

Miika Potinoja

TAPITUSHITSAUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO

Ab A. Hägglom Oy

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Elokuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Elokuu 2017	Tekijä/tekijät Miika Potinoja
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi TAPITUSHITSAUSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO Ab A. Hägglom Oy		
Työn ohjaaja Ilkka Rasehorn	Sivumäärä 23+8	
Työelämäohjaaja Tomi Luomala		
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli kokkolalainen Ab A. Hägglom Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada yrityksen investoima kaaritapitushitsauslaitteisto käyttöön tuotannossa, sekä lisätä yrityksen tietoa prosessin käyttömahdollisuuksista kaivoskokuoluokan kauanrakennuksessa käytettävien terästen kulutuskestoa parannettaessa.</p> <p>Työssä perehdyttiin aluksi kaaritapitushitsauksen periaatetasolla, jonka jälkeen laitteella tehtiin tarvittavat koehitsaukset sekä murtokokeet, joiden tulokset raportoitiin opinnäytetyöhön.</p>		

Asiasanat Hitsaus, kaaritapitushitsaus, kulusteräs, kulutuskestävyys, kaivosteollisuus, kauha.
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date August 2017	Author Miika Potinoja
Degree programme Mechanical and Production Engineering		
Name of thesis SETTING UP THE STUDWELDING MACHINE. Ab A. Hägglom Oy		
Instructor Ilkka Rasehorn	Pages 23+8	
Supervisor Tomi Luomala		
<p>This thesis was commissioned by Ab A. Hägglom Oy. The aim of the thesis was to set up the company's arc stud welding equipment to production, and to increase the company's knowledge about the process's use of improving the wear resistance of steels used in mining bucket construction.</p> <p>The work started from getting to know the principles of arc stud welding, after which the equipment was tested with the necessary experimental welding and break-up tests, and the results were reported in the thesis.</p>		

<p>Key words Welding, arc stud welding, abrasion resistance, mining industry, bucket.</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

apuaaine	kerääminen juurituki tai suojakaasu
hitsausaika	aika sytytyksestä pääkaaren sammumiseen
kaaripuhallus	valokaaren poikkeama tapin aksiaalisuunnassa
keräämi	hitsauksessa käytettävä apuaaine
nosto	tapin etäisyys työkappaleesta (mm)
tappi	hitsattava kappale
syöksy	tapin liike kohti työkappaletta (mm/s)
ulkonema	tapin kärjen etäisyys keraamisesta renkaasta (mm)

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 AB A. HÄGGBLOM OY	3
3 TAPITUSHITSAUSPROSESSIT	4
3.1 Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä	4
3.1.1 Tapitushitsaus käyttäen keraamista rengasta tai suojakaasua	4
3.1.2 Lyhytjaksokaaritapitushitsaus.....	6
3.1.3 Kondensaattoripurkausmenetelmä	6
3.2 Kaaritapitushitsaus kondensaattoripurkausmenetelmällä karkisytytyksellä.....	7
3.2.1 Kontaktisytytys.....	7
3.2.2 Sytytys käyttäen ilmapäliä.....	7
4 HITSAUSPARAMETRIT	8
4.1 Napaisuus	8
4.2 Virta.....	8
4.3 Kaarijännite.....	9
4.4 Hitsausaika.....	9
4.5 Nosto	9
4.6 Ulkonema	10
4.7 Syöksynopeus.....	10
5 HITS AUSLAITTEISTO	11
5.1 Elotop 2010 virtalähde.....	11
5.2 Ohjausyksikkö.....	12
5.3 Siirrettävä toimilaite	12
5.4 Kaapelit	13
5.5 Käyttöalue.....	13
5.5.1 Hitsattavat perusaineet.....	13
5.5.2 Käytettävät tapit.....	14
5.5.3 Käytettävät keraamit	14
6 KOEHITSAUKSET	16
6.1 Hitsien tarkastus.....	16
6.1.1 Silmämääräinen tarkastus.....	17
6.1.2 Vetokoe.....	17
6.2 Kokeiden suoritus.....	18
6.2.1 Lähtöarvot	18
6.2.2 Hitsausasennot.....	19
6.2.3 Tulokset.....	19
7 POHDINTA	22
LÄHTEET	22
LIITTEET	

KUVAT

KUVA 1. Kunnostettavana oleva kaivoskauha.....	3
KUVA 2. Hitsauksen vaiheet käytettäessä nostosytytystä ja keraamista rengasta.....	5
KUVA 3. Tapin liike ja hitsausvirran voimakkuus ajan funktiona.....	5
KUVA 4. Hitsauksen päävaiheet karkisytytyksellä.....	7
KUVA 5. Elotop 2010 virtalähde ja toimilaitteet.....	11
KUVA 6. Koehitsauksissa käytettävä K24-hitsauspistooli.....	12
KUVA 7. Vetokoe SFS-EN ISO 14555:n mukaan.....	18
KUVA 8. Ensimmäiset koehitsauksissa hitsatut kulutustapit.....	20
KUVA 9. Tarkastuksen jälkeen hyväksytyt koehitsit.....	21
KUVA 10. Kuroutunut kierteellinen tappi.....	21
KUVA 11. Vetokokeessa käytettävä reikätkunkki.....	21

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Valmistajan ilmoittamat lähtöarvot hitsattaville kulutustapeille.....	19
TAULUKKO 2. Koehitsauksissa käytettävät kulutustapit ja niiden mitat.....	19

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä Ab A. Hägglom Oy:n tapitushitsauskoneeseen ja tutkia mahdollisuutta ottaa se käyttöön tuotannossa. Yritys investoi laitteen joitakin vuosia sitten tarkoituksena hitsata valmistamiinsa maanrakennuskoneiden kauhojen ja jyrsimien kriittisiin kulutuskohtiin kulustappeja, mutta laitteeseen ei ole kuitenkaan keretty perehtyä kunnolla, eikä sitä ole saatu käyttöön tuotannossa. Toinen tärkeä sovelluskohde on maansiirtokoneen lavan suojauksessa käytettävien kumityynyjen kiinnityspulttien hitsaaminen lavan rakenteisiin.

Perehdyn työssäni aluksi tapitushitsaukseen yleisellä tasolla, mutta pääpaino opinnäytetyössä on yrityksessä käytettävä, kaarimenetelmällä toimiva Köster & Co:n Betek-kaaritapitushitsauslaitteisto, sekä kyseisessä hitsausprosessissa käytettävät apuaineet, eli tapit ja keraamit. Työn tarkoituksena on varmistaa, että prosessilla voidaan hitsata yrityksessä tasalaatuisesti, riippumatta siitä, kuka henkilö konetta käyttää. Tulen tekemään hitsauslaitteistolla myös käytännön kokeita, jonka tulokset raportoin opinnäytetyöhön.

Tapitushitsausta nostosytytyksellä käytetään liittämään sylinterimäisiä metallitappeja toiseen metallikappaleeseen. Tapitushitsaus jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat nosto- ja karkisytytys. Sen lisäksi prosessit jaetaan kaari- ja kondensaattoripurkausmenetelmiin riippuen käytettävästä virtalähteestä. Kaarimenetelmä on yleisin tapitushitsausmenetelmä. Tapitushitsauksen etuja verrattuna muihin hitsausmenetelmiin ovat liitoksen luotettavuus, lyhyt hitsausaika joka mahdollistaa suuren tuotantonopeuden, sekä mahdollisuus hitsata samalla prosessilla useita eri perusmateriaaleja. Menetelmä on myös helppo oppia ja hallita, vaikka aikaisempaa hitsauskokemusta ei olisikaan.

Tapitushitsauksella voidaan hitsata halkaisijaltaan 2-25 mm:n kierteelliset ja kierteettömät tapit, sidepultit tai esimerkiksi siltojen rakennuksessa käytettävät tartunnat betonirakenteisiin. Prosessilla voidaan korvata monia vaihtoehtoisia menetelmiä, kuten poraus, kierteitys ja käsin hitsaus. Tapitushitsaus on kaarihitsausta, samoin kuten esimerkiksi puikko- ja MIG-/MAG-hitsaus. Kaarihitsauksessa lämmönlähteenä toimii tapin ja työkappaleen välissä palava sähköinen valokaari. Aiheesta on kirjallisuutta suhteellisen vähän verrattuna moniin muihin hitsausmenetelmiin, mutta käytän työssä lähteinäni hitsaustekniikan kirjoja, internetlähteitä, sekä kahta aiheeseen liittyvää standardia.

