



Sinkitysripustimien kirjaston ja työkalujen kehitys

Tommi Eskola

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TOMMI ESKOLA:

Sinkitysripustimien kirjaston ja työkalujen kehitys

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2022

Sinkitysripustimet ovat osa prosessia ja keskeisiä työkaluja kuumasinkityksessä. Ripustinvalikoiman ollessa laaja ja monikäyttöinen, on oikeaoppinen hyödyntäminen avainasemassa tuotannon tehokkuuden varmistamiseksi. Työssä kartoitettiin yrityksen käytössä olevat sinkitysripustimet ja muodostettiin niistä yhtenäinen kirjastomuotoinen tietokanta. Lisäksi selvitettiin korvaavia materiaali- ja pinnoitevaihtoehtoja nykyisille ripustimille sinkin tarttuvuuden vähentämiseksi. Työssä käsitellään kirjaston muodostamisprosessi sekä korvaavat ripustinvaihtoehdot, ja sitä tukevat valituilla materiaaleilla ja pinnoitteilla tehdyt koekastot. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Aurajoki Oy.

Kirjasto selkeyttää yrityksen ripustinkantaa samalla luoden paremmat edellytykset hyödyntää niitä tarjousten hinnoitteluprosessissa. Ripustimet dokumentoitiin ja niistä luotiin tietokortti, joihin liitettiin tehdyt mittakuvat.

Tutkimuksella korvaavien ripustinmateriaalien ja -pinnoitteiden hyödyntämisestä pyritään vähentämään sinkin tarttuvuutta, mikä näkyisi alentuneina kustannuksina sinkin kulutuksessa. Sinkin tarttuvuutta sekä ripustimien kestoa kuumasinkitysprosessin olosuhteissa tutkittiin koekastojen avulla. Potentiaaliset vaihtoehdot nykyisille teräksisille ripustimille valittiin yrityksen kanssa ja niiden käyttökelpoisuutta tutkittiin kierrättämällä niitä tuotannossa.

Opinnäytetyön lopputulemana yritykselle luotiin käyttökelpoinen ripustindokumentaatio, jota pystytään hyödyntämään niin tuotannossa kuin myynnissä. Lisäksi pystyttiin toteamaan, ettei korvaavaa vaihtoehtoa käytössä olevalle teräkselle löytynyt. Pinnoitteet eivät kestäneet prosessin olosuhteita ja muut materiaalit eivät pärjänneet teräkselle kustannustehokkuudessa. Työssä kuitenkin havaittiin eri pintakuvioiden erot ja merkityksellisyys sinkin tarttuvuuteen, mihin tullaan kiinnittämään lisää huomiota jatkossa ripustinhankintoja tehdessä. Lisäkehitystä voisi tulevaisuudessa olla ripustimien kestävyys sekä kestoään tarkeemman määrityksen osa-alueella.

Asiasanat: ripustin, kuumasinkitys, dokumentointi, ripustinkehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

TOMMI ESKOLA
Library and Tool Development of Hot-dip Galvanizing Hangers

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 2 pages
May 2022

This thesis was commissioned by Aurajoki Oy. The purpose of this thesis was to create and collect a library of galvanizing hangers. The aim was also to search and test alternative materials and coating options for existing hangers to reduce zinc adhesion. The theory part of the thesis deals with the forming process of the library and different hanger alternatives.

Creating a library structure for the hangers unify the hanger base of the company and create a better premise to utilize them in pricing. The study of replacement hanger materials and coatings aims to reduce the adhesion of zinc, which is reflected in the cost of zinc consumption. These aspects were tested empirically in addition, other alternatives were also tested to see how they were able to endure hot-dip galvanizing conditions.

In conclusion, a usable hanger documentation was created for the company which can be utilized in both production and sales. Furthermore, it was noticed that no alternative could be found for steel in the use of hangers. The coatings did not withstand the process conditions and the other materials tested did not outperform the steel used in cost-effectiveness. However, the significance of the surface pattern in the adhesion of zinc was observed in the survey, to which attention will be paid when purchasing hangers in the future.

Key words: hangers, hot-dip galvanizing, documentation, hanger development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	AURAJOKI OY	7
3	SINKITYSPROSESSI	8
	3.1 Prosessi	8
	3.2 Sinkitysripustimet	9
	3.3 Sinkin tarttuvuus.....	10
4	RIPUSTIMIEN DOKUMENTOINTI.....	12
	4.1 Kartoitus.....	12
	4.2 Ripustinkirjasto.....	13
5	MATERIAALIT	16
	5.1 Materiaalivalinnat	16
	5.2 Kustannukset	16
	5.3 Teräs.....	17
	5.4 Ruostumaton ja haponkestävä teräs.....	17
	5.5 Titaani	18
6	PINNOITEET	19
	6.1 Pinnoitus	19
	6.2 Pinnoitelevyt.....	19
	6.3 Pinnoitekoukut.....	20
	6.4 Kustannukset	21
7	MITTAUSMENETELMÄT.....	22
	7.1 Mittaus ja mittalaitteet	22
	7.2 Koekastot.....	23
8	TULOKSIEN YHTEENVETO	26
	8.1 Dokumentointi	26
	8.2 Ripustinmateriaalit.....	26
	8.3 Pinnoitus	27
9	POHDINTA	29
	LÄHTEET.....	32
	LIITTEET	33
	Liite 1. Sinkin hinnan kehitys (London Metal Exchange. 2022).....	33
	Liite 2 Mittaustulokset	34

ERITYISSANASTO

Asetusaika	Aika, joka prosessin valmisteluun tarvitaan ennen tuotteen pääsyä prosessiin, sinkityksessä rakenteen ripustusaika puomiin.
Hst	Häponkestävä teräs.
Kasto	Kuumasinkityksessä käytettävä yksikkö. Määrittää yhden kuumasinkityskerran, jossa rakenteet upotetaan pataan ja nostetaan ylös.
Kastopaino	Sinkkipataan kerralla kastettavien rakenteiden paino. Yksi kasto vastaa yhtä ripustettua tangollista.
M-Files	Dokumenttien hallinta- ja tallennustyökalu, jossa tiedon hallinta ja löytäminen perustuu kansiorakenteen sijaan tallennetulle sisällölle annettuun metatietoon.
Rst	Ruostumaton teräs, puhekielessä rosteri.
Siltanosturi	Katon rajassa, kahden kiskon varassa kulkeva silta, jossa liikkuu vaunussa oleva nostin.
Sinkkipata	Allas täynnä sulaa sinkkiä, johon kuumasinkittävät kappaleet kastetaan.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on koota ja kehittää Pirkkalan tehtaan sinkitysripustimille ajantasainen kirjasto ja tutkia mahdollisia materiaali- tai pinnoitevaihtoehtoja ripustimille. Toimeksiantajana toimii Aurajoki Oy, joka on metallien ja teräsrakenteiden pintakäsittelypalveluihin ja kokonaisuuksiin erikoistunut yritys, päätoimialanaan kuumasinkitys. Teräsrakenteita sinkitään ripustamalla ne siltanostureissa oleviin tankoihin erilaisilla ripustimilla, joissa ne happokäsittelyn jälkeen kastetaan sulaan sinkkiin.

Työssä muodostetaan yritykselle ajantasainen kirjasto M-Files järjestelmään Pirkkalan toimipisteen sinkitysripustimista. Ripustimet dokumentoidaan resursien mukaan piirustuksina, cad-tiedostoina sekä kuvina, joita voidaan hyödyntää varsinkin myyntipuolella erilaisia tarjouksia ja työtilauksia vastaanottaessa. Tavoitteena on selkeä ja helppokäyttöinen kirjasto, josta käyvät ilmi mitat, rajoitteet ja muut ominaisuudet ripustimien hyödyntämiseksi. Tuloksia voidaan käyttää hyödyksi tarvittaessa konsernin muillakin toimipisteillä.

Lisäksi tutkitaan, onko yrityksellä mahdollisuuksia pinnoittaa nykyisiä ripustimia tai vaihtaa ripustinmateriaalia kokonaan. Tällä pyritään pienempään sinkin tarttuvuuteen, joka tarkoittaa yrityksessä hukkaa. Selvitys rajattiin koskemaan tiettyjä materiaaleja, joiden kokeilu on koettu kannattavaksi ja ne valittiin yhdessä yrityksen kanssa.

