



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Yliselä

MUUNTAJARAKENTEEN
HITSAUSLIITOSTEN ESITYSTAVAN
KEHITTÄMINEN

Hitsausmerkkien yleisohjeen laatiminen

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyönä ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaalle.

Työn ohjaajana toimi Vaasan ammattikorkeakoulun puolelta lehtori Timo Gröndahl. ABB:n puolelta työtä valvoi rakennesuunnittelupäällikkö Kari Salo.

Työn suoritusvaiheessa saamastani tuesta haluan erityisesti kiittää rakennesuunnittelupäällikköä Kari Saloa ja laadunkehittäjää Sakari Nurmista. Kiitoksen ansaitsevat myös ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaan rakennesuunnittelijat ja hitsaajat sekä työn ohjaaja Timo Gröndahl.

Vaasassa 3.5.2012

Antti Yliselä

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

| | |
|--------------------|---|
| Tekijä | Antti Yliselä |
| Opinnäytetyön nimi | Muuntajarakenteen hitsausliitosten esitystavan kehittäminen |
| Vuosi | 2012 |
| Kieli | suomi |
| Sivumäärä | 51 + 3 liitettä |
| Ohjaaja | Timo Gröndahl |

Työn aiheena oli kehittää muuntajien teräsrakenteissa toistuvasti esiintyvien hitsausliitosten esitystapaa. Työhön kuului valmistaa yleisohje, mikä kattaa kaikki muuntajien rakenteissa toistuvasti esiintyvät hitsausliitokset. Yleisohjeen avulla saadaan lyhennettyä rakennesuunnittelun läpimenoaikoja, standardisoitua liitostyyppit sekä vältetään suunnittelijasta riippuvaa hajontaa merkinnöissä. Myös hitsaajien on helpompi toimia, kun hitsausmenetelmät on aina samanlaiset.

Työn alkuvaiheessa suoritettiin tarvekartoitus hitsausohjeelle. Tarvekartoituksessa selvitettiin muuntajan rakenteissa toistuvasti esiintyvät liitokset ja niille asetetut vaatimukset. Tarvekartoitus suoritettiin haastattelemalla hitsaajia, rakennesuunnittelijoita sekä näiden yksiköiden esimiehiä. Yleisohje toteutettiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0-suunnitteluohjelmistolla.

Työn lopputuloksena saatiin hitsausohje, joka kattaa kaikki muuntajan rakenteissa toistuvasti esiintyvät hitsattavat rakenteet. Ohje sisältää samanlaiset kuvannot kuin normaaleissa työpiirustuksissa selventääkseen hitsattavia kohtia. Ohje toteutettiin kaksikielisenä englanniksi ja suomeksi. Ohjeen valmistuksessa otettiin huomioon eri materiaalien asettamat vaatimukset hitsausliitoksiin sekä korroosioilmiön esiintymisen minimoiminen liitoksissa. Yleisohjeen avulla hitsausliitosten muutokset on helposti päivitettävissä kaikkiin tuoterakenteisiin ohjetta päivittämällä ja revisioimalla.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 10 |
| 2 | ABB | 11 |
| | 2.1 ABB:n historia ja Strömberg | 11 |
| | 2.2 ABB Suomessa | 11 |
| | 2.3 ABB ja muuntajat..... | 12 |
| 3 | MUUNTAJA..... | 13 |
| | 3.1 Erikoismuuntajan rakenne | 13 |
| | 3.2 Aktiiviosa..... | 14 |
| | 3.3 Säiliö..... | 16 |
| | 3.4 Kansi..... | 17 |
| | 3.5 Paisuntasäiliö | 18 |
| | 3.6 Läpiviennit ja kaapelikotelot | 19 |
| 4 | MUUNTAJAN RAKENTEEN SUUNNITTELU | 20 |
| | 4.1 Muuntajan laskelma | 20 |
| | 4.2 Layout-suunnittelu | 21 |
| | 4.3 Rakennesuunnittelu | 21 |
| | 4.3.1 Osakuvan tekeminen..... | 23 |
| | 4.3.2 Kokoonpanopiirustukset | 24 |
| 5 | MATERIAALIT..... | 25 |
| | 5.1 Teräs | 25 |
| | 5.2 Ruostumaton teräs..... | 25 |
| | 5.3 Alumiini..... | 27 |
| | 5.4 Kupari..... | 27 |
| 6 | TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTAMINEN | 28 |
| | 6.1 Hitsaaminen | 28 |
| | 6.2 Hitsauksen liitostyypit | 28 |
| | 6.3 Muuntajarakenteen hitsaamisessa huomioitavaa | 29 |
| | 6.4 Korroosio ja sen estäminen..... | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.4.1 | Korroosioilmiö..... | 31 |
| 6.4.2 | Korroosion esiintymismuodot | 32 |
| 6.4.3 | Korroosion estäminen teräsrakenteissa..... | 32 |
| 6.5 | Teräsmateriaalien valinta..... | 33 |
| 6.5.1 | Säänkestävä teräs | 33 |
| 6.5.2 | Ruostumattomat teräkset..... | 33 |
| 6.6 | Pintakäsittely..... | 34 |
| 6.6.1 | Sinkitys..... | 35 |
| 6.6.2 | Korroosionestomaalaus | 35 |
| 6.7 | Korroosion huomioon ottaminen suunnittelussa | 36 |
| 6.7.1 | Teräsrakenteiden muotoilu korroosion ehkäisemiseksi | 36 |
| 6.7.2 | Teräsrakenteiden yksityiskohtien suunnittelu | 36 |
| 7 | HITSAUSOHJEEN VALMISTUSPROSESSI..... | 37 |
| 7.1 | Toiminnankehitysprojektin arvoketju | 37 |
| 7.2 | Hitsausohjeen valmistusvaiheet | 40 |
| 8 | KIRJALLINEN OHJE..... | 42 |
| 8.1 | Lukijan motivoiminen | 42 |
| 8.2 | Kuvat | 42 |
| 8.3 | Lukijalähtöinen kieli | 42 |
| 8.4 | Ohjeen testaaminen | 42 |
| 8.5 | Ohjeistuksen perussäännöt | 43 |
| 8.6 | Käyttöohjeen rakenne..... | 43 |
| 9 | OHJEEN TEKEMINEN..... | 44 |
| 9.1 | Ohjeen sisältö ja rakenne..... | 44 |
| 9.1.1 | Menettelytapaohjeisuus | 44 |
| 9.1.2 | Hitsausohjeisuus | 46 |
| 9.2 | Hitsausmerkkien yleisohjeen ulkoasu | 46 |
| 10 | TULOKSET | 48 |
| 11 | YHTEENVETO | 50 |
| | LÄHTEET..... | 51 |
| | LIITTEET | |

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

| | |
|--|-------|
| Kuva 1 Muuntajan rakenne | s. 14 |
| Kuva 2 Aktiiviosa | s. 16 |
| Kuva 3 Muuntajan säiliö maalauksen jälkeen | s. 17 |
| Kuva 4 Kansi kokoonpanovaiheessa | s. 18 |
| Kuva 5 Paisuntasäiliö kiinnitetty muuntajaan | s. 19 |
| Kuva 6 Muuntajan 3D-malli rakennesuunnittelun jälkeen | s. 23 |
| Kuva 7 Hitsausliitostyytit | s. 29 |
| Kuva 8 Kehitystoiminnan arvoketju | s. 38 |
| Taulukko 1 Hitsausohjeen valintataulukko ABB:n yleisimmistä liitostyypeistä | s. 45 |

LIITELUETTELO

LIITE 1. Hitsausmerkkien yleisohjeen sisällysluettelo

LIITE 2. Ote yleisohjeen nostokorvien hitsauksesta.

LIITE 3. Ote yleisohjeen säiliön kokoonpanohitsauksesta.

TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET

ABB = Asea Brown Boveri

WPS = Hitsausohje (Welding Procedure Specification)

ProE = Pro Engineerin Wildfire 4.0 3D-suunnitteluohjelma

DWG = DraWinG

DXF = Drawing eXchange Format

PDF = Portable Document Format

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB:n Vaasan muuntajatehtaalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää muuntajien hitsausrakenteissa esiintyvien hitsausmerkkien esitystapaa. Muuntajien teräsosarakenteissa käytetään monipuolisesti erilaisia hitsausliitoksia. Tähän asti muuntajien rakennesuunnittelijat ovat lisänneet hitsauskokoontapanopiirustuksiin kaikki tarvittavat hitsausmerkit. Tällainen toiminta on aiheuttanut tekijästä riippuvaa hajontaa merkinnöissä ja nyt työn tarkoituksena olisi yhdenmukaistaa hitsausmerkinnät yleisohjeen avulla ja samalla vapauttaa rakennesuunnittelijoiden resursseja suuremman jalostusasteen tehtäviin.

Työn tavoitteeseen kuului valmistaa yleisohje kattamaan kaikki muuntajien rakenteissa toistuvasti esiintyvät hitsausliitokset ja niille asetetut vaatimukset. Ohje on tarkoitettu hitsaajien ja rakennesuunnittelijoiden avuksi. Lisäksi ohje voidaan luovuttaa asiakkaalle, jos asiakas halua tarkemman erittelyn muuntajassa käytettävistä hitsausmenetelmistä. Ohje tuotettiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0-suunnitteluohjelmistolla. Ohjeen valmistuksessa otettiin huomioon eri materiaalien vaikutukset sekä korroosioilmiön ehkäisy hitsausliitoksissa.

2 abb

ABB on ruotsalais-sveitsiläinen teollisuuskonserni, jonka pääkonttori sijaitsee Zürichissä, Sveitsissä. Konserni on perustettu vuonna 1988 kun ruotsalaisen Asean ja sveitsiläinen Brown Boverin liiketoiminnot yhdistettiin. ABB on globaali yritys, joka toimii noin 100 maassa ja se työllistää yli 134 000 henkilöä. Vuonna 2011 ABB:n liikevaihto oli 38 miljardia USD. ABB-konserni on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. ABB:n vahva markkina-asema perustuu tehokkaaseen tutkimukseen ja tuotekehitykseen, johon panostetaan yli 1,3 miljardia dollaria vuodessa. ABB toiminta jakaantuu viiteen eri divisioonaan, joita ovat sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitetuotteet ja prosessiautomaatio.

2.1 ABB:n historia ja Strömberg

ABB syntyi vuonna 1988 kun ruotsalainen Asea OY ja sveitsiläisen Brown, Boveri & Cie fuusioituivat. ABB:n suomalaiset juuret ovat lähtöisin tätä edeltävästä yrityskaupasta vuodelta 1987 kun Asea Ab osti Kymi-Strömberg Oy:n sähköteknisen osan.

Oy Strömberg Ab on perustettu Suomessa vuonna 1889. Yrityksen perusti Gottfrid Strömberg. Liiketoiminnan ydin oli tasavirtakoneet, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset ja niiden asennukset.

2.2 ABB Suomessa

Suomessa ABB:llä on toimintaa useilla paikkakunnilla. Suurimmat tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. Suomen ABB:n liikevaihto oli 2,3 miljardia euroa vuonna 2011. ABB:n Suomen yksiköissä työskentelee yli 7000 työntekijää ja toimintaa on yli 30 paikkakunnalla.

