi se on teollisuudessa eniten käytetty kompressori. Ruuvikompressoreja käytetään mm. laivoissa, kaivoskoneissa, paperi- ja metalliteollisuudessa. Ruuvikompressorilla saavutetaan suuri tuotto ja mikä tärkeintä, verkoston paine saadaan vakioitua, mikä muilla kompressoreilla on hankalampaa. Yleisimmin käytetyt kompressoriohjaimet ovat AirPilot- tai DigiPilot- ohjain. Uutena entistä helppokäyttöisempänä ja informatiivisempänä ohjaimena on kompressorien ohjaukseen tullut AirSmart- ohjain. Kuvassa 2 on kompressorituoteperhe.



Kuva2. Kompressorituoteperhe/1/

1.3 Tavoitteet ja rajaus

Lopputyöni tarkoituksena ja tehtävä on tutkia ja tehostaa uuden ruuvikompressori tuotesarjan valmistusprosessia. Tavoitteena on käydä läpi kompressorin valmistusprosessin tehokkuuteen vaikuttavat kohdat ja esittää omia näkemyksiä niistä ja tehdä parannusehdotukset. Lopputyö rajattiin koskemaan ainoastaan valmistusprosessia.

Toinen työn osa-alue on tehdä työhjeistus uudesta tuotteesta. Työhjetta tullaan käyttämään tuotannossa apuna loppukokoonpanossa, osa- ja moduulikokoonpanossa.

2 RUUVIKOMPRESSORI /1/

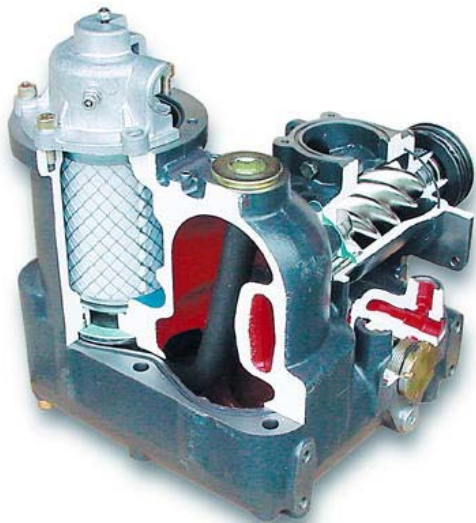
Gardner Denverillä valmistettavat kompressorit voidaan jakaa isoihin (90 – 315 kW), keskisuuriin (40 – 75 kW), ja pieniin (4 – 40 kW) kompressoreihin. Kokoonpanolinjat on myös jaettu edellä mainitun kokojaon mukaan. Kompressoripakettien lisäksi Tampereen tehtaalla tehdään myös tempest- kokoonpanot ja ruuviyksikkökokoonpanot. Tuotteet ovat Gardner Denverin oman suunnittelutyön tulosta. Tampereen tehtaalla valmistettavien ruuvikompressoripakettien tehoalue on 4 – 315 kW ja painealueella 3 - 13 bar. Tampereella valmistettavien ruuvikompressoripakettien tuotot vaihtelevat 0.5 - 73 m³/min. Osassa ruuvikompressoripaketeista hyödynnetään invertteritekniikkaa, jolla aikaansaadaan muuttuvanopeuksinen kompressoripaketti. Kuvassa 3 on invertteri – tekniikkaa käyttävä Vs -sarjan ruuvikompressoripaketti.



Kuva3. Vs- sarjan ruuvikompressoripaketti/1/

2.1 Tempest

Gardner Denver Oy valmistaa Tampereen tehtaalla myös tempest- paketteja sille varatussa kokoonpano linjassa. Tempestit on jaettu niiden koon mukaan kolmeen valmistusryhmää T1, T3, T6-12. Tempest- paketti on yhteen lohkoon täysin integroitu ruuvikompressorikonaisuus lukuun ottamatta jäähdytintä. Integroinnilla on aikaansaatu täysin letkuton ruuvikompressoripaketti, koska erilleen asennettuja komponentteja ei ole. Erilaisten letku- ja putkiasennelmien puuttuminen vähentää kompressoripaketin sisäistä painehäviötä ja oleellisesti vähentää öljy- ja ilmavuotojen mahdollisuutta. Kuvassa 4 on osahalkaisu tempest- paketista.



Kuva 4. Osahalkaisukuva Tempest- paketista./1/

2.2 Ruuviyksikkö

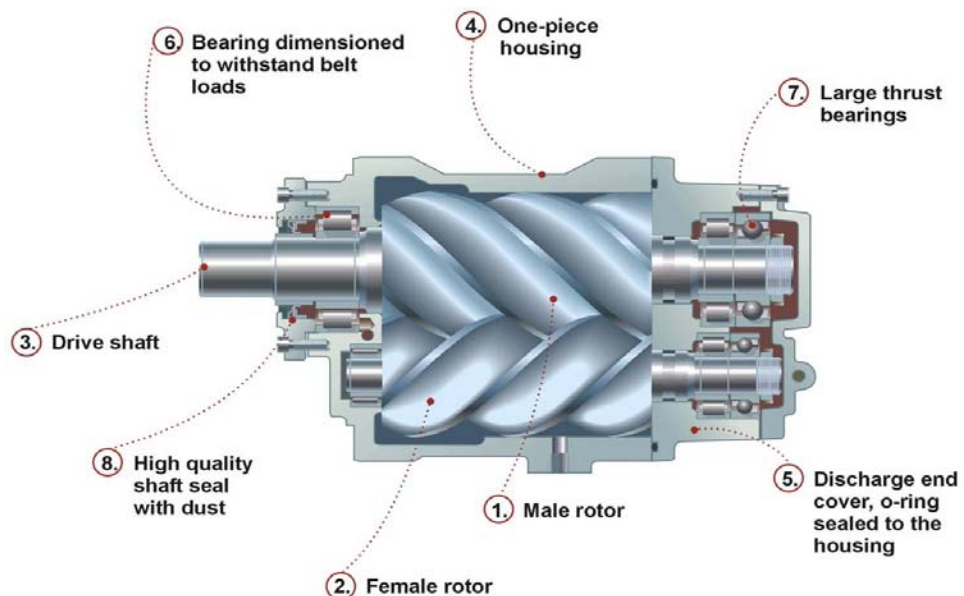
Tampereen tehtaalla valmistettavat Enduro- yksiköt ovat maailmalla hyvin tunnettuja. Gardner Denver Oy:ssä yksiköiden valmistus on jaettu kolmeen osaan: valuosien koneistus, roottorien koneistus ja yksiköiden kokoonpano. Yksiköitä myydään myös suoraan OEM- tuotteina (Original Equipment Manufacture) muille alan yrityksille. Enduro- yksiköt ovat Gardner Denver Oy:n yksi tuottavimmista tulonlähteistä.

