



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TINO VIHERRANTA

Hitsausrobotin hankkimisen suunnitelma - Aslemetals Oy

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2021

Tekijä(t) Viherranta, Tino	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 5/2021
	Sivumäärä 24	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Hitsausrobotin hankkimisen suunnitelma – Aslemetals Oy		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella hitsausrobotisolu Aslemetalsille ja laskea olisiko se kannattava hankinta. Hitsausrobotisolun tarkoituksena oli saada nopeutettua säiliömällisen räjähdesuojan hitsausprosessia ja tuotantoa. Työssä keskityttiin automaatiohitsauksen perustarpeisiin, hitsausrobottiin ja sen hankintaan sekä kustannuslaskelmiin.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla automaatiohitsausta, josta siirryttiin suoraan etsimään meille oikeaa hitsausrobottien toimittajaa ja muita tarvittavia tuotteita.</p> <p>Työssä huomattiin, että näillä sarjako'oilla ei ole vielä järkevää hankkia hitsausrobottia, mutta jos sarjakoot kasvaisivat, hitsausrobotti olisi järkevä hankinta, ja sillä saataisiin säästettyä työtunteja ja rahaa.</p>		
<p><u>Asiasanat</u> Hitsaus, Robotiikka, Robotit</p>		

Author(s) Viherranta, Tino	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 5/2021
	Number of pages 24	Language of publication: Finnish
Title of publication Plan for acquiring a welding robot – Aslemetals Oy		
Degree program Mechanical engineering		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to design a welding robot cell for Aslemetals and calculate whether it would be a profitable acquisition. The purpose of the welding robot cell was to accelerate tank-shaped explosive protection's welding process and production. The work focused on the basic needs of automation welding, the welding robot and its acquisition, and cost calculations.</p> <p>We started by researching automation welding, from which we went directly to find the right supplier of welding robots and other necessary products for us.</p> <p>It was found in the work that it is not yet sensible to acquire a welding robot for these series sizes, but if the series sizes were to increase, the welding robot would be a sensible acquisition and would save man-hours and money.</p>		
<u>Key words</u> Welding, Robotics, Robots		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 ASLEMETALS OY	6
3 AUTOMATISOITU HITSAUS.....	7
3.1 Automatisoitu hitsaus.....	7
3.2 Railon seuranta.....	8
3.3 Langat.....	9
3.4 Viisteet	9
4 HITSAUSROBOTTI	10
4.1 Tekninen määrittely	10
4.2 Selvitystyö mekanisointitavalle	14
4.3 Hitsausrobotin ohjelmointi (online).....	15
4.3.1 Etäohjelmointi 3D-mallin avulla (offline)	16
5 KUSTANNUSLASKELMA.....	17
5.1 Operaattoripätevyyydet.....	17
5.2 Investointi.....	18
6 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on suunnitella hitsausrobotti Aslemetalsille, kertoa hieman tarvittavia tietoja hitsaamisesta ja hitsaamiseen liittyvistä asioista, käydä läpi ja kertoa hitsausrobottisoluun liittyvistä laitteistosta ja laskea kustannus- ja investointilaskelmat. Aslemetalsilla on jo yksi iso hitsausrobotti, joka on hankittu isoja runkolohkoja varten. Tätä hitsausrobotia ei voida käyttää pienempien osien tekemiseen kuten säiliömallisten räjähdessuojarunkojen.

Ehdottaessani toimitusjohtajalle halukkuuteni tehdä opinnäytetyö heidän yrityksensä, minua pyydettiin keksimään parannusehdotus tuotantoon, joten päädyimme yhdessä hitsauksen mekanisointiin. Hitsausrobotti hankittaisiin Aslemetalsin Kaaro konepajalle.

Mitä hitsausrobotilta halutaan, että se olisi pieniin tiloihin menevä ja mahdollisesti myös kiskoilla liikutettava. Pääkäyttötarkoitus olisi säiliömallisten räjähdessuojarunkojen tekemisen helpottaminen, nopeuttaminen ja pitkälle katsottuna rahan säästäminen.

2 ASLEMETALS OY

Aslemetals Oy on keskisuuri metalliteollisuuden alihankintayritys. Ydinosaamistamme ovat teräs- ja levyrakenteet ja erilaiset putkistot. Valmistamme myös betoniteollisuuden muotistoja ja turvateknisiä tuotteita. Toimitamme tuotteita voimalaitoksille, laiva-, betoni- ja metalliteollisuudelle sekä kemianteollisuuden tarpeisiin. Meillä on myös pitkä kokemus erilaisten kokonaistoimitusten tekemisestä avaimet käteen periaatteella. (Aslemetalsin www-sivut)

Osaamisemme perustana on vahva ammattitaito ja kokemus sekä toimiva konekanta ja laaja yhteistyöverkosto. Tekemiseemme ja toimituksiimme kohdistuu tiukat laatuvaatimukset ja toimintaamme ohjaavat ISO 9001, ISO 14001, EN1090-1 ja ISO EN 3834-2 vaatimukset täyttävät sertifioidut toimintajärjestelmät. Alihankinnan sijaan olemme monesti yhteistyökumppani ja kehitystä on viety yhdessä eteenpäin useiden asiakkaiden kanssa jopa vuosikymmenien ajan. (Aslemetalsin www-sivut)

Vuonna 1961 raumalainen suurperheen isä Niilo Lehtinen perusti Asennusliike N. Lehtinen -nimisen yrityksen, joka aloitti toimintansa Rauman Paroalhossa sijaitsevassa omakotitalossa. Autotallissa oli työkaluvarasto ja kodin yläkerrassa toimisto. Toimialana oli laivaputkistojen urakointi ja töitä tehtiin aliurakoitsijana Rauma-Rekola Oy:n telakalle Raumalle. Asennusliikkeen palveluksessa oli aluksi viisi henkilöä, mutta ajan myötä toiminta kasvoi ja laajeni ja 1970-luvulla yrityksen palkkalistoilla oli jopa 400 henkilöä. Toimialan laajetessa Asennusliike N. Lehtinen muuttui kommandiittiyhtiöksi vuonna 1985, Aslemetals Oy:nä yritys aloitti toiminnan vuonna 1992. (Aslemetalsin www-sivut)



Kuva, 1, Aslemetalsin Kaaro Konepajasta ilmakuva (Aslemetalsin kanssa käyty sähköpostikeskustelu 21.4.2021)