2.3 ABB ja muuntajat

ABB on maailman suurin muuntajien valmistaja ja sillä on toimintaa kymmenillä eri paikkakunnilla ympäri maailmaa. Vaasan muuntajatehtaan kaltaisia suuria muuntajatehtaita on seitsemän. Tehtaat sijaitsevat mm. Italiassa, Yhdysvalloissa ja Puolassa. Muuntajabisnes työllistää noin 16 000 henkilöä ympäri maailmaa ja Suomessa 335 henkilöä. Suomessa muuntajia alettiin valmistamaan vuodesta 1949 lähtien Helsingissä. Vuosina 1955-1956 suurmuuntajatuotanto siirrettiin Helsingistä Vaasaan. Nykyään Vaasassa toimivassa tehtaassa valmistetaan vain yksilöityjä erikoismuuntajia. Jokainen Vaasassa valmistettu muuntaja on ainutlaatuinen ja valmistettu asiakkaan tarpeiden mukaan. Erikoismuuntajat toimitetaan teknisesti ja ympäristöllisesti erittäin vaativiin olosuhteisiin, kuten merenpohjaan ja erilaisille öljy- ja kaasukentille. /1/ /2/

3 MUUNTAJA

Muuntaja on yli 100 vuotta vanha keksintö. Muuntajan tehtävänä on muuttaa sähköenergia käyttäjälle sopivaan muotoon. Sähköverkot jaetaan käytetyn jännitetaso perusteella siirto- ja jakeluverkkoihin. Vaihtojännitteen muuttaminen eri jännitetasoille tehdään muuntajan avulla. Muuntajan rakenne on pääpiirteittäin pysynyt samana koko ajan. Muuntajan perusosat ovat edelleen magneettisesti johtava sydän ja sähköisesti johtavat käämit. Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, joka muodostuu ensiökäämin ja toisiokäämin välille. Ensiökäämi on se, johon teho syötetään ja toisiokäämi on se, josta teho tulee ulos muuntajasta. Ensiö- ja toisiojännitteiden suuruudet ovat suoraan verrannollisia käämien kierroslukujen suhteeseen. Muuntajien hyötysuhde on 99-99,5 %. Muuntajan häviöt syntyvät pääosin rautasydämessä ja käämityksissä. Muuntajan suunniteltu käyttöikä on noin 30-vuotta.

3.1 Erikoismuuntajan rakenne

Erikoismuuntajat ovat muuntajia, jotka on räätälöity vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Rakenteeltaan kaikki muuntajat ovat lähes samanlaisia. Muuntajan perusrakenteisiin kuuluvat aktiiviosa, säiliö, kansi, läpiviennit, paisuntasäiliö, jäädyttimet sekä erilaiset suoja- ja mittalaitteet. **(Kuva 1)**



Kuva 1. Muuntaja

3.2 Aktiiviosa

Aktiiviosan muodostavat rautasydän ja käämit. Jännitetaso muuttaminen tapahtuu aktiiviosassa käämien ja rautasydämen avulla. Yleisesti sähkön siirto tapahtuu vakioituilla jännitetasoilla, joten myös aktiiviosat ovat usein vakioituja. Vakioitujen jännitetasojen avulla sähkön siirto kuluttajalle asti on hyvin yksinkertaista.

Kaikkiin teollisuuden vaatimiin tarpeisiin ei kuitenkaan pystytä vastaamaan vakioidun aktiiviosan avulla, joten tarvitaan erikoismuuntajia, jotka pitää suunnitella räätälöidysti vastaamaan tarpeisiin. Erikoismuuntajien sähköiset arvot voivat poiketa huomattavasti normaaleista arvoista. Erikoismuuntajissa myös aktiiviosan rakenne voi vaihdella hyvin paljon ja joihinkin muuntajiin voidaan laittaa myös useampia aktiiviosia tarpeiden mukaan.

Rautasydän koostuu pystysuorassa olevista pylväistä, joita kolmivaihemuuntajassa on normaalisti kolme ja yksivaihemuuntajassa kaksi kappaletta. Pylväät yhdistetään toisiinsa vaakasuorassa olevien ikeiden avulla. Sydämen poikkipinta-alan suuruus on riippuvainen muuntajan tehosta. Erikoismuuntajissa sydämen rakenne voi vaihdella huomattavasti.

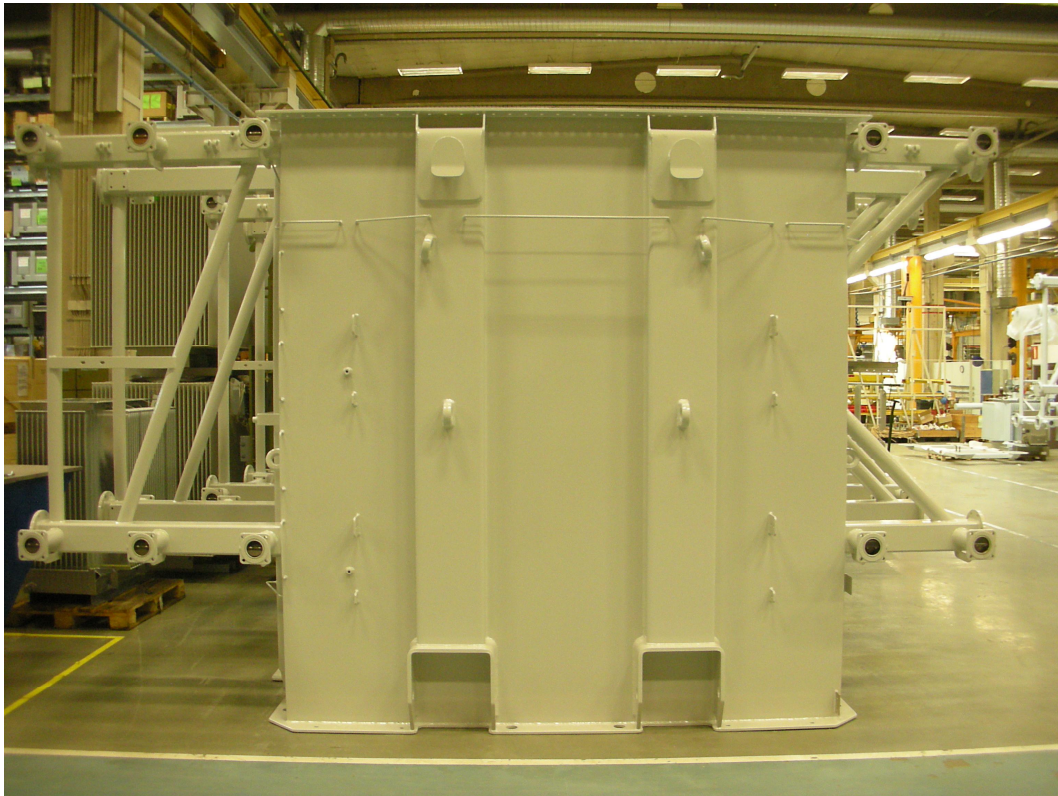
Muuntajissa on vähintään kaksi peruskäämistä, yläjännite- ja alajännitekäämitys. Erikoismuuntajissa voi olla useita alajännitekäämityksiä. Yläjännitepuolella voi olla säätökäämi, joka on kytketty yläjännitekäämin jatkeeksi. Käämit valmistetaan puhtaasta kuparista tai sähköalumiinista. Käämit ovat rakenteeltaan erilaisia riippuen muuntajan tehosta sekä käämin jännitteestä ja virrasta. Erikoismuuntajissa käytetään viittä eri käämityyppiä. Käämityypit ovat nauhakäämi, kerroskäämi, laippakäämi, ruuvikäämi ja lieriökäämi. **Kuvassa 2** on esitettyinä muuntajan aktiiviosa kiinnitettynä kanteen.



Kuva 2 Aktiiviosa

3.3 Säiliö

Muuntajan säiliön tehtävänä on toimia muuntajan runkona, öljysäiliönä ja jäähdyttimenä. Aktiiviosa sijoitetaan säiliön sisälle. Säiliön pitää olla öljytiivis ja valmistettu sellaisista materiaaleista, jotka kestävät ympäristön rasitukset. Erikoismuuntajissa jokainen säiliö suunnitellaan erikseen. Radiaattorisäiliön kokoonpano muodostuu neljästä erilaisesta seinäelementistä, pohjasta ja kaulavanteesta. Nämä hitsataan yhteen kokoonpanohitsauksessa. Säiliöihin kiinnitetään erilliset jäähdyttimet, jotka useimmiten ovat radiaattorit. Erikoistapauksissa jäähdyttiminä voidaan käyttää myös vesi- tai ilmajäähdytystä. Seuraavalla sivulla on esitetty radiaattorimuuntajan säiliö maalauksen jälkeen **(kuva 3)**.



Kuva 3. Muuntajan säiliö maalauksen jälkeen

3.4 Kansi

Kannen tehtävänä on sulkea öljysäiliö ja tukevoittaa muuntajan rakennetta. Kansi sijoitetaan säiliön kaulavanteen päälle. Erikoismuuntajissa kansi kiinnitetään säiliöön hitsaamalla tai pulttiliitoksella. Muuntajan kannelle asetetaan suurin osa muuntajan varusteista ja mittalaitteista. Useimmiten myös läpiviennit sijaitsevat kannella. **(Kuva 4)**



Kuva 4. Kansi kokoonpanovaiheessa

3.5 Paisuntasäiliö

Paisuntasäiliön tehtävänä on toimia muuntajan öljyn paisuntatilana. Öljyn lämpötilan muuttuessa myös öljyn tilavuus muuttuu. Paisuntasäiliön avulla voidaan varmistaa, että muuntajassa on aina säiliö täynnä öljyä. Myös paisuntasäiliöt suunnitellaan jokaiseen muuntajaan erikseen, mutta layout on hyvin samantapainen kaikissa. Paisuntasäiliön koko vaihtelee muuntajassa olevan öljynmäärän mukaan. Paisuntasäiliö sijaitsee aina horisontaalisesti kannen yläpuolella. **Kuvassa 5** on esitetty paisuntasäiliö.



Kuva 5. Paisuntasäiliö kiinnitettyä muuntajaan

3.6 Läpiviennit ja kaapelikotelot

Muuntaja kytketään sähköverkkoon läpivientien kautta. Läpiviennit sijaitsevat useimmiten kannella, mutta joskus myös muuntajan kyljessä. Läpiviennit toimivat eristeinä kytkentäjohtimien ja maapotentiaalissa olevan muuntajan kannen tai säiliön sekä kaapeleiden tai kiskojen liitännäkohdan ja kannen tai säiliön välillä. Eniten käytetyt läpiviennit ovat posliiniläpivientejä. Joskus läpivienneissä käytetään myös kuparikiskoja.

Erikoismuuntajissa käytetään usein myös kaapelikoteloa suojaamaan läpiviennin ja muuntajaan tulevan johtimen liitosta. Muuntajassa voi olla useita kaapelikotelaita. Kaapelikotelot sijaitsevat muuntajan kannella. /10/

4 Muuntajan rakenteen suunnittelu

ABB:n Vaasan muuntajatehtaalla kaikki muuntajat suunnitellaan yksilöllisesti. Tässä luvussa perehdytään tarkemmin muuntajien rakenteen suunnitteluun ja sen toteutukseen. Rakennesuunnittelu toteutetaan Pro Engineering Wildfire 4.0 3D-suunnitteluohjelmistolla. Suunnitteluohjelma on räätälöity vastaamaan ABB:n tarpeita.

ProE on tehokas, tilavuusmallintamiseen perustuva järjestelmä, jolla voidaan mallintaa osia ja tehdä erilaisia kokoonpanoja. ProE:llä mallintaminen perustuu piirteiden luomiseen erillisistä 2D-luonnoksista. 3D-malleja saadaan aikaa useilla eri tyyleillä kuten pursottamalla 2D-mallia tai pyöryttämällä se akselin ympäri. Kun osat ja kokoonpanot on luotu valmiiksi, useilla muilla ProE:n sovelluksilla voidaan tehdä tuotantoon piirustuksia, levykappaleiden aukileivityksiä ja johdotuksia. ProE:llä voidaan luoda eri tarkoituksiin soveltuvia tai geometrisesti eri tyyppisiä malleja, yksinkertaisista aihioista hyvin monimutkaisiin pintamalleihin sekä yksittäisistä osista tuhansien osien kokoonpanoihin. ProE:n ohjelman mallit ovat mittojen ja parametrien lukuarvoilla ohjattuja. /11/

4.1 Muuntajan laskelma

Muuntajan suunnittelu aloitetaan tekemällä sähköinen laskelma. Laskennan aikana mitoitetaan muuntajan aktiiviosa ja tehdään kriittisimmät rakenneratkaisut, jotta muuntaja vastaa asiakkaan tarvetta. Sähköisen laskennan tuottamien mitoitusarvojen perusteella suoritetaan varsinainen aktiiviosan rakennesuunnittelu ja samalla se toimii lähtötietona myös mekaaniselle suunnittelulle. Laskentasuunnittelun aikana määritellään myös suuri osa muuntajan varusteista ja mitta- ja suojalaitteista. Osalla muuntajan komponenteista on huomattavan pitkä toimitusaika ja ne joudutaan normaalisti tilaamaan jo ennen rakennesuunnitteluvaihetta.

