

Juho Ruotsalainen

Hitsausrobotiikan opettaminen ammattiopistossa

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2019



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä(t): Ruotsalainen Juho

Työn nimi: Hitsausrobotiikan opetus ammattiopistolla

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: robotiikka, hitsaus

Tämän opinnäytetyön aiheena on hitsausrobotiikan opetus ammattiopistossa. Opinnäytetyö tehtiin Kainuun ammattiopistolle, kone- ja metallialan perustutkinnon osaamisalalle. Opinnäytetyössä käsiteltävä hitsausrobotiikan kurssi on suunniteltu opetettavaksi sekä nuoriso- että aikuiskoulutuksessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella hitsausrobotiikkakurssi. Kurssia ei ole aiemmin järjestetty, eikä aiempaa koulutusmateriaalia ollut. Opinnäytetyö rajattiin hitsausrobotiikan kurssin teoriamateriaalin, käytännön harjoitusten sekä näyttötöiden suunnitteluun ja valmistukseen.

Kurssissa käytettävä teoriamateriaali suunniteltiin Kajaanin ammattikorkeakoulun robotiikan peruskurssin teoriamateriaalin pohjalta. Ammattikorkeakoulun materiaalia muokattiin hitsausrobotiikkaan sopivaksi.

Käytännön harjoitukset jaettiin omiin erillisiin ryhmiinsä: hitsausta sisältäviin harjoituksiin, hitsausta sisältämättömiin harjoituksiin, huolto- ja kunnossapitoharjoituksiin sekä näyttötöihin. Hitsausta sisältävät harjoitukset ovat suurin ryhmä. Näihin harjoituksiin kuuluvat hitsausohjelmien luomisen lisäksi erilaiset asen-tohitsausharjoitukset sekä manipulaattorilla suoritettavat harjoitukset. Hitsausta sisältämättömät harjoitukset on suunniteltu suoritettavaksi ensimmäisenä. Hitsausta sisältämättömiin harjoituksiin sisältyy muun muassa ohjausharjoitus sekä hitsausparametrien luontiharjoitus.

Näyttötöitä suunniteltiin kaksi kappaletta: pienten kokoonpanojen näyttötyö sekä vaihtelevien ainevahvuuksien näyttötyö. Pienten kokoonpanojen näyttötyö on suunniteltu suoritettavaksi kurssin keskivaiheilla, ja vaihtelevien ainevahvuuksien näyttötyö on suunniteltu suoritettavaksi kurssin päätteeksi. Pienten kokoonpanojen näyttö on suunniteltu testaamaan oppilaan osaamista yhden materiaalivahvuuden asen-tohitseissä. Vaihtelevien ainevahvuuksien näyttötyö on suunniteltu testaamaan oppilaan osaaminen koko kurssin sisällöstä.

Kaikkien käytännön harjoitusten luominen noudatti samaa kaavaa. Ensiksi päätettiin aihe, josta tehdään harjoitus sekä harjoituksen ohjeet. Aiheen sisältö suoritettiin kolme kertaa. Harjoituksen eri vaiheet kuvattiin yksityiskohtaisesti, minkä jälkeen otetut valokuvat järjestettiin ja näihin kuviin kirjoitettiin niitä kuvaava teksti. Jokainen harjoitus kelloitettiin, jotta saataisiin suuntaa antava suoritusaika harjoitukselle. Lopuksi valmis harjoitus tulostettiin sekä tallennettiin OneNote-tiedostoon.

Palautettavat tehtävät suunniteltiin käytännön harjoitusten kertaustehtäviksi. Tehtävien suoritus on suunniteltu siten, että jokaisen kolmen käytännön harjoituksen jälkeen opiskelijat saavat kyseisistä harjoituksesta suunniteltuja palautettavia tehtäviä. Jokaiseen käytännön harjoitukseen kuuluu myös oman työn arviointi, analysointi sekä työn laadun kehityksen pohtiminen.

Abstract

Author(s): Ruotsalainen Juho

Title of the Publication: Course of Welding Robotics for Vocational School

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: robotics, welding

The subject of this thesis is education of welding robotics in a vocational school. The thesis was commissioned by the Kainuu vocational school, for the vocational upper secondary qualification in Metalwork and Machinery. The course being discussed in this thesis has been planned to be taught in youth and adult education alike.

The aim of this thesis was to plan and design a course for welding robotics. A similar course has not been done before and there was no previous course material. The material created for the course in this thesis has been limited to theory, practical training, as well as planning and implementing tasks intended for competence demonstration.

The theory material is based on the basics of robotics course material from Kajaani University of Applied Sciences. It has been modified to be suitable for welding robotics.

