

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikan koulutus

Mika Ryynänen

HITSAUSROBOTTISOLUJEN KÄYTTÄJÄKUNNOSSAPIDON
SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2020
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Mika Ryyänen

Nimeke
Hitsausrobotisolujen käyttäjäkunnossapidon suunnittelu

Toimeksiantaja
John Deere Forestry Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä käyttäjäkunnossapitosuunnitelma John Deere Forestry Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää tärkeimmät kunnossapitotoimenpiteet, joita käyttäjät suorittaisivat määräajoin. Käyttäjien suorittamien huoltojen tarkoituksena oli tukea kunnossapito-organisaation toimintaa ja havaita alkavat vikaantumiset. Opinnäytetyössä suunniteltiin käyttäjäkunnossapito-ohjeet osana kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon projektia, jonka olennaisena osana on käyttäjäkunnossapito.

Työn teoriaosassa käsitellään yleisesti robotin toimintaa, hitsausta sekä kunnossapitostrategioita. Teoriaosassa käsitellään tarkemmin kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa, sen prosessia sekä vika- ja vaikutusanalyseja. Työn toteutusosassa käydään läpi kunnossapitosuunnitelman tekemiseen liittyvää tiedonhakua sekä vika- ja vaikutusanalyysien tekemistä. Suunnitelmat tehtiin kahdelle pilottikohteelle. Vikaantumismalleja työssä kuvaillaan periaatetasolla. Yrityksen pyynnöstä laitteiden dokumentteja ja tarkempia tietoja ei työssä paljasteta.

Lopputuloksena syntyi suunnitelma käyttäjäkunnossapidon käyttöönottamiseksi tuotannossa ja kattava selvitys hitsausrobotien vikaantumisesta sekä kunnossapito-ohjeet. Työn tuloksena tehdyt kunnossapito-ohjeet otettiin käyttöön pilottikohteissa ja jatkossa vaiheittain myös muillakin hitsausroboteilla.

Kieli
suomi

Sivuja 42

Asiasanat

kunnossapito, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, käyttäjäkunnossapito, hitsausrobotti



THESIS
May 2020
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author
Mika Ryyänen

Title
Planning of Operator Maintenance for Welding Robot Cells

Commissioned by
John Deere Forestry Ltd.

Abstract

The aim of the thesis was to make an operator maintenance plan for John Deere Forestry Ltd. The purpose of the work was to determine the most important maintenance measures that the operators would perform periodically. The purpose of operator maintenance was to support the operation of the maintenance organization and to detect incipient failures. In the thesis, maintenance instructions were planned as part of a total productive maintenance project. Operator maintenance is an essential part of total productive maintenance.

The theoretical part of the thesis deals in general with robot operation, welding and maintenance strategies. The theoretical part deals with total productive maintenance, its process and failure mode and effects-analysis in more detail. In the implementation part of the work, information retrieval related to the preparation of the maintenance plan and the performance of failure mode and effects analysis are reviewed. Plans were made for two pilot targets. Failure modes in the work are described at the principle level. At the request of the company, equipment documents and more detailed information will not be disclosed in the work.

The result was a plan to introduce user maintenance in production and a comprehensive report on the failure of welding robots, as well as maintenance instructions. The maintenance instructions made as a result of the work were introduced at pilot sites and in the future also in stages with other welding robots.

Language

Finnish

Pages 42

Keywords

maintenance, total productive maintenance, operator maintenance, welding robot

Sisältö

Tiivistelmä	
Abstract	
Käytetyt lyhenteet	
1 Johdanto.....	6
1.1 Opinnäytetyön rajaus.....	7
1.2 John Deere Forestry Oy.....	7
2 Robottisolu.....	8
3 Hitsaus	10
3.1 Hitsausprosessi	10
3.2 Hitsauslaitteisto	10
4 Kunnossapitostrategiat	13
4.1 Kunnossapito.....	13
4.2 TPM – kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito	14
4.2.1 Vaiheet	16
4.2.2 Käyttäjäkunnossapito.....	19
4.3 RCM – luotettavuuskeskeinen kunnossapito.....	21
4.3.1 RCM-prosessi.....	21
4.3.2 Vika- ja vaikutusanalyysit.....	22
5 Kunnossapitolajit	25
5.1 Ehkäisevä kunnossapito	25
5.1.1 Kuntoon perustuva kunnossapito.....	26
5.1.2 Jaksotettu kunnossapito	26
5.2 Korjaava kunnossapito	27
5.3 Kunnonvalvonta ja käyttöseuranta	27
6 Kunnossapito-ohjelman suunnittelu	29
6.1 Riskien hallinta	29
6.2 Lähtökohdat suunnitelmalle	30
6.3 Vikaantumisten analysointi	31
6.3.1 Hitsauslaitteiston vika- ja vaikutusanalyysi.....	32
6.3.2 Robottijärjestelmän vika- ja vaikutusanalyysi	33
7 Tulokset.....	34
7.1 VVA-analyysien tulokset	34
7.2 Käyttäjäkunnossapito-ohjeet.....	35
7.2.1 Puhdistaminen ja järjestely	36
7.2.2 Tarkastukset	37
7.2.3 Kunnonvalvonta.....	38
7.3 Käyttäjäkunnossapitosuunnitelma.....	38
8 Pohdinta	40
Lähteet	42

Käytetyt lyhenteet

OEE	Overall equipment effectiveness, laitteiston kokonaistehokkuus
MAG	Metal-arc Active Gas, metallikaasukaarihitsaus
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi
MTBF	Mean Time Between Failure, vikaantumistaajuus
Six Sigma	Laatutyökalu
Rotametri	Suojakaasun virtauksen mittauksessa käytettävä mittari
PDCA	Plan Do Check Act, ongelmien ratkaisu- ja kehittämismenetelmä

1 Johdanto

Hitsausrobottien käytettävyyteen ja huoltokustannuksiin voidaan vaikuttaa prosessin käytönaikaisella valvonnalla. Hitsausprosessi itsessään vaatii jatkuvaa kunnonvalvontaa ja säännöllisiä huoltotoimenpiteitä, koska kulutusosat on pidettävä optimaalisessa kunnossa hitsauksen laadun säilyttämiseksi. Suurin osa laatuun vaikuttavista ongelmista ja vikaantumisista on havaittavissa ennakoivasti säännöllisillä tarkastuksilla, joita robottien käyttäjät voivat suorittaa. Näiden kulumisten ja vikaantumisten ehkäisemiseksi John Deere Forestry Oy:lle tarvittiin kunnossapitosuunnitelma, jonka mukaan käyttäjäkunnossapito otettiin käyttöön tehtaalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella hitsausrobotisolujen käyttäjäkunnossapidon toteutus ja laatia ohjeet kunnossapitojärjestelmään sekä pitää koulutukset kunnossapitotoimenpiteiden suorittamiseen. Opinnäytetyössä käsitellään kunnossapitoa yleisesti sekä kahta erilaista kunnossapitostrategiaa. TPM-kunnossapitostrategia on perustana opinnäytetyötä laadittaessa, ja RCM-kunnossapitostrategiaa hyödynnetään sovelletusti tarvittavia kunnossapitotoimenpiteitä kartoitettaessa. Käyttäjäkunnossapito-ohjeet tehdään vastaamaan yrityksen kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon strategiaa ja standardeja. Yrityksen sisäisiä toimintamalleja ja dokumentteja käytetään ohjeiden tekemisessä. Opinnäytetyössä kartoitetaan vika- ja vaikutusanalyysillä tarvittavat ennakoivat ja ehkäisevät kunnossapidon tehtävät.

Toimivalla käyttäjäkunnossapidolla täydennetään kunnossapito-organisaation suorittamia enakkohuoltoja, jotka usein määritellään laitevalmistajien toimesta. Hitsausrobotisolujen kunnossapidon haasteena on huomioida useat eri järjestelmät ja varmistaa niiden toiminta automaattisessa prosessissa. Hitsausprosessissa esiintyviin ongelmiin on reagoitava välittömästi, koska osien kulumisesta

syntyvät laatuongelmat aiheuttavat lisäkustannuksia ja vaikuttavat myös tuotannon virtaukseen.

1.1 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyön aihe rajattiin kahden erilaisen hitsausrobotisolun käyttäjäkunnossapito-ohjeisiin ja TPM:n mukaisen käyttäjäkunnossapidon toimintamallin suunnitteluun tuotannon tueksi. Tuotannosta valittiin kaksi projektiin sopivinta robotisolua pilottikohteiksi ja luotiin käyttäjäkunnossapitosuunnitelmat niille.

1.2 John Deere Forestry Oy

John Deere Forestry Oy on vuonna 2000 perustettu metsäkonevalmistaja. Yritys on osa John Deere -konsernia, joka on perustettu vuonna 1837. John Deere Forestry Oy:n kotipaikka sijaitsee Tampereella. Suomessa John Deerellä on toimipisteet Joensuussa ja Tampereella. Joensuun tehtaalla valmistetaan kuormatraktoreita ja harvestereita. Tehtaalla voidaan valmistaa kahdeksan konetta päivässä. (John Deere 2020.)

2 Robottisolu

Teollisuusrobotilla tarkoitetaan automaatio-sovelluksissa käytettävää, uudelleen ohjelmitavaa laitetta, jota ohjataan automaattisesti ja joka voi liikkua tai olla asennettuna kiinteästi. Vähintään kolme akselia on pystyttävä ohjelmoimaan. (SFS-EN 10218-1:2011, 14.)

Teollisuusrobotti yksinkertaisemmin on laite, joka liikuttaa työkalun kiinnityslaipan vaadittuun sijaintiin. Liikeratoja voidaan ohjelmoida ennalta tai ne voivat muuttua käyttöolosuhteiden mukaisesti. Robotin käsivarsien liitoksissa on nivelet ja nivelien liikkeet tapahtuvat servomooottoreilla. (Kuivanen ym. 1999, 13–15.)

Robottisoluun kuuluu myös ohjausjärjestelmä ja kaapelointi. Robotin toimilaitteet käsivarressa vaativat kaapeloinnin ja huoltoa varten kaapeloinnin on oltava irrotettavilla liittimillä, jotka voivat vikaantua herkästi. (Kuivanen ym. 1999, 15.)