Osa ripustimista ja sinkityksessä käytettävistä työkaluista on tuote- ja asiakaskohtaisia, jonka takia tarkat tiedot, kuvat ja mallinnetut ripustimet on pääosin jätetty pois työstä. Lisäksi tarkkojen kustannusten erittely on jätetty pois työstä ja ne eritellään erikseen toimeksiantajalle.

2 AURAJOKI OY

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Pirkkalassa toimiva Aurajoki Oy. Se on perustettu vuonna 1967 ja sen pääliiketoimintaa on metallien ja teräsrakenteiden pintakäsittelypalvelut. Aurajoki-konsernin palveluihin kuuluu metallien pintakäsittelyn ja pinnoitteiden lisäksi myös konepajatuotanto. Päätoimialana Pirkkalassa on kuitenkin teräksen kuumasinkitys. (Aurajoki n.d.) Tehdasalue on nähtävissä kuvassa 1.



KUVA 1. Pirkkalan tehdasalue (Aurajoki n.d.)

Yrityksessä työskentelee 108 työntekijää ja sen liikevaihto oli n. 20 milj. euroa vuonna 2020. Toimipisteitä yrityksellä on Pirkkalan lisäksi Aurassa, Turussa, Saarijärvellä, Lievestuoreella ja Mikkelissä sekä konepaja Latviassa. (Finder n.d.)

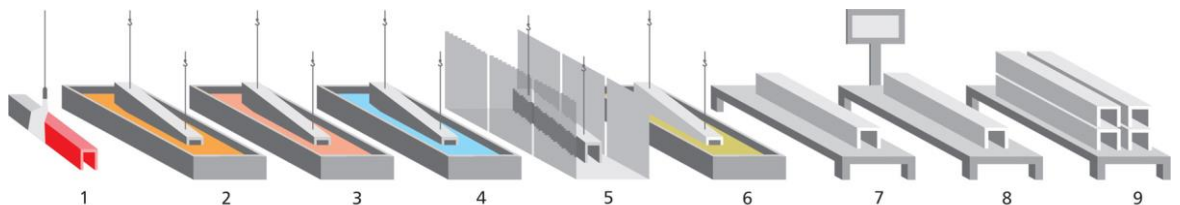
3 SINKITYSPROSESSI

3.1 Prosessi

Ennen sinkitysprosessia teräskappaleet puhdistetaan käsityönä tai työkaluja käyttäen epäpuhtauksista, esimerkiksi maali, kuona tai liimalappujäämät, jotka eivät lähde peittauskäsittelyssä. Tämän jälkeen ne ovat ripustettavissa puomiin ja valmiina tuotantolinjaan, jonka kulkua havainnollistaa kuva 2.

Tuotteet käsitellään aluksi rasvanpoistossa, jota seuraa peittaus eli happokäsittely kohtien 1 ja 2 mukaisesti. Niissä irtoavat ruoste ja valssihilse.

Seuraavissa vaiheissa 3 ja 4 tuotteet huudellaan vesialtaassa ja käsitellään juoksuotteella, jonka seurauksena teräs ja sinkki pääsevät parempaan metalliseen kosketukseen ilman oksideja. Tämän jälkeen ne kuivataan kohdassa 5 kuivausuunissa, jota seuraa sinkkikasto noin 460 asteiseen sinkkipataan vaiheessa 6. Viimeisissä työvaiheissa 7, 8 ja 9 valmiit sinkityt kappaleet jäädytetään joko vedessä tai ilmassa, jonka jälkeen ne ovat valmiita jälkitarkastukseen ja purkuun.



KUVA 2. Kuumasinkitysprosessi kuivamenetelmässä (Sinkkonen, V. henkilökohtainen tiedonanto 9.5.2022).

Kun teräsrakenne käytetään sinkkipadassa, sinkki ei ainoastaan levity kappaleen pinnalle kuten maalauksessa, vaan ne reagoivat keskenään. Reaktion seurauksena muodostuu yhdisteitä ja teräksen sekä ulkoisen puhtaan sinkkikerroksen väliin muodostuu rauta-sinkkiseos. (Nordic Galvanizers 2020, s. 18)

Sinkitettävään rakenteeseen tehdään yleensä sinkitysreikiä ja -aukkoja kappaleen kiinnittämiseksi tankoon ja sinkin esteettömän kulun varmistamiseksi. Näin nesteet ja sinkki pääsevät valumaan helposti rakenteiden sisällä ja sieltä ulos.

Ylimääräinen sinkki valuu kaston jälkeen pois aukkojen kautta ja pinnoite muodostuu myös rakenteen sisäpintaan. Tämän takia kappaleen ripustaminen oikeassa asennossa puomiin on erityisen tärkeää. Umpinaiseen rakenteeseen on myös riskinä muodostua höyryn paine, joka aiheuttaa räjähdysvaaran. (Hyttinen & Hyttinen 1993, s. 74)

3.2 Sinkitysripustimet

Ripustimet ovat apuvälineitä kastettaessa teräsrakenteita kuumasinkkipataan. Rakenteet sidotaan tuotantolinjan aloituspäässä puomiin eripaksuisilla teräslangoilla tai valmiiksi olemassa olevilla ripustimilla. Puomeja liikutellaan prosessissa ja työpisteiden välillä siltanosturilla. Teräslangoilla ripustaminen ja niiden solmiminen on kuitenkin keskimäärin hitaampaa kuin tavaroiden pujottaminen tai pinoaminen telineisiin varsinkin kevyemmissä kappaleissa, jolloin ripustimilla säästetään asetusajassa (kuva 3). Ripustimet käyvät läpi saman prosessin asiakkaiden tuotteiden kanssa ja niitä uusiokäytetään, kunnes ne heikentyvät ja ohenevat liiaksi reaktioista hapon ja sinkin kanssa. Sidontalankoja hyödynnetään samalla tavalla, mutta prosessin jälkeen ne irrotetaan katkomalla ja hävitetään.



KUVA 3. Lankaripustusmenetelmä

Käyttökohteen mukaan ripustin voi olla häkki, verkko, koukku tai tuotekohtaisesti rakennettu teline, mikäli se sopii useammalle vastaavalle muodolle tai erä-
koko on suuri (kuva 4). Tuotevalikoiman tai menetelmien muuttuessa vanhat ripustimet jäävät käyttämättä ja uusia valmistetaan tarpeen mukaan. Ripustimet vaihtelevat asiakkaiden tai tuotteiden muotojen mukaan ja siksi ne suurilta osin eroavat toimipisteiden kesken. Ripustimet kiertävät prosessissa yleisesti satoja kertoja, mutta tätä ei ajankäytöllisesti pystytä tässä opinnäytetyössä toistamaan.



KUVA 4. Yksinkertainen koukuripustin

3.3 Sinkin tarttuvuus

Yrityksessä sinkin ylimääräistä kulutusta pyritään minimoimaan ja varsinkin hukkaan menevä sinkki on yritykselle merkittävä kulu, sillä sen hinta on viimeisen vuoden sisällä noussut merkittävästi. Sinkin kilohinta lukuhetkellä 17.4.2022 on yli neljä euroa, kun se vuotta aikaisemmin oli noin 2,7 euroa kilolta (LIITE 1).

Sinkkiä tarttuu tuotteiden lisäksi kasteiden mukana prosessissa kiertäviin ripustimiin. Ripustimiin tarttunut sinkki on aina hukkaa, sillä se liukenee uudella kierroksella prosessia peittaushapossa, jonka jälkeen se ottaa pintaansa jälleen uuden sinkkikerroksen. Ylimääräistä kulua syntyy myös mahdollisen puutteellisen rei'ityksen tai kastoasennon seurauksena, jossa tuotteen rakenteeseen jää huonon virtauksen vuoksi ylimääräistä sinkkiä.

Sinkin kulutuksen lisäksi kappaleiden puhdistukseen käytettävä peittaushappo kuluu, kun siihen liukenee epäpuhtauksien lisäksi sinkkiä ja rautaa. Happoon liukenee näitä vain rajallinen määrä, kunnes sen teho heikkenee ja se joudutaan vaihtamaan. Hapolla on kooltaan useita kymmeniä kuutioita, joten sen vaihtaminen jätemaksuineen on myös merkittävä kuluerä. (Tuori 2022)

4 RIPUSTIMIEN DOKUMENTOINTI

Dokumentointi erilliseksi tietokannaksi koettiin tarpeelliseksi, sillä yrityksessä ei ole olemassa ajantasaista ja hyödynnettävää ripustindokumentointia, jota työntekijät voisivat hyödyntää. Asiakkaiden tuotteet voivat olla muodoiltaan moniulotteisista kappaleista aina suoriin tolppiin ja erimuotoisia rakenteita on yhtä paljon kuin on työmaita. Siksi varsinkin myynnin ja tuotannon on oltava selvillä, kuinka tuote voidaan nosturin palkkiin ja ripustimeen kiinnittää, sinkitä ja missä suunnassa.

