

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka

Opinnäytetyö

Timo Niura

INHIBIITTIEN JA RASVANPOISTON KÄYTÖN HYÖDYLLISYYS
KUUMASINKITYKSESSÄ

(Julkinen osa)

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Tampere 2008

DI Torolf Öhman

Aurajoki Oy, valvojana Juhani Ylitalo

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikka

Niura, Timo

Inhibiittien ja rasvanpoiston käytön hyödyllisyys
kuumasinkityksessä

Opinnäytetyö

28 sivua + 6 liitesivua

Työn ohjaaja

DI Torolf Öhman

Työn teettäjä

Aurajoki Oy Pirkkala, valvojana Juhani Ylitalo

Joulukuu 2008

Hakusanat

kuumasinkityslaitos, inhibiitti, rasvanpoisto, valkoruoste

TIIVISTELMÄ

Sinkityslaitoksessa käytetään esikäsittelyssä happo- ja alkalikylpyjä, joiden tarkoituksena on puhdistaa sinkittävien elementtien pinnat hyvän lopputuloksen takaamiseksi. Kappaleiden ulkoasun lisäksi esikäsittelyllä on vaikutusta sinkin kulutukseen. Esikäsittelykylpyihin lisätyillä inhibiiteilla pyritään estämään liiallinen peittaantuminen. Liiallisen peittaantumisen seurauksena ovat etenkin happojen nopeampi heikkeneminen ja sinkin kulutuksen kasvu. Suoritetun tutkimuksen tarkoituksena on ollut todeta laitoksella käytettyjen inhibiittien todellinen vaikutus ja hyödyllisyys peittausprosessissa.

Hitsattaessa ja teräksen käsittelyssä käytetään usein erilaisia orgaanisia öljyjä, joiden puhdistukseen tarvitaan oma käsittelynsä. Puhdistamattomat rasvajäämät vaikuttavat sinkin tarttumiskykyyn. Epäpuhdas kohta jää usein täysin vaille pinnoitetta. Rasvanpoiston voi suorittaa alkalisessa tai happamassa liuoksessa. Tutkimuksessa oli tarkoituksena vertailla kahden eri menetelmän puhdistustulosta. Happaman rasvanpoiston etuina olisivat mahdollisuus tehostaa toimintaa uuden peittausapon käyttöönotolla. Lisäksi kokeissa käytetty hapan rasvanpoisto ei vaadi lämmitystä, toisin kuin käytetty alkalinen rasvanpoisto.

Tutkimustuloksessa on esitetty lisäksi lyhyt koe valkoruosteenestoaineen testauksesta. Pääpaino tutkimuksessa on ollut inhibiittien toiminnan testauksessa.

Tutkimus on tehty luottamuksellisesti yhdessä Aurajoki Oy:n kanssa.

TAMK POLYTECHNIC, UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Chemical engineering,

Environmental Engineering, Chemical Engineering

Niura, Timo

Benefits of the use of inhibitors and grease removal in the hot-dip galvanizing

Engineering Thesis

28 pages + 6 appendices

Thesis Supervisor

Lic. Sc Torolf Öhman

Commissioning Company Aurajoki Ltd Pirkkala. Supervisor Juhani Ylitalo

December 2008

Keywords

hot-dip galvanizing, inhibitors, grease removal, wet storage stain

ABSTRACT

Pickling and grease removal are the main pre-treatment processes in hot-dip galvanizing. These two processes are important for good quality of the final product. Pre-treatment process effects not only in the visual look of products but as well in the usage of the zinc. Inhibitors that are added in the pickling acids have important effect in lowering the weight loss of steel caused by pickling. The pickling process can cause also higher usage of zinc if inhibitors are not added. Two inhibitors are tested in this experiment. The effects and benefits of Inhibits were compared.

Grease removal is important in getting good surface quality of galvanized objects. Grease removal is possible either in alkaline or in acid way. In this experiment alkaline grease removal is compared to acidic grease removal. This experiment contains also a short examination of wet storage stain deterrent. The comparison of inhibitors is the main subject of this experiment. Experiment is made in confidence with Aurajoki Ltd.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	2
2 KUUMASINKITYS.....	3
2.1 Kuivamenetelmä.....	3
2.2 Märkämenetelmä.....	3
2.3 Standardit.....	3
2.4 Raudan ja sinkin reaktiot.....	5
2.5 Teräksen valinta kuumasinkitykseen.....	5
2.6 Valkoruoste.....	6
3 Esikäsittelykylvyt.....	7
3.1 Happopeittaus.....	7
3.1.1 Suolahappopeittaus.....	7
3.1.2 Inhibiitin vaikutus happopeittauksessa.....	8
3.2 Rasvanpoisto.....	9
3.2.1 Alkalinen rasvanpoisto.....	9
3.2.2 Hapan rasvanpoisto.....	9
4. TUTKIMUSMENETELMÄT.....	10
4.1 Hapojen valmistus.....	10
4.2 Juoksutteen valmistus.....	10
4.3 Rasvanpoistojen valmistus.....	11
4.4 Valkoruosteenestoliuoksen valmistus.....	11
4.5 Koekappaleet.....	11
4.6 Koepalojen esikäsittely.....	11
4.6.1 Inhibiitin toiminta.....	11
4.6.2 Rasvanpoistojen vertailu.....	12
4.6.3 Rasvanpoistokokeissa käytetyt kemikaalit.....	13
4.7 Kokeiden suoritus.....	13
4.7.1 Inhibiitin toiminnan testaus.....	13
4.7.2 Valkoruosteenestoaineen toiminnan testaus.....	14
4.7.3 Happaman- ja alkalisen rasvanpoiston vertailu.....	14
4.7.4 Sinkkipinnoitteen vahvuus.....	15
5 TUTKIMUSTULOKSET.....	15
5.1 Inhibiitin toiminta.....	15
5.2 Valkoruosteenestoaineen tulokset.....	15
5.3 Rasvanpoistojen vertailu.....	15
5.4 Rasvanpoistojen sinkitystuloksen arviointi.....	15
6 TULOSTEN TARKASTELU.....	15
6.1 Inhibiitin toiminta.....	15
6.2 Valkoruosteenestoaine.....	16
6.3 Rasvanpoistojen vertailu.....	16
7 YHTEENVETO.....	16
LÄHTEET.....	17