The practical training exercises have been divided in their own respective groups: exercises that include welding, exercises that exclude welding, maintenance exercises and tasks intended for competence demonstration. The welding exercises group has been designed to be the largest. Apart from exercises designed to teach welding program creation, the exercise group in question includes training for various welding positions and the usage of the part manipulator. Exercises that exclude welding have been designed to be completed first. This group of exercises includes, among other things, a handling exercise and an exercise for the creation of welding parameters.

Two different tasks for competence demonstration have been designed: demonstration for small assemblies and a demonstration for variable material thicknesses. The assembly demonstration has been designed to be completed at the mid-point of the course and the material thickness demonstration at the end of the course. The design principle of the assembly demonstration has been to test the student's competence on single thickness welding. The second competence demonstration has been designed to test the student's competence on the whole course material.

The design and creation of the practical training exercises has been done in the same way. Firstly, the topic for the exercise and exercise material had to be decided. The exercise was completed three times. Different parts and sequences in the exercise were photographed in minute detail. After photography, the photos were sorted and captioned. All exercises were timed, so that the exercises could have a rough approximation time for completion. Lastly, the completed exercise was printed and uploaded to a One-Note file.

The returnable homework essays have been designed to recap the different practical training exercises. After every three exercises, students get homework designed on those three practical training exercises. After every exercise, students must evaluate and analyze the quality of their workmanship.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Robotiikka	2
2.1	Yleistä roboteista	2
2.2	Robottien luokittelu	2
3	Koulutukseen käytettävä laitteisto	4
3.1	ABB IRB 1600	4
3.2	Fronius TPS 500i - hitsausvirtalähde	5
3.2.1	Pulssihitsaus	6
3.2.2	CMT - hitsaus	7
3.3	IRBP A - kappaleenkäsittelylaite	7
3.4	Torch Service Center	8
3.5	FlexPendant - ohjauslaitteisto	8
4	Kohderyhmä	9
4.1	Havaintoja nuoriso-opetuksesta	9
4.2	Havaintoja aikuisopetuksesta	10
5	Teollisuuden ja koulutuksen vaatimukset osaamiselle	11
5.1	Teollisuuden vaatimukset	11
5.2	Toisen asteen koulutuksen vaatimukset	11
5.3	Ammattitaidon osoittaminen	12
6	Hitsausrobotiikan kurssi	13
6.1	Kurssin sisältö	13
6.2	Käytännön harjoitukset	14
6.3	Esimerkkejä käytännön harjoituksista	16
6.3.1	Robotin käsittelyharjoitus	16
6.3.2	Demopalkki	17
6.3.3	Asentohitsaus harjoitukset	18
6.3.4	Huoltoharjoitukset	19
7	Kehitysideoita kurssiin	20
	Lähteet	21

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on hitsausrobotiikan opetus ammattiopistossa. Aihe tuli Kainuun ammattiopistolta. Kainuun ammattiopistolla on monipuolinen hitsausrobotiikkasolu, jonka ympärille kurssimateriaali luotiin.

Kainuun ammattiopistolla ei ollut minkäänlaista suunnitelmaa hitsausrobotiikan kurssin sisällöstä taikka materiaalista, joten kurssin rakenteen ja sisällön suunnittelu piti aloittaa tyhjästä. Ensimmäinen ongelma kurssissa oli epävarmuus kohderyhmästä. Kurssin rungon suunnittelussa pyrittiin maksimoimaan käytännön harjoitusten määrä. Teorian opetus suunniteltiin käytettäväksi vain uuden käytännön harjoituksen esittelyssä ja uusien ohjelmointikäskyjen opetuksessa. Käytännön harjoitusten sisältöä ja määrää suunniteltiin yrityksille suoritettun kyselyn vastausten perusteella.

Käytännön harjoitukset suunniteltiin siten että ne sisälsivät mahdollisimman paljon selkeitä kuvia jokaisesta työvaiheesta. Käytännön harjoituksiin sisältyy ohjausharjoituksia, hitsausharjoituksia ja huoltoharjoituksia.

Yhteyshenkilöinä Kainuun ammattiopiston puolelta toimivat Arto Schroderus sekä Heikki Seppänen. Kajaanin ammattikorkeakoulun puolelta Sami Räsänen.

2 Robotiikka

2.1 Yleistä roboteista

Kansainvälinen robottiyhdistys määrittelee robotit uudelleen ohjelmoitaviksi vähintään kolminivelisiksi mekaanisiksi laitteiksi. Määritelmän mukaan robotti on suunniteltu siirtämään ja liikuttamaan kappaleita, osia ja työkaluja. [1] Yleisimmät käyttökohteet teollisuusroboteille ovat hitsaus, maalaus, kappaleen käsittely ja maalaus.