4.2 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelijoiden tehtävänä on mallintaa oikeanlainen muuntaja vastaamaan asiakkaan vaatimia tarpeita. Layout-suunnittelijat saavat muuntajan sähköiset arvot sekä kriittiset materiaalit laskijoilta, joiden vaatimuksien mukaan muuntajan rakennetta aloitetaan suunnittelemaan. Rakenteen suunnittelussa käytetään usein apuna valmiita mallipohjia tai aikaisemmin valmistettuja samankaltaisia muuntajia. Layout-suunnittelijat mallintavat muuntajan lähes valmiiksi, jonka jälkeen suunnitteluvastuu siirtyy rakennesuunnittelulle.

Layout-mallin tullessa valmiiksi, siitä tehdään mittakuva, missä esitetään muuntajan oleelliset mitat ja muuntajan toiminnan kannalta kriittiset komponentit. Mittakuvassa on määriteltynä tarkasti myös asennuksen kannalta kriittiset mitoituspaikat, kuten läpivientin paikat, joista muuntaja kytketään sähköasemaan. Mittakuvan tullessa valmiiksi, se hyväksytetään asiakkaalla. Mittakuvan perusteella asiakas voi aloittaa suunnittelemaan muuntajan asennuspaikan layouttia. Layout-suunnittelijat tekevät myös muuntajan kuljetusta varten vaadittavan kuljetuskuvan, missä esitetään muuntajan nostoon liittyvät asiat sekä kuljetukseen vaadittavat ääriimitat. Yhden muuntajan layout-suunnittelu kestää yhdestä kymmeneen työpäivää muuntajan rakenteesta riippuen. /12/

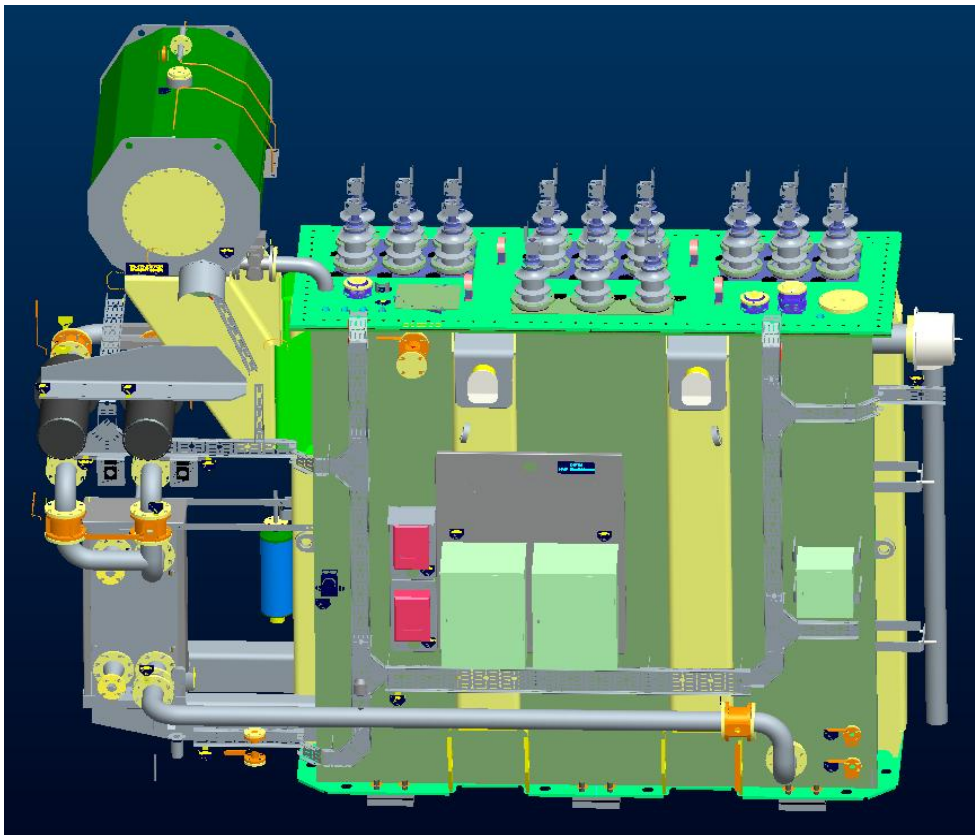
4.3 Rakennesuunnittelu

Muuntajan layout-mallin tullessa valmiiksi, suunnitteluvastuu siirtyy rakennesuunnittelulle. Rakennesuunnittelu on muuntajan rakenteen suunnittelun osa-alue, joka käsittää muuntajan rakennetekniikan suunnittelun. Suunnittelun päätehtävänä on tuottaa rakennesuunnitelmat, joilla voidaan toteuttaa muuntajan rakenne. Rakennesuunnittelun tehtävänä on saattaa muuntaja 3D-mallista valmistettavaan muotoon, johon kuuluvat osapiirustukset sekä kokoonpanopiirustukset.

Rakennesuunnittelussa tehdään pieniä muutoksia muuntajan malliin, kuten kaapeliratojen, tunnistekilpien ja kiinnitysosien lisäyksiä sekä parannellaan

rakennetta. Suuria muutoksia ei saa enään tehdä, koska ennen rakennesuunnittelua muuntajan mittakuva on hyväksytty asiakkaalla. Rakennesuunnittelijat tekevät myös mahdolliset muutostyöt muuntajan valmistusvaiheessa. Usein myös asiakkaalta tulee lisävaatimuksia muuntajan rakenteeseen, jotka rakennesuunnittelijat suunnittelevat.

Rakennesuunnittelijoiden tulee varmistaa, että kaikki komponentit ovat mahdollisia valmistaa sekä materiaalit ovat oikeita. Muuntajan valmistuskuvien tullessa valmiiksi kuvat siirretään Mechanical Design System (MDS)-järjestelmään, josta ne menevät oston kautta tuotantoon. Rakennesuunnittelu kestää kahdesta viiteen viikkoon muuntajan rakenteesta ja layout-mallista riippuen. Seuraavalla sivulla olevassa **kuvassa 6** on esitettyinä muuntajan 3D-malli rakennesuunnittelun jälkeen.



Kuva 6. Muuntajan 3D-malli rakennesuunnittelun jälkeen

4.3.1 Osakuvan tekeminen

Kun muuntajan rakenne on saatu mallinnettua valmiiksi rakennesuunnittelijat aloittavat tekemään osapiirustuksia malleista. Jokaiselle osalle annetaan oma osanumero sekä piirustusnumero, jotta niiden jatkokäsittely helpottuisi.. Näiden numerosarjojen lopussa on vielä lisäksi neljän numeron mittainen numerosarja, jolla viitataan tiettyyn projektiin. Piirustuksissa esitetään kappaleen oleelliset mitat, materiaali, piirustusnumero, projektinumero, suunnittelija, hyväksyjä, yksikkö ja kappaleen paino. Piirustuksissa tulee ilmoittaa myös tarvittavat toleranssit, pinnankarheudet, erikoistoimenpiteitä vaativat kohdat, kuten viisteet, taivutukset ja pyöritykset. Tavallisista levyleikkuukeskuksilla leikattavista osista ei tarvitse tehdä tarkkoja piirustuksia, koska niille tehdään erikseen dxf-tiedosto, jonka levyleikkukone osaa lukea automaattisesti. Kuvista tehdään myös PDF- ja DWG-tiedostot.

4.3.2 Kokoonpanopiirustukset

Osakuvien tullessa valmiiksi, aloitetaan tekemään kokoonpanopiirustuksia, joita on kahden tyyppisiä, hitsauskokoonpanoja ja kalustuskokoonpanoja. Hitsauskokoonpanoissa osat liitetään toisiinsa hitsaamalla. Hitsauskokoonpanopiirustuksissa osat mitoitetaan tarkasti ja merkitään osille sopiva hitsausmenetelmä. Hitsauskokoonpanokuvassa voi olla jopa yli 100 hitsattavaa osaa. Kalustuskokoonpanoissa osat liitetään toisiinsa usein ruuviliitoksilla. Kalustuskuviin viitataan pelkästään osanumeroilla ja siihen liittyvällä osaluettelolla. Muuntajan rakenne koostuu useista hitsaus- ja kalustuskokoonpanoista. /3/

5 Materiaalit

Teollisuudessa käytettävät metallit ovat aina alkuaineiden seoksia. Käytettäville metalleille vaadittavat ominaisuudet saadaan seostamalla keskenään alkuainemetalleja ja alkuaine-epämetalleja. Seostuksen jälkeen niitä voidaan vielä muokata sekä lämpökäsitellä.

Käyttömetallien nimet määräytyvät pääseosaineena olevan alkuainemetallin mukaan. Pääseosaineeksi kutsutaan alkuainemetallia, jonka osuus on yli 50% metalliseoksesta. Tällaisia ovat esimerkiksi rautametallit, kuparit ja alumiinit. Seosainesuhteiden lisäksi metallien ominaisuuksiin vaikuttaa ratkaisevasti metallin mikrorakenne, jota voidaan muokata lämpö- ja muokkauskäsittelyjen avulla. /9/ Tässä luvussa käsitellään tarkemmin muuntajien rakenteissa käytettäviä metalliseoksia, terästä, ruostumatonta terästä, alumiinia ja kuparia.

5.1 Teräs

Teräs on aikamme tärkein käyttömetalli. Teräs on raudan ja hiilen muodostama seos. Teräksen hiilipitoisuus on alle 2%, tätä suuremman hiilipitoisuuden sisältävät seokset luokitellaan valuraudoiksi. Teräkset sisältävät myös muita seosaineita, jotka vaikuttavat teräksen ominaisuuksiin joko suoraan tai muuttamalla teräksen mikrorakennetta. Teräksiä seostamalla saadaan aikaan erilaisia ominaisuuksia teräkselle. Seostuksilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi sitkeyteen, lujuuteen, kulmalujuuteen ja työstettävyyteen. Yleisesti teräkset luokitellaan niiden käyttötarkoituksen mukaan yleisiin rakenneteräksiin, koneenrakennusteräksiin, työkaluteräksiin ja ruostumattomiin teräksiin. /4/

5.2 Ruostumaton teräs

Yleisesti ruostumattomalla teräksellä tarkoitetaan teräslajeja, joilla on erittäin hyvä korroosionkestävyys tavalliseen niukkaseosteiseen teräkseen verrattuna. Teräs määritellään rautapohjaiseksi (FE) metalliseokseksi, jonka hiilipitoisuus (C) on alle prosentin. Kromin lisääminen teräkseen muuttaa sen ruostumattomaksi.

Kromin ansioista teräksen pinnalle muodostuu erittäin ohut ja tiivis oksidikalvo, joka suojaa terästä ulkoisilta korroosiohyökkäyksiltä. Tällöin ruostumaton teräs on passiivitilassa.

Ympäristön sisältämä happi auttaa passiivikalvon syntymiseen ja uusiutumiseen. Passiivikalvon muodostumiseen teräkseen tarvitaan vähintään 11% kromia. Syöpymiskestävyys paranee mitä enemmän kromia seostetaan teräkseen. Yleisimpien ruostumattomien terästen kromipitoisuus on 16-18%.

Ruostumattomat teräkset voidaan jakaa neljään pääryhmään niiden mikrorakenteen perusteella. Pääryhmät ovat austeniittiset, ferriittiset, austeniittis-ferriittiset ja martensiittiset teräkset.

Austeniittiset vakioteräkset soveltuvat hyvin erilaisten ja vaativien tuotteiden valmistukseen niiden erinomaisen muovattavuuden ja hitsattavuuden ansioista. Austeniittinen teräs valmistetaan normaalista ruostumattomasta teräksestä johon lisätään 8% nikkeliä. Nikkeli parantaa myös korroosionkestävyyttä varsinkin pelkistävässä olosuhteissa.