LIITTEET

1. Koepalojen sulatustodistus
2. Juoksutteen toiminta-alue
3. Mittauspöytäkirja
4. Pinnankarheuden (Ra) mittaustulokset
5. Pinnankarheuden (Ra) keskiarvojen kuvat

1 JOHDANTO

Kuumasinkitys on erinomainen keino suojata teräselementtejä ruostumiselta. Se on prosessina yksinkertainen, kestävä ja mahdollistaa pinnoitteen jatkokäsittelyn maalaamalla. Kuumasinkityksellä pystytään varmistamaan riittävän paksut sinkkipinnoitteet korroosiovaikutuksiltaan erilaisiin toimintaympäristöihin./5/

Aurajoki Oy on pintakäsittelyyn erikoistunut yritys, päätoimialanaan kuumasinkitys. Aurajoki Oy:öön kuuluu useita tuotantolaitoksia Suomessa. Alallaan Aurajoki Oy onkin Suomen suurin. Aurajoki Oy edustaa myös vanhaa suomalaista sinkityisperinnettä. Pirkkalan yksikkö on sinkinnyt suomalaisten tarpeeseen viimeisen sadan vuoden ajan. /1/

Aurajoki Oy:n omistamilla laitoksilla on käytössä hieman toisistaan poikkeavia ratkaisuja mm. rasvanpoistossa. Eri yksiköiden sinkkipatojen koko myös vaihtelee, joten Aurajoki Oy pystyy valikoimastaan tarjoamaan asiakkaalle sopivan vaihtoehdon kustannustehokkaaseen pintakäsittelyyn. /1/

Kuumasinkityksessä peittaushappojen ja rasvanpoiston toiminta on yksi perusedellytyksistä hyvän sinkitystuloksen saamiseksi. Tässä tutkimuksessa on testattu Pirkkalan laitoksessa käytössä olevia inhibiittejä, jotka vaikuttavat oleellisesti hapon käyttöikään sekä myös sinkinkulutukseen. Vaikutus perustuu inhibiittien kykyyn ehkäistä ylipettaantumista.

Lisäksi on suoritettu happaman ja emäksisen rasvanpoiston vertailu. Vertailussa tarkasteltiin happaman ja alkalisen rasvanpoiston kykyä puhdistaa pinnat erilaisista rasvoista.

Lyhyenä tarkasteluna työssä käydään läpi valkoruosteenestoaineen vaikutus muutamalla erilaisella käsittelymenetelmällä.

2 KUUMASINKITYS

2.1 Kuivamenetelmä

Kuumasinkityksessä teräselementit puhdistetaan ensin hapossa. Mikäli elementeissä on rasvoja tai öljyjä suoritetaan rasvanpoisto ennen varsinaista peittausta. Alkalista rasvanpoistoa käytettäessä tarvitaan vesihuuhtelu ennen happopeittausta. Alkalisen rasvanpoiston vaihtoehtona on hapan rasvanpoisto, jonka käytön jälkeen ei edellytetä huuhtelua. Happopeittauksessa elementtien pinta puhdistuu valssihilseistä sekä suurimmasta osasta epäpuhtauksista (lika, ruoste jne.). Happopeittauksen jälkeen kappaleet huuhdellaan vesialtaissa ennen kasta juoksutteeseen. Vesihuuhtelut ovat prosessissa vähentämässä käytettyjen kylpyjen sekoittumista toisiinsa. Vesihuuhteluilla estetään esimerkiksi happojen rautakloridin kulkeutuminen juoksutteeseen. Juoksutteessa oleva rautakloridi kulkeutuu sinkkikylpyyn, jossa se muodostaa ns. kovaa sinkkiä padan pohjalle. Vesihuuhteluita käytetään myös uusien peittauskylpyjen valmistamiseen. Juoksutekaston jälkeen teräselementit kuivataan kuivausuunissa. Kuivauksen jälkeen suoritetaan kasto noin 450-asteiseen sinkkiin. Sulasta sinkistä nostetut elementit voidaan jäähdyttää joko ilmassa tai erillisessä jäähdytysvesialtaassa. Jäähdytystä seuraa elementtien viimeistely ja pakkaus. /5/

2.2 Märkämenetelmä

Märkämenetelmä poikkeaa yleisemmin käytetystä kuivamenetelmästä juoksutteen sijoituksen suhteen. Märkämenetelmässä juoksute on sinkkipadan pinnalla. Happokäsittelyn ja huuhteluiden jälkeen kastetaan teräskappaleet sinkkipataan juoksutekerroksen lävitse ja nostetaan juoksutteetta olevalta padan puolelta ylös. /5/