Ripustimien dokumentointi voi tulevaisuudessa myös yhtenäistää eri toimipisteillä käytettäviä ripustintyökaluja. Dokumentoinnin lisäksi valmiiksi piirrettyjen mallien ja luotujen tiedostojen avulla voidaan tarpeen tullen helpommin teettää uusia ripustimia.

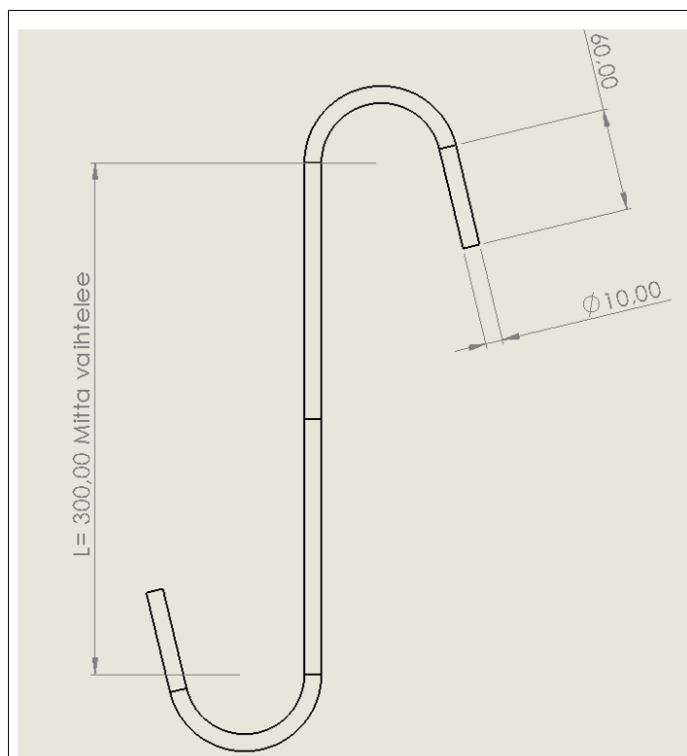
4.1 Kartoitus

Ensimmäinen askel dokumentointiprosessissa oli lähdeaineiston kerääminen ja ripustimien listaus. Listauksesta jätettiin suoraan vanhentuneet ja käytöstä poistuneet ripustimet pois, joilla ei ole enää käyttötarkoitusta mutta ovat jääneet säilytykseen tai erittäin satunnaiseen käyttöön. Mallinnusta ja havainnekuvia varten mitattiin ripustimien ulko- ja sisämittoja sekä etäisyydet, millä väleillä tuotteita voidaan telineeseen kiinnittää. Mahdollisuuksien mukaan pyrittiin myös määrittämään kappalemäärällinen kapasiteetti eli montako tuotetta ripustimeen maksimissaan mahtuu.

3D-mallituksen yhteydessä mittatietoja päivitettiin ja kerättiin lisää tarpeen tullen. Jokaista ripustinta ei nähty järkeväksi mallintaa, vaan osa kuvattiin yksityiskohtaisesti ja mitat lisättiin kuvaan tai alapuoliseen taulukkoon. Ripustimesta saattaa olla myös useampia variaatioita, joten on helpompi erotella rivillä erityishuomiot ja kapasiteetti, kuin eriyttää omaa dokumenttiaan. Ripustimista ilmoitettiin ripustinkohtaisesti olennaiset tiedot, joten ne vaihtelevat dokumenttien kesken. Lisäksi kaikista pyrittiin ottamaan havainnollistava kuva, jossa tuotteet ovat kiinnitettyinä.

4.2 Ripustinkirjasto

Dokumentista pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä, jotta se olisi helposti tulkittavissa ja tarpeelliset tiedot ovat hyvin havainnollistettavissa. Pohja luotiin Microsoft Wordiin, ja siihen pyrittiin saamaan havainnollinen nimi sekä kuva tai piirustus ripustimesta (kuva 5). Alle listattiin taulukkomaisesti oleelliset käyttötiedot, kuten mitat, kapasiteetti tai mahdolliset rajoitteet. Piirustukset ja mallit tehtiin Solidworks-ohjelmalla. Luoduista piirustuksista on hyötyä myös, mikäli ripustimia teetetään ulkopuolisella toimijalla.



RIPUSTUSKOUKKU

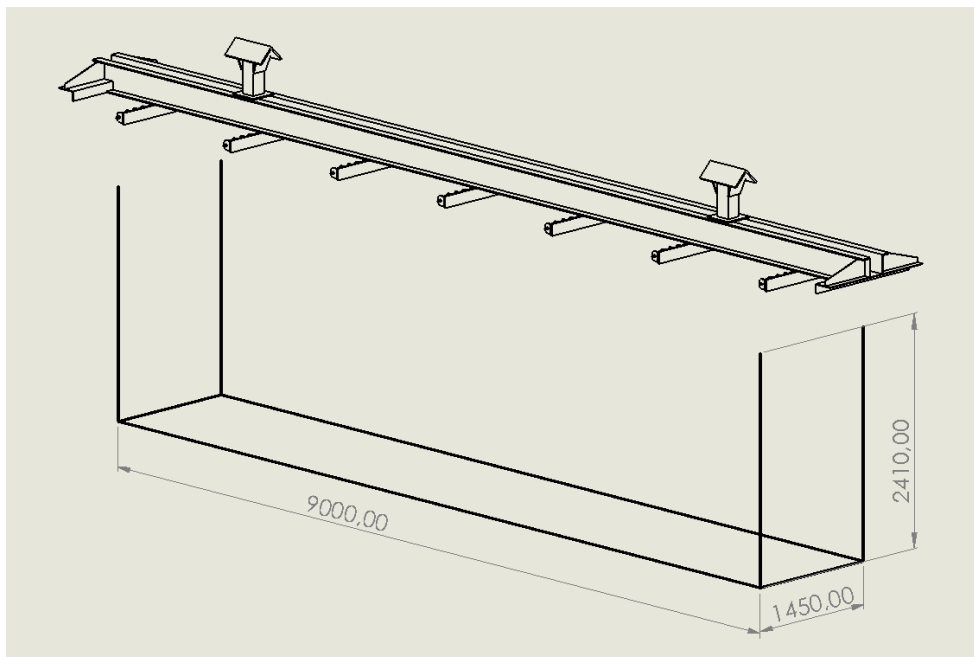
Käyttökohteet	Sovellettaessa pujotusreikäisiin kappaleisiin
Kapasiteetti	1 tuote/koukku
Rajoitteet	Ei raskaita palkkeja
Tehokkuus	
Huomautuksia	Koukkujen pituudet

Tommi Eskola 3/2022

KUVA 5. Dokumenttimalli

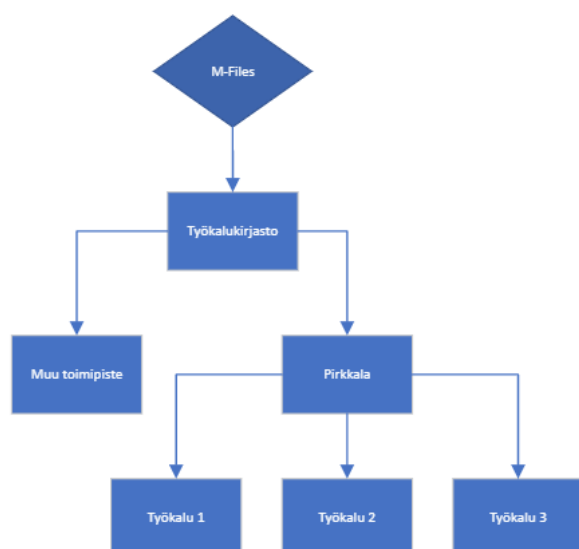
Kirjastoon sisällytettiin 15 ajantasaista ripustinta ja työkalua, jonka lisäksi luotiin havainnollistava mittakuva puomista ja padan raameista, josta pystytään paremmin hahmottamaan sinkityspadan kriittiset mitat (kuva 6). Kuvasta on hyötyä varsinkin konsernin uusille työntekijöille sekä henkilöille, jotka eivät ole

prosessin kanssa tekemisissä jatkuvasti mutta ovat tekemisissä padan hyötymittojen soveltamisen kanssa, esimerkiksi kertakastomääriä suunnitellessa.



