

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Simo Tepponen

INDUKTIOUUNIN HUOLTO-OHJELMA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Simo Tepponen

Induktiouunin huolto-ohjelma, 61 sivua, 18 liitettä

Saimaan Ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotannonsuunnittelu ja kunnossapito

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Veli-Pekka Jurvanen, Opettaja, Saimaan ammattikorkeakoulu, Kai Turku,

Myyntipäällikkö, ABB OY Lappeenranta

Tässä opinnäytetyössä on laadittu induktiouunin huoltoa varten huolto-ohjeet, jotka sisältävät kaikki huoltoa koskevat toimenpiteet. Työ tehtiin ABB Oy Servicen käyttöön Lappeenrantaan.

Työssä käytetyt tiedot on kerätty ABB Oy:n esittelyiden, internet tietolähteiden, kirjallisuuden, haastatteluiden, vanhojen huoltoraporttien ja omakohtaisen empiirisen tutkimuksen pohjalta.

Työssä on huolto-ohjeiden lisäksi yritysesittely, induktiouunien teoriaa, kunnossapidon teoriaa sekä yrityksen sisäistä tiedonkäsittelyä koskevaa asiaa.

Lopputuloksena saatiin yksityiskohtaiset ja tarkat ohjeet kuvineen induktiouunin huoltamista varten. Ohjeet pitävät sisällään kaikki työvaiheet sekä toimenpiteet, joita tarvitaan oikeaoppisessa huollossa. Tekstistä löytyy myös parannusehdotuksia, joita voidaan hyödyntää korjaamoprosessin parantamisessa.

Avainsanat: Induktio, uuni, ABB, huolto, kunnossapito

ABSTRACT

Simo Tepponen

Maintenance manual for induction furnace 61 pages, 18 appendices

Saimaa University of Applied Science, Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Production technology and maintenance

Bachelor's Thesis 2011

Instructors: Veli-Pekka Jurvanen, Teacher, Saimaa University of Applied Science,
Kai Turku, Sales Manager, ABB Ltd., Lappeenranta

The purpose of this thesis work was to create a service manual for induction furnaces which includes all the measures needed for the maintenance. The thesis has been done for the use of ABB Service Ltd. in Lappeenranta.

Information used in the thesis has been gathered through the ABB Ltd. presentations, internet sources, literature, interviews, old reports and through experimental research.

For additional info the thesis also includes the presentation of ABB Ltd. theory for the main components and operation for induction furnaces, maintenance theory and information flow about service process inside ABB Ltd.

The end result was a detailed and precise manual for repairing induction furnaces. The manual includes photos and all necessary operations used in the maintenance. The text also includes improvement suggestions which can be used to develop the maintenance.

Keywords: Induction, furnace, ABB, maintenance, repair

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 YRITYSESITTELY	7
2.1 YRITYS.....	7
2.2 HISTORIA.....	7
2.3 TUOTTEET JA PALVELUT.....	8
2.4 LAPPEENRANNAN YKSIKKÖ.....	10
3 KUNNOSSAPITO JA HUOLTO	11
3.1 KUNNOSSAPITO.....	11
3.2 KUNNOSSAPITOLAJIT.....	11
3.2.1 Korjaava kunnossapito.....	12
3.2.2 Huolto.....	12
3.2.3 Ehkäisevä kunnossapito.....	12
3.2.4 Parantava kunnossapito.....	13
3.2.5 Vikojen ja vikaantumisen selvitys.....	13
3.3 KORJAAMOHUOLTO JA OHJEISTUS.....	14
3.3.1 Yleistä.....	14
3.3.2 Huolto-ohjeet.....	14
4 INDUKTIOUUNIN RAKENNE JA TOIMINTA	17
4.1 INDUKTIOUUNIT.....	17
4.2 INDUKTIOUPOKASUUNIT.....	18
4.3 INDUKTIOKOURU-UUNIT.....	22
5 TIEDONHALLINTA	25
5.1 SAP.....	25
5.2 TARJOUSPYYNNÖT JA TARJOUKSET.....	26
5.3 TÖIDEN VASTAANOTTO.....	27
5.4 TÖIDEN LÄHETYS JA LASKUTUS.....	28
6 INDUKTIOUUNIN HUOLTO	29
6.1 KUNTOARVIO JA MITOITUKSET.....	29
6.2 PURKU.....	31
6.3 ROMUTUS.....	34
6.4 VARAOSIEN TILAUS.....	34
6.5 RUNGON HUOLTO.....	34
6.6 KELAHUOLTO.....	37
6.7 IKEIDEN HUOLTO.....	40
6.8 KOEPONNISTUKSET.....	41
6.9 KOKOONPANO.....	45
6.10 MUURAUKSET.....	49
6.10.1 Valujen teko.....	50
6.10.2 Käytettävät muurauslaastit.....	53
7 DOKUMENTOINTI JA RAPORTOINTI	54

7.1 RAPORTTIEN TEKO	54
7.2 YRITYKSEN SISÄINEN DOKUMENTOINTI	55
8 YHTEENVETO.....	57
KUVAT	59
LÄHTEET	60

LIITTEET

- LIITE 1 Tarjouslaskentaesimerkki
- LIITE 2 Tikkuri Termal Alumiini tuoteseloste
- LIITE 3 Tikkurila Termal GF Primer pohjamaali tuoteseloste
- LIITE 4 DEMODOX 110 pintamaali tuoteseloste
- LIITE 5 ISOGLAS H 0720 Sidontanauha
- LIITE 6 NEFALIT Palopahviesite
- LIITE 7 MIKANIITIT Esite
- LIITE 8 SILIKAT 1400 FI Lasikuitukankaan ominaisuuksia
- LIITE 9 AP-3 Kevytmetallien pesuaine tuoteseloste
- LIITE 10 Koeponnistuksen raporttipohja ENG
- LIITE 11 Keernaliiman tuoteseloste
- LIITE 12 Megger BMM80 Tekniset tiedot
- LIITE 13 Quick Cast 82 Tuoteseloste
- LIITE 14 MINRO-AL Cast A44 Tuoteseloste
- LIITE 15 Protector letkujen tuoteseloste
- LIITE 16 Huoltoraporttiesimerkki
- LIITE 17 Lisätyöraporttiesimerkki
- LIITE 18 Osoitekortti

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään ABB Oy:n Lappeenrannan huoltokeskuksen toimesta. Työn pääkuva pitää sisällään selkeiden ohjeiden laatimisen kokonaisvaltaisen induktiouunin määräaikaishuoltoon tai vikaantumisesta aiheutuneeseen huoltoon. Työn tarkoituksena on tehdä huoltomanuaali, joka sisältää kaikki induktiouunihuollossa tarvittavat huolto- ja korjaustoimenpiteet. Tutkimme myös onko nykyisessä induktiouunihuollossa ongelmia ja työvaiheita, jotka vaatisivat kehittelyä ja parannusta. Kyseisiin ongelmiin pyritään kehittämään ratkaisuja, joiden ansiosta uunihuollosta saisi nopeamman ja kustannustehokkaamman.

Työssä tapahtuva tiedonkeruu perustuu pääosin huoltoraportteihin, valokuviin ja dokumentteihin. Suurimmassa osassa on kuitenkin empiirinen käytännön oppi 8 viikon työharjoitteluni aikana, jonka pohjalta teen omia muistiinpanoja. Valokuvaan ja dokumentoin työvaiheita ja ilmeneviä ongelmia. Käsiteltäviä asioita ovat töiden vastaanottoja, laskutusta, raportointia ja dokumentointia koskevat toimenpiteet. Tiedonkulkua asiakkaan ja yrityksen välillä pyritään ohjeistamaan sekä parantamaan. Myös asiakkaan luona tapahtuvaan huoltoon ja asennustoimenpiteisiin tutustutaan.

Aluksi on hyvä tutustua korjaamohuollon ja ohjeiden laatimisen teoriaan. Työssä käsitellään keskeisiä ja tärkeitä asioita, joita vaaditaan tuottavan ja hyvin hallitun korjaamotoiminnan aikaansaamiseksi. Työturvallisuus ja lupa-asiat ovat tärkeä osa huolto ja kunnossapitotöitä, etenkin työskenneltäessä kenttäolosuhteissa asiakkaan luona. Työssä esitellään myös erilaiset induktiouunimallit, niiden rakenteet ja niihin liitettävät käyttölaitteet.

2 YRITYSESITTELY

Tässä luvussa tutustutaan ABB:n toimintaan, tuotteisiin sekä yrityksen perustuksen ja kehityksen historiaan. Apuna esittelyssä on ollut yrityksen sisäinen tietoverkko, sekä yrityksen yleisesittely.

2.1 Yritys

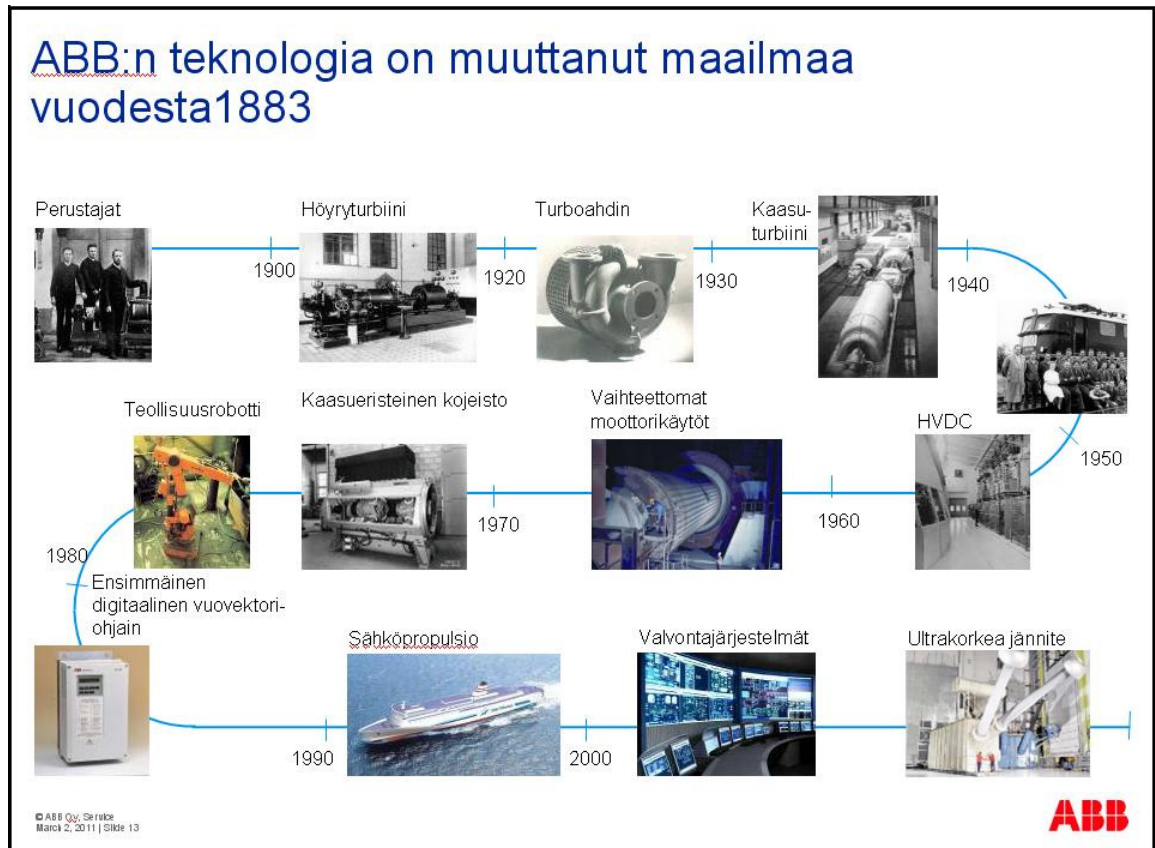
ABB on maailman johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä ja on markkinajohtaja kaikilla tärkeimmillä liiketoiminta-alueilla. ABB työllistää 117000 henkilöä noin 100:ssa eri maassa. Yhtiön liikevaihto oli vuonna 2009 32 miljardia USD. Yhtymä perustettiin 1988 ja sen pääkonttori sijaitsee Sveitsissä. ABB:n valmistamat tuotteet, järjestelmät ja palvelut auttavat asiakkaita hyödyntämään sähköä tehokkaasti, tuottavasti ja ympäristöystävällisesti.

Suomessa ABB työllistää noin 7000 henkeä 40:llä eri paikkakunnalla. Suomen toiminnan osuus liikevaihdosta on 2,3 miljardia EUR, tutkimus ja kehitystyöhön sijoitetaan 130 miljoonaa EUR vuodessa. Tehdaskeskittymät Suomessa sijoittuvat Vaasaan ja Helsinkiin. Huoltokeskuksia ABB:llä on Suomessa 28, joiden toiminta ulottuu 40:lle paikkakunnalle. (ABB Service, Yleisesittely 2010.)

2.2 Historia

Vuonna 1889 Gottfrid Strömberg perusti Strömberg Oy:n joka kauppasi BBC:n tuotteita Suomessa. Vuosien 1928 - 1943 aikana Asea ja BBC omistavat kumpikin 14,2 % Strömbergistä. Vuonna 1962 Asea ehdottaa teknologiayhteistyötä BBC:n kanssa kuitenkin onnistumatta saamaan aikaan sopimusta. 1963 BBC perustaa tytäryhtiönsä Suomeen. Vuonna 1983 BBC ja Asea myyvät osuutensa Kymi Kymmenelle ja Kymi-Strömberg Oy perustetaan. Vuonna 1987 Asea ostaa Kymi-Strömberg Oy:n. 1988 Asea ja BBC yhdistyvät ja perustavat ABB:n. Alla olevasta

kuvasta näemme ABB:n tuotteet ja niiden kehityksen 1883-2010. (ABB Service, Yleisesittely 2010).



Kuva 2.1 ABB tuotekehityshistoria.

2.3 Tuotteet ja palvelut

ABB:n tuotevalikoimiin kuuluu sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, sähkökäytöt ja kappaletavara-automaatio, pienjännitetuotteet sekä prosessiautomaatio. Teknologia palvelee tehtaissa muun muassa sähkökäytöissä AC/DC - moottoreissa, muuntajissa sekä taajuusmuuntimissa. Sähkönjakeluverkostoissa ja siirroissa käytetään ABB:n komponentteja. Merikäytössä sovelletaan erilaisia sähköisiä propulsiosovelluksia. ABB tarjoaa erilaisia automatisoituja ohjausjärjestelmiä paperiteollisuuden prosesseihin. Nosturisovelluksia on aina 0,5 tonnista 100 tonniin. ABB valmistaa erilaisia automatisoituja robotteja tuotannon tueksi.