Aihepiiri on minulle tuttu, koska olen aikaisemmalta koulutukseltani hitsaaja ja olen työskennellyt alalla usean vuoden ennen opintojeni aloittamista. Olen myös suunnitellut tekeväni tulevaisuudessa esimerkiksi hitsauskoordinaattorin töitä, ja tämän vuoksi halusin myös opinnäytetyöni liittyvän aihealueeseen.

2 AB A HÄGGBLOM OY

Ab A. Häggblom Oy on kokkolalainen telaketjusovellusten ja maansiirtokoneiden kauhojen valmistaja. Yritys sai alkunsa 1960-luvulla, kun kokkolalainen Alf Häggblom perusti autotalliinsa pienen korjauspajan, josta on nykypäivään mennessä kasvanut kansainvälisesti tunnettu konepajavalmistuksen ammattilainen. Pienen yrityksen kansainvälistyminen alkoi nopeasti, kun se joutui lähteä etsimään komponenttitoimittajia ulkomailta. Kun seuraava sukupolvi tuli mukaan perheyritykseen, yhtiössä alkoi voimakas kehitysvaihe, joka johti lopulta oman tuotannon käynnistymiseen 80-luvulla. Yrityksen ensimmäinen varsinainen tuotantoasiakas oli suomalainen lyöntipaalutuskonevalmistaja Junttan, joka edelleen on Suomen johtava yritys toimialallaan. Samoihin aikoihin yrityksen varaosamyyni alkoi kehittyä merkittävästi. (Häggblom, 2016.)

Konepajalla on kolme liiketoiminta-aluetta; telaketjusovellukset, isot kaivoskokoluokan kauhat (KUVA 1) sekä niiden huolto ja varaosat. Telaketjusovellukset kattavat kaiken konepajatoiminnan muun muassa alavaunuineen ja telarunkoineen. Yhtiön viimeisin kehityskohde on ollut kaivoskauhojen valmistus sekä niiden huolto, joille varsinkin Pohjoisruotsin ja Pohjois-Norjan kaivosalueet tarjoavat mielenkiintoisia mahdollisuuksia. (Ab A Häggblom Oy.)



KUVA 1. Kunnostettavana oleva kaivoskauha. (Ab A Häggblom Oy.)

3 TAPITUSHITSAUSPROSESSIT

Kaaritapitushitsausta käytetään pääasiassa kiinnittämään tapin muotoisia metalliosia metalliseen työkappaleeseen. Yleensä kaaritapitushitsauksesta käytetään lyhennettä tapitushitsaus. Tapitushitsaus jaetaan kahteen pääryhmään, jotka ovat kaari- ja kondensaattoripurkausmenetelmä. Sen lisäksi tapitushitsaus jaotellaan tapitushitsaukseen nostosytytyksellä ja tapitushitsaukseen kärkisytytyksellä riippuen sytytystavasta. (SFS-EN ISO 14555, 35.)

Tapitushitsauksessa valokaari sytytetään lyhyeksi ajaksi tapin kärjen ja työkappaleen välille jolloin molemmat niistä sulavat ja liittyvät painettaessa yhteen. Tapitushitsaukselle on tyypillistä erittäin lyhyt kaaren paloaika ja siihen liittyvä nopea kuumeneminen ja jäähtyminen. Yleisesti voidaan luokitella, että tapin halkaisijat 10 millimetriin asti hitsataan kärkisytytyksellä ja suuremmat 25 millimetriin asti nostosytytyksellä. (SFS-EN ISO 14555, 36.)

3.1 Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä

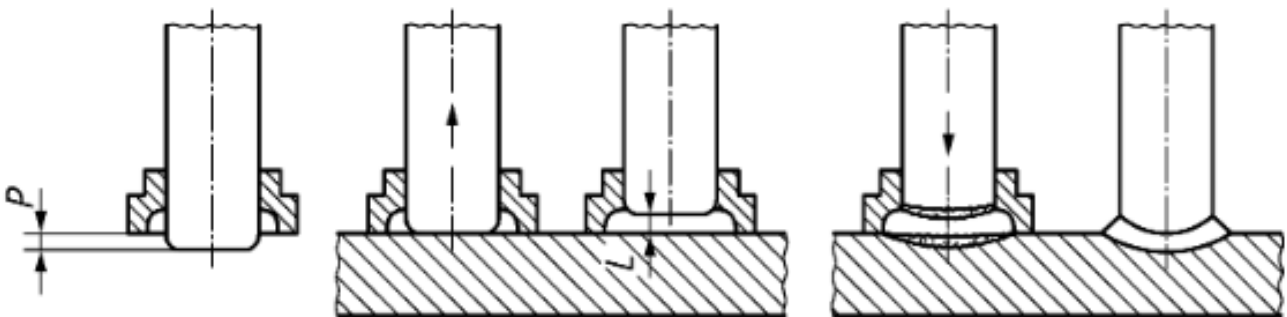
Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä voidaan toteuttaa mekaanisesti käyttämällä hitsauspistoolia tai se voidaan automatisoida käyttämällä hitsauspäätä. Hitsauksen alussa tappi asetetaan tapinpitimeen ja painetaan työkappaletta vasten. Sen jälkeen tappi nostetaan ylös mekaanisesti, jonka jälkeen valokaari sytyy työkappaleen ja tapin kärjen välille saaden aikaan tapin pään ja perusaineen pinnan sulamisen. Kun hitsausaika on kulunut, tappi syöksyy sulaan ja virta kytkeytyy pois päältä. (SFS-EN ISO 14555, 36.)

3.1.1 Tapitushitsaus käyttäen keraamista rengasta tai suojakaasua

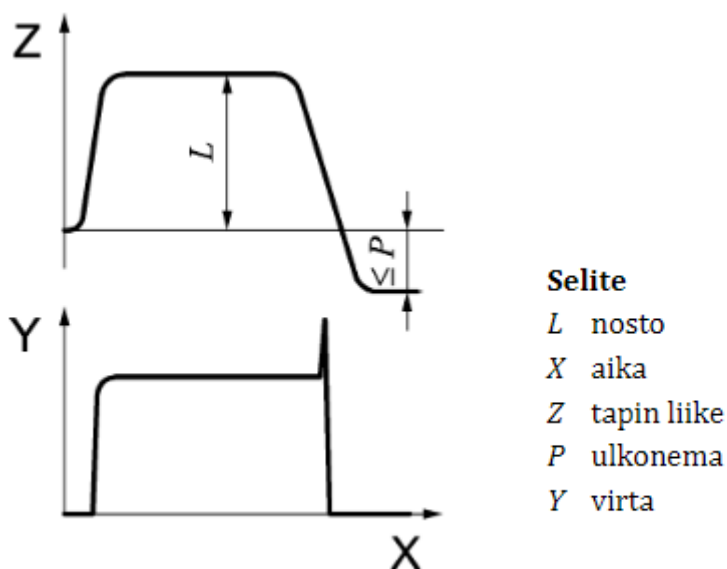
Tapitushitsaus, jossa sulan suojaamiseen käytetään keraamista rengasta tai suojakaasua, on yleisimmin käytetty hitsausprosessi ja sitä voidaan käyttää kaikille tapin halkaisijoille välillä 3-25mm. Kyseisen prosessin periaatekuva on esitetty kuvassa 2. Keraamisen renkaan tehtävänä on suojata hitsiä pitämällä hitsauksessa syntyvä metallihöyry sen sisäpuolella estäen näin hitsiä hapettumasta. Se auttaa myös keskittämään valokaaren kohtisuoraan kappaletta vasten sekä tukee hitsisulaa auttaen sitä muodostamaan yhtenäisen hitsikauluksen. Kun hitsisula on jähmettynyt, keraaminen rengas poistetaan. Kuvassa 3 on

havainnollistettu tapin liikettä ja hitsausvirran voimakkuutta suhteessa hitsausaikaan. (SFS-EN ISO 14555, 37-38.)

