

Satakunnan ammattikorkeakoulu
OPINNÄYTETYÖ

Janne Haula

Satakunnan ammattikorkeakoulu



Janne Haula

KOSKETUKSETON RAILONSEURANTA
KEVYTMEKANISOIDUSSA HITSUKSESSA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2008

KOSKETUKSETON RAILONSEURANTA KEVYTMEKANISOIDUSSA HITSAUKSESSA

Tekijä:	Haula, Janne Kalle
Oppilaitos:	Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Aika:	Maaliskuu 2008
Työn valvoja:	TkL Markku Salonen
Sisältö:	78 sivua, 56 kuvaa, 7 taulukkoa, 2 piirustusta
Paikka:	Pori
Työn teettäjä:	Retco Oy
UDK:	62-7, 621.791
Hakusanat:	Kaarihitsaus, Kevytmekanisointi, Railonseuranta

TIIVISTELMÄ

Hitsauksen mekanisointi yleistyy voimakkaasti teollisuudessa niin Suomessa kuin muualla maailmassakin. Hitsaavassa teollisuudessa hitsauksen mekanisoinnilla, erityisesti kevytmekanisoinnilla, voidaan varsin helposti ja pienin taloudellisin panoksikin oleellisesti parantaa hitsauksen tehokkuutta ja laatua. Kevytmekanisoinnin potentiaalinen tehokas hyödyntäminen edellyttää kuitenkin, että laitteet ovat toimivia, helppokäyttöisiä ja haluttuja hitsauksen apuvälineitä. Eräs suurimmista ongelmista kevytmekanisoinnissa on luotettavan, kestävän ja edullisen railon/ levyn pintaa seuraavan laitteen löytäminen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää asetetut vaatimukset täyttävä seurantalaitte. Jo alkuvaiheessa oli selvää, että laitteen tulee olla ja vaativien olosuhteiden tähden rakenteeltaan mahdollisimman yksinkertainen ja hyvin suojattu. Ensivaiheessa kartoitettiin markkinoilla olevia laitteita. Laitteistokartoituksen ja aikaisempien kokemusten perusteella ei yksikään kaupallinen laite täysin vastannut asetettuja vaatimuksia. Järjestelmällisen tuotekehityksen periaatteita noudattaen ryhdyttiin kehittämään asetettujen vaatimusten mukaista pinnan-/ railonseurantalaitetta.

Työhön valittiin esimerkkikohde, joka aikaisemmin oli hitsattu käsin menetelmänä MAG -hitsaus. Kohteessa oli myös kokeiltu vaihtelevalla menestyksellä sekä robotisointia että mekanisointia. Mekanisoinnin esteenä oli ollut puutteellinen railonseuranta. Uusilla ratkaisuilla pystyttiin mekanisoimaan kohde, jolloin hitsauksen paloaikasuhte ja laatu sekä työergonomia saatiin paranemaan merkittävästi.

SEAM FOLLOWER WITHOUT CONTACT IN LIGHT MECHANIZATION

Author: Haula, Janne Kalle
Institute: Satakunta University of Applied Sciences
Department: Mechanical engineering
Time: March 2008
Supervisor: TkL Markku Salonen
Thesis: 78 pages, 56 figures, 7 tables, 2 pictures
Location: Pori
Job done to: Retco Oy
UDC: 62-7, 621.791
Keywords: Arc welding, Light mechanization, Seam follower

ABSTRACT

The welding mechanization is becoming more and more common in the industrial section in Finland and all over the world. In the welding industry the welding mechanization, especially the light mechanization, is one of the economical ways to improve the efficiency and quality of welding. In order to utilize the high potential of simple mechanization, the equipment should be compact size and easy to use. A mechanization unit needs usually a seam follower because the welding seams and surfaces are wavy and inexact. One of the biggest problems in light mechanization is to develop a reliable, durable and economical seam follower.

The goal of the this thesis is to develop a seam and surface follower which works without contact to workpiece. The follower equipment had to be very simple and strong enough because the welding circumstances e.g. in shipyards are very difficult. The first task was to find a seam follower from the world market. The results showed that any commercial equipment didn't completely fulfill the determined requirements. After that started the development of the seam and surface follower use with method of the systematic development.

The example case chosen to this work was earlier welded manually by MAG-welding. They had tested also a welding robot and mechanized welding but results weren't very good. The Obstruction of the welding mechanization had been a deficient seam follower. With the new solutions could be mechanized the case. In this way the welding time was reduced, the welding quality and ergonomics were substantially improved.

ALKUSANAT

Hitsauksen kevytmekanisointi on hitsauksen osa-alueena kehittynyt ja laajentunut viime vuosina voimakkaasti. Opinnäytetyön tekeminen aiheesta kiinnosti koska itse työskentelen päivittäin mekanisointiprojektien parissa. Retco Oy:n tarjotessa mahdollisuutta kyseisen työn toteuttamiseen oli valinta opinnäytetyön aiheeksi suhteellisen helppo. Opinnäytetyö toteutettiin talven 2008 aikana.

Suuri kiitos opinnäytetyön sujuvalle etenemiselle kuuluu koko Retco Oy:n henkilökunnalle, jonka positiivinen suhtautuminen ja avuliaisuus tarvittaessa edesauttoivat opinnäytetyön valmistumista ja tekivät siitä mieluisan projektin.