Suomessa sijaitsevissa tehtaissa Helsingissä ja Vaasassa valmistetaan moottorit, erikoismuuntajat, pienjännitekojeet, keskijännitekojeet, sähkön siirto- ja jakelujärjestelmät, voimantuotannonjärjestelmät, teollisuuden sähköistykset, sähkökoneet, taajuusmuuttajat, prosessiteollisuuden- sekä marinetuotteet. Lisäksi Porvoon tehtaassa valmistetaan asennustuotteet.

Maailmanlaajuinen huoltoverkosto palvelee asiakkaitaan 100:ssa eri maassa. Huolto- ja tukipalveluihin kuuluvat ennakkohuollot, korjaukset ja kunnostukset, asennukset ja käyttöönotot sekä etädiagnostiikka ja tuotetuki. Varaosien ja sarjojen lisäksi ABB järjestää varaosavarastojen ja -logistiikan hallinnan, takuun ja laajennetut takuupalvelut, henkilökunnan koulutuksen, e-learning koulutukset sekä uusinnat, päivitykset ja järjestelmien laajennukset. EPM laitesuorituskyvyn hallinta toteutetaan käytettävyy- ja käyttövarmuusanalyysien pohjalta rakennetuilla huolto- ja ylläpitosuunnitelmillä. ABB ottaa vastuuta myös laitteiston suorituskyvyn kehittymisestä sekä laajennuksista ja uusintoista sopimuksen mukaan. Alla sijaitsevassa kuvassa ABB:n slogan ja logo.



Kuva 2.2 ABB Slogan ja Logo

Asiakkaan halutessa parantaa tuotantoprosessin tehokkuutta ABB tekee selvitykset prosessien tuotantotehokkuudesta ja energiatehokkuudesta. Muita toimenpiteitä ovat OEE-mittaukset, kriittisyys- ja riskikartoitukset sekä käytettävyy- ja käyttövarmuusanalyysit.

Yrityksellä on myös käytössä ABB Full Service palvelu jossa, koko tehtaan huolto ja kunnossapito, kunnossapidon kehitys ja johtaminen, metodit tuotanto- ja energiatehokkuuden kehittämiseen sekä kunnossapitohenkilöstö siirtyy ABB:n palve-

lukseen. ABB Full Service parantaa tuotannon tehokkuutta ja kannattavuutta sekä lisää luotettavuutta ja pidentää prosessilaitteiden elinkaarta. Toimintamallin ylivoimaisuus perustuu siihen, että huolto ja kunnossapito on ydinliiketoimintaa. (ABB Service, Yleisesittely 2010.)

2.4 Lappeenrannan yksikkö

Lappeenrannan yksikkö sijaitsee Lauritsalan kaupunginosassa. Huoltokeskus työllistää tällä hetkellä 33 henkilöä. Vuoden 2010 lopulla avatussa uudistetussa huoltokeskuksessa suoritetaan erilaisten sähkömoottoreiden puhdistukset, huollot, käämitykset sekä maalaukset. Sähkönjakelu- ja käyttöpuolella huolletaan erilaiset korkeajännite- ja sähkönjakelulaitteistot, taajuusmuuttajat sekä katkaisimet. Lisäksi korjaamosta löytyy induktiouuniosasto, johon tässä työssä pääsääntöisesti keskitytään. Siellä huolletaan erilaiset induktiouuneihin liittyvät määräaikais- ja vikaantumishuollot. Osa korjaamon henkilökunnasta suorittaa myös asennuspalelujä asiakkaan luona, joko huoltoa paikan päällä tai erilaisien korjaamolla huollettujen tai sinne tulevien laitteiden purkua ja asennusta. Korjaamosta löytyy myös tasapainotuspiste, jossa suoritetaan akseleiden siipipyörien ja muiden pyörivien koneenosien tasapainotuksia.

Korjaamo on jaettu osiin tiettyjen työvaiheiden ja mallien mukaan. Nämä sektorit ovat sähkönjakelu, keikkavarasto, käämintä, kemikaalivarasto, tasapainotus, tilityöt, purku- ja kokoonpanotyöt, maalaamo, puhdistus ja pesu, kuivaus- ja lämmitysuunit, lastaus sekä induktiouuniosasto. Lisäksi ulkona sijaitsee yhden ulko-varaston lisäksi väliaikainen pressukatos.

3 KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

Tässä luvussa käsitellään kunnossapidon ja huollon teoriaa. Mitä on kunnossapito ja mitä asioita tulee ottaa huomioon kunnossapidettävän kohteen huoltotöissä?

3.1 Kunnossapito

Kunnossapito on erilaisten prosessien, koneiden, laitteiden, rakennusten, teiden sekä erilaisten vesi- ja viemäriverkostojen pitämistä toimintakunnossa niin, että ne toimivat luotettavasti.

Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306-standardissa seuraavasti: Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan sille vaaditun toiminnon.

Tavoitteita tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden elinkaaren aikana ovat: Varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys. Valita ja käyttää sopivimpia kunnossapidon menetelmiä, joilla voidaan hallita ja ehkäistä tuotantovälineiden vikaantumista ja niistä aiheutuvia seurauksia. Kaikkien kunnossapitohenkilöiden asianmukainen koulutus kunnossapidettävälle kohteelle tai laitteistolle. (Järviö 2007, 10-11.)

3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jakaa viiteen eri päälajiin, jotka ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.

3.2.1 Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon keinoin vialliseksi todettu osa tai komponentti palautetaan käyttökuntoon. Korjaavassa kunnossapidossa saatujen suoritusaikojen avulla voidaan laskea korjattavan komponentin tai osan elinaikaa. Korjaavaa kunnossapitoa voi olla joko häiriökorjaus, joka ilmenee usein yllättäen, tai kunnostusta, joka on suunniteltua toimintaa. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät toiminnot ovat vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus sekä toimintakunnon palauttaminen.

3.2.2 Huolto

Huoltamalla kohdetta pyritään pitämään yllä kohteen käyttöominaisuuksia ja palautetaan sen heikentynyt toimintakyky jo ennen vian syntymistä. Jaksotettu huolto tehdään määrävälein. Huoltovälit määräytyvät käyttöajan ja –määrän mukaan ottaen huomioon käytön rasittavuuden ja ympäristöstä aiheutuvat tekijät. Jaksotettuun huoltoon sisältyvät seuraavat toimet: toimintaedellytysten vaaliminen eli käytännön suorittama kunnossapito, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toimintakyvyn palauttaminen.

Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. SFS-EN 13306-standardi kuitenkin ryhmittelee toiminnot eri tavalla.

3.2.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohteen suorituskykyä ja parametreja. Tarkoituksena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen/laitteen suorituskyvyn heikkenemistä. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan säännöllisesti aikataulutettuna tai jatkuvana tai sitä tehdään vaadittaessa. Tuloksista saaduilla tiedoilla voidaan suunnitella kunnossapidon aikatauluja ja tehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toiminnot: tarkastaminen, kunnonvalvonta,

määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi.

Kunnonvalvontaa voidaan tehdä koneen toimiessa tai seisokin aikana. Valvonnalla paikallistetaan oireilevia vikoja ja todetaan havaintojen avulla onko kohde toimintakunnossa.

3.2.4 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakennetta muutetaan käyttämällä uusia ja paranneltuja osia tai komponentteja, mutta kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. Esimerkkinä voidaan mainita vanhan tasavirtakäytön korvaaminen taajuusohjatulla oikosulkumoottorilla.

Toisen pääryhmän muodostavat erilaiset uudistukset ja korjaukset, joissa kohteen epäluotettavuus paranee. Tarkoitus on tehdä kohteesta luotettavampi, eikä niinkään muuttaa sen suorituskykyä.

Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, jossa laitteen suorituskyky muuttuu. Yleensä modernisaatio uudistaa myös koneen ohella myös valmistusprosessin. Esimerkiksi jos vanhentuneella paperikoneella ei pystytä enää valmistamaan kilpailukykyisesti uutta paperilajia, mutta koneen elinkaari ei ole lähellä loppua, on usein kannattavampaa uudistaa vanhaa konetta kuin hankkia täysin uusi laitteisto.

3.2.5 Vikojen ja vikaantumisen selvitys

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi ole laskettu kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi. Näitä asioita ei ole siis käsitelty kunnossapidon standardeissa. Asiantuntijoiden mielestä kuitenkin vikahistorioiden ja riskianalyyysien käyttö

muodostuu erääksi tärkeimmistä kunnossapitoa säätelevistä tekijöistä ja siksi ne tulisi ottaa huomioon oikeaoppisessa kunnossapidossa. Vikojen selvittämisellä pyritään selvittämään vikaantumisen perussyyn ja vikaantumisprosessi. Tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon uusiutuminen. Tavanomaisia käytettäviä menetelmiä ovat: vika-analyysit, vikaantumisen selvittäminen, mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analyysit, vikaantumispotentiaalin kartoitukset sekä riskinhallinta.

(Järviö 2007, 36-40)

3.3 Korjaamohuolto ja ohjeistus

ABB:n korjaamolla suoritettavat induktiuunihuollot ovat sopimuksesta riippuen pääasiallisesti määräaika- ja vikaantumisesta aiheutuneita huoltoja. Näin ollen kunnossapitolajit joihin korjaamoprosessi kuuluu, on korjaavan kunnossapidon ja huollon yhdistelmä. Vikojen ja vikaantumisen selvitys on myös tärkeä osa korjausprosessia, että asiakasta voitaisiin ohjeistaa ja neuvoa uunin käytössä, ettei sama yllättävä vikaantuminen ilmaannu.

3.3.1 Yleistä

Yleinen pohja ohjeiden teosta ja asioista, joita ohjeen tulee pitää sisällään, löytyy standardista SFS-EN 62079. Standardi käsittelee kokonaisvaltaista ohjeen tai manuaalin tekoa laitteen käyttöä koskien. Ohjeessa tulisi käsitellä kaikki asiat niin tuotteen käsittelyyn, varastointiin, asentamiseen, käyttöönottoon ja huoltoon liittyen. Tässä opinnäytetyössä pääpaino on kuitenkin huollolla ja kunnossapidolla, jonka ohjetta standardia soveltamalla valmistamme.

3.3.2 Huolto-ohjeet

Ohjeissa tee-se-itse-henkilölle tarkoitettut huolto-ohjeet on selvästi erotettava ammattihenkilöille tarkoitetuista ohjeista. Erytistietoa ja erikoistaitoa vaativat työtehtä-

vät on ohjeistettava yksinomaan ammatti-ihmistä varten, kuten huoltohenkilökunta ja koulutetut teknikot.

Jos tuotteen käyttäjä pystyy suorittamaan kunnossapitotehtävät kohteelle ilman, että siitä aiheutuu vaaraa työn suorittajalle, muille ihmisille, ympäristölle ja tuotteelle, on ohjeessa huoltotoimet ja niihin liittyvät kuvat ja tiedot esitettävä tämän standardin mukaan. Nämä tiedot ovat:

- huoltotoimien luonne ja tiheys
- ennakoiva huolto, huoltovälit ja turvatarkastukset
- selvä merkintä siitä, saako käyttäjä itse tehdä huoltoa ja vianetsintää vai onko kyseiset toimet jätettävä ammattilaisille
- varotoimet
- varoituslaitteiden säännölliset tarkastukset
- puhdistukseen liittyvät ohjeet
- toimittajan tai muun teknisen tuen yhteystiedot.

Ammattilaisille tarkoitettua huoltoa ja vianetsintää koskevat ohjeet:

- tarkistuksien luonne ja tiheys
- käytössä olevien jännitteisten laitteistojen huoltoon liittyvät turvatoimet ja varoitukset
- vianetsintää ja vikojen tunnistamista koskevat tiedot
- korjausta ja säätöjä koskevat ohjeet
- tuotteeseen sisältyvien vianetsintäjärjestelmien kuvaus
- piirustukset ja kaaviot joiden avulla pystytään jäljittämään viat
- varoituslaitteiden säännöllinen tarkastus
- puhdistukseen liittyvät ohjeet
- säännöllisin väliajoin tehtävät toimet aikataulutettuna
- toimittajan tai muun teknisen tuen yhteystiedot.

Kun huollettavaan kohteeseen tulee tilata varaosia ja tarvikkeita, tulee ohjeissa olla niitä toimittavien tahojen yhteystiedot. Varaosista tulisi toimittajan toimesta olla tehty varaosaluettelo, josta tuotenimen ja tuotenumeron avulla saadaan tilattua oikeanlainen osa.

Jos korjaus- tai asennustöissä käytetään erikoistyökaluja, joita käytetään vain erikoistilanteissa, on näistä oltava maininta yleisohjetta eriävässä osiossa. Ohjeissa on selostettava lisävarusteiden ja muiden laitteiden väliset kytkennät ja mahdollisten irrotettavien osien ja erikoisvarusteiden käyttö ja sijainti. Osia korjattua ja vaihdettua on tarkistettava, vaatiiko laite sen jälkeen kokeiden suorittamista, jotta laite toimisi sille tarkoitetulla tavalla varmasti ja luotettavasti.

Jos tuote huollon yhteydessä todetaan käyttökelvottomaksi tai sen korjaaminen tulee uuden laitteen hankintaa kalliimmaksi, on tuotteen hävittämiseksi tehtävä ohjeet. Ohjeissa on mainittava toimenpiteet tuotteen purkamiseen liittyen. Lisäksi käsitellään tiettyjen osien turvallisuus ja ympäristöriskit. Jos tuotteen turvallinen purkaminen ja kierrättäminen vaatii erikoistoimenpiteitä, on ne määriteltävä. Jos tuote sisältää ympäristölle ja ihmisille vaarallisia aineita tai kemikaaleja, on niiden hävittämiseksi olevat ohjeet annettava käyttäjälle tai huoltohenkilökunnalle. (Standardi SFS-EN 62079, 42-46.)

4 INDUKTIOUUNIN RAKENNE JA TOIMINTA

Tämä luku käsittelee induktiuunin rakennetta ja toimintaa. On hyvä saada yleiskäsitys induktiuunin rakenteesta ja sen toiminnasta sekä käyttölaitteista, jotta ymmärtäisimme paremmin huollon merkityksen ja tiettyjen osa-alueiden tärkeyden.

4.1 Induktiouunit

Induktiouunit ovat nykypäivänä yleisimpiä Suomessa rautaromun ja valuraudan sulatukseen ja sulan kuumanapitoon tarkoitettuja uuneja. Ne ovat alkaneet syrjäyttää valokaari- ja kupoliuuneja monissa valimoissa. Tähän vaikuttaa valurautojen laatuvaatimusten kohoaminen ja induktiuunien tekninen kehitys. Induktiounien kehitys on tehnyt valurautojen sulatuksen ja kuumanapidon taloudellisesti kannattavaksi, lisäksi pölypäästöt ovat huomattavasti alemman kuin esimerkiksi kupoliuuneissa. Induktiouuni saa energiansa pelkästään sähköstä eikä täten tarvitse fossiilista polttoainetta toimiakseen.