2.2 Robottien luokittelu

Mekaanisen rakenteen mukaan luokiteltuja robottityyppejä on:

1. Suorakulmainen robotti
2. Napakoordinaatistorobotti
3. SCARA-robotti
4. Kiertyvänivelinen robotti
5. Rinnakkaisrakenteinen robotti
6. Sylinterirobotti

Suorakulmainen robotti on päädyistään tuettu lineaariliikkeitä toteuttava robotti. Napakoordinaatistorobotissa on koko robotin rakenteen kääntämiseen tarkoitettu akseli sekä pystysuuntaiseen kääntöön tarkoitettu akseli. Muut robotin akselit ovat lineaarisia. SCARA-robotissa on vähintään kaksi kiertyvää niveltä sekä yksi pystysuuntaiseen lineaariliikkeeseen tarkoitettu akseli. SCARA-robotteja käytetään yleensä pienten tuotteiden kokoonpanossa. Kiertyvänivelinen robotti muistuttaa toiminnaltaan ja liikkeiltään ihmiskäsivartta. Näillä roboteilla on yleensä kuusi vapaasti ohjelmoitavaa niveltä. Rinnakkaisrakenteisia robotteja käytetään yleensä poimimaan ja asettamaan kappaleita. Rinnakkaisrakenteiset robotit ovat liikkeiltään nopeita ja sisältävät kolme lineaariliikettä. Sylinterirobotin nimi tulee sen sylinterimäisestä liikkeestä. Sylinterirobotissa on yksi

koko rakenteen kääntämiseen tarkoitettu akseli ja loput akselit on tarkoitettu lineaariliikkeille.

[2.]

3 Koulutukseen käytettävä laitteisto

Kurssi sekä kurssin harjoitukset on suunniteltu suoritettavaksi Kainuun ammattiopiston tiloissa olevan robottisolun ympärille. Robottisolu koostuu ABB IRB 1600 - teollisuusrobotista, Fronius TPS 500i - hitsausvirtalähteestä ja tähän kuuluvista hitsauslisälaitteista, sekä IRBP A - kappaleenkäsittelylaitteesta.

3.1 ABB IRB 1600

ABB IRB 1600 - sarjan robotit (kuva 1) on varustettu kuudella ohjelmoitavalla liikeakselilla. Robotille suositellut käyttökohteet ovat [3]:

1. Kokoonpano
2. Hitsaus
3. Kappaleen käsittely
4. Hionta
5. Pakkaus
6. Maalaus



Kuva 1. ABB IRB 1600 - teollisuusrobotti

3.2 Fronius TPS 500i - hitsausvirtalähde

TPS 500i (kuva 2) on täysin digitaalinen hitsausvirtalähde, joka soveltuu teräksen ja sinkityn teräksen, kromi/nikkelipitoisen teräksen ja alumiinin manuaali- ja automaattihitsaukseen. Virtalähde seuraa hitsausprosessia ohjausyksiköllä ja siihen liitettyllä digitaalisella signaaliprosessorilla. Virtalähteen muihin ominaisuuksiin kuuluu pulssihitsaus sekä CMT-hitsaus. [4.]



Kuva 2. Fronius TPS 500i - virtalähde

3.2.1 Pulssihitsaus

Pulssihitsaus on hitsausta, jossa hitsausvirtaa pulssitetaan siten, että lisäainetta siirtyy hitsisulaan pisara kerrallaan. Perusvirtavaiheen aikana energiaa syötetään vain sen verran, että valokaari pysyy vakaana ja hitsattavan kappaleen pinta lämpenee. Huippuvirtavaiheessa lisäaineen pisara saadaan irtoamaan. Pulssihitsauksessa syntyy vähän roiskeita ja se mahdollistaa pienen tehoalueen tarkan hitsauksen. Pulssihitsaus soveltuu hyvin esimerkiksi autoissa käytettävien ohuiden terästen hitsaukseen. [4.]

3.2.2 CMT - hitsaus

CMT-hitsaus on kylmähitsausmenetelmä. Sulapisaran irrottaminen tapahtuu langan takaisin vetämisellä jopa 90 kertaa sekunnissa. CMT - hitsaus tuottaa erittäin vähän lämpöä, joten se soveltuu erittäin hyvin ohuiden materiaalien hitsaukseen. CMT - hitsauksen etuja ovat hitsausnopeus sekä vähäiset muodonmuutokset hitsattavassa kappaleessa. [4.]

3.3 IRBP A - kappaleenkäsittelylaite

ABB IRBP A kappaleenkäsittelylaite (kuva 3) on kaksinivelinen manipulaattori. Kappaleenkäsittelylaitetta voidaan käyttää L - muotoisena kappaleenkäsittelylaitteena tai pelkkänä pyörityslaitteena. Laite koostuu pyörityslaipasta, erillisestä laipan kääntäjästä sekä koko käsittelyvarren kääntäjästä. [5.]



