

Pekka Poutiainen

SINKKIPADAN VAIHTO
Esimerkkinä Caverion Industria Oy Ylivieskan
tehdas

Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Maaliskuu 2016

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Maaliskuu 2016	Tekijä/tekijät Pekka Poutiainen
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi Sinkkipadan vaihto Esimerkkinä Caverion Industria Oy Ylivieskan tehdas		
Työn ohjaaja Yrjö Muilu	Sivumäärä 29 + 1	
Työelämäohjaaja Anselmi Kinnunen		
<p>Opinnäytetyöni aiheena oli suunnitella ja toteuttaa noin kymmenen vuoden välein toistettava sinkkipadan vaihto Caverion Industria Oy:n Ylivieskan tehtaalle. Työ oli hyvin ajankohtainen, koska sinkkipata oli vaihdettu tehtaalle viimeksi vuonna 2007 ja padan vaihto alkoi olla ajankohtainen. Tässä työssä tarkastellaan padanvaihtoprosessi padan vaihdon suunnittelusta sinkitysprosessin aloitukseen asti.</p> <p>Työn tarkoituksena on myös tuottaa dokumentoitu malli myöhempiä vaihtokertoja varten ja koota siihen mukana olleiden henkilöiden ”hiljaista tietoa”.</p> <p>Työn julkinen osuus palvelee laajemminkin alan yrityksiä ja Kuumasinkitysyhdistystä.</p> <p>Työssä esitetty aikataulu on esitetty tarkoituksellisesti hyvin pienellä fontilla ja sillä on tarkoitus esittää koko vaihtoprosessin aikajännettä.</p>		

Asiasanat Kuumasinkitys, sinkkipadan vaihto

ABSTRACT

Unit Ylivieska unit	Date March 2016	Author/s Pekka Poutiainen
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis Changing of the galvanizing kettle Example Caverion Industria Oy Ylivieska factory		
Instructor Yrjö Muilu		Pages 29 + 1
Supervisor Anselmi Kinnunen		
<p>The objective of this thesis was to design and accomplish the changing of the galvanizing kettle that is to be carried out approximately every ten years at the Caverion Industria Oy Ylivieska factory. The subject of the thesis was an actual issue because the last kettle had been changed in 2007 and the changing of the kettle began to be timely. In this thesis the changing of the galvanizing kettle process from the planning of the change to the beginning of the galvanizing process is examined.</p> <p>The purpose of the thesis is also to produce a documented model for the future for subsequent change times and collect the “silent knowledge” of the people involved.</p> <p>The public part of the thesis serves companies in the sector and hot dip galvanizing association.</p> <p>The schedule shown in this work are shown intentionally in a very small font and it has to be presented throughout the switching process time span.</p>		

Key words
hot dip galvanizing, changing of galvanizing kettle

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Tehtävä ja tavoitteet	1
1.2 Työstä saatava hyöty	1
2 YRITYSESITTELY	1
2.1 Yrityksen taustatiedot	1
2.2 Tuotteet	3
3. KUUMASINKITYS	3
3.1 Yleistä kuumasinkityksestä	3
3.2 Reaktiot raudan ja sinkin välillä	5
3.3 Sinkkipinnoitteen korroosio	9
4. SINKKIPADAN VAIHTO	11
4.1 Lähtötilanne	11
4.2 Sinkkipadan seinämävahvuuden mittaus	12
4.3 Sinkkipadan vaihtotyön suunnittelu	14
4.4 Vaihtoprosessi (9.12.2015 – 05.01.2016)	15
5 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	29
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Caverion Oyj:n avainlukuja kahdelta viimeisimmältä tilikaudelta.	2
KUVIO 2. Kuumasinkitysprosessi	4
KUVIO 3. Teräksen Si-pitoisuuden vaikutus sinkkipinnoitteenkerrospaksuuteen.	6
KUVIO 4. 15 vuotta käytössä olleet siltarakenteet.	7
KUVIO 5. Poikkileikkaus alumiinilla tiivistety teräksen sinkkipinnoitteesta.	8
KUVIO 6. Poikkileikkaus piillä tiivistetyn teräksen sinkkipinnoitteesta.	8
KUVIO 7. Poikkileikkaus puolitiivistetyn teräksen sinkkipinnoitteesta.	9
KUVIO 8. Kuumasinkityn kappaleen elinikä tyypillisissä ympäristöolosuhteissa.	10
KUVIO 9. Sinkki syöpyy vioittuman ympärillä.	10
KUVIO 10. Sinkkipadan syöpymä	12
KUVIO 11. Sinkkipadan elinikä	12
KUVIO 12. Mittapisteet sinkkipadan mittauksessa.	13
KUVIO 13. Sinkkipata (19 000kg) nostettu autonosturilla lavetin päälle.	14
KUVIO 14. Sinkkipadan reunat + tuki	16
KUVIO 15. Sinkin tyhjennys lappoamalla valumuotteihin.	17
KUVIO 16. Padan pohjasinkin erotukseen valmistettu muotti.	17
KUVIO 17. Katon purkaminen sinkkipadan päältä.	18
KUVIO 18. Vastuselementtien irroitus.	19

KUVIO 19. Sinkkipadan nosto haarukkatrukilla nostoapuvälineitä apuna käyttäen.	20
KUVIO 20. Pohjaeristelevyjen asettelu patamonttuun.	21
KUVIO 21. Uusi pata nostettuna paikoilleen ohjureita apuna käyttäen.	21
KUVIO 22. Vastuselementtien yläkiinnityspalkkien asennus sinkkipadan laippaan.	22
KUVIO 23. Vastuselementtien asennus paikoilleen.	23
KUVIO 24 . Sinkkipadan täyttö sinkkiharkoilla.	24
KUVIO 25 . Sinkkipadan alueen lattian asennus.	25
KUVIO 26 . Padan sivureunapellit asennettuna paikoilleen.	26
KUVIO 27. Kuumasinkitys aloitettu.	27

1 JOHDANTO

1.1 Tehtävä ja tavoitteet

Toteutin opinnäytetyöni Caverion Industria Oy:n Ylivieskan tehtaalle. Tehtävänäni oli suunnitella ja toteuttaa yritykselle kuumasinkityksessä käytettävän kastosinkityspadan vaihto. Tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa padan vaihto hallitusti ja mahdollisimman lyhyellä tuotantoseisakilla.

Opinnäytetyön ensimmäisessä pääluvussa selvitetään kohdeyrityksen historiaa ja toimintaa. Toisessa pääluvussa selvitetään kuumasinkityksen ja kuumasinkitysprosessin yleistä tietoa ja prosessissa tapahtuvia reaktioita. Kolmannessa pääluvussa esitetään sinkkipadan vaihtoprosessi.

1.2 Työstä saatava hyöty

Sinkkipadan vaihto on suuri projekti, joka voidaan kuitenkin hyvin suunniteltaessa toteuttaa kohtuullisin kustannuksin. Sinkkipadan vaihdosta aiheutuva tuotantoseisakki voidaan minimoida, mikäli vaihto saadaan suunniteltua ja toteutettua harkitusti. Nykytilanteessa sinkkipadan kunnosta ei ole tarkkaa tietoa, ja vaarana on sinkkipadan puhkeaminen.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Yrityksen taustatiedot

Caverion syntyi vuonna 2013 teollisuuden ja kiinteistötekniikan palveluiden irtautuessa YIT-konsernista itsenäiseksi konsernikseen. Caverionilla on toimintaa 12 maassa Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. Työntekijöitä on yhteensä noin 17 400. Caverionin pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Liikevaihto oli vuonna 2015 noin 2,5 miljardia euroa. Caverionin visiona on olla Euroopan johtavia kiinteistöille ja teollisuudelle edistyksellisiä ja kestäviä elinkaariratkaisuja tarjoavia yrityksiä. Caverion on liikevaihdoltaan Euroopan kuudenneksi

suurin kiinteistötekniisten palveluiden tarjoaja.