Luvialla 16.03.2008

Janne Haula

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
ALKUSANAT.....	5
SISÄLLYSLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO.....	9
2 YRITYSESITTELY.....	10
2.1 Retco Oy.....	11
2.2 Bug-o systems.....	11
TEORIAOSA.....	12
3 HITS AUS	12
3.1 Käsite.....	12
3.2 Historiaa.....	12
3.3 MIG/MAG-hitsaus.....	12
3.4 MAG-täytelankahitsaus.....	13
3.5 TIG-hitsaus.....	14
4 HITS AUKSEN KEVYTMKANISOINTI.....	15
4.1 Hitsauksen automaatiotasot.....	15
4.2 Kevytmekanisoinnin hyödyt.....	16
4.3 Kevytmekanisointilaitteet.....	16
4.3.1 Pyörillä kulkevat hitsaustraktorit.....	17
4.3.2 Kiskoilla kulkevat hitsaus- ja leikkauskuljettimet.....	21
4.3.3 Työkappaleeseen kiinnitettävät mekanisointilaitteet.....	23
4.3.4 Yhteiden, holkkien ja ympyrämäisten pintojen mekanisointilaitteet.....	24

4.3.5 Räätelöidyt ratkaisut.....	25
5 HITSUKSEN AIKAINEN LAADUNVARMISTUS JA RAILINSEURANTA..	26
5.1 Yleistä.....	26
5.2 Mekaaniset railonseuranta-anturit.....	28
5.3 Sähkömekaaniset railonseuranta-anturit.....	30
5.4 Sähköiseen kontaktiin perustuvat anturit.....	32
5.5 Valokaariparametrit railonseurannassa.....	32
5.6 Optiset anturit.....	33
5.7 Railonseuranta ultraäänianturilla.....	36
5.8 Railonseuranta elektronisella lähestymiskytkimellä.....	37
5.8.1 Induktiivinen anturi.....	37
5.8.2 Kapasitiivinen anturi.....	39
6. JÄRJESTELMÄLLINEN TUOTEKEHITYS.....	40
6.1 Yleistä tuotekehityksestä.....	40
6.2 Tehtävänasettelu.....	40
6.3 Vaatimusluettelo.....	45
6.4 Ominaisuuksien pistearviointi.....	46
6.5 Luonnosteluvaihe.....	47
6.6 Kehittelyvaihe.....	47
6.7 Viimeistelyvaihe.....	47
6.8 Tuotteen käytettävyys.....	48
KÄYTÄNNÖN OSA	
7 RAILON/ PINNANSEURANTALAITTE MEKANISOITUUN HITSUKSEEN.	50
7.1 Yleistä.....	50
7.2 Seurantalaitteelle asetetut vaatimukset.....	52
7.3 Anturityyppien ominaisuuksien pistearviointi.....	53
7.4 Jatkokehitykseen valittu laite.....	56

8 SEURANTALAITTEEN PROTOTYYPIN KEHITYS.....	57
CASE: Railonseuranta tuotteen pohja- ja kylkilevyn hitsauksessa	
8.1 Yleistä.....	57
8.2 Hitsauskuljettimen valinta.....	58
8.3 Anturin valinta.....	59
8.4 Vaihdemoottorin valinta.....	61
8.5 Laitteen mekaaniset komponentit.....	63
8.6 Kuvaus seurantalaitteen toiminnasta	66
8.7 Käytännön testaukset tuotanto-olosuhteissa.....	67
8.8 Testitulokset.....	70
9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS.....	70
10 YHTEENVETO.....	70
LÄHTEET.....	72
LIITTEET.....	73
Liite 1. Seurantalaitteen piirustukset	
Liite 2. DC-pienoismoottorin tekniset tiedot	
Liite 3. Planeettavaihteen tekniset tiedot	
Liite 4. Induktiivisen anturin esite	

1. JOHDANTO

Suomalaisessa konepaja- ja telakkateollisuudessa on viime vuosina kevytmekanisointilaitteiden käyttö lisääntynyt huomattavasti. Hitsauksen kevytmekanisoinnilla voidaan varsin pienin taloudellisin panoksin oleellisesti parantaa hitsauksen tehokkuutta, laatua ja työergonomiaa. Markkinoille on tullut pieniä, helposti siirrettäviä kiskolla kulkevia ja traktorityyppisiä kuljettimia, joiden käyttömahdollisuudet ja –kohteet kasvavat jatkuvasti. Mekanisoidussa hitsauksessa törmätään kuitenkin toistuvasti ongelmaan, jossa esim. kiskolla kulkeva hitsauskuljetin etenee korkeussuunnassa suoraan mutta hitsattava levy ”aaltoilee”, jolloin hitsauspolttimen ja hitsattavan levyn etäisyys vaihtelee. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää mekanisoituun hitsaukseen soveltuva hitsattavan railon-/pinnan seurantalaitte, jolloin mekanisointilaitteiden käyttömahdollisuudet laajenevat entisestään.

Tavoitteena on antaa lähtökohdat kevytmekanisoinnin käyttöasteen nostamiseen merkittävästi, sekä tuotantoon hyvin soveltuvan ja kestäväen seurantalaitteen prototyypin kehittäminen.

Seurantalaitteelle määriteltiin seuraavia vaatimuksia:

- + kosketukseton seuranta
- + soveltuu teräkselle ja alumiinille
- + hitsauslaiteriippumaton
- + kestää kenttäolosuhteita esim. telakkakäytössä
- + helppokäyttöinen
- + turvallinen

Tällä hetkellä markkinoilla ei ole sopivaa valmista laitetta, joka täyttäisi edellä mainitut ehdot. Laite koostuu polttimenpitimestä, sähkömoottorista, alennusvaihteesta, anturista ja virtalähteestä.