Ferriittiset teräkset ovat kromi- tai kromi-molybdeeni-teräksiä, joiden nikkelpitoisuudet ovat yleensä alle 0,5%. Ferriittisiä teräksiä käytetään Suomessa melko vähän. Suurin syy niiden vähäiseen käyttöön on vaikea hitsattavuus, mutta nykyään niistä on saatu seostettua paremmin hitsattavia, joten niiden kulutus on kasvamassa. Ferriittisiä teräksiä käytetään yleisimmin kotitaloustarvikkeissa ja muissa ohuista ainepaksuuksia vaativissa kohteissa, kuten lämminvesivaraajissa ja katalyysaattoreissa.

Austeniittis-ferriittiset teräkset ovat kromi-nikkeli- ja kromi-nikkeli-molybdeeni-teräksiä. Austeniittis-ferriittisiä teräksiä kutsutaan myös duplex-teräksiksi. Duplex-teräs koostuu austeniittisen ja ferriittisen teräksen seoksesta, jossa jakauma menee lähes 50/50% suhteessa. Austeniittis-ferriittisessä teräksessä yhdistyy molemmille teräslajeille tyypilliset piirteet, joten niitä voidaan käyttää useissa vaativissa olosuhteissa, kuten merivesitekniikassa.

Martensiittiset teräkset käsittävät laajan joukon kromia sisältäviä teräksiä. Martensiittinen teräs sisältää kromia 12-18%. Lisäksi niihin voidaan yhdistää nikkeliä jopa 4%. Korkean hiilipitoisuuden ja martensiittisen mikrorakenteen avulla päästään suuriin lujuuksiin ja kovuuksiin sekä hyvään kulumisenkestävyyteen. Martensiittiterästen hitsattavuus on sen rakenteen vuoksi hyvin haastavaa ja sen takia hitsaaminen vaatii usein erityistoimenpiteitä. Martensiittisiä teräksiä käytetään työkaluissa, turbiineissa ja venttiileissä. /8/

5.3 Alumiini

Alumiini on hopeanharmaa, pehmeä ja helposti muovattava metalli. Alumiini on tyypillinen kevytmetalli. Alumiini on metallinen alkuaine, joka kuuluu jaksollisessa alkuainejärjestelmässä booriryhmään. Alumiini on kolmanneksi yleisin alkuaine.

Alumiinissa yhdistyy monta hyvää ominaisuutta. Tämän vuoksi siitä on tullut raudan jälkeen eniten käytetty metalli. Alumiinin tärkeimmät ominaisuudet ovat keveys, lujuus ja kestävyys, korroosionkestävyys, johtavuus, muotoiltavuus, työstettävyys, liitettävyys ja kierrätettävyys. Alumiinin hyvien ominaisuuksien vuoksi sitä käytetään yhä useammin konepajateollisuudessa. Alumiini mahdollistaa usein edullisen ja toimivan rakenneratkaisun. /13/

5.4 Kupari

Kuparimetallin käyttö perustuu tiettyihin kuparin ominaisuuksiin kuten korroosionkestävyyteen, lämmön- ja sähkönjohtavuuteen ja hyvään muovattavuuteen kylmänä ja kuumana. Tärkein näistä ominaisuuksista on sähkönjohtavuus. Kuparin sähkönjohtavuus on lähes puolet parempi kuin alumiinin. Kuparin ominaisuuksia pystytään muuttamaan helposti jo vähäisellä seostuksella. Kupari voidaan jakaa useisiin eri ryhmiin niiden koostumuksen mukaan. /14/

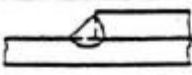









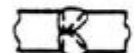



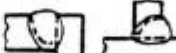





6 Teräsrakenteiden valmistaminen

6.1 Hitsaaminen

Hitsaamisella tarkoitetaan kappaleiden liittämistä toisiinsa. Hitsaamalla liitoksesta tulee kiinteä ja sitä ei voida purkaa helposti. Hitsausliitoksia käytetään hyvin yleisesti kaikkien teräksien yhdistämisessä, esimerkiksi laivojen, autojen, siltojen ja muuntajien valmistuksessa. Hitsattaessa liitoskohtaa kuumennetaan niin, että metalli sulaa tai tulee tahdasmaiseen eli lähes sulaan tilaan. Tällöin liitettävien kappaleiden metalli sekoittuu ja muodostaa jäähtyessään hitsausliitoksen. Usein liitoskohtaan sulatetaan vielä lisää metallia ns. lisäainetta liitoksen vahvuuden lisäämiseksi. Hitsaamisessa voidaan käyttää useita menetelmiä, kuten vastushitsausta, kaasuhitsausta, puikkohitsausta, MIG/MAG- hitsausta ja TIG-hitsausta.

6.2 Hitsauksen liitostyypit

Hitsaamisessa kappaleita voidaan yhdistää toisiinsa erilaisilla liitostyypeillä. Railo on liitettävissä olevien kappaleiden pintojen välinen tila. Liitettävät kappaleet voivat olla kiinni toisissaan tai niiden välissä voi olla pieni ilmarako. Railo eli liitettävien kappaleiden välinen liitoskohta, voidaan muotoilla eri tavoin sen mukaan mikä on liittävien kohtien keskinäinen sijainti tai millä menetelmällä liitos toteutetaan. Myös liitettävien kappaleiden paksuus vaikuttaa liitostyyliin. Yleisimmät hitsausliitostyyliä on esitettyinä **kuvassa 7.** /6/

| Perusmerkki | Liitos | | Railon nimi | Hitsin nimi |
|-------------|---|--|-----------------|---------------|
| △ |  |  | Pienarailo | Pienahitsi |
| |  |  | I-railo | I-hitsi |
| ∨ ∨ | Kokoviistetty railo  | Osaviistetty railo  | V-railo | V-hitsi |
| ∨ ∨ |  |  | Puoli-V-railo | Puoli-V-hitsi |
| X X |  |  | X-railo | X-hitsi |
| K K |  |  | K-railo | K-hitsi |
| ∩ |  | | U-railo | U-hitsi |
| ∩ |  |  | J-railo | J-hitsi |
| ∩ |  | | Kaksois-U-railo | |
| ∩ |  |  | Kaksois-J-railo | |
| ┌ |  |  | Tulpparailo | Tulppahitsi |

Kuva 7 Hitsausliitostyypit kuvien avulla

6.3 Muuntarakenteen hitsaamisessa huomioitavaa

Valmistaja on henkilö tai organisaatio, joka on vastuussa hitsaustoiminnasta. Valmistaja voi olla ABB:n hitsaustoimintaa harjoittava yksikkö tai fyysisesti ulkopuolinen yritys, joka on sopimussuhteessa ABB:n kanssa. Alihankkija on toimittaja, joka sopimustilanteessa toimittaa valmistajalle tuotteita, palveluita tai toimintoja. Alihankkija toimii valmistajan valvonnan alaisena ja vastuulla. Alihankkijan on täytettävä samat vaatimukset kuin valmistajan, hitsaajien ja operaattorien pätevöinnin, tarkastuksien sekä hitsausohjeiden osalta.

Muuntajan hitsaamiselle on esitetty tiettyjä laatuvaatimuksia. Säiliön kuorien, putkien ja muiden öljytilojen pitää olla öljytiiviitä. Se varmistetaan vuotokokeella. Lisäksi hitsien tulee täyttää maalattavien pintojen esikäsittelystandardin mukaiset laatuvaatimukset. Se tarkoittaa hitsausliitosten osalta seuraavaa:

- Hitsauskuona poistetaan hitsauksen yhteydessä.
- Kiinnipalaneet hitsauslangan pätkät poistetaan hitsauksen yhteydessä.
- Hitsausroiskeet poistetaan.
- Kolot ja avohuokokset, jotka voivat estää suojaavan maalikalvon muodostumisen, tehdään luoksepäästäviksi tai täytetään.
- Reunahaavat tehdään jouheiksi ja luoksepäästäviksi tai täytetään.
- Terävät huiput pyöristetään. Terävillä huipuilla tarkoitetaan epätasaisuuksia, jotka paljaalla kädellä kosketeltaessa tuntuvat terävältä.

Muuntajien hitsausliitokset tulee hitsata molemmilta puolilta, jos mahdollista. Tällä vältetään rakojen jäämistä hitsauskoonpanoihin sekä pienennetään öljyvuotojen riskiä. Hiekkapuhalluksen aikana rakoihin jää helposti hiekkapuhallushiekkaa, joka saattaa aiheuttaa muuntajan vaurioitumisen käytön aikana.

Kulmien yleinen pyöristyssäde on vähintään 2mm. Se koskee ulkopuolisia reunoja ja huippuja, joihin pitää saada korroosiolta suojaava maalaus. Muuntajan ulkopuolisessa rakenteessa olevia hitsausaumoja ei tarvitse hioa pinnan tasolle, jos ne ovat maalauskelpoisia. Jännitteisten osien lähellä olevat saumat tasoitetaan ja reunat pyöristetään sähkökentän takia.

6.4 Korroosio ja sen estäminen

Teräsrakenteiden säilyvyyteen vaikuttavista tekijöistä merkittävin on korroosio. Korroosionkestävyyden varmistamiseksi teräsrakenteet suunnitellaan tarvittaessa, joko ympäristön vaikutuksia kestäviksi tai suojataan rakenteet näitä vaikutuksia vastaan. Korroosionesto ei ole tarpeellista sisällä olevissa rakennusten rakenteissa, jos sisätilan suhteellinen kosteus on alle 80%. Käytännössä teräsrakenteet suunnitellaan kestämaan korroosiota pinnoittamalla teräs tai käyttämällä säänkestävää tai ruostumatonta terästä. Teräsrakenteiden korroosionkestävyyteen voidaan vaikuttaa huomattavasti huollon ja kunnossapidon, rakenteiden ja niiden yksityiskohtien muotoilun, sopivan korroosionsuojausmenetelmän sekä materiaalin ominaisuuksien ja koostumuksen valinnalla. Rakenteita suunniteltaessa tulee huomioida, että tarkastus, huolto ja korjaukset voidaan tehdä tyydyttävästi ja että rakenteet ovat tarkastettavissa ja huollettavissa käytön aikana. Korroosiovaraa tulee käyttää rakenteissa joita ei voida tarkastaa.

6.4.1 Korroosioilmiö

Korroosioilla tarkoitetaan materiaalin tuhoutumista ympäristön vaikutuksesta. Yleensä ilmiö rajoitetaan kuitenkin metallien korroosioilmiöön, joka on metallin tuhoutumista fysikaalisten ja/tai kemiallisten tekijöiden vaikutuksesta. Kun rauta korrodoituu sitä kutsutaan ruostumiseksi. Vesi ja kosteus ovat tavallisesti edellytys korroosion tapahtumiselle.

Korroosiota kestävien metallien valinnan helpottamiseksi metallit voidaan laittaa sarjaksi niiden korroosioitaipumuksen mukaisesti. Tätä sarjaa kutsutaan sähkökemialliseksi jännitesarjaksi, koska johtavassa liuoksessa eri metallien välille syntyy jännitesarjan mukainen jännite. Jos kaksi erilaista metallia yhdistetään, niiden korroosion voimakkuutta voidaan mitata jännite-eron avulla. Sähkökemiallisessa jännitesarjassa negatiivisessa päässä ovat epäjalot metallit, kuten alumiini, sinkki ja magnesium, jotka useissa olosuhteissa reagoivat

ympäristön kanssa helposti. Positiivisessa päässä ovat jalot metallit, kuten kulta, ja platina, jotka ovat useimmissa olosuhteissa syöpymättömiä.

Sähkökemiallisen jännitesarjan perusteella ei kuitenkaan aina voida tehdä oikeita päätelmiä korroosionkestävyydestä. Esimerkiksi alumiinia ja sinkittyjä tuotteita käytetään usein korroosiolle alttiissa ympäristössä, vaikka ne ovat sähkökemiallisen jännitesarjan perusteella heikosti korroosiota kestäviä. Eräiden metallien poikkeavan käyttäytymisen selittää passivoituminen.

Suotuisissa olosuhteissa metallien pinnalle muodostuu suojaava pintakerros. Tätä ilmiötä kutsutaan passivoitumiseksi. Passivoituminen edesauttaa metallin kestävyttä korroosioympäristössä paremmin kuin sen jaloutensa (sähkökemiallisen jännitesarjan) perusteella voitaisiin olettaa.