Ruuviyksiköitä valmistetaan seitsemää eri kokoa. Mallimerkintä vastaa käytettävää roottorikokoa, esim. E 3 -yksikössä on Enduro 3 -roottorit. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty yksiköt ja niiden tuotot. Koko ilmoittaa yksikön kierrostilavuutta Enduro- yksiköissä, ja D321- yksikössä on roottorit, joiden halkaisija on 321mm.

Taulukko 1. Yksiköt ja tuotot

Yksikkö	Roottori	Tuotto (m ³ /min)
E3	Enduro 3	0,5-2,3
E6	Enduro 6	0,9-4,3
E12	Enduro 12	1,7-7,2
E24	Enduro 24	2,7-13
E75	Enduro 75	5,3-30
E175	Enduro 175	17,6-47
D321	321mm	36,3-73,6

Valmistettavat yksiköt ovat kaikki ruuvivetoisia lukuun ottamatta D321- yksikköä, joka voi olla ruuvi- tai luistivetoinen. Yksiköitä valmistetaan vaihteellisia ja suoria. Vaihteellisissa yksiköissä välityssuhde voidaan valita tarvittavan tuoton mukaan. Suorissa yksiköissä sähkömoottori on kytketty suoraan kytkimen välityksellä ruuviin. Alla kuvassa 5 on esitetty Enduro- yksikön leikkauskuva.



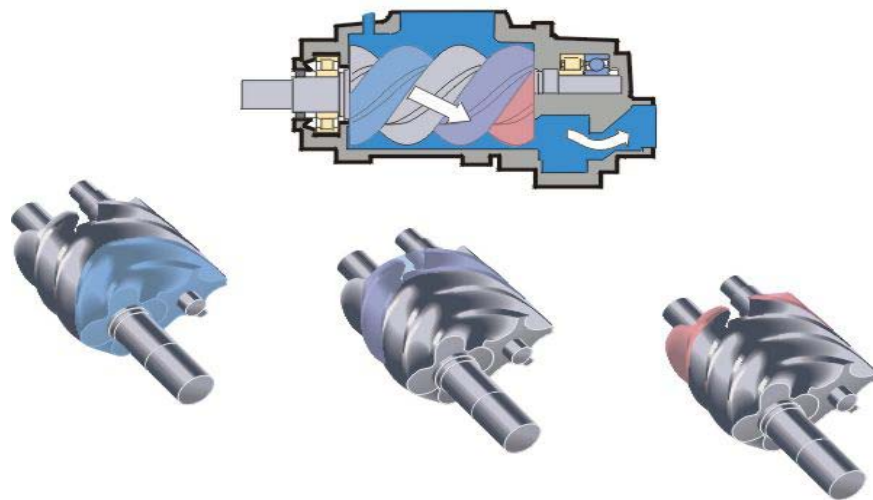
Kuva 5. Enduro- yksikön leikkauskuva/1/

2.3 Ruuvikompressorin toimintaperiaate

2.3.1 Ilmanpuristuminen

Ilmanpuristumisen aikaansaa kaksi roottoria ruuviroottori (Male rotor) ja luistiroottori (Female rotor). Roottorit eivät ole fyysisessä kosketuksessa toisiinsa. Roottorien välissä oleva välys on 0,05 - 0,1 mm. Välykseen ruiskutetaan öljyä, jotta imu- ja painepuolen väliin ei syntyisi vuotoja, tai vaihtoehtoisesti käytetään ajoitushammaspyöriä. Tampereen tehtaalla valmistettavat Enduro-yksiköt ovat roottoriprofiililtaan epäsymmetriset, ja luisti- ja ruuviroottorin halkaisija on sama. Enduro-yksiköissä käytetään 4/5 ruuvi- ja luistiroottorikominaatiota, jossa ruuviroottorissa on 4 hammasta ja luistiroottorissa 5.

Ilma imetään ruuviyksikön päältä imuventtiilin kautta. Roottoreissa olevan nousun ansiosta ilma kuljetetaan roottorien hampaan ja yksikön rungon välissä kohti painelaippaa. Ilma puristuu painelaippaa vasten, kunnes puhallusaukko aukeaa ja ilma pääsee eteenpäin. Kuvassa 6 on esitetty ilman kulku ja puristuminen.

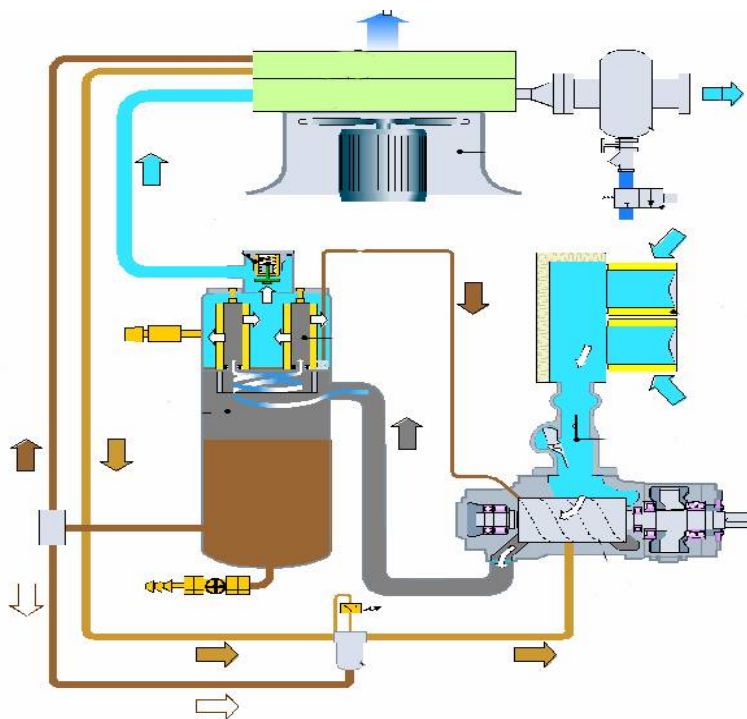


Kuva 6. Ilmankulku ja puristuminen/1/

Ilma kulkee säiliössä olevan syklonin läpi, jossa suurin osa öljystä erottuu ilmasta. Ilma puhalletaan öljynerottimien läpi, jotta öljysumu saadaan erotettua ilmasta. Tämän jälkeen säiliö paineistuu tuottoventtiilin asennosta riippuen. Mikäli tuottoventtiili ei aukea, varoventtiili purkaa ylipaineen, kun ylipaine saavuttaa varoventtiiliin asetetun maksimipaineen. Lopuksi paineilmasta erotetaan kondensoitunut vesi vedenerottimella.