Opinnäytetyön rajaus määriteltiin seuraavasti:

Työ rajattiin tyypilliseen esimerkkikohteeseen, jonka avulla pystytään konkreettisesti testaamaan ja toteamaan kehiteltävän laitteen toimivuus tuotanto-olosuhteissa.

Opinnäytetyö koostuu seuraavista osioista:

- markkinoilla olevien seurantalaitteiden kartoitus
- seurannan ongelmien etsintä ja niiden tunnistaminen sekä löytää ongelmiin ratkaisu
- seurannalle soveltuvien kohteiden kartoitus
- markkinoilla olevien projektiin soveltuvien komponenttien kartoitus
- komponenttien keskinäisen yhteensopivuuden selvittäminen
- tarvittavien osien suunnittelu ja valmistus
- tarvittavat testaukset eri anturityypeillä
- anturitekniikan ja mekanisointilaitteen integroinnin mahdollisuuksien tutkiminen
- toimivan prototyypin valmistus ja testaus tuotannossa
- valmiin laitteen tuominen markkinoille

2. YRITYSESITTELYT

Tässä luvussa on lyhyesti kerrottu opinnäytetyön toimeksiantajasta sekä esitelty projektissa mukana olleita yrityksiä ja yhteistyökumppaneita.

2.1 Retco Oy welding products

Retco Oy welding products on Porissa sijaitseva vuonna 1999 perustettu yritys, joka tuo maahan hitsauslisäaineita, -koneita, -laitteita ja -tarvikkeita. Yritys markkinoi tuotteitaan suoraan konepaja- ja telakkateollisuudelle sekä jälleenmyyjille Suomessa. Retco Oy:n edustamia tuotemerkkejä ovat mm. Tri-Mark, Soudokay, Hyundai, Welding Alloys, BUG-O Systems, Thermal Dynamics, Bernard, Köster&co. Lisäksi yrityksellä on monia omia tuotteita jotka valmistetaan yhteistyössä kotimaisten alihankintayritysten kanssa. Hitsauksen kevytmekanisointilaitteet ovat yksi Retco Oy:n suurimmista tuoteryhmistä. Yritys räätälöi tarvittaessa laitteet asiakkaan tarpeiden mukaan ottaen huomioon hitsattavan tuotteen erityispiirteet mekanoisoinnin kannalta. Retco Oy:n liikevaihto oli vuonna 2007 noin 4 500 000 € Työntekijöitä yrityksessä oli 01.03.2008 6 henkilöä. Retco Oy:n toimitusjohtajana toimii Jukka Setälä.

2.2 BUG-O Systems Inc

Retco Oy:n maahantuoma Yhdysvaltalainen vuonna 1949 perustettu BUG-O Systems on yksi maailman johtavia hitsauksen kevytmekanisointilaitteiden valmistajia. Laitteet ovat joko kiskolla kulkevia hitsauskuljettimia tai omilla pyörillä kulkevia traktoreita. BUG-O on viime vuosina kehittänyt voimakkaasti kevyitä, akkukäyttöisiä ja tehokkaalla magneetilla varustettuja hitsaustraktoreita MIG/MAG – hitsaukseen. Kiskokuljetinpuolella yritys on kehittänyt erityisen moduuleista koostuvan järjestelmän, josta voidaan helposti rakentaa kulloisenkin tarpeen mukaan sopiva laite. Moduuleita on mm. katkohitsaukseen ja hitsauspolttimen vaaputukseen. BUG-O:lla on myös tarjota erilaisia railonseurantaan liittyviä tuotteita kuten mekaaninen railonseuranta ja laser -railonseuranta.

TEORIAOSA

3. HITSAUS

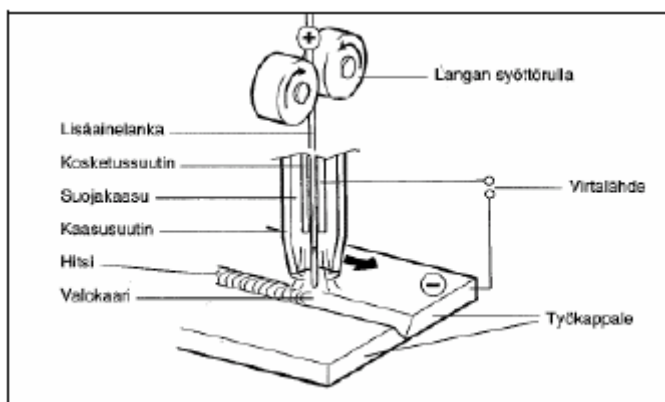
Hitsaus on standardin SFS 3052 mukaan ”osien liittämistä toisiinsa käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden.”. Lämmönlähteenä voidaan hitsauksessa käyttää sähkövirtaa, kitkalämpöä, liekkiä, diffuusiota, lasersädettä tai elektronisuihkua. Hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, jonka sulamislämpötila on likimain sama kuin perusaineella. Tärkein ero hitsaamisen ja juottamisen välillä on se, että juotettaessa liitettävät kappaleet eivät sula. /7/