Ylivieskan tehdas kuuluu Caverion konsernin Teollisuuden ratkaisut -divisioonaan. Teollisuuden ratkaisut -divisioona toimii mm. seuraavilla teollisuuden aloilla: energia, kemia ja petrokemia, metsä, metalli, kaivos, elintarvike ja meri. Teollisuuden ratkaisut -divisioona toimii pohjoismaissa ja työntekijöitä on noin 3000 Suomessa, Ruotsissa, Tanskassa ja Norjassa. Liikevaihto vuonna 2015 oli 330 miljoonaa euroa. Teollisuuden ratkaisut -divisioonaan kuuluu Botnia Mill Service Ab, Caverion Industria Oy ja lisäksi Caverionin juridiset maayhtiöt pohjoismaissa. Ylivieskan tehdas on osa valmistusyksikköä, joka kuuluu Caverion Industria Oy:n projektipalveluiden konepajapalveluihin. Valmistusyksikköön kuuluu Ylivieskan tehtaan lisäksi Leppävirran konepaja. Konepajapalvelut ovat osa kokonaispalveluketjua. (Caverion 2016)

Avainlukuja

Milj. e	2015	2014
Tilaukanta	1 461,4	1 323,6
Liikevaihto	2 443,0	2 406,6
Käyttökate	91,5	67,5
Käyttökateprosentti, %	3,7	2,8
Osakekohtainen tulos, laimentamaton, e	0,37	0,22

Käyttöpääoma	-13,6	-19,3
Operatiivinen kassavirta ennen rahoituseriä ja veroja	85,8	113,5
Korollinen nettovelka	29,8	50,2
Henkilöstö keskimäärin kauden aikana	17 321	17 490

Liikevaihto maittain, % liikevaihdosta vuonna 2015



Ruotsi	25%
Suomi	22%
Norja	16%
Saksa	22%
Itävalta	6%
Tanska	6%
Muut maat	3%

Henkilöstö maittain vuoden 2015 lopussa



Ruotsi	22%
Suomi	26%
Norja	17%
Saksa	14%
Itävalta	4%
Tanska	6%
Muut maat	11%

KUVIO 1. Caverion Oyj:n avainlukuja kahdelta viimeisimmältä tilikaudelta. (Caverion 2016)

2.2 Tuotteet

Konepajojen palveluita ovat mm. esivalmisteiden tuotanto, kylmä- ja induktiotaivutus sekä kuumasinkitys ja maalaus. Ylivieskan konepaja on yksi Euroopan monipuolisimmista putkistojen esivalmistajista. Ylivieskan tehtaan päätuotteita ovat putkistoesivalmisteet ja –komponentit sekä niihin liittyvät tarkastus-, lämpökäsittely ja pintakäsittelypalvelut. Ylivieskan konepajalla on tuotantotilaa 13 500m² ja kapasiteetti on 200 000 miestyötuntia/vuosi. Ylivieskan tehtaalla on työntekijöitä noin 150.

Tehtaan pintakäsittelylaitos huolehtii tuotteiden raepuhalluksesta, peittauksesta, maalauksesta sekä kuumasinkityksestä. Kuumasinkitys- ja maalaustoiminta aloitettiin vuonna 1976, kun tehtaan toiminta alkoi kyseisellä paikalla OY Wärtsilä Ab:n nimissä. Pintakäsittelylaitoksen pääasiallinen toiminta on terästuotteiden kuumasinkitys kasto- tai linkosinkityksellä. Pintakäsittelylaitoksella työskentelee noin 20 työntekijää. Kuumasinkityslaitoksessa sinkitään vuosittain tuhansia tonneja terästä. Kuumasinkityslaitoksella tuotetaan palveluita yrityksille sekä yksityisille henkilöille. Kuumasinkityslaitoksella sinkitään myös tehtaan omassa tuotannossa valmistettavia putkistoesivalmisteita.

3. KUUMASINKITYS

3.1 Yleistä kuumasinkityksestä

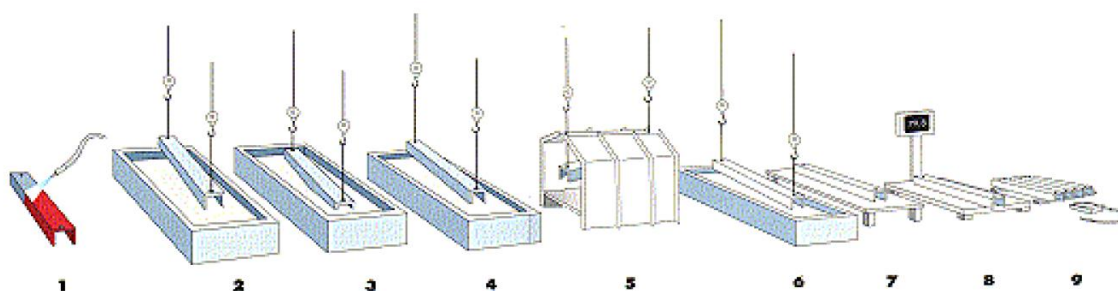
Valssihilseestä, rasvasta, ruosteesta ja muista epäpuhtauksista puhdistetut teräskappaleet upotetaan sulaan sinkkiin. Pinnalle muodostuu pinnoite, joka koostuu eriasteisista rautasinkkiseoksista sekä pinnalla olevasta puhtaasta sinkkikerroksesta. Kuumasinkitys on pitkäaikaisen korroosiosuojauksen käytetyin menetelmä. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

Kuumasinkitys on tehokas menetelmä teräksen suojaamiseksi korroosiolta. Kuumasinkityksen alhainen hinta ja sinkkipinnoitteen pitkä kestoikä tekevät kuumasinkityksestä kokonaiskustannuksiltaan edullisen vaihtoehdon verrattuna muihin

korroosiosuojamenetelmiin. Kuumasinkityksellä saadaan tasainen ja laadullisesti hyvä pinnoite myös vaikeapääsyisille pinnoille. Kuumasinkitty teräs sulautuu useimpiin ympäristöihin luonnollisella tavalla, koska värisävyltään kuumasinkitty pinnoite on harmaa. Kuumasinkitystä käytetään ensisijaisesti korrodoivissa ympäristöissä, mutta sinkitystä käytetään myös sisätiloissa. (Nordic Galvanizers 2016)

Teräspinnoilla olevat epäpuhtaudet (maalit, lakat yms.) täytyy poistaa mekaanisesti esimerkiksi hiomalla tai suihkupuhdistamalla ennen kuumasinkitysprosessia. Öljy, rasvat ja noki poistetaan tavallisesti emäksisellä rasvanpoistoliuoksella. Tämän jälkeen valssihilse ja ruoste poistetaan pinnoilta peittaamalla teräkset laimeassa suola- tai rikkihapossa. (Caverion 2016)

Peittauskäsittelyn jälkeen kappale on käsiteltävä juoksuteaineella. Juoksuteaineen tarkoituksena on poistaa oksideja sekä sinkkikylvyn että teräksen pinnalta, jotta teräs ja sinkki pääsevät metalliseen kosketukseen keskenään. Juoksutetta voidaan lisätä kahdella eri menetelmällä. Menetelmät ovat märkä- ja kuivamenetelmä. Molemmilla menetelmillä saadaan aikaan laatu- ja korroosionesto-ominaisuuksiltaan samanarvoisia pinnoitteita. Kuivamenetelmässä kappaleet upotetaan peittauksen ja vesihuuhtelun jälkeen juoksutekylpyyn. Juoksutekylvyssä on sinkki-ammonium-kloridiliuos. Kylvyn jälkeen kappaleet kuivataan, jolloin kappaleiden pinnalle jää ohut juoksutesuolakerros. Märkämenetelmässä ammoniumkloridi asetetaan suoraan sinkkipadan pinnalle ja teräskappaleet upotetaan sinkkipataan suolakerroksen läpi. Sinkkipadan pinta puhdistetaan oksideista ja juoksutesuolajäänteistä ennen esineiden upotusta ja nostoa sinkkipataan. Sinkityksen jälkeen kappale jäähdytetään ilmassa tai vedessä, jonka jälkeen se on valmis viimeistelyyn, tarkastukseen ja lastaukseen (KUVIO 2). (Kuumasinkityskäsikirja 2008)