3 AUTOMATISOITU HITSAUS

3.1 Automatisoitu hitsaus

Robottihitsaus on yleisesti käytetty nimitys automatisoidulle hitsaukselle, jossa käsivarsiroboti kuljettaa hitsauspoltinta hitsauksen aikana. Hitsattava kappale on kiinnitettyä kiinteään tai liikkuvaan hitsauskiinnittimeen. Liikkuva hitsauskiinnitin voi olla kiinnitettyä esimerkiksi yhdellä tai useammalla numeerisesti ohjatulla akselilla varustettuun käsittelylaitteeseen, joka voi olla myös toinen käsivarsiroboti. Tyypillisesti käsittelylaitteen liikeakseleita ohjataan hitsausrobotin ohjausjärjestelmällä, ja käsivarren ja käsittelylaitteen liikkeet toimivat tarkasti synkronoidusti keskenään. Jos käsivarsirobotille halutaan kasvattaa työaluetta, se voidaan asentaa lineaariradalle tai 1–3-akseliseen portaaliin haluttuun asentoon (esim. roikkumaan ylösalaisin). (ionix www-sivut)

Yleisin robottihitsauksessa käytetty hitsausmenetelmä on MIG/MAG-hitsaus, mutta hitsausmenetelmänä voi käyttää myös TIG-hitsaus, kaarijuotto, plasmahitsaus, laser-hitsaus tai hybridihitsaus. (ionix www-sivut)

Automatisoinnin avulla esimerkiksi MAG-hitsauksessa käytettävillä täytelangoilla aikaan saatava suurempi hitsiaineentuotto ja hitsausnopeus voidaan paremmin hyödyntää. Hitsausrobotin käsivarsi kestää korkeampia lämpötiloja kuin hitsaajan käsi, joka on hitsisulan välittömässä läheisyydessä. Hitsausroboti pystyy liikuttamaan hitsauspistoolia nopeammin ja tasaisemmin kuin hitsaaja. Tämän avulla hitsaustapahtumasta tulee vakaampi, hitsausnopeus kasvaa ja hitsin tunkeumaa voidaan käyttää tehokkaammin hyödyksi käsin hitsaukseen verrattuna. Hitsausrobotin avulla hitsaustapahtumasta saadaan yhtäjaksoisempi ja pitkäkestoisempi. Työergonomia paranee hitsaajan valvoessa hitsausrobotin toimintaa. Työasennot paranevat ja fyysisesti raskas työ jää mekanisointilaitteelle ja valvonta operaattorille. (Laukkanen 2012)

Hitsauksen automatisoinnilla voidaan saada parannettua hitsauksen tuottavuutta, laatua, työturvallisuutta ja hitsin ulkonäköä. (Laukkanen 2012)

Koneellisesti hitsattu hitsi sisältää vähemmän potentiaalisia virhekohtia, jotka aiheutuvat hitsin aloituksista ja lopetuksista. Laatu on lisäksi samanlainen, tasainen päivästä toiseen ja työturvallisuuden kannalta katsottuna hitsaaja on vähemmän alttiina säteilylle ja savuille, koska hänen ei tarvitse olla aivan valokaaren lähellä. (Laukkanen 2012)

Tapaturmat ja huonoista työasunnoista johtuvat sairaspotilaat vähenevät ja niistä aiheutuvat kustannukset pienenevät. Jalkoasennossa hitsattaessa hitsaajan ammattitaitovaatimukset vähenevät ja ammattitaitoisemmat hitsaajat voidaan hyödyntää vaativimmissa töissä. (Laukkanen 2012)

3.2 Railon seuranta

Railon seurannaksi kutsutaan kaikkia toimenpiteitä, joilla hitsauspään asema ohjataan oikealle kohdalle raitoa. Railon seurannan avulla pystytään korjaamaan poikkeamia railon ja hitsauspään aseman välillä. Näitä poikkeamia saattaa aiheuttaa erityisesti kappaleen kiinnittäminen, railon sovittaminen sekä työaseman epätarkkuudet. Myös hitsauksen aikaiset vetelyt muuttavat railon asemaa. (Haaja 2010.)

Railon seurantamenetelmät on jaettavissa kosketukseen perustuviin sekä ilman kosketusta tapahtuviin menetelmiin. Kosketukseen perustuvat anturit voivat olla mekaanisia tai sähköisiä. Ilman kosketusta tapahtuvat anturit voidaan jakaa valokaaren läpi tapahtuvaan railon seurantaan ja esimerkiksi optisiin antureihin. Valokaaren läpi tapahtuvassa railon seurannassa valokaari itsessään toimii ”anturina”. Menetelmällä railon haku tapahtuu käyttäen hitsauslangan päätä tai kaasusuutinta korkeajännitteisenä alhaista virtaa käyttävänä anturina. Menetelmä perustuu valokaaren vaaputukseen hitsausrailon sivuille ja hitsausvirran muutoksien mittaamiseen yhdeksässä eri ääri-asennossa. Alkupiste määräytyy muutaman ohjelmoidun referenssipisteen avulla. Löydettyään railon kyljet, paikoitus tapahtuu railon keskiviivan yläpuolelle. Sisä- ja ulkonurkat pystytään määrittämään ”kolmen pisteen haun avulla”. Menetelmä on selvästi yleisin MIG/MAG-hitsauksessa. Tarkkuus on tyypillisesti noin $\pm 0,4$ mm (Haaja 2010.)

Valointensiteettiä mittaavassa menetelmässä laserdiodilta tuleva valo kohdistaan raitoon hitsauspään eteen. Työkappaleen pinnalta heijastuneesta valosta saadaan jännitejakauma, jonka avulla voidaan päätellä railon sijainti. Valointensiteettiä mittaavat menetelmät sopivat I- ja V-railoille sekä piena- ja päittäisliitoksille. Menetelmällä päästään parhaimmillaan jopa $\pm 0,1$ mm tarkkuuteen. Puutteena on, että menetelmällä pystytään määrittelemään ainoastaan railon sijaintia ja ilmaraon suuruutta. Yleensä muuta railoinfomaatiota ei tällä menetelmällä saada selville. Ruosteen, hilseen, maalin sekä naarmujen heijastavuus on myös ongelmana. Menetelmää ei ole vielä kaupallisesti hitsaussovelluksissa. (Haaja 2010.)

Strukturoidun laservalon menetelmässä anturin lasersäde hajotetaan valotasoksi ja projisoidaan hitsauspään eteen. Valojuovaa tarkastellaan kameralla hieman vinosta suunnasta jättämällä varsinainen hitsauskohta havaintokentän ulkopuolelle. Tuloksena saadaan tietoa niin railon paikasta kuin geometriasta. Voidaan tehdä myös muutoksia hitsausarvoihin. Seurantatarkkuus on parhaimmillaan $\pm 0,1$ mm (Haaja 2010.)

Lasersäteen pyyhkäisyyn perustuvat menetelmässä HeNe-laserin sädettä poikkeutetaan peilien avulla jatkuvasti hitsauskohdan edellä raitoon nähden kohtisuorassa suunnassa. Heijastuneesta säteestä määritetään kolmiomittaus periaatteella heijastuspisteen etäisyys, josta saadaan railon paikka, leveys ja syvyys selville. Menetelmällä päästään lähes $\pm 0,2$ mm tarkkuuteen. (Haaja 2010.)