3.1 Hitsauksen kehittyminen

Hitsaus on menetelmänä hyvin vanha. Vanhimmat todisteet hitsausmenetelmistä ovat noin 3000 eKr. sumerilaisten ja egyptiläisten käyttämistä kovajuottomenetelmistä. Kuitenkin vasta 1800-luvun loppupuolen keksinnöt loivat perustan nykyaikaiselle hitsaukselle. Ensimmäinen valokaarta hyödyntävä hitsausmenetelmä patentoitiin 1880-luvun alussa. Muita merkittäviä kehitysvaiheita olivat Oskar Kjellbergin kehittämä ja vuonna 1905 patentoima päällystetty hitsauspuikko, jauhekaarhitsaus 1930-luvulla sekä nykyisin käytetyin menetelmä, MIG/MAG-hitsaus 1940-luvun lopulla. Täytelankahitsaus, sekä suojakaasun kanssa että ilman suojakaasua hitsattava, sai alkunsa 1950 -luvulla Yhdysvalloissa. 1950-1960 -luvulla kehitettiin plasma-, elektronisuihku- ja laserhitsaus. Ensimmäinen suomenkielinen hitsauksen oppikirja ilmestyi vuonna 1937. Kirjan nimi oli ”Metallikaarihitsauksen oppikirja” . Hitsausta on käsitelty myös Keksintöjen kirjan osassa I vuodelta 1930, jolloin hitsausta kutsuttiin myös yhteenkeittämiseksi. /7/

3.2 MIG/MAG – hitsaus

MIG/MAG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa työkappaleen ja hitsauslangan välillä suojakaasun ympäröimänä. Hitsauslankaa syötetään langansyöttölaitteen avulla tasaisella nopeudella hitsauspistoolin kautta valokaareen. Hitsauslangasta muodostunut sula metalli siirtyy pisaroina langan kärjestä hitsisulaan. Suojakaasu voi olla joko aktiivinen tai inertti kaasu. MIG -hitsauksessa suojakaasuna on inerttiä kaasua (MIG = Metal Inert Gas), joka ei reagoi hitsisulan kanssa, kun taas MAG -hitsauksessa (MAG = Metal Active Gas) aktiivinen suojakaasu reagoi. Inerttejä suojakaasuja ovat esimerkiksi argon ja helium. Aktiivisia suojakaasuja ovat esimerkiksi argonin ja hiilidioksidin, argonin ja hapen seos tai puhdas hiilidioksidi. Pääsääntöisesti terästen hitsaus, myös ruostumattoman teräksen hitsaus, on MAG -hitsausta ja ei-rautametallien hitsaus on MIG -hitsausta. MIG/MAG -hitsaus on yleensä osittain mekanisoitua hitsausta eli hitsaajan käsin suorittamaa hitsausta. Hitsauslanka syötetään koneellisesti hitsauspistooliin ja hitsauspistoolin kuljetus eli hitsausliike tehdään käsin. Hitsaus on myös helppo edelleen mekanisoida, automatisoida ja robotisoida. MIG/MAG -hitsauksen periaate on esitetty kuvassa 1. /7/

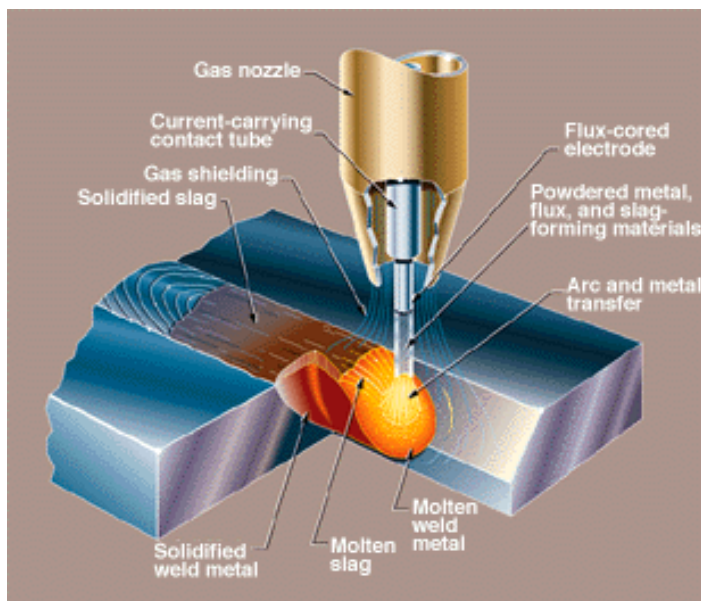


Kuva 1. MIG/MAG -hitsauksen periaate./7/

3.3 MAG -täytelankahitsaus

MAG -täytelankahitsaus muistuttaa toimintaperiaatteeltaan hyvin paljon MAG-hitsausta, jossa hitsauslankana oleva umpilanka on korvattu täytelangalla. MAG-täytelangat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka ovat jauhetäytelangat eli

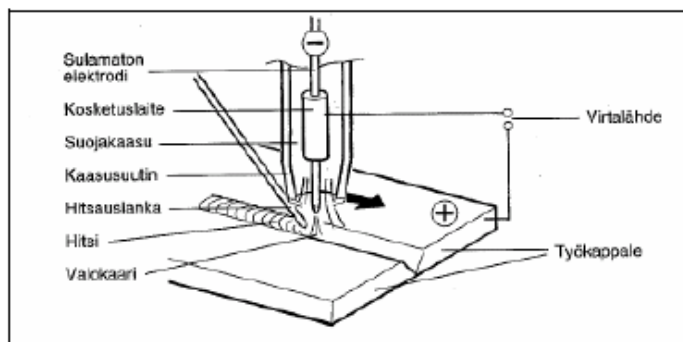
kuonaa muodostavat täytelangat ja metallitäytelangat eli kuonattomat langat. Tyypillisin jauhetäytelanka on asentohitsattava rutiilitäytelanka. Rutiilitäytelangat hitsataan kuumakaarella kaikissa asennoissa nopeasti jähmettyvän kuonan ansiosta, jolloin asentohitsaus on tehokasta. Metallitäytelanka taas soveltuu tehokkaaseen jalko- ja alapienahitsaukseen. MAG -täytelankahitsaus soveltuu erityisesti mekanisoituun hitsaukseen suuren tuoton ja asentohitsattavuuden ansiosta. /3/, /7/