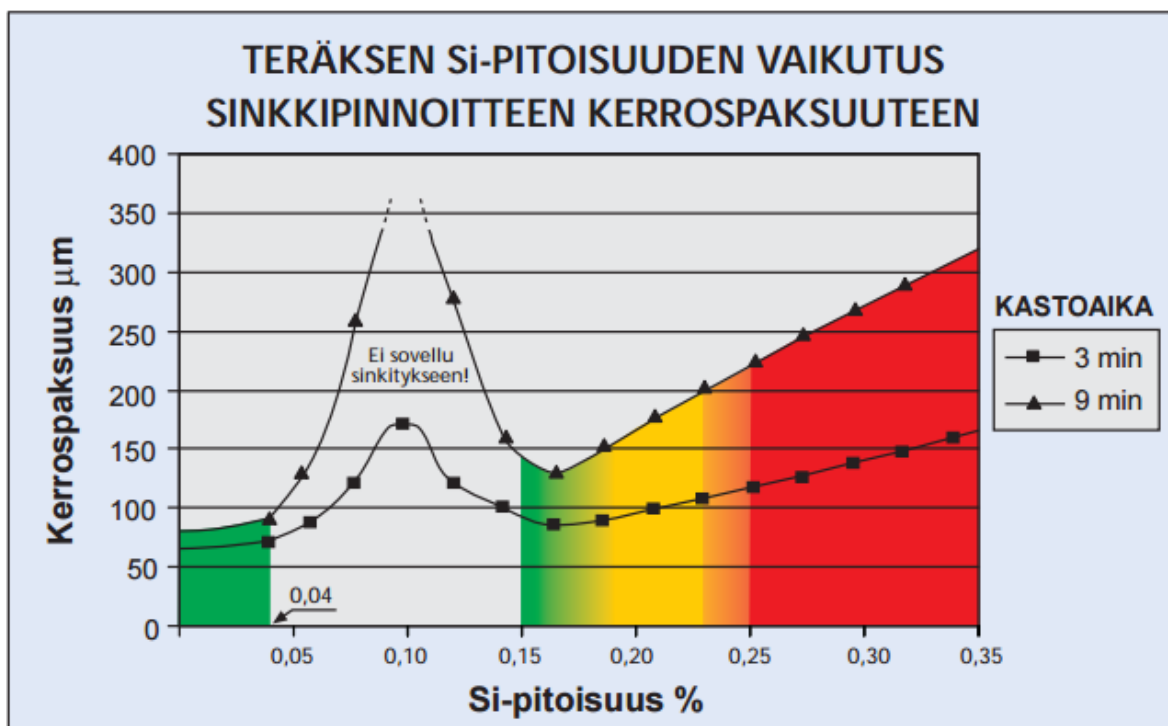
1. Maalin, rasvan ym.lian poisto
2. Ruosteenpoisto peittauksella
3. Vesihuuhtelu
4. Juoksuteainekäsittely
5. Kuivaus
6. Upotus sulaan sinkkiin
7. Jäähdytys ja viimeistely
8. Punnitus
9. Tarkastus ja mittaus

KUVIO 2. Kuumasinkitysprosessi (Kuumasinkityksen toimintaketju yleisohje)

3.2 Reaktiot raudan ja sinkin välillä

Kuumasinkityksessä teräs joutuu kosketuksiin sulan sinkin kanssa. Metallien välillä tapahtuu reaktio, jossa rauta ja sinkki muodostavat keskenään yhdisteitä. Kuumasinkittäviä teräksia ovat kaikki tavalliset teräkset ja valuraudat. Kuumasinkkipinnoite muodostuu rautasinkkifaaseista, joiden rautapitoisuus vaihtelee eri kerroksissa. Rautapitoisuus on suurin lähellä raudan pintaa ja rautapitoisuus vähenee asteittain mentäessä pintaa kohti. Kappaleen pintaan tarttuu puhdas sinkkikerros, kun kappale nostetaan sulasta sinkistä. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

Sinkkipinnoitteen ulkonäköön ja paksuuteen vaikuttavat monet tekijät. Raudan ja sinkin väliseen reaktioon vaikuttavat mm. teräksen koostumus, teräksen pinta, sinkin lämpötila, upotusaika jne. Teräsrakenteen mitat ja muoto vaikuttavat kuumasinkityksessä kaston asentoon ja suoritustapaan ja sitä kautta lopputulokseen. Sinkkipinnoitteen lopputulos on siis monen tekijän summa, ja näiden tekijöiden muutoksilla on vaikutusta lopputulokseen. Oleellisin vaikutus sinkkipinnan lopputulokseen on kuitenkin käytettävän teräksen Si+P-pitoisuudella ja sinkityksen kastoajalla (KUVIO 3). (Teräksen valintaohje kuumasinkittävään rakenteeseen)



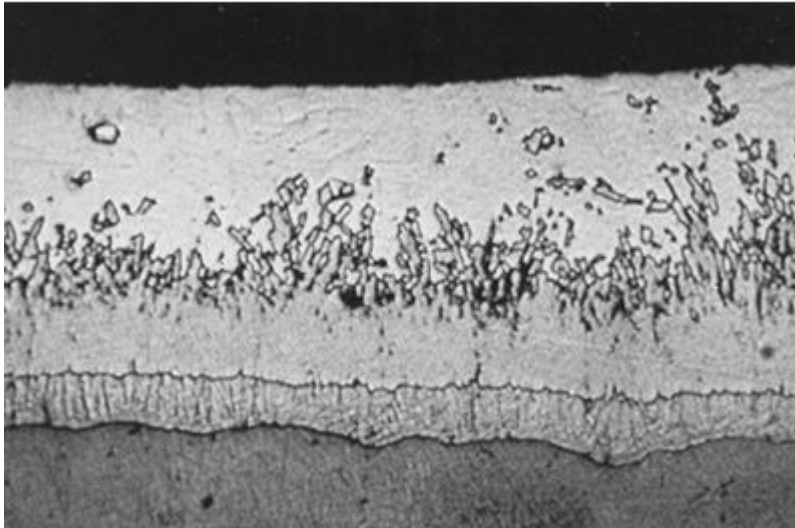
KUVIO 3. Teräksen Si-pitoisuuden vaikutus sinkkipinnoitteenkerrospaksuuteen. (Teräksen valintaohje kuumasinkittävään rakenteeseen)

Raudan ja sinkin välisessä reaktiossa teräksen pii- ja fosforipitoisuudella on merkittävä vaikutus lopputulokseen. Tämä on huomioitava valittaessa kuumasinkittäviä teräksiä. Mikäli sinkkipinnoitteelta halutaan parempaa ulkonäköä ja kiinnipysyvyyttä, suositellaan käytettäväksi rajoitetun piipitoisuuden teräksiä, jossa Si-pitoisuus on 0,15-0,20%. Pinnoitteesta saadaan yleensä kirkas ja tasainen. Piillä tiivistetyn teräksen sinkityksessä kehittyä uloimpaan rauta-sinkkikerrokseen suuri joukko pieniä rakeita tai pitkiä kiteitä. Rautasinkkikiteet ovat hajallaan ja sinkkisula pystyy tunkeutumaan teräksen pintaan asti. Tällöin rauta-sinkkireaktio ei pysähdy, vaan jatkuu koko upotusajan. Pinnoitteen paksuutta voidaan säädellä upotusajan mukaan ja haluttaessa saadaan paksuja pinnoitteita. Suuremman pii-pitoisuuden omaaviin teräksiin tulee vahvempi pinnoite ja väri vaihtelut ovat yleisempiä (KUVIO 4). (Kuumasinkityksen toimintaketju yleisohje)