Hitsisulan tarkkailuun perustuvassa menetelmässä käytetään apuna infrapunaa, kokenäkää, ultraääntä tai erilaisia säteilyjä. Menetelmä on periaatteessa parhaita, mutta vaikea toteuttaa ja onkin vielä laboratorioasteella. (Haaja 2010.)

Kosketukseen perustuvat menetelmät eli mekaaniset ja sähkömekaaniset menetelmät tarvitsevat aina pinnan, josta se voi ottaa suunnan. Menetelmä on yksinkertainen ja halpa ja soveltuu monille eri hitsausprosesseille. Tuntoelin soveltuu kuitenkin yleensä vain tiettyjen tyyppisten railojen seuraamiseen ja jyrkkien mutkien ja monimutkaisten muotojen seuraaminen on vaikeaa. Tuntoelimet menettävät myös helposti kosketuksen hitsausrailosta. Mekaaniset menetelmät ovat yksinkertaisia, mutta kömpelöitä laitteita. (Haaja 2010.)

Induktiivisessa railon seurannassa anturi toimii muuntajana, jossa verrataan syöttökäämiin ja mittauskäämeihin indusoituneita jännitteitä. Kun ulosjännite on nolla, anturi on tasapainossa, ja tässä sitä halutaan pitää. Poikkeamat ovat merkkejä korkeuden -tai materiaalin epäjatkuvuudesta. (Haaja 2010.)

3.3 Langat

Hitsausrobotin avulla on mahdollista minimoida vapaalangan pituuden muutosten vaikutukset hitsaukseen, mikä samalla vähentää hitsaukseen meneviä kuluja. Hyvään hitsiin vaaditaan tasainen ja oikealla nopeudella tuleva lisäaine hitsaus tapahtumaan. Säiliömallisten räjähdesuojien säiliöissä tarvitsee käyttää muutamassa paikassa yliseostettua lisäainetta, koska hitsattavat putket eivät ole samaa materiaalia kuin runko. (Hannu Kesäläinen Aslemetals)

3.4 Viisteet

V-railo viiste on yleisin, jota käytetään sen helposti koneistettavuuden, tekemisen vuoksi ja hitsattavuuden vuoksi, kuitenkin V-railo ei ole paras vaihtoehto. Kavennetulla ja kapearailohitsaukset ovat kalliimpia työstää, mutta maksavat kyllä itsensä takaisin niillä saaduilla hyödyillä.

Kavennetun railon hitsaus ja kapearailohitsaus ovat yleisiä ja tärkeitä menetelmiä suurten aineenvahvuuksien omaavien putkien ja levyjen liittämässä. Kapealla railokulmalla saadaan aikaseksi tuottavuuden kasvua ja vähennettyä hitsin sisäisiä jännityksiä. Nykyaikaiset menetelmät ovat tehokkaita, mutta vaativat paljon ammattitaitoa ja kokeita, että niiden toiminta saadaan riittävän varmaksi ja luotettavaksi. Kavennetun railon hitsaamisen kehitystoimet ovat keskittyneet prosessin luotettavuuden, sulatustehon ja uusien materiaalien liittämiseen. (Lankila 2015)

Kapearailohitsauksella tarkoitetaan yleisesti I-railoa tai lähes I-railo, menetelmästä ja aineenpaksuudesta riippuen ilmaraon ”kapeus” vaihtelee välillä 5–25 mm, kun kavennetulla railokulmalla tarkoitetaan esimerkiksi perinteistä V-railoa, jossa railokulmaa on kavennettu merkittävästi. Kapearailohitsauksella saavutettuja etuja ovat seuraavat,

- korkea tuottavuus ja lyhentynyt läpimenoaika
- pienempi hitsauslisäaine kulutus
- pienempi energian kulutus
- pienentyneet energia kustannukset lyhyempien valmistus aikojen vuoksi

-pienemmät hitsauksesta aiheutuneet venymiset
(Lukkari, 2011, s. 15–16.)

Kavennetun railon käyttö kannattaa, kun levy on niin paksu, että railonvalmistus on lähes pakollista. Railot tehdään sovelluskohteesta riippuen koneistamalla tai leikkaamalla. (Lukkari, 2011, s. 16.)

4 HITS AUSROBOTTI

4.1 Tekninen määrittely

AR3120

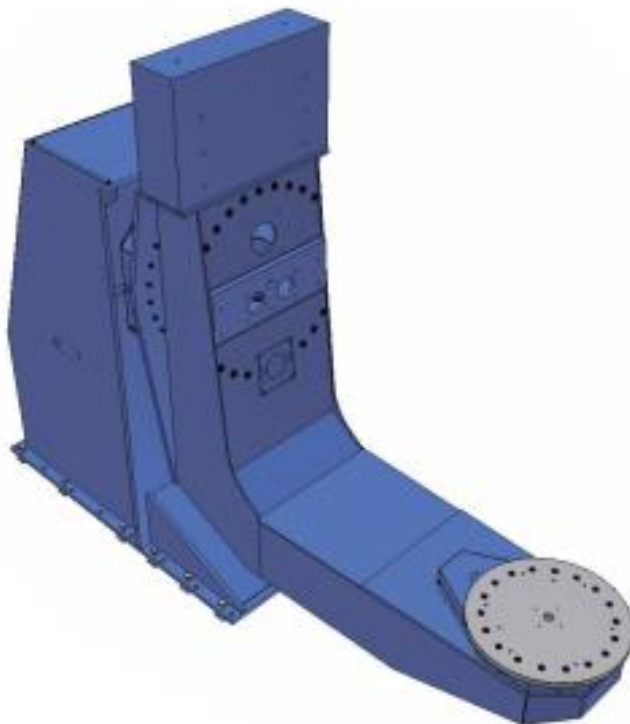
Hitsausrobotiksi tulisi AR3120, joka on 6-akselinen robotti, joka tarjoaa laajimman liikealueen ja korkean polkutarkkuuden jopa 20 kg:n hyötykuormalla ja 3124 mm:n liikealueella ja se on helppo ohjelmoida. Sen ontto käsivarsi mahdollistaa hitsauskaapeleiden ja langan syötön johtamisen käsivarren kautta, mikä säästää tilaa robotin ympärillä. (Yaskawan [www-sivut](http://www.yaskawa.com))



Kuva 2. Yaskawan Motoman AR3120 hitsausrobotti.

MT1 3000

Asemaksi valitsimme kaksi kappaletta MT1 3000, joka on suunniteltu painaville työkappaleille, joiden valmistus vaatii pyörahdyttä vähintään kahden akselin ympäri. Toista asemaa robotti hitsaisi ja toista asentaja pystyy laittamaan hitsauskuntoon robotin hitsatessa. Maksimikuorma on 3000 kg ja maksimipyörytyssäde on 1800 mm. (Yaskawan www-sivut)



Kuva 3. MT1-3000 asemapöytä.