Suojakaasulla hitsattaessa valokaaren ympärillä oleva ilmatila korvataan suojakaasulla. Suojakaasun tehtävänä on vähentää huokosten muodostumista ja vakauttaa valokaarta. Sen lisäksi se edesauttaa tapin ja kappaleen sulamista sekä hitsikauluksen muodostumista. Teräksille käytetään yleensä seoskaasua, joka koostuu argonista ja hiilidioksidista. Alumiinille ja sen seoksille käytetään puhdasta argonia tai argonin ja heliumin seosta. Suojakaasua ja keraamista rengasta voidaan myös käyttää samanaikaisesti parantamaan hitsin laatua. (SFS-EN ISO 14555, 38.)



KUVA 2. Hitsauksen vaiheet käytettäessä nostosytytystä ja keraamista rengasta. (SFS-EN ISO 14555, 36.)



KUVA 3. Tapin liike ja hitsausvirran voimakkuus ajan funktiona. (SFS-EN ISO 14555, 36.)

3.1.2 Lyhytjaksokaaritapitushitsaus

Lyhytjaksokaaritapitushitsauksessa hitsausaika on lyhyt muihin tapitushitsausprosesseihin verrattuna. Prosessia käytetään tapeille joiden halkaisijat ovat alle 12 mm. Halkaisija-alueen ylärajoilla 8-12mm käytetään usein lisäksi suojakaasua vähentämään huokosten muodostumista. Menetelmälle on ominaista kapea sulamisvyöhyke ja erittäin pieni lämmöntuonti, minkä vuoksi sillä voidaan hitsata ohuitakin materiaaleja. Pienemmillä halkaisijoilla käytetään usein jalkalaipallisia tappeja, joilla pyritään saamaan hitsautuva pinta-ala suuremmaksi kuin suorilla tapeilla ja näin pitämään tapin vetolujuus kohtalaisena ilman suojakaasun käyttöä. (SFS-EN ISO 14555, 37.)

3.1.3 Kondensaattoripurkausmenetelmä

Osassa tapitushitsaussovelluksia käytetään kondensaattoripurkausvirtalähdettä, jolla saavutetaan erittäin lyhyt hitsausaika ja jonka vuoksi hitsiä ei tarvitse suojata. Menetelmä on monelta osin hyvin samantapainen kuin lyhytjaksokaaritapitushitsaus, mutta kondensaattorilla saadaan aikaan huomattavasti suurempi huippuvirta. Kyseisellä prosessilla hitsattavat tapit ovat halkaisijaltaan 3-10mm. (SFS-EN ISO 14555, 37.)

Virtalähde sisältää varausyksikön, jonka kapasitanssi on yleensä välillä 12 mF-150 mF. Varausjännite voi olla noin 200 V asti ja vaatii siksi standardin EN 60974-1 mukaisen turvakytkintoiminnon. Varausyksikkö säädetään haluttuun jännitteeseen ennen jokaista hitsausoperaatiota. Hitsausjaksojen maksimisekvenssi riippuu varausnopeudesta. Käsini ohjattavilla virtalähteillä maksimihitsausmäärät ovat noin 500 tappia tunnissa ja automaattihitsauksessa jopa 3 500 tappia tunnissa. (SFS-EN ISO 14555, 53.)

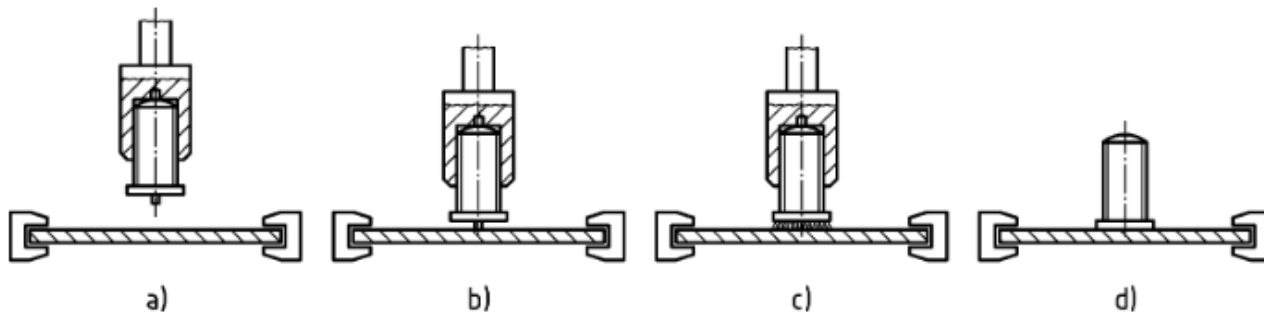
Kondensaattoripurkausmenetelmällä voidaan liittää erilaisia metalleja, kuten kuparia ja terästä tai alumiinia ja valusinkkiä toisiinsa, koska hitsisula on hyvin pieni ja aineiden sekoittuminen vähäistä. Pienen lämmöntuonnin ansiosta sitä voidaan käyttää myös pinnoitettuihin materiaaleihin ilman että vastakkaisen puolen käsitelty pinta vaurioituisi. Vähäinen lämmöntuonti ei myöskään laske kappaleen lujuutta muokkauslujitetuissa materiaaleissa. (MET 1999, 96.)

3.2 Kaaritapitushitsaus kondensaattoripurkausmenetelmällä kärkisytytyksellä

Merkittävin nosto- ja kärkisytytyksellä tapahtuvan hitsauksen ero on tapin kärjen tyyppi. Nostosytytyksellä hitsattavan tapin pää on tasainen, kun taas kärkisytytyksessä tapin päässä on pieni sytytyskärki, joka auttaa muodostamaan valokaaren tapin ja työkappaleen välille. Kaaritapitushitsausta kärkisytytyksellä voidaan tehdä kahdella tapaa, joko kontaktisytytyksellä tai sytytyksellä, jossa käytetään ilmaväliä. Kärkisytytyksessä käytetään virtalähteenä aina kondensaattoria joka mahdollistaa nopean huippuvirran. (SFS-EN ISO 14555, 38-39.)

3.2.1 Kontaktisytytytys

Kontaktisytytyksessä tappi asetetaan laitteen tapinpitimeen jonka jälkeen pistoolin jousi painaa tapin sytytyskärjen työkappaleen pintaan. Kun kondensaattoriin kytketään virta, kärki syttyy nopeasti sytyttäen valokaaren. Samalla tappi työntyy kohti työkappaletta ja hitsautuu jäähtyvään sulaan. Alla olevassa kuvassa on periaatekuva hitsattaessa kontaktisytytyksellä. (SFS-EN ISO 14555, 39.)



KUVA 4. Hitsauksen päävaiheet kärkisytytyksellä. (SFS-EN ISO 14555, 39.)

3.2.2 Sytytys käyttäen ilmaväliä

Ilmavälillä hitsattaessa hitsaus tapahtuu pääpiirteittäin samalla tavalla kuin kontaktisytytyksellä, mutta tässä menetelmässä tappia pidetään halutulla etäisyydellä työkappaleesta ennen virran kytkemistä. Kun kondensaattorin varaus purkautuu, tappi syöksyy kohti työkappaletta ja muodostaa hitsausliitoksen yhdessä sulaneen perusaineen kanssa. Hitsausaika on vain noin yhden millisekunnin, joka mahdollistaa esimerkiksi alumiinin ja sen seoksien hitsaamisen ilman suojakaasua. (SFS-EN ISO 14555, 39.)

4 HITSAUSPARAMETRIT

Kappaleessa perehdytään tärkeimpiin kaaritapitushitsauksessa käytettäviin parametreihin. Kyseisessä prosessissa on muihin hitsausmenetelmiin verrattuna enemmän säädettäviä parametreja, koska siinä säädetään virran, jännitteen ja hitsausajan lisäksi myös tapin tyypistä, halkaisijasta sekä hitsausasennosta riippuvia muuttujia kuten nostoa, ulkonemaa, syöksynopeutta sekä vaimennusta.

4.1 Napaisuus

Yleisesti ottaen kaarihitsauksessa käytetään sekä tasavirtaa että vaihtovirtaa. Virtalajin ja napaisuuden valintaan vaikuttaa hitsausprosessi, hitsattava materiaali sekä vaadittava perusaineen sulaminen. (Lukkari 2002, 69.)

Hitsattaessa terästä kaaritapitushitsauksella tappi kytketään miinusnapaan ja työkappale plusnapaan. Päinvastaista kytkentää käytetään yleensä, kun hitsataan alumiinia, sen seoksia tai esimerkiksi messinkiä. (SFS-EN ISO 14555, 52.)

