

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

Koneautomaatiotekniikka

2021

Lauri Repo

HITSAUSSOLUN KÄYTTÖÖNOTTO JA KOONTIKONEEN AUTOMATISOINTI

Lauri Repo

HITSAUSSOLUN KÄYTTÖÖNOTTO JA KOONTIKONEEN AUTOMATISOINTI

Tämä opinnäytetyö suoritettiin Sormat Oy:ssä. Sen tavoitteena oli ensin suorittaa robotisoidun hitsaussolun käyttöönottoon liittyvät tehtävät. Toiseksi tuli päivittää kaarikiinnikkeiden kokoonpanokone lisäämällä siihen antureita, jotta konetta pystyttäisiin operoimaan robotilla tulevaisuudessa.

Hitsaussolulle suoritettiin riskien arviointi ja solulle tehtiin käyttöohjeet. Soluun vaihdettiin vahvempi hitsauselektrodi sekä hitsausaikoja ja -virtaa säädettiin laadun parantamiseksi. Soluun osia syöttävässä tärymaljassa oli tukkeutumisongelmia, joista kaksi kolmesta saatiin ratkaistua. Kokoonpanokoneen päivittämisessä oli myös kolme ongelmaa. Robotti ei tietäisi, olisiko se saanut asetettua osat jigiin paikalleen kunnolla, ja valmiit kappaleet eivät aina pudonneet pois jigeistä aiemmin tuotannossa syntyvästä kappaleiden alimitoituksesta. Jigi ei myöskään aina kääntynyt kappaleen pudottamisen jälkeen oikeaan asentoon vastaanottamaan uusia osia. Osien asettelussa harkittiin konenäköä mutta päädyttiin muokkaamaan jigejä, jotta robotti saisi osat varmasti paikalleen. Valmiiden kappaleiden putoamisen tunnistamiseen asennettiin valokenno ränniin, joka johti laatikoihin kappaleiden pudotuspaikalta. Jigin asennuksen tunnistamiseen aluksi kokeiltiin mekaanista rajakytkintä. Se osoittautui olevan koneen tiellä, joten se vaihdettiin induktiiviseen anturiin. Myös koneeseen ruuveja syöttävään tärymaljaan päätettiin lisätä induktiivinen anturi pysäyttämään malja, ettei se puskisi ruuveja maljasta ulos, syöttökanavan ollessa täynnä.

Riskien arviointi ja käyttöohjeiden tekeminen onnistui ongelmitta. Hitsaussolun ongelmat kestivät vaihtelevia aikoja ja niiden ratkaisut vaihtelivat yksinkertaisesta pitkäaikaisiin. Kokoonpanokoneen anturien asennus onnistui suurimmaksi osaksi hyvin. Mekaanisen rajakytkimen teline esti konetta toimimasta, mutta samaa telineen jalustaa voitiin käyttää korvaavan induktiivisen anturin telineessä.

ASIASANAT:

Robotit, Automaatio, Hitsaus, Anturit, Käyttöönotto

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical engineering

2021 | 30 pages, 15 pages in appendices

Lauri Repo

DEPLOYMENT OF A ROBOTIC WELDING CELL AND AUTOMATION OF AN ASSEMBLY MACHINE

This thesis was commissioned by Sormat Oy. The purpose of this thesis was to first perform the tasks related to the deployment of a robotic welding cell and secondly the purpose was to upgrade an assembly machine with new sensors so it could be operated by a robot in the future.

A risk assessment was performed on the welding cell and a user manual was made. The welding electrode was changed to a stronger one and the welding times and current was tweaked to improve the quality of the product. The vibratory bowl that feeds parts to the cell had problems with blockages. Two out of three of these problems were solved. In the planning of upgrading the assembly machine, first the problems were assessed. A robot would not know if it had placed the parts in the jig properly. For this problem machine vision was considered but ultimately a conclusion was reached that it would be easier and cheaper to modify the jigs so the robot could place the parts in them reliably. The assembly would not always drop from the jig when they were supposed to due to the parts sometimes being undersized. Another problem was that the jig would not always rotate back to the proper orientation after dropping a completed assembly. A photoelectric sensor was installed in the chute leading from where the ready assemblies are dropped to boxes. It would detect the assembly if it had dropped from the jig as intended. A mechanical limit switch was tried to be used in detecting the orientation of the jig, but it turned out to be in the way of the machine's mechanism and prevented it from being used so the switch was changed for an inductive sensor. An inductive sensor was also installed to a vibratory bowl, so it would not push screws out when the feeding channel was full.

The risk assessment and user manual succeeded without trouble. The welding cell's problems lasted variable times and their solutions ranged from simple to very complicated. The installation of sensors succeeded well, except for the limit switch.

KEYWORDS:

Robots, Automation, Welding, Sensors, Deployment

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 SORMAT OY	7
3 HITSAUSSOLUN MENETELMÄT	8
3.1 Teollisuusrobotti	8
3.2 Käyttöönotto	9
3.3 Koneturvallisuus	10
3.4 TIG-hitsaus	11
4 AUTOMAATION KEHITYKSEN TOIMENPITEET	12
4.1 Hitsausrobotisolun käyttöönotto	12
4.1.1 Käyttöohjeet	16
4.1.2 Riskinarviointi	17
4.2 Kaarikiinnikkeiden kokoonpanon automaation kehittäminen	17
4.2.1 Ongelmien kartoitus	20
4.2.2 Ongelmien ratkonta	20
4.2.3 Asennus	25
5 LOPPUTULOKSIA	30
LÄHTEET	31

LIITTEET

Liite 1. Hitsausrobotisolun käyttöohjeet
Liite 2. PILZ riskien arviointi

KUVAT

Kuva 1. Sormatin tuotteita.	7
Kuva 2. Hitsaussolu.	12
Kuva 3. Auki jäänyt hitsi.	13
Kuva 4. Vääränlainen kappale syöttökanavan tukkeena.	14
Kuva 5. Liian suuri kappale syöttökanavan suulle juuttuneena.	15

Kuva 6. Kaksi kappaletta kiilaantuneina syöttökanavan suulle.	15
Kuva 7. Ohjain, kappaleiden päällekkäisyyden estämiseksi.	16
Kuva 8. Kaarikiinnikeiden koontikone.	18
Kuva 9. Tyhjä jiggi.	19
Kuva 10. Valmiin kappaleen pudottanut jiggi.	19
Kuva 11. Omron D3V-163-1C5 mekaaninen rajakytkin (RS Delivers).	21
Kuva 12. Bernstein KIN-M18PS/008-KLS12 induktiivinen rajakytkin (Bernstein).	22
Kuva 13. Sick WL18-3P430 peilivalokenno (Sick).	24
Kuva 14. Induktiivinen anturi tärymaljan kyljessä.	26
Kuva 15. Valmiit kappaleet tunnistava valokenno.	27
Kuva 16. Jigin asennon tunnistava rajakytkin.	28
Kuva 17. Induktiivinen anturi jigin asennon tunnistamiseen.	29
Kuva 18. Syöttökanavan täristimen virtakytkin	3
Kuva 19. Hitsauskoneen virtakytkin	3
Kuva 20. Kaasupullon pääventtiili	3
Kuva 21. Robotin virtakytkin	3
Kuva 22. Päävirtakytkin	3
Kuva 23. Ohjaimen näppäimistö	4
Kuva 24. Hitsauskärjen kiristyksen säätö	6

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on edistää automaatiota yrityksen tuotannossa. Suunnitelmana oli aluksi käyttöönottaa robotisoitu hitsaussolu kiila-ankkurien voimaosan valmistukseen. Tehtävänä oli suorittaa riskinarviointi ja kirjoittaa solulle kattavat käyttöohjeet, jotta sen käyttö olisi mahdollista myös teollisuusroboteista kokemattomilta työntekijöiltä. Hitsaussolun käyttöönoton ja sen oheisten tehtävien valmistuttua, tarkoituksena oli tehdä kaarikiinnikkeiden kokoonpanokone yhteensopivaksi robottisolun kanssa lisäämällä siihen antureita sekä selvittää konenäön tarvetta ratkaisussa.

Opinnäytetyössä aluksi käsitellään teollisuusrobotteja ja niiden käyttöönottoa teoreettiselta kannalta sekä koneturvallisuutta ja TIG-hitsauksen toiminta periaatetta. Tämän jälkeen esitellään suoritettuja toimenpiteitä, ensin hitsaussolun kannalta ja sitten kaarikiinnike kokoonpanon automaation kehittämisestä.

2 SORMAT OY

Sormat on vuodesta 1970 toiminut suomalainen Pohjoismaiden suurin rakennuskiinnikkeiden valmistaja. Sormat valmistaa korkealaatuisia, turvallisia ja luotettavia kiinnikkeitä suurimmaksi osaksi rakennusteollisuuden käyttöön. Päätoimipaikka sijaitsee Ruskolla, missä valmistetaan kiila-ankkureita, betoniruuveja ja muita päätuotteita (Kuva 1). Lähes kaikki tuotteet täyttävät ETA-standardit. Vaikka Sormatin ydinosaisena ovat raskaat kiinnikkeet, tarjolla on myös laaja valikoima muitakin kiinnittämisen tuotteita. Sormat on osa EJOT-konsernia. Sormatille on sertifioitu ISO 9001- ja ISO 14001 -standardit. (Sormat Oy.)



Kuva 1. Sormatin tuotteita.

3 HITSAUSSOLUN MENETELMÄT

3.1 Teollisuusrobotti

SFS-EN ISO 10218-1 -standardin (2013,12) mukaan teollisuusrobotti on ”teollisuuden automaatiosovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akseleista vähintään kolme on ohjelmitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva.”

Robotti koostuu kolmesta osasta. Itse robotista, kontrollerista, joka on robotin liikkeitä ohjaava tietokone ja pendantista, jolla robottia voidaan ohjelmoida. Suoriutuakseen sille määräytyistä tehtävistä robotti normaalisti tarvitsee työkaluja ja sensoreita. Usein myös on tarvetta osiensiöttömekanismille ja turvalaitteille. Vaikka robotissa tulee mukana käyttöjärjestelmä, tulee sille tehdä ohjelma, jonka mukaan robotti tulee toimimaan. (Bouchard 2017, 18–20.)