2.3 Standardit

SFS-EN ISO 1461 (taulukko 1) määrittää sinkkipinnoitteelle sallitut ominaisuudet. Pinnoitteen tulee olla edustavia paljaalla silmällä hyvässä valaistuksessa katsottaessa. Pinnassa ei hyväksytä nystyröitä, kuplia (so.

pinnaltaan kohonneita alueita ilman kiinteää pinnoitetta) epätasaisuutta, teräviä piikkejä (jos nämä voivat aiheuttaa vahinkoa) tai pinnoittamattomia kohtia. /7/

Tummanharmaita tai vaaleanharmaita alueita tai pinnan epätasaisuutta ei sinänsä tule pitää hylkäämissyynä. Varastointivaiheessa tullut lievä korroosiotuote, kuten valkoruoste tai tummentuminen, ei aiheuta hylkäämistä./5/

Taulukko 1. Kappaletavaran kuumasinkityksessä sovelletut standardit/5/

SFS-EN ISO 1461	Teräs- ja valurautatuotteiden kuumasinkkipinnoitteet kappaletavaroille. Erittelyt ja koestusmenetelmät
SFS 4449	Metallien pinnoitteet. Kierteistettyjen teräskappaleiden kuumasinkitys
SFS-EN ISO 14713	Teräs ja rautarakenteiden korroosionesto. Sinkki- ja alumiinipinnoitteet. Ohjeisto

Sinkitysvirheet aiheutuvat yleensä metallipinnan epäpuhtauksista. Pinnan epäpuhtaudet johtuvat yleensä teräksen valmistuksen yhteydessä jääneistä epäpuhtausjäämistä. Virheitä aiheuttavat voiteluaineet, roiskesuoja-aineet ja merkintäliidut. /7/

Pinnoitepaksuus

Taulukossa (taulukko 2) on ilmoitettu linkoamattomien kuumasinkittyjen kappaleiden vähimmäiskerrospaksuudet standardin SFS-EN ISO 1461 mukaan.

Taulukko 2. Linkoamattomien kuumasinkittyjen sinkkipinnoitteen vähimmäisvaatimukset. /7/

Kappaleen materiaali ja paksuus (mm)	Paikallinen vähimmäiskerros paksuus (μm)	Keskimääräinen vähimmäiskerros paksuus (μm)
Teräs ≥ 6	70	85
Teräs 3-6	55	70
Teräs 1,5-3	45	55
Teräs $\leq 1,5$	35	45
Valurauta ≥ 6	70	80
Valurauta < 6	60	70

2.4 Raudan ja sinkin reaktiot

Sinkkikylvyn lämpötila kuumasinkityksessä on noin 450 - 470 °C. Kun teräs joutuu kosketuksiin sulan sinkin kanssa, tapahtuu metallien välillä reaktio, jossa sinkki ja rauta muodostavat keskenään yhdisteitä. Sinkkipinnoite muodostuu kerroksista, joissa raudan osuus yhdisteissä vähenee pinnoitekerroksen pintaa kohti edettäessä. /5/

2.5 Teräksen valinta kuumasinkitykseen

Teräksen valinnassa on otettava huomioon ulkonäköön, pinnoitteen paksuuteen ja kiinnipysyvyyteen vaikuttavat tekijät. Näihin ominaisuuksiin vaikuttaa olennaisesti kaksi tekijää: käytettävän teräksen Si+P-pitoisuus ja kasto aika. Ulkonäkökysymyksissä alapiiteräs ($\text{Si}+\text{P} \leq 0,05 \%$) takaa kirkkaan tasavärisen ja pysyvän pinnoitteen. /9/

Mikäli sinkkipinnoitteen paksuus halutaan saada SFS-EN ISO 1461 luokan B mukaisesti (taulukko 3), suositellaan käytettäväksi keskipiiterästä ($\text{Si} = 0,15-0,25 \%$). Sinkkipinnoite on tällöin paksumpi, mutta pinnoitteen kiinnipysyvyys on heikompi ja siinä saattaa esiintyä värieroja sekä tummempia kohtia. /9/

Yläpiiterästä ($\text{Si} = 0,25-0,35 \%$) käytetään, mikäli sinkkipinnoitteesta halutaan erityisen paksu. Tällöin pinnoite täyttää SFS-EN ISO 1461 luokan C vaatimukset (taulukko 3). Pinnoitteesta tulee tosin karkeita, hauraita ja nopeasti tummentuvia. Pinnoitteen laadukas esikäsittely ja maalaus ovat vaikeita. /9/

Taulukko 3. Kuumasinkkipinnoitteiden luokat B ja C

Tuote ja sen paksuus / t	Luokka B		Luokka C	
	Paikallinen vähimmäis-kerros-paksuus	Keskimääräinen pinnoitepaksuus	Paikallinen vähimmäis-kerros-paksuus	Keskimääräinen pinnoitepaksuus
Mm	µm	µm	µm	µm
Teräs, yli 6	100	115	190	215
Teräs, 3...6	85	95	115	140
Teräs, 1...3	60	70	ei sovelleta	
Pikkuesineet	ei sovelleta		ei sovelleta	
Valurautaesineet	ei sovelleta		ei sovelleta	

