

# Tuotantosuunnitelma voiteluöljysäiliön sarjatuotannolle

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikanala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Joonas Kokkonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tekniikanala

KOKKONEN, JOONAS:

Tuotantosuunnitelma  
voiteluöljysäiliön sarjatuotannolle

Mekatroniikan opinnäytetyö, 46 sivua, 6 liitesivua

Kevät 2019

TIIVISTELMÄ

---

Cenmia Oy oli saanut uuden asiakkuuden myötä tilauksen kahdesta prototyyppisäiliöstä, jollaisia tultaisiin valmistamaan myöhemmin sarjatuotantona, arviolta 100-400 vuodessa.

Sain Cenmialta toimeksiannon, tuotantosuunnitelman laatimisesta sarjatuotantovaiheen valmistusprosessille. Minulla oli mahdollisuus osallistua projektiin jo prototyyppivaiheessa saadakseni tarpeellista tietoa valmistusprosessista. Sarjatuotantovaiheen ensimmäisen tuotantosuunnitelman laadin prototyyppisäiliöiden valmistusprosessin pohjalta.

Kun sarjatuotanto alkoi, havaittiin, ettei tuotantotahti ei ollut riittävä, joten tuotantosuunnitelmaa paranneltiin ja työvaiheiden tehtävistä laadittiin ohjeet. Varsinainen tuotantosuunnitelma muodostui vasta sarjatuotannon alettua.

Työn alkuperäinen taivote ei toteutunut odotetusti sillä prototyyppivaiheesta sai tietoa sarjatuotannon suunnitteluun niukasti, eikä ensimmäinen tuotantosuunnitelma saavuttanut Cenmian asettamia tavoitteita. Tuotantosuunnitelmaa kehitettiin sarjatuotannon alussa, kun muutoksia oli mahdollista kokeilla käytännössä. Paranneltu tuotantosuunnitelma saavutti asetetut tavoitteet ja paranti myös säiliöiden laatua.

Avainsanat: Sarjatuotanto, tuotantosuunnitelma, voiteluöljysäiliö, prototyyppi

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

KOKKONEN, JOONAS:                      Production plan for a serial production of the lubrication oil tank

Bachelor's Thesis Mechatronics      46 pages, 6 pages of appendices  
in Production Oriented

Spring 2019

ABSTRACT

---

Along with a new client Cenmia had get an order for two prototype oil tanks, which would be later produced 100-400 per year as a serial product.

I received an assignment from Cenmia to make a production plan for serial production stage of the oil tanks. I had an opportunity to be involved in prototype stage from which I could get an important information about the production of the tanks. First production plan for serial production was mostly based for experiences from prototypes production

At the beginning of production, it was found that the production speed was not sufficient, so production plan had to be revised. The final production plan was formed during the serial production.

The main goal of this thesis was not fully achieved as there was no possibility to gather enough information from prototype stage to plan the serial production and first version of the production plan did not reach the target that Cenmia had set. Production plan was improved during the serial production, when there was a possibility to test in practice the changes that were made. Improved production plan achieved the Cenmia's target and improved oil tanks quality also.

Key words: Serial production, production plan, lubrication oil tank, prototype

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Cenmia Oy	1
1.2	Toimeksianto	1
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus	2
2	KUVAUS PROTOTYYPPISÄILIÖIDEN TUOTANTOPROSESSISTA	4
3	SOVELTUVAT HITSAUSMENETELMÄT	6
3.1	Perustietoa hitsaamisesta	6
3.2	Kaasukaarihitsausprosessit	6
3.3	MAG-Hitsauksen peruseriaate ja laitteisto	7
3.4	TIG-hitsauksen peruseriaate ja laitteisto	7
3.5	Hitsauslisäaineet	8
4	HITSAUSMENETELMÄN SUUNNITTELU	9
4.1	Hitsausprosessin suunnittelu	9
4.2	Hitsausprosessiin soveltuvan hitsauslangan valinta	9
5	SÄILIÖN LAATUKRITEERIT, LAADUNVALVONTA JA PROSESSIN KEHITTÄMINEN	12
5.1	Materiaali ja resurssisuunnitelma	12
5.2	Asiakkaan laadunvalvontaprosessi	12
5.3	Cenmian laadunvalvontaprosessi ja sen kehittäminen	13
6	SÄILIÖLLE ASETETUT PUHTAUSKRITEERIT JA PUHDISTAMINEN	15
6.1	Öljynpuhtauden voiteluöljyn merkitys	15
6.2	Säiliölle määritelty puhtaustaso	15
6.3	Puhtauden tarkastusmenetelmä	16
6.4	Säiliön puhdistaminen	16
7	TIIVEYSTARKASTUSVAIHE	17
7.1	Tiiveystarkastuksen tarkoitus	17
7.1.1	Tiiveystarkastus vedellä	17
7.1.2	Tiiveystarkastus tunkeumanesteellä	19
7.1.3	Tiiveystarkastus paineilmalla	20
7.2	Soveltuvan testausmenetelmän valinta	21
7.3	Soveltuvan tiiveystestausmenetelmän suorittaminen	22

8	SÄILIÖN MAALAUSSVAIHE	23
8.1	Maalausprosessi	23
8.2	Säiliön maalauksen aikainen suojaaminen	23
8.3	Suihkupuhdistus	27
8.4	Maalaus	27
9	SÄILIÖN KOKOONPANOVAIHE	28
9.1	Säiliön maalipinnan tarkastus	28
9.2	Säiliön varustelu	29
9.3	Lopputarkastus ja suojaus	29
10	SARJATUOTANTOPROSESSI JA TUOTANTOSUUNNITELMA	30
10.1	Sarjatuotannon määritelmä, historia ja vaikutukset nykyaikaan	30
10.2	Säiliön teräsrakenteiden valmistaminen sarjatuotannon näkökulmasta	31
10.3	Säiliöiden valmistaminen sarjatuotantona	32
10.4	Sarjatuotannon vaikutus materiaalihankintoihin	33
10.5	Sarjatuotannon haasteet	34
10.6	Prototyypisäiliöiden hyödyntäminen sarjatuotannon valmistelussa	35
10.7	Soveltuvien teräslaatuojen ominaisuudet sarjatuotannon näkökulmasta	36
10.8	Rutiilitäytelangan puhtausongelma sarjatuotannossa	40
11	LOPPUPÄÄTELMÄ	42
11.1	Prototyypivaiheen kokemukset ja niiden hyödyntäminen	42
11.2	Tuotantosuunnitelman kehittäminen	43
12	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	48

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Cenmia Oy

Yritys on perustettu Laukaassa vuonna 1994 nimellä Stancon Oy ja vuodesta 2014 alkaen toiminta on jatkunut Jyväskylässä nimellä Cenmia Oy. Henkilöstön vahvuus vaihtelee työkuorman mukaan, ollen korkeimmillaan, vuokratyövoima mukaan lukien jopa yli 20 henkeä, oman henkilöstövahvuuden ollessa tällä hetkellä 15. Vakituinen henkilöstö jakautuu tehtävitäin seuraavasti: toimihenkilöitä seitsemän, hitsaajia kaksi, asentajia neljä, sekä kaksi logistiikasta vastaavaa.

Yrityksen päätoimialaan kuuluu voitelu-, hydraulikka- ja pneumatiikkajärjestelmien suunnittelu, valmistus sekä kokoonpano. Pääosin toiminta on alihankintaa, mutta tarjolla on myös omia tuotteita, esim. asiakkaan toiveiden mukaan räätälöityjä voitelujärjestelmiä omalla tuotenimellä.

Pääasiallinen materiaali projekteissa on ruostumaton- sekä haponkestävä teräs, mutta tässä opinnäytetyössä esiintyvän, uuden asiakkaan myötä rakenneteräksen osuus tuotannossa on kasvanut merkittävästi.

Cenmian erityinen vahvuus on monilta eri aloilta kokemuksensa hankkinut henkilöstö, jolla on yhdessä kyky valmistaa kokonaisia järjestelmiä- tai niiden osia eri toimialoilla toimivien asiakkaiden toiveiden mukaan täyttäen heidän asettamat vaatimukset.

### 1.2 Toimeksianto

Suoritin tutkintooni kuuluvat harjoittelut Cenmia Oy:ssä. Harjoittelun alkaessa Cenmiällä valmisteltiin voiteluöljysäiliön sarjatuotannon aloittamista asiakkaalle, joka toimii tuulivoiman parissa Suomessa sekä maailmalla. Asiakas oli tilannut Cenmialta kaksi prototyypisäiliötä, osana uudenlaista tuulivoimalan voimansiirtoa, joiden pohjalta oli tarkoitus määritellä tarkat askelmerkit sarjatuotannon aloittamiseksi. Cenmian tehtävä oli valmistaa, sekä varustella asiakkaan suunnittelema, hitsattu terässäiliö.

### 1.3 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on hyödyntää kahden prototyyppisäiliön tuotantoprosessista saatua kokemusta ja laatia tuotantosuunnitelma vastaavien säiliöiden sarjatuotannolle. Käsittelen tuotannon eri vaiheiden suunnittelua, toteutusta sekä kehittämistä valmitusteknisestä ja sarjatuotannollisesta näkökulmasta, koska projektin aikana kohtasin useita haasteita, joiden ratkaisemisessa tarvittiin erilaisiin valmistustekniikoihin perehtymistä ja kykyä soveltaa niitä käytännössä.

Sarjatuotantoa käsittelevässä osiossa hyödynnän todellisen sarjatuotannon aikana saatua tietoa ja kokemusta. Kerron tuotantosuunnitelman laatimisesta ja miten ennaakkoon laadittu versio suunnitelmasta vastasi lopullista versiota, sekä kuinka suuri merkitys kahden prototyyppiäiliön valmistamisella oli, kun sarjatuotannon tarpeita ja järjestelyitä koetettiin arvioida ennen tuotannon aloittamista

En käsittele työssäni tuotantoprosessia taloudellisesta näkökulmasta, koska Cenmia oli laatinut projektista kaiken kattavan kustannuslaskelman, mutta tuotantosuunnitelmani tulisi kuitenkin saavuttaa kustannuslaskelman tavoitetyöajat.

Sarjatuotantovaiheen suunnittelun tehtävänä oli laatia Cenmialle tuotantosuunnitelma, jonka pohjalta voisi aloittaa sarjatuotannon 10 säiliön viikko tahdilla. Koska asiakkaan ennustamat tuotantomäärät olivat poikkeuksellisen suuria niin Cenmian kuin materiaali- ja komponenttitoimittajien normaalikapasitetiin verrattuna, olisi tuotantosuunnitelman laatiminen aloitettava esituotantovaiheesta, johon kuuluisi esim. materiaalien- ja komponenttien hankinta, sekä niiden saatavuuden varmistaminen, henkilöstöressurssien mitoitus, työmenetelmiin tutustuminen ja työohjeiden laatiminen.

Säiliön tuotannollinen prosessi jakaantui kahteen vaiheeseen, valmistus- ja kokoonpanovaiheeseen ja näiden vaihdeiden välissä suoritettiin maalaukset. Valmistusvaiheeseen kuului hitsausjärjestelyt ja tiiveystestaus. Hitsausvaihe vaatisi Cenmian tuotantotiloissa uudelleen järjestelyitä, koska

säiliöt valmistettaisiin rakenneteräksestä, eikä ruostumattomasta teräksestä, joka on Cenmian pääsääntöisesti käyttämä valmistusmateriaali. Myös asiakkaan erityisvaatimus puhtauden suhteen, tulisi ottaa huomioon jo valmistusvaiheessa. Säiliöiden maalauksen jälkeen oli vuorossa kokoonpanovaihe, jossa säiliölle tehtäisiin asiakkaan vaatimat laadulliset tarkastukset, tarvittavat korjaukset ja komponenttien asennukset sekä pakkaaminen.



## 2 KUVAUS PROTOTYYPPI-SÄILIÖIDEN TUOTANTOPROSESSISTA

Säiliö oli suunniteltu valmistettavaksi laserleikatuista leikkeistä, joista osa myös särmättäisiin särmäyspuristimella, mutta koska Cenmiällä ei ollut omaa leiketuotantoa, käytettiin levyosien valmistuksessa alihankintaa.

Osien hankinta aloitettiin lähettämällä tarjouspyyntö ja sen laskemiseen tarvittava aineisto muutamalle laserleikkeitä toimittaville yrityksille, joiden kanssa Cenmia on jo aiemmin tehnyt yhteistyötä. Hinnan lisäksi valinnassa otettiin huomioon myös aikaisemmat kokemukset arvioitavasta toimittajasta, esim. onko yhteistyö ollut sujuvaa, onko toimittajan tuotteissa havaittu toistuvia virheitä, sekä toimitusvarmuus. Kun toimittaja oli valittu, tehtiin tilaus ja sovittiin tulevasta toimituspäivästä. Muut materiaalit ja komponentit tilattiin erinäisiltä toimittajilta, joita oli yhteensä noin kymmenkunta.