4.2 Virta

Hitsausvirta asetetaan hitsattavan tapin halkaisijasta riippuen välille 300-3000 ampeeria. Hitsattaessa seostamatonta terästä kaaritapitushitsauksella nostosytytyksellä käyttäen apuaineita voidaan oikean hitsausvirran arvioimiseen käyttää seuraavia laskentakaavoja:

$I (A) = 80 \times d \text{ (mm)}$ – tapeille 16 mm halkaisijaan asti

$I (A) = 90 \times d \text{ (mm)}$ – tapeille yli 16 mm halkaisijat.

Ruostumattomille teräksille suositellaan asetettavaksi noin 10 % pienempi hitsausvirta. Hitsattaessa lyhytjaksokaaritapitushitsauksella nostosytytyksellä käytetään mahdollisimman suurta virtaa. (SFS-EN ISO 14555, 52.)

4.3 Kaarijännite

Yleensä kaarijännitteen arvo on välillä 20-40 V. Työkappaleen pinnalla olevat mahdolliset epäpuhtaudet, kuten öljy tai rasva, nostavat jännitettä ja inertiset kaasut puolestaan pienentävät sitä (SFS-EN ISO 14555, 52). Kaaritapitushitsauksessa kaarijännite ei ole niin sanottu säädettävä parametri kuten esimerkiksi MAG-hitsauksessa, vaan se määräytyy automaattisesti pääasiassa noston korkeuden ja hitsausvirran mukaan.

4.4 Hitsausaika

Kun hitsataan seostamatonta terästä kaaritapitushitsauksella nostosytytyksellä käyttäen keraamista renasta tai suojakaasua, hitsausajan arvioimiseen voidaan käyttää alla olevia tapin halkaisijaan suhteutettuja laskentakaavoja:

$$t_w (s) = 0,02 \times d (mm) - 12 \text{ mm halkaisijaan asti}$$

$$t_w (s) = 0,04 \times d (mm) - \text{tapeille yli 12 mm halkaisijat.}$$

Annetut arvot pätevät hitsaukseen jalkoasennossa PA. Hitsausaikaa tulee lyhentää hitsattaessa vaakasennossa PC, standardin ISO 6947 mukaisesti. Lyhytjaksokaaritapitushitsauksessa hitsausaika on lyhyempi kuin 100 ms. Se ei riipu pelkästään tapin halkaisijasta, vaan myös käytettävissä olevasta virran voimakkuudesta. Kun hitsataan ilman hitsisulan suojaa, tulee hitsausajan olla mahdollisimman lyhyt. (SFS-EN ISO 14555, 52.)

4.5 Nosto

Kaaritapitushitsauksessa nosto on verrannollinen tapin halkaisijaan ja yleensä se on välillä 1.5-8 mm. Hitsattaessa läpihitsaustekniikalla esimerkiksi päällystetyille pinnoille, noston tulee olla suurempi. Suurempi nosto lisää valokaaren pituutta ja siten kaarijännitettä, mutta myös kaaripuhallus kasvaa. (SFS-EN ISO 14555, 53.)

4.6 Ulkonema

Yleensä poikkeama säädetään välille 1-8 mm ja sen suuruus on verrannollinen tapin halkaisijaan. Ulkonema riippuu myös hitsikauluksen halutusta muodosta, tapin liitospinnan muodosta ja hitsattaessa ke-raamisella renkaalla myös renkaassa olevasta kaulusalueesta. (SFS-EN ISO 14555, 53.)

4.7 Syöksynopeus

Tapin syöksynopeus kappaletta kohti on noin 200 mm/s tapin halkaisijan ollessa korkeintaan 14 mm. Sitä suuremmille tapeille sitä pienennetään 100 mm/s, jotta estetään hitsisulan roiskuminen. Ulkonema on verrannollinen syöksynopeuteen hitsattaessa pistoolilla ilman vaimennusta. (SFS-EN ISO 14555, 53.)

5 HITS AUSLAITTEISTO

Elotop 2010 on kaaritapitushitsauksessa käytettävä hitsauslaite, jolla voidaan hitsata kahdella eri standardin SFS-EN ISO 14555 määrittämällä prosessilla:

- Prosessi no. 783: Tapitushitsaus käyttäen keraamista rengasta tai suojakaasua
- Prosessi no. 784: Lyhytjaksokaaritapitushitsaus, suojakaasulla tai ilman. (Köster & Co.)

5.1 Elotop 2010 virtalähde

Virtalähteet tuottavat hitsausprosessiin tarvittavaa tasavirtaa. Niiden tulee soveltua lyhytkestoiseen suureen kuormitukseen ja niiden käyttösuhte on yleensä välillä 3-10 %. Tästä syystä suuritehoisetkin laitteet ovat kooltaan suhteellisen pieniä ja kevyitä. (SFS-EN ISO 14555, 51.)

Alla olevassa kuvassa on esitetty Elotop virtalähde sekä hitsauspistooli. Elotop-virtalähde koostuu kolmivaihemuuntajasta, vakiovirtasäätöisestä tyristorisillasta, sarjaan kytketyistä kuristimista sekä elektronisesta ohjauksesta. Perusasetus laitteelle on 400 V kolmivaihesyöttöjännite. Laitteen mukana tulevassa kytkentäkaaviossa on ohjeet laitteen syöttöjännitteen muuttamiselle ja se voidaan tehdä muuttamalla liitoskiskoja päämuuntajan kytkentälevyllä. Virtalähteen tekniset tiedot on esitetty taulukkona liitteessä 3. (Kaaritapitushitsaus.)



KUVA 5. Elotop 2010 virtalähde ja toimilaitteet (Köster & Co.)

5.2 Ohjausyksikkö

Ohjausyksikkö säättää hitsausvirran asetetun hitsausajan mukaiseksi sekä myös ohjaa hitsauspistoolin liikkuvia osia. Yleensä virtalähde ja ohjausyksikkö ovat laitteissa yhdistettyinä toisiinsa. (SFS-EN ISO 14555, 51.)

5.3 Siirrettävä toimilaite

Siirrettävä toimilaite on joko käsin liikuteltava hitsauspistooli tai laitteeseen kiinteästi asennettu hitsauspää, jota käytetään automaattiseen tappien syöttöön. Kiinnitysmekanismeja sekä tukilaitteiden osia vaihtamalla samaa hitsauspistoolia voidaan käyttää useille eri tapin halkaisijoille. (SFS-EN ISO 14555, 51.)

Hitsauspistoolia käytetään valokaaren sytyttämiseksi tapin ja työkappaleen välille. Kun hitsausaika on kulunut loppuun, tappi painetaan sulaan perusaineeseen. (Köster & Co).



KUVA 6. Koehitsauksissa käytettävä K24-hitsauspistooli (Ab A Hägglöf Oy).

Hitsauspistooli koostuu yleensä seuraavista osista:

- käyttölaite tapin nostamiseen kaaren sytytystä varten ja noston pitämiseen tukilaitteeseen verrattuna vakiona hitsauksen aikana
- jousi, joka hitsaustapahtuman lopussa työntää tapin hitsisulaan
- joissakin hitsauspistoleissa hydraulinen tai pneumaattinen vaimennin syöksynopeuden alentamiseksi varten
- kiinnitysmekanismi tapin pitämiseen hitsausasennossa ja virran siirtämiseen tappiin
- tukilaite joka ottaa vastaa tapin painamisesta aiheutuvan reaktiovoiman
- syöttörumpu ja tapin asemointiyksikkö, kun kysymyksessä ovat automaattisella syötöllä varustetut hitsauspääät (SFS-EN ISO 14555, 51.)

5.4 Kaapelit

Hitsauskaapeleiden tulee olla standardin mukaiset ja niiden tulee olla mitoitettuna niin, että ylikuumeneminen vältetään. Kaapelit ja kaapeleiden liitokset tulee tarkastaa säännöllisesti vaurioiden varalta ja korjata mahdollisesti vioittuneet osat. (SFS-EN ISO 14555, 52.)

Kaapeleista johtuvat häviöt ilmenevät kaapeleiden kuumenemisena. Virran suureneminen, kaapelien pidentäminen ja kaapelien poikkipinta-alan pienentäminen lisäävät häviöitä. (Lukkari 2002, 64.)