Robotteja on erityyppisiä, mutta teollisuudessa käytetyimpiä ovat kiertyväniveliset robotit. Näissä roboteissa kaikki kuusi vapausastetta ovat kiertyviä. Hitsaussovelluksissa viisi vapausastetta riittäisi, koska langan kiertymiskulma itsensä ympäri ei ole olennaista. Yleensä kuitenkin kiertyväkulmaisissa roboteissa on kuusi vapausastetta, jotta eri malleja olisi vähemmän. Kuuden vapausasteen robotit ovat monikäyttöisimpiä, koska työkalu saadaan aina osoittamaan vaadittuun suuntaan ja vaaditussa kiertymiskulmassa. (Kuivanen ym. 1999, 16–18.)

Robottisovelluksissa pyritään käyttämään radankorjausaistijärjestelmiä korjaamaan ongelmia ympäristön ja robotin epätarkkuuksissa. Näiden järjestelmien toiminta perustuu työkappaleen mittaukseen liikkeiden aikana ja työkalun kohdistuksen korjaamiseen mittauksen perusteella. Kaarihitsauksessa riittää, että

hitsattava railo on 15 mm:n sisällä nimellisestä paikastaan, koska railonseurantajärjestelmä kykenee korjaamaan hitsauspolttimen asemoinnin sivusuunnassa 0,3 mm:n tarkkuuteen ja korkeussuunnassa 1 mm:n tarkkuuteen. (Kuivanen ym. 1999, 15.)

3 Hitsaus

3.1 Hitsausprosessi

Hitsauksessa liitetään kappaleita yhteen lisäämällä sulaan liitokseen lisäainetta. Sula perusaine ja lisäaine muodostavat jäähtyessään kiinteän liitoksen. (Lepola & Ylikangas 2016, 13.) MAG-hitsauksessa käytetään jatkuvasti syötettyä elektrodilankaa, joka kulkee kuparisen virtasuuttimen läpi. Hitsausprosessissa käytetään suojakaasua suojaamaan hitsausaumaa. Hitsauslankaan johdetaan virta kuparisen virtasuuttimen kautta. Virtalähde ohjaa langan syöttöä ja lisää tuottavuutta verrattuna muihin hitsausmenetelmiin. Kyseinen hitsausprosessi on kuitenkin herkkä ilman virtauksille. (Phillips 2016, 50.)

MAG-hitsaus on prosessina helposti asennettavissa robottikäyttöön. Automaattisen langansyötön, hitsausnopeuden ja helpon automatisoinnin ansiosta tätä hitsausprosessia käytetään laajalti auto- ja raskasteollisuudessa. (Phillips 2016, 51.)

3.2 Hitsauslaitteisto

Virtalähde säättää valokaaren pituutta automaattisesti ja tekee tästä ideaalisen mekanisoituun- ja robottihitsaukseen. Vapaan langan pituuden kasvaessa kasvaa myös resistanssin aiheuttamana langan lämpötila, koska hitsauslanka ei johda sähköä hyvin. Kuumeneminen voi aiheuttaa ongelmia hitsatessa suurilla virroilla tai pitkissä hitsausaumoissa, koska silloin energiaa kuluu enemmän langan kuumenemiseen ja valokaareen vähemmän. Langan kuumeneminen voi aiheuttaa muutoksia hitsausauman leviämiseen ja tunkeuman syvyyteen. Langan pituus vaikuttaa myös suojakaasun toimintaan heikentävästi, jos pituus kasvaa

liian suureksi. Liian lyhyt lanka taas aiheuttaa roiskeiden kertymistä kaasuholkkiin ja virtasuuttimeen. (Phillips 2016, 52.)

Langansyöttölaitteiston keskeisimmät osat ovat langansyöttömoottori ja syöttöpyörästä. Langansyöttömoottoria ohjataan portaattomasti ja sen on pyöritettävä langansyöttöpyörästä säädetyllä nopeudella, jotta valokaaren itsesäätyvyys toimii. Syöttöpyörien valintaan vaikuttaa lisäainelangan laatu ja halkaisija. Olenaista on säätää langansyöttöpyörästä puristusaine kohdalleen. Langansyöttöpyörästä puristusaine on liian suuri, jos lanka litistyy ja siitä irtoaa kuparia. Hitsauslangan pinnasta irtoava kupari tukkii langanohjausputkia ja lisää langansyöttöhäiriöitä. Syöttöpyörien puristusaine on säädetty oikein, jos lanka luistaa pyörien välissä kosketussuuttimen kärjestä sormilla puristettaessa. Uusimpien langansyöttölaitteistojen portaaton syöttönopeus on 0–25 m/min. (Lepola & Ylikangas 2016, 72.)

Monitoimijohto sisältää langanjohdinten, suojakaasuputken, hitsausvirtakaapelin ja ohjausvirtajohtinten sekä jäähdytysveden putket. Monitoimijohtoon kuuluu myös hitsauspistooli. Langanjohdin vaikuttaa langansyöttöön merkittävästi ja sen on oltava lisäainelangan halkaisijalle sopiva. Monitoimijohdon taivutuskulmat on pidettävä loivina, koska jyrkät kulmat lisäävät langan hankauskitkaa ja langanjohdinteen kuluu uria. Langanjohdin tulisi puhdistaa säännöllisesti paineilmalla. (Lepola ym. 2016, 74.)

Kupariseosteisen kosketussuuttimen on johdettava hyvin sähköä, kestettävä kuumuutta ja kulumista. Kosketussuuttimen valintaan vaikuttavat käytettävä materiaali, lisäainelanka, suojakaasu sekä hitsausarvot. Kosketussuuttimen on oltava puhdas ja kiinnityksen kireyttä on tarkistettava säännöllisesti, johtuen kuparin lämpölaajenemiskertoimesta. Löystyminen lisää resistanssia ja aiheuttaa häiriöitä langansyöttöön. (Lepola ym. 2016, 75–76.)

Kaasusuutin ohjaa suojakaasun hitsaussaumaan ja se on pidettävä puhtaana roiskeista. Hitsausolosuhteet vaikuttavat roiskeiden syntymiseen ja roiskeiden kertyminen aiheuttaa suojakaasun virtaukseen pyörteitä, jotka heikentävät suojakaasun toimintaa, kun mukaan sekoittuu ilmaa. (Lepola ym. 2016, 76.)

Suojakaasulaitteistoon voi kuulua kaasupullo tai kaasunjakeluverkko. Jakeluverkoston kaasukeskuksessa suojakaasun paine alennetaan noin 4–6 baariin. Käytettävän kaasukeskuksen tyyppiin vaikuttavat käytettävä suojakaasu, kulutus ja automaatioaste. Kaasun ulosottopisteessä on paineenalennusventtiili, jolla säädetään kaasun virtausta. Suojakaasulaitteiston kuntoa on valvottava. Letkujen ja liitosten vuodot pienentävät kaasun virtausta hitsauskohdassa. Suojakaasun virtaus on mitattava kaasusuuttimesta tarkistusrotametrillä. (Lepola ym. 2016, 77.)

Suojakaasun tehtävänä kaasukaarihitsauksessa on suojata hitsausprosessia ilmassa olevalta hapelta ja typeltä. Suojakaasu jäähdyttää myös hitsauspolttimen osia. Suojakaasu vaikuttaa koko hitsausprosessin tuottavuuteen, laatuun ja työturvallisuuteen. Suojakaasun puuttuessa hitsiin syntyy huokoisia ja seosaineita palaa pois. Teräksille käytetään seoskaasuja, joissa on argonin lisäksi hiilidioksidia 1–25 %. (Lepola ym. 2016, 77–80.)

Oheislaitteiden huoltoon vaikuttaa laitteiden käyttöolosuhteet ja huoltoväliä onkin tihennettävä haastavissa olosuhteissa, jotta ylläpidetään robottijärjestelmän toimintakykyä. Kaarihitsauslaitteiston huollettaviin kohteisiin kuuluvat virtalähde ja muut hitsausjärjestelmään kuuluvat komponentit. Hitsauksen laadun ylläpitämiseksi on huolehdittava hitsauslaitteiston virheettömästä toimintakyvystä. Hitsauslaitteiston huoltoihin kuuluvat seuraavat asiat: puhtaanapito, virtasuuttimen vaihto, langanjohtimien puhdistus sekä roiskeiden puhdistaminen kaasunjakaajasta ja kaasuholkista. Huollettavat kohteet määräytyvät sovelluksen ja käytettävän työlaitteen ominaisuuksien mukaan, mutta tärkeimpänä ovat kiinnitykset ja kulutusosat. (Aalto ym. 1999, 130–131.)

4 Kunnossapitostrategiat

4.1 Kunnossapito

Standardi (SFS-EN 13306:2017, 5) määrittelee kunnossapidon käsitteen seuraavasti:

Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.

Kunnossapidon rooli on kehittynyt kahteen päinvastaiseen suuntaan, jossa kunnossapito itsenäistyy ja toisaalta integroituu. Itsenäistymiseen kuuluu oma kunnossapito-organisaatio ja omat toimintaa tarkkailevat tulokset ja kriteerit. Integroituminen taas tarkoittaa kunnossapidon olemista osana kaikkia tehtaan toimintoja. Koko henkilökunta suorittaa kunnossapitoa osana omaa työtänsä ja yhteistyössä kunnossapito-organisaation kanssa, mikä on ratkaisevassa asemassa tuloksellisessa toiminnassa. (Aalto 1997, 21.)

Kunnossapidolle on kehittynyt useita filosofioita kuvaamaan kunnossapitotoimintaa. Erilaisille malleille on toisaalta tarvetta, koska teollisuuden aloja on useita erilaisia ja niissä painotetaan eri asioita riippuen tuotannon luonteesta, laitekanasta, tuotteen arvosta, ympäristö- ja henkilöriskeistä. Mikään yksittäinen filosofia ei sisällä kaikkia etuja ja kaikissa filosofioissa on myös haittapuolia. Jokaisessa filosofiassa hyöty riippuu käyttäjäorganisaatiosta ja ihmisten käyttäytyminen vaikuttaa kaikkein voimakkaimmin menetelmän tehokkaaseen toimintaan. (Mikkonen ym. 2009, 69.)

Mikkosen ym. mukaan (2009, 70) kunnossapitoon on kehittynyt viimeisten parin vuosikymmenen aikana useita erilaisia toimintakehyksiä, joihin on vaikuttanut

tuotannon tai logistiikan tarpeiden viitekehykset. Merkittävimmät viitekehykset ovat ISO 9001, Six Sigma, TPM ja RCM.