YRC1000

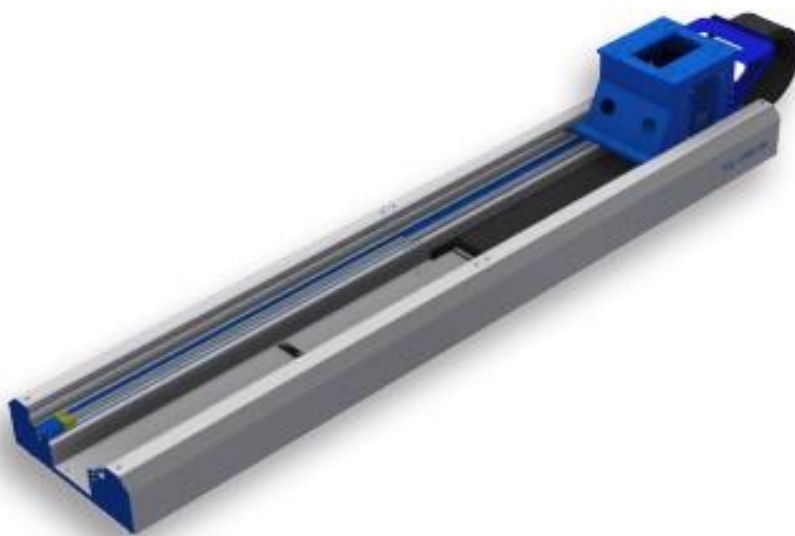
Ohjaimeksi tulisi YRC1000, joka on kompakti, nopea ja joustava ohjain, joka yhdistää korkean suorituskyvyn robottiohjaimen pienen pinta-alan ohjainkaappiin. Tarkalla polulla saadaan hyvä suorituskyky nopeudesta riippuen. (Yaskawan www-sivut)



kuva 4. YRC1000 ohjain

TSL-1000

TSL on servokäyttöinen, lattialle asennettava vaunu robotteja varten, joilla saadaan robotti kulkemaan työpisteeltä toiselle tai lisättyä robotin työaluetta. Radassa on myös nollaustoiminto, jos valmiiksi tehtyä rataa pitää jatkaa pidemmäksi. TSL rataa myydään 2 metrin ja 4 metrin pätkissä. Paikoitustarkkuus on 0,05 mm ja 1000 mm matkan kulkemiseen menee 1,34 s, Y-liikkeenpituus on 9150 mm (Yaskawan www-sivut)



kuva 5. TSL-1000 liukumarata.

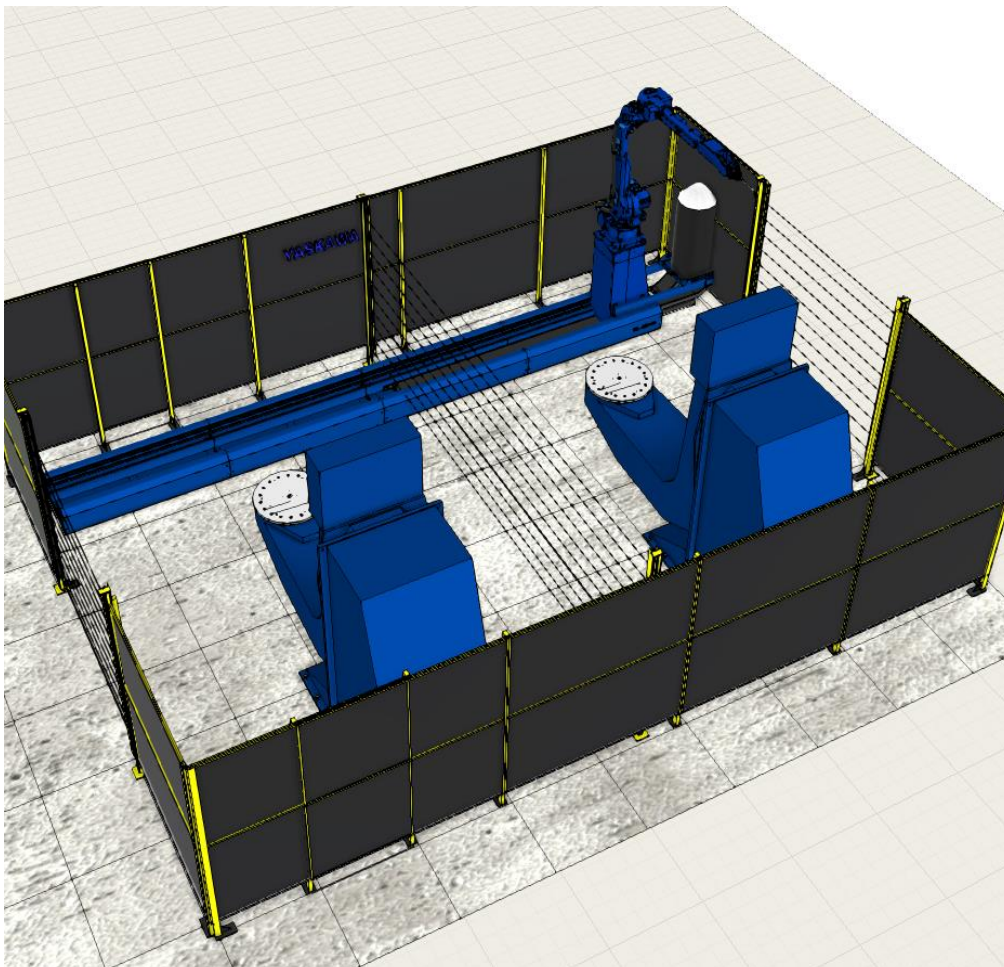
Fronius TPSi 500 virtalähde

Hitsausvirtalähde on Yaskawan yhteistyökumppanin suositteloima. Kyseisellä virtalähteellä on myös mahdollista saada toimimaan automaattinen langanvaihto. LSC eli Low Spatter Control on uudenlainen lyhytkaariprosessi, joka tuo mahdollisuuden erittäin suurien ilmarakojen täyttöön, lähes roiskeettoman hitsaustulokset ja nopeat hitsausnopeudet. Täysidigitaalisuuden tarkan prossiohjauksen ansiosta hitsaajan ei tarvitse käyttää erillistä kaapelia jännityksen mittaukseen virtalähteen ja hitsattavan kappaleen välillä. (Proniuksen [www-sivut](#))

PMC eli Pulse Multi Control pohjautuu valokaaren nopeaan tiedonkäsittelyyn ja prosessitason tarkkaan tunnistukseen, jonka avulla pisaran irtoamista saadaan parannettua huomattavasti. PMC on täydellinen jokaiselle hitsaajalle, joka haluaa hitsata nopeasti ja silti vakaasti tasaiselle tunkeumalla. (Proniuksen [www-sivut](#))