Kuva 2. MAG -täytelankahitsaus /3/

3.5 TIG -hitsaus

TIG -hitsausta käytetään erityisesti ruostumattomien terästen ja alumiinien hitsaukseen lähinnä ohutlevuille ainevahvuudeltaan 0,5 – 6 mm. TIG- hitsauksella saavutetaan korkealaatuisia hitsejä mutta tuottavuus ei ole samaa luokkaa kuin MIG/MAG -hitsauksella. TIG -hitsauksessa syötetään normaalisti lisäaine käsin hitsaussulaan. Markkinoilla on myös ns. kylmälankasyöttölaitteita, joiden avulla langansyöttö tapahtuu koneellisesti. /7/



Kuva 3. TIG –hitsaus. /7/

4 HITSUKSEN KEVYTMEKANISOINTI

4.1 Hitsauksen automaatiotasot

Hitsauksen automatisoinnissa on olemassa eri tasoja, joiden tarkat erot on usein vaikea määrittellä. Seuraavassa automatisointi on jaettu viiteen eri tasoon:

1. Käsinhitsaus.

Esimerkiksi puikkohitsaus.

2. Osittain mekanisoitu hitsaus (puolikoneellinen hitsaus).

Esimerkiksi MIG/MAG -hitsaus, jolloin lisäaineen syöttö on mekaaninen.

3. Mekanisoitu hitsaus.

Esimerkiksi MAG -täytelankahitsaus hitsauskuljettimella. Pääasialliset suoritukset tapahtuvat automatisoidusti. Hitsausparametrien säätöjä voidaan suorittaa hitsauksen aikana.

4. Automatisoitu hitsaus.

Kaikki pääasialliset suoritukset tapahtuvat automatisoidusti.

Hitsausparametrien säätö hitsauksen aikana ei useimmiten ole tarpeen, mutta on kuitenkin mahdollista.

5. Robotisoitu hitsaus.

Automatisoitua hitsausta, jonka suorittaa robotti.

Mekanisoitu hitsaus on koneellista hitsausta, jossa parametrien säädöstä ja railon seurannasta vastaa operaattori eli hitsauksen suorittaja. Mekanisoinnissa on

olemassa eri tasoja ja usein puhutaankin ”low-cost” automaatiosta, jolloin yksinkertaisilla, helposti siirrettävillä ja edullisilla laitteilla pyritään saavuttamaan tehokkaasti riittävä laatutaso. Yleisesti termillä käsitetään pieniä, yhden ihmisen liikuteltavissa olevia laitteita jotka vaativat operaattorin lähes jatkuvaa valvontaa. Laitteisiin voi olla yhdistettynä yksinkertaista anturitekniikkaa, kuten pysäytysanturit hitsattavan liitoksen loppumisen havaitsemiseksi.

4.2 Kevytmekanisoinnin hyödyt

Hitsauksen mekanisoinnilla ja erityisesti kevytmekanisoinnilla voidaan saavuttaa melko pienin kustannuksin monia etuja. Suurimmat hyödyt voidaan jaotella seuraavasti:

- hitsauksen tuottavuus kasvaa
- hitsin laatu on tasainen
- tuotteen ulkonäkö paranee, ei käsinhitsauksen muotovaihteluita
- työergonomia paranee
- työturvallisuus paranee
- operaattorin taitotason ei tarvitse olla niin korkea kuin käsinhitsauksessa (tapauskohtainen).
- jälkityö vähenee
- aloitus- ja lopetuskohtien lukumäärä vähenee
- hitsin a-mitta pysyy vakiona tasaisen kuljetusnopeuden ansiosta
- tehokkaiden hitsauslisäaineiden käyttö mahdollista

4.3 Kevytmekanisointilaitteet

Termi ”hitsauksen kevytmekanisointilaitte” voidaan määritellä seuraavasti:

1. Hitsausprosessi: Kaasukaarihitsaus
2. Kokoonpano: Helposti liikuteltava, pienikokoinen, maksimipaino 20 kg
3. Laitteen säätö: Laitteessa ei adaptiivisuutta, operaattori säätää parametrit
4. Muunneltavuus: Laite on helposti räätälöitävissä kohteen mukaan

Hitsauksen kevytmekanisointilaitteita on markkinoilla monentyypisiä. Nimensä mukaisesti laitteet ovat kevyitä ja helposti siirrettävissä. Ne voidaan pienellä vaivalla viedä työkohteeseen. Erityisesti suurten kappaleiden käsittely on hankalaa, joten on usein järkevämpää viedä mekanisointilaitte hitsattavaan kohteeseen eikä päinvastoin. Kuljetinkiskot ovat helposti kiinnitettävissä magneettien tai imukuppien avulla hitsattavaan työkappaleeseen. Uusimmat traktorityyppiset kuljettimet sallivat asentohitsauksen tehokkaiden magneettien ansiosta. Laitteita voidaan yleisesti käyttää sekä hitsaukseen että polttoleikkaukseen.