KUVA 6. Mittakuva sinkityspadasta

Kirjasto ja tallennuspolku muodostettiin lähdeaineiston ollessa valmiina ja jokainen dokumentti nimettiin M-Filesiin mahdollisimman tunnistettavasti. Kansiorakennetta havainnollistaa kuvio 1. Metatietojen avulla haluttu ripustin löytyy myös esimerkiksi toimipaikkakohtaisilla hakusanoilla ja se on mahdollisuuksien mukaan kenen tahansa löydettävissä yrityksen sisällä. Lisäksi käytetyt mallinnukset ja piirustukset sekä muut tiedot lisättiin omaksi osiokseen työkalujen rinnalle, jolloin ne ovat kaikkien hyödynnettävissä pelkän yksittäisen tiedostosijainnin sijasta.



KUVIO 1. Tallennuspolku

5 MATERIAALIT

5.1 Materiaalivalinnat

Sinkitykseen soveltuvia ripustinmateriaaleja kartoitettiin yrityksen kanssa ja niistä potentiaalisiksi valittiin nykyisen teräksen lisäksi ruostumaton teräs, ha-ponkestävä teräs sekä titaani. Rst ja hst -materiaaleissa haluttiin selvittää kustannustehokkuus sekä sinkin tarttuvuus materiaalien pintaan verrattuna teräkseen. Ruostumattomien materiaalien puhutaan myös likaavan tuotteet sinkitykseen yhteydessä, joka haluttiin selvittää kuulopuheiden sijaan myös käytännössä. Titaania tiedetään käytettävän ripustimissa elektrolyytisessä pinnoituksessa, joten sen hyötyjä haluttiin arvioida myös kuumasinkityksessä. Teräksiset koekastokappaleet saatiin yrityksen omistamista materiaaleista mutta titaanin hankintaa jouduttiin selvittämään ulkopuolisilta toimittajilta. Teräskoukuissa päädyttiin kahteen eri testierään, betoni- sekä pyöröteräskoukkuihin. Tällä haluttiin samalla selvittää betoniteräksen ripakuvion vaikutus sinkin tarttuvuuteen, vaikka materiaali pysyi samana.

Materiaalikartoituksen yhteydessä teräksen ja muiden metallien huono saatavuus näkyi myös koukkumateriaalien hintojen selvityksessä, sillä tarkkoja hintoja ja tarjouksia oli vaikea saada. Lisäksi toimitusajat olivat pitkiä ja tarjoukset voimassa vain määräajan hintojen kovan vaihtelevuuden takia.

Teräksen saatavuus on kevään aikana heikentynyt ja hinnat nousseet entisestään koronapandemian ja Ukrainan kriisin takia, sillä arviolta neljännes Suomeen tulleesta teräksestä on peräisin Venäjältä, Ukrainasta tai Valko-Venäjältä (Puurunen 2022).

5.2 Kustannukset

Valitut koukkumateriaalit saatiin pääosin toimeksiantajalta, jonka seurauksena ei pystytty suoraan määrittämään hintaa yksittäiselle koukulle, joka sisältäisi kaikissa tapauksissa materiaalin sekä koukun valmistuksen tuottamat kustannukset.

Arviot yksittäisten koukkujen materiaalikustannuksille saatiin lähialueen toimittajilta sekä yhteistyökumppaneilta aikavälillä 9.3- 4.4.2022. Betoniteräksen, haponkestävän ja titaanin tarjoukset olivat voimassa viikon materiaalien heikon saatavuuden ja hintojen vaihtelevuuden takia (Kanerva, O. 2022). Tämän takia koukkujen paksuudet ja mitat vaihtelevat keskenään.

Luottamuksellisuuden takia työn ulkopuolelle jätettyyn taulukkoon on merkitty saadut hinta-arviot jokaisen selvitettävän materiaalin ja pinnoitteen osalta ulkopuolisten tarjousten perusteella. Kalleimpina materiaalivaihtoehtoina olivat kuitenkin titaanikoukut, joiden hinta oli yli nelinkertainen saman tarjouksen betoniteräskoukkuihin. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen hinta oli samassa vertailussa noin kaksinkertainen.

5.3 Teräs

Yrityksen nykyiset ripustimet on valmistettu teräksestä, joko hitsaamalla, taivuttamalla tai muuten työstämällä niin, että ne sopivat käyttötarkoitukseensa. Käytetyt teräslaadut vaihtelevat eikä niitä pystytä materiaalin tai seosten suhteen tarkkaan erittelemään. Ripustimia valmistetaan tilanteiden mukaan ns. metritavaran lisäksi myös muiden projektien yli jääneistä paloista ja romumetallista, joten raaka-aineita ei pystytä erikseen vakioimaan.

Ripustimia ei ole erikseen lujuusluokitettu vaan ne mitoitetaan käytössä ns. vahvemman mukaan ja ripustettavan kappaleen painon kasvaessa valitaan useampi tai paksumpi ja kestävämpi ripustin. Teräksen etuna ripustusmateriaalina pidetään sen riittävää kestävyyttä ja lujuutta suhteessa hintaan (Tuori 2022).

5.4 Ruostumaton ja haponkestävä teräs

Ruostumaton teräs on teräs, jossa on lisättynä hiiltä ja yli 10 % kromia, jotka lisäävät sen kestävyyttä korroosiota vastaan. Kromin ominaisuutena on muodostaa hapen avulla teräksen pintaan ohut oksidikalvo, joka tekee materiaalista korroosion kestävän. Ruostumattomaan teräkseen lisättäessä molybdeenia teräksestä tulee haponkestävää (Sorsa 2015, s.31 ja 139).

Ruostumattomat teräkset kestävät paremmin korroosiota ja hapettumista muihin teräksiin verrattuna sen korkean seostamisasteen takia ja siksi sillä on pidempi käyttöikä useissa kohteissa. Ruostumaton teräs on myös sitkeää ja lujaa (Flinkenberg 2019).

5.5 Titaani

Titaani on metalli, joka tunnetaan ominaisuuksiltaan keveydestä, lujuudesta sekä hyvästä korroosionkestävyydestä. Titaani on noin kaksi kertaa lujempaa ja 60 % kevyempää kuin teräs. (Nippon steel n.d.)

Lähtökohtana oli kokeilla myös titaanin soveltuvuutta koukkumateriaalina mutta selvitystyön aikana se karsiutui pois koekastoista sen huonon saatavuuden ja suhteessa kalliin hinnan takia verrattuna muihin materiaaleihin. Lisäksi titaani erityyppisenä materiaalina olisi vaatinut opinnäytetyön aiheen ulkopuolista lisäselvitystä sen muodonmuutosominaisuuksien, työstettävyyden sekä lujuuden osalta. Sen korjattavuus ja työstettävyys olisivat myös haaste yrityksen nykyiselle korjauskalustolle.

6 PINNOITEET

6.1 Pinnoitus

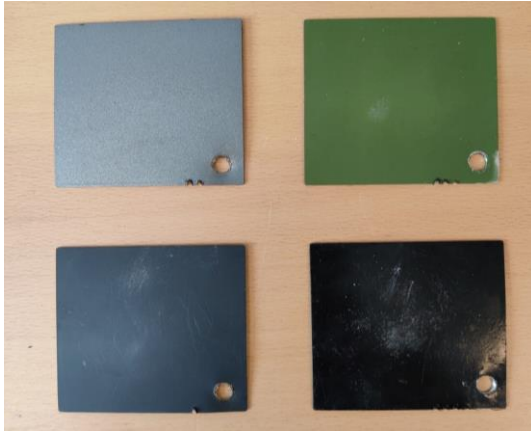
Korvaavien materiaalien lisäksi myös ripustimien pinnoitus nähtiin yhtenä vaihtoehtona, sillä teräs on ollut kestävyydeltään toimiva materiaali. Mahdollisia pinnoituksen kohteita yrityksessä olisivat kaikki käytössä olevat teräksiset ripustimet. Pinnoittamisella ja pinnoitteen kestävyydellä haetaan sinkin tarttuvuuden vähentämisen lisäksi ohessa myös lisää kestoikää koukuille.

Pinnoituksen tulee kestää nestemäisen sinkin ja happokäsittelyn lisäksi myös kiinnitetyn kappaleen mekaaninen hankaus, joka saattaa rikkoa tai heikentää pinnoitetta. Sinkityksen jälkeen kappale usein kastetaan jäähdytysveteen, joten lämpötilavaihtelu on suurta ja nopeaa. Lisäksi kastot pataan ovat kestoiltaan pitkiä ja kestävät useita minutteja.

