

Opinnäytetyö (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys
2014

Taneli Tuovinen

JUOTOSYKSIKÖN KEHITTÄMINEN

– Tuotannon ja turvallisuuden parantaminen



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotekehitys

4.6.2014 | 29

Teppo Mattsson

Taneli Tuovinen

JUOTOSYKSIKÖN KEHITTÄMINEN

Tavoitteena on suunnitella kone, jolla parannetaan Kone-Kuntila Oy:ssä tehtävää kovajuotosprosessia. Parannuksen tavoitteita ovat tasalaatuisuus, prosessin nopeuttaminen, työtavan yksinkertaistaminen, perehdyttämisen helpottaminen sekä koneelle tehtävä suunnitelma vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseksi. Polttoaineena käytetään nestekaasua.

Tuotteet roikkuvat karusellimaisessa koneessa ja kulkevat juotosliekkien läpi. Voimanlähteenä toimii 0,37kW:n vaihdemoottori. Liekissä oleva aika määritellään tarkasti, jotta juotoksesta saadaan pitävä. Koneen pyörimisnopeutta hallitaan taajuusmuuttajan ja ohjausyksikön avulla. Riskianalyyssissä käytetään SFS-EN ISO 12100-standardia. Työalueen turvallisuus varmistetaan kaasuilmaisimilla, jotka varoittavat ilmassa olevasta hiilimonoksidista ja lattialla olevasta nestekaasusta. Ilmanvaihto suoritetaan Plymovent Smart One -laitteella.

Kone suoriutuu sille asetetuista tavoitteista hyvin. Prosessi on lähes kaksi kertaa nopeampi kuin aikaisemmin. Työn luonne on yksinkertaisempi ja työhön opastaminen on huomattavasti helpompaa. Suunnitelma vaatimuksenmukaisuuden osoittamiseksi on tehty ja tiedot kerätty tekniseen tiedostoon. Kaikkia vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen kriteereitä ei ole täytetty, joten CE-merkkiä ei kiinnitetä vielä koneeseen. Tasalaatuisuus parani selvästi, hylkyprosentin pudotessa melkein viidesosaan alkuperäisestä. Tätä parannusta ei voida lukea pelkästään juotosyksiköstä johtuvaksi, sillä muitakin toimenpiteitä on tehty.

ASIASANAT:

Liittäminen, alumiini, polttokaasut, teollisuusautomaatio, säädökset, ilmastointi, konepajateollisuus, turvallisuustekniikka.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering and Production Technology | Product Development

4 June 2014 | 29

Instructor Teppo Mattsson

Taneli Tuovinen

BRAZING UNIT DEVELOPMENT

The purpose of this thesis was to design a machine that will improve the brazing process in Kone-Kunttila Ltd. The goal was a simpler and faster brazing process which is easier to introduce to new workers and manufactures products of uniform quality. The machine should have a plan to give it a declaration of conformity. Liquefied petroleum gas should be used as fuel for brazing flames.

The products hang from a machine that resembles a carousel. A 0.37kW motor acts as a power supply. The hanging products travel through a brazing flame in a predetermined time. This time has to be precise in order to form quality joining. A frequency converter is used in conjunction with a control unit to set the rotation time of the products. A risk analysis for the declaration of conformity was completed by the standard SFS-EN ISO 12100. Securing the work conditions are done by placing gas sensors for both carbon monoxide and propane. Air circulation was realized with a Plymovent "Smart One" machine.

The machine was a success. The speed of brazing has nearly doubled and the process is much easier to teach and learn. There are fewer possibilities for mistakes and the rejection rate is also down to almost a fifth. This change is not solely thanks to the brazing unit, because other measures were also taken to improve the ability to manufacture products of uniform quality. Plans for the declaration of conformity have been made and are being implemented. However, every step needed to attaching the CE-mark is not ready yet. Once all steps in the risk analysis have been completed, the CE-mark can be attached.

KEYWORDS:

joining, aluminum, fuel gas, industrial automation, regulations, air conditioning, engineering, safety engineering.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tavoite	6
1.2 Kone-Kunntila Oy	6
2 JUOTOSYKSIKKÖÖN LIITTYVÄT KÄSITTEET	8
2.1 Juotto	8
2.1.1 Kovajuotto	8
2.1.2 Alumiinin juotto	9
2.2 Kaasut	10
2.3 Kaasupullot	10
2.4 Direktiivit ja kansallinen lainsäädäntö	11
3 JUOTOSYKSIKKÖ	14
3.1 Runkomateriaalit	14
3.2 Alkuperäisen idean laajentaminen	14
3.3 Tuotteen liike linjastolla	16
3.4 Moottori	19
3.5 Ohjausyksikkö	20
3.6 Ilmanvaihto ja kärynpoisto	22
4 TULOKSET	25
4.1 Tasalaatuisuus	25
4.2 Työn yksinkertaistaminen	25
4.3 Prosessin nopeuttaminen	26
4.4 CE-merkki	26
4.5 Kehittäminen	26
5 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
KUVAT	
Kuva 1 Alkuperäiset juotospöydät	15

Kuva 2 Uudet polttimot	16
Kuva 3 Hammaspyörät ja kaksirivinen ketju	17
Kuva 4 Ketjun suoja- ja ohjauspelti	18
Kuva 5 Moottorin ja ketjun kotelointi	20
Kuva 6 Ohjausyksikkö	21
Kuva 7 Ohjausyksikön kytkentäkaavio	22
Kuva 8 Juotosyksikön huuva	24

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite

Tämän insinööriyön tavoitteena on parantaa yrityksessä jo tapahtuvaa kova-juotosprosessia. Tarkoituksena on lisätä työn tasalaatuisuutta, yksinkertaistaa työtapahtumaa ja helpottaa työhön perehdyttämistä ja sen oppimista. Lisäksi tarkastellaan juotoksessa tarvittavien materiaalin säilyttämiseen liittyviä lakeja ja säädöksiä, sillä palavat kaasut ja tulityöt asettavat tiettyjä haasteita työnteolle. Lopputuloksena pitäisi olla CE -merkin kriteereiden mukaan suunniteltu ja toteutettu laite. Tavoitteena on pyrkiä säilyttämään kuitenkin prosessi liekkipohjaisena, eikä vaihtoehtoisia lämmitystapoja tutkita.