Leikkeiden, sekä muiden hitsaamalla säiliöön liitettävien komponenttien, saavauttua Cenmiälle, toimituksien sisältö tarkastettiin ja mahdolliset laatuvirheet reklamoiitiin. Mikäli toimituksessa ei ollut huomautettavaa, voitiin aloittaa säiliön hitsaamisen

Hitsausvaiheen järjestelyihin kuului varmistaa, että säiliöt hitsattaisiin asiakkaan suunnitelman mukaan, eli osien paikoitukset ja hitsien vahvuudet oli oltava piirustuksissa vaaditun mukaiset. Tärkeää oli myös yhteiden asemointi, koska myöhemmin niihin liitetyillä putkilla ja letkuilla asiakas yhdistäisi säiliön osaksi voimansiirtoa. Yhteiden tarkkaan asemointiin suunniteltiin suurille laipoille hitsausta helpottava kannakkeet, eli jigit. Jigin tehtävä on pitää irtonaiset kappaleet juuri siinä asennossa, kuin ne on tarkoitus lopulta hitsata yhteen. Hyvin valmistettu jigi helpottaa ja nopeuttaa hitsaajan työtä, sekä varmistaa, että sarjatyönä hitsattavat osat on liitetty toisiinsa aina.

Hitsausvaiheen jälkeen säiliölle tehtiin sekä tiiveystestaus että maalauksen suojaaminen. Vaiheet suoritettiin yhdessä, koska tiiveystestin suorittamiseksi säiliöön liitettiin tulpat, jotka oli suunniteltu käytettäväksi myös maalauksen ajan suojina, joilla estettiin hiekkapuhalluksessa käytetyn hienojakoisen hiekan, sekä maalin päätyminen säiliön sisäosiin.

Tiiveys oli tarkastettava ennen maalausta, koska mahdolliset vuodot täytyi korjata hitsaamalla, josta aiheutuva kuumuus irrottaisi maalin suurelta alueelta ja lisäksi maali saattaisi tukkia pienet vuodot, eikä niitä näin ollen voisi havaita ja mahdollinen vuoto ilmaantuisi myöhemmin.

Maalausvaiheessa käytettiin alihankintaa, koska Cenmialla ei ollut omaa maalaamoja käytössä. Maalauksen suoritti lähellä toimiva teollisuusmaalauksiin erikoistunut pienyritys, jonne säiliöt toimitettiin. Maalaukseen oli hyvä varata, maalaamon työtilanteesta riippuen, vähintään kolme päivää kuljetuksineen.

Maalauksen jälkeen säiliölle tehtiin maalipinnan-, sekä puhtauden tarkastus ja samalla aloitettiin loppuvarustelu. Loppuvarustelussa asennettavia komponentteja olivat säiliön tyhjennysventtiili, kannakkeet kumivaimentimiseen, sekä kumiset kompensattorit, eli palkeet kahteen SAE-laippaan.

### 3 SOVELTUVAT HITSAUSMENETELMÄT

#### 3.1 Perustietoa hitsaamisesta

Hitsauksesta kerrotaan standardissa SFS 3052, että se on prosessi, jossa lämmön ja/tai puristuksen, sekä tarvittaessa lisäaineen avulla, liitetään kaksi osaa yhteen siten, että niiden välille muodostuu jatkuva yhteys. Tärkeimmät hitsilajit ovat piena- ja päittäishitsi. (Lukkari 1997, 11.)

Yksi säiliön valmistuksen päävaiheista on hitsaus. Hitsauksesta puhuttaessa käytetään em. standardissa määriteltyä hitsaussanastoa, josta tässä opinnäytetyössä käytetään seuraavia termejä:

- Hitsausmenetelmä: Määrittelee hitsausprosessin ja toimintaohjeet sen suorittamiseksi
- Hitsausprosessi: Erityinen hitsaustapa ja siihen liittyvien periaatteiden soveltaminen
- Hitsi: Hitsauksen tulos joka käsittää myös hitsauksen aikana sulana olleen materiaalin
- Perusaine: Hitsaamalla yhteen liitettävät kappaleet, esim. kaksi terälevyä
- Hitsauslisäaine: Yleisnimitys hitsauksessa käytettävälle hitsauslangalle, -puikolle tai muulle vastaavalle

(Makkonen 2005, 19-22.)

#### 3.2 Kaasukaarihitsausprosessit

Teollisuudessa käytetään enimmäkseen kaarihitsausprosessin eri muotoja, joista säiliön hitsauksessa käytettiin MIG-MAG- ja TIG-hitsausta (Lukkari & Makkonen 1997, 13). MIG- ja MAG-hitsausprosessit ovat periaatteeltaan samankaltaisia, mutta jos käytetään inerttiä, eli reagoimatonta suojakaasua, prosessia kutsutaan MIG-hitsaukseksi ja aktiivista, eli reagoivaa suojakaasua käytettäessä kyseessä on MAG-hitsaus. Suojakaasu valitaan hitsattavan metallin perusteella ja pääjaon mukaan, inerttiä kaa-

sua käytetään ei-rautametallien hitsaamisessa ja aktiivista suojakaasua taas teräksen ja ruostumattoman teräksen hitsaamisessa. (Lukkari & Makkonen 1997, 159.) Molemmat prosessit olivat käytössä Cenmiällä, joten hitsaajien kouluttamiselle ei ollut tarvetta.

### 3.3 MAG-Hitsauksen peruseriaate ja laitteisto

Koska säiliön hitsausprosessissa käytettiin aktiivista suojakaasua, käytän MIG-MAG-hitsauksesta nimitystä MAG-hitsaus. MAG-hitsauksessa työkappaleen ja elektrodina toimivan hitsauslangan koskettaessa syntyy oikosulku, muodostaen kuumen valokaaren, joka sulattaa työkappaleen metallia ja hitsauslankaa hitsisulaksi, jota aktiivinen suojakaasu suojaa hapettumiselta. Hitsausvirta muodostetaan virtalähteessä ja johdetaan hitsauspistooliin, johon myös hitsauslanka tuodaan tasaisella nopeudella langansyöttölaitteesta. Hitsauslanka ja -virta kulkevat johtimessa, joka kuljettaa myös suojakaasun hitsauspistooliin, jota hitsaaja käyttää kädellään. (Lukkari & Makkonen 1997, 159.) MIG-MAG-prosessia käytetään kaikilla hitsaavilla teollisuuden aloilla ja erityisesti MAG-täytelankahitsaus on yleistynyt raskaan hitsaavan teollisuuden parissa (Lukkari & Makkonen 1997, 173,230).

### 3.4 TIG-hitsauksen peruseriaate ja laitteisto

TIG-hitsauksessa valokaari muodostuu sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välille ilman jatkuvaa kontaktia. Prosessissa valokaaren kuumuus sulattaa työkappaleen metallia muodostaen hitsisulan, johon hitsauslisäaine tuodaan käsin, toisin kuin MAG-hitsauksessa. Prosessin aikana inertti suojakaasu suojaa hitsisulaa hapettumiselta sekä jäähdyttää elektrodia. Hitsausvirta muodostuu virtalähteessä ja johdetaan samassa johtimessa, kuin suojakaasu hitsauspistooliin, jota hitsaaja käyttää kädellään. TIG-prosessi soveltuu lähes kaikkien hitsaamiseen, mutta erityisesti ohuiden ainevahvuuksien hitsaamiseen ja tärkein käyttökohteille on putkihitsaus. (Lukkari & Makkonen 1997, 249,267.)

### 3.5 Hitsauslisäaineet

Hitsauslisäaineita ovat mm. hitsausnauhat, metallijauheet ja MAG- ja TIG-hitsauksessa käytettävät hitsauslangat. MAG-hitsauksessa käytetään umpi- tai täytelankaa, joka toimitetaan yleensä 15 kg:n kelassa ja TIG-hitsaukseen on saatavilla vain umpilankaa, joka toimitetaan yleensä 1000 mm:n mittaisina pätkinä ja 5 kg:n pakkauksessa.

Hitsauslankojen ominaisuuksia muokataan seostamalla, eli muuttamalla hitsauslangan kemiallista koostumusta ja täytelangan kohdalla myös sen sisällä olevalla täytteellä on vaikutus sen ominaisuuksiin. Täytelankojen täyteaine on metallia tai jauhetta, joiden koostumusta voidaan myös muuttaa. (Makkonen 2005, 143.)

Hitsauslanka valitaan hitsattavan materiaalin, työolosuhteiden ja pintojen puhtauden perusteella. Lisäksi hitsauslangan paksuudella voidaan vaikuttaa hitsauksen tuottavuuteen, mikäli muut tekijät sen sallivat, sillä langan paksuudella on vaikutus koko hitsausprosessiin. (Lukkari & Makkonen 1997, 28, 235.)

## 4 HITSAUSMENETELMÄN SUUNNITTELU

### 4.1 Hitsausprosessin suunnittelu

Asiakas toimitti säiliöstä Cenmialle valmiit hitsauspiirustukset, joiden mukaan säiliön yhteiden ja osien paikoitus, sekä hitsit mitoitettaisiin. Hitsausmenetelmän suunnittelussa valittiin lähtötietojen perusteella hitsausprosessi ja –lanka, sekä hitsauksen suoritustapa.

Säiliön hitsauksessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon MAG-hitsausta, sen hyvä tuottavuuden takia. Ennen kuin aloitettiin varsinaisten säiliöiden hitsaaminen, suoritettiin joitakin koehitsauksia MAG-prosessilla, jotta mahdolliset ongelmat havaittaisiin ajoissa. Koehitsauksen perusteella todettiin, että prosessi soveltui monipuolisten ominaisuuksiensa ansiosta kaikkien muiden hitsausliitoksien hitsaamiseen, paitsi putkien.

Vaikka TIG-hitsaus soveltuu niin ohuille kuin paksuille ainevahvuuksille, materiaalista riipumatta, se häviää tuottavuudessa reilusti MAG-hitsaukselle. Heikon tuottavuuden lisäksi prosessin ominaisuudet ovat parhaimmillaan ohutlevyjen hitsauksessa, joiden ainevahvuus on alle 6 mm, kun säiliön teräsleikkeiden ainevahvuus oli 6 mm. (Lukkari & Makkonen 1997, 159, 257, 267.)

Useimmat säiliön levyliitos hitsauksista olivat TIG-hitsauksen ominaisuuksien rajoilla, joka laskisi sen tuottavuutta ennestään, joten TIG-hitsausta käytettiin vain putkien ja laippojen hitsausliitoksissa, johon se soveltui ominaisuuksiltaan erinomaisesti. Usein jako TIG- ja MAG-menetelmien käyttökohteiden välillä menee, kuten edellä on kerrottu, niin myös tässä tapauksessa.

### 4.2 Hitsausprosessiin soveltuvan hitsauslangan valinta

Hitsauslankaa valittaessa eri langoilla suoritettiin koehitsauksia, jolloin eri vaihtoehtojen ominaisuudet voitiin todeta käytännössä. Rutiilitäytelangalla todettiin hyvän tuottavuuden lisäksi, myös muita hitsausprosessin kannalta

edullisia ominaisuuksia, joten se valittiin käytettäväksi. (Makkonen 2005, 143.)

Valittu lankatyyppi, eli rutiililanka on jauhetäytelanka. Rutiililanka sisältää useita aineita, jotka muodostavat kaasua ja kuonaa. Kuona on kova hauras kuori, joka muodostuu hitsin pinnalle, samaan tapaan kuin puikolla hitsatessa (Lukkari & Makkonen 1997, 236.)

Kuten edellä on kerrottu, rutiililangan ominaisuuksiin kuuluu kuonan muodostus, joka myöhemmin aiheuttaa myös ongelmia päätyessään säiliön sisäpuolelle.

Rutiililankojen ominaisuuksia pidetään usein parhaimpina, lanka ei muodosta juuri ollenkaan teräslevyn pintaan tarttuvia roiskeita ja ne vähäiset roiskeet myös irtuvat kevyesti, toisin kuin umpilangalla hitsatessa, joka taas muodostaa runsaasti roiskeita ja ne tarttuvat levyn pintaan lujasti kiinni. (Lukkari & Makkonen 1997, 236.)

Rutiililangan koehitsausksessa vähäinen roiskeen muodostus oli yksi ratkaiseva tekijä langan valinnassa, koska säiliön sisäpuolella ei saa olla kiinteää likaa, kuten hitsausroiskeita.

Rutiililangan negatiivisiin ominaisuuksiin kuuluu ns. madonreikähuokokset tai madonkolot, jotka muodustuvat, kun hitsisulaan jää kaasua. Yleisimmät syyt madonkolojen muodostumisen aiheuttavan kaasun syntymiselle ovat epäpuhtaudet langan tai hitsattavan levyn pinnassa, kostunut lanka tai virheelliset hitsausparametrit, joita ovat suuri langansyöttönopeus, lyhyt suutin etäisyys, suuri jännite tai seoskaasu. (Lukkari & Makkonen 1997, 236.)