2.3.2 Ilmajäähdytys

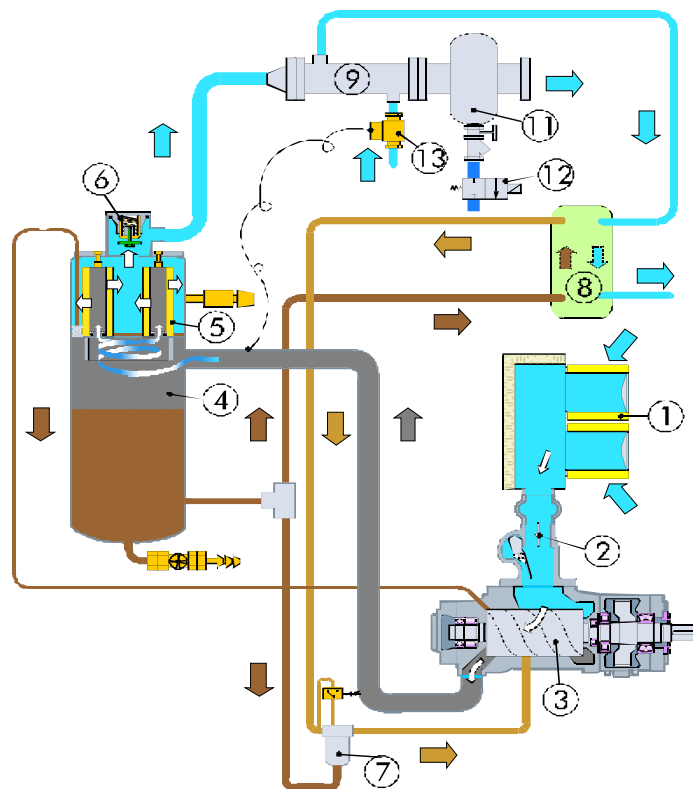
Ilmajäähdytteisessä ruuvikompressorissa ilma ja öljy johdetaan yhdistelmäjäähdytimeen, jossa paineilmalla on oma puolensa ja ruuvikompressorissa kiertävällä öljyllä omansa. Yhdistelmäjäähdyttimen läpi puhalletaan ilmaa erillisellä sähkömoottorilla toimivalla puhaltimella. Alla kuvassa 7 on ilmajäähdytteinen ruuvikompressor.



Kuva 7. Ilmajäähdytteinen ruuvikompressor/1/

2.3.3 Vesijäähdytys

Vesijäähdytteisessä ruuvikompressorissa paineilmalle ja öljylle on omat erilliset jäähdyttimet. Molempiin, ilma- sekä öljynjäähdytimeen, johdetaan vesi, erikseen tai yhteisellä vesipiirillä.. Vesitermostattiventtiili määrittää tarvittavan veden määrän. Vesi kiertää jäähdyttimissä vastakkaiseen suuntaan kuin ilma ja öljy, näin aikaansaadaan maksimaalinen jäähdytysteho. Alla kuvassa 8 on vesijäähdytteinen ruuvikompressor.



Kuva 8. Vesijäähdytteinen ruuvikompressor/1/

3 MASSARÄÄTÄLÖINTI /3/

3.1 Yleistä

Massaräätälöinnissä yhdistyvät edullinen ja nopea massa/sarjatuotanto, jossa samaa tuotetta tehdään suurissa erissä sekä räätälöivä ja joustava tilaustuotanto, jossa asiakkaan yksilölliset tarpeet pystytään toteuttamaan. Tuoterakenne pohjautuu sarjavalmistesteisten komponenttien ja moduulien käyttöön. Itse räätälöinti ja variointi pyritään tekemään vasta loppukokoonpanossa, tai se olisi ainakin pyrittävä rajoittamaan yksittäisen komponentin tai moduulin alueelle. Massaräätälöinnissä korostuu kokonaisuuden hallinta. Tuote, prosessi ja logistiikka suunnitellaan samanaikaisesti.

Räätälöity tuote tarvitsee tyypillisesti pidemmän toimitusajan, koska se joudutaan tekemään tilauksen mukaan, ja prosessin tehottomuudesta johtuen sen kustannukset ovat korkeammat.

Tuotannonrajoitusta sijoitetaan pienet imupuskurit, joista asiakaskohtaisen valmistuksen eri työvaiheet saavat tarvitsemansa komponentit, puolivalmisteet ja osat välittömään käyttöönsä. Tämän jälkeen voidaan toimia tilausohjautuvasti yksittäistuotannon tapaan. Imupuskuria edeltävät vaiheet voivat toimia sarjatuotannon tapaan imuohjautuvasti. Mitä myöhäisempään vaiheeseen prosessia imupuskurit saadaan vietyä, sitä nopeammaksi tilaus-toimitusprosessi saadaan.

Tuotteen perusrakenne suunnitellaan moduloiduksi siten, että asiakaskohtainen yksilöllinen tuote tai sen variaatio voidaan koota esivalmistelluista komponenteista tilausohjautuvasti.

Jotta massaräätälöinti toimintatapa olisi tehokasta, on loppukokoonpanossa tarvittavia osia ja komponentteja oltava saatavilla aina kun niitä tarvitaan, oikeanlaisina ja -

laatuisina. Tehokkaimmillaan massaräätälöinti-toimintatapa on tiimipohjaisissa prosessiorganisaatioissa, joissa toimintojen väliset rajapinnat on poistettu ja organisaatio toimii yksikkörajat ylittävänä prosessina.

3.2 Tavoitteet

Massaräätälöinnin tavoitteena on saada asiakaskohtaisiin toimituksiin kykenevä, nopea ja kustannustehokas tilaus-toimitusprosessi. Sidotun pääoman määrään vaikutetaan minimoimalla vaihto-omaisuus ja käyttöomaisuus hyödyntämällä tehokkaasti verkostoa ja imuohjausta. Tuotteen määriin ja hintoihin vaikuttavat nopeus ja asiakasräätälöimiskyky, joten tehokas ja joustava tilaus-toimitusprosessi on hyvä kilpailukeino. Kevyt ja joustava prosessi (LEAN) vaikuttaa kustannuksiin. Pienillä varastoilla ja nopealla prosessilla saadaan optimoitua sidottu pääoma.