Robotit ovat ideaaleja toistuvaan ja yksitoikkoiseen työhön. Jos tehtävä pysyy aina täysin samana, voi siihen kehittää automatisoidun ratkaisun. Jos kuitenkin työ tulee vaatimaan joustavuutta, robotti on sopiva tehtävään uudelleenohjemoitavuutensa takia. Robotteja on myös hyvä käyttää vaarallisiin tai muuten ihmisiltä mahdottomiin töihin, kuten vaarallisten kemikaalien käyttöön tai painavien kuormien siirtelyyn. (All on Robots. Industrial robots.)

Robotteja on monen tyyppisiä, ja ne voivat erota toisistaan ulkonäöltä suuresti. Yleisimmät teollisuudessa käytetyt mallit ovat suorakulmainen, sylinterimäinen, napakoordinaattinen, SCARA, nivelvartinen ja rinnakkaisrakenteinen. (All on Robots. Industrial robots.)

Suorakulmaiset robotit koostuvat kolmesta lineaarisesta akselistä. Vähäisen akselimääränsä takia niillä on erittäin korkea tarkkuus. Yksinkertaisen rakenteensa ansiosta ne ovat myös suhteellisen edullisia muihin robotteihin verrattuna. (All on Robots. Cartesian robots.)

Sylinterimäiset robotit saavat nimensä koordinaatistostaan ja työskentelyalueestaan. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi kokoonpanon palvelussa tai pistehitsauksessa. (All on Robots. Cylindrical robot type.)

Napakoordinaatistiset robotit ovat ensimmäisiä käsivarsirobotteja historiassa. Ne ovat hienostuneempia kuin suorakulmaiset ja sylinterimäiset mutta yksinkertaisempia kuin nivelvartiset robotit. (All on robots. Spherical robots.)

SCARA tulee sanoista Selective Compliance Articulated Robot Arm. SCARA robotit ovat liikkuvia x- ja y-akseleilla ja liikkumattomia z-akselilla. SCARA-robotit ovat neliakselisia. Ne liikkuvat x-, y- ja z-akseleilla sekä kääntyvät z-akselin ympäri. Ne ovat ideaaleja kokoonpanotehtäviin, joissa osia pitää siirtää yhdestä pisteestä toiseen. (Fanuc. SCARA robots.)

Nivelvarsirobotit ovat yleisimpiä teollisuudessa käytettyjä robotteja. Ne sisältävät määritelmänsä mukaan kääntyviä niveliä ja ovat yleensä servo-ohjattuja. Niveliä voi olla minimissään kaksi, mutta niitä voi olla jopa kymmenen tai enemmän. Nivelvartiset robotit on suunniteltu jäljittelemään ihmisen käsivartta. Ne antavat eniten vapautta kaikista robottimalleista. Nivelvarsirobotit ovat hyvin joustavia ja sopivat monenlaisiin tehtäviin. (Robots Done Right. What is an Articulated Robot?)

Rinnakkaisrakenteiset robotit koostuvat liikkuvasta jalustasta, mikä on kiinnitetty runkoon rinnakkaisilla kinemaattisilla ketjuilla, joita voidaan kutsua jaloiksi. Jalkojen pituutta säätämällä voidaan ohjata robottia haluttuun pisteeseen. (ScienceDirect Topics. Parellel Robot – an overview.)

Hitsaussolussa käytetty robotti on Fanuc LR Mate 200iD. Se on noin ihmiskäden kokoinen kuusiakselinen nivelvarsirobotti. Sen maksimikantama on 717 mm, ja sen kantokyky on 7 kg. Robotti on tehtävään sopiva, sillä se on tarpeeksi pieni, eikä robotin tarvitse käsitellä suuria massoja. Koska kyseessä on nivelvarsirobotti, se on erittäin joustava, ja samaa robottia tullaankin käyttämään kaarikiinnikekoneen palvelussa, kun kaikki hitsattavat kappaleet on hitsattu. Kontrollerina toimii Fanuc System R-30iB Mate Plus.

3.2 Käyttöönotto

Kun robottisolu otetaan käyttöön, tulee ottaa huomioon monia asioita. Solun tuotantoa tulee tarkkailla ja verrata odotettuihin arvoihin. Robottia täytyy mahdollisesti säätää, että halutut lopputulokset saavutetaan. Myös robotin häiriöaikaa halutaan minimoida. Häiriöistä kannattaa kirjata ylös muun muassa mikä häiriön syy oli, milloin se alkoi ja loppui ja kuinka syy saatiin selville. Näitä kysymyksiä ja niiden vastauksia voidaan käyttää

hyödyksi tulevissa projekteissa, ja ne voivat olla myös hyödyllisiä koulutustilanteissa ja ohjeissa. (Bouchard 2017, 161–162.)

Ennen kuin robotti aloittaa tuotannon on hyvä tehdä dokumentoinnit, joita tarvitaan solun operaattoreiden kouluttamiseen. Materiaalin tulisi sisältää kuvaukset robottijärjestelmän komponenteista, turvallisuussäännöistä, solun peruskäytöstä, poikkeustilanteiden ratkonnasta, huollosta ja häiriöistä sekä niiden ratkaisuista. Olisi kannattavaa kouluttaa useampi kuin vain yksi työntekijä käyttämään solua siltä varalta, jos työntekijä lähtee tai on poissa häiriön sattuessa. Dokumentointi olisi myös hyvä pitää ajan tasalla muutosten ja uusien poikkeustilanteiden varalta. (Bouchard 2017, 154–155.)

On myös tärkeää suorittaa riskien arviointi. Koneen tulee olla turvallinen kaikille, jotka saattavat olla koneen läheisyydessä. Ensin riskit tulee arvioida, jonka jälkeen niitä vähennetään, kunnes ne ovat hyväksyttävän alhaisia. Arvioinnin tulee seurata yrityksen sääntöjä, työturvallisuuslakia ja kansainvälisiä tai valtiokohtaisia standardiohjeita. (Bouchard 2017, 42.)

3.3 Koneturvallisuus

Koneturvallisuutta voidaan edistää monella keinolla. Perussuojausten pitää olla kunnolliset, odottamattomia käynnistymisiä ei saa sattua ja poikkeustilanteet tulee ottaa huomioon. Vaarakohtiin pääsy tulisi estää kiinteillä suojilla ja odottamattoman käynnistymisen tapahtuminen estetään energian syöttö ennen suojien poistoa. Vaaravyöhykkeelle ei myöskään saisi päästä vaikuttamatta turvalaitteisiin. (Siirilä 2009, 34–36.)

Kaikille koneille tulee tehdä riskien arviointi ja tarvittaessa riskien pienentäminen. Riskien arviointi prosessi alkaa vaarojen tunnistamisesta. Vaarojen tunnistaminen on erittäin tärkeä, koska jos vaarantekijää ei ole tunnistettu, siitä syntyvää riskiä ei voi vähentää. Vahinkojen vakavuuden ja niiden todennäköisyyden mittaamista varten ei ole standardisoitua menetelmää. Niitä voidaan mitata esimerkiksi numero asteikoilla, jotka kerrotaan yhteen riskin arvoksi. Riskien arviointi olisi suotavaa tehdä ryhmätyönä, koska silloin se on tehokkaampaa ja perusteellisempaa kuin yhden henkilön suorittamana. Ryhmän henkilöillä tulisi olla eri aloilta kokemusta ja asian tuntemusta. (Siirilä 2009, 39–43, 51.)

Ohjausjärjestelmillä, jotka liittyvät turvallisuuteen, on tehtävänä suorittaa turvatoimintoja riskien vähentämiseksi. Näiden ohjausjärjestelmien osuus riskien hallinnasta riippuu kohteesta ja siinä käytetyistä muista turvatoimista. Tämä osuus on esimerkiksi suurempi

lähestymispysäyttimeen perustuvissa kohteissa kuin kiinteillä suojuksilla suojatuissa. Esimerkkejä ohjausjärjestelmien turvatoiminnoista on vaaravyöhykkeelle päästäminen vasta koneen pysähtyttyä, odottamattomien käynnistymisten estäminen, tarvittaessa sallii koneen käytön vain sallintalaitteen avulla ja koneen nopea pysäyttäminen hätätilanteissa. (Siirilä 2009, 58–59.)

Hitsaussolu on kokonaan ympäröity kiinteillä suojilla ja siinä on yksi avautuva suoja ovena. Oven täytyy olla lukossa, että solu voi käynnistyä ja pysyä käynnissä. Oven lukituksen avaaminen pysäyttää solun toiminnat saman tien. Solussa on myös kolme hätäseis painiketta; yksi oven vieressä, yksi kontrollerissa ja yksi pendantissa. Solun manuaali käyttö vaatii sallintalaitteen käyttöä. Solun seinät on tummennettu, että ne suojaisivat TIG-hitsauksesta syntyvältä ultraviolettisäteilyltä.

3.4 TIG-hitsaus

TIG-hitsaus (Tungsten Inert Gas welding) on hitsausmenetelmä, jossa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja hitsattavan kappaleen välillä. Hitsausta suojataan inertillä kaasulla, useimmiten argonilla, hitsisulan suojaamiseksi ja elektrodin hapettumisen estämiseksi. TIG-hitsauksessa voidaan käyttää myös lisäainetta, joka tulee syöttää käsin tai itse TIG-hitsauskoneesta eroavalla laitteella. Hitsaus voidaan suorittaa ilman lisäainetta, sulattamalla railo kiinni. (Kempfi. TIG-hitsaus.)

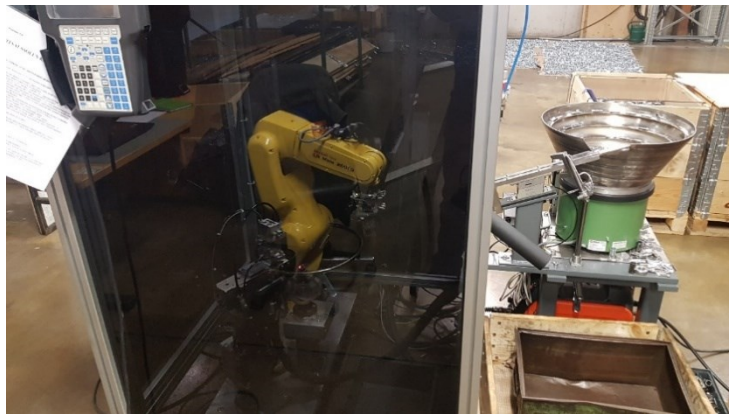
TIG-hitsausta käytetään usein alumiinia hitsatessa, mutta se soveltuu myös muidenkin metallien hitsaukseen. TIG-hitsaus on ideaali menetelmä, kun hitsataan ohuita aineen paksuuksia, hitsataan lyhyitä hitsejä tai putkia ja kun hitsille halutaan hyvä ulkonäkö. TIG-hitsauksen huonoihin puoliin kuuluvat suurien railojen täyttämisen hitaus ja melko suurilämmöntuonti, mikä johtaa helposti työkappaleen muodonmuutoksiin. (Titaaniset Tekniikat.)