Kuva 6. Fronius TPSi 500 virtalähde



kuva 7. Hitsausrobottisolu, ilman Jigiä (Yaskawa, Riihimäki) 20.4.2021

Yaskawan edustajan kanssa olemme keskustelleet puhelimitse, Teamssissa ja sähköpostitse, ja hän auttoi valitsemaan meille tarvittavan laitteiston ja teki tarjouksen paketista, joka sisältää

- laitteistot
- kaapelit
- asennuksen
- käyttöönoton
- testauksen
- järjestelmäkoulutuksen

4.2 Selvitystyö mekanisointitalle

Säiliömalliset räjähdesuojat ovat materialista S355 ja sen molempiin pätyihin hitsataan 1.4301 putkea. Näihin hitsausaumoihin pitäisi vaihtaa hitsauslanka yliseoste-
tuksi langaksi, joten tässä tilanteessa päädyimme tulokseen, että robotti hitsaa kaiken

muun paitsi 1.4301 putket. Saamassamme tarjouksessa olevalla virtalähteellä langanvaihto kesken hitsauksen on kyllä mahdollista.

Säiliöiden varusteluosien hitsauksessa on käytetty hitsausasentona PB:tä eli alapienahitsausta. Tällä hetkellä säiliöt ovat pyörineet pyörityspöydässä pituusakselinsa suuntaisesti, joka myös onnistuu valitsemallamme MT1 asemapöydällä. MT1 tuo myös säiliön pyörittämiseen lisää mahdollisuuksia. (Hannu Kesäläinen Aslemetals 2021)

4.3 Hitsausrobotin ohjelmointi (online)

Hitsausrobotin ohjelmointi tapahtuu ”taluttamalla” robottia, eli robotin kärkipiste siirretään haluttuun paikkaan ja tallennetaan yksi piste kerrallaan, ja suorat osuudet saadaan helposti kahden pisteen avulla hitsattua. Tämän mahdollistaa robotissa sijaitsevat anturit ja turvalaitteet, jotka antavat periksi, kun robotin käsivartta siirretään, näin toimiessa robotti pitäisi saada ohjelmoitua ilman suurempaa kokemusta robottien parissa. (Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. s. 78.)

Opettamalla ohjelmoitaessa operaattori ohjaa robottia käsiohjaimella. Robotti ohjataan haluttuun pisteeseen ja liikepisteet sekä muut käskyt tallennetaan yksi kerrallaan. Käsiohjaimilla saadaan yleensä tehtyä helposti x-, y- ja z-akselien suoraviivaiset ja puoliympyrän liikkeet joko omalla näppäimellä tai joystickillä, joilla robottia ohjataan. (Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. s. 79–80.)



Kuva 8. Yaskawan YRC1000 käsiohjain.

4.3.1 Etäohjelmointi 3D-mallin avulla (offline)

Etäohjelmointi eli offline-ohjelmointi (offline programming, OLP) tarkoittaa robottien ohjelmointia tuotannon ulkopuolella tuotantoa pysäyttämättä. Etäohjelmoinnilla saadaan poistettua ohjelmoinnista aiheutuvat tuotantoseisokit, millä saataisiin robotilta enemmän työtunteja irti. Ohjelmoinnista aiheutuvat katkokset saadaan tiputettua jopa kymmenesosaan lähtötilanteeseen verrattuna. (Delfoin [www-sivut](#))

Etäohjelmointi mahdollistaa myös tuotteen valmistettavuuden testauksen simuloinnin avulla. Tästä on varsinkin hyötyä testattaessa robotin ja sen oheislaitteiden ulottuvuuksien sopivuutta tuotteen valmistusta ajatellen. Simuloimalla saadaan myös ennakkoon selville, miten kappale kannattaisi kiinnittää, ettei kiinnityksessä aiheutuisi ongelmia robotin ohjelmoinnissa ja että robotti yltäisi hitsaamaan kaiken tarvittavan. Tällä tavoin voidaan säästää esimerkiksi kiinnittimien valmistuskustannuksissa, kun hitsausjigiä saadaan valmistettua kerralla oikein ilman, että tuotannossa joudutaan jatkuvasti muokkaamaan jigiä. (Aalto, 2010, s. 31–32; Kuivanen, 1999, s. 82.)

Etäohjelmoinnin käyttö on järkevää, jos tuotannon sarjakoot ovat pieniä, tuotteiden vaihtuvuus on suurta, tuotanto on asiakasohjautuvaa, robottiohjelmassa on suuria määriä paikoituspisteitä hitsausprosessissa tai tuotesuunnittelussa käytetään 3D CAD- ohjelmia. (Kuivanen, 1999, s. 82)

Jotta etäohjelmoinnilla tehdyt robottiohjelmat toimisivat tuotantosolussa, tulee simuloitimallin vastata todellista tilannetta. Simuloitimallin muuttamista tuotantosolua vastaavaksi kutsutaan kalibroinniksi, joka onnistutaan tekemään etäohjelmointijärjestelmissä kalibrointimoduulin avulla. Jos ohjelmassa ei ole kalibrointimahdollisuutta, pitää kaikki pisteet korjata käsin, jolloin etäohjelmoinnista saatava hyöty pienenee huomattavasti. (Aalto, 2009, s. 44–45.)

Robottisolun kalibrointiin sisältyy geometrinen virheiden mittaukset, simuloitimallin parametrien tunnistaminen, mallin muuttaminen mittaerojen kompensoimiseksi. Robottisolun mitataan ulkopuolisen mittausjärjestelmän avulla tai käyttäen hitsausrobotia mittauslaitteena. Mitatut mittauspisteet laitetaan ohjelmointijärjestelmään, missä järjestelmä analysoi tulokset ja tunnistaa tästä virhelähteet. Kalibrointimoduulilla pystytään korjaamaan geometriavirheiden aiheuttamat ongelmat. (Aalto, 2009, s. 45.)

Solumallin ja tuotantosolun välisessä kalibroinnissa päästään jopa 0,5–1 mm tarkkuuteen, mutta mitä enemmän ulkoisia akseleita on, sitä enemmän tarkkuus huononee. Ulkopuolisen mittausjärjestelmän avulla tehdyn kalibroinnin tarkkuus on 0,5 mm/ulkoinen akseli ja robotilla kalibroinnin tarkkuus on noin 1 mm/ulkoinen akseli. Tarkkuuden vaatimukset riippuvat kuitenkin laitteen käyttötarkoituksesta. Laser- ja vesisuihkuleikkauksessa simuloitimalleille on asetettava erittäin tarkat vaatimukset, koska leikkausprosessin aikana ei tapahdu mitään siihen sopeutuvaa. Sen sijaan kaarihitsauksessa käytetään jo yleensä railonhaku ja -seuranta menetelmiä, jolloin voidaan sallia jopa yli 10 mm poikkeamia, kunhan tämä otetaan huomioon ohjelman hakutoiminnoissa. Railonhaku ja -seuranta tosin pidentävät hitsaukseen kuluva kokonaisaika. (Aalto, 2009, s. 45.)