5.5 Käyttöalue

Kappaleessa käsitellään Köster & Co:n kaaritapitushitsauslaitteistolla hitsattavia materiaaleja sekä perus- ja lisäaineiden yhdistelmiä.

5.5.1 Hitsattavat perusaineet

Käytännössä kaikki sulahitsattavat materiaalit soveltuvat tapitushitsaukseen nostosytytyksellä. Rungoseosteisia teräksiä hitsattaessa on vaarana, että ne karkenevat ja haurastuvat nopeiden lämpötilavaihteluiden vuoksi. Tämä on myös otettava huomioon hitsattaessa yhteen kahta eri materiaalia kuten esimerkiksi hiiliterästä ja ruostumatonta terästä. (Köster & Co.)

Tapitushitsauksessa tappimateriaalia sulaa aina enemmän kuin perusainetta. Hitsialue perusmateriaalissa on myös suurempi kuin tapin poikkileikkauksen pinta-ala. Perusaineen pinnan tulee olla puhdas, ja siinä mahdollisesti oleva maali, ruoste, valssihilse, tai rasva poistetaan hitsattavalta alueelta. Tämä voidaan tehdä joko mekaanisesti tai kemiallisesti. Pinnan valmistelu määritetään yleensä erillisessä hitsausohjeessa. Hitsausaikojen ollessa lyhyitä, kiinnitetään pinnan puhdistukseen erityisesti huomiota. (SFS-EN ISO 14555, 39.)

Koekappaleiden mittojen tulee olla riittävät kaikkien kokeiden suorittamiseen ja niiden paksuus valitaan siten, että tuotannossa käytettävien materiaalien paksuudet katetaan. Koekappaleiden esivalmistelu, asennus ja hitsaus suoritetaan samanlaisissa olosuhteissa kuin tuotantohitsaus, jota se edustaa. (SFS-EN ISO 14555, 17.)

Jos odotettavissa oleva jäähtymisnopeus on suuri, voidaan työkappaletta tarvittaessa esilämmittää (SFS-EN ISO 14555). Suuri osa yrityksessä hitsattavista materiaaleista on kulutusteräksiä, joita tulee esilämmittää ennen hitsausta. Esilämmityslämpötila riippuu materiaalin kovuudesta sekä ainevahvuudesta. Menetelmällä pyritään pidentämään kappaleen jäähtymisaikaa ja estää näin ollen halkeamien muodostumista. (Ab A Häggblom Oy.)

5.5.2 Käytettävät tapit

Tapit valmistetaan hitsattavista materiaaleista. Seostamattomista teräksistä valmistetut tapit ovat yleensä hyvin hitsattavia, koska niiden hiilipitoisuus on alle 0,20 % ja niiden karkeneminen on vähäistä. Vapaasti leikattuja terästappeja ei voida hitsata, vaan tappien valmistuksessa käytetään tiivistettyjä materiaaleja. (SFS-EN ISO 13918, 18.)

5.5.3 Käytettävät keraamit

Keraamiset renkaat valitaan tapin halkaisijan ja tapin tyyppin mukaan. Alla on standardin määrittelemät konepajakäytännöt:

- keraamiset renkaat säilytetään kuivassa tilassa
- kastuneita keraamisia renkaita ei saa käyttää

- keraaminen rengas tulee olla puristettuna vasten perusainetta
- keraamisen renkaan tulee olla keskitetty tappiin nähden, kallistunut tai epäkeskeisesti tappiin nähden oleva keraaminen rengas johtaa epätasaiseen hitsikaulukseen ja syöksy saattaa estyä (SFS-EN ISO 14555, 32)

6 KOEHITSAUKSET

Koehitsaukset suoritettiin Hägglomin konepajassa kahdessa eri osiossa. Ensimmäisenä koepäivänä hitsasimme halkaisijaltaan 16-22 mm kovametallisia kulutustappeja noin neliömetrin kokoiseen koekappaleeseen. Kokeiden tarkoituksena oli selvittää, onko kyseinen hitsausmenetelmä tarpeeksi nopea ja luotettava kauhojen kriittisten kulutuskohtien kestävyyttä parannettaessa.

Toisena koepäivänä hitsasimme maansiirtokoneen lavanvalmistusprojektissa käytettäviä 50 mm pitkiä M20 kierretappeja Hardox400-kulutusteräslevyyn, jonka ainevahvuus oli 8 mm. Valmisteilla olevan lavan pohja- ja kylkimateriaalien ainevahvuus on 15 mm, mutta oikean materiaalivahvuuden puuttuessa päätimme valita 7 mm ohuemman materiaalin koehitsauksia varten. Kierretapeilla kiinnitetään lavan pohja- ja kylkilevyihin tulevat suojakumilevyt nopeasti ja säästetään huomattavasti aikaa verrattuna perinteiseen käsin hitsaukseen.

6.1 Hitsien tarkastus

Hitsien tarkastukseen käytettävä menetelmä valitaan sen mukaan, mitä käytännön sovellutusta varten hitsattuja tappeja testataan. Standardin määrittelemät tarkastusmenetelmät ovat seuraavat: (SFS-EN ISO 14555, 22-30.)

- Silmämääräinen tarkastus
- Taivutuskoe
- Taivutuskoe momenttiavaimella
- Vetokoe
- Radiograafinen kuvaus
- Makrohietutkimus
- Sointikoe.

Käytimme kulutustappien tarkastusmenetelmänä ainoastaan silmämääräistä tarkistusta. Hitsattavien kulutustappien halkaisija on lähellä tapin nimellispituutta, eikä taivutuskoe tästä syystä ollut mahdollista. Muut tarkastusmenetelmät eivät ole tarpeellisia, koska tässä tapauksessa hitsatun tapin irtoaminen esimerkiksi kuormaajan kauhasta ei aiheuta merkittävää haittaa, eikä varsinaisia lujuusominaisuuksia ole

tämän vuoksi tarpeellista testata. Kierretappien hitsien tarkastuksessa käytimme silmämääräisen tarkastuksen lisäksi standardin SFS-EN ISO 14555:n määrittämää vetokoetta.

6.1.1 Silmämääräinen tarkastus

Kaaritapitushitsauksessa nostosytytyksellä käyttäen keraamista rengasta tai suojakaasua ja lyhytjaksokaaritapitushitsauksessa nostosytytyksellä, käytetään silmämääräistä tarkastusta seuraavien asioiden arviointiin: SFS-EN ISO 14555, 22.)

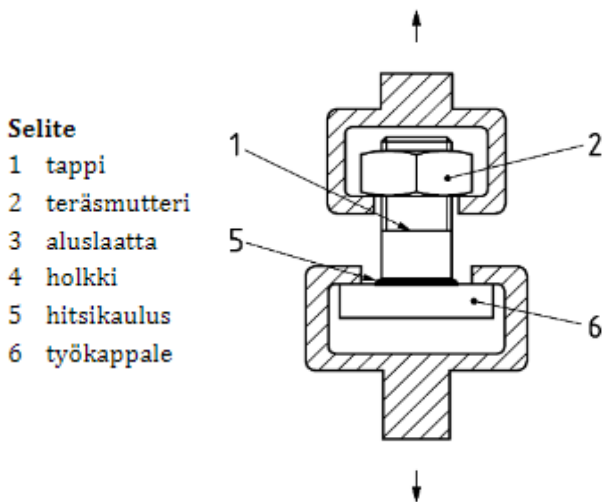
- hitsikauluksen muoto, koko ja väri ovat säännöllisiä (LIITE 1)
- tapin sijainti, pituus ja kulma hitsauksen jälkeen. (SFS-EN ISO 14555, 22.)

Standardi määrittää hitsikauluksen mitat ainoastaan tapeille, joiden pituus hitsauksen jälkeen on vähintään 20 mm (SFS-EN ISO 13918, 34). Koehitsauksissa käytettävät kulutustapit jäävät standardin määritelmän ulkopuolelle eikä hitsejä voida tarkastaa muuten kuin silmämääräisesti.

Tapitushitsien hitsausvyöhykkeiden tulee olla virheettömiä, lukuun ottamatta eri testien ja tarkastusten erikseen sallimia virheitä. Kaaritapitushitsaukselle nostosytytyksellä käyttäen keraamista rengasta tai suojakaasua sekä lyhytjaksokaaritapitushitsaukselle nostosytytyksellä ei hyväksytä liitteessä 1 olevien taulukoiden kohtien 2-5 ja liitteessä 2 olevien taulukoiden kohtien 2-5 eikä kohtien 8 ja 9 mukaisia virheitä. (SFS-EN ISO 14555, 30.)