Madonreikähuokonen (Kuva 1) on virhe, joka on korjattava. Kyseinen ilmiö aiheutti toisinaan korjaustarvetta säiliöiden hitsausvaiheessa, mutta sen korjaaminen onnistui helposti, hiomalla huokoinen hitsi huolellisesti pois ja hitsaamalla hiotun kohdan ylitse ehyt hitsi.



KUVA 1 Madonreikähuokonen maalikalvon alla



## 5 SÄILIÖN LAATUKRITEERIT, LAADUNVALVONTA JA PROSESSIN KEHITTÄMINEN

### 5.1 Materiaali ja resurssisuunnitelma

Projektin alkaessa valmistusprosessille laadittiin materiaali- ja resurssisuunnitelma, eli MPP (Liite 1), josta ilmeni valmistuksen eri vaiheissa tarvittavat henkilöstöresurssit, sekä materiaaleille ja komponenteille tehtävät tarkastukset. Suunnitelma laadittiin Excel-taulukkoon ja käytiin läpi asiakkaan kanssa.

Suunnitelman tarkoitus oli toimia tukena Cenmian tuotannon suunnittelussa ja laatutavoitteiden saavuttamisessa prosessin eri työvaiheissa. Suunnitelman puutteena oli, että se toimi tukena vain projektin vastuuhenkilölle, eikä opastanut tuotannossa käytännön vaiheissa, joten sen pohjalta laadittiin tuotantoon työntekijöiden tueksi erilliset ohjeet.

### 5.2 Asiakkaan laadunvalvontaprosessi

Koska Cenmia oli uusi toimittaja ja säiliö uusi tuote, suoritti asiakas tarkastuksen ensimmäisille yksilöille erityisellä tarkkuudella ja raportoi havaitut virheet, sekä puutteet kirjallisesti. Asiakkaan tarkoitus raportoidessa kirjallisesti pienimmätkin havaitut virheet ja puutteet toimittajalle, oli edesauttaa toimittajaa ymmärtämään heidän laatuvaatimukset.

Sarjatuotantovaiheessa asiakkaan latuvastaava tarkastaisi säiliöt satunnaisotannalla. Latuvastaavan havaitessa puutteen, hän laatisi siitä kirjallisen "laatupalautteen" säiliöiden ostajalle, joka taas välitti sen yhteyshenkilöille Cenmiällä. Lievistä puutteista kirjattiin "tiedoksi toimittajalle"-tyyppinen raportti, mutta vakavien poikkeamien käsittelyyn järjestettiin yleensä tapaaminen, jossa tavoitteena oli selvittää tapahtuman aiheuttanut "juurisyy".

Juurisyy on se tapahtuma, minkä lopputulos on havaittu ongelma, esim. jos tiellä on kivi, joka hajoittaa auton öljypohjan niin, että moottoriöljyt valu-

vat pois, aiheuttaen moottorin rikkoontumisen, on öljyn puute syy moottoririkolle, mutta juurisyy on tiellä oleva kivi, koska ellei kiveä poisteta, on seurauksena aina uusi öljyvuoto, joka taas johtaa uuteen moottoririkkoon.

Juurisyyyn selvittämisessä asiakas käytti 8D-menetelmää, jolloin Cenmia laati asiakkaalle kirjallisen 8D-raportin (Liite 2) havaitusta virheestä, josta ilmeni aiheesta tehdyt selvitykset, korjaavat toimenpide-ehdotukset ja niiden toteutusaikataulu sekä vaikutus.

### 5.3 Cenmian laadunvalvontaprosessi ja sen kehittäminen

Hyvin aikaisessa vaiheessa projektia havaittiin, että prosessin loppuvaiheessa eli kokoonpanossa ja puhtaudessa, esiintyi toistuvasti, lähinnä huolimattomuudesta johtuvia pikkuvirheitä.

Huolimattomuusvirheiden välttäminen oli prosessin sujuvuuden sekä taloudellisuuden kannalta tärkeää, koska asiakas oli määritellyt säiliölle nousujohteisen kehitystavoitteen, joka tarkoitti käytännössä, että valmistukseen kuluva työaika vähenee kokemuksen karttuessa, joka osaltaan vaikuttaisi alentavasti säiliön hankintahintaan. Asiakkaan asettaman tavoitteen toteutuminen edellytti prosessin jatkuvaa kehittämistä, ettei samat virheet toistuisi, koska niiden korjaaminen jälkikäteen aiheutti ylimääräistä työtä.

Virheiden välttämiseksi laadittiin lyhyet ohjeet tiivystestistä, maalaukseen suojaamisesta ja loppuvarustelusta, sekä –tarkastuksesta. Ohjeen tarkoitus oli toimia kyseistä työvaihetta suorittavan henkilön tukena ja muistilistana, koska työntekijän perehdyttämisestä ja kouluttamisesta huolimatta, asioiden unohtaminen on mahdollista. Ohjeessa kerrottiin kyseisen vaiheen työtehtävät ja opastettiin niiden suorittamisessa, sekä listattiin tarkastettavat kohteet ja niissä aiemmin havaitut virheet.

Prosessin kehittämisen vuoksi, jokaisen säiliön tuli olla myös jäljitettävissä, eli sen valmistusajankohdan selvittäminen täytyi olla mahdollista, myös silloin jos virhe havaitaan vasta pitkän ajan kuluttua. Jäljitettävyyden mah-

dollistamiseksi jokaiseen säiliöön kiinnitettiin kilpi, jossa oli yksilöllinen sarjanumero, sekä hitsarin stanssaama, henkilökohtainen numerotunnus.

Loppuvarusteluvaiheessa täytettiin tarkastuslomake, johon kirjattiin päivämäärä ja jokaisen säiliön sarjanumero, jonka tarkastuksen suorittanut asentaja allekirjoitti ja toimitti arkistoitavaksi tarkastusrekisteriin. Tarkastusrekisterin ansiosta ohjeisiin oli mahdollista tehdä muutoksia ja lisäyksiä tarpeen mukaan. Esim. mikäli havaittiin, että viimeisimmän toimituserän säiliöiden laipoissa oli naarmuja, jotka aiheuttaa vuotoriskin, voitiin selvittää, mikä aiheutti naarmut juuri kyseisenä ajankohtana tai lisätä loppuvarusteluohjeeseen, että ”asentaja tarkastaa laipat ja tarvittaessa hioo naarmut pois”.

Cenmian tehtävänä oli myös ylläpitää muutosrekisteriä, johon kirjattiin kaikkien säiliöiden sarjanumerot, muutokset valmistusprosessissa, niin rakenteen kuin komponenttien osalta, sekä päivämäärä jolloin muutos tehtiin. Sarjanumeron perusteella rekisteristä oli mahdollista selvittää jokaisen yksilön kokoonpano.

Näitä kahta rekisteriä apuna käyttäen oli sarjanumeron perusteella mahdollista hakea mahdollista virheen aiheuttajaa myöhemmin, kun saadaan selville koska säiliö on valmistettu, mitä rakenne- tai komponentti muutoksia on tehty ja

## 6 SÄILIÖLLE ASETETUT PUHTAUSKRITEERIT JA PUHDISTAMINEN

### 6.1 Öljynpuhtauden voiteluöljyn merkitys

Öljyjärjestelmässä tai öljyn seassa olevat epäpuhtaudet aiheuttavat arvoiltaan 80% öljyvoidelluista koneista. Öljyjärjestelmille arvioidaan teoreettinen käyttöikä, mutta epäpuhtaudet voivat lyhentää järjestelmän todellista käyttöikää huomattavasti. Öljyjärjestelmä kuuluu kahdella tapaa, mekaanisesti ja kemiallisesti.

Mekaaniselle kulumiselle on kaksi tapaa. Ensimmäisessä hyvin pienet liika hiukkaset, 2-5 mikronia, tunkeutuvat mekaaniseen komponenttiin, kuten venttiiliin tai laakeriin, mutta ovat liian suuria ohittaakseen sitä, jolloin hiukkaset kiinnittyvät komponentin pintaan aiheuttaen ajan myötä hioutumista, sekä mikrohalkeamia. Toisessa, öljyyn sekoittuneet hapettumisjäänteistä syntynyt hartsi, muodostaa öljyjärjestelmän pinnoille tahmean kerroksen, johon kaikki muut öljyn joukossa olevat epäpuhtaudet tarttuvat herkästi, muodostaen hiekkapaperimaisen, hiovan pinnan.

Kemillisessä kulumisessa vesi, hartsi, metallihiukkaset, kuten kupari kuluttavat öljyn ominaisuuksia, heikentäen sen voitelukykyä, jolloin kuluminen kiihtyy. Lisäksi öljyjoukossa oleva vesi saattaa tunkeutua pinnoilla oleviin halkeamiin aiheuttaen hapettumista ja hilseilyä. (C.C. Jensen A/S 2003, 2-3)

### 6.2 Säiliölle määritelty puhtaustaso

Säiliössä olevan öljyn tehtävä oli voidella osia voimansiirrossa, jolle oli määritelty pitkä, 20 vuoden huoltoväli. Pitkän huoltovälin saavuttaminen edellyttää, että voimansiirron rattaat, sekä laakerit voidellaan alusta alkaen puhtaalla öljyllä, joten säiliöstä ei saanut joutua likaa voitelukiertoon. Asiakkaan vaatimus puhtaudelle oli, ettei säiliössä saisi olla kooltaan yli 0,1 millimetriä suurempia kiinteitä hiukkasia, jotka voitaisiin havaita visuaalisesti.

### 6.3 Puhtauden tarkastusmenetelmä

Säiliön puhtauden tarkastamisessa käytettiin yksinkertaista ns. ”valkoinen rätti” –menetelmää, jossa säiliön sisäpintoja pyyhittiin valkoisella rätillä, johon ei saanut tarttua silmin havaittavaa likaa tai hiukkasia. Mikäli säiliön sisäpuolella havaittiin likaa, se täytyi puhdistaa. Menetelmän yksikertaisuudesta huolimatta, asiakkaan mukaan siten voitiin todeta säiliön puhtaus riittävällä tarkkuudella.

### 6.4 Säiliön puhdistaminen

Edellä kuvattua menetelmää käytettiin vain valmiiden säiliöiden puhtauden tarkastamiseksi lopputarkastusvaiheessa ja säiliön varsinainen puhdistaminen tehtiin jo hitsausvaiheessa, ennen kannen liittämistä, koska rakenneräksien pinnassa on teräslevyjen valmistusprosessissa tarttunutta likaa ja hiiltä, eikä säiliön rakennesuunnittelussa oltu huomioitu, että valmiita säiliöitä jouduttaisiin puhdistamaan.

Tarvittaessa valmis säiliö puhdistettiin huoltoaukon kautta, liinoilla pyyhkimällä. Säiliön koon vuoksi, sen sisällä oli useita pintoja, joihin ulottaakseen täytyi käyttää varrellista puhdistusvälinettä.

## 7 TIIVEYSTARKASTUSVAIHE

### 7.1 Tiiveystarkastuksen tarkoitus

Koska öljysäiliön on luonnollisesti oltava aina öljytiivis, sille suoritetaan tiiveystarkastus. Säiliön tiiveys voidaan tarkastaa useilla eri menetelmillä, mutta kolme yleisintä menetelmää sen suorittamiseksi ovat tunkeumaneste-, vesi- tai paineilmatestausta. Kaikki edellä mainitut menetelmät ovat Cenmialla jatkuvassa käytössä.

Säiliön tarkastamiseen ei ole vain yhtä oikeaa menetelmää, vaan yleensä sen voi suorittaa usealla menetelmällä, tarvittaessa testaus voidaan suorittaa myös kahden menetelmän yhdistelmällä. Testauksessa käytettävä menetelmä valitaan aina säiliökohtaisesti, jolloin siihen vaikuttaa mm. säiliön koko, rakenne ja materiaali.

#### 7.1.1 Tiiveystarkastus vedellä

Vesitiiveystarkastuksessa (Kuva 2) tarkastettava säiliö täytetään vedellä yleensä siten, että testausvaiheen täyttöaste ylittää säiliölle annetun suurimman sallitun täyttöasteen. Tämä tarkoittaa sitä, että veden pinnan annetaan nousta aina kannen sisäpintaan asti. Kun vesi on vaikuttanut säiliössä 24 tuntia, suoritetaan varsinainen tiiveyden toteaminen tarkastamalla kauttaaltaan, onko säiliön hitsausaumoista tihkunut vettä.

Vedellä suoritettava tiiveystarkastus on yleinen menetelmä, joka on yksinkertainen ja luotettava. Menetelmällä voidaan periaatteessa tarkastaa yhtä nopeasti niin suuren, kuin pienen säiliön tiiveys, mikäli ei huomioida säiliön täyttö- ja tyhjennysaikaa.