Yrityksessä on käytössä juottamiseen tarkoitettuja telineitä kaksi, joita operoidaan yhtä aikaa. Tämä johtaa siihen, että juotostehtävissä työskentelevä joutuu pitämään silmällä kahta eri kohdetta, jolloin mahdollisuus virheisiin kasvaa. Osa juotettavista tuotteista on myös sen kokoisia, että niiden juottaminen kyseisissä telineissä vaatii työntekijän puuttumista juotospillien asentoihin. Nämä kaksi puutetta tulee korjata ja mahdollisuuksia itse prosessin nopeuttamiseen pitää myös tutkia.

Juotettavat tuotteet ovat kaikki materiaaliltaan alumiinia. Alumiini asettaa omat haasteensa juotosprosessille alhaisen sulamispisteensä takia, joten liekin hallinta ja liekitysajan säätely ovat oleellisia prosessin onnistumisen kannalta.

1.2 Kone-Kunntila Oy

Työn toimeksiantaja on Kone-Kunntila Oy, joka sijaitsee Turussa. Yritys tekee alihankintatöitä monille eri asiakkaille Turun seudulla. Näihin töihin kuuluu mm. teräsrakenteet, työkalut, koneet ja laitoshuollot. Yritys tarjoaa näille sekä suunnittelu-, asennus-, että huoltotyöt. Yrityksessä työskentelee vakituisesti 7 ihmis-

tä, joiden lisäksi työharjoittelijoita ammattikoulusta on yleensä yhdestä kolmeen kappaletta.

Sähkömuuntajien komponentteja on tehty jo pidemmän aikaa ja niiden tuotannon automatisointi ja kehitys ovat jatkuneet useampia vuosia. Komponentit muodostavat suuren osan tuotannosta ja valmistaminen vaatii niiden monimuotoisuuden vuoksi erilaisia työkoneita.

2 JUOTOSYKSIKKÖÖN LIITTYVÄT KÄSITTEET

2.1 Juotto

Juotto on liitosmenetelmä, jossa kaksi metalliosaa yhdistetään toisiinsa siten, että kappaleet eivät sula. Liitosaineena toimii juote, jonka sulamispiste on pienempi kuin liitettävillä kappaleilla. Juote ja perusaine seostuvat keskenään, eli diffuusioituvat. Diffuusiossa juotteen molekyylit tunkeutuvat lämpöliikkeen vaikutuksesta perusaineeseen. (Ojanperä 1975, 164.) "Diffuusiovyöhykkeen paksuuden vaikuttaa kuumennusaika, lämpötila sekä juotteen ja perusaineen koostumus" (Ihalainen ym. 2005, 326).

2.1.1 Kovajuotto

Juottoa voidaan kutsua pehmeäjuotoksi tai kovajuotoksi, riippuen käytettävästä lämpötilasta. Pehmeäjuottoa on esimerkiksi tinan ja kolvin käyttö. Kovajuotoksi kutsutaan yli 450 celsiusasteen lämpötilassa tapahtuvaa juottoa. Tarvittava työlämpötila kovajuotossa saavutetaan joko uunilla, liekillä, vastuksella tai suolakylvyllä. (Ihalainen ym. 2005, 327-328.)

Juoton onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää on poistaa juotosalueelta oksidoitunut pinta ja epäpuhtaudet. Liitospinnat tulee suojata oksidoitumiselta, koska niitä lämmitetään liekillä. Suojaus voidaan toteuttaa juottamalla tyhjiössä, suojakaasulla tai juoksutejauheen avulla. Juoksutejauhe on tavallisin ja helpoin tapa suojata juotospinnat. Jauheen lisäksi saatavilla on myös tahnoja. Oleellista jauheiden ja tahnojen käytössä on se, että ne pysyvät prosessin aikana juotospinnoilla. Juoksutteen tulee sulaa ennen juotetta, jotta se ehtii suojata pinnan oksidoitumiselta. (Ojanperä 1975, 164-165; Ihalainen ym. 2005, 327.) Juoksute vähentää juotteen pintajännitystä ja näin edesauttaa juotteen leviämistä juotospinnalla (Katainen & Mäkinen 1982, 87).

Liitettävien osien väliin tulee jättää ohut rako. Raon tulee olla 0,05...0,2 mm, riippuen raon muodosta ja juotteesta. Juote levittäytyy sulaessaan rakoa pitkin kappaleiden väliin kapillaarivoiman ansiosta. Rako tulee jättää mahdollisimman pieneksi, sillä liitoksen lujuus pienenee raon kasvaessa. Koko liitosalue tulee lämmittää juottolämpötilaan alle kolmessa minuutissa, jotta juote leviää mahdollisimman tasaisesti, eikä juoksute menetä tehoaan. (Ojanperä 1975, 165.) Juote syötetään liitosalueelle joko tankona, tai liitosalueen ollessa laaja, valmiiksi liitosalueen muotoon työstettyinä kappaleina. Jälkimmäinen tapa on huomattavasti parempi sarjatuotantoa ajatellen. (Ojanperä 1975, 168.)

2.1.2 Alumiinin juotto

Alumiiniseosten kovajuotossa juotteena käytetään alumiinilankaa, jossa on seosaineena joko pelkkää piitä tai piitä ja kuparia. Yhdistelanka sulaa alhaisemmassa lämpötilassa kuin puhdas alumiini. (Pritchard, 1996, 21.) Kokemus on osoittanut, että lämpötilan ja lämmitysajan hallinta on tärkeä alumiinin kanssa työskenneltäessä. Liian pitkään tapahtuva lämmitys johtaa siihen, että liitetyt osat irtoavat toisistaan alumiinin alkaessa pehmetä ja juotteen höyrystyessä.

Alumiini oksidoituu voimakkaasti, joten oksidikerroksen poistaminen ja sen uudelleenmuodostumisen estäminen ovat vaikeaa. Juoksutteiden käyttö onkin alumiinin tapauksessa aina suositeltavaa. Juottolämpötila ja alumiiniseosten sulamispiste ovat lähellä toisiaan, joten perusaineen mahdollista sulamista tulee pitää silmällä. Seostettujen alumiinijuotteiden juottolämpötila on 570-590 celsiusastetta. (Veriö 1988, 98.)