6.4.2 Korroosion esiintymismuodot

Useimmat korroosioilmiöt perustuvat kokonaan tai osittain sähkökemialliseen eli galvaniseen korroosioon. Kun kaksi jalousasteeltaan erilaista metallia tai pintaa tulevat kosteissa olosuhteissa kosketukseen toisiinsa, muodostaa epäjalompi metalli anodin ja jalompi metalli katodin. Sähkökemiallisen korroosion edellytyksenä on kahden erilaisen metallin tai jalousasteeltaan erilaisen pinnan sähköinen kontakti, hapen läsnäolo ja sähköä johtava vesiliuos. Jos näistä poistetaan yksi, niin korroosiota ei tapahdu.

6.4.3 Korroosion estäminen teräsrakenteissa

Teräsrakenteissa tapahtuvaa korroosioita voidaan estää valitsemalla käyttöolosuhteissa kestävä materiaali, muuttamalla korroosioympäristöä vähemmän rasittavaksi, pinnoittamalla teräs tai suojaamalla teräs katodisesti. Katodisesti suojaamisella tarkoitetaan sähköistä suojausta.

Korroosiota voidaan estää poistamalla jokin korroosion edellytyksistä: kosteus/vesi, happi tai erilaisten metallien välinen kontakti. Korroosiota voidaan

estää estämällä kosteuden pääsy rakenteisiin. Korroosiota voidaan estää myös pitämällä teräsrakenteet puhtaana, koska likakerroksen alla on korroosiolle alttiit olosuhteet, jotka saavat aikaan korroosion etenemisen likakerroksen alla.

6.5 Teräsmateriaalien valinta

Suojaamaton matalaseosteinen rakenneteräs ruostuu herkästi, eikä sitä voida käyttää suojaamatta. Ruostuminen etenee kosteissa olosuhteissa nopeasti ja ruostekerros on huokoinen. Korroosionkestävyyttä voidaan parantaa oleellisesti teräksen koostumusta muokkaamalla, korroosionestomaalauksella tai sinkityksellä.

6.5.1 Säänkestävä teräs

Säänkestävä teräs korrodoituu yli puolet hitaammin kuin tavallinen teräs. Säänkestävyyttä saadaan parannettua seostamalla pieniä määriä (0,4-1,3%) kromia, kuparia, nikkeliä ja fosforia. Korroosionkestävyyden parantuminen perustuu siihen, että seosaineet saavat aikaan tiiviimmän ruostekerroksen. Ruostumista tapahtuu koko ajan, mutta se on hyvin hidasta ja ruostekerros muodostuu koko ajan tiiviimmäksi ja näin korroosio hidastuu. Säänkestävää terästä käytetään usein ilmaston vaatimissa olosuhteissa. Kantavissa rakenteissa pitää käyttää pientä korroosiovaraa eli suurempaa materiaalipaksuutta kuin mitä lujuusvaatimukset vaativat.

6.5.2 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomat teräkset kestävät hyvin korroosiota useimmissa tavallisissa ympäristöissä. Kromin oksidien muodostama passiivikalvo suojaa terästä erittäin hyvin ja hapen läsnä ollessa rikkoontunut kalvo korjaantuu itsestään. Hapettomissa olosuhteissa passiivikalvoa ei muodostu. Ruostumattomilla teräksillä ei yleisesti ole korroosio-ongelmia, mutta erittäin vaativissa olosuhteissa voi joillakin ruostumattomilla teräslajeilla esiintyä piste- tai rakokorroosiota, galvaanista korroosiota, jännityskorroosiota tai raerajakorroosiota. Näiltä

ongelmilta voidaan välttyä valitsemalla teräs oikein ja suunnittelemalla rakenne niin, ettei rakenteisiin voi syntyä kosteutta ja likaa kerääviä kohtia. Ruostumatonta teräsmateriaali valittaessa on otettava huomioon valmistustapa, teräksen muotoiluun vaikuttavat asiat, käyttöympäristö, pinnanlaatu ja kunnossapitotarpeet.

Pistekorroosiota voi esiintyä klorideja sisältävässä ympäristössä, esimerkiksi meri-ilmastossa. Kloridi tunkeutuu teräksen passiivikerrokseen läpi ja synnyttää paikallisen anodin. Anodin synnyttämään kohtaan muodostuu pieniä koloja, jotka johtavat materiaalin ohentumiseen. Ohentuma ei ole kuitenkaan kovin suuri, joten teräksen vaatimuksien kannalta tällä ei ole suurta merkitystä. Pistekorroosiota voidaan ehkäistä valitsemalla molybdeenillä seostettu teräs.

Rakokorroosio johtuu happipitoisuuseroista raon ja sen ympäristön välillä. Rakokorroosiota esiintyy yleensä vain klorideja sisältävässä seisovassa liuoksessa. Korroosio on sitä voimakkaampaa, mitä kapeampi ja syvempi rako on. Yleisemmin rakokorroosiota esiintyy muttereiden ja aluslevyjen välissä, ruuvien kierteissä tai varressa. Myös epäonnistuneissa hitseissä voi esiintyä rakokorroosiota.

Galvaanista korroosiota voi esiintyä erilaisten metallien yhdistämisen yhteydessä. Austeniittinen ruostumatonta teräs on yleensä muita käytettäviä metalleja jalompi ja tämän takia se ei syövy. Ruostumattoman teräksen ja kuparin välistä liitosta tulee välttää. Myöskään alumiinia ja ruostumatonta terästä ei kannata liittää toisiinsa. Ruostumatonta teräs voi lisätä sinkin ja alumiinin korroosiota.

6.6 Pintakäsittely

Pintakäsittely eli pinnoitus on yksi yleisimmistä korroosionestomenetelmistä. Pintakäsittely voi estää korroosiota vähentämällä tai jopa poistamalla yhtä tai useampaa korroosion edellytyksiä. Hyvä pintakäsittely estää kosteuden ja veden pääsyn kontaktiin teräksen kanssa. Se toimii myös eristeenä erilaisten metallien välillä estäen niiden sähköisen kontaktin tai estää hapen pääsyn teräksen pintaan.

Teräs voidaan pinnoittaa toisella paremmin korroosiota kestäväällä metallilla, kuten jalommilla kromilla ja nikkelillä tai epäjalommilla sinkillä ja alumiinilla. Suojaus perustuu passivoitumiseen.

6.6.1 Sinkitys

Sinkitys on tavallisin matalaseostetun teräksen korroosiosuojauksessa käytetty pinnoitusmenetelmä. Vaikka sinkki on hyvin epäjalo metalli, se kuitenkin muodostaa tiiviin korroosiotuotekerroksen teräksen pinnalle, joka estää korroosion jatkumisen tai ainakin hidastaa sitä. Sinkkipinnoite suojaa sähkökemiallisesti pinnoittamattomia kohtia kuten leikkausreunoja ja naarmuja syöpymällä teräksen sijaan. Tämä kuitenkin edellyttää että sinkkipinnoitteen pinta-ala on selvästi suurempi kuin teräksen. Sinkkipinnoitteen elinikä on suoraan verrannollinen pinnoitteen paksuuteen. Sinkitykseen on olemassa useita erilaisia sinkitysmenetelmiä: kuumasinkitys, sähkösinkitys ja ruiskusinkitys. Eri menetelmin valmistetut sinkkipinnoitteet eroavat toisistaan ominaisuuksien ja paksuuden suhteen. Oikea sinkitysmenetelmä on valittava materiaalin käyttötarkoituksen mukaan.

6.6.2 Korroosionestomaalaus

Korroosionestomaalausta käytetään sekä suoraan teräspintaan että sinkityille materiaaleille pidentääkseen niiden elinikää. Maalattava pinta pitää puhdistaa aina huolellisesti ennen pintakäsittelyä. Puhdistus on välttämätöntä korroosiosuojan ja kiinnipysyvyyden kannalta. Puhdistusmenetelmiä on useita erilaisia, niistä yleisimpiä ovat vedellä, vesihöyryllä, vesiemulsiolla, emäksisellä liuoksella, orgaanisilla tuotteilla, maalinpoistoaineella, happopeittauksella, suihkupuhdistuksella, liekkipuhdistuksella tai koneellisesti. Muuntajissa käytettävä puhdistusmenetelmä on suihkupuhdistus hiekan avulla.

6.7 Korroosion huomioon ottaminen suunnittelussa

Rakennemateriaalien teräsrakenteiden korroosionkestävyyden valintaan vaikuttavat rakenteen muoto, liitostavat, puhtaana pidettävyys, huollettavuus ja ympäristön vaikutukset. Pinnoittamatonta kuuma- tai kylmävalssattua terästä ei yleensä voi käyttää ulkotiloissa, koska ne ruostuvat hyvin nopeasti. Sään kestäviä teräksiä sen sijaan voidaan käyttää, koska niissä muodostuu korroosiota hidastava patinakerros pintaan. Yleisimmin teräsrakenteissa käytetään korroosiosuojamaalattua tai sinkittyä terästä. Paras korroosionkesto saadaan aikaan maalaamalla sinkityn teräksen.

6.7.1 Teräsrakenteiden muotoilu korroosion ehkäisemiseksi

Korroosioneston kannalta parhaimpia muotoja ovat yksinkertaiset muodot ja tasaiset pinnat. Suunnittelussa tulee huomioida rakenteiden luokse päästävyys. Pinnan mahdollinen esikäsitely ja korroosionsuojamaalaus pitää pystyä tekemään kunnolla. Suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös mahdollinen huoltomaalaus. Jos rakennetta ei voi huolto maalata, tulee varmistaa, että rakenne kestää koko sen suunnitellun käyttöiän. Joskus suunnittelussa pitää ottaa huomioon myös mahdollinen korroosiovara.

6.7.2 Teräsrakenteiden yksityiskohtien suunnittelu

Rakenteita suunniteltaessa palkit tulee pyrkiä asentamaan niin, etteivät ne kerää epäpuhtauksia ja likaa. Korroosion vähentämiseksi liitokset kannattaa tehdä mieluummin hitsaamalla kuin niiteillä tai pulteilla, jotta välttyään rakojen syntymiseltä.

Korroosiolle alttiissa paikoissa hitsausliitoksien tulee olla yhteneviä jatkuvia hitsauksia. Raot, halkeamat ja liitokset on suljettava jatkuvalla hitsillä tai täyteaineella. Hitsausvirheitä tulee välttää ja ne pitää korjata ennen maalausta, koska niiden päälle on vaikea saada aikaiseksi kunnollinen pintakäsittely.