4 AUTOMAATION KEHITYKSEN TOIMENPITEET

4.1 Hitsausrobottisolun käyttöönotto

Opinnäytetyön ensimmäiseen osaan kuului hitsausrobottisolun (

Kuva 2) käyttöönotto ja siihen liittyvät toimenpiteet, kuten käyttöohjeiden luonti ja riskin-
arviointi. Robottisoluun tuli tutustua ja optimoida sen käyttö, sillä solu ei vielä tuottanut
luotettavasti riittävän laadukkaita kappaleita. Solun tehtävänä oli hitsata kolmesta ident-
tisestä kappaleesta kiila-ankkureiden voimaosia.



Kuva 2. Hitsaussolu.

Solussa oli pyörivä pakka, jonka sivussa oli TIG-hitsain. Pakka kääntyi niin, että jokainen kolmen kappaleen liitoskohta kävi hitsauksessa. Robotin tehtävä solussa oli syöttää osat pakkaan ja ottaa valmis voimaosa siitä pois. Hitsattavat osat syötettiin soluun tärymaljan avulla.

Solun tuottamissa voimaosissa usein yksi hitsi oli huonolaatuinen (Kuva 3) ja osat eivät olleet hitsaantuneet yhteen. Oli selvítettävä, mistä tämä johtui ja miten asia korjattaisiin. Selvittämisprosessia hankaloitti se, että viallisia kappaleita valmistui satunnaisesti.



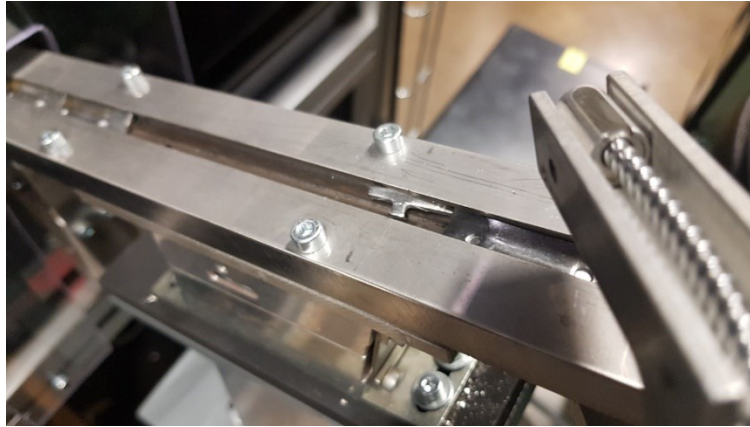
Kuva 3. Auki jäänyt hitsi.

Solun hitsauskone lakkasi välillä myös täysin toimimasta ja koko solu pysähtyi satunnaisesti hitsausvirran vuotaessa robottiin. Hitsausvirran vuotaminen robottiin korjattiin ottamalla virta hitsaukseen erillisestä pistorasiasta robotin oman rasian sijaan. Tämä ongelma kuitenkin palasi myöhemmin uudelleen ja korjattiin siirtämällä hitsauskoneen johto pois robotin ohjauskeskuksen kyljestä.

Myös hitsauksen toiminnan lakkaaminen saatiin korjattua vaihtamalla käyttöön vahvempi elektrodi ja sammumisen syyksi todettiin olevan vanhan elektrodin ylikuumeneminen. Hitsauksen laatu parani, mutta monissa kappaleissa oli yhä yksi huonolaatuinen hitsi. Ongelmaa yritettiin korjata nostamalla hitsausvirtaa ja säätämällä hitsausaikoja. Hitsausvirran nostamisen jälkeen uudeksi ongelmaksi muodostui kuitenkin se, että hitsauksen ajan osia pakkaan kiinni painava kupariholkki juuttui osiin kiinni. Syyksi epäiltiin holkin lämpölaajenemista, joten hitsausaikoja ja -virtaa koitettiin muuttaa niin, että hitsausliitosten laatu ei kärsisi. Hitsausaikaa kasvatettiin sekä hitsausvirtaa laskettiin ja vaikka holkki yhä välillä juuttuikin kappaleeseen kiinni, sen ilmenemistä saatiin vähennettyä merkittävästi ja lopulta lakkasi kokonaan.

Viimeisenä ongelmana solussa oli tärymaljan syöttökanavan tukkeutuminen. Tukkeutumiselle oli kolme eri syytä: väärät kappaleet, vialliset kappaleet ja kappaleiden päällekkäin joutuminen.

Vääränlainen kappale voi jumittua syöttökanavaan ja näin estää oikeita kappaleita pääsemästä roboille asti (Kuva 4).



Kuva 4. Vääränlainen kappale syöttökanavan tukkeena.

Nämä vääränlaiset kappaleet saatiin siivilöityä pois oikeiden kappaleiden joukosta. Vaikka suurin osa niistä ei aiheuttanut ongelmia, joskus ne saattoivat jäädä kiinni syöttökanavaan kuten edellä mainittiin, mutta robotti saattoi myös erehtyä ottamaan tällaisen kappaleen ja viemään sen pakkaan. Kyseinen tilanne johti virheellisiin kappaleisiin ja helposti myös yhteentörmäyksiin, koska väärä kappale jäi hitsauspakkaan, kun robotti otti muut osat siitä pois ja näin ollen oli uusien kappaleiden tiellä.

Liian suuret kappaleet jäävät jumiin syöttökanavan suulle, koska ne eivät mahdu kanavasta sisään, näin ollen tukkien kanavan (Kuva 5).



Kuva 5. Liian suuri kappale syöttökanavan suulle juuttuneena.

Näille kappaleille ei keksitty mitään ratkaisua. Paras ratkaisu olisi se, että robotilla olisi operaattori jatkuvasti paikalla, joka voisi poistaa aiheutuneen tukkeen heti sen esiintyessä.

Jos kappaleet pääsevät syöttökanavalle asti päällekkäin tai jos kappaleita pääsee liikaa kanavan suulle samaan aikaan, ensimmäisen kappaleen liukuessa kanavaan, toinen kappale kiilaa ensimmäisen kappaleen alle jumittaen sen kanavan suulle (Kuva 6).



Kuva 6. Kaksi kappaletta kiilaantuneina syöttökanavan suulle.

Jos kappaleita pääsi kanavalle liian nopeasti, se aiheutti tukkeutumisen. Hidastamalla tärymaljan syöttönopeutta ongelma korjaantui. Maljaan asennettiin myös erillinen ohjain (Kuva 7).



Kuva 7. Ohjain, kappaleiden päällekkäisyyden estämiseksi.

Ohjain toimi erittäin hyvin ja kappaleita ei enää päässyt päällekkäin kanavaan. Ainoaksi ongelmaksi syötön kanssa jäivät liian suuret kappaleet, joille ei keksitty mitään ratkaisua, koska ne olivat lähes samanlaisia oikeiden kappaleiden kanssa.

4.1.1 Käyttöohjeet

Käyttöohjeiden kirjoittaminen aloitettiin heti, kun robotti otettiin käyttöön. Robottisolun suunnittelijoiden tekemien suppeiden käyttöohjeiden pohjalta alettiin kirjoittaa kattavampaa versiota, mikä mahdollistaisi robottisolun ajamisen myös vähemmän kokeneilta operaattorilta.

Ohjeisiin kirjattiin tarkkaan, miten solu käynnistetään ja mihin tulee kiinnittää huomiota sen toiminnan aikana. Ohjeista tehtiin mahdollisimman helppolukuiset ja niiden selkeyttä parannettiin havainnoimalla työvaiheita kuvien avulla.

Ohjeisiin myös kerättiin solun ensimmäisten viikkojen aikana ilmenneitä häiriöitä ja niiden ratkaisuja, jotta häiriötilanteet osattaisiin ratkoa ilman syvempää tietoa solun

toiminnasta. Tekstiin lisättiin myös viittaukset kuviin, että lukijan olisi helpompi ymmärtää, mistä ja miten tekstin ohjaamat toimenpiteet saa suoritettua.

4.1.2 Riskinarviointi

Riskinarviointi aloitettiin tarkastelemalla mahdollisia riskejä käyttöohjeiden kirjoittamisen aikana. Ohjeiden valmistuttua alettiin keräämään löydettyjä riskejä Pliz-riskinarviointikaavaan. Solun alkuperäiset suunnittelijat olivat osanneet huomioida monia solun riskejä, mutta muutamia toimenpiteitä tuli suorittaa riskien vähentämiseksi. Merkittävimmäksi riskiksi ilmeni solun tärymäljan aiheuttama melu, mutta riskin vähentäminen oli helppoa ottamalla käyttöön kuulosuojaimet toimipisteelle. Toinen riskin vähentämistoimenpiteitä vaativa asia oli lattialla lojuvat johdot. Solun hitsauskone vaati oman pistorasiansa eikä niitä ollut lähellä kohdetta, joten sähkö piti tuoda solulle pitkää jatkojohtoa käyttäen. Myös robotin ohjaimen johto oli erittäin pitkä ja ohjaimen ollessa koko ajan solun läheisyydessä, johto jäi lojumaan lattialle aiheuttaen kompastumisriskin. Sähköjohto siirrettiin kulkemaan katosta riippuvaan johtokouruun ja ohjaimen johto ripustettiin lenkille robotin keskusyksikön kylkeen.

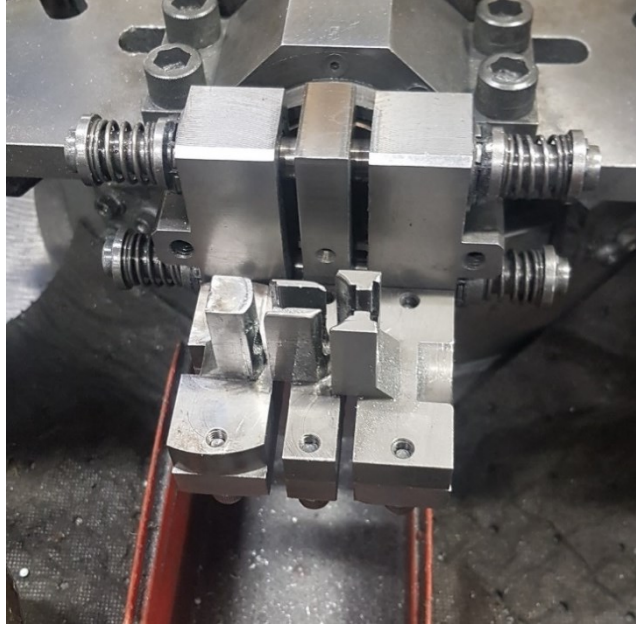
4.2 Kaarikiinnikkeiden kokoonpanon automaation kehittäminen

Työn toisena osana oli kaarikiinnikkeiden kokoonpanon automatisointia varten tarvittavat toimenpiteet. Vanha ihmisen operoima kaarikiinnikkeen kokoonpanolaite (Kuva 8) oli tarkoitus saada yhteistyökykyiseksi robotin kanssa. Koska koneella tehtiin monia erilaisia kaarikiinnikkeitä, kokoonpantavat osat saattoivat erota toisistaan huomattavasti, minkä takia harkittiin konenäön hyödyntämistä kappaleiden sijoittelun tunnistamisessa.