Kaikki tämä huomioon ottaen on alumiinin juottaminen kuitenkin suhteellisen yksinkertainen ja taloudellinen liitostapa. Toinen vaihtoehto olisi hitsaaminen, mutta alumiinin ominaisuudet tekevät siitä vaikeaa. Hitsaaminen vaatisi ammattiin koulutetun hitsaajan, jolla on kokemusta alumiinin kanssa työskentelystä. Varsinkin suurissa tuotantomäärissä juottaminen on yksinkertaisempaa, nopeampaa ja vähemmän altis virheille. Juottamiseen voidaan myös työpaikan sisäisesti kouluttaa henkilö paljon helpommin kuin hitsaamiseen. Juottaminen tuot-

taa vähemmän haitallisia kaasuja, sillä alumiini ei sula ja höyrysty kuten hitsauksessa.

2.2 Kaasut

Kovajuotossa juottolämpötila saadaan aikaiseksi liekillä, joka on hapen ja palavan kaasun yhdistelmä. Yleensä käytetään asetyleeniä, propaania tai propaanin ja butaanin seosta. (AGA 2014a.) Kahta jälkimmäistä kaasua kutsutaan nestekaasuiksi.

Asetyleeni palaa näistä kaasuista kuumimpana puhtaan hapen kanssa, lähes 3200 asteen lämpötilassa. Asetyleenin pääasialliset käyttökohteet ovat hitsaus, polttoleikkaus, lämpökäsittely- ja pinnoitusprosessit. (AGA 2014b.) Alumiinin juottamiseen asetyleeni on hieman raju kaasu, sillä seostetut alumiinit sulavat hieman yli 600:ssa celsiusasteessa. Juotosyksikössä käytetään ainoastaan propaania palokaasuna, joten työssä käsitellään vain nestekaasua. Propaani on saatavilla runsaasti markkinoilla, koska sitä käytetään niin monissa arjen lämpölaitteissa, esimerkiksi grilleissä.

Nestekaasut ovat hyviä lämmönlähteitä, koska ne sisältävät paljon energiaa. Liekki ei myöskään tuota rikki-, raskasmetalli- tai myrkkypäästöjä, eikä se myöskään nokea, kun palamisilman saannista huolehditaan tuuletuksella. Parhaassa tapauksessa palaessa syntyy vain vesihöyryä ja hiilidioksidia. Nestekaasua käytetään aina ruoanlaitosta teollisuuden prosesseihin, joten se on myös saatavuudeltaan erinomainen ja luotettava. (AGA 2014c.) Alumiinia lämmitettäessä ei maksimilämpötilan korkeudella ole väliä, joten hieman matalammalla lämmöllä palavat nestekaasut soveltuvat hyvin sen juottamiseen.

2.3 Kaasupullot

Kaasupulloihin, joissa säilytetään nestekaasua, tulee olla merkittynä nestekaasun määrä. Tavallisimmat kaasupullojen koot ovat 5 kg, 11 kg ja 33 kg. Jos nestekaasu varastoidaan säiliössä, lasketaan aina 1 m³:n olevan 500 kg nestekaa-

sua. Huomioitavaa on, että nestekaasuja saa varastoida ilman lupaa korkeintaan 200 kg. Tätä suurempien määrien varastoinnista tulee tehdä lupahakemus kunnan pelastuspäällikölle. Myös tyhjät pullot mielletään tässä tapauksessa täysiksi kaasun kokonaismäärää laskettaessa. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2014; Valtioneuvoston asetus 20.12.2012/858.)

Kaasupullovarasto on rakennettava vähintään 3 metrin päähän yleisestä tiestä, mutta tämä ei koske alueen sisäisiä teitä. Siinä tapauksessa, että varasto on sijoitettu seinälle, on seinän materiaalin oltava paloluokka EI60. Kaasupulloja ei myöskään saa säilyttää alle metrin päässä poistumisteiden aukoista ja ikkunoista. Pullot pitää myös laittaa lukittuun pullokaappiin, tai venttiilit tulee suojata metallikotelolla, jottei niitä vahingossa pääse avaamaan. Venttiilit on suunniteltu kaasuja varten, joten pullot on pidettävä pystyasennossa, ettei nestemäinen kaasu olet tekemisissä venttiilien kanssa. (Valtioneuvoston asetus 20.12.2012/858.)

Varastoidessa tulee huomioida, etteivät pullot altistu mekaanisille vaurioille tai kuumuudelle. Täydet ja tyhjät pullot täytyy pitää erillään, ja niille varatut säilytyspaikat on merkittävä asianmukaisesti. Varastoalueen täytyy tuulettua tarpeeksi, ettei vahingossa vuotava kaasu pääse kasautumaan alueelle. Tämän vuoksi on myös kiellettyä säilöä kaasut kellari- tai ullakkotiloissa. (Valtioneuvoston asetus 20.12.2012/858.) Tämä johtuu siitä, että nestekaasu on ilmaa raskaampaa, jolloin se kerääntyy matalille alueille johtaen tukehtumis- tai räjähdysvaaraan. Nestekaasuihin on lisätty hajusteita, jotta vuodot voidaan havaita. Jos teollisuuskäytössä epäillään pieniä vuotoja laitteissa, kannattaa liitosten ja laitteiden tiiviys tarkistaa saippuavedellä, sillä se kuplii vuotojen kohdalla.

2.4 Direktiivit ja kansallinen lainsäädäntö

Euroopan talousalueella käyttöön otettavat koneet täytyy varustaa CE-merkillä. Merkki on valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää itseään koskevien direktiivien olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Tarkoituksena on taata tavaroiden vapaa liikkuvuus yhdenmukaistamalla määräyksiä. Yhteensä yli 20

tuoteryhmää kuuluu direktiivien menettelyn piiriin. Näitä tuoteryhmiä ovat muun muassa lelut, pienjännitelaitteet ja kaasulaitteet (Työsuojeluhallinto 2007, 5.)