4.2 TPM – kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

Yksi kunnossapidon ajatusmalleista on TPM:n mukainen malli, jossa keskeisintä on koko organisaation osalta kunnossapitomyönteinen ajattelutapa. Tämä koskee koko tuotantohenkilökuntaa ja yleistä kunnossapitoa. (Aalto 1997, 14.)

TPM tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. Tämän kunnossapitofilosofian tavoitteena on tuotannon tehokkuuden ja laadun maksimointi. Tavoitteena on myös virheetön toiminta vikaantumisen ja laiterikkojen osalta. Lähtökohdiana TPM:n mukaiselle filosofialle on luoda koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpidettävä niitä. Luotettavuuden vähentyminen johtuu toimintaolosuhteiden muutoksesta epäedulliseksi. (Mikkonen ym. 2009, 79.)

TPM-prosessissa kaikki tuotannon kannalta tärkeät koneet ja laitteet on pidettävä optimikunnossa ja niiden suorituskyky huipussaan. Tämän ajattelutavan mahdollistaa koneiden käyttöhenkilökunnan osallistuminen ja vastuun ottaminen laitteiden toimintakyvystä. (Mikkonen ym. 2009, 79.)

TPM:n ideana on yhteistyö eri toimintojen välillä, jotta saadaan tärkeät kunnossapitotehtävät suoritettua luotettavasti ja tehokkaasti. Tarkoituksena on tukea kunnossapitoa. TPM:ssä on kuusi keskeistä kohtaa, joista TPM yhdistää jatkuvan parantamisen, laadun ja työntekijöiden sitouttamisen:

1. Toimenpiteet kokonaisvaltaisen tehokkuuden parantamiseksi.
2. Vikaantumisen ehkäiseminen suunnitellulla kunnossapidolla, joka ulottuu koko laitteen eliniän ajaksi.

3. Operaattoreiden suorittama kunnossapito, johon kuuluu rutiininomaisia tarkastuksia ja kunnossapitotoimenpiteitä.
4. Päivittäiseen kunnossapitoon osallistuvat kaikki yrityksen toiminnot.
5. Yrityksen ohjaama pienryhmätoiminta, jonka tavoitteet tähtäävät myös yrityksen tavoitteisiin.
6. Jatkuva oppiminen, johon kuuluu virallista koulutusta, työssäoppimista ja tiimien jäsenten keskinäistä koulutusta. (Smith & Mobley 2007, 107.)

TPM-organisaatiossa operaattorit ja teknikot vastaavat tietyistä alueista. Työntekijät koulutetaan suorittamaan vaaditut huoltotehtävät vastuualueillaan ja vapaaehtoisesti suorittamaan vaativampia kunnossapitotoimenpiteitä. Laitteiden häiriöajat ovat lyhyempiä, jos käyttäjät havaitsevat ongelmat ja korjaavat ne välittömästi. Kuitenkin suurin osa vaativammista kunnossapitotoimenpiteistä suoritetaan varsinaisen kunnossapitohenkilöstön toimesta. (Smith & Mobley 2007, 107.)

TPM:n toimenpiteiden tulisi keskittyä haluttujen tulosten saavuttamiseen. Yksi tämän strategian perusteista on mitata OEE-lukua. TPM keskittyy poistamaan hukkia, jotka laskevat tätä lukuarvoa. Ensimmäisenä tulisi keskittyä laitteiston tehokkuuden häviöihin, koska suurimmat parannukset voidaan tehdä lyhyessä ajassa poistamalla nämä häiriöt. (Smith & Mobley 2007, 109.)

TPM:n avulla voidaan saavuttaa tuloksia lyhyessä ajassa, jopa kahdessa viikossa, jos keskitytään oikeisiin asioihin ja säännöllisesti valvotaan ja tarkastellaan OEE-tietoja. Pelkästään prosenttiluvun tarkasteleminen ei riitä, vaan vaaditaan kaikkien häviöiden analysointia ja hyödyntämällä näitä tietoja voidaan seurata laitteen toimintaa ja tarkastella TPM:n toimenpiteiden tehokkuutta. (Smith & Mobley 2007, 111.)

TPM pyrkii poistamaan esteet laitteiston tehokkaassa käytössä. Näitä esteitä ovat:

- laitteiston häiriöajat
- laitteiston hajoaminen
- kappaleiden asetusajat
- seisonta-ajat ja pysähdykset
- laitteiston nopeushäviöt
- prosessissa syntyvät laatuvirheet
- madaltunut tuottavuus. (Smith & Mobley 2007, 107.)

TPM on prosessi, jossa muutetaan organisaation kulttuuria pysyvästi ja kehitetään sekä ylläpidetään laitteiden tehokasta toimintakykyä. TPM vaatii suuria investointeja, mutta maksaa myös itsensä takaisin tehokkaasti. Systemaattinen TPM:n kehittäminen ja käyttöönottaminen vaatii vähintään kolmen vuoden ohjelman. Ohjelman mukainen yhteistyö luo ammattitilpeyttä, nostaa tuottavuutta ja laatua sekä kehittää jokaisen työntekijän osaamista. Ylimääräisiä kuluja syntyy kuitenkin laitteiston palauttamisesta alkuperäiseen toimintakuntoon ja työntekijöiden koulutuksesta. (Smith & Mobley 2007, 107.)

4.2.1 Vaiheet

TPM:n käyttöönottoon kuuluu yleensä neljä vaihetta, jotka ovat valmistelu, suunnittelu, käyttöönottaminen ja ylläpito. Nämä vaiheet voidaan jakaa vielä kahteen toista osaan. (Tokutarō 1994, 8.)

Valmisteluvaiheessa luodaan perusta TPM-ohjelmalle ja tämä on tehtävä tarkasti, koska suunnittelun epäonnistuessa joudutaan tekemään muokkauksia ja korjauksia käyttöönottovaiheessa. Valmisteluun kuuluu viisi ensimmäistä askelta, joissa esitellään TPM, luodaan TPM-organisaatio ja kerrotaan tavoitteet. Viimeisenä luodaan suunnitelma TPM:n käyttöönottamiseksi. Suunnitteluvaiheessa aloitetaan TPM-toimenpiteet. Tämän vaiheen tarkoituksena on luoda moraalialia ja omistautumista nostattava ilmapiiri. (Tokutarō 1994, 9–12.)

Käyttöönottovaiheeseen kuuluu neljä askelta. Tässä vaiheessa otetaan käyttöön suunnitelmassa esitetyt toimenpiteet, jotka on räätälöitävä yrityksen toimintaan, alueeseen tai tehtaaseen sopiviksi. Kehitystoimenpiteet aloitetaan keskitetysti projektitiimin toimesta, johon voi kuulua tuotantoinsinöörejä, kunnossapitohenkilöstöä ja laitteiden käyttäjiä. Toimenpiteiden tavoitteena on minimoida tarkasti valittuja ja mitattuja häviöitä. Laitteisiin keskittyvässä kehityksessä dokumentoidaan ja analysoidaan merkittävimmät laitteisiin kohdistuvat häviöt, jonka jälkeen tunnistetaan ja nostetaan käyttöolosuhteet vaaditulle tasolle. Prosessia kehitettäessä keskitytään tuotannon virtaukseen, laitteisiin tai menetelmiin, joiden kehittämisessä on tehokkainta käyttää juurisyyanalyseja. (Tokutarō 1994, 12–14.)

Käyttäjäkunnossapito on yksi TPM:n selkeimmistä toimenpiteistä. Operaattorit osallistuvat päivittäiseen kunnossapitoon ja kehitystoimenpiteisiin. Toimenpiteet otetaan yleensä käyttöön asteittain ja valvotaan niiden toteutumista. Ensimmäisessä askeleessa laitteen puhdistamisen aikana löydetyt ongelmat on tunnistettava ja niihin on reagoitava, koska muuten kulumista ei voida estää tai valvoa. (Tokutarō 1994, 14–15.)

Suunniteltuun tai aikataulutettuun kunnossapitoon kuuluu korjaava, ehkäisevä ja ennustava kunnossapito. Suunniteltu kunnossapito-ohjelma on luotava vaiheittain. Kunnossapidolla ei voida ehkäistä kaikkia vikaantumisia, mutta näitä vikaantumisia analysoimalla voidaan tunnistaa puutteita kunnossapitosuunnitelmista. Suunnitellussa kunnossapidossa seurataan MTBF-lukua ja ajoitetaan toimenpiteet sen mukaan viikoittaiseen, kuukausittaiseen ja vuosittaiseen kunnossapitoon. (Tokutarō 1994, 15–16.)

Työntekijöitä on koulutettava säännöllisesti ja koulutuksien on vastattava työntekijöiden osaamistasoa. Koulutusohjelmalle on asetettava aikataulu ja tavoitteet, joiden perusteella suunnitellaan työn ohessa suoritettavat harjoitukset sekä koulutukset. (Tokutarō 1994, 16.)

Ennakoiva laitteiden hallinta on koneiden käyttäjiä, insinööritoimistoja ja laitevalmistajia koskeva osuus. Laitteiden suunnittelua, asennusta ja testausta voidaan pitää yhtenä projektina, jossa määritetään vaadittava tekninen taso, käytettävyys ja budjetti. Suunnittelussa on otettava huomioon toiminnallisuus, luotettavuus, kunnossapidettävyys, turvallisuus ja taloudellisuus. Määrittelemällä kunnossapidon estävät tekijät jo suunnittelussa voidaan varmistaa laitteiden kunnossapidettävyys ja luotettavuus. (Tokutarō 1994, 17.)

Laatuun perustuvalla kunnossapidolla pyritään havaitsemaan ja ehkäisemään laatuhäiriöitä prosessissa ja laitteissa. Tuotteiden laatu vaihtelua hallitaan laatuun vaikuttavien komponenttien kunnonvalvonnalla. Laatuun vaikuttavat pääasiassa seuraavat asiat: käytettävä laitteisto, materiaalit, käyttäjätoimenpiteet ja menetelmät. Edellä mainittujen muuttujien ja tuotteen laadun yhteys on ensin varmistettava laaturvirheiden analysoinnilla. Tämän jälkeen voidaan tunnistaa laatuun vaikuttavat komponentit ja määrittää niille vaadittava toimintakunto laadun ylläpitämiseksi. (Tokutarō 1994, 18.)