Kuva 8. Kaarikiinnikkeiden koontikone.

Kaarikiinnikkeiden kokoonpano koostuu neljästä vaiheesta. Koneessa on pyörivä pöytä, jossa on kuusi jiggiä. Näin koko ajan yksi jiggi odottaa osien asettamista (Kuva 9), neljä jiggiä ovat eri työvaiheiden luona ja viimeinen jiggi on pudottamassa valmiita kappaleita (Kuva 10). Ensimmäisenä osat kohdennetaan ajamalla tappi molemmissa kappaleissa olevien reikien läpi. Tämän jälkeen ylempään osaan tehdään kierteet ruuvia varten, joka ajetaan siitä läpi kolmannessa vaiheessa. Neljänneksi ja viimeiseksi alempi osa "niitataan" ruuviin kiinni. Lopuksi jiggi kääntyy ympäri pudottaakseen valmiin kappaleen pois. Kokoonpanolaite itsessään tunnistaa jo, jos jokin työvaihe epäonnistuu ja jättää tekemättä loput työvaiheet kappaleelle, joka on epäonnistunut. Viallinen kappale pudotetaan automaattisesti eri laatikkoon kuin valmiit kappaleet.



Kuva 9. Tyhjä jigi.



Kuva 10. Valmiin kappaleen pudottanut jigi.

4.2.1 Ongelmien kartoitus

Kaarikiinnikkeiden kokoonpanossa ilmeni muutamia ongelmia, jotka tuli ratkoa ennen kuin kone olisi valmis robotin kanssa käytettäväksi. Osat asetetaan jigihin kokoonpanon ajaksi ja valmis kappale poistuu koneesta lopuksi jigin kääntyessä ylösalaisin, pudoten kappaleen oman painovoiman avulla. Valmiit kappaleet eivät aina kuitenkaan pudonneet näistä jigeistä kappaleiden pienten alimitoitusten vuoksi. Tämä voisi johtaa tilanteeseen, jossa robotti yrittää laittaa osia jigihin, mihin on jäänyt valmis kappale, johtaen törmäykseen.

Jigeissä ei myöskään ole antureita kappaleiden paikalla olemisen tunnistamiseen ja ilman näitä antureita, robotti ei voi tietää onko se laittanut osat jigihin oikein, tai ovatko osat päässeet jigihin ollenkaan. Näihin molempiin ongelmiin mietittiin konenäön hyödyntämistä.

Kolmantena ongelmana oli jigien väärään asentoon jääminen valmiin kappaleen pudottamisen jälkeen. Kappaleen pudotettuaan valmiin jigien oli tarkoitus kääntyä ympäri, ottaakseen vastaan uudet osat ja aloittaakseen kokoonpanoprosessi alusta. Robotti ei kykenisi asettamaan uusia osia jigihin mikä ei olisi kääntynyt täysin, joten tuli varmistua, oliko osia vastaanottava jigi oikeassa asennossa.

4.2.2 Ongelmien ratkonta

Kun ongelmat oli saatu selville, tuli valita tehtäviin sopivat anturit. Piti myös huolehtia, että sensorit eivät estäisi koneen toimintaa.

Jigin asennon tunnistus

Ensimmäisenä ongelmana oli ratkoa jigien oikean asennon tunnistaminen. Ratkaisuksi mietittiin sensorin asentamista pyörivän jigipöydän alle. Induktiivinen anturi ylettäisi tunnistamaan pöydän vain jos se olisi oikeassa asennossa. Huolenaiheeksi kuitenkin nousi, että anturi voisi likaantua ja tämä voisi johtaa sen häiriötoimintaan. Induktiiviset anturit myös useimmiten täytyy asentaa erittäin lähelle tunnistettavaa kappaletta. Tällöin voi syntyä vaara, että jigi, joka ei olisi kääntynyt oikeaan asemaan asti, törmäisi anturiin.

Näistä ongelmasyistä johtuen päätettiin valita tehtävään mekaaninen rajakytkin induktiivisen anturin sijaan.

Mekaanisia rajakytkimiä käytetään tunnistamaan koneiden osien paikoituksissa liikkeiden rajoja ja niitä käytetään myös turvapiireissä (PJC). Mekaaniset rajakytkimet ovat nimissään kaksitoimisia ja niiden toiminta perustuu metallisen kosketuspinnan selkeään kosketukseen. Tämä tekee niistä erittäin luotettavia, minkä takia niitä käytetäänkin usein turvakytkiminä. (Metropolia.)

Valituksi kytkimeksi tuli Omron D3V-163-1C5 (Kuva 11). Se valittiin käytettäväksi, koska sitä löytyi yrityksen varastoista.



Kuva 11. Omron D3V-163-1C5 mekaaninen rajakytkin (RS Delivers).

Tärymaljan pysäytys

Työn aikana päätettiin lisätä kokoonpanoon ruuveja syöttävään tärymaljaan induktiivinen anturi, joka pysäyttäisi tärymaljan, tunnistessaan ruuvin niitä syöttävällä kiskolla. Induktiiviset anturit tunnistavat metallisia kohteita ilman, että niiden tarvitsee koskettaa kappaletta (SICK). Metallin tai jonkin muun sähköä johtavan kappaleen lähestyessä anturin tuntopintaa sen mittakelan induktanssi muuttuu tunnistettavan kappaleen aiheuttaman permeabiliteetin muutoksen vuoksi, mikä saa värähtelypiirin värähtelytaajuuden muuttumaan (Metropolia).

Anturin tunnistusetäisyyteen vaikuttavat sen tuntopään halkaisija ja tunnistettava materiaali. Tuntopään halkaisijaa kasvattaessa, tulee tunnistettavien kappaleiden olla isompia, sillä suuremmassa anturissa magneettikenttäkin on suurempi ja pienet kappaleet osuvat kenttään vain pieneltä osalta. Koska anturin tunnistus perustuu induktanssiin, materiaalin sähkönjohtavuus ja magneettisuus vaikuttavat etäisyyteen, jolta ne voidaan tunnistaa. Olemassa on myös antureita, jotka tunnistavat kaikkia metalleja samalta etäisyydeltä, mutta ne ovat usein kalliimpia. (Metropolia.)

Induktiivista anturia asentaessa tulee ottaa huomioon, ettei välittömästi sen läheisyydessä ole tunnistettavien kappaleiden lisäksi muuta sähköä johtavaa materiaalia, ettei synny virhetunnistuksia. (Metropolia.)

Tärymaljan ollessa koko ajan päällä, se välillä puski ruuveja ulos tärymaljasta, aiheuttaen liukastumisriskin, jos joku vahingossa astuisi ruuvien päälle. Estämällä tärymaljan koko ajan päällä olemisen, vähennettiin melua ja poistettiin ruuvien aiheuttama liukastumisriski. Tehtävään valittiin Bernstein KIN-M18PS/008-KLS12 (Kuva 12).



Kuva 12. Bernstein KIN-M18PS/008-KLS12 induktiivinen rajakytkin (Bernstein).

Anturin kytkentäetäisyys on tarpeeksi suuri, etteivät tärisevät ruuvit eivät voi osua anturiin.

Valmiiden kappaleiden tunnistus

Jigiin jäävien kappaleiden tunnistamiseksi harkittiin valokennoa. Valokenno asennettaisiin kappaleiden pudotuspaikan alle niin, että se tunnistaisi putoavan kappaleen ja näin tietäisi jigin olevan tyhjä.

Valokennot toimivat tunnistamalla anturin lähettämän valonsäteen muutoksen. Valokennot voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: valokennopareihin, peilivalokennoihin ja kohteesta heijastaviin kennoihin. (Instele.)

Valokennoparit koostuvat erillisestä lähettimestä ja vastaanottimesta. Ne toimivat tunnistamalla kappaleen, sen katkaistessa lähettimen ja vastaanottimen välisen valonsäteen. (Hemomatik.) Tällaisilla antureilla on tyypillisesti erittäin pitkä tunnistusetäisyys ja ne ovat erittäin tarkkoja sekä toimintavarmoja (LSK).

Peilivalokennot, myös heijastimesta tunnistavina tunnetut, sisältävät lähettimen ja vastaanottimen samassa anturissa. Valo heijastuu anturin lähettimeltä takaisin heijastimen kautta. (Hemomatik.) Anturi tunnistaa kappaleen sen ollessa anturin ja heijastimen välissä, katkaisten valonsäteen (LSK).

Kohteesta heijastavat valokennot sisältävät lähettimen ja vastaanottimen samassa anturissa, samoin kuin peilivalokennotkin. Kappale tunnistetaan valon säteen heijastuessa sen pinnasta. Tällaisilla antureilla tunnistusetäisyys jää yleensä lyhyeksi, mutta ne on erittäin helppo asentaa. Kohteesta heijastavat anturit voivat olla myös taustahäivytettyjä. Taustahäivytetty anturi tunnistaa valon määrän sijasta sen tulokulman vastaanottimeen. (LSK.)

Työn edetessä selvisi, ettei sensoria saataisi asennettua suoraan putoavien kappaleiden alle, ja se tulisi sijoittaa alemmas laatikoihin johtavien rännien loppupäähän. Koska ränni jakautuu kahteen eri kanavaan hyvin nopeasti kunnollisten ja virheellisten kappaleiden erottelemiseksi, epäiltiin aluksi tarvittavan kaksi valokennoa. Pian kuitenkin tajuttiin, että kanavia erottavaan seinämään voitaisiin tehdä reikä, jonka avulla kappale voitaisiin tunnistaa molemmista kanavista yhtä ja samaa kennoa käyttäen. Lopuksi päätettiin asettaa kenno rännin loppuun, mistä se tunnistaisi kappaleet niiden pudotessa laatikoihin. Tämän ansiosta reikiä ei tarvinnut porata lainkaan.