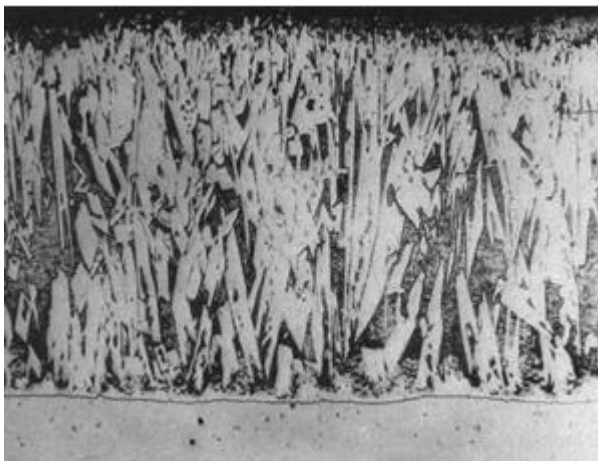
KUVIO 4. 15 vuotta käytössä olleet siltarakenteet. (Teräksen valintaohje kuumasinkittävään rakenteeseen)

Paras ulkonäkö saadaan käyttämällä tiivistämätöntä ja alumiinilla tiivistettyä terästä (KUVIO 5). Tähän kategoriaan luetaan teräkset, joiden fosforin ja piin yhteenlaskettu pitoisuus on alle 0,03%. Näiden terästen kuumasinkityksessä rauta-sinkkifaasit kiinnittyvät tiivisti teräkseen, jolloin sulan sinkin kontakti teräspintaan estyy. Tällöin raudan ja sinkin välinen reaktio tapahtuu ainoastaan diffuusioreaktiona. Kerrospaksuudesta tulee tyypillisesti $<90\mu\text{m}$. Sinkin jähmettyessä uloimmassa kerroksessa pinnasta tulee sinertävän metallinkiiltoinen ja sileä. Joissakin tapauksissa sinkki jähmettyy satunnaisesti suuntauviksi kiteiksi, jotka muodostavat kiteytymiskuvioita. Kiteytymiskuvioiden kokoa voidaan valvoa ohutlevyjen jatkuvatoimisessa kuumasinkityksessä, mutta kappaletavaroiden kuumasinkityksessä se ei ole mahdollista. (Nordic galvanizers 2016)



KUVIO 5. Poikkileikkaus alumiinilla tiivistety teräksen sinkkipinnoitteesta. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

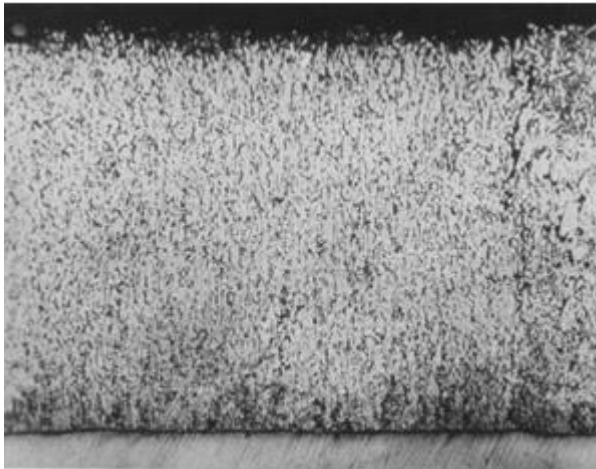
Mikäli teräksen sinkkipinnoitteesta halutaan erityisen paksu, tulee teräksen materiaaliksi valita yläpiiteräs (KUVIO 6). Tähän kategoriaan luetaan teräkset, joiden Si = 0,25-0,35 %. Sinkkipinnoitteesta tulee paksu, karkea ja ne tummuvat nopeasti. (Teräksen valintaohje kuumasinkittävään teräsrakenteeseen)



KUVIO 6. Poikkileikkaus piillä tiivistetyn teräksen sinkkipinnoitteesta. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

Kuumasinkityksessä tulee välttää puolitiivistettyjä teräksiä, joiden Si + P yhteenlaskettu pitoisuus on 0,03-0,14%. Puolitiivistettyjen teräksien kuumasinkityksessä vaaditaan erityinen sinkkipadan kylpykoostumus. Normaalisissa kuumasinkikylvyssä teräksen ja sinkin välinen reaktio on erittäin voimakas ja kerroksesta tulee epäsäännöllinen sekä paksu

(KUVIO 7). Tarttuvuus on yleensä myös heikentynyt. (Nordic galvanizers 2016)

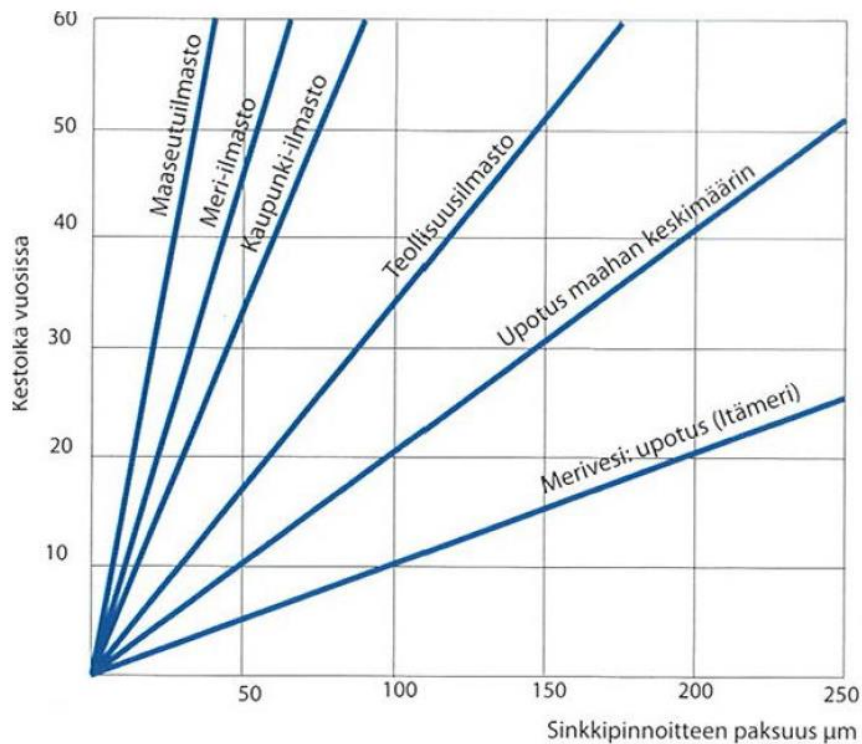


KUVIO 7. Poikkileikkaus puolitiivistetyn teräksen sinkkipinnoitteesta. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

Kappaleen pintaan kiinnittyy puhdas sinkkikerros myös piillä tiivistetyissä teräksissä, mutta näillä teräksillä reaktionopeus voi olla niin suuri, että puhdas sinkkikerros ehtii muuttua kokonaan rautasinkkiseokseksi, ennen kuin kappale ehtii jäähtyä. Reaktio pysähtyy vasta, kun lämpötila laskee 300 °C:n alapuolelle. (Nordic galvanizers 2016)