Hallinnollisten- ja tukitoimintojen suorittamat TPM:n toimenpiteet vahvistavat osastojen toimintaa ja kulttuuria. Näiden toimintojen TPM-ohjelmaan kuuluu tiedon kerääminen, prosessointi ja jakaminen. (Tokutarō 1994, 18–19.)

Turvallisuus on yksi tärkeä osa TPM-toimintoja. Käyttö- ja turvallisuuskoulutuksia sekä läheltä-piti-raportteja voidaan hyödyntää prosessissa. Turvallisuus on otettava huomioon myös laitteiden suunnittelussa, koska laitteen on oltava turvallinen, vaikka käyttäjä ei suorittaisi kaikkia varotoimia. (Tokutarō 1994, 19.)

Ylläpitovaiheessa säilytetään saavutettu taso. Systemaattisella etenemistavalla saadaan vakiinnutettua TPM-toimenpiteet käyttöön ja niitä voidaan kehittää jatkuvan parantamisen PDCA-menetelmällä. Tulosten säännöllinen mittaaminen

voidaan aloittaa määrittämällä raja-arvot mittauksille ja näiden mittareiden avulla esitellään kaikille saavutettuja tuloksia. (Tokutarō 1994, 19–20.)

4.2.2 Käyttäjäkunnossapito

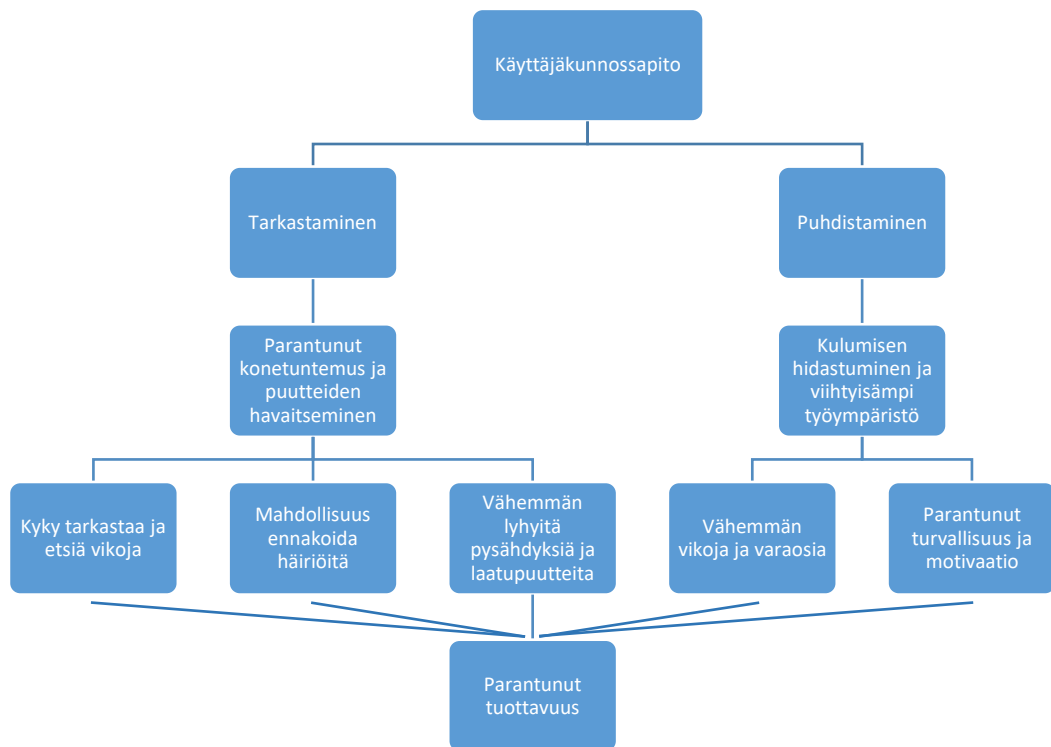
Tuotantolaitteen käyttäjän tehtävänä on suorittaa kunnossapitotoimenpiteitä ja tarkkailla koneensa toimintaa jatkuvasti. Käyttäjän ja kunnossapidon yhteistoiminta on välttämätöntä kunnossapitotoiminnan onnistumiseksi. Kaikkiin ammatteihin ja työtehtäviin liittyy aina jossain määrin kunnossapitoa. Eräs keskeisimmistä laajennuksista työtehtäviin on, että tuottavan työn tekijä suorittaa käyttötehtävät säilyttäen toimintakunnon. (Aalto 1997, 22–23.)

Koneiden toimintaolosuhteiden varmistamiseksi koneiden käyttäjät kykenevät suorittamaan päivittäiset ja viikoittaiset huoltotoimenpiteet. Käynnissäpidon vastuu on yhä enemmän koneiden käyttäjillä ja heidän on ymmärrettävä koneen toiminta ja käyttö myös virhe- ja häiriötilanteiden aikana. (Mikkonen ym. 2009, 83.)

Käyttäjäkunnossapidolla tarkoitetaan toimenpiteitä, joita koneiden käyttäjät suorittavat käyttövarmuuden parantamiseksi. Lähtökohtana pidetään koneiden puhdistamista ja tarkastamista häiriöiden ehkäisemiseksi. Koneiden likaantuminen kiihdyttää kulumista, konerikkoja, laatuvirheitä ja nopeushäviöitä. Puhdistamisessa tarkoituksena on myös paljastaa koneen piileviä vikoja ja puutteita, mutta myös helpottaa päivittäisten tarkastusten tekemistä. Siisteyden ja järjestyksen ylläpitäminen parantaa lisäksi työympäristön turvallisuutta. (Mikkonen ym. 2009, 84.)

Tärkeä osa ennakoivaa kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa on tarkastustoiminnan toimivuus. Käyttäjien olisi huomioitava poikkeavat tilanteet ja raportoitava

kunnossapito-organisaatiolle tarkemman tutkimisen aloittamiseksi. Käyttäjäkunnossapidon onnistumiseksi on järjestettävä aikaa tarkastuksille ja tehtävä niistä osa päivittäistä työntekoa. Koulutus on tärkeä osa uusia työvaiheiden vaatimuksia ja parannusehdotuksien toteutus tulisi olla mahdollisimman nopeaa. Koneiden tarkastusten, koulutuksien ja raportoinnin on oltava mahdollisimman visuaalisia. Käyttäjäkunnossapidon jaottelu esitetään kuviossa 1. (Mikkonen ym. 2009, 85.)



Kuvio 1. käyttäjäkunnossapidon merkitys tuottavuuteen (Mikkonen ym. 2009, 84).

4.3 RCM – luotettavuuskeskeinen kunnossapito

RCM on yksi kunnossapidon suunnitteluun käytetyistä työkaluista. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on lentokoneollisuuden tarpeisiin kehittynyt menetelmä, jolla systemaattisesti lisätään käyttövarmuutta ja kunnossapitotoiminnan lisäksi keskitytään laitteiden suunnitteluun kunnossapidettävyyden sekä käyttövarmuuden parantamiseksi. (Mikkonen ym. 2009, 75.)

Kunnossapidon haasteena on ehkäisevä kunnossapito, jonka suunnitteleminen on yleensä ollut valmistajien ohjeista ja omista kokemuksista sovellettua. Johtuen suunnittelun haasteellisuudesta, ehkäisevää kunnossapitoa tehdään liikaa. RCM-menetelmässä keskitytään systemaattisesti tekemään kunnossapitoa mahdollisimman vähän, laitteen toimintaa vaarantamatta. (Mikkonen ym. 2009, 75.)

4.3.1 RCM-prosessi

Keskeisin päämäärä RCM:n käytössä on priorisoida prosessissa kunnossapito laitteisiin, jotka tarvitsevat sitä eniten. Priorisointikriteereinä voidaan pitää kustannuksia, turvallisuutta, ympäristövaatimuksia ja laatua. Prosessissa selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit ja tunnistetaan niiden avulla kunnossapitomenetelmät. Kunnossapidossa on huomioitava myös raja- ja turvalaitteet. Lopuksi luodaan toimintaohjeet vikaantumisen varalta laitteille, joille ei löydy ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä. Käyttöhenkilökunta seuraa kriittisten komponenttien toimintaa. (Mikkonen ym. 2009, 75.)

Prosessissa edetään seuraavalla tavalla, jonka aikana määritetään:

1. Laitteiden toiminnan ja tehokkuuden vaatimustasot.
2. Toiminnalliset viat.

3. Vikaantumismallien syntyminen, jossa huomioidaan normaalin ikääntymisen vaikutukset ja käyttövirheet.
4. Vikaantumisen vaikutukset ja niiden ilmeneminen.
5. Tarvittavat toimenpiteet vikaantumisen havaitsemiseen.
6. Korjaavat toimenpiteet. (Mikkonen ym. 2009, 76.)

4.3.2 Vika- ja vaikutusanalyysit

Vikaantumisella on aina vaikutusta tulokseen, tuotannon laatuun, turvallisuuteen ja kustannuksiin. Vikaantumisten seuraukset voidaan jakaa kahteen eri kategori-
aan, joista piilevä toiminto on sellainen, jonka vikaantumista ei välttämättä huomata. Näkyvän toiminnon vikaantuminen huomataan normaaleissa olosuhteissa. (Mikkonen ym. 2009, 158.)

Toiminnalliset viat tarkoittavat, että laite ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa hyväksytyllä tavalla. Vikavaikutusanalyysin avulla tunnistetaan viat, joilla on merkittäviä vaikutuksia tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. (Mikkonen ym. 2009, 153.)

Tiedonhankinnassa kannattaa ensisijaisesti hyödyntää kaikki tieto, mitä laitevalmistajilta on saatavilla ja lisätietolähteenä käyttää käyttötietoja. Myös muiden samanlaisten laitteiden käyttäjiltä voi saada lisätietoja, jos yritysten kilpailuasetelmat eivät estä tietojen vaihtoa. Käyttötiedot sisältävät tärkeitä tietoja vioittumistavoista ja korjaustoimenpiteistä. (Mikkonen ym. 2009, 153.)