Kuva 3. ABB IRBP A - kappaleenkäsittelylaite

3.4 Torch Service Center

Torch Service Center, TSC, on hitsauslaitteiston huoltoon ja kunnossapitoon tarkoitettu oma yksikkönsä. Yksikkö puhdistaa hitsauspistoolin kaasusuuttimen mekaanisesti, pneumaattisesti sekä ruiskuttaa kaasusuuttimeen roiskeestoaineen. Yksikkö katkaisee hitsauslangan ennalta määrättyyn pituuteen puhdistuksen jälkeen. Yksikköä käytetään myös työkalukeskipisteen (TCP) tarkastamiseen sekä tarvittaessa sen oikaisuun. Työkalukeskipisteen säännöllinen tarkastus on tärkeää hitsauksen tarkkuuden kannalta.

3.5 FlexPendant - ohjauslaitteisto

FlexPendant (kuva 4) on robotin hallintayksikköön kytketty kosketusnäytöllinen ohjaus- ja ohjelmointilaitte. FlexPendant on robottioperaattorin päätyökalu, jolla suoritetaan, muokataan ja luodaan ohjelmia, käsin ajetaan robottia ja kappaleenkäsittelylaitteita.



Kuva 4. FlexPendant operaattorin kädessä.

4 Kohderyhmä

Hitsausrobotiikan kurssi on suunniteltu opetettavaksi nuorisopuolella vapaavalintaisena opintona toisen tai kolmannen vuosikurssin oppilaille. Työvoimapoliittisessa aikuiskoulutuksessa oleville aikuisopiskelijoille robotiikka opetetaan mahdollisuuksien mukaan.

4.1 Havaintoja nuoriso-opetuksesta

Nuoriso-opetuksessa ilmenee monia haasteita. Jos opiskeleva ryhmä on suuri, yhteen harjoitukseen käytettävä aika pitenee liikaa. Suurin robotilla työskentelevä ryhmäkoko on kolme opiskelijaa. Tämä siitä syystä, että jokainen opiskelija joutuu ryhmän sisällä tekemään itse harjoitukset, ja jos ryhmäkoko on kolmea henkilöä suurempi, kasvaa yhteen harjoitukseen käytetty aika liian suureksi. Tämä luo ongelmia opetussuunnitelman suunnitteluun, sillä ensimmäiseen robotin käsittelyharjoitukseen on opiskelijakohtaisesti varattu aikaa 60 minuutista 90 minuuttiin.

Aiemmin hankitun hitsaustaidon puutteellisuus tuottaa ongelmia hitsausrobotiikan opetukseen. Hitsausrobotiikan opiskelu ja oppiminen vaatii aiempaa käsinhitsauskokemusta. Ilman aiemmin hankittua kokemusta yksittäiseen harjoitukseen käytetty aika pitenee kurssiin kuulumattoman asian opettamisen vuoksi.

Nuorisopuolen opiskelijoilla ei yleisesti ilmene samanlaista vastustusta ja negatiivista asennetta tietotekniikkaan ja robotiikkaan kuin aikuispuolen opiskelijoilla. Tietokoneiden ja erilaisten älylaitteiden käyttö on nuorisopuolen opiskelijoille jokapäiväistä. Tämä positiivinen asenne yhdistettynä korkeampaan englannin kielen taitoon helpottaa opettamista sekä robotiikan oppimista ja opiskelua. Käytännön harjoituksissa suurin ero nuoriso- ja aikuisopiskelijoiden välillä ilmeni jo ensimmäisessä ohjausharjoituksessa. Nuoriso-opiskelijoilla oli selvästi parempi silmä-käsikoordinaatio verrattuna aikuisopiskelijoihin.

4.2 Havaintoja aikuisopetuksesta

Aikuiskoulutuksen haasteet ilmenevät tietotekniikan vaihtelevasta osaamisesta sekä negatiivisista asenteista tietotekniikkaa kohtaan. Tietotekniikan heikko osaaminen ilmenee robotin ohjelmointiharjoituksissa robotin kontrollerin käyttämisen vaikeutena. Englannin kielen osaaminen on myös heikompaa aikuisopiskelijoilla kuin nuoriso-opiskelijoilla.

Aikuiskoulutuksen etuja ovat pienet ryhmäkoot sekä opiskelijoiden aiempi työkokemus metallialalta. Aikaisempi työkokemus koneistajana helpottaa robotiikan ohjelmointia ja ohjelmointikielen ymmärtämistä. Yleistäen aikuiskoulutuksessa opiskelevilla on hitsausosaaminen parempaa kuin nuorisopuolella. Parempi hitsausosaaminen lyhentää yhteen harjoitukseen käytettyä aikaa ja helpottaa samalla opetusta, koska voi keskittyä pelkästään hitsausrobotiikan opettamiseen.