4 MODULOINTI

4.1 Yleistä

Modulointi on strateginen valinta, jonka suunnittelun tulee lähteä asiakkaan, suunnittelun, valmistuksen ja logistiikan tarpeista. Moduulin muodostamiseen ohjaavat tuoterakenne, kehittämistarve ja variointitarve./3/

Moduloinnin peruskäsitteet: /3/

- Tuotekonsepti
- Moduulit
- Tuotteen suunnittelualusta

- Rajapinnat

Moduloinnilla tarkoitetaan tuotteen jakamista pienempiin osakokonaisuuksiin, joista tuote rakentuu. Osakokonaisuuksilla eli moduuleilla on selkeät rajapinnat, jotka erottavat moduulit toisistaan. Rajapintojen ansiosta moduuleja voidaan kehittää ja yksittäisessä moduulissa tapahtuvat muutokset eivät häiritse muuta osaa tuotteesta. Moduuli voi myös koostua yhdestä tärkeästä komponentista. Moduloinnilla saavutetaan massatuotannon edut moduulivalmistuksen aikana, mikäli moduulit toistuvat erilaisissa lopputuotteissa./3/

”Tuotteiden modulaarisuus tulisi muodostaa ensin toiminnallisella tasolla. Tämän jälkeen niistä muodostettaisiin teknisiä moduuleita ja moduuliperheitä, joiden valmistettavuus massaräätälöinti-toimintamallin mukaisesti olisi mahdollista.”/3/

Moduulisuunnittelun yhteydessä on moduulit syytä jakaa perus- ja valinnaisiin moduuleihin. Perusmoduulit muodostavat tuotealustan, johon perusmoduulit valitaan jokaiseen tuoteperheen tuotteeseen. Jotta jälkimuutoksia tulisi mahdollisimman vähän, on perusmoduulisuunnitteluun kiinnitettävä erityistä huomiota.

Valinnaiset moduulit ovat lisäosia, joita asiakas voi halutessaan valita. Valinnaisissa moduuleissa rajapinnat astuvat avainasemaan. Rajapintojen on oltava huolella suunniteltuja. Jos joihinkin moduuleihin kohdistuu asiakaskohtaisen räätälöinnin tarvetta, räätälöinnin aiheuttamat muutokset eivät saa aiheuttaa muutoksia muussa tuotteessa./2/

4.2 Modulointia ohjaavat tekijät /3/

Moduloinnin yhteydessä voidaan puhua ohjaavista tekijöistä, näitä ohjaavia tekijöitä ovat:

Kehittäminen ja rakenne

- Pyritään käyttämään moduulia toisessa tuoteperheessä tai seuraavassa tuotesukupolvessa.

Variointi

- Saadaan aikaan tuotevariaatioita.

Valmistus

- Pyritään valmistamaan useisiin tuoteperheisiin soveltuva moduuli, joka voidaan valmistaa sarjatuotantona ja näin laskea kustannuksia.

Laatu

- Toiminnallisten moduuleiden toimivuus tulisi testata ennen kuin ne asennetaan muuhun tuotteeseen.

Toimittajat

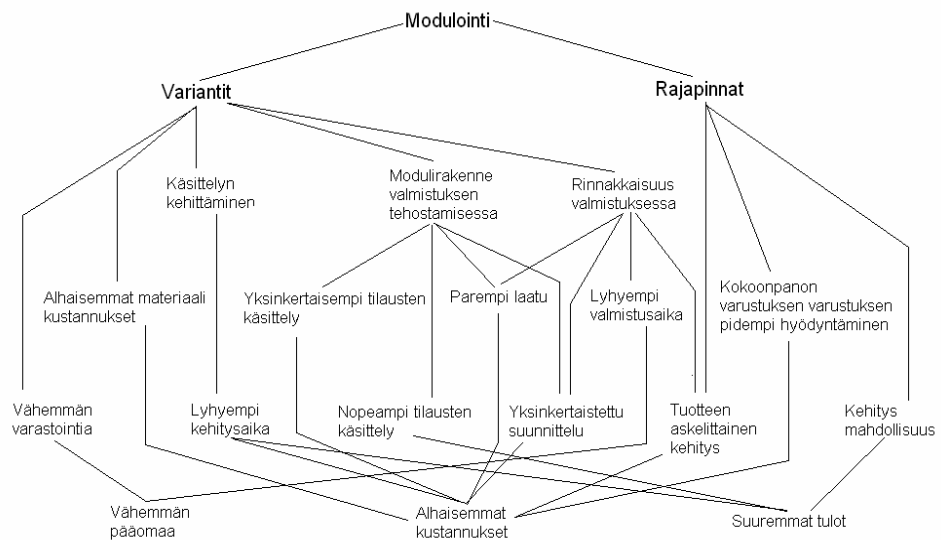
Jälkemarkkinointi

Huolto ja ylläpito

4.3 Tavoitteet ja hyödyt /5/

Tuotetta moduloitaessa on tärkeää, että valitaan ne tavoitteet, jotka halutaan moduloinnilla saavuttaa. Näitä tavoitteita voivat olla esimerkiksi pyrkimys mahdollisimman tuotantoystävälliseen tuoterakenteeseen, valmistuksen läpimenoajan, toimitusajan, tuotesuunnitteluajan, tuotteisiin sitoutuneen pääoman vähennys ja laadun parannus. Kukin yritys valitsee itselleen tärkeät tavoitteet. On kuitenkin muistettava, että kaikki moduloinnin positiiviset edut eivät automaattisesti seuraa modulointia, eikä

niitä kaikkia saavuteta samanaikaisesti. Kuvassa 9 on moduloinnin vaikutukset ja kannattavuus.



Kuva 9. Moduloinnin vaikutukset ja kannattavuus. /5/ Kuva on muokattu lähteen kuvasta.

Moduloinnilla saavutetaan monia hyötyjä, mutta modulointi ei ole itsestään selvyyttä kaikilla aloilla. Moduloinnilla valmistuksen läpimenoaika saadaan lyhenemään, koska moduulit voidaan valmistaa rinnakkain koko tuotteen peräkkäisen valmistuksen sijasta. Myös tuotteen suunnittelu-aika lyhenee, koska moduulit mahdollistavat rinnakkaiset kehitystoimet. Läpimenoajan lyhenemisen ja vähentyneen varastoinnin ansiosta tuotteisiin sitoutunut pääoma pienenee. Moduuliesikokoonpanossa tulisi voida testata moduulin toimintaa ennen sen loppukokoonpanoa tuotteeseen. Tällä tavoin tuotteen laatua saadaan varmennettua.

4.4 Moduloitu tuoterakenne /2/

Modulaarinen tuoterakenne mahdollistaa tuotteiden konfiguroinnin eli asiakaskohtaisen tuotteen ominaisuuksien määrittämisen vaihtoehtoisten ja erilaisiin asiakastarpeisiin vastaavien tuoteoptioiden perusteella. Modulaarisen tuoterakenteen avulla asiakaskohtainen lopputuote voidaan konfiguroida ja valmistaa moduuleja yhdistelemällä, ilman tilaus-toimitusprosessin aikaista tuotannosuunnittelutarvetta.

4.4.1 Modulaarisen tuoterakenteen ominaisuuksia /3/

Häiriötön kehittäminen

- Moduulissa tapahtuva muutos ei vaikuta muuhun kokoonpanoon.

Kehitystyön hallinta

- Kehittäminen on mahdollista pienin muutoksin vaihevaiheelta. Näin päästään jatkuvaan kehittämiseen.

Nopea reagointi

- Pienet muutokset voidaan tehdä nopeasti

Pienemmät riskit

- Taloudelliset ja teknilliset riskit kehityksen epäonnistumisesta ja sen vaikutuksista kokonaisuuteen ovat pienet.