Kevytmekanisointilaitteiden tyypit:

- pyörillä kulkevat hitsauskuljettimet
- kiskoilla kulkevat hitsaus- ja leikkauskuljettimet
- työkappaleeseen kiinnitettävät hitsauskuljettimet
- putkiyhteiden, holkkien ja ympyrämäisten pintojen mekanisointilaitteet
- erikoissovellukset ns. räätälöidyt ratkaisut

4.3.1 Pyörillä kulkevat hitsauskuljettimet eli ns. hitsaustraktorit.

Pyörillä kulkevat traktorityyppiset kuljettimet ovat sähkömoottorin avulla liikkuvia laitteita, jotka kulkevat hitsattavaa työkappaletta tai rataa pitkin. Uusimmat laitteet ovat akkukäyttöisiä vapauttaen laitteen verkkovirtakaapelista, jolloin käytettävyys paranee olennaisesti. Laitteet pysyvät tukevasti kiinni hitsattavassa pinnassa laitteen pohjassa olevan magneetin avulla. Traktorit on tarkoitettu pääsääntöisesti pienahitsaukseen. Hitsaustraktorin kulkusuunnan ohjaus toteutetaan laitteen päissä olevien ohjauspyörien avulla. Ohjauspyörät nojaavat hitsattavaa pystylevyä päin, jolloin kuljetin pysyy reitillään. Hitsauspoltin kiinnitetään pitimeen, jossa on yleensä poltinkulman ja kallistuksen säätömekanismit. Polttimen paikoitus tapahtuu ristisäätöluistin avulla. Kehittyneimmät laitteet voidaan varustaa polttimen levityслиikkeellä, jolloin asentohitsaus on mahdollista sekä piena- että päittäisliitoksissa. Hitsaustraktorilla voidaan ajaa tarvittaessa kahta poltinta samaan aikaan, jolloin se soveltuu hyvin esimerkiksi jäykkääjien hitsaukseen. Myös katkohitsausversioita on markkinoilla. Markkinoilla oleviin laitteisiin ei ole

saatavana valmiina hitsattavan kappaleen muotovaihteluja kompensoivaa anturitekniikkaa. Kuvissa 4 - 7 on esitetty erilaisia traktorityyppejä:



Kuva 4. Päittäisliitoksen hitsaus akkukäyttöisellä kuljettimella



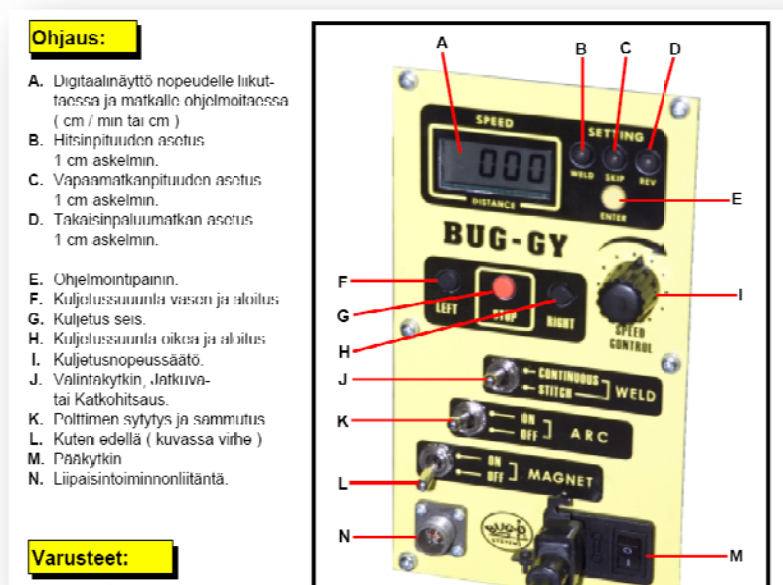
Kuva 5. Pystypiena, pohjassa tehokas magneetti



Kuva 6. Alapiena, pieni akkutoiminen kuljetin /1/



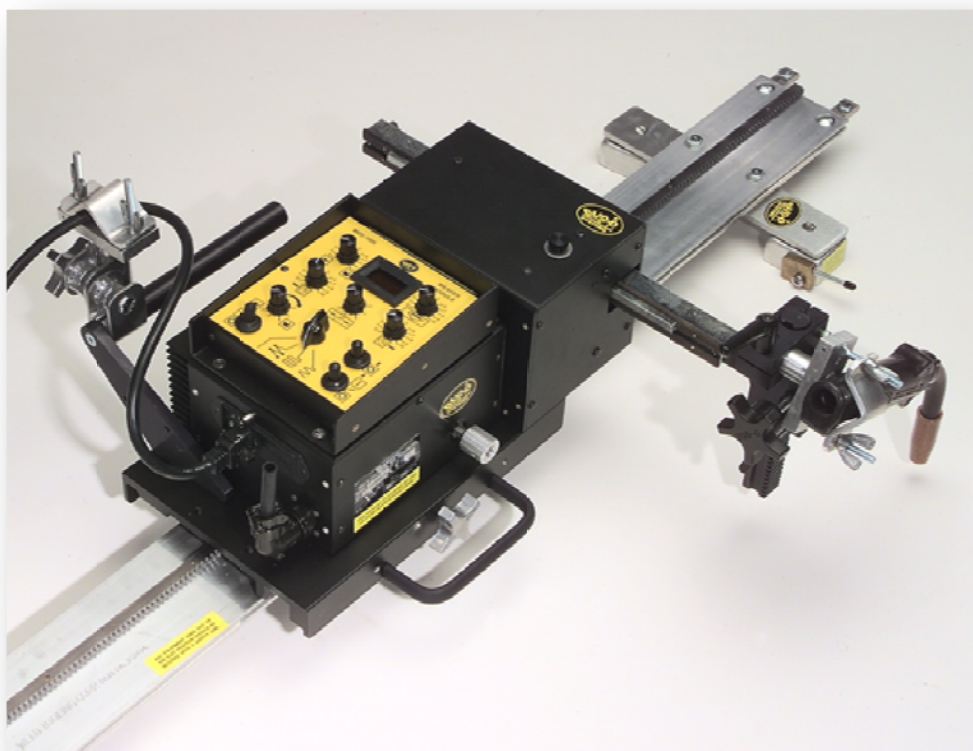
Kuva 7. Katkohitsaustoiminnolla varustettu kuljetin /1/