6.1.2 Vetokoe

Vetokokeessa hitsatut tapit vedetään sopivalla vetolaitteella niiden murtumiseen asti. Koe soveltuu tapeille, joiden käyttöalue on alle 100 °C. Alla on periaatekuva standardin SFS-EN ISO 14555 määrittämästä vetokokeesta.



KUVA 7. Vetokokeen periaatekuva (SFS-EN ISO 14555, 27.)

Noudatettaessa standardin SFS-EN ISO 3834-2 mukaisia laatuvaatimuksia, murtuma hitsin alueella ei ole sallittu. Noudatettaessa standardin SFS-EN ISO 3834-3 mukaisia laatuvaatimuksia, murtuma hitsausvyöhykkeellä sallitaan vain, jos tapin nimellinen murtolujuus saavutetaan. Menetelmäkokeessa kääritapitushitsaukselle nostosytytyksellä perusaineen leikkausmurtuma ei ole sallittu. Tästä syystä suositellaan riittävää koekappaleen paksuutta. (SFS-EN ISO 14555, 31.)

6.2 Kokeiden suoritus

Hitsaukset suoritettiin Hägglomin tuotantotiloissa ja alkuperäinen tarkoitus oli tehdä koehitsaukset valmistus- tai kunnostusvaiheessa olevan kauhan tai jyrsimen kriittisiin kulutuskohtiin, jolloin yritys olisi saanut arvokasta tietoa hitsien kestävyydestä työmaaolosuhteissa. Koehitsausten aikaan kyseinen järjestely ei kuitenkaan ollut mahdollista, joten teimme kokeet kahteen koekappaleeseen, joista toinen oli S355 rakenneterästä ja toinen Hardox400-kulutusterästä.

6.2.1 Lähtöarvot

Alla olevissa taulukoissa 2 ja 3 on esitetty valmistajan ilmoittamat lähtöarvot sekä tappien nimellispi-tuudet. Raja-arvot on saatu hitsaamalla puhtaalle metallipinnalle standardimallisia tappeja jalkoasennossa. Hitsattaessa vaaka-asennossa PC on suositeltavaa valita suurempi virta ja ulkonema, kuin annetuissa arvoissa, sekä vähentää nostoa ja hitsausaikaa. Myös hitsausaikaa tulee lyhentää hitsattaessa vaaka-asennossa PC, standardin ISO 6947 mukaisesti. (Köster & Co.)

TAULUKKO 1. Valmistajan ilmoittamat lähtöarvot hitsattaville kulutustapeille. (Köster & Co.)

Lähtöarvot	Halkaisija (mm)	Ulkonema (mm)	Nosto (mm)	Hitsausaika (s)	Virta (A)
BTS01	16	4	3	0,6	1200
BTS20	16	4	3	0,5	1100
BTS03	19	4	3	0,7	1350
BTS08	22	4	3	0,8	1500

TAULUKKO 2. Koehitsauksissa käytettävät kulutustapit ja niiden mitat (Köster & Co.)

Tappi	Halkaisija (mm)	Pituus ennen hitsausta (mm)	Pituus hitsauksen jälkeen (mm)
BTS01	16	16	11-12
BTS03	19	16	10,5-11,5
BTS08	22	18,5	14
BTS20	16	Ei ilmoitettu	Ei ilmoitettu

6.2.2 Hitsausasennot

Suurin osa koehitsauksissa hitsatuista kovametallitapeista hitsattiin jalkoasennossa, koska niiden valmistaja suosittelee ainoastaan nimikettä BTS01 hitsattavaksi myös vaaka-asennossa. M20-kierretappeja hitsasimme sekä jalko-, että vaaka-asennossa, sillä ne tulevat olemaan pääasialliset hitsausasennot myös lopullisessa tuotantohitsauksessa.

6.2.3 Tulokset

Koehitsaukset aloitettiin hitsaamalla BTS01-tappeja kulutusteräksiseen koekappaleeseen. Käytettävät tapit ovat niin sanottuja kulutustappeja, joiden sisällä on kovametallinen volframikarbidiydin sekä kärjessä puristamalla liitetty pallomainen alumiinijauhe, joka auttaa valokaaren syttymisessä sekä sen vaikuttamisessa. Tarkoituksena oli varmistua hitsauslaitteiston toiminnasta ja oppia samalla käyttämään hitsauspistoolia ja vaihtamaan siihen kuuluvia tukilaitteiden osia tapin halkaisijan muuttuessa. Hitsaukset onnistuivat hyvin, ainut eteen tullut ongelma oli kaaripuhallus, joka vaikutti varsinkin hitsattaessa levyn reunaan. Kappaleen sivuihin kiinnitetyt maadoituspuristimet tulee asettaa riittävän etäälle toisistaan, jotta vältetään kaaripuhallus. Kaaripuhalluksen korjaavia toimenpiteitä on esitetty liitteessä 3.



KUVA 8. Ensimmäiset koehitsauksissa hitsatut kulutustapit. (Ab A Häggblom Oy)

Tämän jälkeen teimme koehitsaukset kaikilla yrityksen käyttämällä kulutustapeilla. Aloitimme valmistajan suosittelemilla ohjearvoilla, jotka kuitenkin osoittautuivat liian pieniksi niin hitsausvirran, kuin hitsausajankin suhteen. Lopulliset hyväksyttävät hitsit onnistuivat lisäämällä hitsausvirtaa noin 100 ampeeria ja hitsausaikaa noin 0,1 sekuntia. Alla olevassa kuvassa 9 on jalkoasennossa hitsatut ja silmä määräisen tarkastuksen jälkeen hyväksytyt koehitsit.



KUVA 9. Tarkastuksen jälkeen hyväksytyt koehitsit. (Ab A Häggblom Oy.)

Seuraavana koehitsauspäivänä hitsasimme M20-kierretappeja koekappaleeseen, jonka materiaali oli S355 rakenneterästä. Aloitimme kierretappien hitsaamisen valmistajan antamalla ohjearvoilla, jotka osoittautuivat liian suuriksi. Hyvät hitsausparametrit löydettyämme teimme tarvittavat hitsaukset molemmissa hitsausasunnoissa, jonka jälkeen suoritimme kierretapeille vetokokeen. Kuvassa 10 olevan kierretapin vetokoe on pysäytetty tarkoituksella pultin myötörajalle, jolloin se on alkanut kuroutua mutta ei vielä ole murtunut. Hitsit kestivät vetoa yli kierretapin valmistajan ilmoittaman murtorajan. Molempien koehitsauksien tulokset on taulukoitu liitteissä 4 ja 5.



KUVA 10. Kuroutunut kierteellinen tappi (Ab A Häggblom Oy).

Alla olevassa kuvassa 11 on vetokoejärjestelymme, eli hitsatut kierretapit sekä niiden murtamiseen käytetty reikätkunkki.



KUVA 11. Vetokokeessa käytettävä reikätkunkki. (Ab A Häggblom Oy)

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä yrityksen kaaritapitushitsauslaitteistoon ja saada se käyttöön tuotannossa. Työ oli kaikin puolin mielenkiintoinen prosessi, etenkin käytännön osuus koehitsausten muodossa oli yksi tärkeimmistä syistä, miksi alun perin kiinnostuin aiheesta. Pelkkä tutkimuksellinen opinnäytetyö olisi ollut huomattavasti haastavampi toteuttaa, sillä kirjallisuutta tapitushitsauksesta löytyy suhteellisen vähän. Tutustuminen laitteistoon heti työn alkaessa auttoi kiinni aiheeseen, jonka jälkeen teorian kirjoittaminen tapitushitsauksesta oli huomattavasti helpompaa ja mielekkäämpää.

Alkuperäinen tarkoitus oli tehdä koehitsaukset ainoastaan kulutustapeilla, mutta työn edetessä myös yrityksen maansiirtokoneen lavaprojekti tuli ajankohtaiseksi ja pystyin laajentaa aihealuetta myös kierretappien hitsaukseen, joka on yksi yleisimmistä tapitushitsauksen käyttökohteista.