Suomessa koneita koskevat vaatimukset kerrotaan Valtioneuvoston asetuksessa 12.6.2008/400 (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta). Tällä asetuksella pannaan täytäntöön koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. Asetuksessa käydään läpi koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamista. Tämä päätös koskee kaikkia markkinoille saatettavia ja käyttöön otettavia koneita.

Juotosyksikkö on kone, sillä Valtioneuvoston asetus (12.6.2008/400) määrittelee

1) *koneella* tarkoitetaan:

a) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten;

b) a alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, josta puuttuvat ainoastaan komponentit, joilla se liitetään paikan päällä tai kytketään voiman- tai käyntilähteisiin;

c) a tai b alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan;

d) a, b tai c alakohdassa tarkoitettujen koneiden tai 7 kohdassa tarkoitettujen osittain valmiiden koneiden yhdistelmiä, jotka on tiettyjä toimintoja varten järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena;

e) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja jonka ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima.

Huomioitavaa on, että jos koneeseen liittyvästä vaarasta säädetään poikkeavasti kansallisessa erityissäännöksessä, sovelletaan erityissäännöstä tämän asetuksen sijaan (Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400.)

Juotosyksikköä koskee lisäksi nestekaasuasetus (26.2.1993/711), kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset sähkölaitteiden turvallisuudesta

(30.12.1993/1694) ja räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien sähkölaitteiden sähköturvallisuusvaatimuksista (30.12.1993/1698), sekä valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (27.12.2007/1466). Valtioneuvoston asetus räjähdyskelpoisten ilmaseosten työntekijöille aiheuttaman vaaran torjunnasta (18.6.2003/576) ei sinänsä koske itse laitetta, mutta laitteen käyttöönotto velvoittaa tämän asetuksen selvittämistä työpaikalla.

Edellisessä kappaleessa mainitut asetukset ovat erityissäännöksiä, jotka koskevat juotosyksikköä, koska siinä käytetään nestekaasua polttoaineena, vaihdemoottoria voimanlähteenä ja taajuusmuuttajaa ohjauksessa. Nämä erityissäännökset ylittävät hierarkiassa valtioneuvoston asetuksen koneiden turvallisuudesta.

Pääasiallisesti koneen vaatimustenmukaisuus asetusten ja direktiivien osalta osoitetaan teknisellä tiedostolla, johon kerätään koneen suunnittelusta, valmistuksesta ja toiminnasta kertovat tiedot. Näihin kuuluvat mm. koneen yleiskuvaus, yleispiirustus, ohjauspiirien piirustukset sekä kuvaukset ja selitykset kuinka kone toimii (ohjeet). Yksityiskohtaiset piirustukset laskelmiseen ja testaustuloksineen, joilla voidaan tarkistaa koneen terveys- ja turvallisuusvaatimukset tulee olla myös saatavilla (Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400.)

Juotosyksikön tekninen tiedosto tulee koostumaan tästä opinnäytetyöstä, testaustuloksista, valokuvista, riskien arvioinnista (SFS-EN ISO 12100), CAD-malleista sekä osaluettelosta. Tekninen tiedosto tulee säilyttää 10 vuotta koneen valmistumisen jälkeen (Työsuojeluhallinto 2008, 13). Tekniseen tiedostoon lisätään myös vaihdemoottorin ja taajuusmuuttajan valmistajien vaatimustenmukaisuudenosoitukset.

3 JUOTOSYKSIKKÖ

3.1 Runkomateriaalit

Materiaaliksi valitaan austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4301. Tällä teräksellä on hyvä korroosionkestävyys, lujuus, hitsattavuus ja se säilyttää mekaaniset ominaisuutensa myös korkeissa lämpötiloissa (Stalatable Oy 2014.)

Runko muodostuu 3 mm seinämäisistä rakenneputkista (dimensiot 40x60 ja 50x50), jotka hitsataan kiinni toisiinsa pienahitsein. Laakeripesät, suoja Pellit ym. kiinnitetään sinkityillä pulteilla ja muttereilla. Runkoon kohdistuvat voimat ovat niin pieniä, ettei lujuusopillista tarkastelua tarvitse suorittaa.

Runko valmistetaan hitsatuista rakenneputkista vakauden takaamiseksi. Runko ei saa heilua tai kääntyä akselinsa ympäri. Korroosionkestoa halutaan rungolle korkean lämpötilan takia.

3.2 Alkuperäisen idean laajentaminen

Yrityksessä on tehty juotettavia tuotteita jo muutama vuosi ja tätä varten on rakennettu kaksi kappaletta identtisiä juotospöytiä. Pöydät on sijoitettu vierekkäin, ja niissä voidaan juottaa yksi tuote kerrallaan, kahden polttimon avulla. Juotto tapahtuu vain yhdelle tuotteelle kerrallaan. Ongelmana on polttimon riittämätön leveys osalle tuotteista, jonka takia polttimoa joudutaan liikuttelemaan edestakaisin, jotta juotosalue lämpenee tasaisesti. Tuotteet roikkuvat telineessä vierekkäin (Kuva 1, oikealla).



Kuva 1. Alkuperäiset juotospöydät.

Juotospöytien heikkous on myös juoton kellotustarve. Koska juotto vaatii tietyn ajan ja liekki on staattinen, täytyy tuote ottaa pois sopivan ajan jälkeen, mikä tekee työstä kelloon perustuvaa vahtimista. Tämä vahtiminen poistetaan tekemällä uuteen juotosyksikköön pitkä poltinalue, jonka läpi tuote liikkuu sopivan ajan ja juotto tapahtuu ilman kellon seuraamista (Kuva 2).



Kuva 2. Uudet polttimot.

Uusien polttimoiden korkeus ja etäisyys toisistaan on säädettävissä. Näin voidaan hallita tuotteeseen siirrettyä lämmön määrää ja kohdealuetta. Polttimot valmistetaan metritavarana ostettavasta kulmaputkipolttimosta.