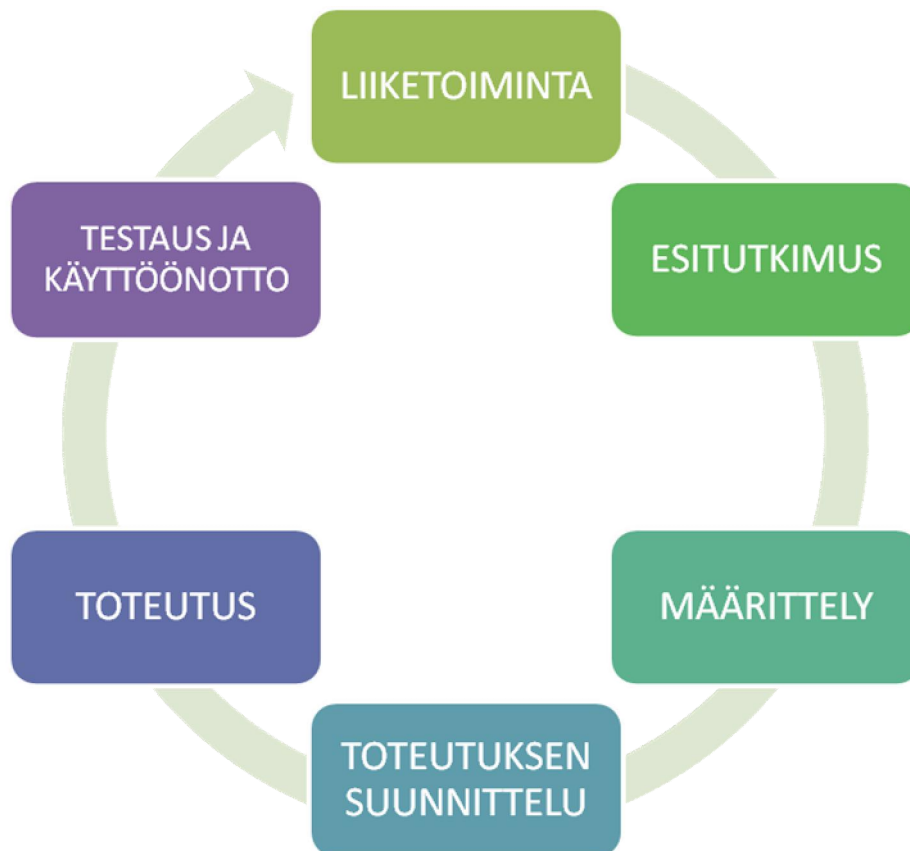
7 Hitsausohjeen valmistusprosessi

Vaasan ABB:n muuntajatehtaalla on tähän asti merkitty jokaiseen työpiirustukseen kaikki hitsausmerkit paikoilleen. Muuntajan rakenteessa on kuitenkin hyvin paljon toistuvia rakenteita, joiden hitsaus ei riipu sovelluskohteesta. Vaasan muuntajatehtaalla valmistetun muuntajan työ- ja kokoonpanopiirustuksissa on keskimäärin noin 250 toistuvaa hitsausliitosta, joidenka hitsaus voitaisiin vakioida yleisen hitsausohjeen avulla. Hitsausmerkkien lisäämisen on huomattu aiheuttavan myös suunnittelijasta riippuvaa hajontaa ja nyt ohjeen avulla saataisiin vakioitua ja yhdenmukaistettua käytäntöjä, jonka myötä myös toiminnan laatu paranee. Lisäksi hitsausliitosten muutokset on helposti päivitettävissä kaikkiin tuoterakenteisiin yleisohjetta päivittämällä.

Yleisen hitsausohjeen tekeminen sai alkunsa asiakastarpeesta. Asiakkaana oli ABB Oy:n Vaasan muuntajatehtaan teräsosarakennesuunnittelu. Työn suorituksessa otettiin huomioon myös hitsaajien vaatimat tarpeet ohjeen osalta. Työn suorituksessa ilmenee toiminnankehitysprojektille ominaisia piirteitä.

7.1 Toiminnankehitysprojektin arvoketju

Toiminnankehitysprojektin tarve syntyy usein strategiasuunnittelun pohjalta. Esitutkimuksen perusteella tehdään päätös projektin toteutuksesta. Projektin toteutuksesta voidaan muodostaa arvoketju, jonka vaiheista on tehty kaavio. Vaiheet eivät kuitenkaan ole näin täsmällisesti peräkkäin, vaan toimintoja tulisi tehdä mahdollisimman paljon limittäin projektin läpimenoajan lyhentämiseksi. Arvoketjun kulku on esitetty **kuvassa 8**.



Kuva 8 Kehitystoiminnan arvoketju

Tämän arvoketjun pohjalta lähdetään toteuttamaan esitutkimusta. Esitutkimuksen tavoitteena on kartoittaa projektin toteutumisen kannalta oleelliset edellytykset, jotta voidaan tehdä päätös projektin toteuttamisesta tai hylkäämisestä. Projektin hyötyjä verrataan sen kustannuksiin ja kartoitetaan mahdolliset riskitekijät. Esitutkimusta tehdessä pitää varmistaa, että hanke vastaa organisaation asettamia tavoitteita.

Esitutkimukselle tyypillisiä vaiheita ovat:

- hankkeen tausta ja tarve
- tavoitteet ja vaatimukset
- hankkeen riskit, kustannukset ja kannattavuus

- hankkeen organisointi ja hallinta.

Vaatimusmäärittely luodaan aina asiakaskohtaisesti ja siinä tulee keskittyä asiakkaan organisaation kannalta, määriteltävän kokonaisuuden kannalta sekä toimittajaehdokkaiden kannalta tärkeimpiin asioihin. Määrittelyn sisältöön vaikuttaa se, hankitaanko räätälöityä, tuotepohjaista vai juuri tietylle tuotteelle perustuvaa ratkaisua. Määrittelytyön lopputuloksena saadaan vaatimusmäärittelyyn sopiva dokumentti, joka sisältää seuraavat asiat.

- palvelujen yleiskuvauksen
- palvelun rakenteen ja toiminnallisuuden
- tietorakenteet
- teknisten ratkaisujen kuvaukset
- projektin rajauksen.

Toteutussuunnitelmassa suunnitellaan toteutuksen suoritustapa, aikataulu, aiheen rajaus ja varmistetaan, että projektissa tehdään oikeita asioita. Toteutussuunnitelmassa pitää kartoittaa myös mahdolliset riskit projektin suorituksen kannalta. Hyvän toteutussuunnitelman ansiosta toteutusvaihe helpottuu huomattavasti ja nopeuttaa koko projektin toteutusta.

Toteutusvaiheessa toteutetaan ennalta määrätty tehtävä toteutussuunnitelman mukaisesti. Hyvän toteutussuunnitelman ansiosta toteutus on helppo tehdä ja näin päästään haluttuun lopputulokseen.

Toteutusvaiheen jälkeen työn päämäärä on usein saavutettu, mutta vielä on edessä testaus ja käyttöönotto. Jos laite/tuote todetaan vastaamaan aluksi määriteltyjä toimintoja niin jatkotoimenpiteitä ei tarvitse, mutta usein tässä vaiheessa tuote/ohje vaatii vielä parannuksia. Testausosien ansiosta työn heikoimmat kohdat saadaan selville ja niiden avulla voidaan suunnitella mahdollisia parannuksia. /15/

7.2 Hitsausohjeen valmistusvaiheet

Hitsausohjeen valmistamisessa käytettiin hyväksi toiminnankehitysprojektin arvoketjua. Aluksi määriteltiin esitutkimuksen avulla hitsausohjeen tarve. Hitsausohjeen tarvekartoitus tehtiin haastattelemalla rakenneosasuunnittelijoita sekä hitsaajia. Heidän kanssa pidettiin useita palavereita, joissa mietittiin tarkasti kaikki heidän asettamat vaatimukset hitsausohjeelle.

Esitutkimuksen jälkeen määriteltiin tarkemmin ohjeen sisältöä. Ohjeen sisältö valittiin huolella, että se täyttäisi vaadittavat asiat ja sen käyttöaste olisi paras mahdollinen. Parantaakseen edelleen käyttöastetta ohje päätettiin toteuttaa sekä englannin- että suomenkielisenä. Määrittelyvaiheessa kirjattiin ylös kaikki asiakkaan vaatimat tarpeet ohjeen sisällöstä. Sisältöä suunniteltaessa huomasimme muutamia parannusehdotuksia liitoskohdissa. Jotkin liitoskohdat oli aikaisemmin hyvin vaikea hitsata tai jopa mahdottomia, joten suunnittelimme näihin parempia liitoksia. Osa liitoksien parannuksista vaatii myös valmiiden 3D-mallien muokkausta. Selkeän määrittelyn jälkeen oli helppo siirtyä suunnittelemaan toteutustapaa.

Toteutuksen suunnittelussa tehtiin tiivistä yhteistyötä rakennesuunnittelun ja tuotannon työntekijöiden kanssa saadaksemme aikaan parhaan mahdollisen toteutuksen hitsausohjeelle. Ohjeen toteutustavasta pääsimme nopeasti yksimieliseen ratkaisuun. Ohje päätettiin toteuttaa selkeiden kuvien avulla, joihin merkattiin hitsausmerkit ja tarvittavat erityisvaatimukset tekstien avulla. Ohjeesta piti saada hyvin tiivis tietopaketti hitsausliitoksista, joten toteutuksen suunnitteluun panostettiin hyvin paljon.

Toteutus suoritettiin ABB:llä teräsosarakennesuunnittelun yksikössä. Ohjeen valmistamisessa käytettiin apuna 3D-suunnitteluohjelmistoa ja rakennesuunnittelijoiden kokemusta kuvantojen valmistamisessa. Ohjeen valmistamisessa käytettiin valmiita malleja oikeanlaisista hitsausliitoksista sekä

ongelmakohdat ratkottiin yhdessä kokeneempien henkilöiden kanssa. Toteutusprosessi vei suurimman osan ajasta koko ohjeen valmistusprosessista.

Valmis ohje hyväksyttiin ABB:n hitsauskoordinaattorilla sekä tuotekehitysinsinöörillä. Ohjeen käyttöönotto toteutetaan lanseeraustilaisuutena. Lanseeraustilaisuudessa on paikalla hitsausohjeen asianomaiset, kuten hitsaajat ja suunnittelijat.

8 kirjallinen ohje

Ohjeella tarkoitetaan tekstejä, kuvia, tunnuksia ja kaavioita, jotka välittävät lukijalle tietoa oikeista toimintatavoista. Ne voivat olla esimerkiksi kuljetus-, varastointi- tai asennusohjeita, käyttöön tai huoltoon liittyviä ohjeita. Ohjeen laatimisessa ja käyttöönotossa pitää kiinnittää huomiota seuraaviin opastamisen periaatteisiin.

8.1 Lukijan motivoiminen

Usein ohjeiden kirjoittajat keskittyvät ainoastaan toiminnalliseen puoleen ja unohtavat lukijan mielenkiinnon säilymisen. Ohje ei saa olla liian raskasta luettavaa ettei ohje jää myöskään sen vuoksi lukematta.

8.2 Kuvat

Hyvät kuvat ja piirrokset ovat paljon tehokkaampia kuin sanat. Kuvien avulla on paljon helpompi kuvata esimerkiksi koneen osia tai niihin liittyviä kokoonpanoja. Kuvia kannattaa selventää tekstin avulla, missä kerrotaan tarkemmin mitä kuvassa näkyy.

8.3 Lukijalähtöinen kieli

Lukijat voivat käyttää ja lukea ohjetta erilailla kuin on suunniteltu, esimerkiksi eri järjestyksessä. Niinpä ohjetta laadittaessa pitää ottaa huomioon lukijan erilaiset luku- ja käyttötavat. Hyvästä ohjeesta lukijan tulisi löytää helposti ja nopeasti haluamansa asiakohdat. Tähän ongelmaan auttaa selkeä sisällysluettelo ja toimiva sivunumerointi.

8.4 Ohjeen testaaminen

Tavallisimpia ohjeen laatijan virheitä on jättää mainitsematta olennaisia asioita, joiden hän on olettanut itsestään selviksi, mutta joidenka puuttuminen vaikeuttaa

lukijan ymmärtämistä. Testaaminen on yleensä ainoa tapa selvittää tämä ongelma. Seuraavat heikkoudet ovat tyypillisiä huonosti laaditulle käyttöohjeelle:

- Jäsennys on epäjohdonmukainen ja hajanainen.
- Kuvatut toimintavaiheet eivät liity suoraan ja yksiselitteisesti toisiinsa.
- Lukijalta edellytetään ennakkotietoja, joita hänellä ei voi olla.
- Kieli on vaikeaselkoista ja jopa virheellistä.
- Vieraita erikoistermejä käytetään runsaasti, eikä niitä ole erikseen selitetty.
- Kuvat on laadittu epäselvästi ja puutteellisesti.

8.5 Ohjeistuksen perussäännöt

Hyvässä käyttöohjeessa käytännön asiantuntemus yhdistyy täsmälliseen kieleen. Ohjeessa tulee heti aluksi käydä selväksi, mitä ohje koskee ja kenelle se on tarkoitettu. Käyttöohje ei ole mainos, vaan asiallinen ja selkeä. Ohje on olennainen osa tuotekuvaa ja parhaimmillaan parantaa sitä.