Vikaantumismallit tarkoittavat mekanismeja, jolla vikaantuminen tapahtuu. Kunnossapitostrategian valinnan kannalta on tärkeää tunnistaa vikaantumismallit ja niiden on sisällettävä riittävä määrä informaatiota, jotta voidaan valita kohteen kannalta oikea strategia. Vikaantumismallit voidaan listata helpoiten, jos listataan

ensin toiminnalliset viat ja sen jälkeen niihin johtavat vikaantumismallit. (Mikkonen ym. 2009, 153.)

Vikaantumismallien määrittelyssä on huomattava, ettei informaation määrä saa olla liian suuri, koska analyysiprosessin kesto pitenee. On kuitenkin kerättävä riittävä määrä informaatiota saadakseen määriteltyä oikeat vioittumistavat. Haettaessa vian alkuperäisaiheuttajaa komponenttitasolta, informaation määrä kasvaa huomattavasti. Analyysiä ei kuitenkaan kannata jatkaa tarpeettoman syvälle, koska sille alueelle ei voida useinkaan vaikuttaa. Oikea taso analyysille on se, jossa voidaan tunnistaa laitteen vioittumistavat ja valita oikea kunnossapitostrategia kyseiselle laitteelle. (Mikkonen ym. 2009, 156.)

Laitteiston VVA-analyysia tehtäessä selvitetään vaatimukset laitteen toiminnalle ja tunnistetaan niiden tehtävät prosessissa. Laitteen toimintaympäristö ja käyttötarkoitus vaikuttavat analyysin ja vikaantumisen hallinnan tasoon. Prosessin kannalta kriittiset laitteet on tarkasteltava tarkemmin ja turvallisuuteen vaikuttavat toimilaitteet on myös huomioitava prosessin aikana. (Smith & Mobley 2007, 64–67.)

VVA-analyysissa tunnistetaan seuraavaksi toiminnalliset vikaantumiset ja kirjataan kaikki tavat, joilla laite voi vikaantua. Yksinkertaisille toiminnoille voidaan helposti määrittää vikaantumiset. Vikaantumisen mallit on myös tunnistettava, jotta voidaan selvittää, mikä aiheutti vikaantumisen. Laitteiston omistajan on määritettävä oikea taso vikaantumismallien luomiselle ja sille, kuinka tarkasti vikaantumiset on tunnistettava. Vikaantumismalleissa tunnistetaan vikaantumisen mahdollistavat tekijät sellaisella tasolla, jolla voidaan määrittää tarvittavat toimenpiteet niiden varalle. Aiemmat ja mahdollisesti ennakoitavat vikaantumiset on kirjattava tähän kohtaan, kuten myös mahdolliset käyttäjävirheet tai suunnitteluvirheet laitteistossa. (Smith & Mobley 2007, 64–67.)

Vikojen vaikutusten kuvauksessa tarkastellaan, miten vikaantuminen vaikuttaa, jos mitään ehkäiseviä tai ennakoivia toimenpiteitä ei tehdä. Vikaantumisen vaikutusten tarkastelulla kerätään tietoa prosessiin ja käyttäjiin vaikuttavista seurauksista sekä siitä, kuinka laite palautetaan toimintakuntoon. Seuraukset voivat olla paikallisia tai koko järjestelmää koskevia. (Smith & Mobley 2007, 64–67.)

VVA-analyysissä voidaan myös määrittää toimenpiteet vikaantumisen tunnistamiseksi. Ennakoivien ja ehkäisevien toimenpiteiden määrittämisessä on otettava huomioon laitteen ikääntymisen ja toimintaolosuhteiden aiheuttamat muutokset vikaantumismalleissa. Aikaan perustuvat toimenpiteet ovat ennalta määritetyn ajan välein toteutettavia osien vaihtoa tai kunnonvalvontaa. Ehkäisevät toimenpiteet ovat kuntoon perustuvia osien vaihtoja tai kunnostuksia. Aikataulutetuissa osien vaihdoissa on määritettävä tarkasti vaihdettavan osan vikaantumisen todennäköisyys ja vikaantumistaajuus. Vika- ja vaikutusanalyysin malli esitetään kuviossa 2. (Smith & Mobley 2007, 64–67.)

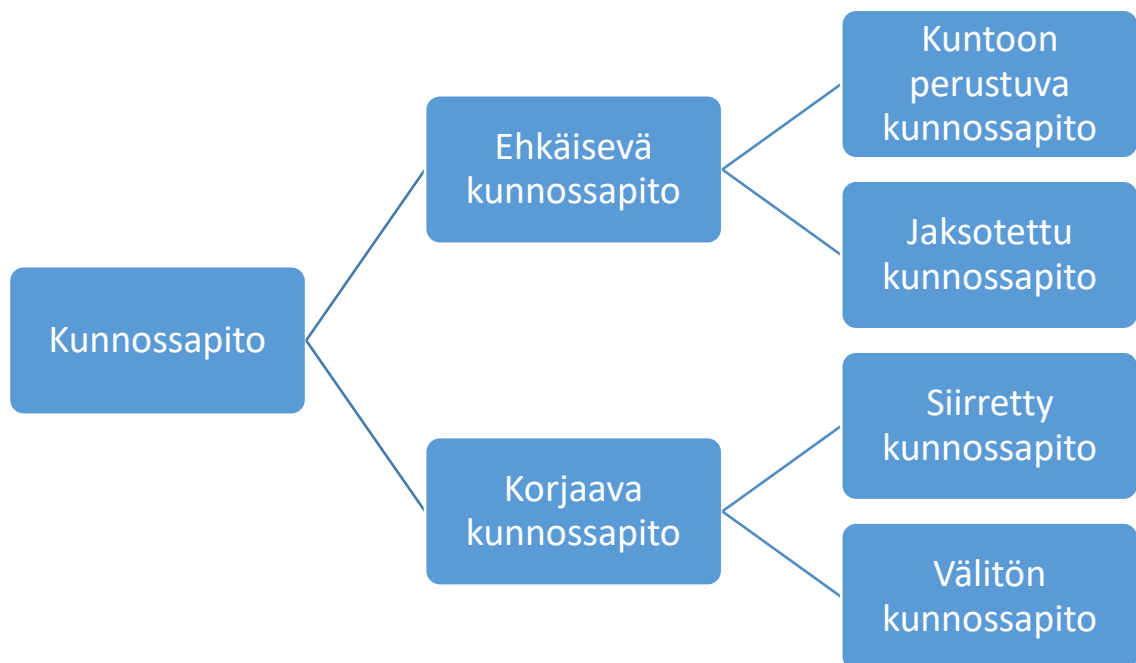
Laite	Tehtävä/toiminto	Toiminnallinen vikaantuminen	Vikaantunut komponentti/vikamuoto	Vian aiheuttaja	Paikalliset vaikutukset	Seuraukset muuhun prosessiin	Havaitsemistavat

Kuvio 2. Vika- ja vaikutusanalyysin malli (Smith & Mobley 2007, 68).

5 Kunnossapitolajit

5.1 Ehkäisevä kunnossapito

Standardi SFS-EN 13306:2017 jakaa kunnossapitolajit vian havaitsemisen mukaan (kuvio 3). Ehkäisevän kunnossapidon tavoitteena on vikaantumisen todennäköisyyden pienentäminen kohteiden seurannalla, jota voidaan suorittaa säännöllisesti tai tarvittaessa. Tulokset auttavat kunnossapidon aikatauluttamisessa. Tarkastukset, kunnonvalvonta, testaus ja käynninaikainen valvonta ovat ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä. (Järviö & Lehtiö 2012, 46–50.)



Kuvio 3. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306:2017, 22).

5.1.1 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa suunnittelu aloitetaan laitoksen käytölle ja kunnossapidolle asetettujen tavoitteiden tarkastelulla. Lähtökohtana toimivat käytettävyyden parantaminen, kunnossapidon suunnitelmallisuus, taloudellisuus, ja vaurioitumisen ennakointi. (Mikkonen ym. 2009, 142.)

Mittareina laitetasolla voidaan käyttää OEE-lukua, käyttöastetta, laitoksen jäljellä olevaa käyttöikää ja vuosittaisia kunnossapitokustannuksia. Kunnossapidon tavoitteiden ja mittareiden määrittelyllä varmistetaan näiden tavoitteiden täyttymistä. (Mikkonen ym. 2009, 144.)

5.1.2 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotetulla kunnossapidolla tarkoitetaan perinteisiä käyttöaikaan tai käyttöker-toihin perustuvia huoltotoimenpiteitä, jotka suoritetaan kohteen tilasta riippumatta (Aalto 1997, 25). Määräaikaishuollot perustuvat kuitenkin usein käyttötunteihin ja näillä toimenpiteillä voidaan havainnoida sekä tarvittaessa korjata robotin toimintaa haittaavat asiat. Pienemmissä huolloissa tarkastukset ja kiristykset suoritetaan tiheämmin, jolloin yleensä käyttäjät suorittavat ne. Suuremmat huollot suorittaa yleensä robotin maahantuojaa tai valmistajaa. (Aalto ym. 1999, 128.)

5.2 Korjaava kunnossapito

Kohteen vikaantuessa suoritettavat toimenpiteet. Vikaantuminen voi olla kokonais- tai osittaisvika. (Aalto 1997, 24.) Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuva komponentti korjataan takaisin käyttökuntoon. Korjaava kunnossapito voidaan jakaa suunnittele mattomaan häiriökorjaukseen tai suunniteltuun kunnostukseen. Vikojen määrittäminen kuuluu korjaavan kunnossapidon toimenpiteisiin. (Järviö & Lehtiö 2012, 51.)

Vikatilanteiden korjaus on osa huoltotoimintaa. Robottijärjestelmissä sähköviat ovat yleensä sulakkeiden palamisesta tai antureiden vikaantumisesta johtuvia. Mekaaniset viat liittyvät yleensä käyttövirheisiin ja törmäyksiin, jonka seurauksena voi aiheutua myös sähkövikoja. (Aalto ym. 1999, 128–129.)

5.3 Kunnonvalvonta ja käyttöseuranta

Käyttöseuranta on perusta ja pohja kaikelle kunnossapitotoiminnalle. Sitä suorittavat pääsääntöisesti laitteen käyttäjät. Toimenpiteitä on monenlaisia ja olennaisimpia ovat:

- järjestyksen ja siisteyden ylläpitäminen.
- pienten säätö- ja kunnossapitotoimenpiteiden suorittaminen.
- kunnonseuranta ja havaintojen kirjaaminen.
- yhteistyö kunnossapitohenkilöstön kanssa. (Aalto 1997, 30–31.)