3.3 Tuotteen liike linjastolla

Tuotteet liikkuvat juotosyksikössä roikkuen ketjusta, joka on kiinni hammaspyörissä, jotka pyörivät sähkömoottorin avulla (Kuva 3). Muodostuu pyörivä linjasto, jossa tuote kulkee ensin polttimoiden läpi ja tämän jälkeen palaa alkuun. Tässä välissä tuote ehtii hieman jäähtyä, sekä juotosyksikön käyttäjälle jää aikaa poistaa juotettu tuote linjastolta.



Kuva 3. Hammaspyörät ja kaksirivinen ketju.

Kuvassa 3 näkyy yläosassa käytettävä kaksirivinen rullaketju. Hammaspyöriä on kaksi kappaletta vierekkäin koneen molemmilla puolilla, jotta tuotteet mahtuvat kiertämään polttimoita varten asennetut kiinnikkeet (Kuva 2). Ketjut ja hammaspyörät kuuluvat standardiin DIN 8187, puolen tuuman hammasvälillä.

Polttimot mitoitetaan kuvassa 3 näkyvän hammaspyörän halkaisijan mukaan. Hammaspyörän pyörähdys kuljettaa tuotetta linjalla matkan

$$s = d \cdot \pi = 230\text{mm} \cdot \pi \approx 720\text{mm}$$

Polttimot leikataan 1265mm pitkiksi, sillä tuotteen halutaan kulkevan siinä noin puolitoista minuuttia, eli isomman hammaspyörän yhdestä kahteen pyörähdysen matkan minuutissa. Näin hitaan pyörimisnopeuden saamiseksi tarvitaan taajuusmuuttajaa (Katso kappale 3.5 Ohjausyksikkö).

Kaksirivistä ketjua käytetään siksi, että se mahdollistaa tuotteen kiinnittämisen suoraan ketjun ylempään riviin, jolloin tuote voi kiertää hammaspyörän ketjun päällä roikkuen. Myös ketjun suoja- ja ohjauspeltin ohittaminen ilman ongelmia onnistuu (Kuva 4).



Kuva 4. Ketjun suoja- ja ohjauspelti.

Kuvassa 4 näkyy lisäksi kaksirivisen ketjun ylempi rivi suoja- ja ohjauspeltin takaa. Pelti on tuettu runkoon kannattimien kanssa. Suoja- ja ohjauspelti peittää juotosyksikön molemmat pitkät kyljet, sekä pitää ketjun ja tuotteet oikealla kiertoradalla. Tuotteet roikkuvat niille suunnitelluissa ripustimissa. Kuvassa 4 näkyy ripustin oikeanpuoleisen ja keskimmäisen ketjutuen välissä.

3.4 Moottori

Moottorin tulee pystyä ylittämään tuotteiden ja tuotteiden kiinnikkeiden aiheuttama kitkavoima, joka kohdistuu peltiin, jonka päällä kaksirivinen ketju lepää. Ketju on tuettu pellillä, jotta tuotteet eivät roikkuisi eri korkeuksissa ketjussa (kuva 4).

Tarvittava vääntömomentti moottorille arvioitiin seuraavasti: tuotteita roikotetaan maksimissaan 40 kpl ja tuotteen keskimääräinen paino on n. 1 kg. Koukku, josta tuote roikkuu, painaa kokonaisuudessaan n. 0,35 kg. Kitkaa aiheuttavaa massaa on siis n. 54 kg. Varmuusluvuksi halutaan 3, eli lasketaan massaa olevan 162 kg. Kitkavoima on

$$F_k = \mu \cdot m \cdot g,$$

jossa μ = kitkakerroin = 0,15 (Haavisto ym. 1991, 82); m = massa ja g = putoamiskiihtyvyys = $9,81 \text{ m/s}^2$.

$$F_k = 0,15 \cdot 162 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 240 \text{ N (Haavisto ym. 1991, 112.)}$$

Pyörivän hammaspyörän säde on $r = 0,115 \text{ m}$, eli tarvittava vääntömomentti

$$M = F_k \cdot r = 240 \text{ N} \cdot 0,115 \text{ m} = 27,6 \text{ Nm (Haavisto ym. 1991, 113.)}$$

Moottoriksi valitaan SEW eurodrive R47DRS71S4 vaihdemoottori, jolla on 0,37 kW tehoa ja 290 Nm vääntömomenttia.

Vaihdemoottori sijoitetaan rungon alaosaan, jossa se on suojassa lämmöltä ja helposti huolettavissa tarpeen mukaan. Matalalle sijoittamalla sähköjohdot ja moottorin tuuletusaukko saadaan kauas lämmöstä. Moottorin voima siirretään yksirivisellä rullaketjulla pystyakseliin, joka pyörittää kaksirivistä rullaketjua. Moottori ja alhaalla olevat hammaspyörät koteloidaan takertumisvaaran takia teräksellä ja muovilla (Kuva 5).



Kuva 5. Moottorin ja ketjun kotelointi.

Muovinen kotelo helpottaa virheiden havaitsemisen voimansiirrossa, esimerkiksi liian takertumisen ketjuun tai ketjun putoamisen pois paikaltaan (Kuva 5).

3.5 Ohjausyksikkö

Moottorin akselin pyörimisnopeus on 1380 kierrosta minuutissa, minkä mukana tuleva vaihde muuntaa välityksien avulla 12:een kierrokseen minuutissa. Tähän akseliin on kiinnitetty hammaspyörä joka on halkaisijaltaan 40 mm. Tämä hammaspyörä on kytketty ketjuvälityksellä 230 mm halkaisijaltaan olevaan hammaspyörään, joka pyörittää puolestaan kaksirivistä ketjua, jossa tuotteet roikkuvat (Kuvassa 5 näkyy ketju, sekä isompi hammaspyörä).