Kuvattujen olosuhteiden jälkeen pinnoitetoimittajista yhteistyöhön löytyi kaksi toimittajaa, joiden pinnoitteilla oli edellytyksiä kestää kyseiset olosuhteet. Pinnoitetoimittajiin ja pinnoitukseen ei ollut aikaisempaa kosketuspintaa, joten tarjotuissa pinnoitteissa luotettiin toimittajien arvioon ja ammattitaitoon. Työssä pinnoitetoimittajia ei esitetä selkeyden vuoksi yritysten nimillä.

6.2 Pinnoitelevyt

Toimittaja 1 saatiin testattavaksi Teflon-pinnoitettuja koepaloja, joissa ruostumattomasta teräksestä valmistetun palan toisella puolella oli tarjottu pinnoite. Pinnoitteet oltiin eriteltty väreillä ja niiden paksuudet olivat 20µm, 30µm, 80µm ja 200µm (kuva 7). Paloista 80 µm ja 200 µm on parhaat mahdollisuudet mutta kaikki kestävät jatkuvaa lämpötilaa 260°C ja hetkellisesti sinkkipadan 460°C lämpötilan, jos hetki ei ole kovin pitkä (Ruokolainen, T 2022).



KUVA 7. Pinnoitelevyt

Kokemusperäistä tietoa vastaavista olosuhteista ei toimittajalla kuitenkaan ollut, joten kestävyys saadaan selville vain altistamalla se käsittelylle ja sinkkipadan 460 asteen kuumudelle. Ripustin kohtaa tavallisesti myös mekaanista hankausta, mutta sitä kulumaa ei koepaloilla saada testattua ripustusreiän pienen koon vuoksi, eikä paloihin saada ripustettua tuotteita.

6.3 Pinnoitekoukut

Toimittaja 2 pinnoitetta kokeiltiin koepinnoituksella ja tilaamalla käsittely kuumudelle harjateräskoukulle (kuva 8). Tarjottu pinnoite on todettu kestävänsä sulan sinkin lämpötila hetkellisesti mutta pidempiaikaisesta reaktiosta ei ollut kokemusta. Lähtökohdat ovat kuitenkin hyvät lämmönkeston ja aikaisempien käyttöolosuhteiden perusteella. Pinnoite kestää hetkellistä kuumuutta noin 500 astetta ja sille luvataan puhtaana pysymistä sekä kulumisen- ja korroosionkestoa. Se on käytössä paperi- ja selluteollisuudessa, energiateollisuudessa ja metalliteollisuudessa, esimerkiksi sinkkivalukartioiden pinnoitteena. Kesto riippuu kuitenkin aina tapauskohtaisesti käyttökohteesta, joten suoraa sopivuutta ja kestävyyttä ei voida suoraan kokeilematta todeta. (Rinne, S 2022)



KUVA 8. Testikoukut

6.4 Kustannukset

Toimittaja 1 näytelevyt saatiin kokeiltavaksi veloitusetta, joten pinnoitteen kustannuksia koukuissa ei pystytä suoraan arvioimaan. Toimittaja 2 koukkujen pinnoituksista saatiin eriteltyä kustannukset ja yhden koukun hinta oli noin 14-kertainen teräskoukkuun verrattuna.

Kustannuksista huolimatta pinnoitteen reaktiot ja sen toimivuus haluttiin testata, koska saadut kokemukset pystytään tässä työssä dokumentoimaan. Pinnoitteiden osalta merkittävimpänä hyötynä haluttiin kokemuseräistä tietoa, onko koukuille tarjolla prosessin kestävää pinnoitetta ja kuinka se kestää kuumasinkityksen olosuhteet käytännössä.

7 MITTAUSMENETELMÄT

7.1 Mittaus ja mittalaitteet

Ripustimet ovat yleisesti pinnoiltaan vaihtelevia ja paksuudet saattavat vaihdella, joten sinkin keskimääräinen kalvonpaksuus on haasteellista todeta.

Ripustimien pinnan paksuutta ei voida mitata tai vertailla sellaisenaan, koska osa ripustinmateriaaleista ei ole magneettisia, johon käytössä olevan mittausanturin toiminta perustuu. Tämän takia mittaus suoritetaan puntarin avulla. Lisäksi ripustinkoukkuja valmistetaan betoniraudasta, jossa ripakuviointi ja yhtenäisen pinta-alan puuttuminen estää luotettavan, standardin mukaisen pinnanpaksuuden mittaamisen (SFS-EN ISO 1461: 2009, s.16).

Mittauksessa eli koekastoissa oli käytössä kuudet erityyppiset testimateriaalit joko koukkuina tai pinnoitettuna levyinä ja niitä oli erästä riippuen 4-6 kappaletta. Mittaus suoritettiin ripustamalla koekappaleet telineisiin, jossa niitä kierrätettiin prosessin läpi kolme kertaa ja ne punnittiin sinkitysten välissä. Kaikki testikappaleet merkittiin viiltojen avulla, jotta ne olisivat eroteltavissa toisistaan sinkityksen jälkeen.

Levyissä pinnoitteen toimivuutta arvioidaan pääosin silmämääräisen tarkastelun perusteella, sillä kappaleiden painot olivat pieniä ja toinen puoli oli pinnoittamaton, joka vääristää sinkin tarttuvuutta.

Mittavälineinä käytettiin Radwag WLC 6/A2 puntaria, jolla mitattiin ripustinkoukujen painot ennen ja jälkeen sinkityskäsittelyn. Puntarin mittaustarkkuus oli 0,1 grammaa (kuva 9).



KUVA 9. Radwag WLC 6/A2 puntari

7.2 Koekastot

Ensimmäinen happokasto oli pituudeltaan 1 tunti ja 20 minuuttia ja kasto sinkkipataan 3 minuuttia ja 28 sekuntia. Ajat kastoista otettiin taulukon 1 mukaisesti ylös. Testikappaleet kulkukivat asiakkaiden tuotteiden mukana, joten kastoajat määrittyvät osittain muiden tangossa olevien tuotteiden mukaan. Isommat kappaleet vaativat pidemmät kastoajat ja kevyemmät lyhyemmän. Materiaalikoukut käyttäytyivät silmämääräisesti samanlaisesti keskenään eikä ongelmia pinnanlaadussa tai epäpuhtauksien muodostuksessa sinkkipadassa huomattu. Kaikki kappaleet punnittiin ennen ja jälkeen sinkitystä ja vaihtelut kirjattiin ylös.

Hapotus 1	1h 20 min
Hapotus 2	2h 20min
Hapotus 3	2h 50min
Kastoaika 1	3 min 28 s
Kastoaika 2	4 min
Kastoaika 3	5 min

TAULUKKO 1. Kastoajat

Pinnoitetuissa koukuissa sinkki ei ensimmäisellä kierroksella juuri reagoinut teräksen kanssa vaan tarttui enimmäkseen kiinnittymällä päätysilmukoiden pintaan. Alkuvaiheessa koettiin vastoinkäymisiä, kun kevyet näytelevyt jäivät kellumaan sinkin pintaan ja putosivat koukuistaan pataan. Toimittajalta saatiin kuitenkin uudet levyt, joten kierto saatiin uusittua ja koekastoja jatkettua. Levyjen pinnoittamaton puoli keräsi paksult sinkkiä, kun taas pinnoitettuihin puoliin ei sinkkiä juuri tarttunut (kuva 10 ja 11).



KUVA 10. Pinnoittamaton kylki

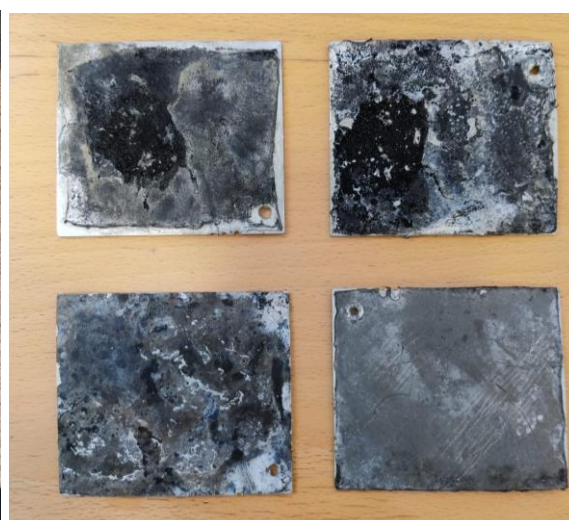


KUVA 11. Pinnoitettu puoli

Toisen kierroksen jälkeen sinkin tarttuvuus pysyi materiaalikoukuissa suhteellisen samana mutta pyöröteräksen pintaan muodostui edellistä kierrosta vahvempi sinkkikerros (kuvio 2). Pinnoitetuissa koukuissa sinkkiä oli silmämääräisesti sekä punnituksen perusteella jo merkittävästi enemmän. Palat kestivät kaston pintapuolisesti hyvin ja tulokset olivat edellisen kaltaisia mutta osassa paloja pystytään jo huomaamaan pinnoitteen kuoriutumisen reunoilta.