Suurien säiliöiden tiiveystestausta onkin usein mahdollista vain vedellä, koska niiden sisällä on useita osastoja, minne ihminen ei enää valmiissa säiliössä pääse kulkemaan, mutta vesi taas, nesteelle ominaisesti, valuu kaikialle sinne, minne öljykin.



KUVA 2 Tiiveystarkastus vedellä

### 7.1.2 Tiiveystarkastus tunkeumanesteellä

Tunkeumanesteellä suoritettavassa tiiveystarkastuksessa (Kuva 3) käytetään kahta erilaista, spraypurkissa olevaa ainetta. Toinen aineista on punainen tunkeumaneste ja toinen valkoinen kehite, joka kuivuessaan muodostaa ohuen jauhemaisen kalvon.

Punainen tunkeumaneste suihkutetaan yleensä säiliön sisäpuolelle ja valkoinen kehite ulkopuolelle, koska tällä tavoin voidaan välttää, ettei vaikeasti puhdistettava, punainen tunkeumaneste tahri ihoa, tekstiilejä tai maalattuja pintoja.

Tunkeumanesteen annetaan vaikuttaa, jolloin punainen neste tunkeutuu mahdollisesta vuotokohdasta toiselle puolelle, värjäten valkoisen kehitteen. Vaadittu vaikutusaika riippuu kohteesta, mutta yleensä vuodot ilmenee noin tunnissa.

Menetelmä soveltuu pienille säiliöille, joissa on vain vähän tarkastettavia saumoja tai yksittäisen pienen alueen tiiveyden testaamiseksi, esim. jos säiliö on vuotanut vesitestissä, voidaan vuotokohdan korjauksen tiiveys tarkastaa tunkeumanestellä.





KUVA 3 Tunkeumanestetestillä havaittu vuoto

### 7.1.3 Tiiveystarkastus paineilmalla

Paineilmatiiveystarkastuksessa (Kuva 4) säiliöstä tulpataan ilmatiiviisti kaikki muut yhteet, paitsi yksi, johon liitetään esim. paineilmaliittimen urospuoli, josta säiliöön saadaan johdettua paineilmaverkon ilmaa, paineen muodostamiseksi. Säiliö paineistetaan paineensäädintä käyttäen 0,5 barin paineeseen, jolloin ilman on tarkoitus vuotaa hitsaussaumoihin mahdollisesti jääneistä huokosista ulos, vapaaseen ilmatilaan.

Vuotojen havaitsemisessa käytetään saippualliuosta, jota on saatavilla käyttövalmiissa painepakkauksessa, eli spraypullossa, josta liuosta on nopea suihkuttaa tarkastettaville saumoille. Mikäli saumassa on vuoto, muodostaa saippualliuos, sekä reiästä ulos vapautuva ilma yhdessä, vuotokohdan helposti havaittavan vaahdon.

Paineilmalla suoritettavan tiiveystarkastuksen etuna on, että se on helppo, nopea sekä edullinen toteuttaa, ja soveltuu hyvin pienille säiliöille, jotka on

mahdollista saada ilmatiiviiksi.



KUVA 4 Paineilmatiiveystestillä havaittu vuoto

## 7.2 Soveltuvan testausmenetelmän valinta

Vesitestausten menetelmässä todettiin kaksi merkittävää estettä opinnäytteenä olevan säiliön testaamiseksi: Testiin kuluva aika oli liian pitkä nopeassa tahdissa valmistettavalle sarjatuotteelle, sekä riski että sisältä maalaamattomaan, rakenneteräksestä valmistettuun säiliöön jäävä vesi

saattaisi aiheuttaa korroosiota säiliön sisäpinnoilla.

Tunkeumaneste todettiin sopimattomaksi, koska kaikkia hitsaussaumoja ei olisi mahdollista tarkastaa tällä menetelmällä. Esimerkiksi viimeisenä hitsattavan kannen hitsaussaumot jäisivät kokonaan tarkastamatta, koska sisäpuolelle ei saisi suihkutettua tunkeumanestettä niin, että sitä olisi varmasti tasaisesti koko hitsaussauman matkalla.

### 7.3 Soveltuvan tiiveystestausmenetelmän suorittaminen

Opinnäytetyön aiheena olevalle säiliölle valittiin testausmenetelmäksi paineilmatiiiveystesti, sen nopeuden ja yksinkertaisuuden takia. Testi oli mahdollista suorittaa kahdelle säiliölle yhtäaikaan, ilman erikoisjärjestelyitä, kun ilmatiiveyteen ja paineistamiseen tarvittavat välineet olivat kerran hankittu.

Säiliön ilmatiiviiseen sulkemiseen käytettiin valmiita tulppia, niiltä osin kuin se oli mahdollista, mutta SAE-laipoille täytyi suunnitella yksilölliset tulpat. Koska asiakkaan erityisvaatimuksena oli, että SAE-laipat tulee maalata kokonaan tiivisterengasta lukuun ottamatta, tulppia käytettiin myös niiden suojana hiekkapuhalluksen ja maalauksen ajan.

## 8 SÄILIÖN MAALAUSSVAIHE

### 8.1 Maalausprosessi

Säiliön maalaus toteutettiin alihankintana asiakkaan laatimaa ohjeistusta noudattaen läheisessä teollisuusmaalauksia tekevässä yrityksessä, joka osaltaan vastasi prosessin suunnittelusta ja toteutuksesta.

Asiakkaan laatimassa ohjeistuksessa määriteltiin säiliön pinnoille tehtävä suihkupuhdistus, jolla varmistettaisiin maalin tarttuminen maalattavaan pintaan, sekä pohjamaalin ja pintamaalin yhteen laskettu vähimmäiskalvonpaksuus.

Cenmian tehtäväväksi jäi suunnitella suojaus, joka suojaisi ne osat säiliöstä, joita ei maalata, sekä varmistaa mittaamalla, että maalikalvolle määritetty vähimmäispaksuus toteutui.

### 8.2 Säiliön maalauksen aikainen suojaaminen

Säiliön maalauksen aikainen suojaaminen tehtiin tiiveystarkastuksen yhteydessä, koska prosessin kannalta tiivystestissä käytettäviä tulppia olisi hyvä voida käyttää myös maalaussuojina.

Maalauksen aikaisen suojaamisen haasteena oli valmistaa hiekkapuhaltamalla tehtävä pintojen puhdistus, suihkupuhdistus prosessi.

Aluksi suurien SAE-laippojen suojana käytettiin teräsleikkeistä valmistettuja tulppia (Kuva 5), joita oli vaikea asentaa ilmatiivisti. Myöhemmin SAE-laipoille kehitettiin uusi tulppa (Kuva 6), jossa oli viisi osaa: kaksi teräskiekkoa, nitrilikumitiiviste, mutteri ja ruuvi (Kuva 7). Paksu nitrilikumi osa puristettiin kahden teräslevyn väliin ruuvilla. Uusi tulppa asennettiin kiristämällä yksi ruuvi, jolloin nitrilikumi turposi teräslevyjen välissä ja nitrilikumi puristui laipan sisäpintaa vasten ilmatiiviisti. Vanhassa tulpassa täytyi kiristää neljä ruuvia tasaisesti ja tarvittaessa korjata kireyttä, että tulppa olisi ilmatiivis.



KUVA 5 Vanhan mallinen suojatulppa SAE-laippaan



KUVA 6 Uuden mallinen suojatulppa SAE-laippaan, joka kiristetään paikoilleen ruuvilla





KUVA 7 Uuden mallinen suojatulppa purettuna

### 8.3 Suihkupuhdistus

Suihkupuhdistus on yleisnimitys menetelmälle, jossa puhdistettavaan pintaan kohdistetaan suurella nopeudella raesuihku, joka pintaan osuessaan irroittaa siitä maalin ja ruosteen.

Suihkupuhdistus on yleisesti teollisuudessa käytetty puhdistusmenetelmä, joka on myös tehokkain vaihtoehto ruosteen ja valssihilseen poistamiseksi maalattavilta pinnoilta (Flink 2009, 23).

Suihkupuhdistusta kutsutaan usein myös hiekkapuhallukseksi, vaikka puhallusmateriaalina voidaan käyttää myös muuta kuin hiekkaa. Usein käytettyjä puhallusmateriaaleja hiekan lisäksi ovat esim. alumiinioksidi ja –silikaatti, teräslevyrouhe, lasikuulat ja sooda. ( RTV-Yhtymä Oy 2019, 5).

### 8.4 Maalaus

Säiliön maalauksessa käytettiin sivuilmaruiskutusmenetelmää, joka on yleisin käytössä oleva maalausmenetelmä. Sivusuihkutusmenetelmässä maali tuodaan ruiskulle joko kiinteästä säiliöstä alipaineen avulla tai erillisestä maaliastiasta pumpun avulla. Säiliöiden maalauksessa tarvittavan maalimäärän vuoksi maalauksessa maali syötettiin pumpulla ruiskulle erillisestä 10 litran maaliastiasta, koska kiinteäsäiliöiseen ruiskuun maalia mahtuu ainoastaan noin litra. Maali ruiskutetaan maalattavalle pinnalle ohuena kerroksena, ruiskulla, joka hajottaa maalin pieniksi pisaroiksi paineilman avulla ja muodostaa maaliviuhkan. ( RTV-Yhtymä Oy 2019, 19, 20).

Säiliöiden maalaukselle oli määritetty suuri rasisitusluokka, joka edellytti maalikalvon paksuudeksi 320 $\mu$ . Vaaditun kalvonpaksuuden saavuttamiseksi maalaus suoritettiin kahden vuorokauden aikana. Ensimmäisen vuorokauden aikana säiliöille ruiskutettiin pohjamaalikerros, sekä ensimmäinen pintamaalikerros ja seuraavan vuorokauden aikana ruiskutettiin viimeinen kerros pintamaalia.



## 9 SÄILIÖN KOKOONPANOVAIHE

### 9.1 Säiliön maalipinnan tarkastus

Kokoonpanovaiheessa säiliölle suoritettiin maalipinnan laadun ja kalvonpaksuuden tarkastus (Kuva 8), maalaussuojien irroittaminen sekä puhdistustarkastus. Maalikalvon paksuuden tarkastuksessa käytettiin siihen tarkoitettua mittalaitetta, joka ilmoittaa kalvonpaksuuden mikrometreinä. Suojauksia irroitettaessa samalla tarkastettiin, ettei suihkupuhdistushiekkaa ole joutunut säiliön sisäosiin.



KUVA 8 Maalikalvon paksuuden tarkastus

## 9.2 Säiliön varustelu

Säiliön maalipinnan tarkastuksen jälkeen jatkettiin poistamalla maalauksen aikaiset suojaukset. Suojaus poistettiin säiliön kannen huoltoaukosta, lämmittimen putkesta sekä SAE-laipoista. Pienempien yhteiden VSTI-tulpat jätettiin pakoilleen ylimaalattuina.

Säiliöön kuuluvat, erilliset kannakkeet, kiinnitettiin niille tarkoitetuille paikoille ja tyhjennysventtiili asennettiin huolellisesti puhdistettuun nippaan, Loctite 570 kierretivisteellä. Lisäksi säiliöön kiinnitettiin vetoniiteillä kilpi, jossa oli yksilöllinen sarjanumero ja säiliön hitsaajan stanssaama numerotunnus.

## 9.3 Lopputarkastus ja suojaus

Säiliön lopputarkastuksessa tarkastettiin silmämääräisesti komponenttien asennuksien lisäksi, ettei varustelun yhteydessä maalipinta ollut vaurioitunut, eikä säiliön sisälle ollut päätenyt likaa tai metallilastuja.

Tarkastuksen jälkeen säiliön sisälle ruiskutettiin kauttaaltaan ohut kerros suojaöljyä, joka estäisi varastoinnin aikana muodostuvan kosteuden aiheuttaman korroosion syntymisen maalaamattomille pinnoille. Säiliön yhteydet ja aukot suljettiin ilmatiivisti, koska valmistajan mukaan suojaöljy antaisi parhaan suojan ilmatiiviissä tilassa, koska se muodostaisi myös suojaavaa kaasua. Säiliön päälle levitettiin lopuksi kauttaaltaan suojamuovi, joka kiinnitettiin niittaamalla puiseen kuljetusalustaan.