2.6 Valkoruoste

Valkoruoste on vastasinkityillä sileillä pinnoilla esiintyvää valkoista jauhemaista ja paksuhkoa kerrostumaa. Sitä muodostuu, kun sade- ja kondenssivettä kerääntyy sinkkipinnalle. Veden kerääntyessä muodostuu sinkkioksidia ZnO ja sinkkihydroksidia Zn(OH)₂. Normaaliolosuhteissa nämä kaksi yhdistettä muuttuvat sinkkipintaa suojaavaksi sinkkikarbonaatiksi ilman hiilidioksidin vaikutuksesta. Mikäli ilman pääsy sinkkipinnalle vaikeutuu, ei hiilidioksidia ole riittävästi normaalin karbonaattikerroksen muodostamiseen. Tällöin pinnalle muodostuu valkoruostetta. /6/

Korroosio jatkuu niin kauan kuin pinnalla on kosteutta. Valkoruosteen tilavuus on suuri, noin 500 kertaa suurempi kuin sinkin. Tästä syystä korroosio voi näyttää vaaralliselta. Todellisuudessa valkoruosteen aiheuttama syöpymä on vaikutuksiltaan varsin vähäinen verrattaessa kuumasinkityn pinnoitteen kestoikään. Valkoruostekerros on heikosti kiinni sinkkipinnoitteessa, joten sen poisto mekaanisesti on helppoa. Valkoruosteiset pinnat muuttuvat ajan myötä samannäköisiksi kuin muutkin kuumasinkityt pinnat. /6/

3 Esikäsittelykylvyt

3.1 Happopeittaus

Happopeittauksessa käytetään suola- tai rikkihappo peittausta.

Rikkihappopeittaus on yleisesti käytetty menetelmä Yhdysvalloissa, kun taas suolahappopeittausta käytetään enimmäkseen Suomessa ja Euroopassa.

Suolahapon käytön tärkeimmät edut ovat, että peittaustulokset ovat hyvät matalissa lämpötiloissa ja että muodostuneet rautasuolat ovat helposti poistettavissa. Rikkihappo toimii nopeasti korkeissa lämpötiloissa. Yleisesti käytetyt lämpötilat vaihtelevat 60–80 °C välillä. /8/

Kokeissa on käytetty ainoastaan suolahappopeittausta, joten jatkossa keskitytään vain siihen.

3.1.1 Suolahappopeittaus

Suolahappo on vesiliuos kaasumaisesta kloorivedystä (HCl).

Huoneenlämmössä suolahapon konsentraatio on enimmillään 36 %, koska litraan vettä voi liueta vain n. 420 g kloorivetyä. Kauppalaadun konsentraatio on n. 33 %, mikä vastaa 385 g/l. /8/

Kauppalaatu on liian väkevää suoraan peittaukseen käytettäväksi. Suolahappo laimennetaan vedellä tai aikaisemmin käytetyllä peittaushapolla 15–20 % väkeväksi liuokseksi. /8/

Suolahappoa käytetään huoneenlämpöisenä, jotta liuoksen haihtuminen, ja siten työympäristölle aiheutuvat vaikutukset pysyisivät mahdollisimman pieninä. /8/

Suolahapon ja metallioksidien väliset reaktiot

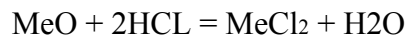
Teräspinnan käsittelyssä kappaleen pinnalle muodostuu sarja erilaisia oksidikerroksia. Oksidikerrosten lukumäärä ja paksuus riippuvat teräspinnan käsittelytyypistä ja käsittelyn jälkeisestä jäähdytysmenetelmästä.

Oksidikerroksia on kolmea eri tyyppiä: uloimpana hematitiitti Fe_2O_3 , magnetiitti

Fe_3O_4 ja lähinnä terästä wüstiitti FeO . Oksidikerroksista ainoastaan wüstiitti on suolahappoon helposti liukeneva. Valssihilseet irtoavatkin yleensä siten, että hematiitti- ja magnetiittikerrosten välisistä raoista tunkeutuu happoa liuottamaan wüstiitin. Hematiitti ja magnetiitti irtoavat wüstiitin liuettua ja putoavat sakaksi happoaltaan pohjalle. Mikäli valssihilsekerroksissa ei ole lainkaan wüstiittiä, peittaus on hidasta. Tosin mikäli happo sisältää paljon rautakloridia, nopeutuu wüstiittömänkin valssihilseen irtoaminen. /8/

Reaktiot

Suolahappo ja metallioksidit reagoivat keskenään seuraavasti:



Reaktio on eksotermisen eli lämpöä aiheuttava. Lämpötilan korotus nopeuttaa huomattavasti peittautapahtumaa. Lämpötilan korotus $10\text{ }^\circ\text{C}$:lla miltei puolittaa peittausajan. Suolahapon höyrynpaine on riippuvainen lämpötilasta sekä väkevyydestä. Lämpötilojen nostamisessa pitääkin olla erittäin varovainen, ettei ylitetä kloorivedyn HTP-arvoa./8/