KUVA 12. 3. Kierroksen testikoukut



KUVA 13. 3. Kierroksen pinnoitelevyt

Kolmannen kierroksen jälkeen materiaalikappaleissa ei pintapuolisesti huomata merkittäviä eroa ulkonäössä (kuva 12). Pinnoitettujen koukkujen pinta alkoi reagoida sinkin kanssa ja tarttuvuus alkoi olla samaa luokkaa teräksisten vertailukoukkujen kanssa vaikka pinnoitetta oli yhä selkeästi havaittavissa. Pinnoitelevyissä reunat kuoriutuivat jo merkittävästi ja keskellä on nähtävissä yksittäisiä pinnoitteen syöpymiä (kuva 13).

8 TULOKSIEN YHTEENVETO

8.1 Dokumentointi

Kartoituksen tuloksena koottiin yrityksen jokaisesta käytössä olevasta ripustimesta tarpeelliset tiedot, mitat sekä luotiin malli dokumentille yrityksen järjestelmään. Dokumentit on helppo löytää ja ne ovat jokaisen niitä tarvitsevan työntekijän hyödynnettävissä. Suurin ajallinen panos ripustinkirjaston luontiprosessissa koostui mallinnuksesta ja ripustimien mittojen keräämisestä. Itse tallennus ja muu prosessi onnistuivat huomattavasti nopeammin, lähdemateriaalin ollessa valmiiksi kerätty. Mallinnetuilla osilla saadaan tarpeen tullen jatkossa tilattua leikkeitä tai muita ripustimen osia ja käsivaralla tehdyistä piirustuksista voidaan luopua.

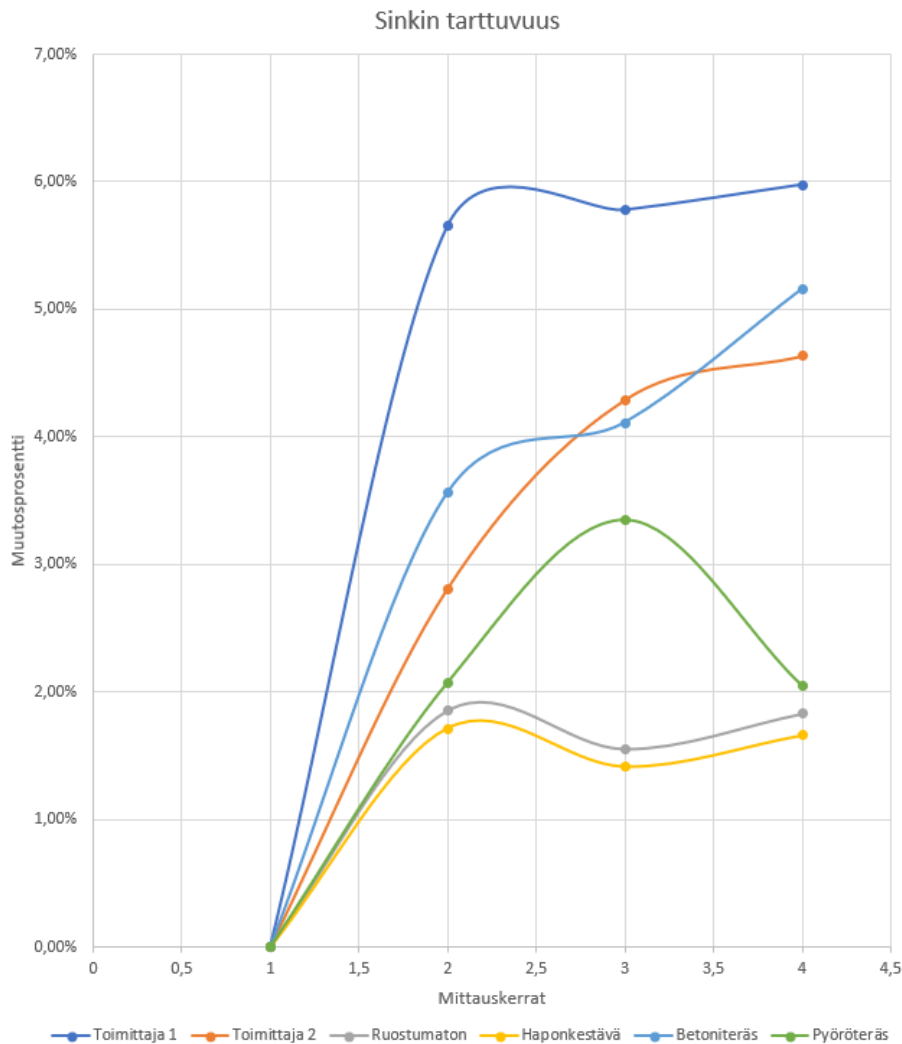
8.2 Ripustinmateriaalit

Tuloksia analysoidessa huomataan, että jokaiseen materiaalivertailun testikoukkuun on tarttunut vähemmän sinkkiä kuin vertailukohtana olevaan betoniteräskoukkuun, joka keräsi eniten sinkkiä (Kuvio 2). Taulukossa 2 on eritelty keskiarvot testikoukkujen alkupainojen sekä välipunnitusten osalta jokaisen kastokerran välissä. Painon muutoksia kastojen välissä on verrattu alkupainoon. Koukkuja silmämääräisesti tarkasteltuna kaikki sinkittyivät tasaisesti ilman merkittäviä pintavirheitä. Jokaisen testikappaleen tarkat painot ja muutosprosentit on koottu erilliseen taulukkoon (liite 2).

Keskiarvot	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Toimittaja 1 Ka	38	40,2	5,65 %	40,2	5,78 %	40,3	5,98 %
Toimittaja 2 Ka	414,1	425,7	2,81 %	431,8	4,29 %	433,2	4,64 %
Rst-Koukut Ka	308,6	314,3	1,86 %	313,4	1,56 %	314,2	1,83 %
Hst-Koukut Ka	667,4	678,8	1,72 %	676,8	1,42 %	678,4	1,66 %
Teräskoukku betoni Ka	427,5	442,7	3,56 %	445,1	4,11 %	449,5	5,16 %
Teräskoukku pyörö Ka	685,7	699,9	2,07 %	708,7	3,35 %	699,8	2,05 %

TAULUKKO 2. Mittauskeskiarvot

Kuviosta 2 voidaan myös päätellä, että merkittävä vaikutus sinkin tarttuvuudessa oli materiaalin sijaan pintakuviointilla, sillä vertailun pyöröteräskoukku ei ollut merkittävästi huonompi verrattuna parhaiten pärjänneisiin ruostumattomaan ja haponkestävään koukkuun.



KUVIO 2. Muutosprosenttikuvaaja

8.3 Pinnoitus

Koekastoissa saatiin kerättyä hyödyllistä dataa pinnoitteiden soveltuvuudesta sinkin tarttumista vastaan sekä käytännön kosketuspintaa niiden soveltuvuudesta ripustimiin. Kerätyn datan ja silmämääräisten havaintojen perusteella pinnoitteet eivät kuitenkaan sovellu yrityksen käyttötarkoituksiin eivätkä sinkitysprosessiin sopiviksi.

Toimittaja 1 koepalojen painot kerättiin ylös mutta niitä ei voida luotettavasti soveltaa sinkin tarttuvuuden vertailussa, sillä toinen puoli levystä on pinnoittamaton. Siksi joudutaan turvautumaan vain silmämääräiseen tarkasteluun, joka antaa realistisemmän kuvan pinnoitteen kestävydestä prosessissa.