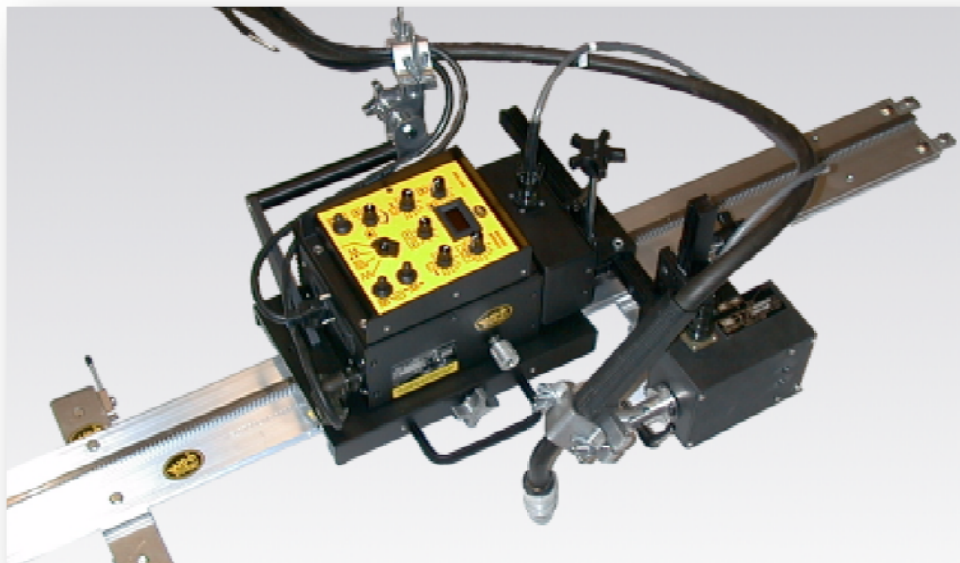
Kuva 8. Kuljettimen ohjauspaneeli ohjelmoitavalla katkohitsauksella /1/

4.3.2 Kiskoilla kulkevat hitsaus- ja leikkauskuljettimet

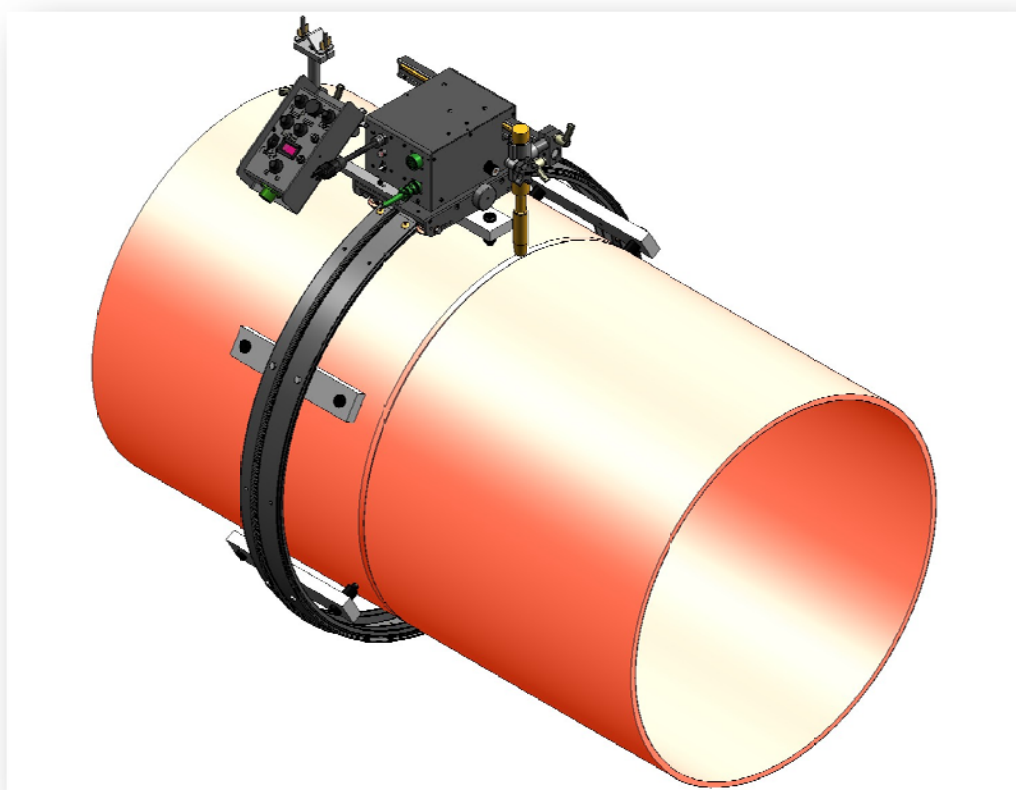
Kiskokuljettimet liikkuvat kiskossa olevan hammastangon ja kuljettimessa olevan hammasrattaan/ sähkömoottorin avulla. Kiskot kiinnitetään yleensä magneeteilla tai imukupeilla suoraan työkappaleeseen. Kiinteissä työpisteissä kiskot voidaan kiinnittää esim. työpöytään tai voidaan helposti rakentaa kevyt porttaalityyppinen ratkaisu. Kiskot ovat joko jäykkiä, jotka on tarkoitettu suorien levypintojen tai palkkien hitsaukseen, tai taipuisia, jotka mahdollistavat säiliöiden ja putkien hitsauksen. Varsinainen kuljetinosa voidaan tarpeen mukaan rakentaa moduuleista halutuksi kokoonpanoksi. Moduulijärjestelmän ansiosta kuljetin on helposti ja joustavasti muunneltavissa eri käyttökohteisiin. Laite voidaan hankkia suoraviivaiseen hitsaukseen ja jälkeinpäin tarpeen vaatiessa hankkia lisämoduuleita aina ohjelmoitaviin versioihin asti.