Koehitsaukset onnistuivat molemmilla tapeilla suunnitellusti, mutta kulutustappien asentohitsauksen haastavuus suuremmilla halkaisijoilla osoittautui negatiiviseksi yllätykseksi, sillä kaivoskokoluokan ja 20000 kiloa painavan kauhan kääntäminen optimaaliseen hitsausasentoon ei ole kannattavaa. En myöskään ollut koehitsauksia suunnitellessani tietoinen kulutustappien kappalehinnoista, ja päätin niistä joutuun rajoittaa hitsattavat kappalemäärät noin puoleen alkuperäisestä suunnitelmasta.

Aloitin opinnäytetyön aikana työt yrityksessä hitsausosaston työnjohtajana ja olen nyt kevään aikana tehnyt lisää koehitsauksia kierretapeilla sekä ollut mukana aloittamassa lavaprojektiin tulevien suojakummien kiinnitysten hitsaamisessa.

LÄHTEET

Ab A. Häggblom Oy 2017.

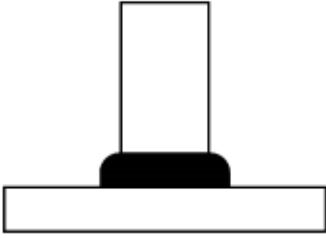
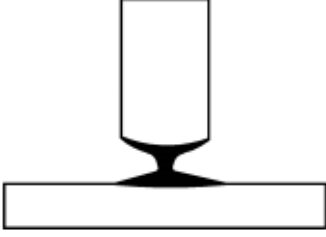

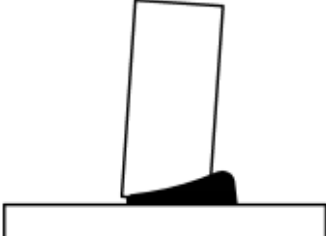
Kaaritapitushitsaus. Retco Oy. Saatavissa: <http://www.retco.fi/lisatiedot-tuotteet-33-kaaritapitushitsaus.php>. Viitattu 30.8.2017.

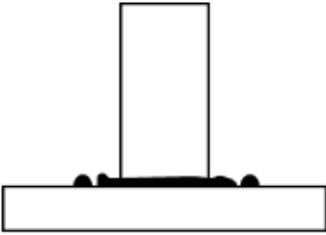
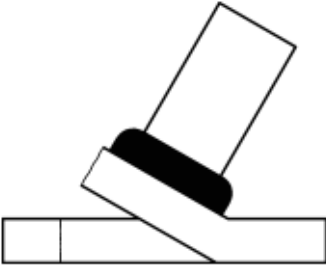
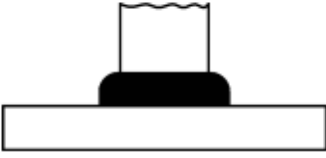
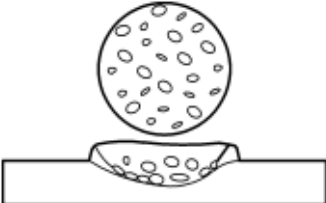
Köster & Co. Elotop 2010 virtalähteen käyttöohjekirja. Luettu 1.6.2017.

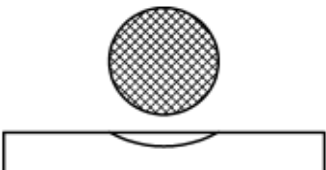

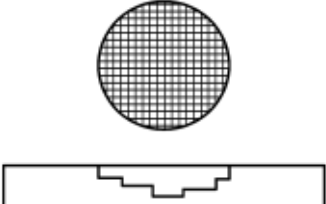
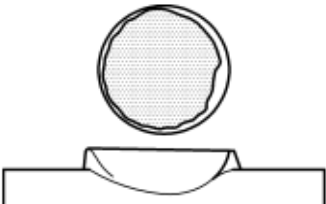

Lukkari, J. 2002. Hitsaustekniikka. Helsinki: Edita Prima Oy.

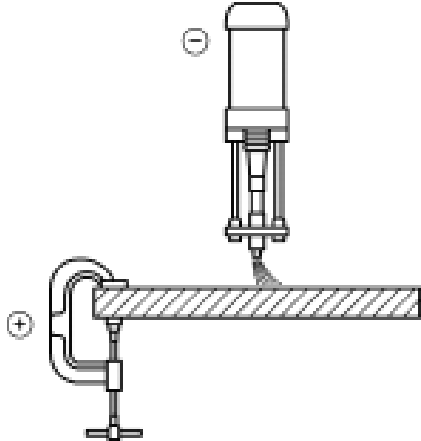
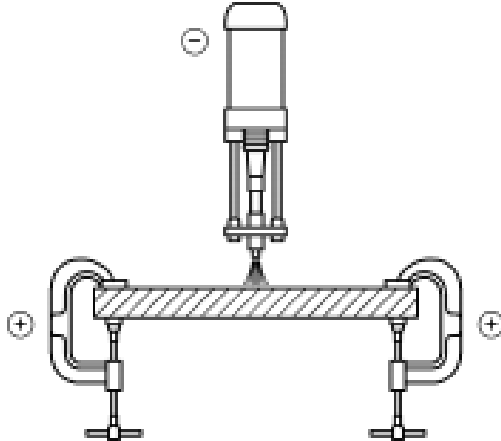
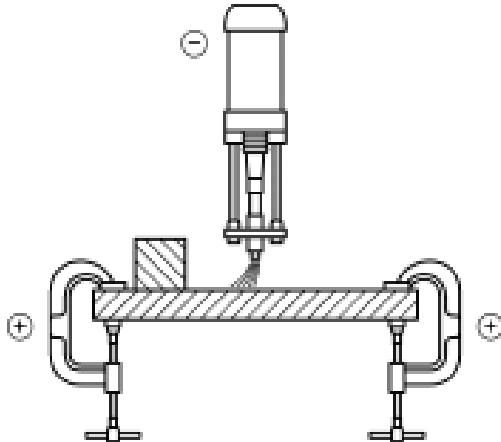
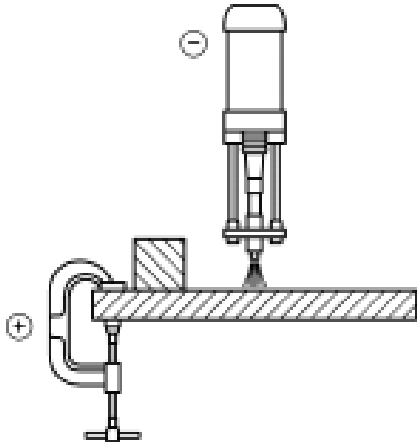
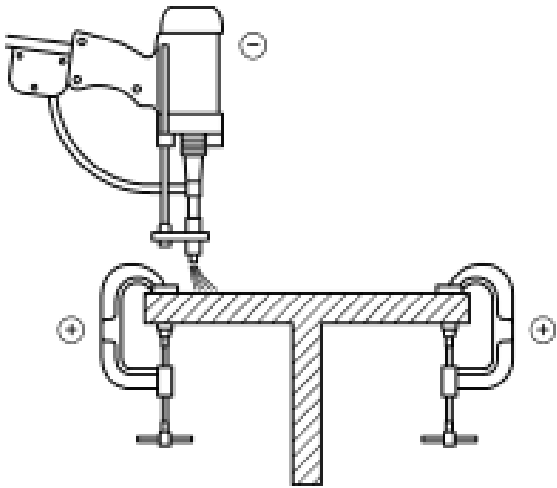
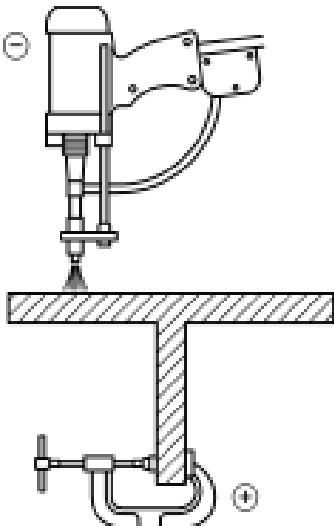
Standardi SFS-EN ISO 14555. Hitsaus. Metallisten materiaalien kaaritapitushitsaus. 2014. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Standardi SFS-EN ISO 13918. Hitsaus. Tapit ja keraamiset renkaat kaaritapitushitsaukseen. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Nro	Ulkonäkö	Arviointi	Suositeltava korjaava toimenpide
Silmämääräinen tarkastus tai makrohie			
1	Kaulus säännöllinen, kirkas ja täysin hitsautunut. Pituus hitsauksen jälkeen toleranssien sisällä. 	Hyväksytty (oikeat hitsausparametrit).	Ei tarvita.
2	Hitsin halkaisija liian pieni. Tappi liian pitkä. 	Riittämätön ulkonema (syöksy) tai nosto. Riittämätön keskitys. Liian suuri hitsausteho. Vaimennustoiminta on liian voimakas.	Lisätään ulkonemaa (syöksyä) tai nostoa. Tarkistetaan keraamisen renkaan keskitys. Vähennetään virtaa ja/tai hitsausaikaa. Vähennetään vaimennusta.
3	Kaventunut, epäsäännöllinen ja harmahtava hitsikaulus. Tappi liian pitkä. 	Liian suuri hitsausteho. Keraaminen rengas on kostunut. Nosto on liian lyhyt.	Lisätään virtaa ja/tai hitsausaikaa. Käytetään vain kuivia keraamisia renkaita. Lisätään nostoa.
4	Hitsikaulus epäkeskeinen ja hylättävä reunahaava (ks. 12.6) 	Kaaripuhallusvaikutus. Keraaminen rengas huonosti keskitetty.	Ks. taulukko A. 8. Korjataan keskitys.