## 10 SARJATUOTANTOPROSESSI JA TUOTANTOSUUNNITELMA

### 10.1 Sarjatuotannon määritelmä, historia ja vaikutukset nykyaikaan

Sarjatuotannossa eli massatuotannossa tavoitteena on madaltaa tuotteen valmistuskustannuksia valmistamalla suuria määriä, keskenään identtisiä tuotteita, joiden osat ovat keskenään vaihtokelpoisia. Sarjatuotannossa tuote valmistetaan vaiheittain ja jokaisessa vaiheessa toistetaan samaa työsuoritetta. Jokainen vaihe on tarkoin suunniteltu siten, että työntekijöiden tarpeeton liikkuminen minimoidaan, jolloin tuottavan työn aika kasvaa ja tuottamattoman työn aika vähenee. Koska jokaisessa vaiheessa tuotteelle toistetaan aina samat toimenpiteet, eikä yksittäisen työntekijän tarvitse opetella koko valmistusprosessia, työntekijöiden kouluttamistarve vähenee ja saadaan enemmän potentiaalisia työntekijöitä, koska työtehtävät eivät ole vaativia.

Usein kunnia sarjatuotannon keksimisestä annetaan Henry Fordille, vaikka todellisuudessa ensiaskeleet sarjatuotannon kaltaiseen valmistamiseen otettiin jo kauan ennen Fordia, teollistuvassa Englannissa, kun höyrykoneen keksiminen ja teollistuminen mahdollistivat tuotannon suuressa mitakaavassa. Yleisesti ensimmäiseksi sarjatuotannon aloittajaksi on nimetty Eli Whitney, jonka yritys valmisti Yhdysvaltojen armeijalle suuria määriä aseita, joiden etuna kilpailijoihin nähden oli, että kaikki valmistetut aseet olivat keskenään identtisiä, sekä osat keskenään vaihtokelpoisia. Osien vaihtokelpoisuus tarkoittaa, että hajonnut osa voitiin korvata toisesta aseesta otetulla osalla, koska ne olivat identtisiä. Myöhemmin kuitenkin selvisi, että Whitheyn yrityksen valmistamien aseiden osat eivät olleetkaan vaihtokelpoisia, vaan ne olivat seppien valmistamia.

Sarjatuotannon alkuaikoina osien valmistuksessa käytettävien koneiden tarkkuus ja osien idettisyys oli ammattitaitoisen koneenkäyttäjän ansiota, mutta koneiden tarkkuuden kehittyessä koneenkäyttäjän ammattitaidolla ei ollut enää merkitystä, vaan lopulta identtisiä osia saattoi valmistaa kuka vain kykeni oppimaan koneen käytön. Sarjatuotannolla tavoiteltavan kap-

palekustannuksien vähentämisessä on tänä päivänä olennainen tekijä komponenttien samankaltaisuus, kuten autojen varaosissa. Vaikka Henry Ford ei keksinyt sarjatuotantoa, hän kuitenkin kehitti sarjatuotannon sellaiseksi, kuin me sen nykyään tunnemme. Fordin tehtaalla oli ensimmäinen tuotantolinja, joka mahdollisti T-mallin Fordien valmistamisen liukuhihnaperiaatteella. Henry Ford onnistui laskemaan autojensa hintaa sarjatuotannolla, niin paljon että myös niillä ihmisillä oli varaa hankkia auto, joilla ei siihen ennen T-mallin Fordia ollut varaa. (Dictionary of American History 2003)

Teollistumisen ja sarjatuotannon alkuaikojen vaikutukset on nähtävissä tänä päivänä erilaisissa standardeissa. Teollisuudessa ja sarjatuotannossa tuotteiden valmistamiseen täytyy olla tarkasti määritelty ohje, jota noudattaa, että tuotteet, esim. ruuvit ja mutterit osataan valmistaa identtisiksi ympäri maailmaa ja se onnistuu nykyaikaisen standardijärjestelmän ansiosta. Myös kaikki säiliöissä käytetyt komponentit ja materiaalit on valmistettu jonkin standardin mukaan, kuten SAE-laipat, teräslevyt, maali, jne. Lisäksi eri valmistusmenetelmät voivat olla standardoituja, kuten laserleikkaus- ja särmäysmenetelmät.

## 10.2 Säiliön teräsrakenteiden valmistaminen sarjatuotannon näkökulmasta

Tietotekniikan kehittymisen myötä teräksen jatkojalostamisesta on myös tullut sarjatuotantoa, kun käytettävien työkonien, kuten sorvien, työstökeskusten, leikkaus- ja särmäyskoneiden ohjaus on toteutettu tietotekniikalla, jota kutsutaan CNC-ohjaukseksi. CNC on lyhenne englannin sanoista, computerized numerical control, joka tarkoittaa tietokoneistettua numeerista ohjausta. Teräsleikkeiden valmistuksessa käytettävät särmäyspuristin ja leikkauskone ovat CNC-ohjattuja joita käyttää, eli operoi, tehtävään koulutettu koneenkäyttäjä, operaattori. Usein operaattoreita kutsutaan myös työkonien nimestä johdetulla nimikkeellä, kuten sorvaaja, koneistaja, särmääjä ja leikkausmenetelmän mukaan laser-, plasma tai vesileikkaaja.

CNC-ohjatut työkoneet suorittavat työn operaattorin määrittämien komentojen pohjalta ja komentojen sarjaa kutsutaan ohjelmaksi. CNC-koneelle syötetty ohjelma voidaan tarvittaessa suorittaa uudelleen, rajattomia kertoja. Operaattori syöttää koneelle uuden ohjelman tarvittaessa, kuten silloin kun teräslevystä leikattavien osien vahvuus tai särmättävien osien taivutus muuttuu. Operaattori käyttää suuren osan työajasta uudelleen ohjelmointiin ja muuhun työhön, eikä varsinaiseen tuottavaan työhön.

Edellisessä ammatissani, plasmaleikkaajana työskentelin yrityksessä, joka oli vasta hiljattain hankkinut plasmaleikkauskoneen. Sain tehtäväkseni selvittää varsinaisen leikkaamisen lisäksi prosessin edellyttämien tehtävien suorittamiseen kuluvan ajan. Työaikaseurannan perusteella havaittiin, että yhden ohjelman leikkaamiseen ja muihin tehtäviin käytetty aika oli keskimäärin kolminkertainen varsinaiseen leikkaamiseen kuluvaan aikaan verrattuna, joka tarkoittaa, että kahdeksan tunnin työpäivän aikana varsinaista leikkausaikaa kertyi keskimäärin alle kolme tuntia. Myös särmäyspuristimen operaattorin työajasta iso osa kuluu muuhun, kuin itse särmäykseen. Molemmissa edellä mainituissa tapauksissa muut tehtävät käsittää mm. koneen ohjelmoinnin, teräslevyjen siirtelyn, valmiiden osien pakkaamisen, jne. Tuottava työaika lisääntyy suhteessa muiden tehtävien suorittamiseen käytettyyn aikaan, jos samaa tuotetta valmistetaan useita kappaleita.

### 10.3 Säiliöiden valmistaminen sarjatuotantona

Sarjatuotannossa työskentelee usein eri henkilö jokaisessa työvaiheessa, mutta toisaalta yhden työvaiheen parissa saattaa työskennellä useita henkilöitä, tai yksi henkilö työskentelee useassa työvaiheessa. Säiliöiden sarjatuotannossa työskenteli kaksi hitsaajaa, sekä yksi asentaja. Säiliöiden valmistus tapahtui usean työvaiheen aikana siten, että kuusi säiliötä kulkevat yhdessä koko valmistusprosessin läpi, vaihe vaiheelta, hitsauksesta maalaukseen ja kokoonpanoon. Säiliöiden sarjatuotannossa säästö syntyi periaatteessa samoin, kuin teräslevyn leikkauksessa ja särmäyksessä, eli tuottamattoman työn ajan minimoimisella suhteessa tuottavaan työhön.

Säiliöiden valmistuksessa hitsaajat valmistelivat osat kymmeneen säiliöön, hitsaamalla osat aluksi nopeasti ”heppiin”, eli osat hitsattiin, pienillä piste-hitseillä oikeille paikoilleen. Kun yhden säiliön varsinainen hitsaus oli valmis, hitsaaja nosti valmiin säiliön lavalle ja samalla nosti heppiin hitsatun säiliön työpöydälle ja saattoi aloittaa suoraan varsinaisen hitsaamisen, eli tuottavan työn.

Myös asentaja työskenteli jokaisessa työvaiheessa usemman säiliön kanssa, koska jokaisessa työvaiheessa täytyi käyttää useita työkaluja ja asentaa tulppia tai komponentteja. Jos asentaja olisi suorittanut esim. tiiveystestauksen vain yhdelle säiliölle kerrallaan, eli hakenut yhden säiliön testausalueelle, noutanut yhteen säiliöön tarvittavat tulpat ja kiinnittänyt ne, suorittanut testin, vienyt säiliön pois ja aloittanut uuden säiliön testaamisen, asentajalla olisi kulunut huomattavasti aikaa edestakaisin kävelyyn. Myös tarvikkeiden ja työkalujen hakemiseen käytettyä aikaa vähennettiin hankkimalla asentajalle työkaluvaunu, josta löytyi kaikki tarpeelliset, työkalut, kiinnitystarvikkeet, tulpat, lisäksi pyörillä liikkuvan työkaluvaunun siirtäminen työpisteeltä toiselle onnistui helposti.

Käytännössä säiliöiden tuotantomäärä ja -aikataulu toteutettiin asiakkaan tarpeiden mukaan ja tilaus tarvittavista säiliöistä toimitettiin Cenmialle vähintään neljä kuukautta ennen ensimmäistä toimituspäivää. Hyvissä ajoin saapuvat säiliötilaukset mahdollistivat sen, ettei niitä tarvinnut valmistaa varastoon, eikä materiaalien tai komponenttien varastoinnille ollut tarvetta, vaan kaikki hankinnat tehtiin tilatulle määrälle. Yhdellä tilauksella oli 10-90 säiliötä, joiden toimitus oli jaettu noin 10 säiliön viikkoeriin.

#### 10.4 Sarjatuotannon vaikutus materiaalihankintoihin

Kun tuotetta valmistetaan suuria määriä, myös materiaalihankinnat tehdään suurissa erissä, jotta sarjatuotannolla tavoiteltu hyöty toteutuu, mutta suurissa tilausmäärissä on myös suuret riskit. Kuten leikkeitä tilatessa on hyvin mahdollista, että epähuomioissa tuotteiden ostotilauksella käyttää vanhentunutta piirustuksen revisiota, eli versiota. Virheellisestä tilauksesta

taloudellisen vastuun kantaa aina tilaaja. Virheellisen tilauksen taloudelliseen menetykseen vaikuttaa, virheellisten leikkeiden määrä ja kuinka paljon virheellisten osien tilalle täytyy valmistaa korvaavia osia oikean revision mukaan. Mikäli 50 säiliön leikkeet olisi tilannut sellaisella revisiolla, jossa oli vanhat kannakkeet, virheen korjauksesta koituisi enemmän kustannuksia, kuin 50 säiliön leiketilausten yhteydessä sai paljousalennusta, koska kannakkeet ovat säiliön leikkeistä kalleimmat, niiden koon ja särmäyksen vuoksi. Toistaalta jossain tapauksessa muutokset voivat olla niin vähäisiä, että asiakas hyväksyy väärän revision mukaan valmistetut osat. Väärän revision käyttäminen tilauksella tapahtuu todennäköisimmin silloin, kun kyseessä on uudehkon tuotteen leiketilauksesta, koska tuotannon alkuvaiheessa uusi tuote hakee vielä lopullista muotoaan, ja tuotteeseen saatetaan tehdä useita pieniä muutoksia, joista julkaistaan aina uusi revisio. Säiliöiden leikkeitä tilatessa oli syytä olla erityisen huolellinen, koska säiliöstä julkaistiin ensimmäisen sarjatuotantovuoden aikana useita revisiota, joissa muutoksia ei nopeasti katsottuna kuvasta havainnut, mutta ne olivat, kuitenkin niin oleellisia, että vanhan revision leikkeet olisivat olleet romurautaa.

Suurien tilausmäärien haittapuolena on myös varastotilan tarve, etenkin leiketilauksissa, koska leikkeet olivat suuria ja tilaa vieviä, eikä niiden säilyttäminen ulkona ollut mahdollista, sillä peitatuslevyn puhtaan pinnan haittapuolena on sen korroosioherkkyys. Peitatuslevyn pintaan muodostunut ruoste täytyy lähes poikkeuksetta poistaa mekaanisesti, josta aiheutuu ylimääräistä työtä, mutta ei suuria kustannuksia.