8.6 Käyttöohjeen rakenne

Kaikkein yksinkertaisimmat ohjeet koostuvat vaiheittaisesta opastuksesta. Mutkikkaat ja laajat ohjeistot koostuvat kaikista viidestä osasta, joita ovat johdanto, laitteiston kuvaus, luettelo materiaaleista ja työkaluista, vaiheittainen opastus ja ongelmien etsiminen. Laajemmat ohjeistot laaditaan raporttimuotoon, jossa on kansilehti, sisällysluettelo, sanasto, symboliluettelo, hakemisto ja kirjallisuusluettelo. /7/

9 Ohjeen tekeminen

Opinnäytetyönä ABB:lle tehty hitsausohje sisältää sekä menettelytapaohjeisuuden että tarkemman hitsausohjeisuuden. Ohjetta laadittaessa on otettu huomioon ohjeen käyttäjältä ennakkoon vaaditut hitsaukseen liittyvät tiedot ja taidot, jotka on esiteltynä tarkemmin ABB:n sisäisessä hitsausspesifikaatiossa. Menettelytapaohjeisuudessa kerrotaan miksi ja kenelle ohje on tuotettu sekä opastetaan hitsausohjeisuuden käyttöä. Hitsausohjeisuudessa on ilmaistu kuvien ja tekstien avulla kaikki hitsauskoonpanojen kannalta oleelliset kuvat ja asiat. Ohje toteutettiin kaksikielisenä englanniksi ja suomeksi. Ohje luotiin Pro ENGINEER 4.0 Wildfire-suunnitteluohjelmistolla. Ohjeen valmistuksessa käytettiin hyväksi ProE:stä löytyviä valmiita rakenteita.

9.1 Ohjeen sisältö ja rakenne

Ohjeen sisältö ja rakenne luotiin yleisiä käyttöohjeen valmistamiseen tarkoitettuja ominaisuuksia hyväksikäyttäen. Ohjeen alussa on esittelyosuus, missä kerrotaan kenelle ohje on tarkoitettu ja mikä sen käyttötarkoitus on. Esittelyosuuden jälkeen tulee sisällysluettelo, jossa on kerrottuna ohjeen sisältö. Ohjeen alussa on kerrottuna yleisesti ohjeen käyttöön liittyvät olennaiset asiat. Hitsaukseen liittyvässä ohjeisuudessa on näytetty kuvien avulla yksityiskohtaisesti kaikki muuntajan rakenteissa käytettävät erikoishitsaukset.

9.1.1 Menettelytapaohjeisuus

Menettelytapaosuudessa on esitetty taulukkomuodossa hitsausohjeen (WPS) valinta, joka on riippuvainen materiaalista ja sen paksuudesta sekä railon muodosta ja paksuudesta. Näitä neljää muuttujaa hyväksikäyttäen saadaan valittua oikea hitsausohje.

Hitsausohje on asiakirja, jossa on esitetty kaikki vaadittavat muuttujat hitsausmenetelmään. Hitsausohjeen avulla saadaan hyvä toistettavuus

tuotannossa. Hitsausohjeesta selviää kaikki yksityiskohtaiset tiedot hitsaustyön toteuttamisesta. Hitsausohjeen avulla liitokset on hyvin standardoituja ja ne täyttävät liitokselle vaaditut ominaisuudet. **Taulukossa 1** on esitetty taulukko hitsausohjeen valinta.

Taulukko 1. on hitsausohjeen valintataulukko ABB:n yleisimmistä liitostyypeistä.

WPS= Welding procedure specification
WPS= Hitsausohjespesifikaatio

| Welding type and size Railon muoto ja paksuus | Material 1 Materiaali 1 | Material 2 Materiaali 2 | WPS |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| Fillet Weld throat thickness ≥ 4 Piena hitsi paksuus ≥ 4 | Mild steel Teräs | Mild steel Teräs | ABB 07 |
| | Mild steel Teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 16 |
| | Stainless steel Ruostumaton teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 42 |
| Fillet Weld throat thickness ≤ 5 Piena hitsi paksuus ≤ 5 | Mild steel Teräs | Mild steel Teräs | ABB 37 |
| | Mild steel Teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 112 |
| | Stainless steel Ruostumaton teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 107 |
| V-Groove V-railo | Mild steel Teräs | Mild steel Teräs | ABB 08 |
| | Mild steel Teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 40 |
| | Stainless steel Ruostumaton teräs | Stainless steel Ruostumaton teräs | ABB 15 |

Hitsausmenetelmällä tarkoitetaan hitsaukseen liittyviä toimenpiteitä, joissa selvitetään tiedot hitsausprosessista, materiaaleista, railosta, hitsausarvosta, esikuumennuksesta, hitsauksen suoritustavasta, käytettävistä laitteista ja hitsausenergiasta. Näiden tietojen avulla saadaan aikaan paras mahdollinen liitos.

9.1.2 Hitsausohjeisuus

Hitsausohjeen alussa näytetään kuvien avulla muuntajan rakenteissa esiintyviä yleisliitoksia, kuten x-railo, v-railo, i-railo ja erilaiset kulmaliitokset. Liitoksien oikea hitsaustyyli näytetään kuvaan liittyvällä hitsausmerkillä. Hitsausmerkissä on viitattu XXX-lyhenteellä oikeaan hitsausohjeeseen, joka pitää valita ohjeen alussa olevasta taulukosta. Nämä hitsausliitokset pätevät kaikkiin muuntajassa esiintyviin merkkamattomiin liitoksiin.

Yleisten hitsausliitosten jälkeen ohjeessa esitetään muuntajan rakenteessa esiintyvien standardiliitoksien hitsaus kuten nostokorvien, putkilaippojen, laippojen ja normaalia pienempää pienen paksuutta vaativia standardiliitoksia. Oikea hitsausmenetelmä on merkattu hitsausmerkin avulla. Putkilaippojen ja laippojen hitsaukseen sovelletaan yleistä käytäntöä, joka soveltuu myös projektikohtaisiin kokoonpanoihin. Nämä standardiliitokset sopivat kaikkiin muuntajan rakenteessa esiintyviin kokoonpanoihin. Standardiosat on merkitty ABB:n sisäisen lajimerkkikäytännön mukaisesti.

Standardiliitoksien jälkeen ohjeessa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin muuntajan rakenteessa käytettäviä erikoishitsauksia. Ensimmäisenä osiona käsitellään muuntajan säiliötä, jossa on esitettynä yksityiskohtaisemmin kaikki säiliössä esiintyvät erikoishitsausliitokset. Ensimmäisenä tulee säiliön hitsauskokoonpano, jonka jälkeen eritellään tarkemmin säiliöön liittyviä hitsauskokoonpanoja, kuten seinäelementtien hitsaus. Samaa rakennetyyliä mukaillen on tehty myös kannen, paisuntasäiliön, jäähdyttimen ja kaapelikoteloiden hitsausohje.

9.2 Hitsausmerkkien yleisohjeen ulkoasu

Hitsausmerkkien yleisohjeen visuaalinen ilme suunniteltiin huolella. Ohjeen tekemisessä käytettiin apuna Aimo Peren koneenpiirustuksen kirjaa, jossa on kerrottuna tarkemmin tietokoneavusteisessa suunnittelussa huomioitavia asioita,

kuten kuvantojen tekemisestä ja asetelusta. Ohjeessa käytettiin useita 3D-kuvantoja kuvien sisällön selkeyttämiseksi. Lisäksi pienet yksityiskohdat näytettiin yksityiskohtaisilla kuvasuurenoksilla. Käyttöohjeessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon samanlaisia kuvantoja kuin valmistuspiirustuksissa käytetään, koska se helpottaa huomattavasti niiden ymmärtämistä.

Visuaalista ilmettä ja selkeyttä parannettiin pienillä teksteillä, joissa kerrotaan tarkemmin kuvasta. Tällaiset huomautustekstit on kirjoitettu lihavoidulla tekstillä, jotta vältetään niiden jäämistä kuvien varjoon. Ohje on laadittu niin, että jokainen sivu käsittelee aina eri kokonaisuutta, mikä helpottaa ohjeen käyttöä. Sivun alareunassa on kirjoitettuna kokoonpanolle vaadittavat erikoisuudet, kuten mahdolliset pyöristykset, ja viittaukset eri sivuilla esiintyville hitsausmenetelmille.

10 tulokset

Työn tuloksena syntyi yleisohje muuntajan rakenteissa toistuvasti esiintyvistä hitsausmerkeistä, jonka avulla voidaan rakennesuunnittelussa luopua yleisten ja toistuvien hitsausmerkkien lisäämisestä työ- ja kokoonpanopiirustuksiin. Tämän avulla toiminnan tehokkuutta saadaan parannettua. Hitsausohje ei kuitenkaan kata muuntajissa esiintyviä erikoishitsauksia, joten suunnittelijoiden pitää muistaa merkitä erikseen työkuviin tällaiset erikoistapaukset. Ohje on kokonaisuudessaan 36 sivun mittainen ja se toteutettiin A4-arkin kokoisena. Ohje toteutettiin tietokoneavusteisen konepiirustuksen sääntöjen mukaisesti, jotta vältetään mahdolliset ongelmat ohjeen ymmärtämisessä.

Hitsausmerkkien yleisohjeen avulla hitsausliitoksista saadaan paremmin vakiodut, jonka myötä myös muuntajien rakenteen laatu paranee. Ohje helpottaa myös hitsaajien toimintaa, kun liitokset hitsataan aina samalla tavalla, eikä valmistuskuvissa esiinny suunnittelijasta riippuvaa hajontaa merkintätavassa. Ohjeen valmistuksen aikana parannettiin myös useita muuntajassa esiintyviä liitoksia sekä vakioitiin tiettyjen muuntajassa esiintyvien kokoonpanojen hitsausliitoksia, kuten putkilaippojen, nostokorvien ja reikälaippojen. Lisäksi työ- ja kokoonpanopiirustuksista tulee selkeämpiä kokonaisuuksia, kun merkkien määrä vähenee huomattavasti.

Työn yksi tavoitteista oli suunnittelun läpimenoajan lyhentäminen. Hitsausohjeen ansioista suunnitteluajat lyhenevät noin 3-5 tuntia muuntajaa kohden. Vuoden aikana uusia muuntajia suunnitellaan noin 130 kappaletta, joten ajallinen säästö voi olla yhteensä jopa 90 työpäivää vuodessa. Rahallisena arvona tämä on noin 40 000€vuodessa, kun rakennesuunnittelu maksaa keskimäärin 55€ tunti. Lisäksi teräsosarakennesuunnittelun työn mielekkyys paranee ja suunnittelijoiden resursseja voidaan hyödyntää suuremman jalostusasteen tehtävissä.

Suunnittelun läpimenoajan lyhentämisen lisäksi hitsauksen yleisohje on helposti luovutettavissa myös ABB:n kanssa yhteistyötä tekeville tahoille kuten

alihankkijoille ja asiakkaille. Yleisohje luovutetaan alihankkijalle, kun alihankkijan tehtäviin kuuluu valmistaa hitsauskoonpanoja. Yleisohjeen avulla on myös helppo sopia uusia yhteistyösopimuksia, kun on esittää yleisohje, mikä kattaa kaikki muuntajan rakenteissa esiintyvät hitsausliitokset sekä niiden vaatimukset. Ohjeen avulla on myös paljon yksinkertaisempaa toimia yhteistyössä alihankkijan kanssa, koska hitsausliitokset on esitettyä yksiselitteisesti. Ohjeeseen on myös helppo vedota mahdollisten reklamaatioiden varalta. Hitsausmerkkien yleisohje voidaan tarvittaessa luovuttaa myös asiakkaalle, jos asiakas vaatii erittelyn muuntajassa käytettävistä hitsausliitoksista.

11 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön aiheen antoi ABB:n Vaasan muuntajatehtaan mekaaninen rakennesuunnittelu, jossa itse olen työskennellyt aiemmin harjoittelijana. Työ toteutettiin Pro ENGINEER Wildfire 4.0- 3D-suunnitteluohjelmistolla. ABB:lle tehty työ sisälsi käyttöohjeen valmistamista, 3D-mallinnusta, työpiirustuksien tekoa, hitsaamisen käsitteistöä sekä toiminnan kehitykselle ominaisten työkalujen käyttöä.