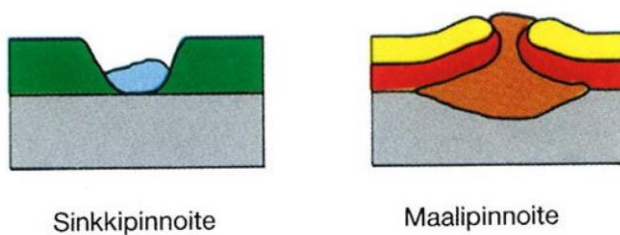
3.3 Sinkkipinnoitteen korroosio

Nostettaessa kuumasinkitty kappale sinkkikylvystä, yhdistyy ilman happi välittömästi sinkkipinnoitteeseen. Tämän seurauksena muodostuu sinkkioksidia. Prosessi aiheutuu ilman hiilidioksidi- ja vesipitoisuuden vaikutuksesta ja sen seurauksena muodostuu emäksisiä sinkkikarbonaatteja. Karbonaattien liukoisuus veteen on alhainen, joten ne muodostavat hyvän suojan kuumasinkitylle pinnalle. Ilma sisältää rikkioksideja, jotka muuttavat sinkkikarbonaatin sinkkisulfaatiksi ja sinkkisulfidiksi. Nämä ovat helpommin liukenevia. Korroosionopeuteen vaikuttaa siis ilman rikkidioksidipitoisuus. Korroosiota tapahtuu enemmän teollisuusilmastossa kuin maaseutu- ja kaupunkiympäristössä. Korroosio on hitaampaa pystysuoralla kuin vaakatasoisella pinnalla. Suojatut rakenteet syöpyvät vähemmän kuin suojaamattomat rakenteet. Sinkkipinnoitteen ikä on riippuvainen kerrospaksuudesta (KUVIO 8). Pitkäaikaisten Suomessa suoritettujen kokeiden ja kokemusten mukaan sinkki syöpyy kaupunki-ilmastossa noin 1 mikrometriä vuodessa ja maaseutuilmastossa noin 0,5 mikrometriä. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)



KUVIO 8. Kuumasinkityn kappaleen elinikä tyypillisissä ympäristöolosuhteissa. (Kuumasinkityksen toimintaketju yleisohje)

Sinkkipinnoite kestää hyvin kulutusta ja kolhuja. Sinkkipinnoitteen vaurioituessa muodostuu raudan ja sinkin välille kosteuden läsnäollessa galvaaninen pari. Sinkistä tulee tässä parissa anodi ja raudasta katodi. Sinkki liukenee epäjalompana metallina vioittuman ympärillä ja saostuu teräksen pinnalle (KUVIO 9). Paljas teräs ei syövy. Suurehkotkaan viat sinkkipinnoitteessa eivät merkittävästi huononna ruosteenestokykyä. Normaalisissa ilmatorasituksessa suojavaikutus on muutamia millimetrejä ja merivedessä suojavaikutus ulottuu huomattavasti kauemmaksi. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)



KUVIO 9. Sinkki syöpyy vioittuman ympärillä. (Teräsrakenneyhdistys 2016)

Sinkityksessä suojakerros saadaan tasaiseksi ja sinkki tunkeutuu käsiteltävän teräksen sisäpintoihin, putkiin ja ahtaisiin paikkoihin. Sinkkipinnoite on yhtä paksu myös kappaleen terävistä kohdista ja nurkista. (Kuumasinkityskäsikirja 2008)

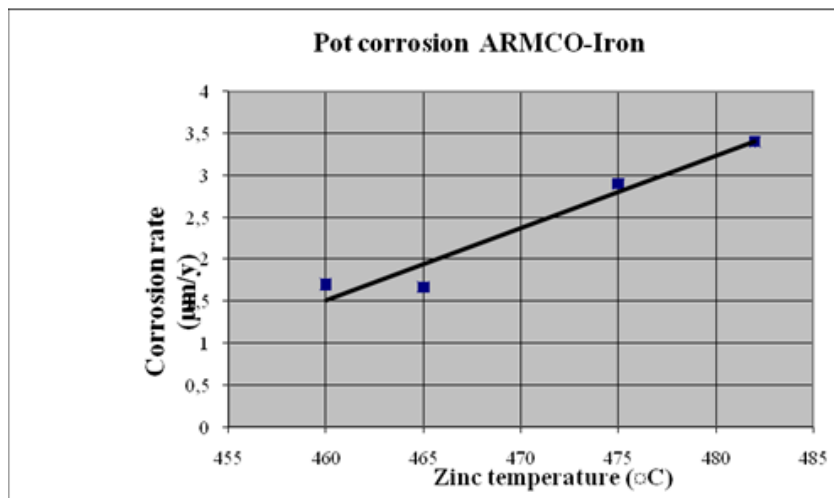
4. SINKKIPADAN VAIHTO

4.1 Lähtötilanne

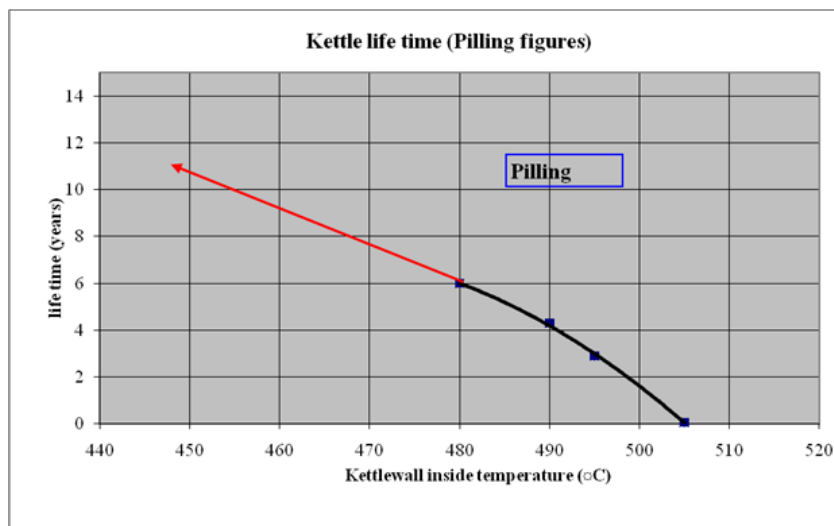
Caverion Industria Oy:n Ylivieskan tehtaan pintakäsittelylaitoksen sinkkaamossa kuumasinkittää teräsrakenteita kasto- ja linkosinkityksellä. Tehtaan kastosinkityspata on teräksinen ja se kuumennetaan sinkin sulattamiseksi ja sulana pitämiseksi sähköllä. Lämmitysteho uunissa on 400 kW / 3 x 400 V, 50 Hz, teho rajoitettu 300 kW. Sinkitysuuni on Sarlin Furnaces Oy Ab:n toimittama ja asentama. Sinkkipadan valmistaja on W. Pilling Riepe GmbH & CO KG. Sinkitysuuni on levyverhottu elementtirakenteinen runko, jossa eristyspaksuus on noin 250 mm. Sisäpuoli elementeissä on ruostumatonta terästä. Uunin pohja on eristetty eristysmassalla ja kalsiumsilikaattilevyllä. Lämmitysvastukset on asennettu sinkkipadan sivuseinille. Uunissa on yhteensä 12 kpl elementtejä, joissa kussakin 18 kpl vastuksia kahdessa vyöhykeessä. Padassa on kaksi säätövyöhykettä, tyristoriohjattu vyöhyke ja kontaktorivyöhyke, joita ohjaamalla padan lämmitystehoja saadaan säädettyä. Sinkkiuunin ja sinkkipadan toimittaja lupaa tällä rakenteella valmistetuille padoille käyttöikää 10-12 vuotta. Sinkkipadan pitäisi siis ohjeistuksen mukaan kestää Ylivieskan tehtaalla vuoteen 2017 asti (KUVIO 11). Sinkkipadan käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ovat sinkkipadan käyttöaste, sinkin lämpötila ja lämmitysmuoto. Sinkkipata kuluu siis käytössä ja padan seinämät ohenevat. Sulan sinkin lämpötila on +450 astetta ja teräspadan sisäpinta liukenee hitaasti sinkkiin. Mikäli seinämät ohenevat liikaa, on vaarana sinkkipadan puhkeaminen. Sinkkipadan puhjetessa sula sinkki valuu vastustilaan ja patamonttuun. Sinkki sulattaa vastustilassa sijaitsevat lämmityselementit ja johdotukset, jonka seurauksena sinkkipadan lämmitys vaurioituu. Sinkki jämähtää jäähtyessään patamonttuun ja sinkkipataan. Sinkin jähmettyessä pataan ja monttuun tulee sinkkipadan vaihdosta erittäin suuri projekti, joka aiheuttaa pitkän seisakin ja mittavat taloudelliset vahingot.