Induktiouunit soveltuvat myös kupariseosten ja kevytmetallien sulatukseen. Tyypilliset sulatuksessa käytettävät uunikoot ovat 0,5 - 20 tonnia, kuumanapitoon tarkoitettut uunit voivat olla huomattavasti suurempiakin. Induktiounien toiminta perustuu pyörrevirtoihin, jotka syntyvät metallipanoksessa, kun vaihtovirtaa johdetaan panoksen ympäri kulkevassa kuparikäämissä. Nämä pyörrevirrat kuumentavat ja lopulta sulattavat panoksen.

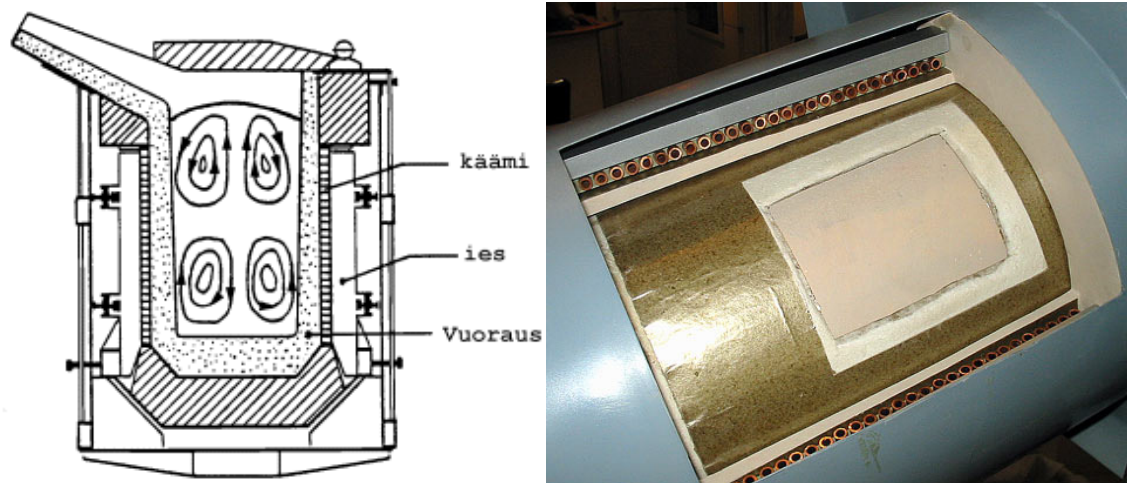
Induktiounien investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset ovat pienet verrattuna vastaavankokoiseen valokaariuuniin. Helpoimmissa sovelluksissa käyttöhenkilöstön koulutus ei vaadi pitkäaikaista koulutusta, eikä niin suurta henkilöstötarvetta kuin valokaariuunit. Haittapuolina mainittakoon, ettei induktiuuneissa voida mellottamalla poistaa hiiltä sulasta yhtä tehokkaasti kuin valokaariuunilla. Rikin ja fosforin poisto ei myöskään emäksisillä kuonilla onnistu, happaman vuorausmassan takia.

Upokasuuneja voidaan myös taajuusmuuttajan avulla ajaa eri taajuuksilla. Vielä 1970-luvulla verkkotaajuusuunit olivat yleisimpiä malleja, mutta nykyään tehokkaammat keskitaajuusuunit ovat alkaneet syrjäyttämään verkkotaajuusuuneja. Verkkotaajuusuuneissa sulan voimakas kiertoliike nopeuttaa seosaineiden liukenemistä sekä lämpötilan tasaantumista. Sulatuksessa sulaan sekoittuu ilmasta happea, täten verkkotaajuusuunit eivät sovellu terästen sulatukseen. Nykyisin verkkotaajuusuuneja käytetään pääasiassa sulan kuumenapitoon. Keskitaajuusuunit ovat huokeampia hankkia, mutta ne säästävät enemmän energiaa ja sulatus tapahtuu nopeammin. Keskitaajuusuuniin voidaan myös laittaa tyhjiltään pienempiäkin sulatuspanoksia, kun taas verkkotaajuusuunit vaativat minimissään 200 mm paksuisen alkupanoksen.

Induktiouunit jaetaan kahteen pääryhmään: induktioupokasuunit, joita käytetään pääasiassa sulatukseen, sekä induktiokouru-uunit, joita taas käytetään sulan kuumenapidossa. Korkeataajuus-sovelluksia voidaan käyttää vain upokasuuneissa, kouru-uunit toimivat aina verkkotaajuudella. (Meskanen & Toivonen s.12-14)

4.2 Induktioupokasuunit

Kuvasta (4.1) nähdään induktiouunin rakenne: uloimmaisena on teräsrunko, johon ikeet ovat kiinnitetty. Ikeet puristavat kuparista tehtyä käämiä yläpuolelta alemmaa kelamuurausta vasten ja sivuttaissuunnassa tukien ja samalla keskittäen käämin oikealle paikalleen. Käämin sisäpintaan, alapuolelle ja kansiosaan tehdään kelamuuraus, joka uusitaan tietyn määräjän kuluessa huollon yhteydessä. Ennen uunin käyttöönottoa uuniin tehdään vielä kulutusvuoraus, joka näkyy kuvassa. Kulutusvuorauksen uusintaväli riippuu uunin käyttötunneista, sulatettavasta materiaalista ja muista uuniin vaikuttavista ulkoisista tekijöistä. Kulutusvuoraus on yleensä valmistettu siten, että koko vuoraus on nostettavissa kokonaisuudessaan irti huollon yhteydessä uunin pohjaan sijoitettavalla sylinterillä.

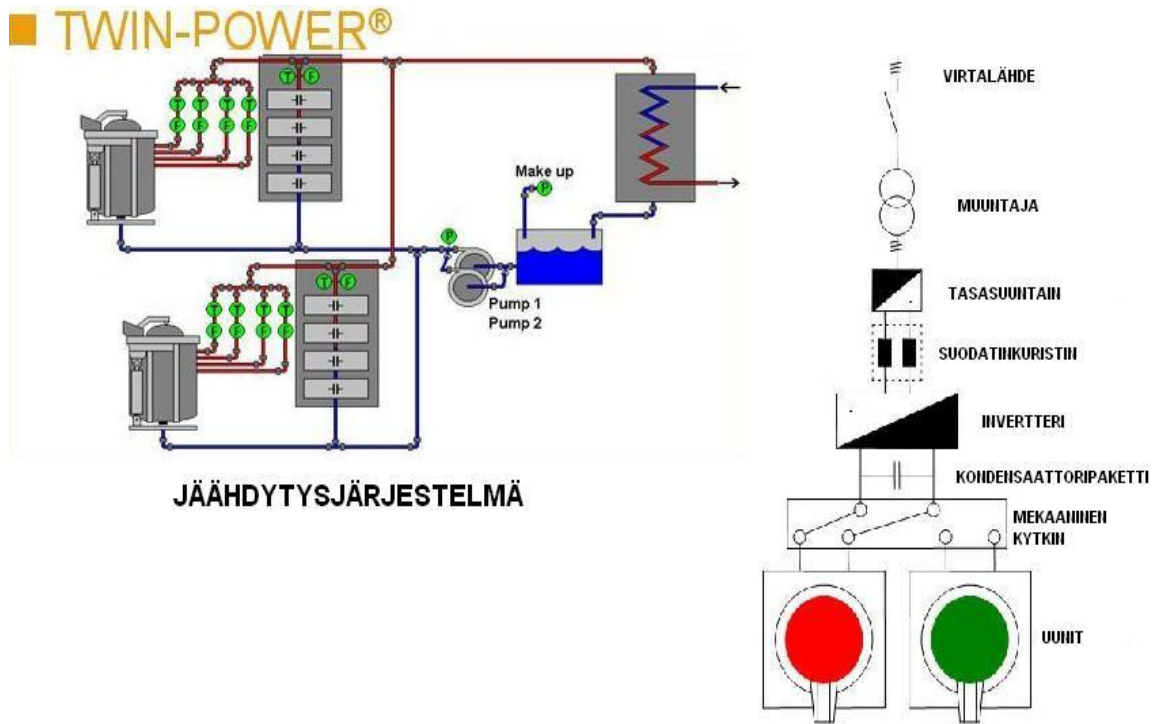


Kuva 4.1 Induktioupokasuunin rakenne.

Sulatukseen käytettävä virta johdetaan kuparikäämiin, jonka sisällä kulkee jäähdytysvesi. Keskitajuusuuneissa sulan pinta on alle käämin yläpinnan, kun taas verkkoataajuusuuneissa sulan pinta ylettyy käämin pinnan yläpuolelle, kuten kuvassa näkyy. Kelan käämit on eristettävä toisistaan ja itse käämi uunin rakenteesta. Ikeet ovat levypaketteja, jotka on rakennettu muuntajalevyistä. Ikeiden tehtävä on estää pyörrevirtojen syntymistä uunin runkorakenteisiin ja näin pienentää induktiivista häviötä sekä parantaa uunin hyötysuhdetta. Induktiouuneja toimitetaan ja käytetään yleensä pareittain, mutta vain yhdellä muuntajalla. Toisen upokkaan sulattaessa, voidaan toista käyttää seostukseen ja kuumanapitoon. Uuneihin kohdistuvat huollot voidaan myös ajoittaa niin, että seisokeilta vältytään.

Haluttua virrantaajuutta uuneihin säädellään tyristoriohjattujen muuttajien avulla. Viimeisintä kehitystä ovat diodikäyttöiset muuttajat. Sähköiseen järjestelmään kuuluu myös käämin kanssa rinnankytketyt kondensaattoriparistot, joilla kompensoidaan uunin ottamaa loistehoa. Paristojen avulla säädetään tehokerrointa, joka pyritään pitämään lähellä yhtä. Markkinoilla on myös taajuussäädettäviä uuneja joissa voidaan sulatuksen alussa käyttää suurempaa taajuutta, jotta pienempi teräsromu saadaan sulatettua. Lopuksi taajuutta voidaan alentaa, mikä edistää sulan sekoittumista ja seostamista. On myös suositeltavaa käyttää kahta erillistä uunia rinnakkain. Hyöty ilmenee myös siinä, että toisen uunin vikaantuessa toinen uuni voidaan

pitää käytössä, joten tuotantokatkoksia ei tule. ABP Twin power ratkaisu käyttölaitteineen kuvassa (4.2).

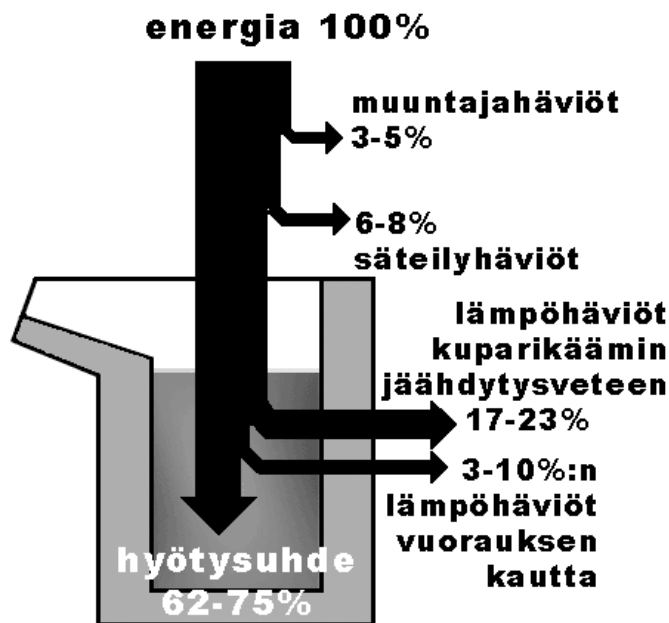


Kuva 4.2 Induktiouunijärjestelmän rakenne ABP Twin Power

Kuvasta (4.3) näemme induktiuunin hyötysuhteen ja häviöt. Suurin osa energiasta poistuu lämpösäteilyllä, sekä lämmönvaihtimeen jäähdytysveden kautta. Uunilta palaavan lämpimän jäähdytysveden kiertoa kannattaa suurimmissa valimoissa hyödyntää esimerkiksi valimon muiden tilojen lämmittämiseen.

Induktioupokasuunit voidaan luokitella virrantaajuuden mukaan neljään ryhmään:

- verkkotaajuusuunit 50 Hz
- välitaajuusuunit 50-250 Hz
- keskitaajuusuunit 250-1000 Hz
- suurtaajuusuunit 10 000 Hz.



Kuva 4.3 Induktiouunien energiahäviöt.

Yleisimmät käytössä olevat uunityypit ovat verkkotaajuus- ja keskitaajuusuunit. Suurtaajuusuuneja käytetään vain erikoissovelluksissa, kuten jalometallien sulatuksessa.

Mitä korkeampi taajuus uunissa on, sitä pienempää romua sillä voidaan sulattaa. Keskitaajuusuuneilla voidaan sulatus aloittaa ilman alkupanosta ja pienikokoisella romulla. Keskitaajuusuuneissa sulatusteho on huomattavasti suurempi kuin verkkotaajuusuuneilla. Taajuuden kasvaessa voidaan uuniin syöttää suurempia tehoja. Raudan seostus ja hiilletys taas on vaikeampaa keskitaajuusuuneissa, sulan pienen kiertoliikkeen vuoksi. Keskitaajuusuuneissa sulan päälle muodostuva kuona suojaa sulaa paremmin, jolloin ilmasta ei pääse sekoittumaan sulan sekaan haitallisia kaasuja ja epäpuhtauksia. Tämä mahdollistaa terästen, kupari- sekä kevytmetallien sulatuksen.

Kuvassa (4.4) olevasta taulukosta näemme erikokoisten keskitaajuusuunien kokoa. Taulukosta näemme, että suurempien uunien käyttö tulee pitemmän ajan sisään

paljon edullisemmaksi kuin pienempien. Vaikka käytettävät tehot ovat suuremmat, niin kilokohtainen ominaisteho saattaa kuitenkin olla jopa 3 - 4 kertaa pienempi.