Opetuskielen ollessa suomi aikuisopetuksen ryhmien monikansallisuus ja suomen kielen taito luo omia haasteita niin opetukseen kuin työohjeiden tekemiseenkin.

5 Teollisuuden ja koulutuksen vaatimukset osaamiselle

Teollisuuden vaatimuksia selvitettiin kysymällä hitsausrobotiikkaa käyttäviltä yrityksiltä. Kysely lähetettiin kolmelle yritykselle. Vastauksia saatiin kahdelta yritykseltä. Vastanneista yrityksistä yksi vastasi nopeasti, toinen yrityksistä vastasi lähes vuotta myöhemmin. Yrityksille esitetyt kysymykset:

1. Mitä esivaatimuksia operaattorilta vaaditaan?
2. Mitä operaattorikoulutukseen kuuluu?
3. Kuinka paljon operaattorin täytyy osata ohjelmoida?
4. Mitä operaattorin täytyy osata tehdä robotille ongelmatilanteen sattuessa? (huoltotyöt jne.)
5. Mitä toimintoja operaattorin täytyy osata tehdä robotin kanssa?

5.1 Teollisuuden vaatimukset

Teollisuudessa yleinen vaatimus hitsausrobotiikkaoperaattorille on manuaalihitsaamisesta hankittu ammattitaito ja tuotteen määräämät hitsauspätevyudet. Robotiikkaoperaattorilta vaaditaan hitsauspätevyudet niin robotille kuin myös manuaalihitsaukseen. Hitsausammattitaidon lisäksi tärkeimmät taidot operaattorille ovat robotin ja sen laitteiston kunnossapidon ja huollon osaaminen sekä vikojen syiden aiheuttajien etsiminen ja tunnistaminen.

5.2 Toisen asteen koulutuksen vaatimukset

Kone- ja tuotantotekniikan perustutkinnon Robotin käyttö -kurssin ammattitaitovaatimukset ovat seuraavat [6.]:

Opiskelija osaa

1. käyttää robottia ja sen apulaitteita
2. ohjelmoida ja käyttää nivelvarsirobottia tai robottisolua

3. palauttaa nivelvarsirobotin tuotantokuntoon häiriötilanteesta
4. noudattaa työelämän toimintatapoja ja robotin käytön työturvallisuusvaatimuksia

5.3 Ammattitaidon osoittaminen

Opiskelija osoittaa ammattitaitonsa näytössä käytännön työtehtävissä kone- ja tuotantotekniikan tai vastaavan alan toimintaympäristössä käyttämällä ja ohjelmoimalla teollisuusrobottia. Ohjelmoinnin tulee sisältää koordinaatistojen hyödyntämistä sekä robotin liikeratojen ja nopeuksien ohjelmointia. Ammattitaito osoitetaan myös apu- tai oheislaitteiden kytkennässä ja robottiturvallisudessa. Näyttöön kuuluu aina ohjelman testaus ja käyttöönotto.

Siltä osin kuin tutkinnon osassa vaadittua ammattitaitoa ei voida arvioida näytön perusteella, ammattitaidon osoittamista täydennetään yksilöllisesti muilla tavoin. [6.]

6 Hitsausrobotiikan kurssi

Kurssin sisällön suunnittelussa keskityttiin painottamaan materiaalin helppolukuisuutta ja yksinkertaisuutta. Kurssimateriaalin suunnittelu aloitettiin miettimällä, mitkä asiat ovat teollisuudessa tärkeitä hitsausoperaattorille. Teollisuuden tarpeita selvitettiin suorittamalla kyselyitä hitsausrobotiikkaa käyttäviin yrityksiin. Sisällön suunnittelun seuraava vaihe oli mahdollisten käytännön harjoitusten ideointi ja raakasunnittelu. Ideointi toteutettiin listaamalla erinäisiä taitoja robotiikasta. Kaikki harjoitukset on suunniteltu vastaamaan teollisuuden tarpeita.

Jokaisen käytännön harjoituksen valmistusprosessi noudatti samaa kaavaa: Aluksi pohdittiin aiheen hyödyllisyyttä ja tarpeellisuutta. Tämän jälkeen robotilla suoritettiin käsiteltävä aihe kolme kertaa. Ensimmäisellä suorituskerralla harjoitus suoritettiin alusta loppuun. Ensimmäisen suorituskerran jälkeen jokainen harjoituksen vaihe yksilöitiin omaksi osakseen. Toisella suorituskerralla jokainen harjoituksen vaihe valokuvattiin yksityiskohtaisesti. Jokainen yksittäinen näppäimen painallus valokuvattiin. Valokuvat järjesteltiin oikeaan suoritusjärjestykseen, jonka jälkeen harjoitus suoritettiin kolmannen kerran. Kolmannen suorituksen tarkoituksena oli järjeistää harjoituksen suoritusta. Kolmas suorituskerta suoritettiin kellotettuna, jotta saatiin summittainen suoritusaika arvio harjoitukselle.