Mittauksissa huomattiin että, pinnoite alkaa testipaloissa 3. kierroksen jälkeen kuoriutua ja paikoitellen palaa pois. Myös koekastot tehtiin oikeisiin käyttömääriin verrattuna niin vähäisinä, että mekaanista kulumaa ei pystytty realistisesti tuottamaan. Mikäli ripustin kiertää tuotannossa kymmeniä tai satoja kertoja ennen sen liiallista kulumista käyttökelvottomaksi, ei koepaloissa oleva pinnoite riitä suojaamaan ripustinta riittävästi.

Toimittaja 2 koukun pinnoitushinta oli jo lähtökohtaisesti korkea, joka pelkästään kavensi saavutettavaa hyötyä verrattuna teräsripustimen korvaamista uudella. Teräksiset ripustimet ovat suhteellisen helposti ja edullisesti korvattavissa niiden kuluessa käyttökelvottomiksi, joten pinnoitus ei saa olla merkittävästi kalliimpi vaihtoehto kuin uusi ripustin. Myöskään työmäärä tai kuljetuskustannus lähettää ripustin pinnoitettavaksi ei saa olla kohtuuton että toiminta olisi järkevää. On otettava huomioon, että ripustin on pois käytöstä sen ollessa pinnoituksessa, eikä sen tuoteryhmän tuotteita pystytä silloin sinkitseämään. Sinkkiä tarttui aluksi vähemmän mutta jo viimeisellä kastolla sinkin tarttuminen alkoi olla samalla tasolla teräksisten vertailukoukkujen kanssa, jolloin hyötyjä on vaikea pinnoitetusta koukusta tässä tilanteessa saada (kuvio 2).

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli muodostaa käyttökelpoinen ripustinkirjasto ja samalla suorittaa pintapuolinen selvitys muista ripustinmateriaaleista ja pinnoitteista. Käytännön hyödyt kirjaston ripustindokumenttien toimivuudesta tarjouksia tehtäessä realisoituvat tulevaisuudessa mutta mahdollisuudet tuotannon ja kastomäärien suunnittelussa helpottuvat varsinkin omassa työtehtävässä. Ripustinkirjasto on helposti laajennettava, jotta tulevien ripustimien tallentaminen on vaivatonta ja helppoa dokumentti- ja tallennuspohjan ollessa valmiina. Valmista mallia sovelletaan tulevaisuudessa tarpeen mukaan ripustinmäärän kasvassa tai toimipisteiden lisätessä omia ripustimiaan M-Filesiin.

Raportoinnissa haasteita aiheutti salassa pidettävän materiaalin merkitys työn laajuuden ja selkeyden kannalta. Mallinnus oli työmäärällisesti ja ajankäyttöllisesti suuri mutta kirjoitusprosessin kannalta siitä oli haastava saada teoreettista materiaalia. Dokumentoinnin havaintoja oli vaikea kuvailla ilman tekstiä tukevaa kuvamateriaalia, jonka lisäksi mekaanisesta mallinnustyöstä ei sisältöä työhön juuri saatu. Ripustinkirjasto luotiin yrityksen tarpeesta mutta selvitystyön ja julkaisukelpoisen materiaalin rajallisuuksien takia työhön lisättiin myös ripustimiin liittyvää kehitystyötä, jolla kartoitettiin muita materiaaleja tai pinnoitusvaihtoehtoja, joilla pyrittäisiin vähentämään sinkin tarttuvuutta. Sen takia työssä pyrittiin vastaamaan samalla useampaan yrityksessä olevan ongelmaan ja selvitykseen.

Materiaaliselvityksessä arvioitiin nykyisten teräsripustimien korvaamista muilla materiaaleilla. Lopputulemana kaikilla selvitykseen valituilla materiaaleilla on mahdollisuudet toimia ripustuksessa ja kestää kuumasinkityksen olosuhteet ja kappaleen painot. Rst ja Hst eivät myöskään liianneet sinkin pintaa ja niiden ulkonäkö pysyi siistinä ja yhteneväisenä teräksen kanssa, vaikka niistä oli kokemuksia kuulopuheiden perusteella. Tulokset varmistuisivat tarkemmiksi kuitenkin useammilla testikerroilla kierrättämällä koukkuja useammin tuotannossa ja tuotteiden kanssa.

Tuloksista huomattiin, että teräs oli kustannuksiltaan ylivoimaisesti kustannustehokkain materiaali, sillä sinkin tarttuvuudessa ei ollut merkittäviä eroja muiden materiaalien eduksi. Teräksen etuna on myös hyvä saatavuus. Tuloksista kuitenkin huomattiin, että pyöröteräskoukku ottaa huomattavasti vähemmän sinkkiä betoniteräkseen verrattuna, joka olisi myös voitu todeta paremmin kierrättämällä koukkuja pidempään prosessissa. Koukut sekä kastoajat vaativat kuitenkin jatkuvaa tarkkailua kiertoaikojen ollessa pitkiä, joten sitä ei käytännössä pystytty toteuttamaan.

Saatujen tulosten pohjalta olisi ajankohtaista miettiä, tulisiko varsinkin ripakuvioidista betoniteräskoukuista luopua ja korvata ne sileäpintaisella materiaalilla sen merkittävästi pienemmän sinkin tarttuvuuden takia. Pintakuvioltaan tasaisien koukkujen hankintaa voitaisiin pitää järkevimpinä vaihtoehtona niin kustannuksien kuin vaivannäön kannalta. Myös materiaalien tarjonnan ollessa parempi voitaisiin saada tarkempaa tietoa koukkujen kustannusrakenteesta ja tarkemmista kuluista. Koska työn tarkoituksena oli selvittää ripustimien vaihtamisen järkevyyttä, merkittävin osuus työssä käytettävästä lähdemateriaalista saatiin haastattelujen ja kokemusten perusteella, joita tehdyt koekastot tukivat.

Pinnoitteissa keskityttiin ennen kaikkea kokeilemaan selviävätkö valitut pinnoitteet vahingoittumattomina prosessista kustannuspuolen lisäksi. Hintaa verrattaessa saatuun hyötyyn, eivät hyödyt kuitenkaan kompensoi syntyneitä kustannuksia. Useampi kierros olisi antanut tarkempaa tietoa myös pinnoitteissa, varsinkin koukkujen lopullisesta kestosta. Vähäisten pinnoitetoimittajien määrän takia lopullista varmuutta täysin toimivan pinnoitteen löytymisestä ei voida varmsi sanoa. Pitkä kasto aika sinkkipataan yhdistettynä happokäsittelyyn altistaa pinnoitteen niin koville olosuhteille, että nähtyjen tulosten perusteella on vaikea uskoa toimivaa pinnoitetta kuitenkaan löytyvän.

Aiheeseen liittyen kehitettävää löytyisi materiaaleihin ja pinnoitteisiin syvemmin perehtymällä. Selvitystyössä luotettiin pinnoitteiden osalta toimittajien tietotaitoon, jotka arvioivat kestoa sinkityslaitoksen vaativissa olosuhteissa. Syvällisempi perehtyminen pinnoitteisiin ja selvitystyön laajentaminen esimerkiksi ulkomaille ja muiden maiden sinkityslaitosten ratkaisuihin voisi luoda lisää vaihto-

ehtoja. Lisäksi käytössä olevasta kaasunpoistolaitteistosta huolimatta pinnoitteen palaessa pois, ilmaan voi höyrystyä haitallisia kemikaaleja, joiden vaikutukseen työympäristössä ei kiinnitetty huomiota pinnoite-erän vähäisen määrän takia. Jatkuvassa käytössä tämä tulisi selvittää ja ottaa tarkemmin huomioon.

Ripustimien kestoikää arvioidaan yrityksessä silmämääräisesti, joten tarkkaa vaihtovälin ja prosessin vaikututusta koukun materiaalin heikentymiseen ei vielä tiedetä. Ripustimet ovat samalla myös rakenteiden nostoapuvälineitä, joten niiden murto- ja väsymislujuuudet voisivat olla tarpeellisia tietoja yritykselle, sillä ne ovat osana työturvallisuutta.

Lopputulena työssä luotiin halutun mukainen ripustinkirjasto ja työ vastasi mielestäni haluttuun selvitykseen teräksisten ripustimien korvaamisesta muilla materiaali- ja pinnoitevaihtoehdoilla, joita ei löytynyt. Jatkoselvityksessä ripustimien kestävyteen voitaisiin perehtyä tarkemmin kierrättämällä niitä useammin tuotannossa, jolloin niiden kestoikää ja reaktioita pystyttäisiin tutkimaan tarkemmin.