Tuotteet etenevät linjalla suoraan verrannollisesti vaihdemoottorin pyörimisnopeuteen. Tätä nopeutta säädellään moottoriin liitettävällä VACON 10 taajuus-

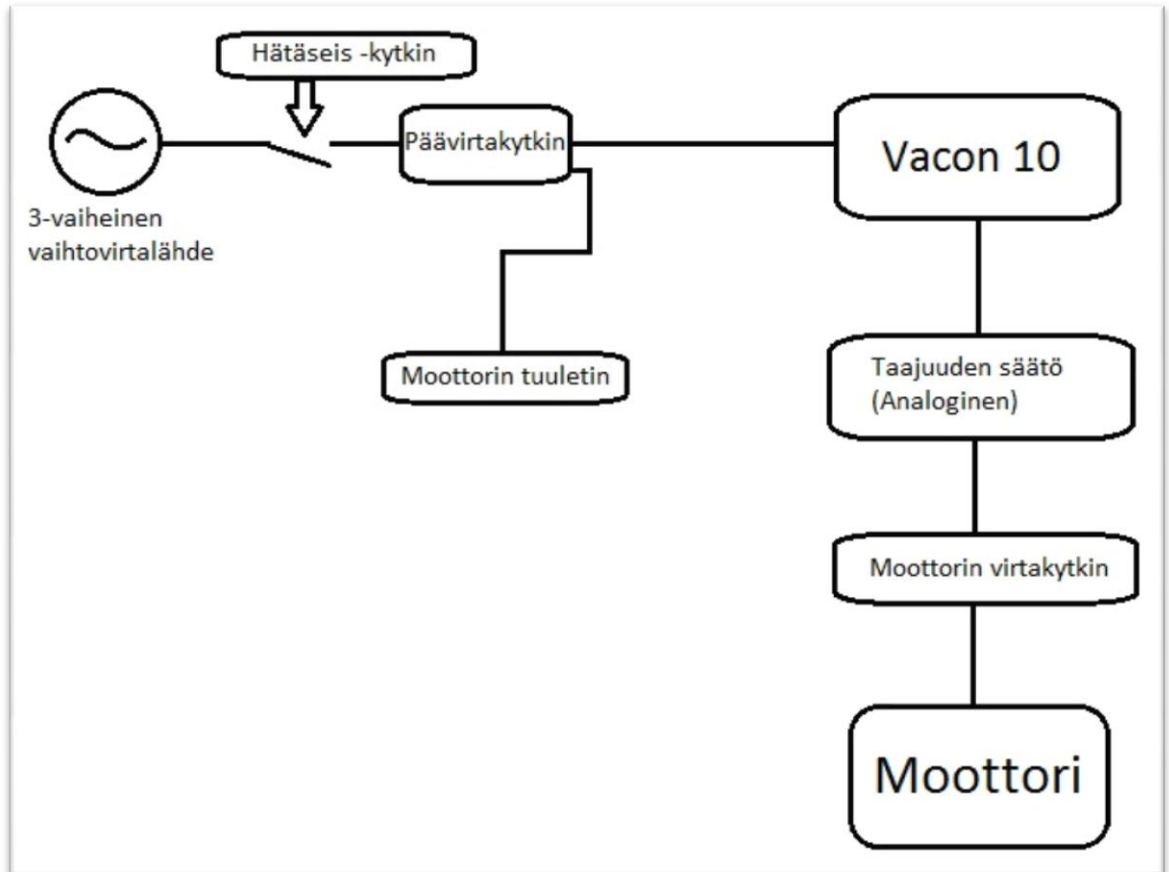
muuttajalla. Taajuusmuuntajaa varten rakennetaan ohjausyksikkö, jossa tarvittavat hallintalaitteet ovat koneenkäyttäjän saatavilla. Näissä hallintalaitteissa on päävirtakytkin (Kuva 6, kohta 1), moottorin virtakytkin (Kuva 6, kohta 2), taajuusmuuntajan näyttökytkin (Kuva 6, kohta 3), sekä kierrosnopeuden säätönappi (Kuva 6, kohta 4).



Kuva 6. Ohjausyksikkö.

Ohjausyksikön tarkoitus on hallita tuotteiden liikenopeutta linjastolla, millä vaikutetaan tuotteiden altistumisaikaan juottoliehille. Kokeellisesti määritetään kullekin tuotetyypille vaadittu kierrosnopeus, jolla tuotteen juottaminen onnistuu. Kierrosnopeutta määritettäessä hyödynnetään aikaisemmin hyväksi havaittuja juotosaikoja.

Ohjausyksikkö kytketään 3-vaiheiseen vaihtovirtalähteeseen. Ohjausyksikön ja virtalähteen väliin kiinnitetään hätäkatkaisija, jolla kone saadaan virrattomaksi ja kaasuttomaksi tarpeen vaatiessa (Kuva 7). Hätäkatkaisija sulkee kaasun tuonnin polttimoille magneettiventtiilin avulla.

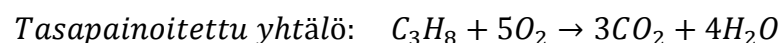


Kuva 7. Ohjausyksikön kytkentäkaavio.

Kuvassa 7 näytetään yksinkertaistettu kytkentäkaavio ohjausyksiköstä ja sen ominaisuuksista. Moottorin tuulettimelle ei ole erillistä virtakytkintä, vaan se aloittaa tuulettamisen heti päävirran käynnistyessä.

3.6 Ilmanvaihto ja kärynpoisto

Nestekaasu vaatii tarpeeksi ilmaa palaakseen täydellisesti. Kokeiden perusteella 11kg nestekaasua sisältävät säiliö tyhjenee noin 8 tunnin yhtäjaksoisen polttamisen jälkeen. Kaasua kuluu siis 1,375 kg/h. Seuraavaksi muodostetaan nestekaasun ja hapen reaktioyhtälö ja tasapainotetaan se.