Henkilöstön kuormitus

- Modulaarista tuotetta voidaan kehittää pienin projektein koko ajan, jolloin tuotteen kehityshenkilöstön kuormitus on pienempi.

4.5 Moduulikokoonpano ja osakokoonpano

Jotta moduloinnilla saavutettaisiin sillä haettuja etuja ja päästäisiin peräkkäisestä valmistuksesta rinnakkaiseen valmistukseen, on välttämätöntä valmistuksen kannalta, että itse loppukokoonpanopaikkojen läheisyyteen on suunniteltava osakokoonpanoille ja moduulikokoonpanoille omat valmistuspaikat. Esivalmistettujen osien, komponenttien ja moduulien valmistuksessa voidaan soveltaa imuohjausta, ja loppukokoonpano tehdään tilausohjautuvasti./3/

Esivalmistuspaikat tulisi sijoittaa siten, että turhat siirrot ja osien edestakainen liikuttelu jäisi pois, koska siirtoihin kuluva aika ei ole tuottavaa aikaa. Tällä tavoin valmistusprosessista aikaan saadaan jatkuva virta yhteen suuntaan. Alla kuvassa 10 on esitetty valmistusprosessin virtaussuunta.



Kuva 10. Valmistusprosessin virtaus

5 LAYOUT

5.1 Yleistä /4/

Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaassa. Näitä fyysisiä osia ovat mm. laitteet, koneet, varastopaikat ja kulkureitit. Tuotantolaitteiden ja työ kulun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin:

- Tuotantolinja layout
- Funktionaalinen layout
- Solu layout

5.2 Tuotantolinja-layout /4/

Tuotantolinja-layoutissa osa- ja moduulikokoonpanopaikat ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä.

5.3 Layout suunnittelu /6/

Layout suunnittelu on monimutkainen ja kompromisseja vaativa prosessi. Tehokkaalla layout suunnittelulla parannetaan tuotannon sujuvuutta, valmistusprosessin läpimenoaikaa, tarvittavan tilan määrää ja työolosuhteita.

Layout on suunniteltava siten, että se mahdollistaa joustavan tuotteen siirtämisen seuraavaan työvaiheeseen. Turhien, aikaavievien siirtojen minimoimiseksi on siirtomatkojen optimointi tärkeä osa layout suunnittelussa. Tehokkailla layout-ratkaisuilla on mahdollista päästä jo huomattaviin läpimenoajan lyhenemisiin.

6 MATERIAALIN OHJAUS JA TOIMITUS

6.1 Yleistä

Valmistusprosessissa toimittajaverkko ja sen häiriötön toiminta ovat avainasemassa.

Läpäisy aika, kustannustehokkuus ja laatu ovat riippuvaisia osista, avainkomponenteista ja moduulien saatavuudesta./3/

Valmistusprosessin on mahdotonta olla tehokas, jos keskeneräinen tuote odottaa jotakin tärkeää osaa tai moduulia kokoonpanolinjalla.

6.2 Imuohjaus /3/

Imuohjauksessa ohjauksen painopiste on tuotannon loppukokoonpanossa, joka pyytää tarvitsemansa osat osa- ja moduulikokoonpanolta. Osien valmistamista voidaan ohjata visuaalisesti käyttämällä imupuskuria. Ideana kuitenkin on, että seuraava työvaihe toimii edellisen asiakkaana, joka tilaa tarvitsemansa osat edelliseltä työvaiheelta. Näin osa-/moduulikokoonpano valmistus tapahtuu ainoastaan tarpeeseen.

Imuohjauksella aikaansaadaan prosessin ohjattavuuden selkeytyminen, koska tuotantoprosessi voidaan jakaa pieniksi kokonaisuuksiksi.

7 5-S toimintamalli /1/

Valmistusprosessin tehostaminen on pitkäjänteinen prosessi, johon jokainen voi vaikuttaa omalta osaltaan. Gardner Denver Oy on ottanut käyttöön osana LEAN-toimintamallia 5-S-toimintatavan, joka tähtää oikea-aikaiseen ja tehokkaaseen

tuotantoon. Toimintatavalla pyritään myös parantamaan laatua, vähentämään tuhlausta ja parantamaan työviihtyvyyttä työympäristön kautta.

7.1 5-S:n vaiheet

5-S koostuu viidestä peruspilarista, joihin koko toimintamalli perustuu.

- Sort
- Set in order
- Shine
- Standardize
- Sustain.

7.1.1 1-S (Sort)

Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään mitä, tarvitaan ja mitä ei, työn tekemiseksi. Näin löydetään kaikki tarpeelliset tavarat, jotka säilytetään, ja turhat hävitetään. Voidaan myös käyttää apuna ns. punaista lappua, johon kirjoitetaan päivämäärä, jolloin lappu on kirjoitettu. Mikäli tavara on vielä esimerkiksi kuukauden kuluttua vielä samassa paikassa, voidaan se hävittää.

Näin saadaan työpisteestä poistettua kaikki turhat ja ylimääräiset tavarat.

7.1.2 2-S (Set in order)

Seuraavassa vaiheessa järjestetään kaikki jätetyt tavarat oikeille paikoilleen ja merkitään ne, jolloin kuka tahansa löytää ja osaa palauttaa ne oikeille paikoille. Apuna voidaan käyttää erilaisia kylttejä tai värikoodausta.

Tällä tavoin saadaan tavaroiden etsimiseen käytettävää aikaa vähennettyä huomattavasti.

7.1.3 3-S (Shine)

Kolmannessa vaiheessa, kun aikaisemmat vaiheet ovat kunnossa, voidaan työpisteet ja koko tuotantolinja siivota. Siivouksen jälkeen on helppo pitää työpisteet jatkossakin siisteinä. Periaatteena: jätetään työpiste siihen kuntoon kuin siihen itse haluaisi tulla tekemään töitä. Tällä tavoin myös työympäristö on tullut viihtyisämmäksi ja turvallisemmaksi.

7.1.4 4-S (Standardize)

Neljännessä vaiheessa vakioidaan kolme ensimmäistä vaihetta, jolloin niistä tulee tapoja. Tarkoituksena, että jokainen tietää omat tehtävänsä ja noudattaa niitä jatkossakin. Apuna voidaan käyttää erilaisia tarkastuslistoja joihin kuitataan vastualueen tarkastus.

7.1.5 5-S (Sustain)

Viides ja viimeinen vaihe on ylläpitää toimintatapaa. Tarkoituksena on vakiinnuttaa toimintatapa tuotantolinjan ja työpisteen tapoihin, jolloin uusi työntekijä opastetaan ja koulutetaan automaattisesti noudattamaan toimintamallia. Tällä tavoin työympäristö on aina puhdas, siisti ja turvallinen.