Uunin koko (kg)	Taajuus (kHz)	Teho (kW)	Ominaisteho (kW/kg)	Sulatusaika (min)
20 - 50	4,0 - 3,0	70 - 120	3,5 - 2,4	8 - 20
50 - 100	3,0 - 1,5	120 - 200	2,4 - 2,0	10 - 30
100 - 350	1,5 - 1,0	200 - 320	2,0 - 0,9	15 - 35
350 - 1000	1,0 - 0,5	320 - 700	0,9 - 0,7	20 - 40
1000 - 2000	0,5	700 - 1250	0,7 - 0,5	35 - 55

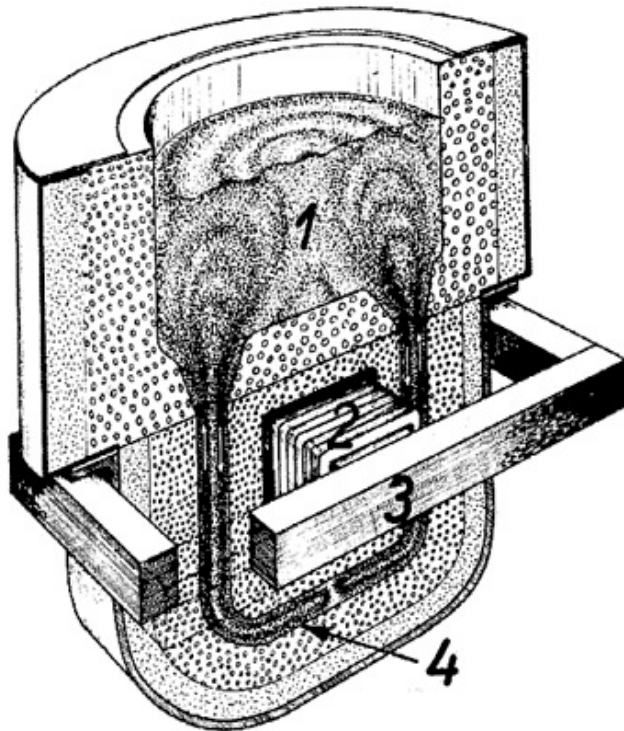
Kuva 4.4 Tyypilliset keskitaajuusuunin koot ja ominaisuudet.

Verkkotaajuusuunit ovat hinnaltaan edullisempia kuin keskitaajuusuunit, koska näissä ei tarvitse käyttää taajuusmuunninta. Suuri alkupanostus tarvitaan, kun sulatus aloitetaan, pienin kappalekoko on 200 mm. Sulan virtausvoimakkuudella on suora yhteys käytettävään taajuuteen ja tehon suuruuteen. Mitä pienempi on taajuus ja mitä suurempi on käytettävä virta, sitä nopeampaa on sulan virtaus. Verkkotaajuusuuneissa ei voida siis käyttää niin suuria virtoja kuin keskitaajuusuuneissa, koska se aiheuttaisi sulan räiskymistä, vaaratilanteita sekä uunin vuorauksen voimakasta kulumista. Suuren sulan virtauksen takia sulan pintakuona rikkoutuu ja sulaan pääsee haitallisia kaasuja. Tämä vaikeuttaa terästen ja metallien sulatusta. Sulan kuumana pitoon sekä seostamiseen verkkovirtauunit sen sijaan sopivat mainiosti, sulan voimakas kiertoliike auttaa seosaineiden sekoittumista sulaan ja estää niiden hapettumisen sulan pinnalla. Kuuma sula pysyy myös hyvin tasalämpöisenä virtauksen ansiosta. (Meskanen & Toivonen s. 15 -18)

4.3 Induktiokouru-uunit

Induktiokouru-uunit (kuva 4.5) toimivat verkkotaajuudella 50 Hz. Uunin koko sulatuksessa on 0,5 - 10 tonnia ja kuumanapidossa 5 - 100 tonnia. Sula metalli kuumennetaan uunin pohjaosassa kulkevassa kourussa muuntajan eli induktorin käämien avulla. Kourussa on oltava sulaa metallia, jotta sulatus olisi mahdollista. Toi-

sin sanoen, jos uunia käytetään sulatukseen kylmänä, on sulaa kaadettava uuniin toisesta uunista. Sulaa metallia ei saa jättää kouruun kovettumaan tai se rikkoo kourun. Täyden uunin sulasta voidaan käyttää noin 50 – 70 % valua varten, ilman, että uuniin tarvitsee lisätä sulaa onnistuneen jatkosulatuksen onnistumiseksi.

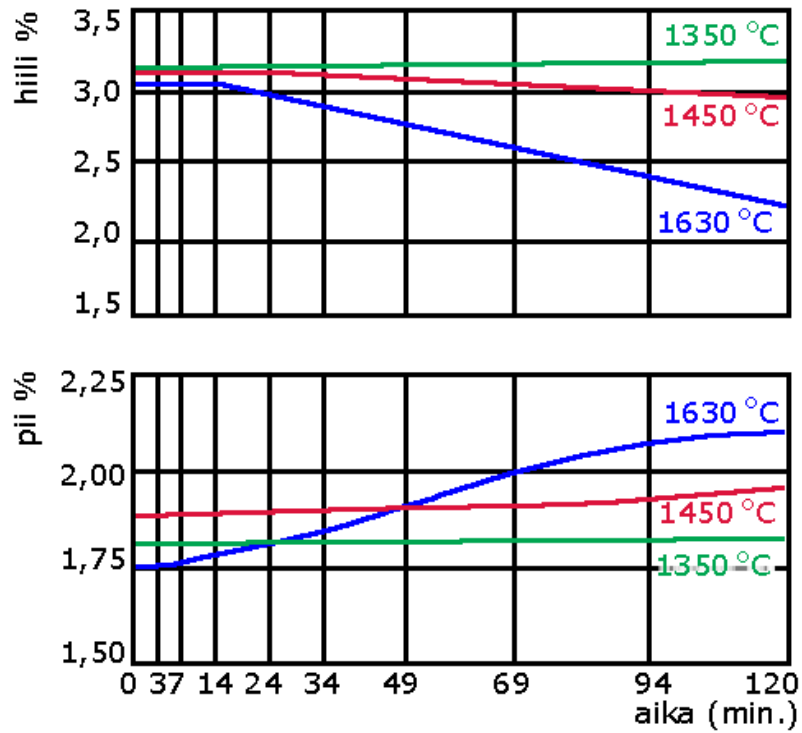


Kuva 4.5 Induktiokouru-uunin rakenne. 1) uunipesä 2) primäärikäämi 3) magneettisydän 4) sekundääripiirin muodostava sulametallikouru.

Induktorin vuorausta voidaan jäähdyttää vedellä ja käämiä ilmapuhalluksella. Itse induktorin vuoraus kuluu nopeammin kuin uunin vuoraus, joten induktorit on suunniteltu vaihdettaviksi. Induktorit voidaan suuremman kulutuksen vuoksi muurata emäksisellä massalla. Keskimääräinen vuorauksen kesto on muutamia vuosia.

Happamasti vuoratuissa kuumanapitouuneissa rautasulan pii- ja hiilipitoisuudet (kuva 4.6) eivät juuri muutu, jos lämpötila pidetään tasaisen alhaisina 1350-1400 °C. Jos lämpötilaa nostetaan 1630 °C:een, nousee piipitoisuus vuorauksen

pelkistymisen johdosta ja hiilipitoisuus laskee kuvan 4.5 mukaisesti. (Meskanen & Toivonen s. 18 -20)



Kuva 4.6 Hiili - ja piipitoisuuden muutokset lämpötilan ja ajan funktiona happamasti vuoratussa induktiouunissa.

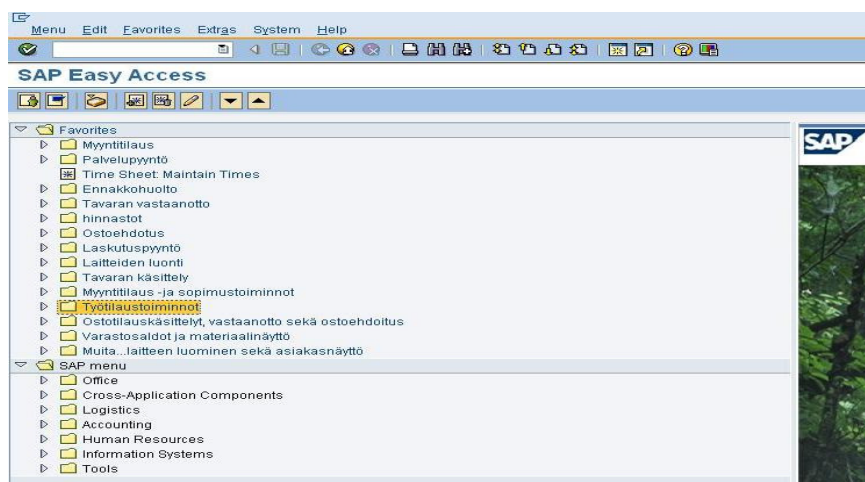
5 TIEDONHALLINTA

Tiedonhallinta käsittelee huoltotöiden käsittelyä yrityksessä, tähän kuuluvat tarjouskyselyiden ja tarjouksien käsittelyt sekä laskutukseen ja toimituksiin liittyvät asiat. Lähes kaikki asiat käsitellään liiketoimintaohjelmisto SAPin kautta.

5.1 SAP

SAP on liiketoimintojen hallintatyökalu, jonka avulla voidaan ohjata yrityksen toimintaa. ABB:llä on käytössä yrityksille toimintajärjestelmäksi tarkoitettu SAP R/3 järjestelmä. SAP on lyhenne sanoista (Systems, Applications and Products in data processing). R-kirjain lyhenteessä R/3 on (real time), joka tarkoittaa että järjestelmään syötetty tieto päivittyy välittömästi ja on heti valmis jälkikäsitteilyä varten. Numero 3 tarkoittaa, että järjestelmä edustaa kolmannen sukupolven päivitystä ohjelmistosta. SAP R/3 on integroitu toiminnanohjausjärjestelmä, joka on tarkoitettu eri liikeprosessien hoitoon, kuten varaston hallintaan, töiden seurantaan, henkilöstöhallintaan sekä laskutukseen.

Kuvassa 5.1 näemme SAP järjestelmän pääikkunan ja toiminnot, jotka sovellus sisältää.



Kuva 5.1 SAP Easy Access pääikkunan näkymä.

5.2 Tarjouspyynnöt ja tarjoukset

Uuden asiakkaat ja asiakkaat, joilla ei ole yrityksen kanssa erikseen sovittua määräaikais- tai muuta huoltosopimusta käytössä olevista uuneista, tekevät tarjouspyynnön ABB:lle sähköpostilla. Tarjouspyynnössä tulee olla liitteenä uunille tehtävän huollon määräytyminen: onko kyse määräaikaishuollosta vai yllättävästä vikaantumisesta. Jos vikaantumisen syy on tiedossa, on se ilmoitettava tarjouspyyntöä tehtäessä. Lisäksi erilaiset asiakkaan omat erikoistoiveet huollosta tulee mainita tarjouskyselyssä. Tämä helpottaa tarjouksen laadintaa, kun tiedetään edetäänkö normaalin huolto-ohjelman mukaisesti vai tuleeko työlle tiettyjä lisäkustannuksia. Lisäkustannuksia aiheuttavat erilaiset varaosien hankinnat ja uunin vaurioitumisesta aiheutuneet korjauskulut, jotka suoritetaan tuntiveloituksena.

Ennen tarjouksen tekemistä asiakkaalle on määriteltävä työlle varattavat työtunnit ja mahdollisten varaosien hankintahinnat. Työtuntien määrään vaikuttavat uunin malli, koko ja onko kyseistä uunimallia ennen huollettu korjaamalla. Tässä kohtaa asettuu erittäin tärkeäksi osaksi huoltoprosessia edellisten töiden dokumentointi, kustannuslaskenta ja töihin kulutetut työtunnit. Kunnollisen huoltotoimien kirjanpitohistorian ansiosta voidaan tuleville töille tarjoukset tehdä paranneltuna ja perusteltuna vanhojen tarjousten pohjalta. Kun kaikki kustannukset on laskettu, lähetetään tarjous asiakkaalle. Induktiouunin kelahuollon tarjous on liitteessä 1.

Asiakkaan hyväksytyä tarjouksen ja työn kun työ on saatu alulle, voi vielä löytyä vaurioita ja vikoja, joita asiakas ei itse ole havainnut. Jos vauriot eivät kuulu normaalin induktiuunihuollon ohjelmaan, on asiakkaalle tehtävä vaurioista raportti, jossa yksityiskohtaisesti selitetään vaurion tila ja siitä aiheutuvat lisäkustannukset. Jos asiakas hyväksyy työlle tulevat lisäkustannukset, voidaan työ saattaa normaalisti loppuun. Jos asiakas ei hyväksy tarjousta, sovitaan, suoritetaanko työ loppuun muilta osin vai lähetetäänkö työ takaisin asiakkaalle. Tietyissä tilanteissa uuni voi olla niinkin huonossa kunnossa, että uuden uunin hankkiminen tulee edullisemmaksi kuin vanhan huoltaminen. Tästä tulee tehdä laskettu ja perusteltu raportti

asiakkaalle, jonka harkittavaksi päätös romutuksesta tulee. Uunin romutus on kuitenkin todella harvinaista, eikä siihen vielä tähän mennessä ole tarvinnut ryhtyä.

5.3 Töiden vastaanotto

Asiakkaan hyväksytyä yrityksen lähettämän tarjouksen SAP-järjestelmän kautta tehdään työlle palvelupyyntö koodi IW51. Palvelupyyntö tarvitsee tarjouksessa mainittavan tilausnumeron sekä yrityksen sisäisen palvelutuotenumeron. Palvelupyyntö ja lopullinen huollon kiinteä hinta hyväksytään laskutuksessa. Nyt palvelupyynnön pohjalta voidaan tulostaa työmääräin ja työ voidaan aloittaa normaaliin tapaan ohjeiden mukaisesti.

Palvelutuotenumeron takaa löytyvät kaikki kohteelle tehtävät työvaiheet ja niille lasketut työtunnit. Tällä hetkellä kaikille induktiouunihuolloille ja kelahuolloille ei ole järjestelmässä kuin yksi palvelutuotenumero, jonka takaa löytyvät kaikki työvaiheet tunteineen. Järjestelmää tulisi päivittää, niin että palvelutuotenumero on eri riippuen uunin valmistajasta, sekä uunin koosta. Eri valmistajien uunien rakenne vaihtelee huomattavasti, joka vaikuttaa huoltoon kuluvaan aikaan. Myös koko vaikuttaa, pienemmät uunit ovat huomattavasti helpompi käsitellä ja huoltaa kuin suuremmat uunimallit.

Induktiouunihuolloissa tulisi siis erotella valmistajan mukaan palvelutuotenumerot, joissa on alikirjastot uunikokojen mukaan. Näin jokaiselle huollolle voidaan määrittellä tarkemmin työtunnit sekä töihin tarvittavien komponenttien ja varaosien määrä. Pitkällä aikavälillä kyseinen menettely nostaa korjaamuhuollon tehokkuutta huomattavia määriä ja lisää huolloista saatavan rahallisen katteen määrää.

5.4 Töiden lähetys ja laskutus

Valmiin huolletun uunin lopulliset työtunnit ja lisätyöt merkataan työlle palvelupyynnön IW52 alle. Työmääräin lähetetään käsiteltäväksi laskutukseen, josta SAPIin kirjattujen töiden mukaan laskutus lähetetään asiakkaalle.