4.2 Sinkkipadan seinämävahvuuden mittaus

Ylivieskan tehtaalla sinkkipata on puhjennut historissa monta kertaa ja nyt haluttiin varmistua siitä, että pata vaihdetaan hallitusti. Sinkkipadan seinämävahvuus on ollut uutena 50mm, ja laskennallisesti teräspinnasta häviää vuosittain Ylivieskan sinkkipadan normaali sinkityslämpötila huomioiden n.1,8mm (KUVIO 10).



KUVIO 10. Sinkkipadan syöpymä (Pankert R)

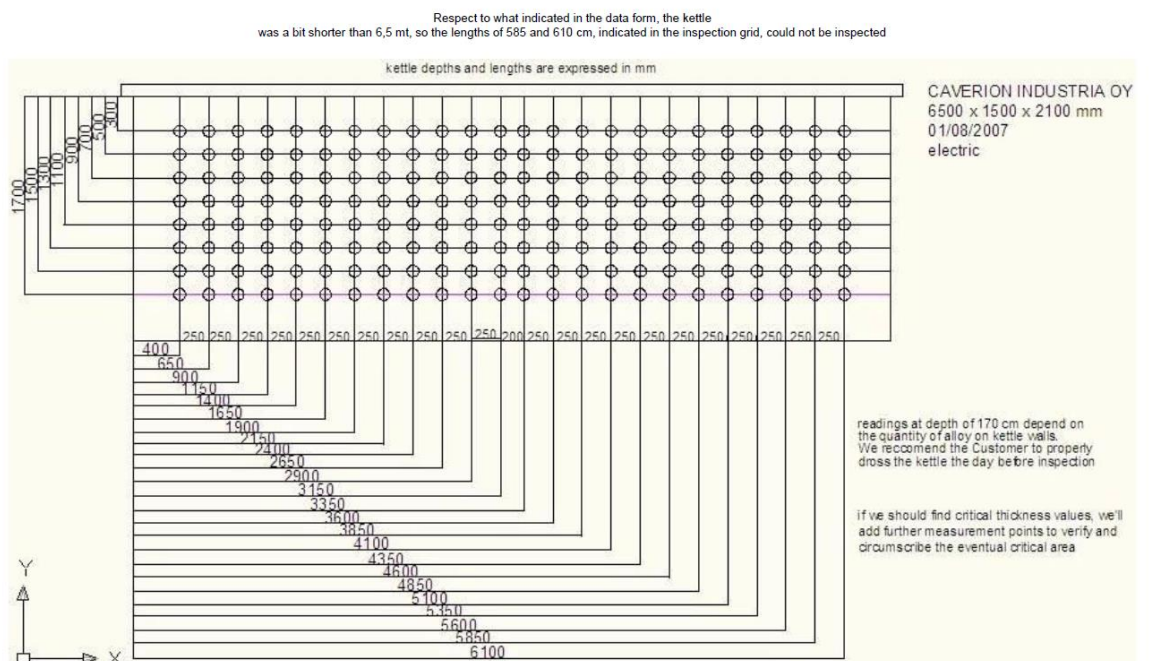


KUVIO 11. Sinkkipadan elinikä (Pankert R)

Sinkkipadan seinämävahvuuden kuntoa tarkasteltaessa täytyy sinkkipadan seinämävahvuus mitata. Aiemmin sinkkipataa mitattaessa sinkit on pumpattu padasta pois ja mitattu sen jälkeen suoraan padan seinämästä padan sisäpuolelta. Tämä on kuitenkin ollut useamman päivän urakka, jonka aikana sinkkipata ei ole ollut käytettävissä tuotantoon. Tästä johtuen sinkkaamossa päätettiin kokeilla ensimmäisenä Suomessa Zinco Global:n toimittamaa Ultrasonic kettle Inspection Service:ä. Mittauksessa sinkkipata tarkistetaan sulaan sinkkiin upotettavalla ultraäänianturilla. Mittaus suoritetaan sinkkipadan mittauksen asiantuntijoiden toimesta ja mittauksesta saadaan tarkastusraportti. Raportti sisältää paksuusarvot, syöpymäkartan ja tulosten analyysin. Mittaus suoritetaan yhden työvuoron aikana ja valmistelevia toimenpiteitä ei tarvita. (Mikkola N)

Mittaus suoritettiin huhtikuussa 2015. Mittaukseen kului aikaa noin kuusi tuntia, ja sen jälkeen tuotantoa jatkettiin normaalisti. Mittauksesta saatiin alustava mittausraportti toukokuussa ja lopullinen raportti saatiin kesäkuussa 2015.

INSPECTION PATTERN: LONG SIDES



KUVIO 12. Mittapisteen sinkkipadan mittauksessa (Algol Chemicals 2016)

Mittaustulosten saavuttua huomasimme sinkkipadan kuluneen hieman ennustettua voimakkaammin. Paikoittain sinkkipata oli kulunut alle asiantuntijoiden suosituksen ja päätimme ryhtyä sinkkipadan vaihdon suunnitteluun.

4.3 Sinkkipadan vaihtotyön suunnittelu

Sinkkipadan voimakkaan syöpymisen johdosta päätimme tilata uuden sinkkipadan välittömästi mittaustulosten saavuttua, jotta sinkkipata ehditään vaihtaa ennen sen puhkeamista. Sinkkipata tilattiin kesäkuussa 2015, ja pata toimitettiin elokuussa 2015. Sinkkipadan mittoja muutettiin hieman nykyiseen pataan nähden, mutta suuria muutoksia ei tehty tilanpuutteen vuoksi. Sinkkipata kuljetettiin rekalla tehtaallemme ja pata nostettiin autonosturilla rekasta lavetille odottamaan padan vaihtoa.



KUVIO 13. Sinkkipata (19 000kg) nostettu autonosturilla lavetin päälle.

Sinkitysuuni on herkkä laite ja padan kestävyys ja elinikä on tasaisesta lämmityksestä kiinni (Lindholm L). Halusimme saada padan lämmityksen rauhallisemmaksi ja tasaisemmaksi. Nykyinen pata on kulunut hieman epätasaisesti lämmityksen epätasaisuudesta johtuen, jonka johdosta halusimme suunnitella tarkkaan tulevan padan

lämmityksen. Pyysimme uuninvalmistajan käymään tehtaallamme ja suunnittelimme yhdessä heidän kanssaan Caverion Industria Oy:n tarpeisiin sopivan sinkkiuunin. Uunin valmistaja toteutti mekaaniset- ja sähkömuutokset uunin piirustuksiin ja niiden pohjalta tilasimme uudet uunin osat. Uunin osat tilattiin lokakuussa 2015 ja ne saapuivat joulukuussa 2015.

Sinkkipadan vaihdon päätimme toteuttaa talvella, koska talvi on Ylivieskan sinkkaamossa rauhallisinta aikaa tuotannon osalta. Vaihdon ajankohtaa suunnitellessamme kuuntelimme myös pääasiakkaitamme, ja heidänkin toiveet ajankohdasta otettiin huomioon. Sinkkipadan vaihdosta informoimme asiakkaitamme hyvissä ajoin, jotta he ehtivät tehdä tarvittavat toimenpiteet tuotantoseisakkia silmällä pitäen.

Vaihtoa suunniteltaessa päätettiin, että se suoritettaisiin arkisin kahdessa vuorossa kahden tai kolmen hengen ryhmissä. Halusimme saada vaihdon toteutettua mahdollisimman ripeästi, jotta tuotantoseisakki jäisi mahdollisimman lyhyeksi. Suurin osa sinkkaamon työntekijöistä on ollut mukana aiemmissakin sinkkipadan vaihdoissa, joten vaihto päätettiin suorittaa omilla resursseilla. Loput sinkkaamon henkilökunnasta olisivat lomalla padan vaihdon aikana. Sinkkipadan vaihdon aikataulusta teimme päiväkohtaisen suunnitelman, jossa pyrimme kuvaamaan vaihdon tapahtumat mahdollisimman realistisella aikataululla (LIITE 1). Aikataulun luomisessa käytimme hyväksemme aikaisempien sinkkipatojen vaihdossa kerättyä tietoa ja työntekijöiden muistikuvia padan vaihdosta.