Kunnonvalvonta on kohteen toiminnan tarkkailua jatkuvasti tai määrävälein. Pyritään havaitsemaan alkava vikaantuminen ja suorittamaan korjaustoimenpiteet ennen tarkkailtavan kohteen rikkoontumista. (Aalto 1997, 24.)

Koneen kunnonvalvonnassa täytyy käyttää menetelmiä, joilla havaitaan luotettavasti viat ja seurataan vikaantumisen kehittymistä. Vikaantuminen voi olla fyysistä, kemiallista tai muun prosessin kautta syntyvää, joita ovat kuluminen, syöpyminen, väsyminen ja murtuminen. Kunnonvalvonnassa näitä vikaantumisia voidaan tunnistaa aistein tai sopivilla menetelmillä, ennen laitteen lopullista vaurioitumista. (Mikkonen ym. 2009, 140.)

Aistinvaraisia havaintoja kunnonvalvonnassa käytetään vielä nykyäänkin, vaikka niitä on korvattu ja täydennetty muilla mittausmenetelmillä. Aistinvaraisessa kunnonvalvonnassa on suorittajan tunnettava laitteiden toimintatavat ja vikaantumismilmiöt. Lisäksi on oltava kunnonvalvontasuunnitelma, jossa kerrotaan mittaaja, mittaustapa, mittausvälineet ja havaintojen raportointi. Tärkeimmät kunnonvalvonnassa käytetyt aistit ovat näkö-, kuulo- ja tuntoaisti. (Mikkonen ym. 2009, 418–419.)

Kunnonvalvontajärjestelmän luomisessa päävaiheet ovat seuraavat:

- Valitaan mitattavalle kohteelle parhaiten sopivat suureet.
- Mittausten suoritustaaajuuden sekä hälytysrajojen määrittäminen.
- Mittausten tulosten tulkinta, suoritus- ja taltiointijärjestelmän luominen.
- Hälytys- ja toteutusjärjestelmä mittaustulosten päätöksille ja toimenpiteille.

(Aalto 1997, 32–33.)

Ennakoivassa kunnossapidossa vaaditaan tietojärjestelmät tukemaan sen toimintaa. Kunnossapito-, tuotannonohjaus- ja automaatiojärjestelmän tietoja hyödynnetään koneiden kunnon analysoinnissa. Kunnonvalvonnassa tuotetaan tietoa koneiden ja laitteiden keskeytymättömän suunnitellun käytön mahdollistamiseksi. Havainnoinnin on tapahduttava mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, että kunnossapitotyöt voidaan suunnitella. Kunnossapitoon vaadittavat tiedot ovat muun muassa nopeasti kehittyvä vikaantuminen, kehittyvän vian havaitseminen, korjaavat toimenpiteet ja niiden suunnitteleminen. (Mikkonen ym. 2009, 111–119.)

6 Kunnossapito-ohjelman suunnittelu

6.1 Riskien hallinta

Tutkimuksissa on havaittu lentokoneteollisuudessa ja muilla teollisuuden aloilla, että 80 % mekaanisista, sähköisistä ja rakenteellisista vikaantumisista ovat satunnaisia. Kunnossapito-ohjelmaa kehitettäessä voidaan käyttää useita menetelmiä, kuten RCM ja VVA määrittämään oikeat kunnossapitotoimenpiteet. Näiden menetelmien tavoitteena on tunnistaa vikaantumismallit ja määrittää sopivimmat ehkäisevät toimenpiteet vikojen tunnistamiseksi. Onnistuneessa prosessissa yli 80 % toimenpiteistä on kunnonvalvontaa ja jopa alle 20 % aikaan tai toimintakään perustuvia toimenpiteitä. (Smith & Mobley 2007, 57.)

Organisaation on suunniteltava ja toteutettava riskien hallinnan toimenpiteet, jotta kansainvälisen standardin ISO 9001:2015 vaatimukset täyttyvät. Prosessimaisella toimintamallilla tavoitellaan laadunhallintajärjestelmän vaikuttavuuden parantamista ja asiakkaan vaatimusten toteutumista. Nämä toisiinsa liittyvät prosessit muodostavat järjestelmän, jota ymmärtämällä ja johtamalla parannetaan organisaation vaikuttavuutta, tehokkuutta ja saavutetaan vaaditut tulokset. Prosessimaisessa toimintamallissa määritellään ja hallitaan järjestelmällisesti prosesseja ja niiden vuorovaikutusta, jotta saavutetaan organisaation laatu- ja strategian mukaiset tavoitteet. (SFS-EN 9001:2015, 6.)

Riskiperustaista ajattelua käyttäen voidaan saavuttaa kokonaisvaltainen hallinta prosesseihin ja järjestelmiin. Riskiperusteinen ajattelu on olennainen osa laadunhallintajärjestelmän luomista ja niitä ehkäiseviä toimenpiteitä, joilla poistetaan poikkeamia. Ajattelutapa on myös osa poikkeamien analysointia ja toistumisen estäviä toimenpiteitä. (SFS-EN 9001:2015, 6-8.)

6.2 Lähtökohdat suunnitelmalle

Kunnossapitosuunnitelman laadinta aloitettiin palaverilla käyttäjien ja esimiesten kanssa, jossa käytiin läpi kunnossapitosuunnitelman tavoitteita. Tämän palaverin aikana kirjattiin ylös myös käyttäjien kokemuksia roboteista ja mahdollisista vika-tilanteista. Käyttäjien havainnoista oli paljon hyötyä vika-vaikutusanalyysia tehdessä, jonka pohjalta kunnossapito-ohjelmaa voitiin lähteä suunnittelemaan. Kunnossapito-ohjelmalle asetettiin myös vaatimuksia:

- Päivittäisten tarkastuksien olisi oltava mahdollisimman nopeasti suoritettavia ja tarkastuskohteiden selkeitä.
- Tehtävä kuvalliset ohjeet.
- Käyttäjille pidettävä koulutus kunnossapitotoimenpiteiden suorittamisesta.
- Käyttäjille oltava selkeät raja-arvot mahdollisille mittauksille ja tulosten raportoinnille.

Huolto-ohjeiden tekemisessä noudatettiin prosessimaista toimintatapaa ja siihen kuului huolellinen suunnittelu. Onnistuneen toteutuksen kannalta oli tärkeää hyödyntää kaikki saatavilla oleva informaatio ja soveltaa niitä huoltojen suunnittelussa. Huoltokohteista kerättiin aineistoa kunnossapitojärjestelmästä, käyttäjiltä ja laitevalmistajien ohjeista. Vikaantuvat kohteet olivat molemmissa robottisoluissa samankaltaisia, mutta myös vaihtelua esiintyi pilottikohteiden välillä, joten ohjeet täytyi tehdä laitekohtaisiksi. Huolto- ja tarkastuskohteet valittiin kriittisyysluokittelun ja eniten häiriöitä aiheuttaneiden komponenttien perusteella.

Huoltokohteiden valitsemisessa oli huomioitava kunnossapito-organisaation suorittamat huollot ja tarkastukset, koska huoltojen päällekkäisyyksiä pyrittiin välttämään. Muutamia huoltokohteita olivat myös vaativampia ja niihin tarvitaan kunnossapidon ammattilaisen suorittamaan toimenpiteet, joten nämä kohteet rajattiin käyttäjäkunnossapidon ulkopuolelle. Näistä kohteista esimerkkeinä ovat sähkölaitteet ja korkealla sijaitsevat kohteet.

Tiedonkeräys laitevalmistajien dokumenteista ja ohjeista antoi yleiskuvan laitteiston huolloista, mutta näissä dokumenteissa ei ollut suoranaisesti käyttäjäkunnossapitoon soveltuvia toimenpiteitä. Laitevalmistajien ohjeissa käsiteltiin kunnossapidon henkilökunnan toimesta suoritettavia huoltoja ja tarkastuksia. Hitsauksen osalta laitteiston käyttäjäkunnossapitoon kuuluu myös selkeitä toimenpiteitä, kuten tiettyjen kulutusosien vaihtoa, joista esimerkkinä virtasuuttimen vaihto. Näitä toimenpiteitä ohjeeseen ei sisällytetty, koska ne kuuluivat päivittäiseen toimintaan.

6.3 Vikaantumisten analysointi

Analyysien tekeminen aloitettiin määrittämällä kriittisyysluokat komponenteille. Kriittisyysluokat jaettiin RCM-prosessin mukaisesti, mutta jako suoritettiin kolmeen luokkaan, jotka esitetään taulukossa 1. Tärkeimmät kohteet olivat prosessin toimintaan, turvallisuuteen ja laatuun vaikuttavat komponentit, joten näiden komponenttien vikaantumista analysoitiin tarkemmin ja vikaantumismallit olivat laajempia. Toisena olivat tuotantoa hidastavat kohteet ja kolmantena sellaiset, jotka eivät vaikuttaneet prosessin toimintaan.

Taulukko 1. Kriittisyysluokat (Järviö & Lehtiö 2012, 126, muokattu).

Kriittisyys	Vaikutukset prosessiin
Luokka 1	Vikaantuminen vaikuttaa toimintaan, turvallisuuteen tai laatuun
Luokka 2	Vikaantuminen hidastaa tuotantoa
Luokka 3	Vikaantumisella ei ole suurta vaikutusta tuotantoon

Kunnossapitojärjestelmästä oli saatavilla paljon tietoa erilaisista vioista ja korjaustavoista. Ensiksi VVA-analyysiin kirjattiin järjestelmässä olevat vikaantuneet kohteet ja vikaantumismallit. Vika- ja vaikutusanalyysin malli on esitetty kuviossa 2. Näillä tiedoilla oli mahdollista löytää suurimmat vikaantumiseen johtavat syyt

ja selvittää niiden seuraukset sekä ehkäisevät kunnossapitotoimenpiteet niiden tunnistamiseksi.

Käyttäjien kokemuksista saatiin myös hyödyllistä tietoa vikaantumisista ja niihin johtavista syistä, jotka kirjattiin myös analyyyseihin. Käyttäjien kommentteista ilmeni ainakin, että monet vikatilanteet voivat johtua törmäyksistä ja niiden aiheuttamista mekaanisista vaurioista, joita ei välttämättä huomata välittömästi. Keskustelujen aikana löytyi myös mahdollisesti ennakoitavia vikoja, kuten tiettyjen toiminnan kannalta kriittisten komponenttien kulumista.