Kloorivedyn 15 min HTP-arvo on $7,6\text{ mg/m}^3$ eli 5 ppm./3/

3.1.2 Inhibiitin vaikutus happopeittauksessa

Inhibiitit ovat orgaanisia aineita, jotka muodostavat erittäin ohuen kalvon valssihilseestä puhdistetulle teräspinnalle ja siten estävät hapon aiheuttaman syöpymisen. Metallia on kuitenkin mahdotonta suojata täydellisesti, sillä jonkinasteista puhtaan metallin syöpymistä esiintyy aina. Inhibiittien kestävyyskään ei ole rajaton peittausliuoksessa. Inhibiitin lajista riippuen hajoamistapahtuma on sitä nopeampi, mitä vahvempaa happoa käytetään. Rautakloridipitoisuuden kasvu liuoksessa vähentää inhibiittien käytön tarvetta. Rautakloridi itse toimiikin tietynlaisena inhibiittinä. Inhibiitin suoja-arvo vaihtelee terästyypin, hapon ja lämpötilan mukaan. Normaalisti suoja-arvot ovat suolahapolla peitattaessa 50–90 %. Suurin inhibiitin suoma hyöty saavutetaan peitattaessa painoon nähden suuria pintoja. /8/

3.2 Rasvanpoisto

3.2.1 Alkalinen rasvanpoisto

Alkaliset rasvanpoistoaineet voidaan jakaa seuraaviin kemikaaliryhmiin:

- tehoaineet (alkali- ja neutraalisuoloja)
- tensidit (irrottavat ja emulgoivat orgaaniset epäpuhtaudet)
- kompleksinmuodostajat (sitovat veden kovuutta ja liuottavat orgaanisia metalliyhdisteitä)
- inhibiitit (tilapäinen suojaus kuivauksen ja varastoinnin ajaksi)
- erikoislisäaineet (vaahtoamisen esto, bakterisidit yms). /8/

Alkalisen rasvanpoiston teho perustuu dispergoitumiseen, peptidisoitumiseen tai saippuoitumiseen./8/

Alkalisessa rasvanpoistossa alkalisuolana käytetään 8 % NaOH vesiliuosta, joka on lämmitetty 60 °C:seen. NaOH aiheuttaa korkean pH:n, jolloin rasvahappoja sisältävät öljyt ja esterit saippuoituvat. Alkalisuolan anionit adsorboituvat likahiukkasen pinnalle. Tämä aiheuttaa sähköisen työntövoiman hiukkasten välille ja siten estää kiinteiden ja orgaanisten epäpuhtauksien uudelleen saostumisen metallin pinnalle. /8/

3.2.2 Hapan rasvanpoisto

Hapan rasvanpoisto on mahdollistunut tensidien kehityksen myötä. Pinta-aktiivisten aineiden lisäys kylpyyn antaa liuokselle rasvanpoisto-ominaisuuksia. Mineraalihapoista fosforihappo on parhaiten yhteensopiva tensidien kanssa. Suolahappo taas soveltuu huonoiten, koska sitä ei voida lämmittää. /8/

4. TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Happojen valmistus

Inhibiitin toiminnan testausta varten valmistettiin kahteen 150 l tynnyriin 66 litraa 15 painoprosenttista suolahappoa. Suolahappo valmistettiin, kun 35 kg:a, eli 30 litraa 33 painoprosenttista suolahappoa laimennettiin 36 litraan vettä. Veden mittaukseen käytettiin litran mittaa. Valmistetun hapon tiheys asetettiin kirjallisuuden mukaan noin $1,07 \text{ kg/dm}^3$ viidentoista asteen lämpötilassa. /2/

Happoihin liotettiin rautaa neljästä 5 mm paksusta rautalangasta 40 cm:n matkalta. Rautalangat poistettiin 8 tunnin liuotuksen jälkeen. Tämän jälkeen kahden tynnyrin sisältöä sekoitettiin keskenään useaan otteeseen, jotta hapot olisivat keskenään mahdollisimman homogeeniset. Lopuksi hapot jaettiin siten, että kaikkiin inhibiittejä sisältäviin happoihin mitattiin 10 litran ämpärillä ja litran mitalla 33 litraa happoa. Pelkkään suolahappoon jäi määrällisesti vähän enemmän happoa, mikä sinänsä on eduksi kyllästymisvaaran vähentymiseksi kokeiden aikana. Inhibiittejä lisättiin ohjeiden mukaiset määrät happoihin.

Happotynnyreissä käytettiin seuraavaa merkintää:

- happo A (pelkkä suolahappo)
- happo B (suolahappo sekä inhibiitti A)
- happo C (suolahappo sekä inhibiitti B)
- happo D (suolahappo sekä inhibiitti A ja inhibiitti B)

4.2 Juoksutteen valmistus

Juoksutteena käytettiin sinkki- ja ammoniumkloridia. Juoksutteen pitoisuudelle tunnetaan ihanneolosuhteet kirjallisuudesta (liite 3). Juoksute valmistettiin 150 litran tynnyriin lisäämällä 60 litraa vettä ja 49 kg juoksutetta.

Juoksute on valmistajan mukaan pakattu 25 kg säkkeihin. Säkin painoksi varmistettiin työpaikan vaa'alla 49 kg. Vesimäärä mitattiin litran mitalla.

Juoksute lämmitettiin Scandymet 1000 W -uppokeittimellä, jonka vastus on suojattu lasisella kuvulla korrosoivalta vaikutukselta.

4.3 Rasvanpoistojen valmistus

Alkalisena rasvanpoistona käytettiin lipeää.

Hapan rasvanpoisto valmistettiin ohjeiden mukaan laitoksella käytössä olevasta liuksesta.