### 10.5 Sarjatuotannon haasteet

Suurien hankintaerien tuoma säästö, sekä jatkuva pyrkimys tuotannon ja työskentelyn nopeuttamiseksi tuodaan usein esiin vain positiivisessa mielessä, vaikka käytännössä asia ei ole niin yksikertainen. Sarjatuotantovaiheessa työntekijöillä on useita stressiätekijöitä, kuten:

- sarjatuotanto, joka oli Cenmian henkilöstölle uusi tuotantomenetelmä

- uusi tuote
- nopeutuva työtahti
- korkeat laatukriteerit
- työaikatavoitteiden saavuttaminen

Stressaantuneen työntekijän keskittyminen kärsii ja saattaa viedä huomion varsinaisesta työstä, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa. Jos tilanteeseen ei puututa, vaan sen annetaan jatkua ennallaan saattaa seurauksena olla kohonnut tapaturmariski, jopa työtapaturma tai virheistä aiheutuneita taloudellisia menetyksiä. Työntekijöiden toimintaan ja mielialaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota sarjatuotannon alkuvaiheessa, kun stressiä aiheuttavia tekijöitä on eniten, myöhemmin tilanne tasaantuu, kun tuotannon järjestelyt vastaavat tarpeita, työtehtävät on opittu ja sarjatyöhön on löytynyt rutiini.

Sarjatuotannossa työntekijän on tärkeää myös tuntea omat rajat ja asettaa tavoitteet omien kykyjen mukaan, sillä merkittävä stressin aiheuttaja on omiin kykyihin nähden epärealistiset tavoitteet esim. työn oppimisessa, työnopeudessa jne., josta seurauksena on lisääntyneet huolimattomuusvirheet. Usein työntekijöillä on myös sarjatuotannosta käsitys, että töitä täytyy tehdä omien kykyjen ja kestävyuden rajolla, vaikka asia on juuri toisin. Sarjatuotannon nopeus saavutetaan huolellisella ennakkosuunnittelulla ja valmistautumisella, eikä kiirehtimällä. Hyvällä suunnittelulla minimoidaan tarpeettomat edestakaisin kävelemiset, tuomalla tarpeelliset asiat työntekijän lähelle, ettei työntekijöiden tarvitse lähteä etsimään tarvittavia työkaluja tai osia.

#### 10.6 Prototyypisäiliöiden hyödyntäminen sarjatuotannon valmistelussa

Kahden prototyypisäiliön valmistusprosessista on saatavilla hyvin rajallinen määrä kokemusta ja tietotaitoa, erityisesti niiltä osa-alueilta, joilla sarjatuotannossa on suuri merkitys. Kahden säiliön valmistusprosessista työntekijät saavat kyllä tarpeellista kokemusta tulevista työtehtävistä ja prosessin perusteella voidaan arvioida eri työvaiheisiin kuluva työaika,



mutta kahden säiliön valmistusprosessin perusteella ei kuitenkaan voi ennakoida sarjatuotannon tuomia haasteista.

Prototyypisäiliöiden perusteella valittiin säiliöiden valmistusmateriaaliksi peitattu teräslevy ja rutiilitäytehitsauslanka, sekä laadittiin sarjatuotannon työvaiheille ensimmäiset versiot työohjeista ja tavoitteelliset työvaiheiden suoritusajat, mutta lopulliset tuotannon järjestelyt ja työvaiheiden suunnittelu tehtiin kuitenkin vasta sarjatuotannon alkuvaiheessa.

#### 10.7 Soveltuvien teräslaatuojen ominaisuudet sarjatuotannon näkökulmasta

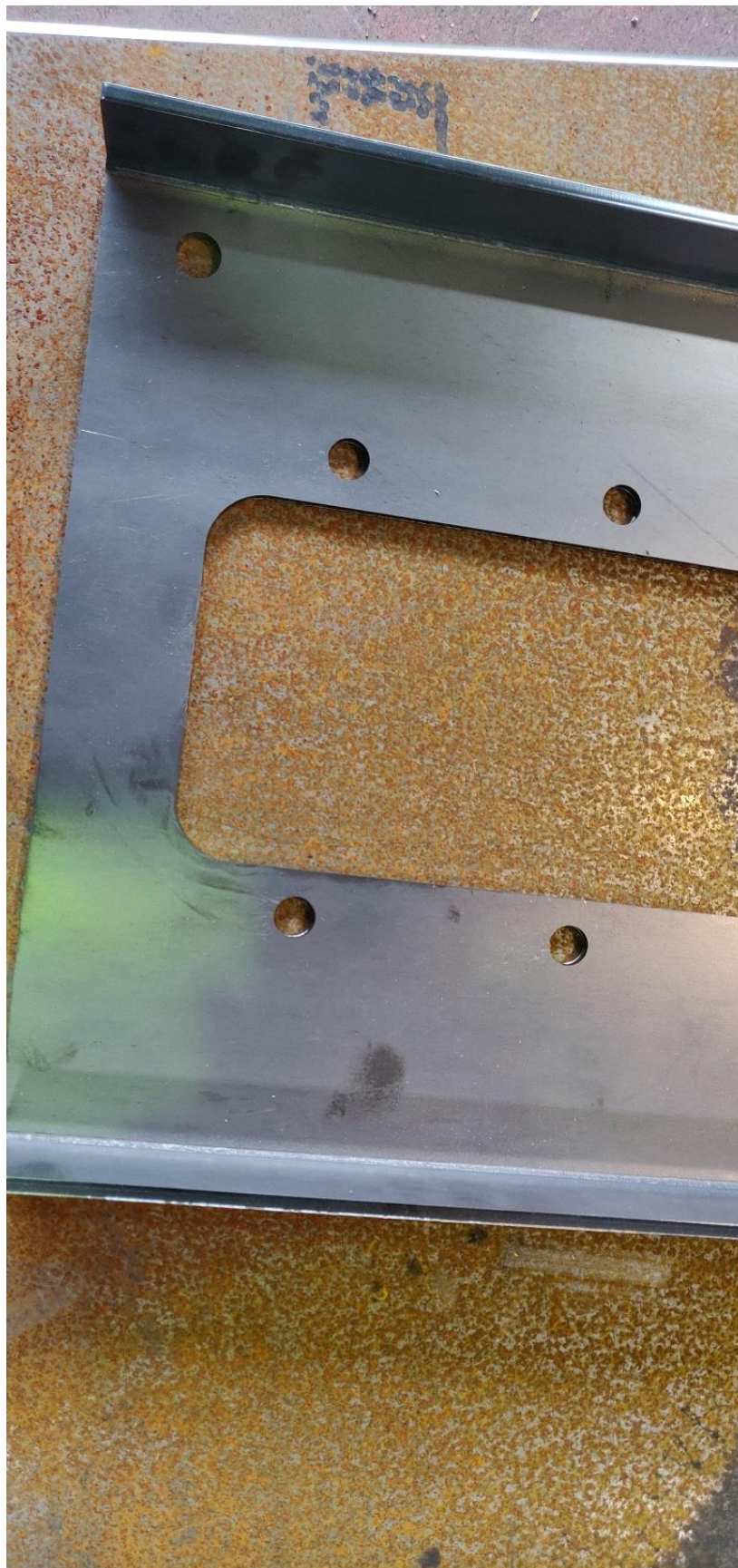
Säiliö olisi ollut mahdollista valmistaa ruostumattomasta teräksestä, joka olisi ollut puhtauden kannalta erinomainen materiaali, koska silloin puhdistamisessa olisi ollut mahdollista käyttää esim. höyrypainepesuria. Puhdistamisessa säästyneellä työajalla ei kuitenkaan, ollut mahdollista saavuttaa sellaista säästöä, että se kompensoisi ruostumattoman teräksen kalliin hinnan, joten materiaaliksi valittiin S355 rakenneteräs.

Koska teollisuudessa yleisimmin käytetyssä, S355J2-toimitustilassa, teräslevyn pinnalla on aina sen muokkaus- ja käsittelyvaiheiden jäljiltä suuri määrä valssihilsettä ja muuta irtolikaa, sekä mahdollisesti ruostetta, valittiin säiliössä käytettäväksi teräslevyille S355MC- toimitustila. S355J2 ja S355MC levyt vastaavat mekaanisilta ominaisuuksiltaan toisiaan, mutta erityisesti laserleikattavaksi tarkoitettu MC-laatu peitataan valmistusprosessin lopuksi.

Teräslevyn peittäus, eli happokäsittely, puhdistaa teräslevyn pinnan hilseettömäksi ja sileäksi (Kuva 9), joka on helppo puhdistaa pyyhkimällä, mutta altistaa levyn korroosiolle. Peitatuslevyn valmistusprosessi on muutoin täysin samanlainen, kuin kuumavalssatun S355-teräslevyn, mutta valssauksen jälkeen levynauha ohjataan kuumana höyryävään happoaltaaseen. Prosessissa käytetään kloorivetyhappoa, jota käytetään myös ruostumattomien teräksien peittäyksessä. Nopea happoon kastaminen poistaa levynpinnalta valssauksen aikana muodostuneen valssihilseen,

hiilen ja muut epäpuhtaudet. Lopuksi levyjen pinnalle ruiskutetaan huomaamattoman ohut öljykerros tai jokin muu suoja-aine, koska happokäsittelyn jäljiltä paljaaksi jäänyt levyn pinta ruostuisi hyvin nopeasti (steelforgirls 2011).

Myöhemmin, sarjatuotannon alettua, säiliön valmistamisessa oli mahdollista siirtyä suihkupuhdistamalla käsiteltyyn levyyn (Kuva 10). Suihkupuhdistaminen suoritettiin ennen kannen liittämistä säiliöön, kun kansi- ja pohjaosat olivat hitsattu valmiiksi. Kansi ja pohja suihkupuhdistettiin ennen maalausta kauttaaltaan ja säiliö hitsattiin valmiiksi ennen maalausta. Muutoksen myötä säiliön puhtaustaso nousi huomattavasti ja asentajan suorittamalle puhdistamiselle ei ollut enää tarvetta, joten muutoksella oli merkittävä vaikutus myös tuotantonopeuteen.



KUVA 9 Kuvassa päällimmäisenä peitattu- ja alla normaali S355-teräslevy



KUVA 10 Teräslevynpinta suihkupuhdistuksen jälkeen

## 10.8 Rutiilitäytelangan puhtausongelma sarjatuotannossa

Hitsauksessa käytettäväksi valitulla rutiilitäytelangalla oli myös puhtauden kannalta huono ominaisuus. Se muodostaa hitsin pintaan jäähtyessään kuonakerroksen, joka täytyi irroittaa mekaanisesti. Kuona on rakenteeltaan haurasta ja irroitettaessa se murenee pieniksi hiukkasiksi ja osittain pölyksi, joka tarttui helposti säiliön teräsleikkeiden pintaan. Muodostuvan kuonan takia teräsleikkeiden pinta täytyi puhdistaa huolellisesti säiliön sisäpuolelta ennen kannen liittämistä säiliöön. Sarjatuotannossa jokainen työvaihe täytyi suunnitella siten, että työskentely oli mahdollisimman tehokasta ja nopeaa, mutta myös puhtaudesta täytyi huolehtia alusta alkaen, koska myöhemmin säiliön puhdistaminen oli vaikeaa ja siihen kuluisi enemmän aikaa, siksi myös hitsauksen yhteydessä täytyi käyttää ylimääräistä aikaa puhdistamiseen.

Myöhemmin, kun useita kymmeniä säiliöitä oli jo toimitettu asiakkaalle, nousi esiin myös toinen hitsauslangasta johtuva ongelma. Asiakas raportoi, että säiliöiden sisältä oli löytynyt silmin havaittavan kokoisia, kovia hiukkasia, jotka eivät kuitenkaan olleet suihkupuhdistuksessa käytettyä hiekkaa. Ongelman juurisyyn selvittäminen oli haasteellista, koska lika-hiukkaset ilmaantuivat säiliöiden pohjalle tasaiseksi kerrokseksi kuin tyhjistä ja tarttuivat säiliössä olevaan suojaöljyyn.

Aluksi aiheuttajaksi epäiltiin huolimattomasti suoritettua loppupuhdistusta, mutta pian kuitenkin todettiin, että hiukkaset ilmaantuivat säiliöihin vasta niiden lähdettyä Cenmialta, vaikka suojauksen takia likaa ei ollut mahdollista joutua sisäosiin kuljetus- tai varastointivaiheessa.

Pitkällisen selvitystyön tuloksena selvisi, että hiukkaset olivat hienoksi pölyksi murentunutta rutiilihitsauslangan kuonaa. Havaitsimme, että kansi- ja sivulevyjen väliin saattoi hitsausvaiheessa jäädä säiliön sisäpuolelle avoin rako, koska kansi hitsattiin vain ulkopäin. Kuonaa muodostui, kun sula hitsauslanka tunkeutui levyjen rakoon ja jäähtyi. Hitsauksen aiheuttaman lämpölaajenemisen takia rako oli kuumana suurempi ja kutistui teräksen jäähtyessä, jolloin raossa ollut kuonakerros murskaantui pieniksi muruiksi,

pudoten säiliön pohjalle.

Kun hiukkasten alkuperä oli selvitetty, myös ongelman korjaaminen oli mahdollista. Ensimmäisenä toimenpiteenä hitsaajia ohjeistettiin kiinnittämään hitsausvaiheessa huomiota, erityisesti kannen hitsaamiseen ja siihen, ettei levyjen väliin jäisi rakoja, johon kuonaa voisi muodostua.