Suunnitteluvaiheessa mietittiin myös, olisiko kappaleen mahdollista pompata valokennon tunnistusalueen yli, kimmotessaan rännistä siihen pudotessaan. Tähän

mahdolliseen ongelmaan tarjottiin ratkaisuksi valoverhojen käyttöä valokennon sijaan. Kuitenkin kappaleen putoamista kokeilemalla ja seuraamalla tultiin tulokseen, että kappaleet eivät pomppineet ja näin ollen päätettiin jatkaa valokennon käyttöä.

Jos kenno ei ilmoittaisi putoavaa kappaletta, robotti uskoisi kappaleen olevan yhä jigissä ja se ei laittaisi jigiiin uusia osia. Harkittiin myös kappaleen mekaanista poistamista ”haarukalla”, joka painaisi kappaleen pois jigistä, mutta päätettiin kuitenkin parantaa komponenttien laatua aiempaan tuotannossa.

Aluksi mietittiin haarukkavalokennon käyttämistä, mutta kappaleesta tunnistava todettiin nopeasti paremmaksi vaihtoehdoksi kohteeseen, sen helpon asennuksen takia. Vaatimuksia vastaava valokennoksi löydettiin Sick WT12L-2B551 kohteesta heijastava laser valokenno. Lopulliseksi anturiksi kuitenkin valittiin Sick WL18-3P430 peilivalokenno (Kuva 13).



Kuva 13. Sick WL18-3P430 peilivalokenno (Sick).

Kyseinen malli valittiin, koska sitä löytyi yrityksen omasta varastosta, se vastasi tarvittavia ominaisuuksia sekä turhia kuluja haluttiin välttää. Asennus suunnitelma pysyi samana peilin lisäystä ja ränniin porattavan reiän suurempaa kokoa lukuunottamatta. Valittu valokenno oli ominaisuuksiltaan kohteeseen melko yli mitoitettu, mutta kuitenkin sopi tehtävään.

Hankalimmalta vaikutti selvittää miten tiedettäisiin robotin asettaneen osat jigisiin oikein. Konenäkö ratkaisua mietittiin, jossa kameran avulla mitattaisiin asetettujen osien korkeusero jigien korkeuteen. Jos arvo eroaisi liikaa, tiedettäisiin osien olevan väärin jigissä. Toisena vaihtoehtona olisi tarkkailla, tuleeko osan profiili jigien ulkopuolelle. Tultiin kuitenkin tulokseen, ettei konenäköä tarvittaisi, koska jigijä muokattaisiin niin, että robotti pääsee varmasti laittamaan kappaleen tarpeeksi syvälle paikalleen, ettei olisi mahdollista virheellisestä asettelusta. Jigien muokkaus pystyttiin tekemään firman sisäisesti, ja se osoittautui paljon helpommaksi ja halvemmaksi ratkaisuksi ongelmaan.

4.2.3 Asennus

Anturien valinnan lisäksi tuli suunnitella myös niiden kiinnitykset koneeseen. Asennustelineet valittiin Elesan valikoimista sen kattavan valikoiman ja osien modulaarisuuden vuoksi. Asennukseen tarvittavat osat tilattiin Suomen Koneosa Oy:n kautta. Osista saatiin rakennettua hyvin telineet, joiden avulla kaikki anturit saatiin paikoilleen. Muutamisiin osiin piti porata reikiä, jotta anturit saatiin kiinnitettyä niihin kunnolla.

Asennuksen oli tarkoitus tapahtua koneen huollon yhteydessä. Se kuitenkin päätettiin suorittaa jo ennen huoltoa, sillä huolto olisi tapahtunut viikonloppuna, jolloin kaikki anturointiin liittyvä henkilöstö ei olisi ollut paikalla. Anturit oli myös mahdollista asentaa aikaisemmin, joten tuntui turhalta odottaa huoltoon asti.

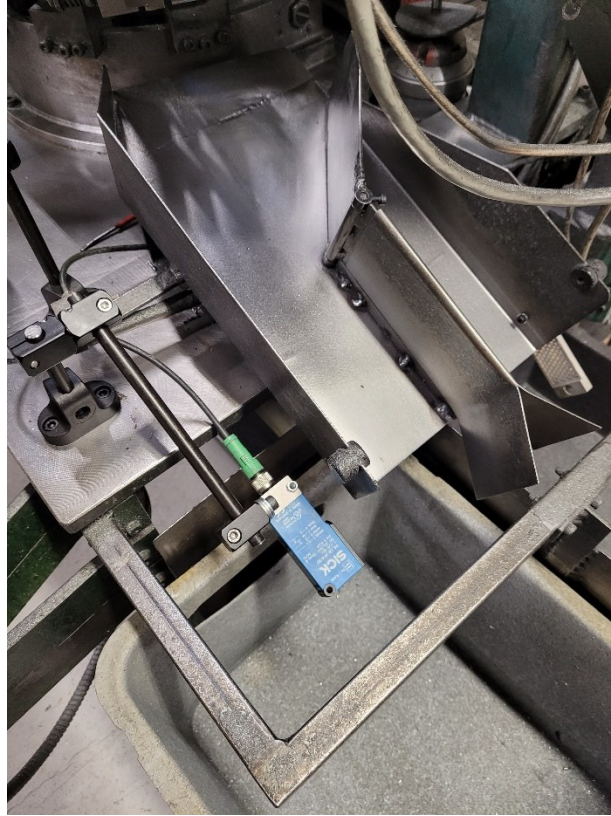
Ensimmäiseksi paikalleen asennettiin induktiivinen anturi tärymaljaan (Kuva 14). Sitä varten koneen runkoon piti porata reiät anturin telinettä varten.



Kuva 14. Induktiivinen anturi tärymaljan kyljessä.

Elesalta oli tilattu kaikki asennukseen tarvittavat osat 10 mm paksua metallitankoa lukuun ottamatta, koska sellaista löytyi omista varastoista ja itse leikattuna niistä sai juuri haluamansa pituisia.

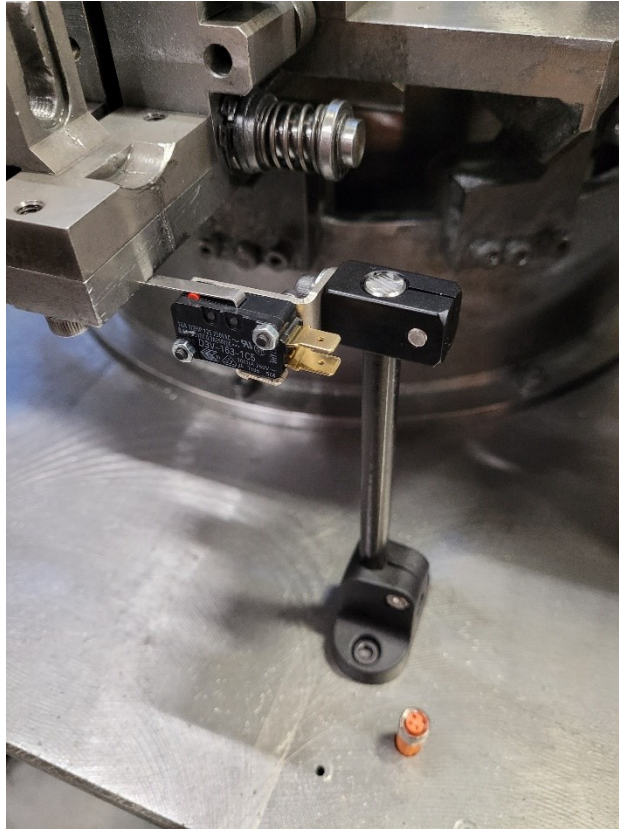
Toisena asennettiin valokenno valmiiden kappaleiden putoamisen tunnistamiseen. Sitä varten piti myös asentaa peili, jotta valokenno toimisi (Kuva 15).



Kuva 15. Valmiit kappaleet tunnistava valokenno.

Valokennon asennus vaati enemmän osia sen sijainnin takia. Valokennoa pitävään osaan piti myös porata kaksi reikää, joista valokenno kiinnittyi telineeseen ruuveilla. Peili asennettiin poraamalla kouruun yksi reikä ruuvia varten.

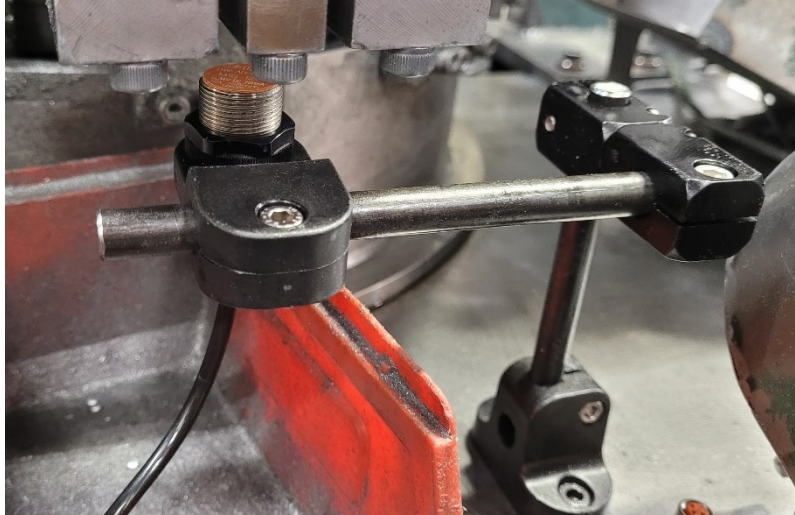
Viimeisenä asennettiin mekaaninen rajakytkin jigin asennon tunnistamiseen (Kuva 16). Asennus oli melkein yhtä yksinkertainen kuin induktiivisen anturinkin asennus. Samoin kuin valokennossa, piti porata ruuvireiät anturin telineeseen kiinni saamiseksi.



Kuva 16. Jigin asennon tunnistava rajakytkin.

Asennuksessa ilmeni kuitenkin ongelma. Jigin kääntyessä se törmäsi kytkimen telineeseen ja koko kone jumittui. Ongelman takia päätettiin palata käyttämään jigin asennon tunnistamisessa myös induktiivista anturia.