4.4 Valkoruosteenestoliuoksen valmistus

Valkoruosteenestoaine valmistettiin työnantajan ohjeiden mukaan.

4.5 Koekappaleet

Koekappaleiden materiaaliksi valittiin rautaruukin keskipiiteräs S355J2H, koska keskipiiteräkset ovat yleisimpiä sinkityksessä käytettyjä teräslaatuja. Koekappaleet saapuivat valmiiksi rei'itettyinä 3 mm paksuina ja 200x150 mm kokoisina levyinä. (liite 1)

4.6 Koepalojen esikäsitteily

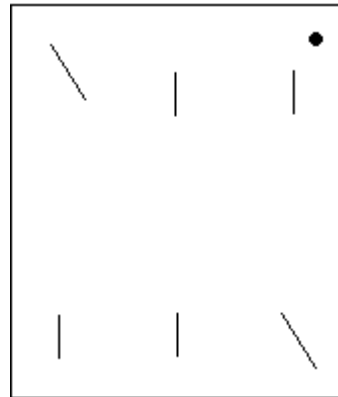
4.6.1 Inhibiitin toiminta

Koepalat ultraäänipestiin ennen pinnankarheuden mittausta, jottei mittarin anturi likaantuisi. Ultraäänipesurina toimi qteck P20i. Pesuolosuhteet olivat seuraavat: pesurin teho 600 W, lämpötila 55 °C, ja pesuaika 5 min. Pesun jälkeen kappaleet huuhdeltiin juoksevassa vedessä ja kuivattiin paineilmalla.

Pinnankarheus mitattiin koepaloista kuudesta kohdasta (kuva 1).

Ensimmäiseksi mittalaite sijoitettiin aivan vasempaan reunaan siten, että mittarin reunat osuivat samalle linjalle koepalan ylä- ja vasemman reunan kanssa. Lisäksi mitattiin pinnankarheus koepalan keskeltä siten, että mittari oli 5 cm:n etäisyydellä koepalan vasemmasta reunasta suorassa linjassa koepalan kanssa. Mittaukset suoritettiin oikeasta yläkulmasta, kuten vasemmastakin reunasta. Viimeksi suoritettiin mittaukset viistosti vasemmasta yläkulmasta ja oikeasta alakulmasta. Mittari asetettiin koelevyn kulmaan siten, että anturi

osoitti aina suoraan kulmaa kohti ja mittarin takaosa osui koepalan reunoihin. Samanlaiset mittaukset suoritettiin koepalan toiselta puolelta.



Kuva 1. Koepalan pinnankarheusmittauskohdat

Mittauksiin käytettiin Mitutoyon SJ-201 Surface Roughness Tester -merkkistä pinnankarheusmittaria. Mittari mittasi Ra-pinnankarheusarvoja eli keskipoikkeamaa 2,5 mm laskentapituudelta. Täsmällisten mittaustulosten saamiseksi oli oleellista asettaa mittari koko ajan samaan tasoon koepalan kanssa. Tämä vaatimus vaikutti mittauskohtien valintaan, poikittaissuunnassa mittaria ei saanut aseteltua kokonaan koepalan päälle. Mittauskohdat valittiin myös tarkkaan siksi, että peittauksen jälkeen suoritettu mittaus osuisi mahdollisimman lähelle aikaisempaa mittauskohtaa.

Pinnankarheuden mittausten jälkeen koepalat punnittiin Sartorius -vaa'alla. Ennen punnitusta vaaka kalibroitiin 200 gramman painoisella Mettler Calibration Weight -kalibrointipunuksella. Myöhemmissäkin vaiheissa kalibrointi suoritettiin aina ennen punnituksia.

4.6.2 Rasvanpoistojen vertailu

Rasvanpoistokokeita varten koekappaleet pyrittiin käsittelemään menetelmillä, jotka vastaavat sinkittävien tuotteiden käsittelyä. Roiskeestoaineita testattaessa hitsattiin Mig-hitsauksella sauma koekappaleiden keskelle. Hitsauslaitteena toimi Kemppi Kempo 400. Leikkausöljyjä testattaessa porattiin akkuporakoneella ja 6 mm terällä 6 reikää levyn keskelle, joista kaksi

levyn lävitse. Leikkausöljyä lisättiin pinnalle samalla, kun koekappaleeseen porattiin reikään.

Korroosionestoaineet sumutettiin koelevyn pinnalle ilman muuta käsittelyä. Kaikille käsitellyille koepaloille, paitsi liidulla merkityille, valmistettiin vanhennettu koesarja. Vanhennus suoritettiin pitämällä koepaloja 60-asteisessa kuivausuunissa kahden tunnin ajan.

4.6.3 Rasvanpoistokokeissa käytetyt kemikaalit

Kokeissa käytettiin roiskeestoaineita, korroosionsuoja-aineita, merkintäliitujia ja leikkausöljyä. Kemikaaleissa oli sekä vetten liukenevia, että veteen liukenemattomia aineita.

4.7 Kokeiden suoritus

4.7.1 Inhibiitin toiminnan testaus

Koepalat asetettiin neljään eri peittaushappoon, happo A, happo B, happo C ja happo D, eripituisiksi ajoiksi (½ - 48 h). Happeittauksen jälkeen aina huuhdeltiin koepalat kahdessa vedellä täytetyssä 10 litran ämpärissä. Koepalat kuivattiin vesihuuhtelun jälkeen paineilmalla.