Nro	Ulkonäkö	Arviointi	Suositeltava korjaava toimenpide
Silmämääräinen tarkastus tai makrohie			
5	<p>Kaulus on oleellisesti matala, kirkas ja sula laajalle levinnyt. Tappi liian lyhyt hitsauksen jälkeen.</p> 	<p>Liian suuri hitsausteho. Syöksynopeus liian suuri.</p>	<p>Vähennetään virtaa ja/tai hitsausaikaa. Säädetään syöksyä ja/tai hitsauspistoolin vaimennusta.</p>
Murtokoe			
6		<p>Hyväksytty (oikeat hitsausparametrit).</p>	<p>Ei tarvita.</p>
7	<p>Murtokohta hitsikauluksen yläpuolella, riittävä muodonmuutos.</p> 	<p>Hyväksytty (oikeat hitsausparametrit).</p>	<p>Ei tarvita.</p>
8	<p>Murtuminen hitsin alueella. Suuri huokoisuus.</p> 	<p>Liian suuri hitsausteho. Likainen pinta. Materiaali ei ole sopivaa tapitushitsaukseen.</p>	<p>Lisätään virtaa ja/tai hitsausaikaa. Puhdistetaan pinta. Valitaan sopiva materiaali.</p>

Nro	Ulkonäkö	Arviointi	Suositeltava korjaava toimenpide
Murtokoe			
9	<p>Murtokohta muutosvyöhykkeellä (HAZ).</p> <p>Murtokohta harmahtava ja riittämätön muodonmuutos.</p> 	<p>Karkeaminen lisääntynyt.</p> <p>Jäähdytysnopeus liian suuri.</p>	<p>Valitaan sopiva materiaali.</p> <p>Lisätään hitsausaikaa.</p> <p>Esikuumennus voi olla tarpeellinen.</p>
10	<p>Murtokohta hitsissä. Murtopinta kirkas</p> 	<p>Jauhepitoisuus liian korkea.</p> <p>Hitsausaika liian pieni.</p>	<p>Vähennetään jauheen määrä.</p> <p>Lisätään hitsausaikaa.</p>
11	<p>Lamellirepeilyä perusaineessa.</p> 	<p>Perusaineessa ei-metallisia sulkeumia.</p> <p>Perusaine ei ole sopiva.</p>	<p>Valitaan sopiva materiaali.</p>
12	<p>Murtuma hitsissä riittämättömän muodonmuutoksen vuoksi</p> <p>Reuna-alueen liitosvirhe</p> 	<p>Kylmä syöksy (Syöksynopeus liian pieni, vaimennustoiminto on liian voimakas, epätavallinen kitka...)</p>	<p>Käytetään kuumaa syöksyä.</p> <p>Vähennetään vaimennusta.</p>
13	<p>Läpivalunut hitsi</p> 	<p>Hitsisula läpäisee perusaineen.</p>	<p>Kasvatetaan perusaineen paksuutta.</p> <p>Pienennetään tehonsyöttöä (hitsausaika).</p>

Nro	Syy	Korjausmenettely
A		
B		
C		

Tekniset tiedot	
Tapin halkaisija-alue käyttäen keraamista rengasta (mm)	3-22
Tapin halkaisija-alue lyhytjaksokaaritapitushitsauksessa (mm)	3-12
Tapin halkaisija-alue käyttäen suojakaasua (mm)	3-16
Suurin virta (A)	2300
Portaaton virran säätö (A)	300-2000
Portaaton hitsausajan säätö (ms)	20-1500
Max. tappia/min halkaisijalla (mm)	52/3 4/22
Liitäntäjännite 50/60 Hz 3-vaihe (V)	230/400
Vaihtoehtoinen liitäntäjännite	Säädettävissä
Pistotulppa 400 V (A)	63/125
4-johtoinen liitäntäkaapeli 400 V (m/mm ²)	5/16
Sulakekoko 230/400 V (A)	160/80
Tehontarve % ED (kVA)	2.5/7/100 156/93/25
Hitsauskaapelin suurin pituus annetulla virran voimakkuudella (A) ja kaapelin poikkipinta-alalla	40m/1600 95mm ²
Syöttöjännitteen vaihteluväli (%)	-15/+6
Suojausluokka	IP 23
Jäähdytys	F
Laitteen ulkomitat (cm)	805x430x730
Paino (kg)	190

Koe pvm.	Tappi	Keraami	Hitsien lkm	Hitsausasento	Virta	Ulkonema	Nosto	Hitsausaika	Tarkastus
16.2	BTS01	SR16	3	PA	1300	4	3	0,7	Säännöllinen, kirkas hitsi.
16.2	BTS01	SR16	3	PA	1250	4	3	0,65	Säännöllinen, hieman harmahtava hitsi.
16.2	BTS01	SR16	3	PA	1200	4	3	0,6	Säännöllinen, harmahtava hitsi.
16.2	BTS20	SR16	3	PA	1220	4	3	0,6	Säännöllinen, kirkas hitsi.
16.2	BTS20	SR16	3	PA	1180	4	3	0,55	Säännöllinen, hieman harmahtava hitsi.
16.2	BTS20	SR16	3	PA	1100	4	3	0,5	Säännöllinen, harmahtava hitsi.

16.2	BTS03	BTSD 19/KR	3	PA	1500	4	3	0,75	Säännöllinen, kirkas hitsi.
16.2	BTS03	BTSD 19/KR	3	PA	1450	4	3	0,7	Säännöllinen, hieman harmahtava hitsi.
16.2	BTS03	BTSD 19/KR	3	PA	1350	4	3	0,7	Säännöllinen, harmahtava hitsi.
16.2	BTS08	BST 22	3	PA	1600	4	3	0,85	Säännöllinen, kirkas hitsi.
16.2	BTS08	BST 22	3	PA	1550	4	3	0,8	Säännöllinen, hieman harmahtava hitsi.
16.2	BTS08	BST 22	3	PA	1500	4	3	0,8	Säännöllinen, harmahtava hitsi.

Virta (A)	Hitsausaika (s)	Asento	Esilämpö (C °)	Paine (bar)	Voima (kN)	Tarkastus
1300	0,6	PC	-	300	153,9	Murtuu hitsistä/perusaineesta
1350	0,65	PA	-	290	148,7	Pultti poikki ohennetusta osasta
1350	0,65	PA	-	310	159,0	Pultti poikki ohennetusta osasta
1350	0,65	PA	100	280	143,6	Murtuu hitsistä/perusaineesta
1350	0,65	PA	100	295	151,3	Murtuu hitsistä/perusaineesta
1350	0,65	PC	-	300	153,9	Murtuu hitsin ja pultin rajalta
1350	0,65	PC	-	310	159,0	Pultti poikki ohennetusta osasta
1500	0,65	PA	100	295	151,3	Murtuu hitsin ja pultin rajalta
1500	0,65	PA	-	300	153,9	Pultti poikki ohennetusta osasta
1600	0,65	PA	-	260	133,3	Pultti poikki kierteen kohdalta
1800	0,8	PA	-	270	138,5	Poikki hitsistä