8 UUSI TUOTE /1/

8.1 Yleistä

Uuden tuotemallin tuotantoon tuonti on monimutkainen ja pitkä prosessi.

Kansainvälisessä kilpailussa mukana pysyminen vaatii yritykseltä mukautumista asiakkaiden tarpeisiin ja kilpailukyvyn ylläpitoa. Nykypäivän kompressoreilta vaaditaan hyvää suorituskykyä, toimintavarmuutta, alhaisia melupäästöjä ja matalia ylläpitokustannuksia. Gardner Denver Oy on vastannut kasvavaan kysyntään ja kovenevaan kilpailuun tuomalla uuden tuoteperheen markkinoille.

Uusi Global tuoteperhe on kehitetty vastaamaan asiakkaiden vaatimuksia. Tuoteperhe koostuu kolmesta tuotesarjasta, joissa kussakin on kolme eri moottorikoon mukaan määräytyvää tuotemallia. Tuoteperhe on saamassa lisäystä ESP160-250 tuotesarjalla, joka on vielä kehityksen alla. Alla taulukko 2 Global tuoteperheestä.

Taulukko 2. Global tuoteperhe

Tuotesarja	Moottorit / kW
ESP22-37	22, 30, 37
ESP45-75	45, 55, 75
ESP90-132	90, 110, 132

Työssä keskitytään ESP90-132 tuotesarjan valmistusprosessin tehostamiseen.

8.2 ESP90-132

Uusi ESP90-132-tuotesarja on kehitetty korvaamaan vanha ESD90-132-tuotesarja. Uusi ESP-sarja on tuotoltaan samansuuruinen kuin vanhempi ESD-tuotesarja. Melupäästöjä on pystytty vähentämään 74 - 76 dB:iin, mikä on huomattava parannus vanhempaan malliin nähden. Uusi tuotekonstruktio on jaettu kahteen osioon: kylmään ja kuumaan puoliskoon. Kylmä puolisko sisältää puhaltimet, moottorin, sähkökaapin ja jäädyttimet. Kuuma puolisko sisältää vastaavasti yksikön, säiliön ja imuventtiilin. Uudessa ESP90-132 tuotesarjassa käytetään Enduro75-yksikköä. Alla kuvassa 11 on ESP90-132-tuotekonstruktio.



Kuva 11. ESP90-132-tuotekonstruktio/1/

9 ESIVALMISTUS (PREPRODUCTION)

ESP90-132 kompressorisarjan tuotantoon tuonti aloitettiin Gardner Denver Oy:ssä esivalmistuksella, jossa päätarkoituksena on poistaa kaikki ilmenneet virheet ja korjata mahdolliset puutteet. Esivalmistusvaihe on ensiarvoisen tärkeä, koska tuotannossa virheiden korjailu on kallista ja aikaa vievää puuhaa.

ESP90-132-tuotesarjasta tehtiin kaksi esivalmistuskappaletta. Esivalmistus vaiheessa löytyi muutamia puutteita ja virheitä. Löydetyt puutteet ja virheet korjattiin rakenteisiin. Tuotesarjasta tullaan tekemään vielä kolmas esivalmistuskappale. Tämän kolmannen kokoonpanon yhteydessä tullaan tekemään työohjeistus loppukokoonpanoon, osa- ja moduulikokoonpanoon. Työohje tulee tarpeeseen, koska kyseessä on uusi tuotesarja. Työohje toimii ohjeistuksena kaikille asentajille. Esivalmistuksen aikana tullaan myös tarkastelemaan kokoonpanossa käytettyjä työmenetelmiä. Työmenetelmistä tullaan tekemään esitykset, mikäli kokoonpanon aikana ilmenee vaihtoehtoisia työmenetelmiä.

Esivalmistusvaiheessa suunnittelun ja tuotannon työntekijöiden välinen kommunikointi on myös tärkeä osa-alue. Jotta kaikki virheet ja pienimmätkin puutteet tulisi korjattua ja huomioitua, on kommunikointi tehtävä mahdollisimman helpoksi. Suunnittelusta tulisi mielestäni olla yksi henkilö kokoonpanossa koko ajan seuraamassa ja kirjaamassa ilmenneitä asioita. Tällöin myös suunnitteluun muodostuisi kuva kokoonpanossa käytetyistä työmenetelmistä. Tästä olisi myös hyötyä jatkossa uusien konemallien suunnittelussa.

10 OMAT PÄÄTELMÄT

10.1 Materiaalin varastointi

Kun uusi tuotesarja tuodaan tuotantoon, materiaalimäärät kasvavat vääjäämättä. On vaikeaa löytää uusille osille varastointipaikkaa, kun kaikki tuotantolinjan käyttöön varatut tilat ja varastopaikat ovat täynnä. Väliaikaisten varastopaikkojen suunnittelu voi olla ratkaisu, mutta pitkällä aikavälillä se ei ole kannattavaa. Mikäli osien väliaikaisia

varastopaikkoja joudutaan jatkuvasti siirtämään tai niitä ei ole paikoitettu, on osien löytäminen mahdotonta tai ainakin paljon aikaa vievää.

Yrityksessä on ollut puhetta varastoautomaatin saannista isojen kompressorien kokoonpanolinjalle. Näkisin, että tässä olisi varteen otettava vaihtoehto osaan varastointiongelmia. Varastoautomaatteja on käytössä kaksi kappaletta yrityksen jälkimarkkinointiosastolla, joten käyttöönottoon ei olisi ongelma.

Varastoautomaatilla saavutettaisiin suuri hyöty kokoonpanossa.

Varastoautomaatilla osien saldoseuranta ja inventointi helpottuisivat huomattavasti.

10.2 Tuotantolinja-layout

Uutta tuotesarjaa tuotantoon tuotaessa on myös pohdittava, miten ja missä kasvavaa tuotemallien määrää pysytään tehokkaasti valmistamaan. Jos tuotannosta ei samanaikaisesti uuden tuotesarjan tullessa poistu toista tuotesarjaa, on kokoonpanolinjan kasvulle tarvetta.

Tehokkaan valmistuksen kannalta olisi tärkeää, että tarvittavat komponentit olisivat mahdollisimman lähellä kokoonpanolinjaa, jolloin osien hakemiseen menisi vähiten aikaa. Tuotantolinja layoutissa mielestäni tulisi olla omat paikat mahdollisuuksien mukaan jokaiselle tuoteperheelle. Tuotesarjojen yhteiset komponentit voitaisiin sijoittaa keskeiselle paikalle, josta komponentit olisivat helposti saatavilla.

Testauksen ja koekäytön jälkeen korikokoonpanopaikalla tehtävä korikokoonpano tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle pakkaus- ja lähetyspaikkaa, jolloin siirtomatkat olisivat mahdollisimman lyhyet, ja itse tuotanto ei häiriintyisi siirroista. Uuden ko. tuotesarjan ja myös muiden uusien tuotesarjojen korikokoonpanot ovat helpottuneet ja nopeutuneet huomattavasti, joten olisiko mahdotonta, jos korikokoonpano tehtäisiin pakkauksen yhteydessä? Nykyinen koriosien varastopaikat tukisivat tätä toimintatapaa.