## 11 LOPPUPÄÄTELMÄ

### 11.1 Prototyypivaiheen kokemukset ja niiden hyödyntäminen

Opinnäytetyön aiheena oli kertoa kahden prototyypisäiliön valmistusprosessista ja sen aikana saatavan kokemuksen hyödyttämisestä sarjatuotantovaiheen tuotantosuunnitelman laatimisessa. Prototyyppi- ja sarjatuotantovaiheiden kustannuslaskelmat eivät kuuluneet opinnäytetyön aiheeseen, koska ne olivat laadittu valmiiksi, joten säiliöiden sarjatuotannolle laadittiin tuotantosuunnitelma, jonka tavoitteena oli mahdollistaa säiliöiden valmistus asiakkaan tarpeiden mukaan, täyttäen heidän laatuksiteerit, sekä saavuttaen Cenmian asettamat työ- ja materiaalikustannustavoitteet.

Prototyypisäiliöiden valmistamisessa haasteita aiheutti rakennustekniset seikat, joiden ratkaisemiseksi täytyi hankkia tietoa useista eri aihealueista, kuten hitsaustekniikasta ja hitsasuslankojen ominaisuuksista, teräslevyjien eri toimitustilavaihtoehtojen ominaisuuksista, sekä muiden valmistusmateriaalien ominaisuuksista. Valmistusmateriaalien valinnoilla haluttiin vaikuttaa siihen, että vaadittu laatu saavutettaisiin, vähemmällä työllä.

Prototyypivaiheen valmistusprossin perusteella voitiin arvioida, mitä työtehtäviä valmistusprosessiin kuuluu ja sen pohjalta jokaiselle tehtävälle voitiin myös kehittää sarjatuotantoon soveltuva työmenetelmä. Säiliön valmistusprosessi jaettiin viiteen työvaiheeseen: hitsaus, tiiveystarkastus, maalaus, kokoonpano-laaduntarkastus, pakkaus-toimitus. Jokaiseen työvaiheeseen kuului useita tehtäviä, kuten tiiveystarkastusvaiheessa säiliöön asennettiin ilmatiivit tulpat ja kokoonpanon yhteydessä osien asentamisen lisäksi suoritettiin laaduntarkastus. Eli käytännössä kymmenet yksittäiset työtehtävät jaettiin viiteen työvaiheeseen.

Kun aloitin tuotantosuunnitelman laatimisen prototyypivaiheen kokemusten pohjalta sain ensi vaikutelman, että hyödyllistä tietoa oli kertynyt niin runsaasti, että sen pohjalta olisi mahdollista muodostaa työvaiheet. Ensimmäisessä tuotantosuunnitelmassa ilmeni pian sarjatuotannon alettua kuitenkin merkittävä ongelma, joka täytyi ratkaista. Tuotantosuunnitelmas-



sa oli ”pullonkaula”, koska jokaisen työvaiheen aikana käsiteltiin vain yhtä säiliötä kerralla, joka teki prosessista todella hitaan ja siksi myös työaikatavoitteet jäi saavuttamatta. Käytännössä prototyyppivaiheesta hyötyivät hitsaajat, jotka saivat arvokasta työkokemusta säiliön hitsaamisesta ja myös asentajalle voitiin määritellä joitakin työtehtäviä sen perusteella, mutta sarjatuotannon suunnittelun kannalta hyödyllistä tietoa kertyi hyvin niukasti, vaikka ensi vaikutelma oli päinvastainen

## 11.2 Tuotantosuunnitelman kehittäminen

Ensimmäisen tuotantosuunnitelman merkittävimmän ongelman ratkaisemiseksi työvaiheet suunniteltiin uudelleen, siten että viikoittain tapahtuvan toimituksen säiliöt käsiteltäisiin jatkossa kahdessa erässä ja joissa säiliöitä on parillinen määrä. Eli käytännössä kymmenen säiliötä käsittävä viikko-toimitus jaettiin kahtia, neljän ja kuuden säiliön setiksi. Asentaja aloitti tiiveystestauksen, kun hitsaajilta oli valmistunut tarvittu määrä säiliöitä, kuten neljä, joille suoritettiin kaikki työvaiheet tiiveystestaamisesta aina pakkaamiseen asti. Ensimmäisen setin jälkeen toiselle setille, eli lopuille kuudelle säiliölle suoritettiin samat työvaiheet.

Usean säiliön käsitteleminen yhtä aikaa nopeutti prosessia huomattavasti, sillä mikäli säiliöön täytyy asentaa kolme samanlaista tulppaa ja ne asennetaan vain yhteen säiliöön kerralla, täytyy asentajan etsiä työvälineitä ja komponentteja useaan kertaan, kun toisaalta paikalle voidaan tuoda kuusi säiliötä ja asentaa niihin kaikki 18 tulppaa sarjatyönä ja vähentää tuottamatonta työaikaa, kun työvälineiden ja tulppien etsimisen sijaan asentaja voi vain siirtyä asentamaan tulppia seuraavaan säiliöön. Kun työtehtävät suoritetaan aina sarjassa usealle säiliölle, jokaiseen työtehtävään käytetty työaika vähenee, koska asentajan ei tarvitse laskea työvälineitä käsistään, tuoda seuraavaa säiliötä työpisteelle, etsiä tarvittavat työvälineet ja toistaa samaa jokaisen säiliön kohdalla.

Sarjatuotanto suunniteltiin siten, että jokaisessa vaiheessa käsiteltäisiin 4-8 säiliötä kerralla. Määrään päädyttiin, kun havaittiin, että asentajan työs-



kentely on kyseisellä määrällä tehokkainta, maalamon kapasiteetti soveltui paremmin alle kymmenelle säiliölle ja usein kuorma-autoonkaan, ei mahtunut kymmentä säiliötä, sillä maalauksen jälkeen säiliöt täytyi olla kuormalavoilla yksittäin. Säiliöitä käsiteltiin yleensä myös pareittain, koska hitsauksen jälkeen säiliöt voitiin pakata kuormalavoille pareittain pystyyn (Kuva 11), jolloin säiliöt veivät puolet vähemmän tilaa ja niiden siirtäminen oli kaksi kertaa nopeampaa.



KUVA 11 Kaksi hitsattua säiliötä valmiina tiiveystestiin

Vaikka ensimmäisessä tuotantosuunnitelmassa oli useita parannusta kaipaavia kohtia, ne eivät olleet kuitenkaa yhtä kriittisiä, kuin edellä esitelty. Tuotantosuunnitelma ei ole varsinaisesti ikinä valmis, vaan valmistusprosessia täytyy kehittää koko ajan ja tuotantosuunnitelmaa täytyy muuttaa. Kun säiliöiden sarjatuotanto oli jatkunut lähes vuoden, asiakas toi esiin, että useat heidän kirjoittamista laatupalautteista koskivat asentajan unohduksesta tai kokemattomuudesta aiheutuneita huolimattomuusvirheitä.

Virheiden vähentämiseksi, laadittiin ohjeet säiliön tiiveystarkastus- (Liite 3) ja lopputarkastusvaiheesta (Liite 4), sekä työohje (Liite 5) niistä tehtävistä, jotka eivät kuuluneet em. osa-alueisiin. Lopputarkastuksen jälkeen täytettiin lopputarkastusraportti (Liite 6). Yksityiskohtaisissa ohjeissa lueteltiin työvaiheen tehtävät, opastettiin niiden suorittamisessa ja listattiin myös tarkastettavat kohteet, sekä virheet joita kohteista etsiä. Ohjeiden laatimisen jälkeen toistuvien huolimattomuusvirheiden määrä putosi lähes nol- laan ja työohjeita päivitettiin aina, jos havaittiin että jonkin virhe alkoi tois- tua.

## 12 YHTEENVETO

Sarjatuotannossa työntekijöiden keskinäinen vuorovaikutus ja toisten tukeminen ovat avain asemassa, sujuvan prosessin kannalta. Toisten työn tukeminen edellyttää, että jokainen työntekijä hallitsee omat tehtävät, mutta lisäksi tuntee riittävän hyvin myös muiden tehtävät.

Varsinaisen tuotannosuunnittelijan työni lisäksi, vastasin noin vuoden ajan myös säiliöiden tuotannossa asentajan tehtävistä, eli käytännössä koko protyyppivaiheen ajan, sekä useita kuukausia sarjatuotannon alettua. Asentajana työskennellessäni vakiotoimitusmäärä oli 6-8 säiliötä viikossa ja satunnaisesti 10 säiliötä. Myöhemmin, vakiotoimitusten noustessa 10:een tai hetkellisesti jopa 12:sta säiliöön viikossa, oli selvää että asentajan tehtävään täytyi palkata täysipäiväinen työntekijä.

Asentajan työssä opin tuntemaan koko valmistusprosessin paremmin, kuin olisin millään muulla tavoin voinut sen oppia ja siksi työkokemuksesta oli valtava hyöty säiliöiden työvaiheiden ja -ohjeiden suunnittelussa, sekä erityisesti tuotantosuunnitelman laatimisessa. Myös tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa tärkein tietolähteeni on ollut asentajan työssä saatu käytännön kokemus, niin koko prosessista, kuin eri työvaiheiden yksittäisistä tehtävistä ja niiden suorittamisesta, sekä tiiviin yhteistyön tuloksena hitsaajilta, hitsaustekniikasta ja hitsaamisesta saatu oppi.

## LÄHTEET

RTV-Yhtymä Oy. 2019 *International Marine Coatings* [Viitattu 1.2.2019].

Saatavissa: [http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/inter\\_info/pinnanpuhdistus/view](http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/inter_info/pinnanpuhdistus/view), 2019.

C.C. Jensen A/S. 2003. *Clean Oil Guide*. Svendborg: C.C. Jensen A/S.

Saatavissa: [http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Clean\\_Oil\\_-Guide\\_FIN.pdf](http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Clean_Oil_-Guide_FIN.pdf), 2003.

Dictionary of American History. 2003. *Encyclopedia.com* [Viitattu

1.4.2019]. Saatavissa: <https://www.encyclopedia.com/social-sciences-and-law/economics-business-and-labor/economics-terms-and-concepts/mass-production>, 2003.

Flink, R. 2009. *Tikkurila Coatings: Metallipintojen teollinen maalaus*.

Vantaa: Tikkurila Industrial Coatings

Saatavissa: <https://docplayer.fi/1340945-Metallipintojen-teollinen-maalaus.html>, 2009.

Lukkari, P. & Makkonen, M. 1997. *Hitsaustekniikka. Perusteet ja*

*kaarihitsaus*. Helsinki: Edita, 1997.

steelforgirls. 2011. *Steel For Girls* [Viitattu: 1.2.2019]. Saatavissa:

<https://steelforgirls.wordpress.com/2011/05/04/what-is-hrpo/>, 2011.

## LIITTEET

## LIITE 1 Materiaali ja resurssisuunnitelma, MPP

Manufacturing Process Plan							Supplier	
Part number	Drawing number	Component Name	Oljyvaihtusajaliik	Supplier	REV 5	Date		
				JKO/MMV		6/11/2017		
Main process steps (Päätyövaihe)	Critical subprocesses (Kriittiset osaparametrit)	Product and process requirements, Instructions (Kriittiset tuote- ja prosessivaatimukset sekä kirjalliset toimintaohjeet)	Variables to be measured (Mittatavat kohdat)	Measuring method (Mittausmenetelmä)	Inspection frequency (Tarkastusstiivys)	Responsible person (Vastuhenkilö, mittaus ja raportointi)	Records (Raportointi, tallennuspaikka)	Equipment (Kone)
Planning of production (MPP)	Process timetable (Resources, Sub-contractor resources, Material ordering)	Resource planning (Consignment monitoring)	Resource quantity (Reliability of delivery)	Measuring tape (Visual, Angle measure)	Continuously	JKO	C9000 EXCEL	
Reception inspection	Visual surface check (Measure check, Ordered parts quantity check, Ordered parts check)	Check guide for critical points (Packing list, Measuring guide)	Parts measures and quantity (SAE, Flanges seal surface, Bariclets, Bending angles)	Measuring tape and jigs made for purpose	Measures and quality, beginning 100%, and later random samples (Quantity always 100%, SAE Flanges 100%)	JKO	Deviations reported (Quantities to C9000)	
Welding	(Installing to jig) (Tanks inside cleaning and welding beads check before installing the cover plate, Critical measures and outside welding beads check)	Cleaning guide (Welding guide, WFS, WPCR, Marking guide, Measuring guide)	Welded products critical measures	Measuring tape and jigs made for purpose	Measures and quality, beginning 100%, and later random samples	Welder /JKO	Deviations reported	
Leak test	Plugging the openings, installing the pressurising equipment and ball valve (With Loclit 577 + Activator)	Leak test guide and equipment	Leakages	Pressure test 0,5bar	100 %	Welder /JKO	Final inspection report (form 108-14)	
Inside inspection and rust protection	Cleaning (Rust protection, VC230)	Surface cleaning and protection	Visual cleanliness check	Visual	100 %	Welder /JKO	Final inspection report (form 108-14)	
Painting	Out side sand blasting (Thread covering)	Painting guide, (Paint protection check)	Paint thickness (Paint sticking)	Paint thickness measuring instrument (paint shop)	Measures and quality, beginning 100%, and later random samples	Paint shop	Deviations reported	
Assembly	Loctite 2400 must be used for bolts and VC230 -oil for flange in compensator installation (and tighten with cross pattern to 70Nm)	Drawings and parts list				JKO		
Final inspection	Leak test, assembly check and cleanliness check in final inspection report (108-14)	Final check guide	Measures, surface quality, bolt joints, SAE-Flanges seal surface		100 %	JKO	Final inspection report (form 108-14)	
Packing / Consignment	Packing list (Consignment notes)	Packing and Consignment guide	Reliability of delivery		Continuously	JKO	C9000	