4.4 Vaihtoprosessi (9.12.2015 – 05.01.2016)

Sinkkipadan vaihdon valmistelevat työt aloitettiin keskiviikkona 9.12.2015. Sinkkipadan ympärillä olevat reunapellit leikattiin irti kulmahiomakoneella. Reunapelitejä ei kuitenkaan poistettu kokonaan turvallisuussyistä, vaan pellit tuettiin putkilla lattiaa vasten (KUVIO 14). Tämän jälkeen sinkkipadan pohjalta poistettiin kovasinkki tähän tarkoitukseen valmistetulla kovasinkkikauhalla. Kovasinkki poistettiin erittäin huolella padan pohjalta, jotta pata saataisiin mahdollisimman tyhjäksi tyhjennysvaiheessa.



KUVIO 14. Sinkkipadan reunat + tuki

Kovasinkkien tyhjentämisen jälkeen sinkkaamon halliin tuotiin valumuotit lämpenemään tulevaa käyttöä varten.

Torstaina 10.12.2015 päivä aloitettiin turvatuokiolla ja varusteiden tarkistuksella. Turvallisuusasiat pyrittiin ottamaan mahdollisimman kattavasti huomioon ja jokaiselle työvaiheelle mietittiin etukäteen mahdollisimman turvallinen toteutustapa. Ulkopuolisten henkilöiden pääsy työmaa-alueelle estettiin rajaamalla työmaa-alue lippusiimoilla. Varoituskyltit sijoitettiin laajalle alueelle sinkkaamossa kulkuväylien läheisyyteen. Näiden toimenpiteiden jälkeen aloitettiin sinkkipadan tyhjennys. Padan tyhjennys suoritettiin siltanosturin avulla lappoamalla sulaa sinkkiä valumuotteihin (KUVIO 15). Sinkki siirrettiin padasta valumuotteihin tähän tarkoitukseen valmistetulla teräsastialla. Valumuotteihin asennettiin lankkujen ja putkiholkkien avulla nostolenkit. Sulaa sinkkiä täynnä olevat valumuotit siirrettiin trukilla piha-alueelle jäähtymään ja sinkin jähmettyessä harkko nostettiin nostolenkeistä pois valumuotista. Sinkkipadassa oli sinkkiä lähtötilanteessa noin 135 tonnia ja lappoamismenetelmällä sinkkiä saatiin poistettua noin 120 tonnia. Padan tyhjentämiseen kului aikaa noin yhden työvuoron verran. Padan tyhjennyksen jälkeen sinkkipadan lämmitys sammutettiin ja padan reunapellit irroitettiin

lopullisesti. Padan pohjalle jäi noin 15 sentin kerros sinkkiä, jota lappoamalla ei saatu poistettua. Tämä otettiin huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja tätä varten valmistettiin muotti (KUVIO 16), joka laskettiin sinkkipadan pohjaan. Muotin tarkoitus on jakaa pohjalla oleva sinkkimöykky kolmeen osaan helpottaen sen irroitusta jähmettyessään pataan kiinni.



KUVIO 15. Sinkin tyhjennys lappoamalla valumuotteihin.



KUVIO 16. Padan pohjasinkin erotukseen valmistettu muotti.

Perjantaina 11.12.2015 aloitettiin huonossa kunnossa olevan katon purku sinkkipadan päältä (KUVIO 17). Ramirent Oy:ltä vuokrattiin nosturi tätä työvaihetta varten. Sinkkipadan päälle asetettiin ritilät ja pressut, jottei katolta purettavat levyt putoa sinkkipataan. Katon purku saatiin suoritettua perjantain aikana aamu- ja iltavuorossa. Katon purkamisen jälkeen pata jätettiin jäähtymään viikonlopun ajaksi.



KUVIO 17. Katon purkaminen sinkkipadan päältä.

Maanantaina 14.12.2015 aloitettiin sinkkipadan alueen lattian purku. Sinkkipadan ympäriltä poistettiin lattialevyt leikkaamalla ne irti tähän tarkoitukseen vuokratulla lattialeikkurilla. Lattian purkuun kului aikaa yhden työvuoron verran. Lattian purkamisen jälkeen uunitilasta poistettiin ylivuotolevyt, jonka jälkeen aloitettiin vastuselementtien irroitus (KUVIO 18). Vastuselementit nostettiin patamontusta yksitellen pois siltanosturin avulla.



KUVIO 18. Vastuselementtien irroitus.

Tiistaina 15.12.2015 padan jäädyttyä aloitettiin padan pohjalle jääneen sinkin poisto. Edellisellä viikolla padan pohjalle asennettu muotti jakoi pohjasinkit kolmeen osaan ja nämä poistettiin yksitellen pohjalta. Tätä työvaihetta varten vuokrattiin nostokyvyltään 20 tonnin haarukkatrukki, jolla pohjasinkit saatiin irroitettua. Pohjasinkkien irroituksen jälkeen sinkkipata nostettiin patamontusta tällä samalla haarukkatrukilla (KUVIO 19). Sinkkipadan nosto on toteutettu aiemmissa sinkkipadan vaihdoissa kahdella autonosturilla. Tilanpuutteen vuoksi nyt päädyttiin toteuttamaan nosto haarukkatrukilla. Nostoa varten valmistettiin nostoapuvälineet (KUVIO 19), jotka mahdollistivat noston uudella menetelmällä. Sinkkipata nostettiin kuljetuslavetin päälle ja siirrettiin piha-alueelle. Tämän jälkeen patamontusta poistettiin sinkkipadan alla olevat pohjaeristelevyt. Pohjaeristelevyt ovat kalsiumsilikaattilevyjä, jotka on ladottu patamontun pohjalle perustuksien päälle. Pohjaeristelevyt on ladottu kahteen kerrokseen. Pohjaeristelevyjä poistettaessa huomattiin, että levyt olivat hajonneet myös alimmasta kerroksesta. Pataremonttia suunniteltaessa eristelevyjä tilattiin vain yhteen kerrokseen, koska alin kerros oletettiin olevan ehjä. Tämän johdosta tilasimme pikatilauksena lisää eristelevyjä, jotta pohjimmainenkin eristelevykerros saataisiin vaihdettua. Uuden sinkkipadan mitat kasvoivat hiukan suhteessa vanhaan, joten patamontussa olevan alakehikon mittoja jouduttiin hiukan kasvattamaan.



KUVIO 19. Sinkkipadan nosto haarukkatrukilla nostoapuvälineitä apuna käyttäen.

Keskiviikkona 16.12.2015 asetettiin pikatilauksena saapuneet pohjaeristelevyt patamonttuun (KUVIO 20). Pohjaeristelevyt aseteltiin huolellisesti alakehikon sisälle tiiviiksi kerroksiksi. Eristelevyjen asennuksen jälkeen uusi sinkkipata tuotiin lavetilla sisälle. Uuden sinkkipadan paikka patamontussa mitattiin tarkasti ennen padan nostoa paikoilleen. Monttuun asennettiin ohjurit ja luotilangat, jotta pata saataisiin heti oikealle paikalle (KUVIO 21). Padan liikuttelu montussa saattaisi vahingoittaa pohjaeristelevyjä, ja siksi uuden padan nosto paikoilleen täytyisi suorittaa erittäin varoen. Uusi pata nostettiin paikoilleen 20 tonnin nostokyvyn omaavalla haarukkatrukilla samalla menetelmällä kuin millä vanha pata nostettiin patamontusta pois. Uuden padan ollessa paikoillaan aloitettiin vastuselementtien ylä- ja alakiinnityspalkkien asentaminen. Patamontun pohjalla olevaa betonivalua myös laajennettiin hieman alakehikon mittojen kasvaessa.



KUVIO 20. Pohjaeristelevyjien asettelu patamonttuun.



KUVIO 21. Uusi pata nostettuna paikoilleen ohjureita apuna käyttäen.