10.3 Materiaalin keräily

Uuden tuotesarjan kokoonpanossa voitaisiin kokeilla tapaa, jossa osa komponenteista kerättäisiin kerralla kuormalavalle ja sijoitettaisiin kokoonpanopaikan viereen.

Kuormalavalta osat saataisiin helposti kokoonpanon edetessä, jolloin osien haeskelu jäisi pois. Arvioisin, että tuotteen kokoonpanoon käytetty aika on 60 – 70 % tuotteen läpimenoajasta. Loppuaika menee osien etsimiseen. Kuormalava käytäisiin täyttämässä kun on edetty kokoonpanossa. Tällöin aikaansaataisiin katkeamaton työtahti, joka olisi varmasti tehokkaampi kuin jatkuvasti osien haun takia katkeileva työtahti.

Osaltaan työntekoa ja komponenttien tehokasta tuontia on jo edesauttanut, kun tuotantolinjalle saatiin materiaalin tuontiin ja varastopaikkojen hoidosta vastaava henkilö.

10.4 Osa- ja moduulikokoonpano

Uuden tuotesarjan kokoonpanon aloitus tuotannossa on aluksi hankalaa ja aikaa vievää. Tämä alku kannattaisi käyttää hyödyksi aikatauluttamalla osa- ja moduulikokoonpano ajalta, jolla pystyttäisiin tuottamaan tarvittavia komponentteja ja moduuleja loppukokoonpanolle. Myös ne keinot ja ohjaustavat, joilla loppukokoonpano viestittää osa- ja moduulikokoonpanolle tarvitsemansa osia, olisi selvitettävä, jotta näiden tiimien yhteistoiminta olisi tehokasta.

Molemmissa kokoonpanopaikoissa tulisi tehostaa 5-S toimintatapaa. 5-S-toiminnalla pystyttäisiin välillisesti vaikuttamaan valmistuksen tehokkuuteen.

Moduulikokoonpanoista ollaan osasta selvittämässä, olisiko mahdollista, että materiaali toimittajat voisivat toimittaa moduuleja valmiina. Osa moduuleista tuleekin nyt osittain koottuna, mikä edesauttaa jatkojalostusta. Ongelmaksi mielestäni tässä ainoastaan

muodostuu toimitusten fyysinen koko. Toimitukset pitäisi pystyä toimittamaan täsmätoimituksina, jotta isojen moduulien varastoinnilta säästyttäisiin.

10.5 Apuvälineet ja automaatiolaitteet

Uuden tuotteen kolmatta esivalmistuskompressoria tehtäessä tullaan kiinnittämään huomiota myös tarvittaviin apuvälineisiin, kuten erilaisissa nostoissa tarvittaviin apuvälineisiin ja tukiin.

Isojen kompressorien kokoonpanolla on käytössään kaksi nostopöytää, joilla tehdään erilaisia osakokoonpanoja. Moduulikokoonpanojen myötä nostopöytien käyttö tulee varmasti lisääntymään suuresti. Kaksiosaiselle nostopöydälle voisi myös olla kysyntää. Kaksiosaisella nostopöydällä voisi esimerkiksi yksiköstä ja moottorista koostuvan ns. paketin koota ilman hallinosturia.

10.6 Preproduction parannus ehdotukset

Kolmas esivalmistuskappale tuotesarjasta on nyt tehty, ja siinä esiintyneet virheet ja puutteet on viety eteenpäin. Kokoonpanon aikana kirjattiin myös ajatuksia kokoonpano menetelmistä ja alikokoonpanoissa tehtävistä osa- ja moduulikokoonpanoista.

10.6.1 Yksikkö

Yksikönkokoonpano tehdään entiseen malliin yksikkökokoonpanossa, josta yksikkö toimitetaan odottamaan jatkojalostusta omille varastopaikoilleen.

10.6.2 Säiliö

Säiliökokoonpano valmistettaisiin moduulikokoonpanopaikalla, jossa säiliö varusteltaisiin täysin valmiiksi. Ohjausilmaputkisto kiinnitetään varoventtiilipakettiin valmiiksi kiinni. Säiliöt varastoidaan kuormalavoille makuulleen, jolloin kuljetukset olisivat turvallisia. Tuottoventtiilin asennolle olisi kehiteltävä jonkinlainen jigi venttiilin oikean asennon määrittämiseksi.

10.6.3 Varoventtiili

Varoventtiilikokoonpano tehdään vanhan tavan mukaan osakokoonpanossa omalla ID-koodilla, josta moduulikokoonpanon on se helppo noutaa.

10.6.4 Runko

Runko valmistellaan moduulikokoonpanossa, jossa se varustellaan kokoonpanokuvan mukaisilla nimikkeillä. Runko voitaisiin varustella sisältämään yksiköstä ja moottorista koostuva paketti. Varusteltu runko toimitetaan loppukokoonpanoon jatkojalostukseen.

10.6.5 Sääto

Sääto kokoonpanossa ohjausilmaputkisto on valmiina putkisettinä, jossa jokainen putki on väri koodattu. Asennusta helpottamiseksi olisi tärkeää saada sääto kuviin selkeät paikat jokaiselle värille. Sääto vaiheessa putket kiinnitetään sähkökaapissa ja imuventtiilissä oleviin paikkoihin.

10.6.6 Puhallin

Puhallinkokoonpano tehdään moduulikokoonpanossa. Osatoimitusten varmistuttua olisi tehtävä nostopöydälle kehikko, jossa puhallin on helppo valmistaa lappeellaan. Valmis puhallinpaketti varastoidaan kuormalavalle pystyyn ja kiinnitetään täkkipulteilla. Puhaltimen alle on laitettava tuki, jotta puhallinpaketti ei notkahda kuljettaessa. Kuvassa 12 on puhallinmoduuli.



Kuva 12. Puhallinmoduuli.

10.6.7 Kattokehys

Kattokehyskokoontaminen tehdään moduulikokoontamisessa. Jäähdyttimet, kattoelementit ja tuottoputki vedenerottimelle voidaan asentaa tässä kokoontamisessa. Kattokehysten reunoihin on saatavana nostopaikat, joista koko kattokehys voidaan nostaa turvallisesti paikoilleen. Valmiit kattokehysosat varastoidaan päällekkäin kuormalavoille. Jokainen kattokehys on merkittävä koneen sarjanumerolla, jotta voidaan varmistua jäähdyttimien oikeellisuudesta.