ABB:llä on kiinteä kuljetussopimus kiitolinjan kanssa, jonka sopimusnumero löytyy järjestelmästä. Ensin työstä tehdään lähetyslista, jossa on yksityiskohtaiset tiedot huolletusta induktiuunista. Lähetysluettelo tehdään SAP:in kautta koodilla VL01N. Luettelossa tulee mainita ainakin lähetyspäivämäärä, vastaanottaja, yrityksen viite(työnumero), yrityksen yhteyshenkilö, asiakkaan viite(tilausnumero), toimituspäivä sekä lähetettävän kuljetuksen paino. Kiitolinjan internetsivujen kautta tehdään kuljetustilaus, jossa mainitaan määränpää, paino, kollien lukumäärä sekä noutoajankohta. Lähetyslista ja kuljetustilaus liitetään kollin yhteyteen suojattuna lialta ja kosteudelta. Lisäksi lavaan kiinnitetään vielä osoitekortti, joka täytetään oheisen mallin mukaisesti (LIITE 18).

Kun lasku on lähetetty asiakkaalle ja toimitukset on suoritettu, pitää työ vielä merkitä valmiiksi ja laskutetuksi SAP-järjestelmässä.

6 INDUKTIOUUNIN HUOLTO

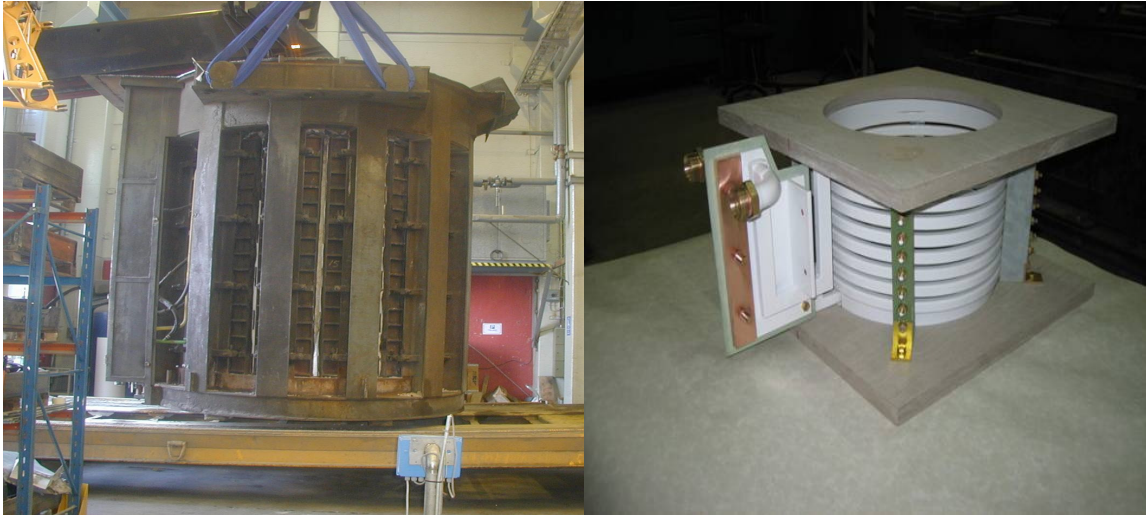
Tässä luvussa käsitellään kaikki huoltotoimenpiteet ja tarkistukset, joita täydellisessä induktiuunihuollossa tulee käydä läpi. Huoltotyyppiä on pääasiassa kahdenlaista: uuni tulee huoltoon äkillisen vikaantumisen johdosta, tai sille tulee suorittaa määräaikaishuolto. Määräaikaishuollot pystytään yleensä suorittamaan valmiin huolto-ohjelman mukaisesti eikä huollosta normaalisti muodostu asiakkaalle yllättäviä kustannuksia. Väärästä käytöstä tai muusta normaalia poikkeavasta uuniin kohdistuvasta ulkoisesta tekijästä johtuen saattaa uunin jäähdytys tai vuoraus pettää, josta aiheutuu vaurioita tai pahimmassa tapauksessa räjähdys. Näin vikaantuneeseen uuniin on voinut tulla suuria mekaanisia ja sulasta metallista aiheutuvia vaurioita, joiden korjaamisen kustannuksia ja aikaa on mahdoton arvioida ennen uunin täydellistä purkamista ja tarkastelua. Nämä toimenpiteet käydään läpi seuraavissa ohjeissa.

6.1 Kuntoarvio ja mitoitus

Ensimmäiseksi huoltoon tulleelle uunille tehdään kuntoarvio, jossa todetaan uunin ulkoiset vauriot ja sitä myöten huollettavuus. Jos kuntotarkistuksessa huomataan uunin olevan niin huonossa kunnossa, että uuden uunin tilaaminen tulisi edullisemmaksi kuin vanhan kunnostus, tulee asiakkaalle tehdä kirjallinen raportti, jossa perustellaan tilanne. Asiakkaan niin hyväksyessä vanha uuni romutetaan ja uusi uuni tilataan valmistajalta. Jos kuitenkin vanhasta uunista voidaan käyttää tiettyjä pääkomponentteja kuten kelaa tai ikeitä, ei valmistajalta tarvitse tilata kuin uusi runko.

Kuvassa 6.1 huomaamme kokoeroja käytössä olevista uuneista. Vasemmalla on Metso Paper Jyväskylässä käytössä oleva 36 000 kg induktiuuni, jonka sulatuskapasiteetti on 30 000 kg. Tämä on suurin Lappeenrannan ABB:llä huollettu uuni, tätä suurempia uuneja ei pystytä tämänhetkisillä laitteistoilla huoltamaan. Hallinosturit korjaamalla kykenevät 20 tonnin nostoon, joten apuna piti käyttää puominostu-

riautoa. Kun uuni saatiin laskettua alustalle korjaamon lattialle, huolto suoritettiin alusta loppuun kyseisellä paikalla. Oikeassa kuvassa 30 kg:n induktiuuni, joita käytetään tarkkuusvalimoissa, joissa valmistetaan koruja ja muita pieniä komponentteja.



Kuva 6.1 Uunien kokoerot.

Tarkistuksessa käydään läpi ulkoisia sulan aiheuttamia vaurioita letkuissa, liittimissä, rungossa, ikeissä sekä kelassa. Myös lämpövaihteluista aiheutuneita vaurioita, jotka estävät uunin uudelleenkasauksen ja toimivuuden tarkastetaan. Tällaisia ovat esimerkiksi uunin kansiosan taipuminen siten, että sulaa saattaa päästä kannen ja rungon välistä kelan ja ikeiden päälle, aiheuttaen vaaratilanteita. Uunin rakenne vaihtelee paljon mallin ja valmistajan mukaan, joissakin malleissa kansiosa on irrotettava ja joissain kiinteä. Ennen purkamista on myös tärkeä suorittaa joitakin mitoitus- ja toimenpiteitä, kuten joissakin malleissa kelan kiinteiden laippaliitoksien sijainnin mittausta runkoon nähden, jotta takaisinasennus sujuisi ilman komplikaatioita. Tarkista uunikohtainen ohje, piirustus tai asiakkaan pyyntö muihin mitoituksiin liittyen.

Uunin purkamisen aikana saattaa ilmetä vielä lisää vaurioita, näitä käsitellään seuraavissa kohdissa.

6.2 Purku

Uunin purkamisen alkaa kelassa ja mahdollisesti rungossa kiinni olevien jäähdytysletkujen ja jäähdytettyjen sähkökaapeleiden irrottamista (kuva 6.2). Jos uunin mukana ei ole tullut selkeää kytkentäkaaviota tai letkuja ei ole ennakkoon merkitty, tulee letkujen päät ja kiinnitykset runkoon merkitä erilliselle muistilistalle, jotta ne kytkettäisiin kokoonpanossa takaisin oikeille paikoilleen. Samalla tarkastetaan myös letkujen ulkoinen kunto sulan aiheuttamien vaurioiden varalta. Liittimiin ja jäähdytyskanavan sisäreunoille on saattanut kerääntyä likaisesta kiertovedestä kovaa kuonaa, myös liittimien syöpyminen on mahdollista yhdessä jäähdytysveden epäpuhtauksien sekä sähkökemiallisen korroosion takia. Likaiset liittimet ja putket puhdistetaan siihen käytettävillä kemikaaleilla ja lämpökäsittelyillä. Vaurioituneet liittimet korjataan tai vaihdetaan uusiin.

Jos uunissa on irrotettava kansiosa, tulee se irrottaa (kuva 6.3). Kannen ja rungon väliset pultit irrotetaan, kannen pulttien ja rungon välissä on usein pakka levyjousia, joiden avulla kansi saadaan kiristettyä tarvittavaan momenttiin. Ota levyjousipakat yhdessä pulttien kanssa talteen, levyjouset vaihdetaan uusiin kasauksen yhteydessä. Pulttien kunto tulee myös tarkistaa, ja ne vaihdetaan uusiin, jos on tarpeellista. Kansi nostetaan nosturilla erilleen uunin rungosta, ennen nostoa on huomioitava mahdollisten lisälaitteiden, kuten kestovalun valvontajärjestelmä safewayn komponenttien ja johdotuksien irrotus, etteivät ne vaurioidu nostossa. Jos kansiosa on kiinteä, kannessa oleva ylempi kelamuuraus piikataan pois, jotta ikeet ja kela saadaan näkyviin.



Kuva 6.2 Huoltoon tullut uuni

Rungon sivuilla ulkokehällä sijaitsevat ikeiden kiinnityspultit muttereineen irrotetaan. Pulttien tarkoitus on keskittää kela ikeiden avulla keskelle uunia. Lisäksi ikeet ovat kiinnitetty pystyasennossa alasetotangoilla, jotka ottavat tukea ikeiden alapään olakkeesta ja kiristetään rungon pohjasta mutterilla ja jousilevypakoilla haluttuun momenttiin. Irrota mutterit ja jousilevyt, sekä poista alasetotangot. Vanhat jousilevyt vaihdetaan uusiin ja säilytetään huolellisesti huollon ajan. Kaikki vaurioituneet mutterit ja pultit on vaihdettava uusiin. Näiden alasetotankojen tarkoitus on puristaa uunin kela ikeiden ja tukien avulla tiukasti vasten alemmaa kelamuurausta ja poistaa korkeuserot kelassa. Tämä esimerkki on ASEA HFD 1.6 uunille. Ikeiden ja kelan kiinnitys on erilainen eri malleissa. Ongelmatilanteissa tulee kääntyä uuni-kohtaisen ohjekirjan tai valmistajan puoleen.

Poista eristemateriaalit kuten villat ja mikaniittirenkaat ikeiden päältä ja nosta ikeet yksi kerrallaan pois kelan ja rungon välistä ikeen yläosaan kiinnitettävän nostokoukun avulla. Poista mikaniittipalat ja muut tuet, joiden avulla ikeet puristavat ke-

laa alaspäin. Tarkista metallitukien kunto sekä vaurioituneet komponentit. Kaikki mikaniittipalat uusitaan kasauksen yhteydessä.

Nosta käämi nostoliinujen ja nosturin avulla pois uunin rungosta sisältä erilleen rungosta. Ennen nostoa on kuitenkin hyvä ottaa muistiin kelan yläpinnan ja kannen tason välinen mitta, tämä löytyy yleensä myös uunin mukana tulleista piirustuksista. Tämä mitta on oleellinen kun kela asennetaan takaisin paikoilleen, jos mitta jostain syystä puuttuu piirustuksista, on se hyvä olla muistissa. Poista mikaniitti ja muut eristemateriaalit pohjamuurauksen ja kelan väliltä. Kaikki mikaniittipalat tulee uusia.



Kuva 6.3 Kansi irrotettu uunin rungosta muurauksineen

Vanhat muuraukset poistetaan. Uunin muuraukset koostuvat kolmesta pääkomponentista, ylempi kelamuuraus, kelamassa ja alempi kelamuuraus. Irrotettavalla kannella olevista uunimalleista ylempi kelamuuraus irtoaa kannen mukana ja se voidaan piikata erillään. Ylimmäinen ja alimmainen kelamuuraus tehdään samasta muurauslaastista, mutta kelamassassa käytetään eri laastia. Kelamassa voidaan poistaa ennen kelan nostamista pois rungosta sisältä tai irrotettuna. Kun ylempi kelamuuraus ja kela on poistettu, rungosta piikataan pois vielä alempi kelamuuraus.

Nyt uuni on purettu pääkomponentteihinsa, tarkemmat komponentteihin ja eri vaiheisiin liittyvät ohjeistukset seuraavissa luvuissa 6.3 – 6.10.

6.3 Romutus

Uunin vaurioituttua käyttö- ja korjauskelvottomaksi pitää uunille suorittaa romutus ja kierrätystoimenpiteet. Uunin romutus ja uuden uunin tilauskäsittelyt hoidetaan SAPin kautta. Eri materiaalit ja metallit uunissa lajitellaan ja siirretään kierrätykseen. Henkilökunnan pitää olla koulutettu ja tietoinen uunin kierrätykseen liittyvistä toimenpiteistä ja järjestelyistä.

6.4 Varaosien tilaus

Korjaamalla varastoidaan yleisimmät uunihuollossa käytettävät komponentit ja varastoseuranta ilmoittaa aina puuttuvien ja vähenevien osien varastotilanteen. Lappeenrannan ABB varastotoiminta on ulkoistettu teollisuustuotteita ja palveluja tarjoavan ETRA Oy:n toimesta. Kun varastotilanne järjestelmässä näyttää vajavaiselta, varastopalvelu täydentää varastoa. Kaikki varaosat ja materiaalit on leimattava sisään työnumerolle, jonka kautta SAP lisää materiaalikustannukset automaattisesti suoraan työlle.

Jos kyseessä on kiireellinen tai varastokannasta löytymätön osa, tehdään osalle ostoehdotus SAPissa, ja hyväksynnän jälkeen osto ja tilaus voidaan tehdä. Kun osa saapuu, pitää se vielä vastaanottaa SAPissa. Tällä hetkellä osa uunihuollossa käytettävistä materiaaleista tilataan kuitenkin vielä muilta toimittajilta, niiden matalan hinnan takia. Materiaaleja varastoidaan hyllytasoilla ja kaapistoissa induktio-uunihuoltopisteen läheisyydessä.

6.5 Rungon huolto

Rungon huolto aloitetaan viimeistelemällä muurauksien poisto rungon pohjarakenteesta, sekä irrottamalla ja poistamalla sulasta metallista muodostuneet partikkelit rungon rakenteista. Tämän jälkeen tarkastellaan muut sulan metallin ja lämmön-

vaihteluiden aiheuttamat vauriot kuten reiät ja repeämät (kuva 6.4). Vauriot korjataan paikkaamalla ja hitsaamalla. Kun kaikki korjaukset ja puhdistukset on tehty, runko hiekkapuhalletaan, jonka jälkeen se pintakäsitellään alumiinipohjaisella lämmönkestomaalilla (LIITE 2). Maalauksen jälkeen kaikki kiinnitysosien reiät ja kierteet aukaistaan puhdistamalla ja kierretapin avulla. Rungon huollossa tehtävät suuremmat vauriokorjaustyöt eivät kuitenkaan kuulu normaaliin uunihuoltoon, vaan ne tehdään lisätöinä. Näistä tulee tehdä raportti asiakkaalle, ennen kuin työ aloitetaan ja sovitaan, tehdäänkö se lisätöinä tuntikustanteisena.