Induktiivisen anturin kanssa pystyttiin käyttämään samaa telineen jalustaa, joten koneen runkoon ei tarvinnut porata ylimääräisiä reikiä. Telineen tankoa asennettiin alemmas ja siihen kiinnitettiin liitin, millä teline saatiin kääntymään jigin alle. Paikalle asennettiin Contrinex:in DW-A-623-M18-120 induktiivinen anturi, joka löytyi yrityksen omista varastoista (Kuva 17).



Kuva 17. Induktiivinen anturi jiggin asennon tunnustamiseen.

5 LOPPUTULOKSIA

Hitsaussolun käyttöönotossa käyttöohjeiden ja riskien arvioinnin kirjoittaminen ja selvittäminen sujui melko ongelmitta. Solun suunnittelussa oli otettu turvallisuus hyvin huomioon ja suuremmat riskit eivät johtuneet solun suunnittelusta, kuten esimerkiksi hitsauskaasun vaihtaminen. Käyttöohjeiden teknisempi osuus oli lähinnä muokattu solun mukana saaduista ohjeista, joista tehtiin selkolukuisemmat ja perinpohjaisemmat. Solun optimointi ja erilaisten ongelmien ratkonta oli jatkuva prosessi ja solusta tuntui aina löytyvän lisää kehitettävää, joka kertoo selkeästi koko projektin kiinnostavuudesta ja aiheen soveltuvuudesta omiin mielenkiinnon aiheisiin. Esimerkiksi viimeisen viikon aikana melkein vahingossa löytyi suuresti laatuun vaikuttava seikka täysin vahingossa. Operointi virheestä johtuen solu alkoi hitsaamaan pakkaa ilman että sinä oli hitsattavia osia. Tämän seurauksen pakassa osia pitävä osa vikaantui, joten se piti ottaa irti ja huoltaa. Osaa irrottaessa huomattiin, että ruuvit, joilla kyseinen osa oli kiinnitetty olivat löysät. Löysien ruuvien takia osat eivät olleet aina oikeassa asennossa hitsauksen aikana, johtaen virheellisiin tuotteisiin. Osan korjauksen jälkeen se kiinnitettiin takaisin kunnolla ja solu alkoi tuottamaan vähemmän viallisia kappaleita. Opinnäytetyössä pääsin myös testaamaan kouluvuosien aikana opittuja kokonaisuuksia sekä kehittämään omaa osaamista monipuolisemmaksi, lisäten oman tietotaidon dynaamisuutta sekä saamaan lisää erilaisia näkökulmia teollisuuden laajaan alueeseen yleisellä tasolla. Täytyy kuitenkin myös muistaa, että tämäkin opinnäytetyö on mittakaavallisesti vain pintaraapaisu, kun esimerkiksi vertaa opiskelijan muutaman kuukauden työjaksoa useankin vuosikymmenen ammattitaitoon ja kokemukseen. Kaikki ongelmat saatiin kuitenkin loppujen lopuksi ratkottua, vaikkakin joidenkin selvittämisessä kesti huomattavasti pidempään kuin toisissa ja jotkin ratkaisut olivatkin lopuksi yllättävän yksinkertaisia.

Kokoonpanokoneen kehittämisessä montaa asiaa piti miettiä ja tehtävä oli siksi erittäin kiinnostava. Anturien paikoitusten ja tyyppien tärkeys osoittautui erityisesti mekaanisen rajakytkimen asennuksessa. Loppujen lopuksi induktiivinen anturi osoittautuikin kohteeseen sopivammaksi juuri samoista syistä, miksi sen tilalla alun perin kokeiltiin mekaanisen rajakytkimen käyttämistä.

LÄHTEET

- All on Robots. Cartesian robots Viitattu 22.4.2021 <https://www.allonrobots.com/cartesian-robots/>
- All on Robots. Cylindrical robot type Viitattu 22.4.2021 <https://www.allonrobots.com/cylindrical-robot/>
- All on Robots. Spherical robots Viitattu 22.4.2021 <https://www.allonrobots.com/spherical-robots/>
- All on Robots. Industrial robots Viitattu 22.4.2021 <https://www.allonrobots.com/industrial-robots/>
- Bernstein. KIN-M18PS/008-KLS12 induktiivinen rajakytkin Viitattu 21.4.2021 <http://e-shop.bernstein.dk/product/induktive-sensorer/6932906004.aspx>
- Bouchard, V. Lean robotics: A Guide to Making Robots Work In Your Factory.
- Fanuc. SCARA robots. Viitattu 22.4.2021 <https://www.fanuc.eu/de/en/robots/robot-filter-page/scara-series/selection-support>
- Hemomatik. Valokennot Viitattu 31.3.2021 <https://www.hemomatik.fi/tuotteet/valokennot/>
- Instele. Valokennot Viitattu 31.3.2021 <http://www.instele.fi/fi/ws/48/valokennot.html>
- Kemppi. TIG-hitsaus Viitattu 29.3.2021 <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/tighitsaus/>
- LSK. Valokennot Viitattu 31.3.2021 <https://www.lsk.fi/fi/Tuotteet/Anturit/Valokennot/>
- Metropolia. Mekaaniset Viitattu 31.3.2021 <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Anturitekniikka>rajakytkimet>Mekaaniset>
- Metropolia. Induktiivinen rajakytkin Viitattu 31.3.2021 <https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/Anturitekniikka>rajakytkimet>Induktiivinen> rajakytkin
- PJC. Mekaaniset rajakytkimet Viitattu 31.3.2021 <https://www.pjc.fi/anturit/mekaaniset-rajakytkimet>
- Robots Done Right. What is an Articulated Robot? Viitattu 22.4.2021 <https://robots-doneright.com/Articles/what-is-an-articulated-robot.html>
- RS Delivers. Omron D3V-163-1C5 mekaaninen rajakytkin Viitattu 21.4.2021 <https://mt.rsdelivers.com/product/omron/d3v-163-1c5/spdt-no-nc-long-hinge-lever-microswitch-16-a-250/6160259>
- ScienceDirect Topics. Parallel Robot – an overview. Viitattu 23.4.2021 <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/parallel-robot>
- SFS-EN ISO 10218-1. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuus vaatimukset. Osa 1: Teollisuus-robotit.
- Sick. WL18-3P430 peilivalokenno Viitattu 21.4.2021 <https://www.sick.com/fi/fi/valokennot/valokennot/w18-3/wl18-3p430/p/p223800>
- Siirilä T. Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet.
- Sormat Oy Viitattu 25.2.2021 <https://fi.sormat.com/yrittys/sormat-yrityksena>

Titaaniset Tekniikat. Koneinsinöörin hitsaustekniikan perusteita Viitattu 26.4.2021
<https://blog.hamk.fi/tt/koneinsinöörin-hitsaustekniikan-perusteita/>

Hitsusrobotisolun käyttöohjeet

SISÄLLYS

ROBOTIN KÄYNNISTÄMINEN VIRRRAN KATKAISUN TAI TÖRMÄYKSEN JÄLKEEN	2
OHJELMAN PYSÄYTTÄMINEN STOP NAPISTA	4
MANUAALI OHJAUS	4
ROBOTIN SAMMUTTAMINEN	5
TÄRYMALJA	5
HITSAUSKÄRKI	6
LASKURIT	7
HITSAUS AIKOJEN MUUTTAMINEN	7
HÄIRIÖT	8
Yleisiä häiriöitä ja niiden ratkaisuja	8
Hätäseisnapit	9
Kuva 1 Päävirtakytkin	3
Kuva 2 Robotin virtakytkin	3
Kuva 3 Kaasupullon pääventtiili	3
Kuva 4 Hitsauskoneen virtakytkin	3
Kuva 5 Syöttökanavan täristimen virtakytkin	3
Kuva 6 Ohjaimen näppäimistö	4

Robotin käynnistäminen virran katkaisun tai törmäyksen jälkeen

Varmista että virta on pääkytkimestä (Kuva 1) ja robotin virtakytkimestä (Kuva 2) kytketty päälle. Automaatioajoa varten avaimen pitää olla AUTO-asennossa. Hitsauskaasu tulee avata (Kuva 3), jos sitä ei ole jo tehty. Pitää myös varmistaa, että hitsauskone (Kuva 4) sekä syöttökanavan tärytin (Kuva 5) on päällä. Ohjaimen vivun tulisi olla OFF asennossa.

Varmista että mikään hätäseis nappi ei ole painettuna. Jos sininen HÄTÄSEIS-KUITTAUS napin valo palaa kuittaa se painamalla nappia ja valon pitäisi sammua.

Ohjelman alkuun pääsemiseksi tulee painaa FCTN näppäintä (Kuva 6), valita listasta 1. ABORT ALL ja painaa ENTER näppäintä. Näytön yläosassa pitäisi nyt lukea MAIN LINE 0.

Jos ovi ei ole jo kiinni ja lukittu, tulee se sulkea ja lukita. Ovi menee lukkoon keltaisesta LUKKO napista. Napin valo vilkkuu oven ollessa auki, palaa jatkonaisesti oven ollessa kiinni, mutta lukitsematta ja valo on pois päältä oven ollessa lukossa. Nappia tulee painaa noin 1–2 sekuntia, minkä jälkeen pitäisi kuulua pieni naksahdus ja napin valon pitäisi sammua. Oven pitäisi nyt olla lukossa.

Jos näytön yläosassa palaa punainen Fault valo, se kuitataan painamalla SHIFT näppäintä pohjassa ja samalla painamalla RESET näppäintä (Kuva 6).

Tämän jälkeen painetaan START nappia ja ohjelman hakee nollapisteen. Hetken päästä näyttöön näytölle pitäisi ilmestyä ilmoitus TYHJENNÄ PAKKA. Jos pakassa on kappaleita, ne tulee poistaa. Avataan ovi ja otetaan pakasta kappaleet pois. Tämän jälkeen ovi suljetaan ja lukitaan. TYHJENNÄ PAKKA viesti ei lähde näytöltä itsestään. Viestin saa pois näytöltä ja laskurit esiin painamalla DATA näppäintä (Kuva 6). Aina, kun ohjelma lähettää viestin, se näyttää myös aiemmin ilmoittamansa viestit. Alin viesti listassa on uusin.

Painamalla START näppäintä (Kuva 6) uudelleen ohjelma lähtee käyntiin.