Turvallisuussyistä voidaan laskea, että nestekaasua kuluu 7 kg/h, tällöin kulutus on arvioitu viisi kertaa korkeammaksi kuin kokeissa havaittu. Lasketaan 7 kg nestekaasun ainemäärä.

$$n_{LPG} = \frac{m_{LPG}}{M_{LPG}} = \frac{7000 \text{ g}}{3 \cdot 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 8 \cdot 1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 159 \text{ mol} \text{ (Haavisto ym. 1991, 127, 159).}$$

n_{LPG} = Nestekaasun (Liquefied Petroleum Gas)ainemäärä

m_{LPG} = Nestekaasun massa

M_{LPG} = Nestekaasun moolimassa (C_3H_8)

Nestekaasua on 159 moolia, eli happea kuluu viisinkertaisesti, mikä tekee 795 moolia. Seuraavaksi lasketaan tämän happimäärän vaatima tilavuus.

$$n_{O_2} = \frac{V}{V_m} \rightarrow V = n_{O_2} \cdot V_m = 795 \text{ mol} \cdot 22,39 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} = 17800 \text{ dm}^3 = 17,8 \text{ m}^3$$

n_{O_2} = Hapen ainemäärä

V = Hapen tilavuus

$$V_m = \text{Hapen moolitilavuus} \left(22,39 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \right) \text{ (Haavisto ym. 1991,142).}$$

Happea kuluu siis 17,8 kuutiometriä tunnissa tällä laskutavalla. Happi muodostaa ilmakehästä noin 21%, mikä tarkoittaa sitä, että ilmaa kuluu tunnissa

$$\frac{17,8 \text{ m}^3}{0,21} \approx 85 \text{ m}^3$$

Yrityksessä on ollut käyttämättömänä ilmansuodatuskone, joka sopii juotosyksikön käreynpoistoon ja ilmanvaihtoon. Plymovent "Smart One", jolle valmistaja lupaa kotisivuillaan ilmanvaihtonopeudeksi 1400 m³/h. Juotosyksikön päälle on rakennettu huuva, johon Plymovent on kytketty (Kuva8). Ilma johdetaan seinän kautta ulos rakennuksesta, jotta lämpöä saadaan poistettua työympäristöstä.



Kuva 8. Juotosyksikön huuva.

Ilmanvaihdesta huolimatta häkää eli hiilimonoksidia täytyy mitata ilmasta (1,5 m:n korkeudelta), ettei sitä pääsee muodostumaan vahingossakaan vaarallisia määriä. Tämä voidaan hoitaa seinään asennettavalla keskuksella, johon voidaan kytkeä eri puolille työtilaa kiinnitettyjä mittalaitteita. Nämä laitteet hälyttävät jos mitattavan kaasun pitoisuus nousee yli sallitun rajan.

Nestekaasun määrä mitataan lattiatasolta, koska ilmaa raskaampana se jää lähelle lattiapintaa ja kerääntyy "lammikoiksi" mataliin kohtiin. Lattialle kertyvä ilma tekee tilasta räjähdysvaarallisen. Tämä tarkoittaa sitä, että lattian tasalla ei saa käyttää sähkölaitteita, joita ei ole hyväksytty käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa (Ex-merkityt laitteet). Tupakointi on kielletty juotosyksikön läheisyydessä nestekaasun käytön takia.

4 TULOKSET

4.1 Tasalaatuisuus

Tuotteista saatiin syntymään tasalaatuisia muutaman koesarjan jälkeen. Alussa vaikeutena oli juotosajan säätäminen uuden koneen mukaiseksi. Vanhasta juotospöydästä saadut ajat eivät aivan täsmää uuden koneen kanssa. Tämä johtuu siitä, että vanha polttimo ja uusi polttimo ovat rakenteeltaan sen verran erilaisia, että lämmön tuonti tuotteeseen on muuttunut.

Toinen laatuun vaikuttava tuotantoprosessi on myös muuttunut lopputyön teon aikana, mikä on vaikuttanut tuotteiden parempaan laatuun yleisesti. Yhdessä vaikutus on ollut merkittävä. Ennen tuotteita saattoi olla viallisia viisi sadasta, nyt hylkäämisprosentti on enää yksi.

Pelkästään tämän työn vaikutusta yksinään on vaikea eritellä. Lämpö määrän tuonnin tasaaminen tuotteeseen on kuitenkin todennäköisesti auttanut laatua, joten tässä on ainakin osittain onnistuttu.

4.2 Työn yksinkertaistaminen

Juottoprosessin osalta työ on helpottunut siten, ettei käyttäjän enää tarvitse itse "huljuttaa" liekkiä tuotteen ympärillä varmistaakseen lämmön siirtymisen. Tämä vaihe on aikaisemmin vaatinut kokemusta prosessista ja tarkkaa seuraamista, ettei lämpöä tuoda liikaa, jolloin tuote on pilalla alumiinin pehmetessä.

Kellon käyttö auttoi aikaisemmin tekijää seuraamaan työn etenemistä, mutta uuden juotosyksikön kanssa tätä ei enää tarvita. Ainoa käyttäjän säätämä muuttuja on moottorin pyörimisnopeus. Pyörimisnopeus vaihtuu vain, jos juotettava tuote eroaa merkittävästi edellisestä. Vähemmän muuttujia työssä tarkoittaa vähemmän opastamista työn teossa, eli työn yksinkertaistaminen onnistui.

4.3 Prosessin nopeuttaminen

Tuotteiden valmistumistahti on selvästi nopeampi. Aikaisemmin valmistui juotospisteeltä noin 60 kappaletta tunnissa. Juotosyksikössä valmistuu keskimäärin 114 kappaletta tunnissa, mikä on melkein kaksinkertainen vauhti. Nopeuttaminen on onnistunut erinomaisesti.

Nopeuttaminen muutti samalla itse prosessia. Juotosyksiköllä ei kannata lähteä tekemään kovinkaan pieniä määriä tuotteita. Aikaisemmin tilausmäärällä ei ole ollut merkitystä, vaan juotto on voitu aloittaa vaikka yhtä tuotetta varten. Kaikki tuotteet esivalmistellaan juottoa varten, mutta nyt esivalmisteluun on käytettävä pidempi aika, jotta tuotteita on tarpeeksi hyödyntämään nopeampaa läpimenoaikaa.

4.4 CE-merkki

Tekninen tiedosto sisältää kaiken vaadittavan tiedon. Piirustukset tehtiin Solidworks -ohjelmalla ja tallennettiin PDF -muotoon, jotta niiden lukeminen onnistuisi ilman lisenssiä vaativaa ohjelmaa. Riskianalyysi suoritettiin standardin SFS-EN ISO 12100 mukaisesti.

Opinnäytetyön valmistumisvaiheessa kaikkia riskianalyysin kannalta oleellisia puutteita ei ole korjattu juotosyksikössä, joten koneeseen ei saa vielä kiinnittää CE-merkkiä, eikä luovuttaa käyttöön.