Suoritusvaiheista otetut kuvat tarkastettiin, minkä jälkeen jokaiselle vaiheelle kirjoitettiin lyhyt sanallinen kuvaus. Kuvat ja tekstit sovitettiin yhteen sekä materiaali tarkastettiin vielä kerran. Valmis työohje lisättiin OneNote-tiedostoon sekä tulostettiin.

6.1 Kurssin sisältö

Kurssin sisältö koostuu teoramateriaalista, neljästätoista käytännön harjoituksesta, palautettavista kotitehtävistä sekä kahdesta näyttötyöstä. Kurssin 146 tunnin kestosta teoriakoulutukseen käytetään 35 tuntia. Kaikki kurssimateriaali ladataan OneNote-muistikirjaan, johon opiskelija pääsee käsiksi aina halutessaan. Teoramateriaalin alussa tutustutaan eri robottivalmistajien ohjelmointikieliin, mutta pääpainona on ABB:n RAPID-ohjelmointikieli. RAPID-kielen opetuksessa keskitytään liikekäskyjen, hitsausliikekäskyjen sekä kappaleen tunnistuksessa käytettävien käskyjen tunnistamiseen sekä näiden käskyjen oikeaoppiseen käyttämiseen.

Teoriamateriaalin keskivaiheilla keskitytään yksinkertaisiin hitsausta sisältäviin ohjelmiin sekä työturvallisuuteen. Robotin ohjelmoinnin logiikkaa avataan perehtymällä valmiisiin yksinkertaisiin ohjelmiin ensin luokahuoneessa ja tämän jälkeen robottisolussa.

Käytännön harjoituksissa käsitellään robotin turvalaitteistoa, työturvallisuutta, ohjausta ja käsittelyä sekä robottihitsausta.

Näyttötöinä toimii kaksi erilaista näyttötöitä:

1. Saman ainevahvuuden pienkoonpano
2. Vaihtelevien ainevahvuuksien kokoonpano

6.2 Käytännön harjoitukset

Käytännön harjoitukset on jaettu neljään ryhmään:

1. Hitsausta sisältämättömiin harjoituksiin
2. Hitsausta sisältäviin harjoituksiin
3. Huoltoharjoituksiin
4. Näyttötöihin

Hitsausta sisältämättömät harjoitukset ovat pienin ryhmä. Tähän ryhmään kuuluvat ohjaus- ja käsittelyharjoitukset, robotin käynnistys ja sammutus, hitsausparametrien luonti, solun lisälaitteiden käyttö sekä työturvallisuus.

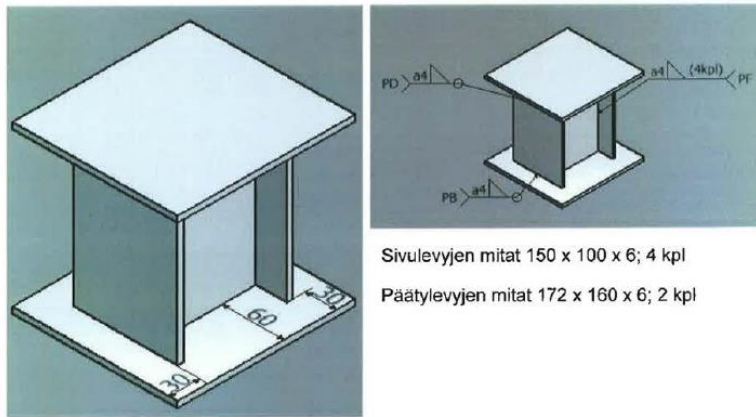
Hitsausta sisältävissä harjoituksissa harjoitellaan käyttämään hitsausliikekäskyjä sekä luomaan toimivia hitsausohjelmia. Hitsausharjoitukset etenevät neliöputken hitsaamisesta asentohitsaamiseen. Kaikista harjoituksista tehdään useampia versioita eri ainevahvuuksille ja palkomäärille. Asentohitsauksessa, esimerkiksi alapienassa, hitsausharjoitukset aloitetaan ohuesta materiaalista ja yksipalkohitsauksesta. Asentohitsaus etenee 15 mm materiaalivehvuuden monipalkohitsaukseen. Asentohitsauksessa käsitellään myös pystypienen hitsaus eri materiaalivehvuuksille sekä pystypienen hitsausradan ero muihin hitsausasentoihin.