5 KUSTANNUSLASKELMA

Työkustannukset (K_t) lasketaan kaavalla =

$$K_t = \frac{M}{T} \times \frac{1}{e} \times H_t$$

M=hitsiainemäärä (kg/m) 0.160

T=hitsiaineentuotto (kg/h) 6.7 kg/h

e=kaariaikasuhte (%) ihminen 15 % robotti 75 %

hitsausrobotti pystyy hitsaamaan jopa 8–10 mm sekunnissa, joten hitsausnopeus robotilla olisi 28800 mm tunnissa.

H_t =työtunnin hinta (e/h) 32

(Lukkari 2008.)

Säiliömallisen räjähdesuojan hitsaustyökustannuksia laskettaessa käytin keskiarvoja hitsiainemäärässä ja hitsiaineentuotossa. Alle laskettu työkustannus hitsarilta.

$$K_t = \frac{0.160}{6.7} \times \frac{1}{0.15} \times 32 = 5.09 \text{ e/m}$$

$$35.862 \times 5.09 = 182.54 \text{ e}$$

Hitsauskustannukset laskettu hitsausrobotilta, kun asentaja vaihtii koko hitsauksen ajan.

$$K_t = \frac{0.160}{6.7} \times \frac{1}{0.75} \times 32 = 1.02 \text{ e/m}$$

$$35.862 \times 1.02 = 36.58 \text{ e}$$

5.1 Operaattoripätevyydet

Yaskawa järjestää järjestelmäkoulutuksen 3 henkilölle, jossa käydään läpi robotin toiminta, koulutus kestää 5 päivää, josta 3 päivää vietetään Yaskawan tiloissa ja 2 päivää Aslemetal sin tiloissa. Tarvittaessa Yaskawa tarjoaa myös lisää koulutuksia ilmoitettua summaa vastaan (Yaskawan tarjous pdf)

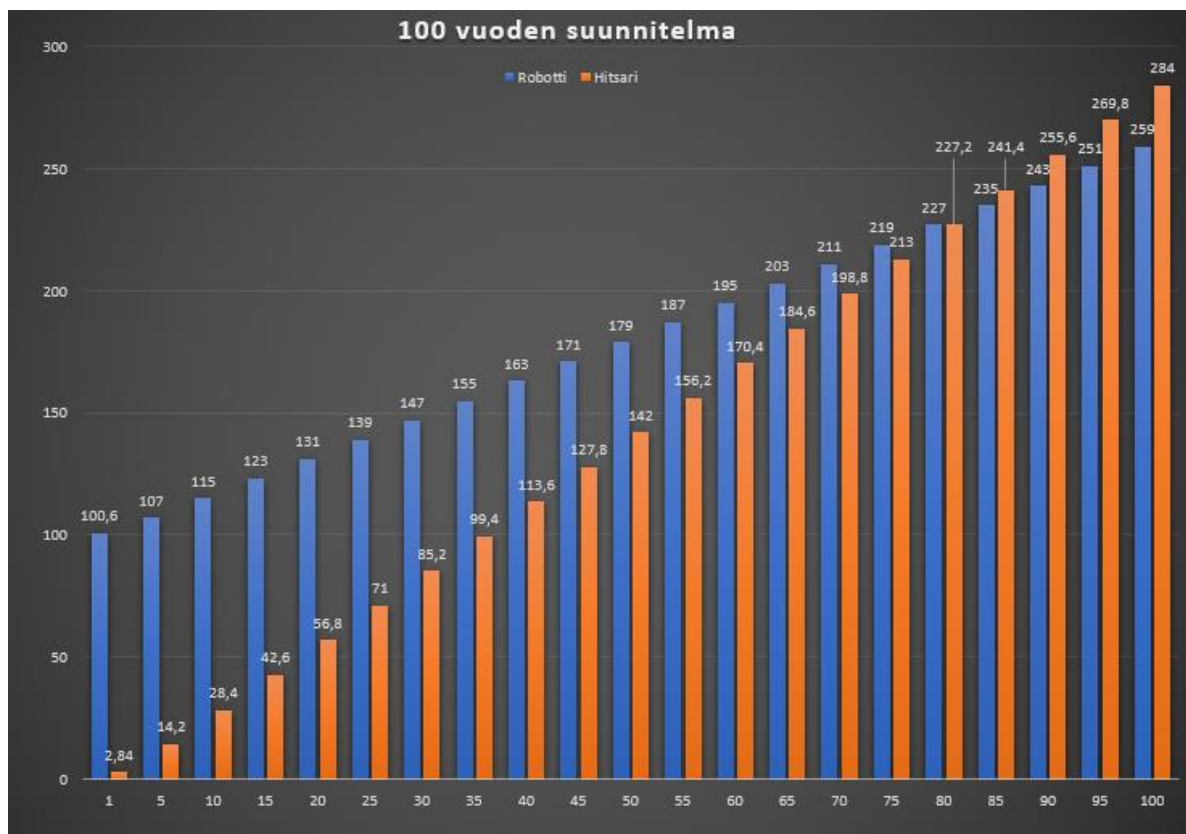
5.2 Investointi

Saamani tarjouksen ja tuotteemme valmistusmäärien perusteella robotisointi ei ole vielä kannattavaa. Jos lasketaan, että räjähdesuojia tehdään 50 kappaletta vuodessa, robotin takaisinmaksu kestäisi noin 80 vuotta, edellyttäen, että hitsausrobotia ei tarvitse uusia. Jos roboti tarvitsisi uusia, se ei maksaisi itseänsä ikinä takaisin. Jos kuitenkin räjähdesuojien tilausmäärät kasvaisivat 250 kappaleeseen vuodessa, robotisointi olisi kannattava investointi, ja roboti maksaisi itsensä takaisin jo viidessä vuodessa. Ideaalinen takaisinmaksuaika olisi noin kolme vuotta. Viiden vuoden takaisinmaksu ei ole paras mahdollinen, mutta 250 kappaletta olisi viisi kertaa enemmän mitä tällä hetkellä tehdään, niin siinä jouduttaisiin luopumaan toisista projekteista.