Kun puutteet on korjattu, kirjataan tiedot niistä teknisen tiedoston versioon ja kiinnitetään CE-merkki koneeseen. Kaikki muutokset, jotka koneeseen mahdollisesti tehdään vielä ennen merkin kiinnitystä, kirjataan tekniseen tiedostoon.

4.5 Kehittäminen

Ensimmäinen kehittämiskohde on polttimoiden aseman hallinta. Tällä hetkellä polttimoiden korkeus säädetään manuaalisesti, mikä tekee siitä hidasta ja kan-

keaa. Polttimon molemmat päät pitää siirtää erikseen ja "tasapainottaa", jotta polttimo jää suoraksi.

Alumiiniputket johon polttimot on kiinnitetty voitaisiin korvata lineaarijohteilla. Tällöin koko polttimo liukuisi tasaisesti ja helposti eri korkeuksille. Johteisiin voisi lisätä myös magneettinauhan, jolloin siirtymisen määrä saataisiin digitaalinitytölle. Tällä tavalla säästyttäisiin vaihtamasta ripustimia, joista tuotteet roikkuvat.

5 YHTEENVETO

Juotosyksikön kehittäminen on johtanut selvään tuotantokyvyn kasvuun yrityksessä. Juottaminen on aikaisemmin ollut pullonkaulana tuotantoketjussa. Nyt pullonkaula on siirtynyt seuraavaan tuotantovaiheeseen, joka tämän työn vaikutuksesta on todennäköisesti seuraava kehityksen kohde.

Työ valmistui ripeässä aikataulussa siitä huolimatta, että koneen testaus ja rakentaminen olivat pitkiä prosesseja. Pyrimme käyttämään koneessa mahdollisimman paljon yksinkertaista ja helposti korjattavia osia, jotka ovat saatavilla ilman pitkiä toimitusaikoja. Tämä takaa nopean reagoinnin mahdollisiin viallisiin tai vaurioituneisiin komponentteihin.

Erityinen apu työn kehittämisessä olivat yrityksessä juottamista tehneet työntekijät. Heidän kokemuksiaan juottamisesta ja tuotteiden käsittelystä pyrittiin ottamaan huomioon parhaan mukaan. Tällä saatiin kehittämiseen mukaan tärkeää ensikäden tietoa juottamistyön vaatimuksista ja osallistuminen vähensi muutostavastarintaa uutta konetta kohtaan.

Työn tekemisen kautta koneita koskevat asetukset avautuivat uudella tavalla. Yksinkertaistakin kokoonpanoa koskee monet eri asetukset, joiden läpikäyminen ja vaatimustenmukaisuuksien osoittaminen ovat erittäin tärkeitä suunnittelutyötä tekevälle insinöörille. Tämä on ollut työn opettavin osa.

Työ on onnistunut kaikkien osapuolien kannalta. Yrityksen tavoitteet täyttyivät ja opinnäytetyön laatija sai tärkeää tietoa suunnitteluun liittyvistä ongelmista ja niiden ratkaisuista. Yhden tuotantoprosessin kehittäminen johtaa todennäköisesti siihen, että muitakin osa-alueita tullaan kehittämään, jotta pullonkaulat tuotannossa tasoitettaisiin.

LÄHTEET

AGA 2014a. Juottaminen. Viitattu 20.2.2014 www.aga.fi > Ratkaisut > Juottaminen. http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/sol_soldering

AGA 2014b. Asetyleeni. Viitattu 20.2.2014 www.aga.fi > Tuotteet > Polttokaasut > Asetyleeni. <http://www.aga.fi/International/Web/LG/FI/like35agafi.nsf/docbyalias/acetylene>

AGA 2014c. Nestekaasu. Viitattu 20.2.2014 www.aga.fi > Tuotteet > Polttokaasut > Nestekaasu. <http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/propane>

Haavisto A.; Karkela L.; Kervinen M.; Seppänen R.; Smolander J.; Tiihonen S.; Varho K.; Wuolijoki H. 1991. MAOL-taulukot. Helsinki: Otava.

Ihalainen E, Aaltonen K, Aromäki M, Sihvonen P. 2005. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto Oy.

Katainen H.; Mäkinen A. 1982. Hitsaustekniikka 1. Porvoo: WSOY

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 30.12.1993/1694.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 30.12.1993/1698.

Ojanperä N. 1975. Kaasuhitsaus, Juotto ja polttoleikkaus. Keuruu: Otava.

Pritchard D. 1996. Soldering, Brazing & Welding: A Manual of Techniques. Marlborough: Cro-wood Press.

Stalatable Oy 2014. www.stalatable.com > Tuotteet > Austeniittiset ruostumattomat rakenneputket. Viitattu 3.5.2014 <http://www.stalatable.com/fi/Tuotteet/Austeniittiset-ruostumattomat-rakennepuutket/>

Tukes 2014. Vaarallisten kemikaalien säilytys. Viitattu 17.2.2014 Toimialat > Kemikaalien ja kaasujen teollinen käsittely, VAK > Vaarallisten kemikaalien säilytys. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Vaarallisten-kemikaalien-sailytys/>

Työsuojeluhallinto 2007. Työsuojelujulkaisuja 57, Koneturvallisuus, Säädökset ja soveltaminen. Viitattu 3.5.2014. http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2007/08/TSJ_57.pdf

Työsuojeluhallinto 2008. Työsuojelujulkaisuja 16, Koneturvallisuus, Koneiden tekniset vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. Viitattu 14.5.2014. http://www.tyosuojelu.fi/upload/tso_16-2009.pdf

Valtioneuvoston asetus 26.2.1993/711.

Valtioneuvoston asetus 18.6.2003/576.

Valtioneuvoston asetus 27.12.2007/1466.

Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400.

Valtioneuvoston asetus 20.12.2012/858.

Veriö T. 1988. Hitsauksen, polttoleikkauksen, juotostöiden, laikkaleikkauksen ja hionnan aiheuttama tapaturman- ja palovaara. Helsinki: Suomen palotorjuntaliitto.