Huoltoharjoituksissa tutustutaan erilaisiin kunnossapito- ja huoltotoimenpiteisiin. Kunnossapidon pääpainona on robotin ennakoiva kunnossapito. Huoltotoimenpiteissä tutustutaan hitsauslaitteiston huoltoon ja kunnossapitoon sekä kunnossapitoon tarkoitettuihin robotille esiasennettujen ohjelmien käyttöön.

Ensimmäinen näyttötyö suoritetaan, kun oppilas on suorittanut asentohitsausharjoituksia pystypienaan saakka. Ensimmäisessä näyttötyössä testataan oppilaan osaamista yhdellä ainevahvuudella olevan pienkokoospanon robottihitsaamisessa. Näyttötyössä arvioidaan osavalmistus, hitsauksen esivalmistelu, hitsausohjelma ja työn laatu. Näyttötyö suoritetaan yksilösuoritteena ja suorituksen maksimiaika on 12 h.

- Ennen varsinaisen hitsaussuorituksen alkua laaditaan työsuunnitelma. Työsuunnitelmaan lasketaan myös hitsaukseen tuotu lämpöenergia (Q) valitsemastasi prosessista liitteenä olevan hitsausohjeen raja-arvojen mukaan.
- Lisäksi arvioidaan silmämääräisen tarkastuksen pöytäkirjaan sekä silmämääräisesti että mittaamalla hitsaussyönteiden hitsiluokat (B, C, D tai hylätty) standardin SFS-EN 5817 mukaisesti.
- Lopuksi tehdään itsearviointi liitteenä olevaan lomakkeeseen. Itsearviointi ei kuulu suoritusaikaan.

Suorituksen käytettävä tavoiteaika on 12 tuntia ja maksimiaika 15 tuntia.



Sivulevyjen mitat 150 x 100 x 6; 4 kpl
Päätylevyjen mitat 172 x 160 x 6; 2 kpl

Kuva 6. Ote pienten kokoonpanojen näyttötyöohjeesta

Toinen näyttötyö suoritetaan kurssin päätteeksi. Toisessa näyttötyössä testataan koko kurssin opittuja asioita. Toinen näyttötyö sisältää eri materiaalivahvuuksia ja levy- että putkihitsausta eri hitsausasunnoista. Näyttötöihin sisältyy myös työsuunnitelman luonti, itsearviointi sekä oman työn laadun arviointi.

Käytännön harjoitukset pyritään suorittamaan kahden tai kolmen hengen ryhmissä siten, että jokainen ryhmän jäsen suorittaa kyseessä olevan harjoituksen. Jokaisen harjoituksen jälkeen oppi-

laat tekevät itsearvioinnin ja työn laadun analysoinnin ja palauttavat nämä opettajalle. Työn analysoinnissa tutkitaan työn laatua. Tämän lisäksi analysoidaan omaa onnistumista ja pohditaan miten harjoituksessa olisi voinut onnistua paremmin ja mitä olisi tullut tehdä toisin.

6.3 Esimerkkejä käytännön harjoituksista

6.3.1 Robotin käsittelyharjoitus

Robotin käsittelyharjoituksen tarkoituksena on tutustua robotin käsittelyyn ja robotin erilaisiin ohjaustyyliin. Harjoituksessa simuloidaan Flexpendantilla suoritettua online-ohjelmointia. Harjoituksessa ohjataan robottia ohutlevyteräksestä tehdyn sokkelon läpi. Harjoituksessa ei luoda hitsausratoja.

Sokkelossa opetellaan myös sisä- ja ulkonurkkien suorittamista kolmella paikkapisteellä. Kolmen paikkapisteen nurkassa ensimmäinen paikkapiste sijaitsee ennen nurkkaa. Toinen paikkapiste sijaitsee nurkan keskellä. Kolmas paikkapiste sijaitsee nurkan jälkeen uudella levyllä. Toisessa ja kolmannessa paikkapisteessä tärkeimmät huomioitavat asiat ovat hitsauslaitteiston oikea asema sekä hitsauslaitteiston korkeuden ja kuljetusasennon säilyttäminen.



Kuva 7. Ohjausharjoitussokkelo

Sokkelo on jaettu neljään erilliseen numeroituun osioon. Osiot suoritetaan numerojärjestyksessä. Jokaiselle osiolla on annettu oma aloituspisteensä sekä kuljetussuunta.

6.3.2 Demopalkki

Demopalkkiharjoituksessa harjoitellaan hitsauskäskyjä ja online-ohjelmointia. Demopalkki koostuu kahdesta neliöputkesta, u-palkista sekä putkesta.



Kuva 8. Demopalkki

Neliöputki on ensimmäinen harjoitus demopalkissa. Harjoituksessa tarkoituksena on oppia käyttämään neliöputkessa tarvittavia liike- sekä hitsausliikekäskyjä. Harjoituksessa luodaan ensimmäinen hitsattava hitsausohjelma. Hitsauskäskyistä opitaan hitsauksen aloituksen, lineaarisen hitsauksen sekä hitsauksen lopetuksen käskyt. Neliöputken pyöreät nurkat suoritetaan ohjausharjoituksesta opitulla kolmen pisteen menetelmällä.