Koepaloista mitattiin pinnankarheus ja painon muutokset ennen ja jälkeen peittauksen. Punnitukset ja pinnankarheuden mittaukset suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa.

Kuljetuksen aikana koepalojen pintaan ilmestyi pientä ruostemuodostumaa. Ennen juoksutteeseen kastamista koepalojen annettiin puhdistua 30 sekunnin ajan koehapossa (happo A). Juoksutekäsittelyn jälkeen koepalojen annettiin kuivua 2 minuutin ajan sinkkipadan päällä ennen kasta. Tämän jälkeen koepalat kastettiin kolmen minuutin ajaksi sinkkikylpyyn. Sinkkikylpyyn lämpötila oli kastohetkellä 451 °C. Kappaleiden nostoon aikaa kului n. 40 sekuntia. Sinkkipinnasta nousun jälkeen kappaleita heilutettiin ylimääräisen sinkin poistumiseksi ripustusrei'istä ja valumien ehkäisemiseksi.

Sinkityt kappaleet jäähdytettiin ilmassa, punnittiin ja mitattiin sinkkikerroksen vahvuus.

4.7.2 Valkoruosteenestoaineen toiminnan testaus

Koekappaleita peitattiin tunnin ajan koehappo B:ssä. Peittauksen jälkeen palat huuhdeltiin kahdessa vedellä täytetyssä 10 litran ämpärissä. Vesihuuhtelun jälkeen seurasi nopea kasto juoksutteeseen ja lopuksi kasto minuutin ajaksi sinkkikylpyyn.

Testauksessa käsiteltiin sinkityksen jälkeen 5 koesarjaa.

Jokaiseen sarjaan kuului 4 levyä. Sarjojen levyt ladottiin päällekkäin kukin omaan pinoonsa. Pinot varastoitiin taivasalle viikon ajaksi. Lopputuloksessa arvioitiin valkoruosteen esiintymistä silmämääräisesti.

4.7.3 Happaman- ja alkalisen rasvanpoiston vertailu

Testaus suoritettiin lipeässä sekä huoneenlämpöisessä happamassa rasvanpoistossa.

Kussakin rasvanpoistossa pidettiin koekappaleita puolen tunnin ajan, mikä vastaa laitoksen toiminnassa käytettyä rasvanpoistoaikaa. Lipeässä olleet kappaleet huuhdottiin vesiämpärissä puolen tunnin käsittelyn jälkeen ennen peittaushappoon laittamista. Peittaushappona käytettiin happo B:tä ja happo D:tä. Koesarja suoritettiin ensin happo B:ssä, ja hylätyn lopputuloksen saaneet kappaleet testattiin uudelleen happo D:ssä. Peittauksen jälkeen kappaleet huuhdeltiin kahdessa vesiämpärissä, ennen kasta juoksutteeseen. Juoksutteen jälkeen kappaleet kastettiin minuutin ajaksi sinkkikylpyyn. Nosto sinkkipadasta kesti n. 40 sekuntia. Kuumat koepalat jäähdytettiin laitoksessa olevassa vesialtaassa. Lopuksi arvioitiin levyn ulkonäkö ja sinkkipinnoitteen yhtenäisyys.

4.7.4 Sinkkipinnoitteen vahvuus

Vahvuus mitattiin magneettisella menetelmällä standardin SFS-EN ISO 2178 mukaisesti. Mittaukset suoritettiin Fischer Deltascop MP30 -mittarilla. Ennen jokaista mittausta mittari kalibroitiin valmistajan ohjeiden mukaan. Anturi asetettiin riittävän kauas reunasta (vähintään 20 mm) ja anturi asetettiin kohtisuoraan mitattavaa pintaa vasten.

Paksuus mitattiin kymmenestä eri kohdasta molemmin puolin levyä, mittarin laskiessa automaattisesti keskiarvon.

5 TUTKIMUSTULOKSET

5.1 Inhibiitin toiminta

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

5.2 Valkoruosteestoaineen tulokset

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

5.3 Rasvanpoistojen vertailu

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

5.4 Rasvanpoistojen sinkitystuloksen arviointi

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Inhibiitin toiminta

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

6.2 Valkoruosteestoaine

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

6.3 Rasvanpoistojen vertailu

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

7 YHTEENVETO

Tämä luku vain tilaajan kappaleessa

LÄHTEET

- /1/ Aurajoki Oy [*www-sivu*] [viitattu 17.12.2008]
<http://www.aurajoki.fi/>
- /2/ Finnish Chemicals, Suolahappo. [Sähköinen dokumentti]
[viitattu 23.11.2008].
Saatavissa: http://sodium-borohydride.com/images/finnchem_JEMMA/pdf/esitteet/Suolahappo.pdf
- /3/ HTP-arvot 2007, Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 2007:4.
[Sähköinen dokumentti] [viitattu 19.11.2008].
Saatavissa: <http://www.ketsu.net/http/HTP2007.pdf>
- /4/ Käyttöohje Picklane RP 85 peittauslisäaine, Chemetall Plating Technologies GmbH, 28.02.2002
- /5/ Rune Thomas & Wallin Torgny, Kuumasinkitys, Suomen kuumasinkitsijät r.y 1989, 5.painos päivitetty standardit joulukuussa 2000.
- /6/ Ruukki, Metallipinnoitetut teräslevyt ja -kelat [Sähköinen dokumentti]
[viitattu 23.11.2008].
Saatavissa:
[http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/2118465EE3D1C91C22572C10026CED5/\\$File/Suojautuminen_kosteudelta_HDG_03.2007%20FI.pdf?openElement](http://www.ruukki.com/www/materials.nsf/materials/2118465EE3D1C91C22572C10026CED5/$File/Suojautuminen_kosteudelta_HDG_03.2007%20FI.pdf?openElement)
- /7/ SFS-KÄSIKIRJA 36-2 Metalliset ja muut epäorgaaniset pinnoitteet. Osa 2: Pinnoitteet 1. painos lokakuu 2005
- /8/ Suomen Galvanotekninen yhdistys - Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely osa 1, Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi 2003
- /9/ Teräksen valinta kuumasinkittävään rakenteeseen, yleisohje 1/2006, yleisohje on tehty yhteistyössä Ruukin ja Suomen kuumasinkitsijät r.y:n kanssa