Kuva 6.4 Huonokuntoinen ja vaurioitunut runko

Samat toimenpiteet suoritetaan irrotettavalle kansiosalle, lisäksi on huomioitava joissakin uunimalleissa oleva ylimääräinen jäähdytysrengas kansiosan muuraukselle. Jäähdytysrengas sijaitsee yleensä kansiosan rungon ulkopuolella tai laippamuurauksen sisällä. Myös kiinteäkantisilla malleilla saattaa olla erillinen jäähdytysrengas. Kaikkien muiden toimenpiteiden lisäksi erilliset jäähdytysrenkaan on huol-

lon yhteydessä koeponnistettava sekä kanavat huuhdeltava siihen tarkoitettulla kemikaalilla. Ohjeet koeponnistusta varten ovat kohdassa 6.8.

Uunin runko on nyt valmis kokoonpanoa varten, johon palataan myöhemmin ohjeessa. (kuva 6.5)



Kuva 6.5 Täysin huollettu tai uusi runko

6.6 Kelahuolto

Kun irrotetun kelan (kuva 6,6) sisältä on piikattu muuraus pois, poistetaan sen ulkopinnasta vielä suojaukset, jotka koostuvat taipuvasta mikaniittilevystä sekä lasikuitukankaasta. Poista myös hartsilla kiinnitetyt mikaniitista valmistetut eristepalat kelan kierrosten välistä. Riippuen uunin mallista ja valmistajasta kelan rakenne vaihtelee huomattavasti. Esimerkiksi ASEA HFD 1.6 -mallissa on vain yksi yhtenäinen kela, kun taas joissakin Junker-uunimalleissa voi kiinteään kelan lisäksi olla kelan ylä- sekä alapuolella erilliset sähköistämättömät jäähdytyskelat. Jäähdytysrenkaat on vuorattu lasikuitunauhalla, poista tämä nauha. Kun kela ja jäähdytysrenkaat on saatu purettua ja irrotettua toisistaan, tehdään kelalle ja jäähdytysrenkaille koeponnistus kohdan 6.8 mukaisesti.



Kuva 6.6 Piikattu, purettu ja hiekkapuhallettu kela

Koeponnistuksessa selvitetään mahdolliset vuodot ja tehdään nopea huuhtelu. Jos keloissa huomattiin vuotoja tai silmämääräisesti katsottuna suuria reikiä tai lommoja, nämä vauriot korjataan juottamalla. Kuparin juottamiseen soveltuu fosforikupari, messinkijuote tai hopeajuote. Jos kela on huomattavasti vääntynyt ja letkuliitännät eivät ole kohdillaan, suoristetaan ne oikeisiin mittoihin. Nyt kelan kierrosten väliin

laitetaan esimerkiksi tasapaksuisia pultteja niin, että kelan korkeus saadaan haluttuun mittaan ja kelan kierrosten välille jää ilmarako. Sido lopuksi kela metallipannoilla kasaan.

Kun kela ja jäähdytysrenkaat ovat koeponnistettu ja vuodot korjattu, tehdään sille lämpökäsittely uunissa. Lämmönkäsittely kestää kelan koon mukaan noin vuorokauden. Lämmönkäsittelyn tarkoituksena on puhdistaa kela sisäpinnoilla kertyneistä kuonista ja poistaa kelassa olevat sisäiset jännitykset. Lämpökäsittelyn jälkeen kupari on pehmentynyt ja se on helppo muotoilla valmistajan haluttuihin mittatoleransseihin. Suoristuksessa on vältettävä ylimääräistä muokkausta, koska lämpökäsittely kupari kovettuu muokatessa, tämä ilmiö tunnetaan ammattikielellä löijäntymisenä. Löijäntyminen tarkoittaa kuparimetallien atomirakenteen muutosta muokatessa, niin että kuparin sitkeys vähenee ja se kovettuu. Jos kuparia siis väkisin oikaistessa taivutellaan edestakaisin, murtumisen vaara muokkauksen lisääntyessä kasvaa.

Kun kela ja jäähdytysrenkaat on saatu mittoihinsa, kela hiekkapuhalletaan puhtaaksi ja koeponnistetaan uudelleen. Kelan liittimien saumat ovat saattaneet revetä, kun kelaa on taivuteltu. Kela on koottu useasta osasta liitoksilla, jotka on tehty hitsaamalla tai juottamalla. Vaikka koeponnistuksessa ei ilmene vuotoja, tulisi näiden liitoksien saumojen kunto tarkistaa tunkeumanesteellä tai muulla materiaalien pinnallisia ja sisäisiä vaurioita havainnollistavalla menetelmällä, kuten ultraäänikuvausella. Lisäksi kelan ja jäähdytysrenkaiden vesitiet puhdistetaan siihen tarkoitettulla kemikaalilla. Lisäksi vesiteiden tilavuusvirta mitoitetaan mahdollisten sisäisten tukkeiden varalta.

Koeponnistuksien jälkeen keloille tehdään pintakäsittely maalaamalla. Pohjamaalaus tehdään lämmönkestävällä kaksikomponentti epoksipohjamaalin Termal GF Primer kanssa (LIITE 3). Pintakäsittely tehdään kolmeen kertaan Demodox -110 pintamaalilla (LIITE 4).

Jäähdytysrenkaat nauhoitetaan lasikuitunauhalla niin, että nauha menee noin puoleksi lomittain edellisen kierroksen päälle. Lopuksi nauhoitus päällystetään hartsilla ja kovetetaan lämpökäsittelyllä noin 100 C°. Kelan kierrosten väleissä olevat mikaniitista tehdyt eristepalat valmistetaan uudelleen sekä sijoitetaan lomittain kelan väleille. Palojen muoto, sijoitus sekä paksuus vaihtelee uunimallista riippuen, katso uunikohtainen ohje. Palat hartsataan pensselin avulla ja kela kuumennetaan 100 C° lämpöön. Kapilaari-ilmion ansiosta hartsi tunkeutuu pienempiinkin kelan ja mikaniittipalojen väleihin kovettaen ja liimaten kelan tukevasti pakettiin. Malleissa, joissa kelalle ei ole erillistä puristusta alemmaa kelamuurausta varten, kela vielä tiukataan hartsipäällysteisellä Isoglas H0720-nauhalla (LIITE 5), joka puristaa ja tukee kela sulatuksen yhteydessä aiheutuneessa tärinässä. Huomioi jäähdytysrenkaiden sijainti kelarakenteessa; yleisimmin jäähdytysrenkaat sijoitetaan samaan pakettiin kelan kanssa paksummilla mikaniittipaljoilla, jotka liimataan ja kovetetaan hartsilla.

Lopuksi kelapaketti päällystetään taipuisalla mikaniittilevyllä (LIITE 7) ja lasikuitumatolla (LIITE 8). Eristeet kiinnitetään ja tiivistetään lasikuituteipillä, eristä myös liittimien ja putkien juuret huolellisesti. Nyt kela on valmis kokoonpanoa varten. (kuva 6.7)



Kuva 6.7 Huollettu ASEA HFD 1.6 kela

6.7 Ikeiden huolto

Kuvassa 6.8 näemme puretun yksittäisen ikeen. Huolto alkaa eristeiden irrotuksella, joka on sijoitettu ikeen levypakkaa vasten. Eristeet ovat yleisimmin kiinnitetty liimalla, mutta Asean mallissa on eristeiden päälle sijoitettu vielä palopahvi, joka on kiinnitetty ikeen sivuun ruuvikiinnitteisten listojen avulla. Ulkoiset sulan aiheuttamat vauriot tarkastellaan ja korjataan tarpeen mukaan. Ikeen ollessa korjauskelvottomassa kunnossa tulee tarvittava määrä uusia ikeitä tilata valmistajalta. Joissakin uunimalleissa, kytkentäkotelon sivuilla olevissa ikeissä saattaa olla jäähdytysputket. Nämä putket tulee koeponnistaa (kohta 6.8) ja puhdistaa huollon yhteydessä.



Kuva 6.8 Huoltamaton irrotettu ja osittain purettu ies

Kun korjaustoimenpiteet on tehty, ikeen runko hiekkapuhalletaan, jonka jälkeen se maalataan samalla alumiinipohjaisella maalilla (LIITE 2) kuin uunin runko. Ikeen eristeet koostuvat kahdesta materiaalista, jotka kiinnitetään Bostikin lämmönkestoliimalla. Iestä vasten tulee palopahvi Nefalit (Liite 6), jonka päälle liimataan pala joustavaa mikaniittia (Liite 7). Jos ikeessä on purettaessa ollut listoilla kiinnitetty palopahvi, kiinnitetään se vielä mikaniitin päälle. Listojen kiinnitysruuvit tulisi uusia huollon yhteydessä.

Ikeet ovat nyt valmiita kokoonpanoa varten. (kuva 6.9)

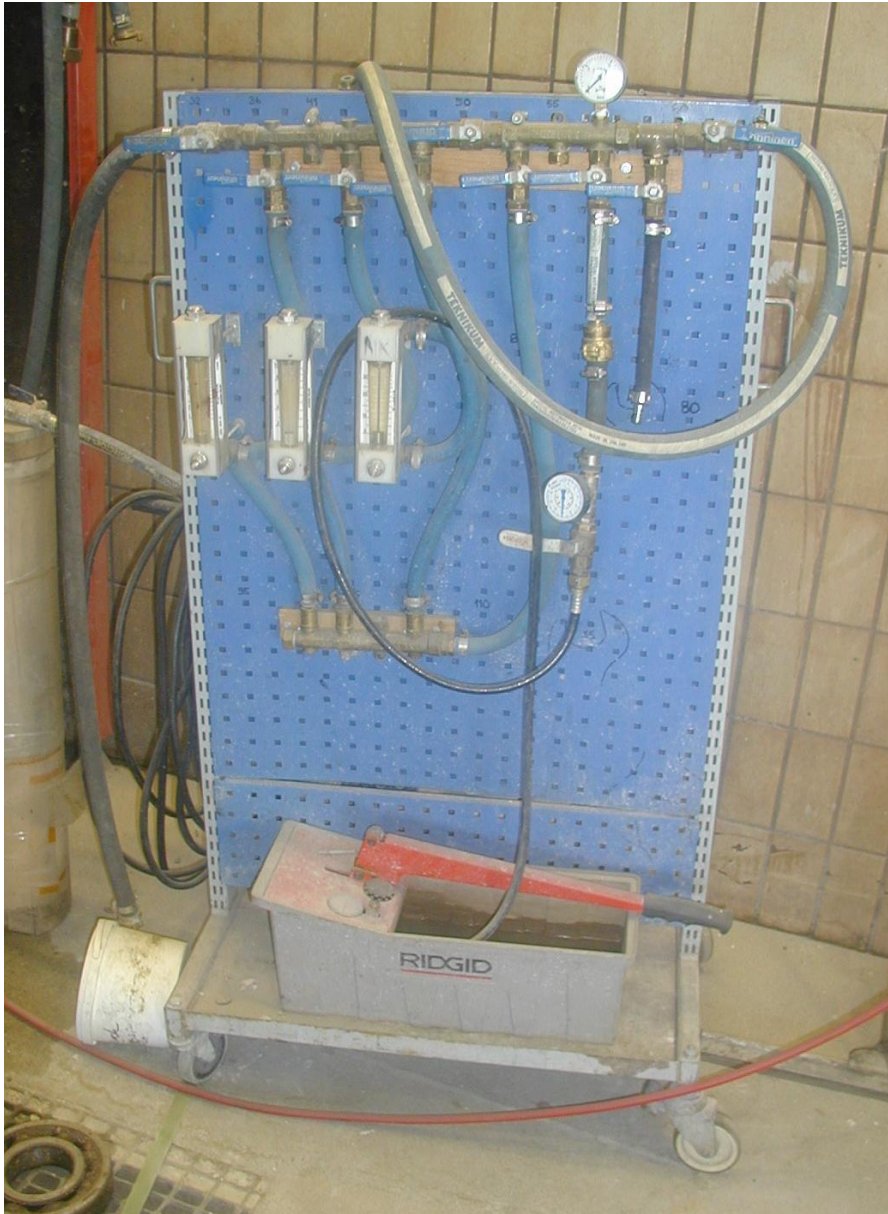


Kuva 6.9 Huollettu ies

6.8 Koeponnistukset

Koeponnistus suoritetaan kaikille niille uunin osille, joissa kulkee jäähdytysvesi, jonka tarkoituksena on viilentää uunia, muurauksia sekä kela sulatuksen aikana. Jos lämpötila nousee liian korkeaksi, se saattaa aiheuttaa eristeiden ja muurauksien vaurioitumisen. Tämä taas saattaa johtaa sulan pääsyn kelan rakenteisiin sekä rikkoa muita uunissa olevia jäähdytyskanavia. Kanavan vaurioituessa ja veden päästessä sulan sekaan vesi laajenee aiheuttaen sulan roiskumista. Pahimmassa tapauksessa tapahtuu räjähdys, josta voi seurata vakavia vahinkoja sulaton henkilökunnalle.

Tämän takia uunin osien jäähdytyskanavien koeponnistus on tärkeä osa huoltoa, jotta voidaan varmistaa veden vapaa virtaus putkistoissa sekä paikallistaa mahdolliset vuodot. Koeponnistusta varten tarvitaan veden tulopiste, tilavuusvirran mittauslaite, pumppu paineen nostamista ja huuhtelua varten sekä tarvittava määrä erialisia putki- ja letkutarvikkeita. Koeponnistuslaitteisto esillä kuvassa 6.10.



Kuva 6.10 Koeponnistuslaitteisto

Kohteet jolle koeponnistus tulee tehdä, on ollut viitteitä osakohtaisissa ohjeissa. Koeponnistettavien osien määrä vaihtelee paljon uunityypistä riippuen, yleisin koeponnistettava osa on kuitenkin uunin kela. Muita osia ovat erilaiset kelaan liitettävät jäähdytysrenkaat. Renkaita voi sijaita myös uunin rungossa tai kansiosassa. Yksi kohde on uunin sähköliitännäkotelon vierellä sijaitsevat ikeet, joissa saattaa olla erilliset jäähdytysputket. Kuvassa 6.11 kela on liitetty koeponnistuslaitteistoon.



Kuva 6.11 Kela liitetty koeponnistusjärjestelmään

Kun osa liitetään koeponnistuslaitteeseen, tulee veden virtaus kaikkien huuhtelukanavien läpi varmistaa ja erilliset kanavat yhdistää letkuilla. Osan läpi kulkevan vapaan veden virtaus on oltava sulettavissa. Kaikki ylijäävät aukinaiset liittimien päät tukitaan ja osaa huuhdellaan haalealla vedellä suurimpien epäpuhtauksien poistamiseksi putkistosta. Ennen kuin koeponnistuspaine pumpataan järjestelmään, tulee varmistua siitä, että kaikki ilma on poistunut vesikanavista. Paine nostetaan 10 bar, ja pidetään siinä vähintään 6 tuntia. Painetta ja vuotoja tulee tarkkailla tietyin väliajoin, jos paine laskee ja vuotoa ei näy se on todennäköinen merkki siitä, että järjestelmään on jäänyt ilmaa. Paineen laskiessa sitä lisätään pumpulla. Jos vuotoja ei ole ilmaantunut koeponnistuksen aikana, paine poistetaan järjestelmästä.