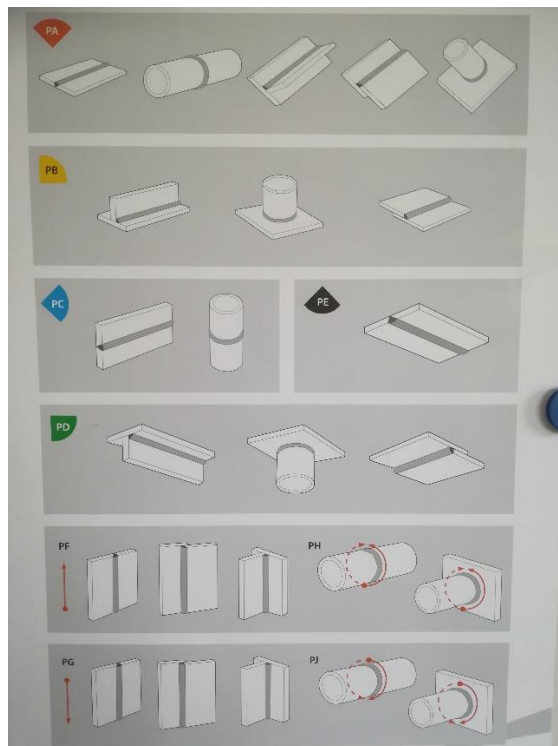
Putkihitsausharjoituksen tarkoituksena on oppia kaareviin muotoihin käytettäviä hitsauskäskyjä. Harjoituksessa opitaan myös tunnistamaan erot ArCL-käskyjen sekä uusien ArcC-käskyjen välillä.

Toisessa neliöputkessa harjoitellaan aiemmista harjoituksista opittujen käskyjen yhteiskäyttöä. Neliöputken nurkat suoritetaan kaarevien muotojen ArcC-käskyillä ja suorat sivut suoritetaan ArcL-käskyillä.

U-palkkiharjoituksessa hyödynnetään aiempia harjoituksia. U-palkin pyöreät ulkonurkat tehdään kolmen pisteen menetelmällä, pyöreät sisänurkat ArcC-käskyillä ja terävät ulkonurkat kolmen pisteen menetelmällä. Harjoituksessa keskitytään hitsausteknisiin asioihin enemmän kuin aikaisemmissa harjoituksissa. Hitsauspistoolin asennon ja kuljetuskulman vaikutus korostuu ahtaissa sisäreunoissa.

6.3.3 Asentohitsausharjoitukset

Asentohitsausharjoituksissa luodaan ratoja ala-, ylä- ja pystypienalle sekä pystypäittäiselle hitsille. Asentohitsausharjoituksissa opetellaan lukemaan hitsausohjeita (WPS). Hitsausohjeista saaduista parametreista oppilaat luovat itse omat hitsausarvotiedostot hitsauskoneen muistiin. Harjoituksen levykoot ovat samat käsin hitsauksen pätevyyskokeissa käytettyjen levykokojen kanssa. Harjoituksissa keskitytään hitsaustekniikkaan sekä hitsauksen laatuun. Pystyasentojen hitsauksessa opetellaan myös vaaputuksen käyttö ja sen vaikutus hitsiin.



Kuva 9. Yleisimmät hitsausasennot

7 Kehitysideoita kurssiin

Tuleviin toteutuksiin kurssin sisältöä tulisi kasvattaa luomalla uusia käytännön harjoituksia eri robottivalmistajien roboteille. Mahdollisuuksien mukaan kouluttaa perusteet Universal Roboticsin sekä Yaskawan robottien ohjelmointiin. Muiden robottivalmistajien tuotteiden ohjelmoinnin lisäksi 3D-mallinnusohjelmistoilla suoritettava off-line-ohjelmoinnin perusteita tulisi opettaa.

Lähteet

- 1 International Federation of Robotics. Definition of the term "industrial robot".
<https://ifr.org/industrial-robots>
- 2 Räsänen Sami. Robotiikka.
- 3 ABB. Technical data for the IRB 1600 industrial robot
<https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1600/irb-1600-data>
- 4 Fronius. TPS 500i käyttöohjeet
http://www.pronius.fi/uploads/Kayttoohje_TPSi_FIN.pdf
- 5 ABB. IRBP A industrial robot positioner datasheet
https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=ROB10080EN_R3&Language-Code=en&DocumentPartId=&Action=Launch
- 6 E-perusteet. Robotin käyttö 20 osp
<https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/esitys/3855075/reformi/tutkinnonosat/3870028>