RUUKKI**AINESTODISTUS TEST REPORT
WERKSZEUGNIS RELEVÉ DE CONTROLE**A 2/2
81738 -03

Tilaja Purchaser Beststeller Acheteur RAUTARUUKKI OYJ RUUKKI METALS Tilaus nro Order No. Bestellung Nr. Commande No. 2720906	Vastaanottaja Consignee Empfänger Destinataire RAUTARUUKKI OYJ Läh. merkki Shipping mark Versandzeichen Marque d'expédition 2720906	Päivämäärä Date Datum Date 17.04.2006 Valmistajan merkki Mark of the Manufacturer Zeichen des Herstellerwerkes Signe de producteur
Laatu Quality Werkstoff Nuance MULTISTEEL/S355K2G3 Laatuselitys Quality Specifications Qualitätspezifikation Spécification de qualité	Lisävaat. Add. requirem. Weitere Anforder. Autres prescript. RUUKKI.COM HR 2.3.01 06.2005/E	Jatkuvavalettua happiterästä Oxygen steel, continuous casting Oxygenstahl, Strangguss Acier à l'oxygene, coulée continue

RAKENNETERÄS, TÄYTTÄÄ EN10025 S355K2G3/J2G3/J0

Positio Item Pos. Poste	Paksuus Thickness Dicke Epaiss.	Sulatus nro Cast No Schmelz-Nr. No coulée	Cekv Ceq Ceq Ceq	Sulatusanalyysi % Chemical composition of cast % Chem. Zusammensetzung auf schmelzen % Composition Chimique de coulée %											
				C	SI	MN	P	S	AL	NB	V	CU	CR	NI	MO
003	3.00	86891	.40	.15	.22	1.43	.007	.008	.039	.017	.006	.033	0.04	0.06	.007
003	3.00	87755	.42	.17	.20	1.39	.010	.005	.038	.017	.004	.028	0.04	0.04	.006
003	3.00	87756	.41	.16	.19	1.41	.010	.006	.036	.016	.004	.038	0.04	0.04	.003

$$CEKV=C+MN/6+(CR+MO+V)/5+(NI+CU)/15$$

Pos. Item Pos. Poste	Sulatus, k. erä nro Cast. test No Schmelze Prüf Nr. Coulée, Essai No	T-tila Cond Zust Etat	Vetokoe, Tensile test Zugversuch, Essai de traction			Taivutus Bend test Faltvers. Edeplage D = X t	Iskukoe, Impact test Kerbschlagversuch, Essai de resilience					Keskiarvo Average Mittelw. Moyenne	Erikoiskokeet Special tests Sonderversuche Essais Speciaux
			K2	Re N/mm2	Rm N/mm2		A %	K3	°C	1	2		
003	86891 089	NR 51		469	547	28							
003	87755 051	NR 51		479	578	30							
003	87756 011	NR 51		472	560	28							

K2: 51=ALAPÄÄ, POIKITT.

**RUUKKI PRODUCTION
Raabe Steel Works**Testaus ja tarkastus
Prüfung und KontrolleTesting and Inspection
Essais et Contrôle

Täten todistamme, että toimitus on tilausvahvistuksen mukainen.
We hereby certify that the material described above has been
tested and complies with the terms of the order contract.
Es wird bestätigt, dass die Lieferung geprüft wurde und
den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
Nous certifions que la livraison est conforme aux
stipulations de l'acceptation de la commande.

19.04.2006 LV


MINNA VALKAMA
Valtuutettu tarkastaja Authorized Inspector Puh. 020 5911
Werkssachverständiger Inspecteur autorisé Tel. +358 20 5911

AR kuumavalssattu as rolled warmgewalzt etat de laminaze	N normalisoitu normalized normalgeglüht normalisé	NR normalisoitu valssattu normalizing rolling normalisiert gewalzt laminaze normalisant	CR kontrolloidusti valssattu controlled rolled temperatureregelt laminaze contrôle	TM termomek valssattu thermomech. treated thermomech. behandelt traitement thermomécanique	QT karkaisu + päästö quenched + tempered härten + anlassen trempé + revenu	Q karkaistu quenched gehärtet tempé
---	--	--	---	---	---	--

Fluxconcentration Double Salt (ZnCl₂·2NH₄Cl)

Concentration: possible 100 - 600 g/l
optimal: 400 - 500 g/l

432 g/l

Ratio: ZnCl₂ (%) NH₄Cl (%)
possible: 45 - 70 30 - 55
optimal: 51 - 59 41 - 49