6.3.1 Hitsauslaitteiston vika- ja vaikutusanalyysi

Robottisolun kannalta herkemmin vikaantuvat komponentit ja laitteet liittyivät hitsaukseen, joten näistä osista oli saatavilla huomattavasti enemmän tietoa kunnossapitojärjestelmästä. Vikaantumisen syitä etsittäessä oli selvitettävä myös käyttäjien suorittamat toimenpiteet ennen vikaantumista ja arvioitava niiden vaikutusta vikaantumiseen. Analyysien pohjalta pystyttiin kuitenkin selvittämään suurimmat vikaantumiseen johtavat syyt.

Vikaantumisanalyysit hitsauksen osalta voitiin tehdä tarkemmin komponenttitasolla, koska aineistoa oli saatavilla myös enemmän vikaantumisten vaikutuksista. Käyttäjät osasivat kertoa enemmän hitsauslaitteiston komponenttien kuntoon liittyvistä vaatimuksista. Kokemuksen kautta kertynyttä informaatiota hyödynnettiin analyysien tekemisessä, koska kaikkia vikaantumisia ei välttämättä ollut kirjattu kunnossapitojärjestelmään.

Hitsauslaitteiston vikaantumisen seuraukset ovat usein prosessin toimintaan ja laatuun vaikuttavia vikoja. Tietyin välein vikaantuvat kohteet alkavat vaikuttaa

prosessin toimintaan heikentävästi jo ennen rikkoontumista. Vikaantumisten seurauksista ei voida kuitenkaan kaikissa tapauksissa suoraan päätellä, mikä hitsauslaitteiston komponentti on rikkoontumassa.

6.3.2 Robottijärjestelmän vika- ja vaikutusanalyysi

Robotin osalta analyysit tehtiin suuremmille kokonaisuuksille, koska järjestelmässä on useita laitteita, jotka vaativat kunnossapidon ammattilaisen tunnistamaan ja korjaamaan vikaantumisen. Analyyseja ei tehty yhtä yksityiskohtaisesti kuin hitsausjärjestelmälle, mutta niiden perusteella pystyttiin kuitenkin selvittämään yleisimmät vikaantumisen syyt.

Mekaanisten vaurioiden selvittäminen vaati useasti laajempaa analysointia, koska tietoa vian alkuperäisestä aiheuttajasta ei monestikaan ollut saatavilla. Näiden vikaantumisten osalta analyyseissa käytettiin huoltohistoriasta saatavilla olevia tietoja ja kirjattiin mahdolliset syyt niiden perusteella. Vikaantumisanalyyseissa tarkasteltiin myös huolloissa esiintyneitä huomioita ja käyttäjien havaintoja laitteiden kunnosta. Vikaantumismallit saatiin kuitenkin selvitettyä useimmille vaurioille.

7 Tulokset

7.1 VVA-analyysien tulokset

Kulutusosien ja laitteiston ulkoiset muutokset olivat suurimpana syynä vikaantumisiin. Nestevuodot ja sähköiset häiriöt liittyivät useissa tapauksissa osien irrotukseen ennen vikaantumista. Vikojen selvittämistä helpottivat käyttäjiltä saadut tiedot, joiden perusteella saatiin kirjattua toimenpiteet ennen vikaantumista. Useiden vikojen taustalla olikin aivan eri syy, kuin mitä alun perin vikojen kuvauksesta voisi tulkita. Analyysien perusteella voitiin tulkita kulutusosien ylikuumenemiselle usein syyksi yksinkertaisesti, ettei jäähdytysneste virrannut kunnolla. Vikaantumisen syitä todellisuudessa oli kuitenkin useita ja VVA-analyysi laajeni komponenttitasolle.

Hitsausseamojen virheet voivat johtua monissa tapauksissa kulutusosien kunnosta tai komponenttien äkillisestä vikaantumisesta. Näiden tulosten pohjalta kaikkiin vikaantumisiin ei tarkkaa syytä löytnyt, mutta tiheämmin tarkastuksia vaativat kohteet saatiin tunnistettua. Häiriöt voivat olla useissa tapauksissa laajasti vaikuttavia vikoja, kuten langansyöttöhäiriöt, jotka vaikuttavat hitsauksen laatuun ja kulutusosien hajoamiseen, mutta useiden vikaantumisten taustalta löytyi myös juurisyy, joka olisi ehkäistävissä kunnossapitotoimien avulla. VVA-analyysilla tunnistettiin yleisimmät vikaantumisten aiheuttajat ja kunnossapitotoimenpiteet saatiin rajattua vain kyseisille komponenteille.

Ennustamattomia vikoja ovat etenkin osien sulamiset kuumuuden takia, ja joidenkin vikaantumisten osalta juurisyy jäi selvittämättä. Komponenttien irtoaminen tai liikkuminen prosessin aikana aiheuttavat usein ennakoimattomia häiriöitä, mutta analyysien perusteella tarkastusten väli on oltava riittävän tiheä, jotta vikaantumisen mahdollisuus jäisi mahdollisimman pieneksi. Komponenttien kiinnitysten

muutokset, kuten kaapeleiden tai sähköliittimien löystyminen, aiheuttavat sähköisiä häiriöitä. Näiden häiriöiden aiheuttaja voi useissa tapauksissa olla tärinä ja puutteellinen kiinnitys.

Tuloksista päätellen robotin pysäyttävät viat olivat yleisimmin antureihin liittyviä, mutta niiden vikaantumisen aiheuttaja oli monessa tapauksessa mekaaninen vaurio, joko käyttäjävirheestä tai ohjelmamuutoksesta johtuen. Sähköiset häiriöt liittyivät yleensä liitoksien likaantumiseen tai mekaanisiin vaurioihin.

Vikaantumisen seuraukset vaihtelevat hyvin paljon vikaantuvan kohteen mukaan. Suurin osa robotteihin ja hitsaamiseen liittyvistä vikaantumisista pysäyttää koko prosessin, joten näiden ehkäisemiseksi oli tärkeää löytää oikeat toimenpiteet.

VVA-analyyseilla saatiin luotua kattava lista prosessin toimintaan vaikuttavista vi-oista ja niiden seurauksista. Vikaantumistaajuutta pystyttiin arvioimaan vikailmoituksista, joiden perusteella kohteille voitiin määrittää huoltovälit. Prosessissa oli myös satunnaisesti esiintyviä vikoja, joten näiden kohteiden osalta toimenpiteiden suoritusväli oli oltava tiheämpi.

7.2 Käyttäjäkunnossapito-ohjeet

Ohjeiden tekemisessä hyödynnettiin analyysien tuloksia ja valittiin niistä tärkeimmät kohteet käyttäjäkunnossapitoon. Ohjeisiin valittavat huoltokohteet oli käytävä läpi käyttäjien kanssa ja selvitettävä, mitkä kohteista soveltuivat käyttäjien suoritettavaksi. Alussa huoltokohteita oli paljon ja niiden kaikkien lisääminen käyttäjäkunnossapitoon olisi vaikuttanut myös tuotantoon. Näistä valittiin ensiksi sopivimmat toimenpiteet käyttäjille ja loput lisättiin kunnossapidon huoltokohteiksi. Toimenpiteiden suoritusvälit valittiin päivittäin ja viikoittain suoritettaviksi.

Käyttäjäkunnossapitoa suunnitellessa oli huomioitava laitteiden käyttäjien muut tehtävät ja sovellettava toimenpiteet kaikille sopiviksi. Tarkoituksena ohjeissa oli, että toimenpiteet olisivat mahdollisimman johdonmukaisesti eteneviä. Tällä tavalla jokainen suorittaa kunnossapitotoimenpiteet samalla tavalla. Ohjeiden laatimisessa käytettiin yrityksen sisäisiä ohjeita ja toimintatapoja. Käyttäjäkunnossapito-ohjeet voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, joista kerrotaan seuraavissa luvuissa.

7.2.1 Puhdistaminen ja järjestely

Käyttäjäkunnossapidon toimenpiteisiin kuuluu yleinen siisteyden ylläpitäminen ja laitteiden puhdistaminen. Puhdistamisella pyritään ehkäisemään likaantumisen aiheuttamat vikaantumiset ja samalla huomataan mahdolliset alkavat viat. Työpisteen järjestelyllä pyritään parantamaan työturvallisuutta ja huomaamaan puutteet kiinnittimissä ja työkaluissa.

Puhdistamisen kohteet valittiin VVA-analyysien perusteella ja arvioimalla vikaantumistaajuutta. Tärkeimmät kohteet puhdistamiselle olivat etenkin kiinnityslaitteet, hitsauslanganjohtimet ja hitsauspoltin. Puhdistamisessa oli myös huomioitava työturvallisuus, koska metallipölyn puhaltaminen paineilmalla voi aiheuttaa terveyshaittoja. Puhdistamisessa käytetään paineilmaa langanjohtimien ja kiinnityslaitteiden osalta, mutta poltin on puhdistettava käsin, koska samalla voidaan huomata mekaaniset kulumiset.

Hitsauskaapelit ja syöttörullat ovat etenkin tärkeitä puhdistettavia, koska metallipöly aiheuttaa hitsausvirran kulkeutumisen väärin paikkoihin ja voi aiheuttaa sähkölaitteiden hajoamista. Hitsauskaapelin ja hitsauspoltin liitos on puhdistettava, jos se joudutaan aukaisemaan, koska metallipöly ja hapettuminen aiheuttavat resistanssin kasvamista liitoksessa ja vaikuttavat hitsausprosessin

toimintaan. Syöttörullat on myös pidettävä puhtaana, koska hitsauksen railonseuranta ja hakutoiminto eivät toimi, jos metallipöly johtaa sähköä robotin runkoon.

7.2.2 Tarkastukset

Analyysien perusteella päivittäiset ja viikoittaiset tarkastukset ovat laitteiden kunnon seuraamisessa tärkeitä, koska vikaantumiset voivat olla äkillisiä. Huoltohistorian perusteella kuukausi on liian pitkä aika tarkastuksille. Tarkastuskohteet valittiin myös osittain laitevalmistajien huolto-ohjeiden perusteella. Päivittäiset tarkastukset ovat silmämääräisiä ja niiden tarkastaminen tehdään kappaleiden vaihdon aikaan, jotta ne eivät häiritse normaalia tuotantoa. Tarkastuksille asetettiin myös selvät ohjeet, jos huomataan puutteita. Huolto-ohjeiden tarkastuskohteet yleisesti ovat:

- hitsauspoltin ja sen kulutusosat
- jäähdytysnesteen määrä
- suojakaasun virtaus
- kiinnityslaitteiden kunto
- robotin kaapelointi.