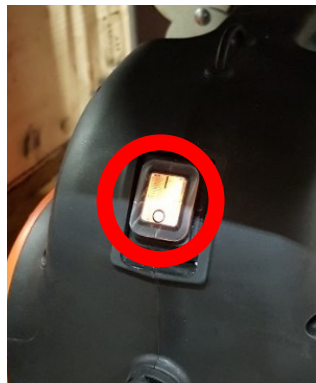
Kuva 22 Päävirtakytkin



Kuva 21 Robotin virtakytkin



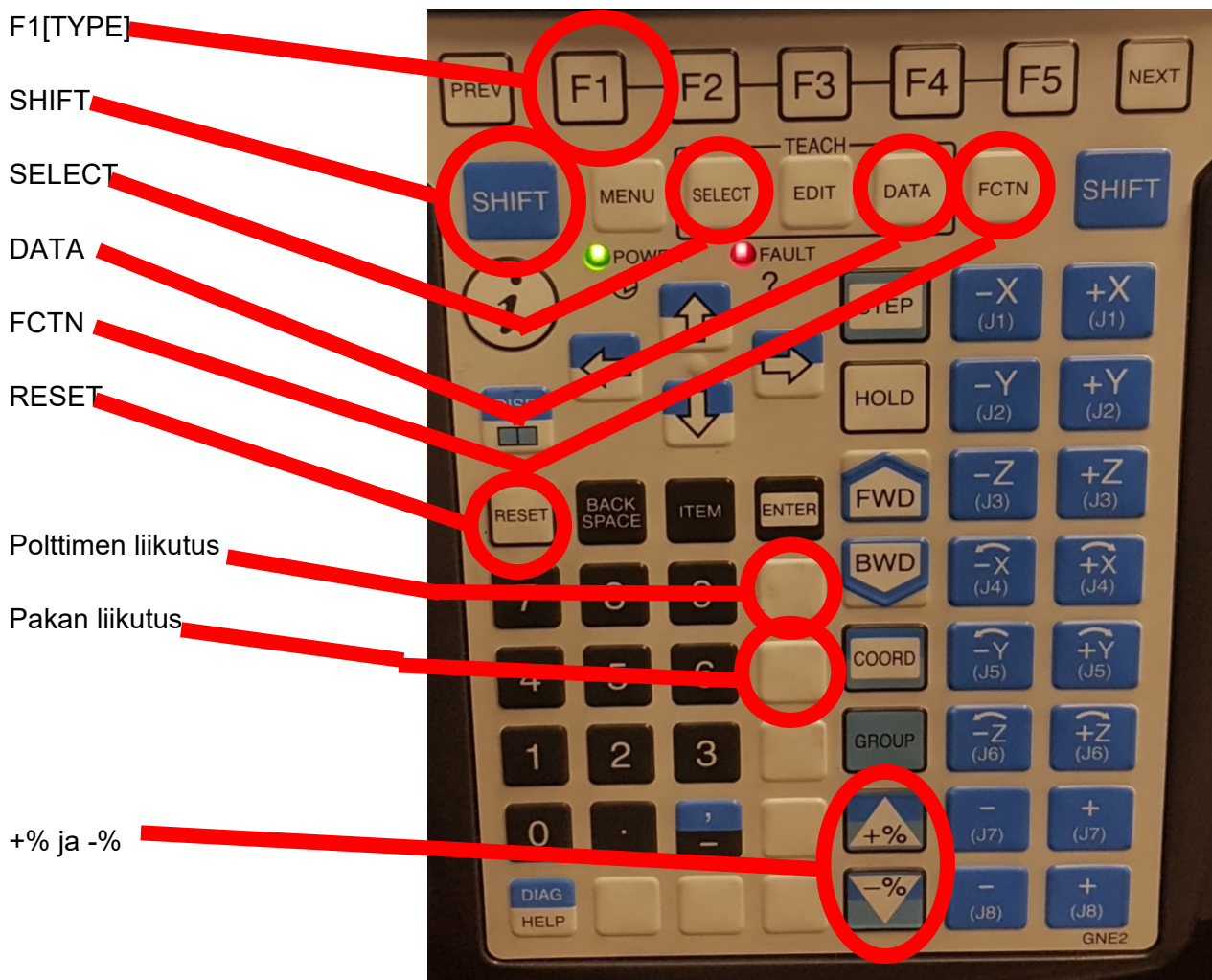
Kuva 20 Kaasupullon pääventtiili



Kuva 19 Hitsauskoneen virtakytkin



Kuva 18 Syöttökanavan täristimen virtakytkin



Kuva 23 Ohjaimen näppäimistö

Ohjelman pysäyttäminen STOP napista

STOP nappia painamalla ohjelma pysähtyy ohjelmakierroksen loppuun pudotettuaan hitsatun kappaleen poistoputkeen. Häätätilanteissa tulee painaa hätäseis-nappia, ei STOP nappia.

Jos ohjelma on pysäytetty STOP napilla, painamalla START nappia ohjelma jatkaa siitä mihin se oli jäänyt.

Manuaali ohjaus

Ohjelman nopeutta saa säädettyä +% ja -% näppäimistä (Kuva 6). Suositeltava ajonopeus on 50–60 %. Ohjelmaa ei kannata ajaa yli 60 % nopeudella, muuten robotti joutuu

odottamaan hitsauksen valmistumista, ja hitsauspakan osat eivät ehdi jäähtyä robotin ladatessa osia hitsaus pakkaan, mikä voi johtaa jumittumiseen.

Oven ollessa auki ja ohjaimen ollessa ON tilassa, on mahdollista liikuttaa hitsauspoltinta eteen ja taakse sekä avata ja sulkea pakkaa. Valkoisista merkitsemättömistä napeista ylin liikuttaa poltinta ja toiseksi ylin pakkaa(Kuva 6).

Jos ohjelma on pysäytetty STOP napilla ja pakkaa ja/tai poltinta on ohjattu napeista manuaalisesti, voidaan ohjelmaa jatkaa START napista, jos pakka ja poltin ovat samoissa asennoissa kuin ohjelman pysäytyksen hetkellä.

Robotin sammuttaminen

Robotin sammuttaminen esimerkiksi työvuoron loppuun alkaa painamalla STOP nappia. Kun robotti on pysähtynyt, voi sen sammuttaa kaapista löytyvästä virtakytkimestä ja lopuksi päävirran katkaisemalla punaisesta vivusta. Hitsauskaasu olisi myös hyvä sulkea, kuten myös hitsauskone.

Tärymalja

Ohjelman käydessä tulee tarkastella tärymaljaa, että osat eivät lopu tai vääränlaisia osia ei pääse syöttökanavaan asti. Jos robotille ei tule osia se aiheuttaa virhetilan. Väärät osat tai roskat voivat tukkia syöttökanavan tai päästä siitä läpi mikä johtaa virheeseen. Malja voi myös tukkiintua virheellisesti osasta tai osista, jotka ovat jääneet päällekkäin. Maljaa ei saa täyttää merkityn rajan yli, tai muuten osat voivat päästä syöttökanavaan väärinpäin ja aiheuttaa virheen. Jos malja on tyhjä, tulee asettaa sen reunoille muutamia



kappaleita käsin, noin kaksi kierrosta, sillä malja ei ehdi kuljettaa osia pohjalta ylös asti ennen kuin ohjelma keskeytyy, kun tärymaljasta ei tule kappaleita soluun.

Hitsauskärki ja kaasu

Hitsaus kärki kuuluu käytössä mikä voi johtaa tarpeeseen muuttaa hitsaus arvoja. Kärki olisi hyvä vaihtaa uuteen tai teroittaa vähintään tuhannen kappaleen välein alussa. Kärjen kuluessa voi tarvita nostaa hitsausvirtaa muutamalla ampeerilla. Jos kärki on erittäin kulunut, sen voi vaihtaa. Kärjen vaihdettua on hyvä laskea hitsausvirtaa muutamalla ampeerilla. Virran tulisi olla noin 65 ampeeria.

Kärjen vaihtamiseksi tulee ensin tyhjentää pakka, jos siinä on kappaleita, sillä muuten kärki ei mahdu pois paikaltaan. Kärjen kiristys löystyy kiertämällä pitkää poikittaista mustaa tankoa (Kuva 7) kärjen takana vastapäivään. Löysäyksen jälkeen kärjen pitäisi pysyä vetämään ulos ja uuden asettamaan sen tilalle. Ennen kärjen uudelleen kiristämistä tulee täyttää pakka ja valkoisten näppäimien avulla (Kuva 6) ohjattava pakka kiinni ja poltin kappaleisiin kiinni. Polttimen ja hitsattavien kappaleiden väliin pitäisi jäädä noin millimetri väliä. Kun kärki on asetettu oikealle etäisyydelle, on se kiristettävä paikalleen. Kannattaa ensin kiristää kärki kevyesti paikalleen, minkä jälkeen voi hienosäätää etäisyyden ja vasta lopuksi kiristään kärjen piukalle. Tämän jälkeen, jos ohjelma on pysäytetty STOP napista, voidaan jatkaa ohjelman ajoa, mikäli pakka ja poltin on asetettu samoille paikoille, missä ne olivat ohjelman pysäyttämisen aikaan. Ohjelman pitäisi jatkua START napista.

Hitsauksessa käytetään argon kaasua. Kaasun virtauksen tulisi olla noin 20 L/min. Sitä saa säädettyä pulloon kiinnitetystä vihreästä venttiilistä.



Kuva 24 Hitsauskärjen kiristysten säätö

Laskurit

Laskuritiedot löytyvät robotin rekistereistä. Ne saa esille DATA napista (Kuva 6). Jos näkyviin tulee jokin muu kuin perusnumero rekisteri, tulee painaa F1 [TYPE]näppäintä (Kuva 6), valita 1. Registers ja painaa ENTER (Kuva 6).

Erän laskurin (R1) saavuttaessa erän koon (R2) ohjelma pysähtyy ja näytöllä lukee ERA VALMIS. Erän laskuri nollataan manuaalisesti syöttämällä R1 arvoksi 0 minkä jälkeen ohjelman ajoa voi jatkaa.

Laadunvalvonta laskurin (R3) saavuttaessa ladunvalvontavälin arvon (R4) ohjelma pysähtyy ja näytöllä lukee LAADUNVALVONTA. Tätä laskuria ei tarvitse nollata, ohjelma nollaa sen itse. Ohjelmaa voi jatkaa painamalla START nappia.

R7 laskuri näyttää koneen elinaikana tehtyjen kappaleiden määrän.

Hitsausaikojen muuttaminen

Suosittelava hitsausaika on noin 3 sekuntia.