10.6.8 Öljytermostaatti

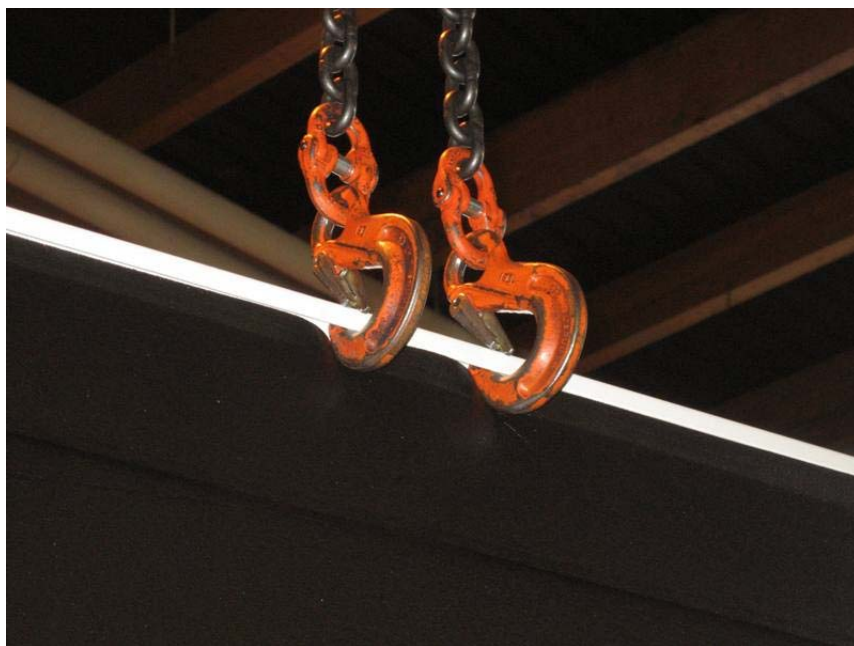
Termostaattikokoontaminen (kuva 13) tehdään osakokoontamisessa, josta se on saatavilla jatkojalostukseen. Termostaattikokoontaminen merkitään omalla ID- koodilla.



Kuva 13. Öljytermostaatti

10.6.9 Kori

Kori- ja imusuodatinkokoonpano on tehtävä loppukokoonpanossa. Korinpeitelevyt nostetaan paikoilleen hallinosturilla. Katso kuva 14 nostotavasta. Korikokoonpano yhteydessä tehdään viimeistely, joka sisältää öljyputkien suojauksen ja varoitustarrat.



Kuva 14. Korilevyn nostotapa

10.6.10 Öljynsuodatin

Öljynsuodatinkokoonpano tehdään osakokoonpanossa ja varastoidaan ID- koodilla hyllyihin.

10.7 Kokoonpano vaiheet

Kolmatta esivalmistus kappaletta tehtäessä mietittiin myös vaiheita, missä järjestyksessä tuotesarja kannattaa tehokkaasti tehdä. Päädyin neljään vaiheeseen, joilla

valmistusprosessi saadaan tehokkaaksi ja selkeäksi. Vaiheiden työvaiheet tehdään moduuli- ja loppukokoonpanopaikoilla. Osakokoonpano toimittaa siellä tehtävät alikokoonpanot. Alla mainittuja vaiheita noudattamalla loppukokoonpanoaikaa saadaan lyhennettyä huomattavasti. Arvioisin, että vaiheistuksella ja alikokoonpanoja hyödyntämällä loppukokoonpanoaika saadaan lyhenemään n. 25 - 30 %:a.

Vaiheessa yksi moduulikokoonpanossa varustellaan runko ja nostetaan yksiköstä ja moottorista koostuva paketti rungolle. Yksikköön voidaan kiinnittää tuottoputki valmiiksi. Lisäksi säiliölle tuleva tuki asennetaan.

Vaiheessa kaksi esivalmistettu runko on toimitettu loppukokoonpanoon, jossa siihen asennetaan puhallin ja kulma tolpat. Tämän jälkeen voidaan asentaa sähkökaappi ja säiliö. Kulma tolpat voidaan asentaa runkoon. Imuventtiili asennetaan ja säiliössä kiinni olevien ohjausilmapiutkien toiset päät voidaan kytkeä oikeille paikoilleen. Kuvassa 15 on esitetty vaihe 2.



Kuva 15. vaihe 2.

Vaiheessa kolme asennetaan väliseinä, joka erottaa kylmän ja kuuman puolen kompressorista. Imusuodin kotelo ja imuilmakanava voidaan asentaa. Sähkökaapista tulevat kaapelit sähkömoottorille ja lämpötila-antureille asennetaan. Alikokoonpanona saatavat termostaattiventtiili ja öljynsuodatin voidaan asentaa paikoilleen. Kuva 16 esittää vaiheen 3.



Kuva 16. Vaihe 3.

Vaiheessa neljä (kuva 17) asennetaan kattokehys, joka on esikoottu moduulikokoonpanossa. Tuottoputki säiliöltä jäähdytin kennolle asennetaan paikoilleen. Tämän jälkeen voidaan kytkeä öljypiiri. Viimeistely voidaan suorittaa seuraavaksi. Korinpeitelevyt asennetaan paikoilleen ja vedenerotin voidaan asentaa.



Kuva 17. vaihe 4.

11 TULOSTEN ARVIOINTI

Päättötyö oli kokonaisuudessa mielenkiintoinen ja haastava. Työssä esitetyillä ehdotuksilla ja esityksillä uudentuotesarjan valmistusprosessia saadaan nopeutettua ja selkeytettyä. Kokoonpano ohjeistus tulee tukemaan ja edesauttamaan tuotantolinjoilla tapahtuvaa osa-, moduuli ja loppukokoonpanoja. Työvaiheiden ja menetelmien vakiintuessa loppukokoonpanossa valmistusprosessi tehostuu entisestään. Yhdessä tehtävien layout muutosten kanssa koko valmistusprosessi saadaan tehostettua.

12 LÄHTEET

1. Gardner Denver Oy:n sisäiset esitelmät ja materiaalit.
2. Ahoniemi, Lea. Mertanen, Markus. Mäkipää, Marko. Sievänen, Matti. Suomala, Petri. Ruohonen, Mikko. Massaräätälöinnillä kilpailukykyä. Teknologiateollisuus Ry. 2007. s. 40 - 47.
3. Soronen, Olli. Massaräätälöinti asiakasmyötäisessä tuotannossa. MET. 1999.
4. Haverila, Matti, J. Kouri, Ilkka. Miettinen, Asko. Uusi-Rauva, Erkki. Teollisuustalous. Infacs Oy. 2005. 5. painos.
5. Julkaisu. Tekes. Uuden_tietotekniikan.pdf. Käyty 11.2.2008. Löytyy osoitteesta: http://www.tekes.fi/julkaisut/uuden_tietotekniikan.pdf.
6. Artikkel. Kookas. Käyty 22.2.2008. Löytyy osoitteesta: <http://www.kookas.fi/articles/read/1631>.