Koeponnistus voidaan joutua tekemään useaan kertaan sen mukaan, mikä osa on kyseessä ja mitä muokkaustoimenpiteitä osalle on tehty. Kela esimerkiksi on koeponnistettava sen purkamisen jälkeen ja vielä uudelleen lämpökäsittelyn sekä oikomisen jälkeen. Tällä tavoin varmistutaan, ettei liitoksiin ole tullut vaurioita ja repeytymiä lämpökäsittelyjen ja oikomisien johdosta.

Koeponnistuksen jälkeen vesikanavat puhdistetaan kevytmetalliseoksien puhdistukseen tarkoitetulla AP-3 happoseoksella ohjeen mukaisesti (LIITE 9). Osa täytetään vedellä ja piiri suljetaan niin, että vesi kiertää pumpun, osan ja erillisen astian kautta. Suurin osa liasta ja epäpuhtauksista jää erilliseen astiaan, jonka sameudesta ja väristä pystyy jo arvioimaan vesikanavien puhtautta. Osan ollessa todella likainen voi veden joutua vaihtamaan kertaalleen ja suorittamaan huuhtelun uudelleen. Huuhtelun keston tulee olla vähintään 30 minuuttia ja sama huuhtelu suoritetaan myös muille koeponnistettaville osille. Alla olevassa kuvassa 6.12 kela puhdistetaan.



Kuva 6.12 Kelan vesikanavien puhdistus AP-3 kemikaalilla

Puhdistuksen jälkeen vesikanavat tulee huuhdella huolellisesti vähintään 15 minuutin ajan, ettei puhdistuksessa käytettävää happoa jää kanaviin aiheuttaen metallin syöpymistä. Lopuksi veden annetaan virrata osan kautta tilavuusvirtamittarin lävitse, jolla mitataan veden virtausta mahdollisten jääneiden tukkeiden varalta. Virtauksen tulisi olla vähintään 10 l/min normaalilla putkistopaineella.

Lopuksi koeponnistuksessa olevista osista, arvoista ja tuloksista tulisi tehdä oheista mallia mukaileva raportti (LIITE 10), jossa kaikki koeponnistuksessa käytettävät arvot ja ajat tulee esitettyä.

6.9 Kokoonpano

Kun kaikki huoltotoimenpiteet on suoritettu, aloitetaan uunin kokoonpano. Ensin valetaan uunin runkoon uusi pohjavalu, jonka rakenne vaihtelee huomattavasti uunin valmistajan ja mallin mukaan. Tarkemmat ohjeet muuraukseen liittyen ovat kohdassa 6.10. Pohjavalu on yleensä kartio, siinä on aukko kestopuurauksen poistamista varten tarkoitettulle sylinterille. Lisäksi mallista riippuen pohjamuurauksessa on pieni kanava maadoituselektrodeja sekä sulaan puhallettavaa kaasua varten. Näiden sijainnit ja tarpeet löytyvät uunikohtaisista piirustuksista ja ovat huomattavissa jo purkuvaiheessa.

Kun pohjakartio on kuivanut ja se on asennettu sekä keskitetty paikoilleen, aloitetaan kelan asennus. Kelan ja pohjamuurauksen väliin asetetaan eristekerros, joka valmistetaan mikaniitista leikatuista paloista. Pohjan ja kelan välisen eristyksen rakenne ja paksuus muuttuu uunimallin mukaan. Mikaniitin tarkoitus on eristyksen lisäksi mitoittaa kelan korkeus oikeaan kohtaan. Nämä mitat on otettu ylös purkuvaiheessa, tai ne löytyvät uunikohtaisista piirustuksista. Nosta kela silmämääräisesti keskelle runkoa ja alemmaa kelamuurausta. Mitoita ja paikoita kela mahdollisimman keskelle ennen kuin ikeiden asennus aloitetaan.

Ikeiden paikalleen asennus voidaan aloittaa. Nosta ikeet yksi kerrallaan kelan ympärille ja kiinnitä tuet ja eristeet ikeiden ja kelan välille. Kiinnitysten, eristeiden ja ikeiden kiristys vaihtelee uunimallista riippuen. Esimerkiksi ASEA HFD 1.6 induktiounissa ikeiden ja kelan välinen kiinnitys, tuenta ja eristys on toteutettu kuvan 6.13 mukaisesti. Ies lepää kelan päällä paksujen mikaniittipalojen ja tukirautojen avulla. Mikaniittipalojen koko voidaan mitoittaa vanhoista paloista tai uunin piirustuksista. Huomioi että liitantäkotelon viereiset ikeet ovat yleensä erilaiset kuin muut

kehälle sijoitettavat ikeet. Niissä on erilliset jäähdytyskanavat tai materiaali saattaa olla erilainen. Sähkökentän voimakkuus liitäntäkotelon vieressä on suurempi, joten ikeet tarvitsevat erillisen jäähdytyksen tai materiaalin, jotta ne, eivät lämpene liikaa.



Kuva 6.13 Uunin kokoonpano. Näkyvissä pohjakartion, kelan ja ikeiden sijainti.

Kun kaikki ikeet ovat paikallaan, ruuvaa ikeiden kiristykseen tarkoitetut pultit kiinni uunin rungon ulkopintaan. Näiden pulttien on tarkoitus puristaa ikeet kelaan vasten, pitäen sen paikoillaan ja keskittäen kelan tarkasti oikealle paikalleen. Tässäkin tapauksessa ikeiden ja kelan kiinnitys ja keskitys vaihtelee huomattavasti uunimallista riippuen. Joissakin keloissa tarvitaan erillinen kiristyspanta kelan ympärille, ettei sulatuksessa aiheutuneet värinät ala purkamaan ja vaurioittamaan kelan eristyksiä. Kun pultit on kiristetty, kiinnitetään ikeiden alavetotangot kiinnikkeineen runkoon, sekä niihin kuuluvat levyjouset ja mutterit paikoilleen. Näiden tankojen on tarkoitus puristaa ikeet kelaan vasten tukien koko rakenteen tiiviiksi ja tukevaksi paketiksi. Levyjousien avulla saadaan haluttu momentti, joka on ilmoitettu piirustuksissa levy-

jousipakan kiristettynä pituutena, tai se kiristetään momenttiavaimen avulla. Alasvetotangot sekä ikeiden kiristyspultit näkyvät kuvassa 6.14.



Kuva 6.14 Ikeen pysty- ja sivukiinnitykset.

Kun kela on keskitetty ja ikeet kiinnitetty tiukasti momenttiinsa, ikeiden osat suojataan mikaniittilevyillä, jotka kiinnitetään lasikuituteipin kanssa. Kun suojaukset ovat paikoillaan, ne estävät valun joutumisen ikeiden ja rungon väliin. Nyt kansi nostetaan paikoilleen ja kiristetään momenttiinsa. Uuneissa, joissa on kiinteä kansi, kaikki aukot ikeiden ja rungon välissä peitetään ja ikeen näkyvät osat suojataan mikaniitilla. Lisäksi kannen osat voidaan vuorata keraamisella villalla, joka kiinnitetään keernaliimalla (LIITE 11). Tämä villa helpottaa muurauksen irrottamista seuraavassa huollossa ja eristää runkoa.

Seuraavaksi tehdään kela- ja kansivalu. Ennen valun aloittamista on rako pohjamuurauksen ja kelan välillä vielä muurattava umpeen pienellä määrällä pohjamuurauksessa käytettävää laastia. Kela- ja kansimuurausta varten valmistettu muotti päällystetään joustavalla mikaniitilla ja sauma teipataan yhteen. Muotti voidaan

myös maalata ja rasvata muurauksiin tarkoitetulla voiteluaineella, joka estää muurauslaastin kiinnittymisen muotin seinämään. Muotti nostetaan uunin sisälle ja keskitetään kelan keskelle. Kelan osan muuraus suoritetaan eri muurauslaastilla kuin kansi ja pohjaosa. Kun muuraus on tehty kelan osalta, annetaan sen hetki kuivua muurauslaastin ohjeen mukaan käsittelykuivaksi. Nyt vaihdetaan muurauslaastia ja muuraus tehdään kannen tasalle. Myös kaatonokan osalle on tehtävä muotti, jotta muurauksen geometria saadaan oikeaksi. Tarkemmat ohjeet muurauksia varten löytyvät kohdasta 6.10. Muurauksen suojaus, sekä valmis muuraus näkyvät kuvassa 6.15.



Kuva 6.15 Uuni ennen kela- ja ylempää kelamuurausta ja sen jälkeen

Uunin muurauksien on kuivuttava 24 tuntia huoneenlämmössä ennen jatkokäsittelyä. Uunin muurausrakenteissa on kosteutta, joten uunia pitää kuivattaa erillisessä kuivausuunissa. Tarkemmat ohjeet muurauksen kuivattamiseen kohdasta 6.10. Massan kosteus voidaan todeta eristysvastusmittauksen avulla, käytettävä mittari on Megger BMM80 (LIITE 12). Mittaus suoritetaan 500 V:n tasavirralla kytkemällä laite uunin käämistä rungon maadoitukseen. Mittatuloksen ollessa alle 1 megaohmin uunia joudutaan kuivaamaan lisää. Täysin kuivuneen uunin vastusmittauksen arvo lähenee yhden gigaohmin luokkaa. Uunissa olevien turvalaitteiden takia uuni ei edes käynnisty ennen kuin uunin rungon eristevastus on tarvittavan korkea.

Uunin kuivuttua kaikki huoltoon tulleessa uunissa olleet jäähdytysletkut, liittimet ja sähkökytkennät kiinnitetään takaisin. Kaikki letkut ja tiivisteet tulee vaihtaa uusiin, ja vaurioituneet liittimet sekä erikoiskomponentit huolletaan tai uusitaan. Jäähdytysletkuina ja jäähdytettyjen sähkökaapeleiden letkuina käytetään Electro-Hose Protector-letkua (LIITE 15), joka tulisi vielä päällystää lasikuitumatolla Silikat 1400 (LIITE 8) vaurioheikoista kohdista, joihin pääsee sulan metallin roiskeita. Letkujen pituudet ja liitokset on merkitty purkuvaiheessa muistiin tai ne löytyvät uunikohtaisesta kytkentäkaaviosta. Uunihuolto on nyt suoritettu ja uunille tehdään vielä silmämääräinen lopputarkastus ennen pakkausta ja lähetystä takaisin asiakkaalle. Huollosta tulee tehdä vielä huoltoraportti asiakkaalle sekä yrityksen sisäiseen tietokantaan. Raportissa tulee olla selkeät kuvat eri työvaiheista, suurimmista vaurioista sekä selostukset siitä, kuinka vauriot on korjattu. Raportin tekemisestä ja dokumentoinnista lisää luvussa 7.

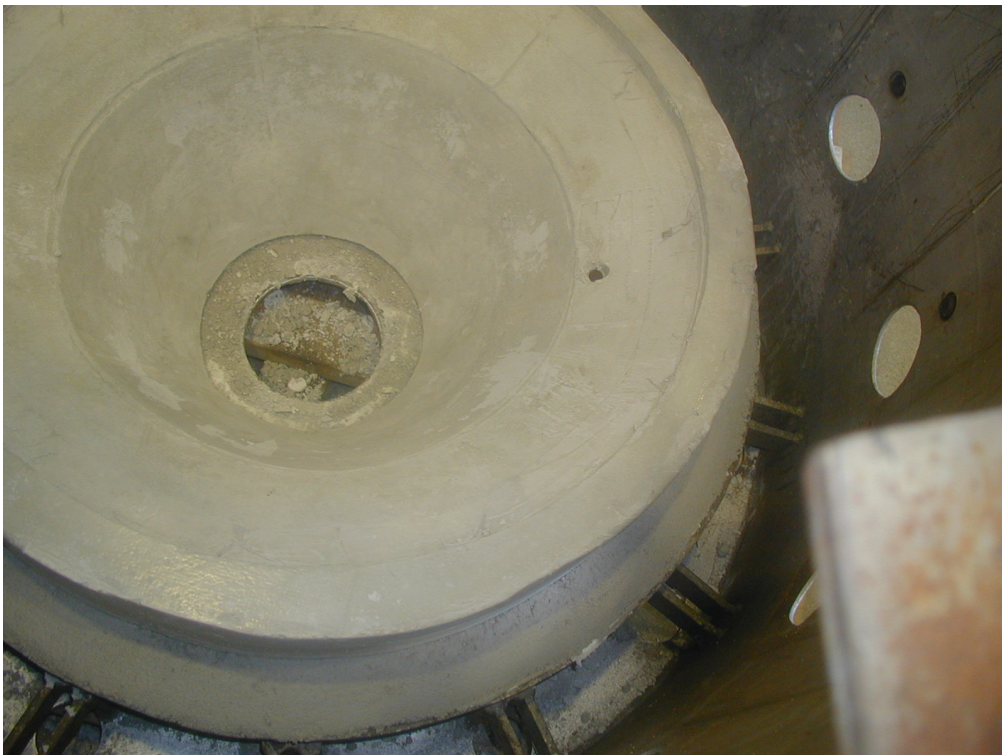
6.10 Muuraukset

Induktiouunin muuraukset koostuvat kolmesta erillisestä osasta. Ensimmäinen muuraus on uunin rungon eli upokkaan pohjalla sijaitseva alempi kelamuuraus, joka on uunimallin mukaan yleensä keskelle ja pohjaan kapenevan kartion muotoinen. Toinen muuraus on kelan sisäpintaan valettava kelamassa, joka on alapin-

nasta ylöspäin suurenevan kartion muotoinen. Kolmas muuraus on ylempi kelamuuraus, joka jatkuu kelamassan rajapinnasta ylöspäin suurenevana kartiona, yleensä kannen tasalle.

6.10.1 Valujen teko

Pohjamuurauksen tarkoitus on tukea upokasta käämin ja uunin pohjan välillä. Kuvassa 6.16 on uunin pohjalle nostettu, erillisenä muurattu pohjavalu. Valussa on keskellä aukko sylinteriä varten, jonka avulla voidaan helposti irrottaa kestopuurauksien päälle valettava upokas, jossa metalli sulatetaan. Lisäksi valussa näkyy pieni reikä maadoituselektrodeja sekä mahdollista sulaan puhallettavaa suojakasua varten. Muista vibran käyttö valuja tehdessä: tärinän ajo valun yhteydessä varmistaa laadukkaan muurauksen, jossa ei ole ilmahuokosia. Joillekin malleille on olemassa valmiit muotit korjaamolla, mutta usein valumuotti pitää valmistaa uunin piirustuksissa olevien mittojen mukaan.