Torstaina 17.12.2015 jatkettiin vastuselementtien ylä- ja alakiinnityspalkkien asennusta (KUVIO 22). Sinkkipadan laippaan hitsattiin kiinnityspalkit sivu- ja päätyreunoille, joihin myöhemmin kiinnitettiin vastuselementit. Sinkkipadan pohjalta poistettiin myös nostokorvakkeet, jotka olivat hitsattuna padan pohjaan.



KUVIO 22. Vastuselementtien yläkiinnityspalkkien asennus sinkkipadan laippaan.

Perjantaina 18.12.2015 aloitettiin vastuselementtien asentaminen paikoilleen. Vastuselementit nostettiin siltanosturilla yksitellen paikoilleen ja kiinnitettiin aiemmin asennettuihin ylä- ja alakiinnityspalkkeihin (KUVIO 23). Tasaisen lämmityksen takaamiseksi vastuksien ja sinkkipadan väliin jätettiin n.15 sentin uunitila (Lindholm L). Tällä toimenpiteellä vältetään padan lämmityksessä ja toiminnassa kuumien pisteiden syntyminen padan reunoihin, koska vastukset eivät pääse suoraan kosketukseen padan reunan kanssa (Lindholm L). Vastuselementtien asennus vei aikaa hieman suunniteltua enemmän, joten vastuselementtejä päätettiin poikkeuksellisesti asentaa myös viikonloppuna (19. - 20.12.2015). Vastuselementtien asennuksen yhteydessä aloitettiin sinkkipadan täyttö. Sinkkipadan täyttö suoritettiin täyttämällä pata sinkkiharkoilla (KUVIO 24) siltanosturia apuna käyttäen. Padan täytössä noudatettiin sinkkipadan valmistajan täyttöohjeita ja täyttö suoritettiin viikonlopun aikana (19. - 20.12.2015). Viikonlopun aikana kytkettiin ja johdotettiin myös vastuselementeille tulevat sähköjohdot kiinni.



KUVIO 23. Vastuselementtien asennus paikoilleen.



KUVIO 24. Sinkkipadan täyttö sinkkiharkoilla.

Maanantaina 21.12.2015 aloitettiin sinkkipadan lämmityksen ylösajo. Padan ylösajossa on aina noudatettava padan valmistajan antamia ohjeita ja se täytyy suorittaa hitaasti sekä varovasti (Sarlin Furnaces Oy Ab). Lämmityksen aikana on tärkeää, että padan lämpötila on mahdollisimman tasainen sen joka kohdasta. Padan sisäseinämän lämpötila ei saa nousta liikaa ja seinämän ja pohjan välinen lämpötilaero on oltava mahdollisimman pieni (Sarlin Furnaces Oy Ab). Sinkkipadan seinämän eri pisteissä lämpötilaero on oltava myös mahdollisimman pieni (Sarlin Furnaces Oy Ab). Uunitilaan ja padan sisälle asennettiin lämpöanturit, joiden avulla lämpötilaa seurattiin ja nostettiin ohjeiden mukaan. Asensimme myös padan sisäpuolen seiniin erilliset lämpötila-anturit ylösajon ajaksi, jotka kytkettiin tietokoneeseen mittaamaan padan seinien tarkkaa lämpötilaa. Näistä saatiin lämmityskäyrät, joista pystyimme jälkikäteen tarkistamaan lämmityksen eri vaiheita. Lämmityksen ylösajon aikana vastuselementit pultattiin ala- ja yläkiinnityspalkkeihin kiinni. Vastuselementtien ollessa lopullisesti paikoillaan aloitettiin sinkkipadan alueen lattian asennus (KUVIO 25). Sinkkipadan lattian asennuksessa käytettiin hyväksi aiemmin poistettuja lattialevyjä, jotka teräsraepuhallettiin ja asennettiin uudestaan paikoilleen. Osa

lattialevyistä teetettiin uusiksi paikallisella metallipajalla, koska sinkkipadan mittojen muuttuessa kaikki vanhat lattialevyt eivät sopineet paikoilleen. Lattian asennus kesti yhteensä noin viisi työvuoroa. Lattian asennuksen jälkeen edessä olivat joulunpyhät, jolloin padan vaihto oli seisakissa. Joulunpyhien aikana sinkkipadan lämpöä kuitenkin valvottiin ja nostettiin valmistajan ohjeiden mukaan.



KUVIO 25. Sinkkipadan alueen lattian asennus.

Maanantaina 28.12.2015 ryhdyttiin sinkkipadan ympärillä olevien reunapeltien asennukseen (KUVIO 26). Vanhasta padasta poistetut reunapellit teräsraepuhallettiin puhtaaksi ja asennettiin paikoilleen uuden padan ympärille. Reunapeltien asennus osoittautui suunniteltua hitaammaksi työvaiheeksi ja asennukseen kului aikaa yhteensä seitsemän työvuoroa. Saatuaamme reunapellit paikoilleen maalasimme ne kuumankestävällä maalilla.



KUVIO 26. Padan sivureunapellit asennettuna paikoilleen.

Tiistaina 05.01.2015 kaikki oli valmiina koesinkitystä varten. Padan ylösajo sujui suunnitelmien mukaan ja padassa oli nyt 140 tonnia sulaa sinkkiä. Koesinkitys onnistui ja sinkitystuotanto aloitettiin (KUVIO 27) iltavuorossa 05.01.2015.



KUVIO 27. Kuumasinkitys aloitettu

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheeni oli kiinnostava ja haastava, koska en ole ollut aiemmin osallisena sinkkipadan vaihdossa. Projektin edetessä vastaan tuleita ongelmia oli mielenkiintoista ja palkitsevaa ratkaista. Opin paljon käsittelemästäni aihealueesta ja työtä oli mieluista tehdä. Erityisen mielenkiintoisen projektista teki se, että sain olla mukana ohjaamassa projektia alusta loppuun saakka. Opinnäytetyön aikana välttyttiin suurilta virheiltä ja projekti eteni kutakuinkin suunnitellussa aikataulussa. Harkitun ja hyvin suunnitellun padan vaihdon myötä sinkkaamon tuotantoseisakki saatiin minimoitua ja projekti saatiin vietyä budjetoidusti läpi.

Erityisen huomioitavaa koko tässä projektissa oli sinkkaamon henkilökunnan vahva

ammattitaito ja motivaatio koko projektin aikana. Sinkkipata saatiin vaihdettua sinkkaamon oman henkilökunnan voimin ja tämä säästi huomattavasti kokonaiskustannuksia tässä projektissa. Padan vaihdon suunnitteluun osallistuivat aiemmissa sinkkipadan vaihdoissa mukana olleet työntekijät ja työnjohtaja, joiden tietojen pohjalta sinkkipadan vaihdon suunnittelun tekeminen oli helpompaa. Sinkkaamon työntekijöiden vahva osaaminen ja joustaminen mahdollistivat projektin etenemisen suunnitellun mukaisesti.

LÄHTEET

Algol Chemicals Oy 2016, luettu 21.3.2016, <http://www.algol.fi>

Caverion Oyj 2016, luettu 21.3.2016, <http://www.caverion.fi>

Hirn A, 2008. Kuumasinkityskäsikirja

Lindholm L, 2015, henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu 20.9.2015

Mikkola N, 2015, henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu 20.2.2015

Nordic Galvanizers, luettu 21.3.2016, <http://www.nordicgalvanizers.com>

Pankert R, 2015. henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu. 20.2.2015

Sarlin Furnaces Oy Ab 2016, Sinkitysuuni 500Ve-152165-400 Käyttö- ja huolto-ohjeet

Suomen kuumasinkitsijät ry, luettu 21.3.2016, <http://www.kuumasinkitys.fi>

Suomen kuumasinkitsijät ry. 2007 Teräksen valintaohje kuumasinkittävään rakenteeseen

Suomen kuumasinkitsijät ry. 2007 Kuumasinkityksen toimintaketju yleisohje

Teräsrakenneyhdistys 2016, luettu 21.3.2016, <http://www.terasrakenneyhdistys.fi>