Työ aloitettiin tekemällä esitutkimus, jossa selvitettiin hitsausohjeen todellinen tarve sekä määriteltiin tarkemmin sen sisältö. Työn tavoitteena oli tehdä hitsausohje, joka kattaa kaikki muuntajan teräsrakenteissa toistuvasti esiintyvät liitokset ja samalla vakioida ja yhdenmukaistaa käytäntöjä. Lisäksi uusi toimintamalli tuli implementoida suunnittelujärjestelmiin. Esitutkimuksen ja oman kokemuksen perusteella päästiin hyvin nopeasti yksimieliseen tulokseen ohjeen sisällöstä.

Ohjeen sisältö valittiin huolella ja sen sisältö asetettiin etenemään loogisessa järjestyksessä muuntajan valmistuksen suhteen. Ohje toteutettiin kaksikielisenä englanniksi ja suomeksi, jotta se helpottaisi yhteistyötä ulkomaalaisten alihankkijoiden kanssa. Lisäksi ohjeen valmistuksessa otettiin huomioon sen päivitettävyyden.

Ohjeen avulla suunnitteluresurssit vapautuvat suuremman jalostusasteen tehtäviin ja samalla työn mielekkyys paranee. Samalla käytännöt erilaisten hitsausliitosten toteuttamisesta yhdenmukaistuvat ja tuotteen ja toiminnan laatu paranee.

Lähteet

- /1/ ABB lyhyesti. Viitattu 16.4.2012.
<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad01467/14467e96ae4b90e5c2256b9100250a88.aspx>
- /2/ ABB tänään. ABB:n sisäinen materiaali.
- /3/ Appel, V. 2012. Rakennesuunnittelija. ABB. Haastattelu 12.04.2012
- /4/ Härkönen, S. 1975. Teräskirja. s.2 . Suomen Teräksen- ja Metallintuottajien Yhdistys ry.
- /5/ Kaitila, O., 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Eurocode 3-oppikirja. s. 161-165. Forssan Kirjapaino Oy. Helsinki. Teräsrakenneyhdistys ry. 2010.
- /6/ Katainen, H., Mäkinen, A.,1994. Aineliihostekniikka. WSOY. Porvoo 1994.
- /7/ Kauppinen, A., Nummi, J., Savola, T. 10. painos. Edita Prima 2010. Kirjoittamisen ja puhumisen käsikirja. tekniikan viestintä. s. 134-136.
- /8/ Kyröläinen, A., Lukkari, J., Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus. 10-12. 2.painos. Gummerrus Kirjapaino Oy. 1999. Helsinki. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- /9/ Lepola, P., Makkonen, M. 2000. Materiaalit ja niiden käyttö. 15-16. 1. painos. WS Brookwell Oy . Porvoo.
- /10/ Muuntajatekniikan perusteet, ABB:n sisäinen materiaali
- /11/ PTC University Johdanto Pro/ENGINEER Wildfire 3.0:en Trainin Guide
- /12/ Rissanen, J. 2012. Layout-suunnittelija. ABB. Haastattelu 12.04.2012
- /13/ Teknologiateollisuus ry. 2002. 5.painos. Alumiinit. Raaka-aine käsikirja. Tammer-Paino Oy, Tampere 2006. Helsinki. Teknologiainfo Teknova Oy
- /14/ Teknologiateollisuus ry. 2001. 2.painos. Kuparimetallit. Raaka-aine käsikirja. Tammer-Paino Oy, Tampere 2001. Helsinki. Teknologiainfo Teknova Oy
- /15/ Toiminnankehitysprojektin arvoketju. Viitattu 20.4.2012.
[/http://www.pe.tut.fi/courses/systeeminen/liitteet/Toimintakehityksen_arvoketju/toimintakehityksen_arvoketju.html](http://www.pe.tut.fi/courses/systeeminen/liitteet/Toimintakehityksen_arvoketju/toimintakehityksen_arvoketju.html)

All rights reserved. In this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly prohibited. © Copyright ABB.

| Version | Revisor | Prepared | Date |
|---------|---------|----------|------|
| | | | |

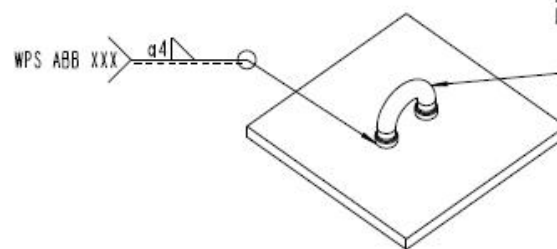
SISÄLLYSLUETTELO

1. Yleistä
2. Taustatietoa
3. Muuntajan rakenteen hitsaamisessa huomioitavaa
4. Hitsausohjeen valintataulukko
5. Hitsausliitokset
 - Kulmaliihto
 - Päittäisliihto
6. Erikoishitsaukset standardiosille
7. Nostokorvien hitsaus
8. Putkilaippojen hitsaus
9. Laippojen hitsaus
10. Säiliön hitsauskokoontyö
 - Seinäelementti 1
 - Seinäelementti 2
 - Seinäelementti 3
 - Seinäelementti 4
 - Seinäelementti 5
 - Seinäelementti 6
 - Seinäelementti 7
 - Pohjalevyn kokoonpano hitsaus
 - Kaulavanteen kokoonpanohitsaus
11. Kannen hitsauskokoontyö
 - Läpivientipöytä
 - Kaapelikotelo
12. Paisuntasäiliön hitsauskokoontyö
 - Paisuntasäiliön vaippa
 - Paisuntasäiliön päätyseinät
13. Kaapelikotelot
14. Jäähdytys patteri

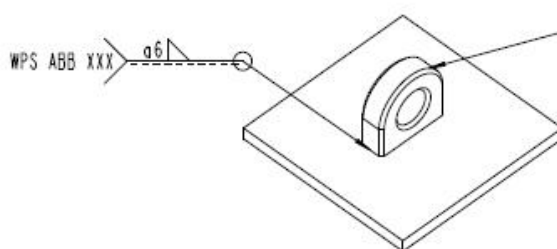
| | | | | | |
|---|-----|----------------------------|---------------------|---|-------------------|
| | | SISÄLLYSLUETTELO | | Side State Sheet 1:XX | |
| Design Arvostelu Department | GES | Talk Date 15.04.2012 | Author A.Ylisevä | Project KTPU/T | Version A |
|  | | Task Checked | A4 | Attachment No. History No. Document No. | Side Page 1 |
| | | Checked Approved | | | Side Page 1 |

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly prohibited. © Copyright ABB.

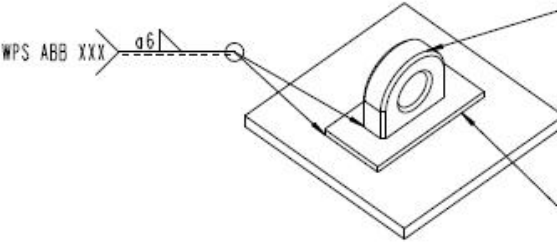
| Version | Revisor | Prepared | Date |
|---------|---------|----------|------|
| | | | |



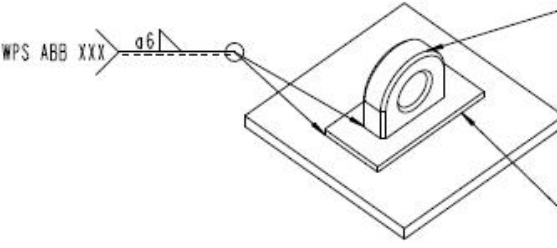
**Lifting lug type:
Nostokorvan lajimerkki:**
YHYHA 2B1



**Lifting lug type:
Nostokorvan lajimerkki:**
**KZOKD26;
KZOKD27;
KZOKD28;
KZOKD39;
KZOKD40;
KZOKD41;**



**Lifting lug with BDEA-STEEL FLAT
Nostokorva latalla**



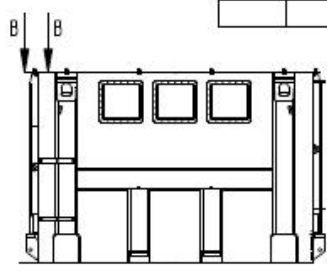
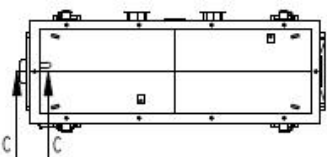
**Lifting lug type:
Nostokorvan lajimerkki:**
**KZOKD26;
KZOKD27;
KZOKD28;
KZOKD39;
KZOKD40;
KZOKD41;**
**BDEA-STEEL FLAT
BDEA-LATTA**

- These lifting lugs are to be welded according to this specification.
 - All kinds of other lifting lugs are to be fillet welded around; throat thickness 4mm.

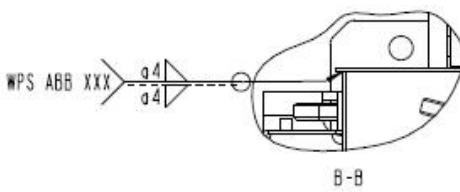
- Nämä kaikki nostokorvat hitsataan aina samalla tavalla.
 - Kaikki muut nostokorvat hitsataan aina ympärhitsauksella, pienän paksaus 4mm.

| | | |
|--|----------------------------------|--|
| LIFTING LUGS WELDING PROCEDURE NOSTOKORVIEN HITSAUSOHJE | | Sheet Sheet Sheet |
| Design Department ABB | Title 15.04.2012 A.Yliselä | Scale 1:XX Proj. KTPU/T Version A |
| Checked Drawn Evaluated Approved | A4 | Illustration No. / Drawing No. / Document No. Sheet Page 1 of 1 |

| Version | Revision | Prepared | Date |
|---------|----------|----------|------|
| | | | |

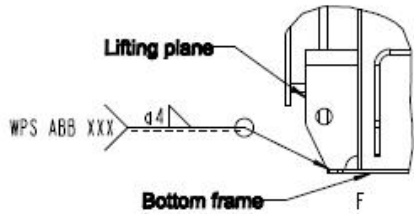



Corner joints of wall elements
Seinäelementtien kulmallitokset



WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

B-B

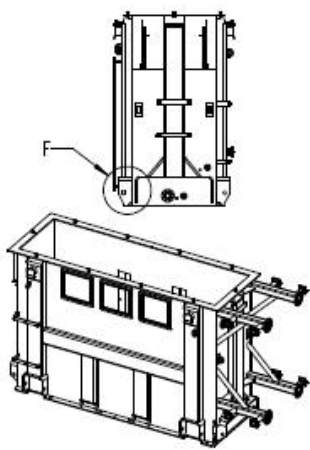


Lifting plane

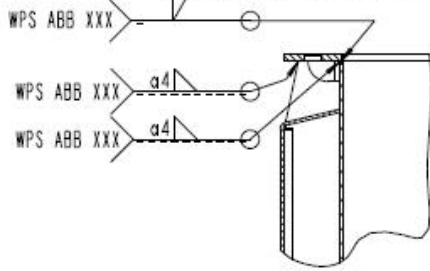
WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

Bottom frame

F



Top frame joints
Kaulavanteen liittokset

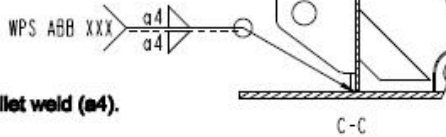


WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

Bottom plate joint
Pohjalevyn liitos



WPS ABB XXX $\frac{a4}{a4}$

C-C

- Above are shown special weldings of tank
 - All other joints are to be welded with continuous fillet weld (a4).
 - All sharp edges to be rounded min. R2.

- Yläpuolella on esitetty säiliön erikoishitsausliitokset.
 - Kaikki muut liitokset hitsataan ympärihitsauksella, pienän paksuus 4mm.
 - Kaikki terävät särmät pyöristetään min. R2.

| | | |
|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| TANK WELDING ASSEMBLY | | Scale 1:XX |
| SÄILIÖN HITSAUSKOKOONPANO | | Proj. |
| Designing Department: GES | Title: 15.04.2012 | Drawing Code: KTPU/T |
| | A. Yliselä | Version: A |
| | A4 | Sheet No. / Total No. / Document No. |
| Tarkastus / Checked | Sitten / Approved | Side / Page / Total |
| | | 1 / 1 / 1 |

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © Copyright ABB.