Tarkastuskohteet ovat helposti nähtävissä ja valittiin sellaisiksi, ettei käyttäjän osaamistaso vaikuttaisi tarkastusten suorittamiseen. Tarkastuksissa pyritään huomaamaan muutokset laitteiston kunnossa ja raportoimaan mahdolliset alka- vat viat. Hitsauspoltin on yksi tärkeimmistä tarkastuskohteista, koska sen on ol- tava oikeassa asennossa ja tiivisteiden kunnon on pysyttävä hyvänä, jotta suoja- kaasu ja jäähdytysneste kulkevat normaalisti. Tarkastukset ovat silmämääräisiä, että kohteita ei vaurioiteta turhilla irrotuksilla ja toimenpiteillä.

7.2.3 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonnan mittaukset perustuvat myös VVA-analyyseihin. Prosessiin liittyvät mittaukset tehdään pääasiassa käyttäjien toimesta ja tulokset raportoidaan kunnossapitojärjestelmään. Mittausten kohteena on etenkin suojakaasun virtausmäärä, jonka on säilyttävä prosessin kannalta optimaalisella tasolla. Suojakaasun virtausta mitataan rotometri-mittarilla tarkastusten yhteydessä.

Kunnonvalvonnassa tärkeitä havaintoja tehdään myös kuulon ja näön perusteella, koska jatkuva prosessinseuranta on yksi nopeimmista tavoista havaita muutokset. Prosessin aikana tapahtuvien muutoksien havaitsemiseksi käyttäjillä on oltava kokemusta laitteistosta ja sen toiminnasta. Käyttäjän kokemuksen kertymisen myötä kunnonvalvonnasta on yhä enemmän hyötyä, kun käyttäjä voi havainnoida entistä paremmin muutokset laitteistossa.

Tulosten seuranta suoritetaan kunnossapito-organisaation toimesta. Muutokset laitteistossa ja prosessin toiminnassa ilmoitetaan kunnossapidolle, jossa arvioidaan huollon kiireellisyys ja tehdään tarvittavat jatkotoimenpiteet.

7.3 Käyttäjäkunnossapitosuunnitelma

Käyttäjäkunnossapidon suunnittelussa edettiin analysoinnista käytännön tasolle, kun vikaantumiset oli tunnistettu. Käyttäjäkunnossapidon suunnittelu voidaan jakaa vaiheisiin, joiden mukaan edettiin ja joiden mukaan jatkossa edetään. Suunnittelussa pyrittiin etsimään pysyvät toimintatavat toimenpiteiden suorittamiseksi ja valvomiseksi.

Ensimmäisessä vaiheessa käyttäjät olivat tiiviisti mukana suunnittelemassa huolto-ohjeita ja tunnistettiin osa-alueet, joihin käyttäjät tarvitsisivat koulutusta.

Toisessa vaiheessa pilottikohteiden käyttäjille esiteltiin tehdyt ohjeet ja testattiin niitä käytännössä. Tarkoituksena oli löytää puutteet tarvittavista työkaluista ja

menetelmistä. Tämän vaiheen aikana ohjeita päivitettiin käyttäjien kannalta selkeämmiksi.

Kolmas vaihe oli suunnitelman käyttöönotto, jossa käyttäjille pidettiin tarvittavia koulutuksia huoltoihin ja laitteisiin liittyen.

Neljännessä vaiheessa ohjeet otettiin käyttöön pilottikohteissa ja samalla koulutettiin, kuinka havaitaan vikaantumisia. Mittausten suorittaminen, tuloksien tarkastelu ja raportointi koulutettiin myös tässä vaiheessa.

Viidennessä vaiheessa huollot otetaan vaiheittain käyttöön muillakin hitsausroboteilla. Koulutukset suoritetaan samalla tavoin kuin aiemmissa vaiheissa. Pilotikohteiden kunnossapitoa ja sen toteutumista seuraamalla voidaan tehdä tarvittaessa lisäyksiä huolto-ohjeisiin, kunhan toimenpiteet saadaan ensin vakiinnutettua käyttöön. Toimenpiteiden ja tulosten seuranta tapahtuu esimiesten toimesta.

Kuudes ja viimeinen vaihe olisi käyttäjäkunnossapidon seuraaminen ja säilyttäminen tuotannossa sekä palautteen antaminen työntekijöille. Tässä vaiheessa lisäkoulutusten tarvetta pitäisi arvioida saavutettujen tulosten ja palautteen perusteella.

8 Pohdinta

Opinnäytetyössä tavoitteena oli laatia käyttäjäkunnossapitosuunnitelma, jonka avulla käyttäjäkunnossapito saataisiin käyttöön tuotannossa, ja kouluttaa käyttäjille kunnossapitotoimenpiteiden suorittaminen. TPM- ja RCM-strategiat olivat olennainen osa kunnossapidon suunnittelua. TPM on kunnossapidon kannalta haasteellinen toimintatapa, koska se vaatii koko henkilöstön sitoutumisen. RCM on hyvä työkalu kunnossapito-ohjelman suunnittelemiseksi, mutta monelta osin työläs toteutettava.

Suunnitelma käyttäjäkunnossapitoon tehtiin yhteistyössä käyttäjien kanssa ja kunnossapito-ohjeet saatiin testikäyttöön. Toteutukseen sisältyivät vaiheet yhdestä neljään. Suunnitelman onnistuminen selviää lähivuosien aikana, kun nähdään käyttäjäkunnossapidon toteutus tuotannossa. Kokemuksia huoltojen suorittamisesta ei voitu aikataulun takia opinnäytetyöhön sisällyttää, mutta jo huoltokoulutusten aikana roboteista huomattiin alkavia vikaantumisia ja käyttäjät pääsivät suorittamaan tarvittavia toimenpiteitä niiden ehkäisemiseksi varhaisessa vaiheessa.

Käyttäjäkunnossapito-ohjeet tehtiin kunnossapitojärjestelmään, josta työntekijät kuittaavat huollot tehdyiksi. Toimenpiteet rajautuivat kymmenen kohteen listaksi, joista puolet ovat päivittäin suoritettavia ja puolet viikoittain. Käyttäjäkunnossapito-ohjeet suunniteltiin mahdollisimman visuaalisiksi, jotta toimenpiteet olisivat helppo suorittaa. Kuvalliset ohjeet auttavat jatkossa etenkin uusia työntekijöitä suorittamaan toimenpiteet oikein.

Opinnäytetyötä tehdessäni pystyin hyödyntämään omaa osaamistani hitsausroboteista ja kunnossapidosta. Tästä kokemuksesta oli hyötyä etenkin arvioidessani toimenpiteisiin kuluvaa aikaa ja huoltojen vaativuutta. Opin työtä tehdessäni paljon projektityöskentelystä ja vikaantumisanalyysien tekemisestä. Analyysien

hyödyntäminen ohjeiden suunnittelussa oli hyvä keino tarkentaa toimenpiteiden kohteita ja uskon, että näiden vikaantumisanalyysien avulla kunnossapitokohteet saatiin rajattua tarkemmin, kuin pelkästään valmistajien ohjeiden perusteella. Tulosten pohjalta voidaan todeta, että robotit ovat todella toimintavarmoja, jos huolloissa huomataan jatkossakin pienetkin alkavat vikaantumiset ja tehdään tarvittavat toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi.

Tehtaan kunnossapito on yleisesti hyvällä tasolla, mutta käyttäjien suorittamat toimenpiteet ovat kuitenkin arvokas lisä kunnossapitoon. Pelkät ennakkohuollot eivät riitä kovassa tuotantotahdissa laitteiden kunnan ylläpitämiseksi, ja yksi käyttäjäkunnossapidon tavoitteista oli tukea kunnossapito-organisaation toimintaa.

Kunnonvalvontaan olisi tulevaisuudessa panostettava vieläkin enemmän, koska vikojen ennakointi on huomattavasti tehokkaampaa oikeilla tarkastusmenetelmillä. Kunnonvalvontaa voitaisiin tehostaa esimerkiksi prosessiin soveltuvilla mittalaitteilla.

Lopputuloksena syntyneet kunnossapito-ohjeet saivat hyvän vastaanoton tehtaalla, ja huoltojen jatkuvuuden kannalta olisikin tärkeää tiedottaa työntekijöille käyttäjäkunnossapidolla saavutetuista tuloksista. Havaitut puutteet ja alkavat vikaantumiset voitaisiin kirjata taulukoihin sekä esitellä palaverissa, jotta havainnot olisivat kaikkien nähtävillä. Käyttäjäkunnossapidon vakiinnuttamiseksi tuotantoon on kuitenkin tehtävä suunnitelmassa esitetyt kaksi viimeistä vaihetta.

Lähteet

- Aalto, H. 1997. Kunnossapitotekniikan perusteet. Hamina: KP-Tieto Oy.
- John Deere Company. Joensuun tehdas.
<https://www.deere.fi/fi/mets%C3%A4koneet/tehdas/> 14.4.2020.
- John Deere Forestry Oy. 2020. JD Maintenance. Operator TPM Sheet.
- John Deere Forestry Oy. 2020. JD Total Productive Maintenance.
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
- Lepola, P. & Ylikangas, R. 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Mikkonen, H., Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V., Riutta, E., Sulo, P., Komonen, K., Lumme, V.E., Kautto, J., Heinonen, K., Lakka, S. & Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kerava: KP-Media Oy.
- Phillips, D. 2016. Welding Engineering: An Introduction. Chichester: John Wiley & Sons, Incorporated.
- SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Suomen Standardoimisliitto. 15.2.2020.
- SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Suomen Standardoimisliitto. 13.3.2020.
- SFS-EN ISO 10218. 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Suomen Standardoimisliitto. 13.3.2020.
- Smith, R. & Mobley, R. 2007. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers. New York: Elsevier Science & Technology.
- Tokutarō, S. 1994. TPM in Process Industries. Portland: Productivity Press.