## LIITE 2 8D-Raportti

## 8D – raportti

<b>Aihe / Ongelman kuvaus:</b> Laatupalaute WDFXXXXX		
<b>Tiimin jäsenet:</b>		
<b>Aloituspäivämäärä:</b> 14.10.2016	<b>Päätöspäivämäärä:</b> 25.10.2016	<b>Käytetyt työtunnit:</b> 15
<b>Tehdyt selvitykset</b> (lista liitteistä: juurisyyanalyysit, aivoriilien yhteenvedot, tulkitut SPC-datat ym.):		
<b>Toimenpide-ehdotukset</b>		
<b>Toteutusaikataulu ja (arvioidut) vaikutukset</b> <b>laatuun / tuottavuuteen / tuotantotahtiin:</b>		

<b>Korjaavien toimenpiteiden vaikutusten todentaminen. Päivämäärä ja Tarkastaja</b>
---

## LIITE 3 Tiiveystarkastusohje



TIIVEYSTARKASTUSOHJE  
Voitelusäiliö  
02022017\_rev2

**TÄMÄ OHJEEN NUMEROVIITTAUKSET LIITTYY PIIRUSTUKSEEN XXX**

Tiiveystestausohjeen on tarkoitus luoda jokaiselle testaustapahtumalle samankaltaiset olosuhteet, määrittelemällä käytettävät välineet sekä menetelmät, jolloin rakenteellinen virhe voidaan havaita mahdollisimman nopeasti ja luotettavasti testaajasta riippumatta.

Testattava tuote: Voitelusäiliö 400l.

Testattaessa säiliö suljetaan ilmatiiviisti ja sisäinen paine nostetaan 0,5 bar: iin.

Paineistuksen aikana tuotteessa ei saa esiintyä ilmavuotoja, joka todetaan saippualliuoksella.

Tiiveystesti suoritetaan aina ennen maalausta, jotta mahdolliset korjaukset eivät vahingoita maalipintaa.

Testauksen kulku:

1.  
Suljetaan kaikki avoimet liitokset (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3) laipat ja aukot siihen varatuilla tarvikkeilla, POIS LUKIEN LAIPPA A1 SÄILIÖN TAKAOSASSA.  
(TARKISTA SAMALLA LAIPPOJEN TIIVISTEPINTA)
2.  
Liitetään painemittari säiliön takana olevaan ½" sorvattuunlaippaan (A1)
3.  
Paineistetaan säiliö 0,5 bar:in paineeseen
4.  
Aluksi tarkistetaan liitosten sekä tulppausten tiiveys aistinvaraisesti ja saippualliuoksella taskulamppua apuna käyttäen.
5.  
Kun säiliö on läpäissyt tämän testin se merkataan piirtämällä isot kirjaimet "OK" sen kanteen.



## LIITE 4



LOPPUTARKASTUSOHJE  
29052017\_Rev3

TARKASTUKSEN KOHDE: Voiteluöljysäiliö	OK	TARKASTAJA
<b>Verrataan lähtötietoihin</b>		
- mekaaniset rakenteet / laippojen asento (piirustukset)	<input type="checkbox"/>	
- pinta: Vauriot / Paksuus	<input type="checkbox"/>	
<b>Tarkastetaan, että</b>		
- Kaikki tulpat / liitin ovat paikallaan 3 x ½" VSTI-VITON, tulppa (80Nm) <b>(A1 ja A3)</b> 1x 1½" VSTI-VITON, tulppa (150Nm) <b>(11)</b> 1x 1½" VSTI-VITON, liitin (150Nm) <b>(10)</b>	<input type="checkbox"/>	
- Palloventtiili kiinnitetty <b>(13)</b> + tulpattu <b>(9)</b> Aktivaattori + Loctite 577 VAIN VENTTIILIIN	<input type="checkbox"/>	
- pulttiliitokset on kiristetty - Kannakkeet sormikireyteen - Sivukiinnikkeiden M12 kierteet ei maalissa <b>(avataan tarvittaessa)</b>	<input type="checkbox"/>	
- Laippojen tiivistepinnoilla <b>EI SAA</b> olla naarmuja <b>(B1 ja B2)</b> <b>TARVITTAESSA HIOTAAN</b> - Laippojen maalipinta tulee olla riittävän paksu ja ehjä	<input type="checkbox"/>	
- Puhtaus tarkistettu Säiliössä / putkissa ei partikkeleita / ruostetta	<input type="checkbox"/>	
- Riittävä suojaus (VCI230) kaikkialla sisäosissa, putkissa ja kierteissä	<input type="checkbox"/>	
- Muovitus sekä lavalle pakkaus	<input type="checkbox"/>	
- Dokumentointi Valokuvaus Tiiveystarkastuspöytäkirja Pakkauslista, kiinnitetään muoviin Rahtikirja	<input type="checkbox"/>	

## LIITE 5



TYÖOHJE  
Voitelusäiliö  
20022017\_rev3

### TÄMÄ OHJEEN NUMEROVIITTAUKSET LIITTYY PIIRUSTUKSEEN XXX

Varusteluohjeen tarkoituksena on opastaa ja auttaa suorittavaa henkilöä huomioimaan toimituksen laadun varmistamisen kannalta oleelliset asiat.

Tarkastettava tuote: Voitelusäiliö 400L.

#### Vastaanottotarkastus

Leikkeiden, laippojen, ym osien saapuessa, niille suoritetaan vastaan ottotarkastus, seuraavilta osin:

- Lämmittimen- tai SAE-Lippojen tiivistepinnassa **EI SAA OLLA NÄKYVIÄ VAURIOITA: ISKEMIÄ / NAARMUJA**
- Leikkeiden mitat / särmäyskulmat
- Leikkeiden pinnan laatu / korroosioaurio
- Reijät / kierteet

#### Maalaukseen lähettäminen

Verrataan rakenteita lähtötietoihin: Piirustukset ja osaluettelo

- rakenteet ja mitat vastaavat piirustuksia
- hitsausseamat ja rakenteet rakastetaan visuaalisesti
- pakataan pareittain lavalle
- säiliötä koputellaan ulkopuolelta kumivasaralla ja puhalletaan paineilmalla sisäpuolelta, jotta mahdollinen lika irtoaa ja putoaa pohjalle
- lopuksi imuroidaan säiliön pohja
- Säiliön huoltoluukun (3) alunen maalataan pohjamaalilla

#### Maalaukseen suojaaminen

- Suojataan:
  1. Lämmittimenputken laippa (B3), NBR-tiivisteellä ja metallikannella
  2. Suojataan SAE 4" ja 3" –laipat (B1 ja B2), laippatiivisteellä ja teräskannella
  3. Asennetaan 2 kpl 1½"-VSTI-Viton-tulppia (vihreätiiviste), kiristys 150 Nm (A2)
  4. Asennetaan 3kpl ½" VSTI-Viton-tulppaa (vihreätiiviste) **ILMAN** 577-kierrettiivistettä, kiristys 80Nm (Myös painemittarin kiinnitys laippaan) (A1)



TYÖOHJE  
Voitelusäiliö  
20022017\_rev3

### Suoritetaan tiiveystarkastus ja lopullinen maalauksen suojaaminen(Erillinen ohje)

#### Maalauksesta saapuminen

Kun säiliö saapuu maalauksesta, sille tehdään pintapuolinen tarkastus mahdollisten maali- / kuljetusvaurioiden varalta ja maalipinnan paksuus tarkastetaan satunnaisotannalla

Mahdolliset vauriot ja/tai puutteet raportoidaan.

#### **Palloventtiiliasennus (13)**

- Nipan sekä venttiilin kierteet puhdistetaan Loctite –puhdistusaineella
- Nipan sekä venttiilin pinnoille suihkutetaan Loctite –aktivaattoria
- Nippaan laitetaan Loctite 577-kierretiivistettä
- Venttiili kierretään paikoilleen mahdollisimman nopeasti, ettei tiiviste ehdi kovettua
- Kiristetään kevyesti paikoilleen
- Venttiili tulpataan VSTI-tulpalla **(9)**, johon laitetaan Rocolia ennen asennusta

6. Suojataan sivussa olevien kannakkeiden **(PIIRUSTUSNRO XX)** kierteet VCI230:llä ja asennetaan pultit kierteille ja laitetaan alumiinikannen ruuveihin Rocolia

#### Loppuvarustelu

1. Poistetaan kaikki maalauksen aikaiset suojaukset ja vältetään hiekan joutumista säiliöön, tarkistetaan laipan **(B1)** maalipintamaalaussuojan alta ja lisätään maalia tarvittaessa
2. Tarkastetaan, että tulpat ovat edelleen maalauksen jäljiltä kiinni
3. Vaihdetaan lähtöliitin kuvan 1 osoittamaan laippaan **(10)**



KUVA 1

#### 3. Sisäpuolinen puhtaus (hitsausroiskeet sekä hiekka)

- Tarkistetaan säiliön sisäosat
- Varmistetaan, että putkissa ei ole ruostetta tai muuta irtolikaa sisällä/ulkona
- Puhdistuksessa käytetään WD40, Cleaneria, teräsharjaa, imuria, rättiä



TYÖOHJE  
Voitelusäiliö  
20022017\_rev3

4. Kiinnitetään palkeet 4" SAE-laippoihin (**B2**), joiden tiivistepinta öljytään VCI230 -öljyllä, kiristys tehdään "ristiin" ja vaiheittain:

1. sormikireyteen
2. 20Nm
3. 70Nm

5. Putkien sekä säiliön suojaus

- Suojaöljy VCI230
- Öljy levitetään säiliöön sekä putkiin ruiskulla

6. Lopuksi

- kiinnitetään kannakkeet sekä niiden vaimentimet säiliöön, avataan kiertet vaimentimista tarvittaessa (**HUOM! M10 NYLOC**)
- vaihdetaan huoltoluukun kansi maalaamattomaan (**HUOM! KIRISTYS + M10 NYLOC**)
- suljetaan laipat PE-säkeillä ja lähtöliitin teipillä, ilmatiiviiksi
- Kiinnitetään Cenmian kilpi keskelle, lämmittimen putken yllä olevaan kannakepalkkiin, sabluunaa käyttäen

6. Dokumentointi

- Valokuvaus
- Tiiveystarkastuspöytäkirja ja hitsarin ID
- Pakkauslista, kiinnitetään muoviin näkyvälle paikalle
- rahtikirja

7. Pakkaus

- **PAKKAUKSEEN MERKITÄÄN: REV\_**
- Pakataan 140x140cm lavalle ja suojataan muovilla

## LIITE 6 Lopputarkastus raportti



L08-14\_rev1

**FINAL INSPECTION REPORT**  
**LOPPUTARKASTUS RAPORTTI**

Project:		Work number:	
Projekti:	Voiteluöljysäiliö	Työnumero:	501234
Customer:		Order number:	
Asiakas:	Asiakas	Tilausnumero:	123 456
Drawing number:		Volume:	
Piirustusnumero:	XXX	Tilavuus:	400L

Leakage test has done with air pressuration and leak finder liquid after welding  
 Hitsauksen jälkeen säiliölle on suoritettu tiiveystarkastus paineistamalla sekä vuodonilmaisaineella

TANK ID NUMBER	LEAK TEST	CLEANLINESS CHECK	ASSEMBLY CHECK
CEN1234-012/	X	X	X
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CENxxxx-xxx/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Checked by:  
 Tarkastanut: \_\_\_\_\_  
 Nimen selvennys

Approved by:  
 Hyväksynyt: \_\_\_\_\_  
 Nimen selvennys

Place and date:  
 Paikka ja aika: Jyväskylässä 02.02.2017

Cenmia Oy  
 Sepelitie 15  
 40320 Jyväskylä  
 Finland

info@cenmia.fi  
 www.cenmia.com

Business-ID: 2620763-2  
 Phone: +358 207 768 360  
 Fax: +358 207 768 361