Hitsaus ajat löytyvät P_WELDING aliohjelmasta, mikä pyörii taustalla robotin pääohjelman ollessa käynnissä. Jos niitä halutaan muuttaa, tulee se tehdä seuraavalla tavalla:

1. Jos robotti on päällä, se sammutetaan STOP napista ja odotetaan että robotti pysähtyy.
2. Ohjaimen kytkin käännetään ON asentoon
3. Painetaan SELECT (Kuva 6) ja valitaan listasta P_WELDING ja lopuksi painetaan ENTER (Kuva 6)
4. Ohjelman koodia mennään nuolinäppäimillä alaspäin, kunnes vastaan tulee kelmainen kommentti "hitsausaika 1"
5. DO[215] pulssin pituus määrää kuinka kauan hitsaus on päällä. WAIT aika on vähän pidempi kuin hitsausaika, koska sillä varmistetaan, että hitsaus on ehditty saada loppuun ennen kuin poltin ajetaan pois kappaleen luota. Viemällä cursorin nuolinäppäimillä sen luvun päälle, jota halutaan muuttaa, näppäilemällä haluttu numero ja painamalla lopuksi ENTER (Kuva 6) saadaan asetettua uusi arvo. Tulee huolehtia, että WAIT arvo on suurempi kuin hitsauksen pulssiaika.
6. Samanlaiset muutokset tulee tehdä alemmaa ohjelmasta löytyviin kohtiin "hitsausaika 2" ja "hitsausaika 3".

7. Lopuksi käännetään ohjaimen kytkin OFF asentoon sekä painetaan SHIFT ja RESET (Kuva 6)
8. Ohjelma lähtee käyntiin painamalla START nappia.

Häiriöt

Useimmiten häiriön sattuessa näytön yläosassa näkyy vikailmoitus punaisena Fault valona ja virhe koodina.

Häiriön jälkeen ohjelma saattaa käydä hidastetulla vauhdilla. Nopeutta voi säätää manuaalisesti +% ja -% näppäimillä. (Kuva 6)

Yleisiä häiriöitä ja niiden ratkaisuja

Tärymaljan			häiriö
TAYMALJAN			HAIRIO

Maljasta ei tule osia robotille. Syynä on yleensä syöttökanavan tukos tai osien loppuminen maljasta.

Poista mahdollinen tukos maljasta ja täytä se tarvittaessa. Virheilmoitus kuitataan painamalla SHIFT ja RESET (Kuva 6) minkä jälkeen ohjelma jatkuu START nappia painamalla.

Ovi			auki
SRVO-004	Fence	open	alarm

Ovi pitää sulkea ja lukita. Jos näytöllä palaa vielä punainen Fault valo, vikailmoitus tulee kuitata painamalla SHIFT ja RESET (Kuva6) minkä jälkeen ohjelma jatkuu START nappia painamalla.

Törmäys	pakassa	olevaan	kappaleeseen
SRVO-050	Collision	detect	alarm

Ohjelma pitää nollata ”Robotin käynnistäminen virran katkaisun tai törmäyksen jälkeen” ohjeiden mukaisesti.

Robotin	sähköongelma	tai	mahdollisesti	rajumpi	törmäys
SRVO-006	Hand		broken		alarm

Virrat tulee sammuttaa (Kuva 2) noin 20 sekunniksi minkä jälkeen seurataan ”Robotin käynnistäminen virran katkaisun tai törmäyksen jälkeen” ohjeita.

Hitsaussuojan alas jumittuminen hitsauksen jälkeen
Ei virheilmoitusta.

Suojaa tulee avittaa nostamalla sitä ylöspäin esimerkiksi pihdeillä. Suojan nostaminen saattaa vaatia jonkin verran voimaa. Tämän jälkeen oven sulkeminen ja START napin painaminen jatkaa ohjelmaa siitä mihin se jäi. Mikäli vika toistuu useasti, ohjelman nopeuden tai hitsausvirran laskeminen voi auttaa vikaan.

Hitsausjännitteen vuotaminen robottiin, hitsaus jää kesken ja poltin on kiinni hitsattavassa kappaleessa.

Ei virheilmoitusta

Robotin ohjain lakkaa reagoimasta ja näytön kuva ei muutu.

Maadoitukset tulee tarkistaa. Tämän jälkeen virrat tulee sammuttaa (Kuva 2) noin 20 sekunniksi minkä jälkeen seurataan ”Robotin käynnistäminen virran katkaisun tai törmäyksen jälkeen” ohjeita.

Hätäseisnapit

Nappikotelon hätäseis

SRVO-007 External emergency stops/SRVO-218 Ext. E-stop

Ohjaimen hätäseis

SRVO-002 Teach pendant E-stop

Robotin kaapin hätäseis

SRVO-001 Operator panel E-stop

Jos hätäseis on painettu nappikotelosta, se pitää vapauttaa ja kuitata sinisestä HÄTÄSEIS-KUITTAUS napista. Ovi pitää myös lukita uudelleen.

Jos hätäseis on painettu robotin ohjaimesta tai kaapista, pitää nappi vapauttaa ja hätätila kuitata painamalla SHIFT ja RESET (Kuva 6) minkä jälkeen ohjelma jatkuu START napista.

PILZ riskien arviointi

LO = likelihood of occurrence = Riskin esiintymistodennäköisyys

FE = Frequency of Exposure = Riskille altistumisväli

DPH = Degree of Possible Harm = Mahdollisen Vahingon Aste

NP = Number of Persons at risk = Vaarassa olevien henkilöiden lukumäärä

HRN = Hazar Rating Number = Vaaraluokitusnumero = $LO \cdot FE \cdot DPH \cdot NP$

LO Riskin esiintymistodennäköisyys			FE Riskille altistumisväli	
0,05	Lähes mahdoton	mahdollinen ääriolosuhteissa	0,1	Epäsäännöllinen
0,5	Hyvin epätodennäköinen	mutta kuviteltavissa	0,2	Vuosittain
1	Epätodennäköinen	mutta voisi tapahtua	1	Kuukausittain
2	Mahdollinen	mutta epätodennäköinen	1,5	Viikottain
5	Tasajakoinen	esiintymisen ja esiintymättä jäämisen välillä	2,5	Päivittäin
8	Todennäköinen	ei yllätä	4	Tunneittain
10	Erittäin todennäköinen	oli oletettavissa	5	Jatkuvasti
15	Varma	käy varmasti		

DPH Mahdollisen Vahingon Aste				NP Vaarassa olevien Henkilöiden lukumäärä				
0,1	Naarmu tai mustelma			1	1–2 henkilöä			
0,5	Haava tai lievä terveyshaitta			2	3–7 henkilöä			
1	Pienen luun murtuma tai lievä sairaus (väliaikainen)			4	8–15 henkilöä			
2	Suuren luun murtuma tai lievä sairaus (pysyvä)			8	16–50 henkilöä			
4	Raajan tai silmän menetys tai vakava väliaikainen sairaus			12	Yli 50 henkilöä			
8	Raajojen tai silmien menetys tai vakava pysyvä sairaus							
15	Kuolema							
Riski	Merkityksetön	Erittäin matala	Matala	Huomattava	Korkea	Erittäin korkea	Äärimmäinen	Hyväksymätön
HRN	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100	100-500	500-1000	Yli 1000

Kone		Fanuc-hitsaussolu		Arvioijat		Lauri Repo		pvm		Liite 2 (3)		
								25.2.2021				
				Onnettomuus-tilanne		Riskien suuruuden arvionti					Riskien merkityksen arviointi	Tarvitaanko riskien pienentämistä
Viite No.	Elink. vaihe	Tehtävä	Vaara- vyöhyke	Vaara	Vaaratilanne	LO	FE	DPH	NP	HRN		Kyllä/Ei
1	Käyttö	Valmiiden kappaleiden käsittely	Robottisolu	Palovamma	Juuri hitsatut kappaleet ovat erittäin kuumia ja niihin saattaa tarttua epähuomiossa esim. hitsausten laatua tarkastellessa	2	4	0,5	1	4	Erittäin matala	Ei
2	Käyttö	Normaali ohjelman ajo	Robottisolu ja sen ympäristö	Näkövamma	Valokaaren katsominen, kulmasta missä sillä on vain solun tummamuoviseinä katsojan ja kaaren välillä	0,5	5	1	2	5	Erittäin matala	Ei

3	Huolto	Hitsauksen säätämistä	Robottisolun ympäristö	Näkövamma	Katsominen suoraan valokaareen	1	1	4	1	4	Erittäin matala	Ei
4	Käyttö	Yleinen käyttö	Robottisolun ympäristö	Venäyttys, ruhje, pienen luun murtuma	Kompastuminen johtoon	5	5	1	1	25	Huomattava	Kyllä
5	Käyttö	Hitsaus	Robottisolun ympäristö	Tajunnan menettäminen ja pahimassa tapauksessa tukehtuminen	Hitsaus kaasujen hengittäminen	0,05	5	15	1	3,75	Erittäin matala	Ei
6	Huolto/käyttö	Kaasupullon vaihto	Robottisolun ympäristö	Ruhje, mustelma, pienen luun murtuma	Kaasupullon kaatuminen jonkun päälle esim. kuljetuksessa	2	1	15	1	30	Huomattava	Ei

7	Huolto	Huolto-työt	Robottisolu	Kuolema	Sähköiskun saaminen huoltotöiden aikana	0,5	1	15	1	7,5	Matala	Ei
8	Käyttö	Yleinen käyttö	Robottisolu ja sen ympäristö	Kuulon alenema	Tärinämalja pitää erittäin kovaa ääntä, joka voi olla vaarallista kuulolle	10	5	2	1	100	Korkea	Kyllä
9	Käyttö	Yleinen käyttö	Robottisolu ja sen ympäristö	Sähköiskun aiheuttama kuolema	On mahdollista, kun solu tekee virheellisen komponentin, että osat eivät hitsaannukaan yhteen mutta kuumenevat paljon. Jos tällainen osa tippuu sähköjohdon päälle, se voi sulaa suoja- muovin läpi	0,5	0,1	15	1	7,5	Matala	Ei

10	Huolto	Solun siistiminen	Robottisolu	Ruhje, naarmu	Jos ilmenee tarve päästä soluun sisälle esim. puhdistamaan komponentteja lattialta on mahdollista menettää tasapaino ja kaatua.	2	2,5	0,1	1	0,5	Merkityksetön	Ei
----	--------	-------------------	-------------	---------------	---	---	-----	-----	---	-----	---------------	----

Viite No.	Vaara	Vaaran vähennys	Kuitattu
4	Kompastuminen johtoon	Johto nostetaan maanantaina 8.3. kouruun	Lauri Repo 8.3.2021
8	Kuulonalenema	Lisätään käytettävä kuulosuojaimia kyltti	