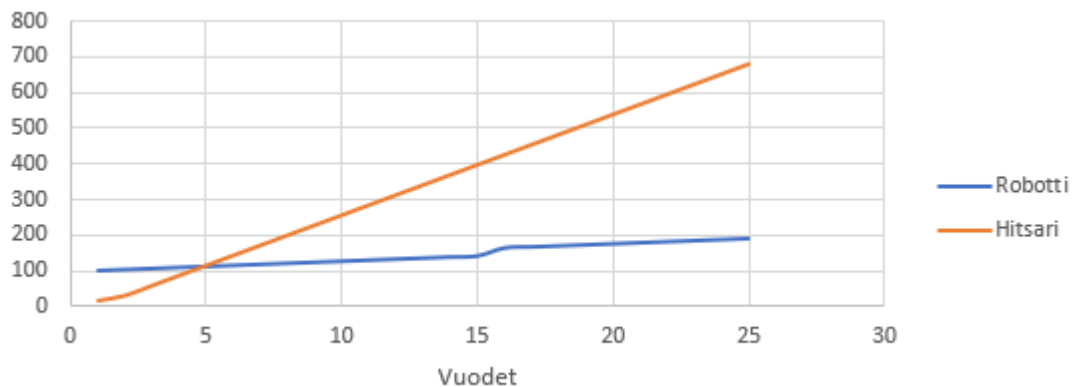
Robotin tilastollisesti tutkittu keskimääräinen ikä on 15 vuotta. Yleisesti hitsausrobotisoluista tarvitsee uusia vain itse hitsausroboti 15–20 vuoden jälkeen, joka on vain 10–20 % koko hitsaussolun hinnasta, jonka hitsausrobotisolu saisi maksettua takaisin yhdessä vuodessa vaihdon jälkeen.

Robotin hinnankasvu diagrammeissa johtuu jokavuotisesta ohjelman lisenssimaksusta, työtunti hinnasta, hitsauslangasta ja hitsausrobotin uusimisesta, kun taas hitsarilla lasketaan vain työtuntien hinta ja hitsauslanka. Diagrammit ovat laskettu esimerkkiluvuilla salassapitovelvollisuuden vuoksi.

Diagrammeissa (kuvat 9. ja 10.) kuvataan kuinka hitsarin eli oranssi väri on aluksi halvempi työsto menetelmä räjähdesuojille, mutta sitten 80 vuoden (kuva 9.) ja 5 vuoden kohdalla (kuva 10.) robotista tulee halvempi työsto menetelmä.



Kuva 9. 100 vuoden suunnitelma hitsausrobotista tämänhetkisillä tilausmäärillä ja esimerkkiluvuilla, ilman uusien osien ostamista.



Kuva 10. 25 vuoden suunnitelma, 250 kappaleen tilausmäärällä esimerkkiluvuilla ja 15 vuoden kohdalla vaihdetaan hitsausrobotti.

Hitsausrobottia voisi kuitenkin käyttää muillekin töille. Laskuissani robotilla olisi asentaja paikalla koko hitsauksen ajan, vaikka asentajan ei tarvitse olla robotin luona jatkuvasti.

6 YHTEENVETO

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää olisiko Aslemetalsille järkevää hankkia robotihitsaussolu, mitä tuotteita siihen sisältyisi ja mitä hyötyä siitä olisi. Hitsausrobotti tulisi pääosin säiliömallisten räjähdessuojien tuotantoa varten, mutta silloin kun räjähdessuojia ei olisi hitsattavana, sitä käytettäisiin toisiin töihin ja sillä saataisiin parannettua tuottavuutta, työturvallisuutta ja mahdollisesti hitsausjälkeä.

Lopputuloksena tarjouksen ja investointilaskelman nähtyäni kuitenkin huomasin, että hitsausrobotti ei olisi kannattava vaihtoehto, koska niin pienillä sarjamäärillä, joita tehdään hitsausrobotilla, kestäisi liian kauan maksaa itsensä takaisin. Jo kustannuslaskuissa huomattiin, että hitsausrobottisolu nopeuttaisi tuotantoa ja vähentäisi kustannuksia.

Kuitenkin, jos säiliömallisten räjähdessuojien sarjakoko kasvaisi 250 kappaleeseen, olisi hitsausrobotti erittäin toimiva ja suositeltava ratkaisu. Silloin saataisiin viidessä vuodessa maksettua hitsausrobottisolu takaisin, jonka jälkeen tarvitsisi uusia vain hitsausrobotteja tarvittaessa.

Opinnäytetyön alue oli erittäin laaja ja sitä saatiin hyvin rajattua, mutta mielestäni onnistuin siinä silti hyvin. Opinnäytetyötä tehdessäni sain tarvittavia tietoja aina helposti kysyessäni Aslemetalsilta ja Yaskawalta, joten suuri kiitos heille. Tiedonhakuun meni suurin osa ajasta, vaikka sitä löytyikin hyvin netistä ja kirjoista.

LÄHTEET

Aalto H. 2009 (s. 44)

Viitattu 11.11.2020

Etäohjelmoinnintarkkuus. Hitsaustekniikka-lehti

Aalto H. 2010 (s. 31-32)

Viitattu 11.11.2020

Robottihitsauksen tuottavuuden parantaminen. Hitsaustekniikka-lehti

Aslemetalsin kotisivut

Viitattu 25.11.2020

<https://www.aslemetals.fi/>

Aslemetalsin Hannu Kesäläinen

Viitattu 16.3.2021

Sähköpostitse käyty keskustelu

Delfoin kotisivut

Viitattu 13.2.2021

<https://www.delfoi.com/fi/delfoi-robotics/robotiikka/>

Haaja S. Robotisoitu putkiyhteiden hitsaus säiliöiden valmistuksessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Ionixin kotisivut

Viitattu 6.5.2021

<https://www.ionix.fi/fi/teknologiat/robottihitsaus/>

Lankila N. Modifioidun MAG-kaarihitsausprosessin hyödyntäminen railotilavuuden pienentämisessä mekanisoidussa orbitaalihitsauksessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Laukkanen J. Hitsauksen mekanisoinnin ja automatisoinnin oppimisympäristön kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Lukkari J.2008. Hitsausuutiset

Viitattu 20.4.2021 <https://www.esab.fi/fi/fi/news/hitsausuutiset/upload/hu-1-08.pdf>
1/2008

Lukkari, J. 2011. Kapearailojauhekaarihitsaus järeiden paineastioiden valmistuksessa. s. 15-16. Hitsaustekniikka 3/2011

Proniuksen kotisivut

Viitattu 20.4.2021

<https://www.pronius.fi/?p=131>

Robotiikka, Kuivanen R. (s.78-82)

Viitattu 21.4.2021

Kustantaja Suomen robotiikkayhdistys ry. (1999)