LÄHTEET

Aurajoki. n.d. Yritysesittely. Luettu 10.3.2022. <https://www.aurajoki.fi/yritys/>

Finder. n.d. Aurajoki Oy. Luettu 10.3.2022.
<https://www.finder.fi/Pintak%C3%A4sittely+ja+pinnoitteet/Aurajoki+Oy+Hallinto/Aura/yhteystiedot/525062>

Flinkenberg. 2019. Ruostumattomien terästen vertailu. Luettu 23.4.2022.
<https://www.flinkenberg.fi/ruostumattomien-terasten-vertailu/>

Hyttinen, E & Hyttinen, V. 1993 Kuumasinkityn teräksen käyttö rakentamisessa. Julkaisu 35. Oulu: Oulun yliopisto & Rakennetekniikan laboratorio. Luettu 9.5.2022.

Kanerva, O. 2022. Metallityö Kanerva Oy. Toimitusjohtaja. Sähköpostikeskustelu 9.3.2022. Haastattelija Eskola, T.

London Metal Exchange. 2022. LME Zinc price graphs. Viitattu 12.4.2022
Saatavissa: <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/LME-Zinc#Price+graphs>

Nippon steel. n.d. Titanium, a Material with nearly infinite possibilities. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2022. <https://www.nipponsteel.com/en/product/titan/feature/>

Nordic Galvanizers, 2020. Kuumasinkityskäsikirja. 8. painos n.d.
https://nordicgalvanizers.com/wp-content/uploads/2020/09/NG_Kuumasinkityskasikirja-2.pdf

Puurunen, T. Rakennusalalla käsillä ennennäkemättömät vaikeudet – teräs uhkaa loppua, edessä voi olla lomautuksia ja konkursseja. Yle (Verkkajulkaisu). 11.4.2022. Viitattu 4.5.2022. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-12393063>

Rinne, S. 2022. Fincoat Oy, Myyntipäällikkö. Puhelinkeskustelu 13.2.2022. Haastattelija Eskola, T.

Ruokolainen, T. 2022. Alu-Releco Oy. Myynti. Sähköpostikeskustelu 2.2.2022. Haastattelija Eskola, T.

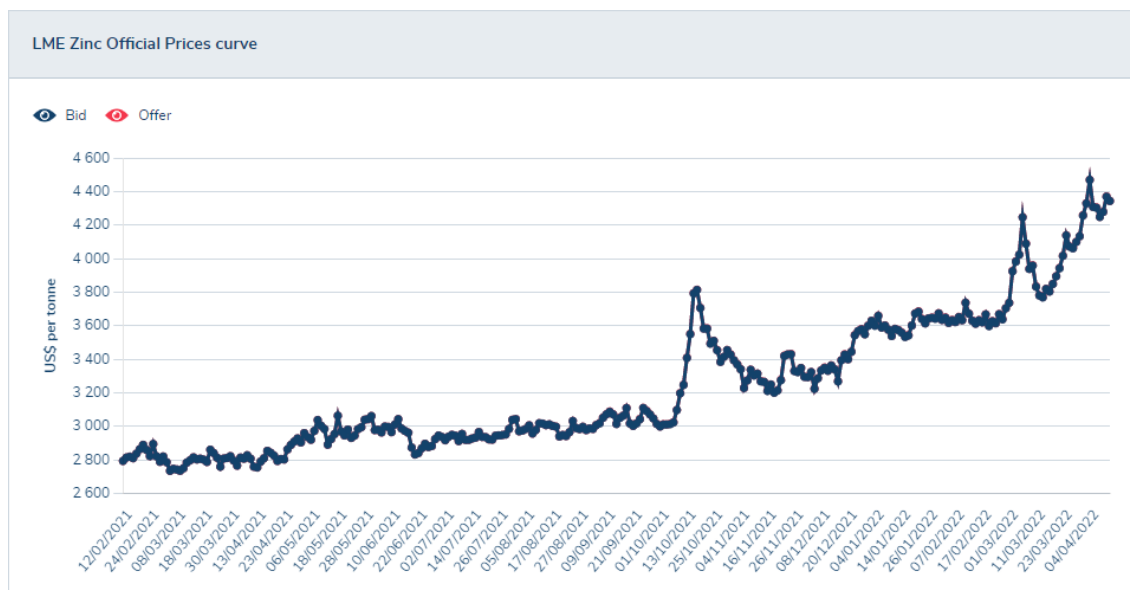
SFS ry, 2009. Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Spesifikaatiot ja testausmenetelmät (SFS-EN ISO 1461:2009).

Sorsa, J. 2015. Materiaalitekniikka. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy. Luettu 18.3.2022

Tuori, J. 2022. Aurajoki Oy Tuotantopäällikkö. Haastateltu 15.3.2022. Haastattelija Eskola, T.

LIITTEET

Liite 1. Sinkin hinnan kehitys (London Metal Exchange. 2022)



Liite 2 Mittaustulokset

Toimittaja 1	Paino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
AR 107 Musta, Paksuus 20µm	38,3	41,8	9,14 %	40	4,44 %	40,4	5,48 %
AR 120 Harmaa, Paksuus 30µm	37,1	38,9	4,85 %	39	5,12 %	39,1	5,39 %
AR 225 Vihreä, Paksuus 80µm	37,9	39,6	4,49 %	40,3	6,33 %	40,2	6,07 %
AR 223 Musta, Paksuus 200µm	38,8	40,4	4,12 %	41,6	7,22 %	41,5	6,96 %
Keskiarvo	38,0	40,2	5,65 %	40,2	5,78 %	40,3	5,98 %
Toimittaja 2	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Testikoukku 1	406,4	420,8	3,54 %	423,9	4,31 %	426,9	5,04 %
Testikoukku 2	416,3	427	2,57 %	435,3	4,56 %	436,4	4,83 %
Testikoukku 3	408,9	420,7	2,89 %	427,9	4,65 %	429,7	5,09 %
Testikoukku 4	414,7	427,4	3,06 %	431,8	4,12 %	432,6	4,32 %
Testikoukku 5	420,6	428,9	1,97 %	437,3	3,97 %	437,3	3,97 %
Testikoukku 6	417,4	429,2	2,83 %	434,7	4,14 %	436,5	4,58 %
Keskiarvo	414,1	425,7	2,81 %	431,8	4,29 %	433,2	4,64 %
Rst- Lyhyet koukku 1	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Koukku 1	308,5	314,1	1,82 %	313,4	1,59 %	314,3	1,88 %
Koukku 2	308	313,5	1,79 %	312,6	1,49 %	313,5	1,79 %
Koukku 3	309,2	315,1	1,91 %	314,2	1,62 %	314,8	1,81 %
Koukku 4	308,6	314,5	1,91 %	313,3	1,52 %	314,3	1,85 %
Keskiarvo	308,6	314,3	1,86 %	313,4	1,56 %	314,2	1,83 %
Hst-Pitkät Koukut	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Koukku 1	667,4	678,5	1,66 %	676,8	1,41 %	677,9	1,57 %
Koukku 2	667,6	679,2	1,74 %	676,9	1,39 %	678,8	1,68 %
Koukku 3	667,3	678,9	1,74 %	677,1	1,47 %	679,1	1,77 %
Koukku 4	667,1	678,6	1,72 %	676,4	1,39 %	677,9	1,62 %
Keskiarvo	667,4	678,8	1,72 %	676,8	1,42 %	678,4	1,66 %
Teräskoukku betoni	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Koukku 1	427	441,9	3,49 %	444,3	4,05 %	449,5	5,27 %
Koukku 2	427,9	443,5	3,65 %	445,5	4,11 %	448,6	4,84 %
Koukku 3	427,4	442,4	3,51 %	445,1	4,14 %	449,9	5,26 %
Koukku 4	427,6	443	3,60 %	445,3	4,14 %	450,1	5,26 %
Keskiarvo	427,5	442,7	3,56 %	445,1	4,11 %	449,5	5,16 %
Teräskoukku pyöreä	Alkupaino/g	Kastopaino 1	Muutos %	Kastopaino 2	Muutos %	Kastopaino 3	Muutos %
Koukku 1	683,2	697,4	2,08 %	703,2	2,93 %	696,8	1,99 %
Koukku 2	683,4	698,1	2,15 %	709	3,75 %	697,3	2,03 %
Koukku 3	694,4	708,1	1,97 %	714,8	2,94 %	709,5	2,17 %
Koukku 4	681,8	696,1	2,10 %	707,7	3,80 %	695,5	2,01 %
Keskiarvo	685,7	699,9	2,07 %	708,7	3,35 %	699,8	2,05 %