Kuva 6.16 Alempi kelamuuraus nostettu ja keskitetty rungon pohjalle

Kelamassan tarkoituksena on suojata kela viimetilassa sulan metallin vaikutukselta, jos upokas on päässyt vaurioitumaan niin, että sula metalli pääsee sen läpi. Kelamassan paksuus vaihtelee uunimallin mukaan, tarkemmat ohjeet muurauksen geometriasta löytyvät valmistajan ohjeista tai uunin piirustuksista. Kelamassa on ylöspäin suurenevan kartion muotoinen siksi, että uunin sisään valettavan erillisen upokkaan muuraus olisi helpommin poistettavissa alempien muurauksien päältä. Kelamuuraus voidaan tehdä kelan sisäpintaan jo kelahuollon yhteydessä. Voi olla että huoltoon tulleeeseen uuniin on varastoituna valmis huollettu vaihtokela. Tämä käytäntö nopeuttaa huoltoprosessia huomattavasti, koska kelan huoltovaiheet jäävät tällöin pois huollosta. Huoltoon tulleen uunin kela voidaan siis huoltaa erikseen ja varastoida seuraavaa uunihuoltoa varten. Tärinän käyttö kelamuurausta kelaan tehdessä tärkeää ilmahuokosten poistamiseksi. Puutteellisen tärinän aiheuttama ilmatasku voidaan havaita kuvassa 6.17. Kelamassaa varten korjaamolta löytyy valmiita säädettäviä muotteja.



6.17 Huollettu kela valmiilla kelamuurauksella.

Ylempi kelamuuraus (kuva 6.18) valetaan kelamassan jatkoksi samalla muotilla kuin kelamassa. Ylempi kelamassa suojaa uunia mekaaniselta kulumiselta uunin yläpäässä sekä suojaa uunia lämpöshokkien vaikutuksilta. Ikeet tulee eristää muurauksesta mikaniitilla sekä keraamisella villalla. Muuraus tehdään kannen tasalle, muuraukseen kuuluu myös kaatonokan muuraus. Kaatonokka voidaan valaa erikseen tai sille voidaan muun muurauksen ohessa rakentaa muotti, jotta se saadaan tehtyä yhtä aikaa ylempien kelamuurauksen kanssa. Tärinän käyttö muurauksessa on muistettava valuun muodostuvien ilmahuokosten takia.



Kuva 6.18 Ylempi kelamuuraus ja kaatonokan valu

6.10.2 Käytettävät muurauslaastit

Ylimmäisessä ja alimmaisessa kelavalussa käytettävä muurausmassa on Quick cast 82 (LIITE 13). Kelamassan muurausmassana käytetään Minro-AL Cast A44-laastia (LIITE 14). Tuoteselosteesta voidaan tarkistaa valutöissä käytettäviä työaikoja, sekä valun kuivumiseen tarvittavaa aikaa. Initial set-aika tarkoittaa, että muuraus on käsin kosketeltavaa mainitun ajan kuluttua. Final set-ajoitus taas tarkoittaa, että valussa käytettävä muotti voidaan poistaa ja valua hieman jo kuormittaa ilman murtumista. Ohjeesta saadaan selville myös käytettävän veden määrä muurauslaastia valmistettaessa.



Kuva 6.19 Rojo200LC betoninsekoittaja

Muurauslaasti valmistetaan korjaamolta löytyvällä Rojo 200LC –betonisekoittimella (kuva6.10.4). Sekoittimen kapasiteetti on 200 kg yhdellä sekoituksella Tämä riittää hyvin pienempiin uuneihin, mutta isompia valuja tehdessä on varmistettava, että valu saadaan tehtyä siinä ajassa kuin ohje antaa muuraukselle työaika. Muulloin muuraus tehdään kahdessa osassa, joiden välillä muurauksen tulee kuivua lopulliseen kovuuteen ennen kuin valua voidaan jatkaa.

7 DOKUMENTOINTI JA RAPORTOINTI

Suoritettujen induktiouunihuoltojen raportointi on tärkeä osa korjaamoprosessia. Raportin tekeminen on keskeinen osa välittää huollon tulokset asiakkaalle, sekä dokumentoitavaksi yrityksen tietokantaan. Asiakkaalle ja yrityksen tietokantaan olisi hyvä tehdä erillinen raportti. Asiakkaan raportista asiakas saa helposti tietää uunille koituvat vauriot ja voi tätä kautta aloittaa omat lisätoimien tutkinnat, jotta vastaavat vauriot voitaisiin ehkä tulevaisuudessa estää. Huoltoa toimittavan yhtiön raporttiin tulisi merkitä huollossa ilmeneviä ongelmia, joiden pohjalta voi kehittää omaa korjaamoprosessiaan, käsittelemällä huollossa ilmeentyviä ongelmia.

7.1 Raporttien teko

Huoltoraportin tulisi sisältää kaikki huollon päävaiheet, joissa on kuvan ympärille selitettynä toimenpiteet kyseisen vaiheen osalta. Huollon aikana uusitut osat ilmoitetaan raportissa, vauriokuvien kera. Jos asiakas ei ole tietoinen jonkun uunin väärästä käytöstä johtuneen vikaantumisen syystä, tulisi raportissa mainita syy jos se suinkin on selkeästi havaittavissa vauriosta. Esimerkkinä voitaisiin käsitellä kesto-valun kuntoa: Jos valu on päästetty liian huonoon kuntoon ja tästä aiheutuen sula metalli on päässyt puhkaisemaan kelan ja vaurioittamaan runkoa, tulee tästä ilmoittaa raportissa. Näin asiakas pystyy itse toiminnallaan vaikuttamaan, ettei kyseinen vaurio enää toistuisi tulevaisuudessa. Raporttipohjan esimerkkipohja löytyy liitteestä 16.

Lisäksi jokainen suurempi vaurio, joka ei kuulu huoltosopimuksen eikä normaaliin induktiouunihuoltoon, on kuvattava. Näiden vaurioiden ja kuvien pohjalta tehdään asiakkaalle erillinen vaurioraportti, jossa tiedustellaan, tehdäänkö korjaus tuntiveiloituksella lisätöinä. Asiakkaan myöntymyksen saatua voidaan korjaustoimenpiteet suorittaa ja lisätunnit merkata töille. Näiden huoltotöiden vaiheet kuvineen liitetään vielä huoltoraporttiin. Vaurioraportin esimerkkipohja löytyy liitteestä 17.

7.2 Yrityksen sisäinen dokumentointi

Jokaisen huollon jälkeen tulisi myös tehdä yrityksen sisäinen raportti, jonka pohjalta voitaisiin parantaa korjaamohuollon tilaa. Raportissa tulee kertoa kaikki huollossa ilmenevät ongelmatapaukset. Näitä tapauksia voivat olla esimerkiksi työkalujen ja laitteiden puutteellisuus, varaosien saatavuudesta johtuvat ongelmat sekä jonkin työvaiheen hankala suorittaminen.

Jos huollon aikana huomataan, että tietyt työkalut ja laitteet nopeuttaisivat huoltoa huomattavasti nykyiseen tilanteeseen verrattuna, tulisi raportissa ottaa tämä seikka esille ja mahdolliset laitteistot ja työkalut hankkia seuraavaa huoltoa varten. Tiettyjä laskelmia tulee kuitenkin tehdä isompien hankintojen suhteen, jotta saataisiin konkreettista tietoa menetelmän tuotettavuudesta ja siitä, minkä ajan kuluessa hankinta maksaa itsensä takaisin. Selvissä tapauksissa, jotka eivät aiheuta suuria kuluja ja jotka huomattavasti nostavat huollon tehokkuutta, tulisi toimihenkilöiden välittömästi reagoida parannusehdotukseen ja pistää asiaa eteenpäin.

Jos varaosien hankinnoissa ja tilauksissa on ongelmia, pitkien toimitusaikojen ja suurien hintojen takia, tulisi varastotoimintaa päivittää ja neuvotella varaosa-alihankkijan kanssa toimitus- sekä hintaehdoista. Jos toistuvasti ilmenee, että hankalasti saatavia osia menee toistuvasti ja huolto seisahtuu uuden osan pitkän toimituksen takia, tulisi näistä asioista tehdä parannusehdotus toimihenkilötasolle. Toimenpiteet tilanteen parantamiseksi on tilata tarvittavia osia varastoon niin, että huolto ei keskeydy tilauksen takia. Myös alihankkija voi osoittautua epäluotettavaksi ja palvelu ei alihankkijan toiminnan takia ole tarpeeksi laadukasta. Alihankkijan vaihto tarjouskilpailulla voi myös korjata ongelman ja nopeuttaa prosessia.

Jonkin työvaiheen suorittaminen voi olla myös hidas ja kömpelö. Kun parannusehdotuksia tiettyihin työvaiheisiin tulee, tulisi nämä raportoida huollon loputtua ja ottaa kehitettäväksi eteenpäin korjaamoprosessin toiminnan tehokkuuden lisäämiseksi.

Uunihuollon parannusehdotusten dokumentointi ja jatkuva kehitys varmistaa asiakastyytyvyyden ja tehokkaan korjaamoprosessin suorittamisen myös tulevaisuudessa. Uunihuollon parantuessa huollosta saa enemmän katetta, huollon omien kustannuksien laskiessa sekä huoltoajan nopeutuessa. Tätä kautta voidaan myös luotettavasti lisätä huollettavien laitteiden määrää, ilman toimitusaikojen pitkittymisestä aiheutuneita kuluja.

8 YHTEENVETO

Kunnossapidon merkitys nykypäivän tuotantoteknisissä laitteissa on noussut yhä tärkeämpään osaan. Kaikilta valmistusprosessin tärkeimmiltä laitteilta vaaditaan lähes 100 - prosenttinen toimintavarmuus, joka saadaan aikaan jatkuvan kunnossapidon kehittämisen myötä. Valvontamenetelmiin ja ennalta suunniteltuihin seikkahuoltoihin panostetaan yhä enemmän rahaa ja aikaa, tehokkaamman tuotannon takaamiseksi. Kustannuksien yhä noustessa nousee työn huoliteltu suunnittelu myös tärkeään osaan kunnossapitotöissä. Näihin seikkoihin perustuen korjaamuhuollon tulisi toimia moitteetta ja ajallaan, pitkiin huoltoaikoihin ja turhiin pysähtelyihin huollon yhteydessä ei ole varaa. Myöhästyneistä huolloista voi seurata suuria tappioita asiakkaalle, mikä heijastuu myös tuotantolaitoksen asiakkaiden toimintaan.

Toimivan ja tehokkaan korjaamoprosessin pohjana ovat ammattitaitoinen henkilökunta sekä selkeät ja yksityiskohtaiset ohjeet oikeaoppisen huollon suorittamiseksi. Tässä opinnäytetyössä on käyty läpi täydellinen induktiouunihuolto prosessi kaikkinen yksityiskohtineen. Ohjeista löytyy jokaisen työvaiheen kuvaus toimenpiteineen sekä induktiouunihuollossa käytettävien materiaalien lähde ja tuoteselosteet, niiden oikeaoppisen käytön takaamiseksi.

Huoltotöiden raportoinnin, dokumentoinnin sekä parannusehdotusten pohjalta suoritettava toiminnankehitystyö yhdessä toimihenkilöiden ja huoltohenkilökunnan kanssa takaa tulevaisuudessa kustannustehokkaan korjaamuhuollon toiminnan.

Opinnäytetyö kokonaisuudessaan oli itselleni hyvin opettavainen projekti ja olen saanut paljon kokemusta koulutustani vastaavan työn tekemiseen. Raportin kirjoittaminen osoittautui loppujen lopuksi todella hitaaksi ja hankalaksi pääasiassa vaikean tiedon hankkimisen takia. Induktiouuneista ja etenkin niiden huollosta ei löydy paljon tietoa, etenkin suomenkielisistä tietolähteistä. Tiedon hankkiminen perus-

tui pääasiallisesti huoltomiesten ja muun henkilökunnan haastatteluihin ja omatoimiseen empiiriseen tutkimukseen.

Uskoisin kuitenkin projektin parantavan nykyistä induktiouunihuoltoa, jos työssä ilmeneviä seikkoja aletaan aktiivisesti ajaa eteenpäin. Toimintaan tulisi panostaa lisää resursseja niin huoltohenkilökunnan kuin toimihenkilöidenkin puolesta. Tällä hetkellä induktiouunihuollon toiminta vaatisi enemmän koulutettua huoltohenkilökuntaa ja jatkuvaa toiminnankehityksestä vastaavaa toimihenkilöä.

KUVAT

- Kuva 2.1 ABB Tuotehistoria, s. 8
- Kuva 2.2 ABB Slogan ja logo, s. 9
- Kuva 4.1 Induktioupokasuuni, s. 19
- Kuva 4.2 Indutiouunijärjestelmän rakenne, s. 20
- Kuva 4.3 Induktiouunin energiahäviöt, s.21
- Kuva 4.4 Keskitäajuusuunien koot, s. 22
- Kuva 4.5 Induktiokouru-uuni, s. 23
- Kuva 4.6 Hiili- ja piipitoisuuksien muutos sulassa, s. 24
- Kuva 5.1 Sap näkymä, s. 25
- Kuva 6.1 Uunien kokoerot, s. 30
- Kuva 6.2 Huoltoon tullut uuni, s. 32
- Kuva 6.3 Kansimuuraus, s. 33
- Kuva 6.4 Vaurioitunut runko, s. 35
- Kuva 6.5 Huollettu runko, s. 36
- Kuva 6.6 Purettu kela, s. 37
- Kuva 6.7 Huollettu kela, s. 39
- Kuva 6.8 Irrotettu ies, s. 40
- Kuva 6.9 Huollettu ies, s. 41
- Kuva 6.10 Koeponnistuslaitteisto, s. 42
- Kuva 6.11 Kela koeponnistuksessa, s. 43
- Kuva 6.12 Kelan puhdistus, s. 44
- Kuva 6.13 Kokoonpanokuva 1, s. 46
- Kuva 6.14 Kokoonpanokuva 2, s. 47
- Kuva 6.15 Kokoonpanokuva 3, s. 48
- Kuva 6.16 Alempi kelamuuraus, s. 50
- Kuva 6.17 Kelamuuraus, s. 51
- Kuva 6.18 Ylempi kelamuuraus, s. 52
- Kuva 6.19 Betoninsekoitin Rojo200LC, s. 53

LÄHTEET

ABB Service, Yleisesittely 2010

Meskanen, S. & Toivonen, P. Valimotekniikan perusteet. Valuatlas.
http://www.valuatlas.fi/tietomat/docs/vtp_sulatus_laitteet.pdf
Luettu 1.3.2011

Järviö, J. 2007. Kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys Ry.

SFS-EN 13306. Suomen standardoimisliitto

SFS-EN 62079. Suomen standardoimisliitto