Yaskawan Jaakko Riihimäki

Viitattu 13.4.2021

Teamssissä, puhelimitse ja sähköpostitse käytyjä keskusteluja

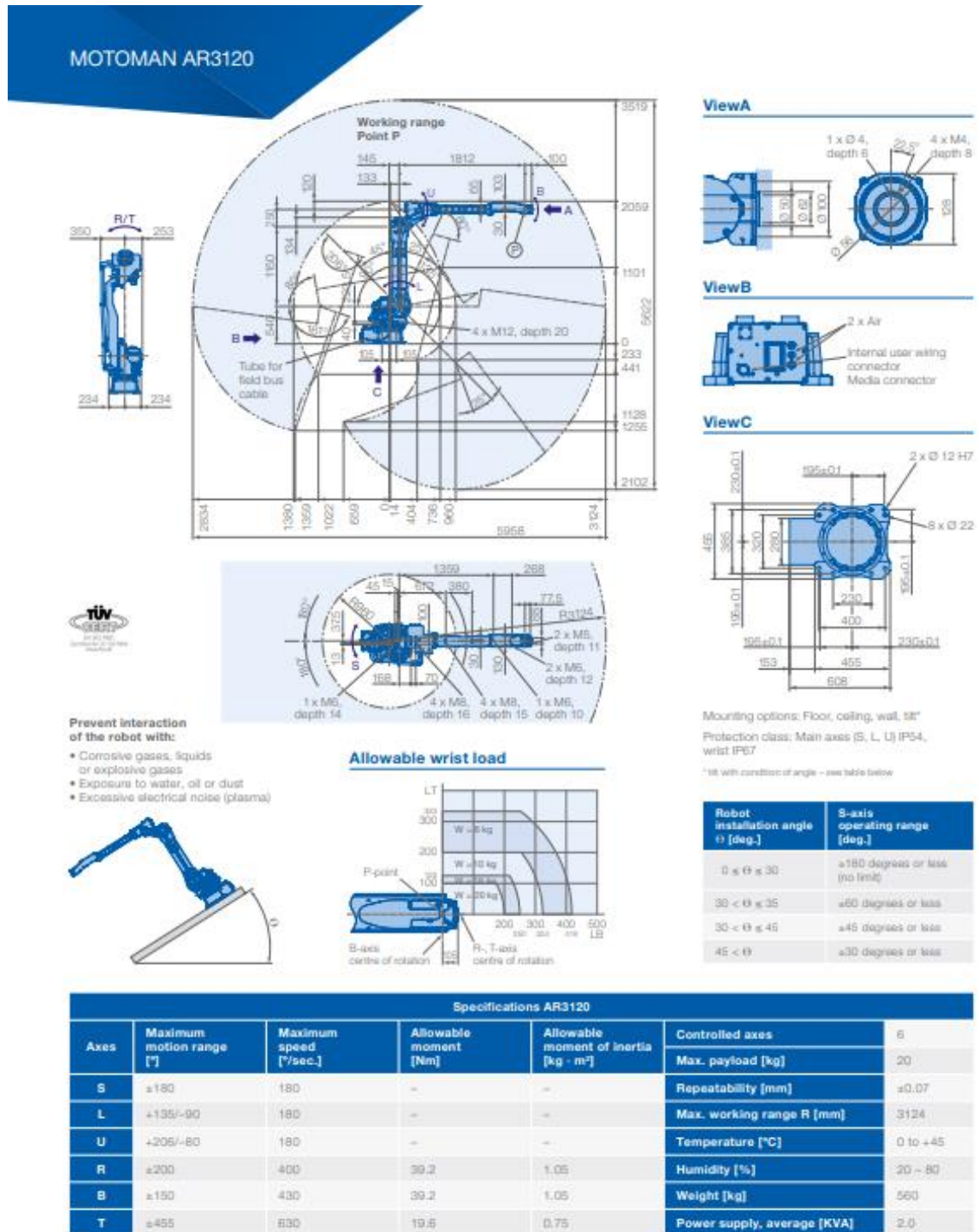
Yaskawan kotisivut

Viitattu 14.4.2021

<https://www.yaskawa.fi>

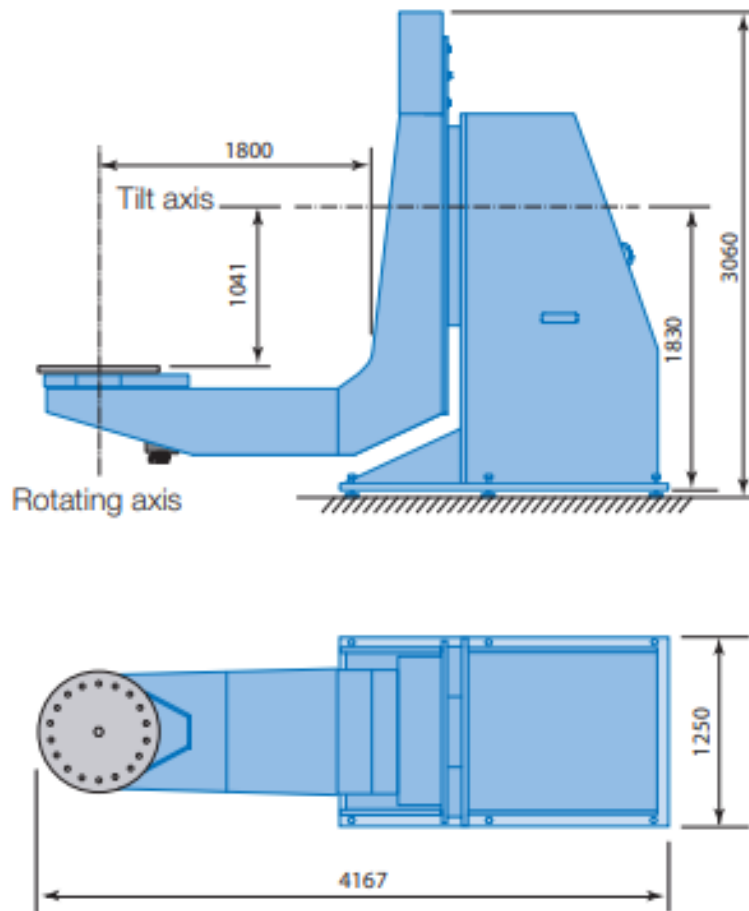
LIITTEET

Liite 1. Robotin ja työstötason mitat.



[https://www.yaskawa.fi/Global%20Assets/Downloads/Brochures Catalogues/Robotics/MOTOMAN Robots/AR-Series/Flyer Robot AR3120 E 09.2020.pdf](https://www.yaskawa.fi/Global%20Assets/Downloads/Brochures%20Catalogues/Robotics/MOTOMAN%20Robots/AR-Series/Flyer%20Robot%20AR3120%20E%2009.2020.pdf)

MT1-3000 S2D



Technical data		MT1-3000 S2D
Max. payload		3000 kg
Welding capacity	100% duty cycle 60% duty cycle	2x 350 A 2x 460 A
Tilt axis torque	dynamic static	15058 Nm 12045 Nm
Tilt axis	rated speed maximum speed	0-1.9 rpm 2.5 rpm
Rotating axis torque	dynamic static	10498 Nm 8398 Nm
Rotating axis	rated speed maximum speed	0-2.7 rpm 3.6 rpm
Rated offset from centre of gravity (COG)		285 mm
Weight		7061 kg

https://www.yaskawa.fi/Global%20Assets/Downloads/Brochures_Catalogues/Robotics/Peripherals/MT1/MT1%20series_1.pdf