Kuva 9. Kiskokuljetin lineaarioskilloinnilla /1/



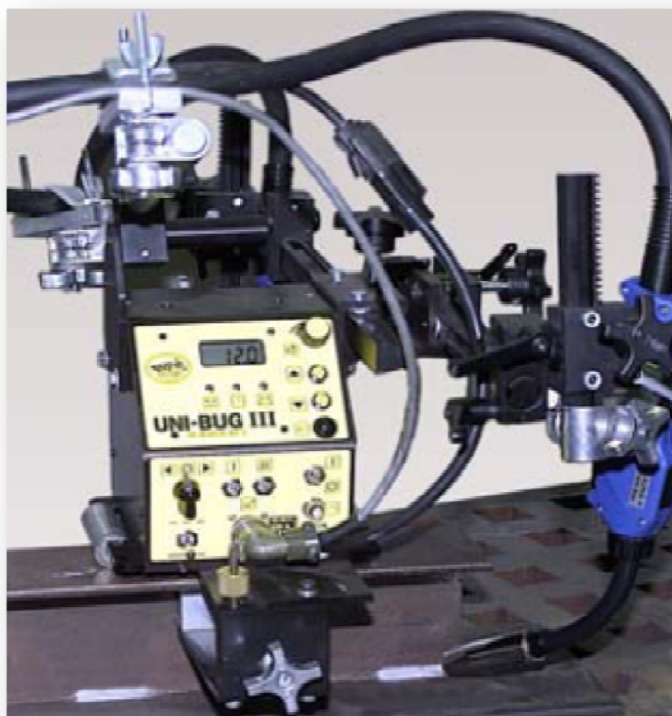
Kuva 10. Kiskokuljetin heilurioskilloinnilla /1/



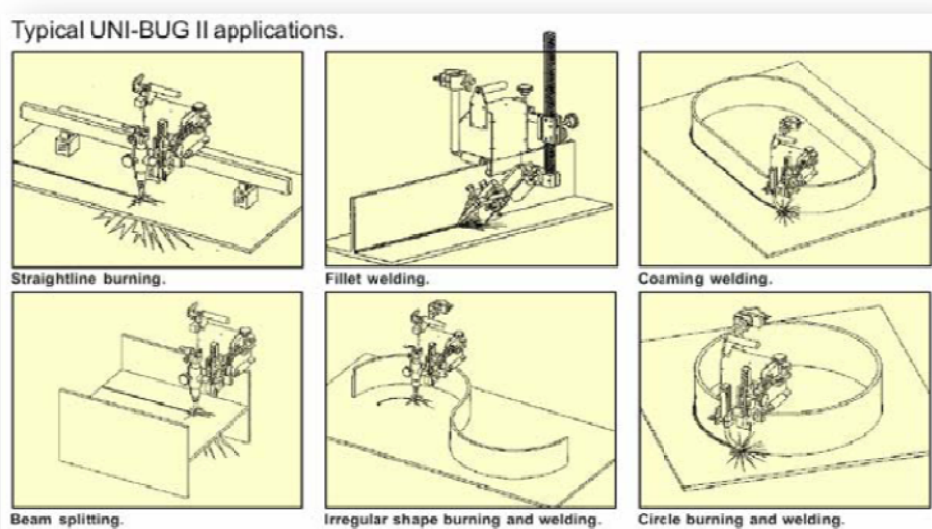
Kuva 11. Putken/säiliön hitsaus, lineaarioskillointi /1/

4.3.3 Työkappaleeseen kiinnitettävät mekanisointilaitteet

Hitsattavaan työkappaleeseen kiinnitettävät kuljettimet soveltuvat erilaisten jäykkääjien ja palkkien hitsaukseen. Mekanisointilaitteen kiinnityksessä voidaan hyödyntää hitsattavan työkappaleen muotoja.



Kuva 12. Hitsattavaan työkappaleeseen kiinnitettävä kuljetin. /1/



Kuva 13. Eri käyttökohteita työkappaleeseen kiinnitettävälle kuljettimelle /1/

4.3.4 Putkiyhteiden, holkkien ja ympyrämäisten pintojen mekanisointilaitteet

Yhteiden ja holkkien hitsaukseen markkinoilta löytyy monia vaihtoehtoja riippuen esimerkiksi hitsattavan kohteen dimensiosta ja siitä onko kyseessä esim. satulapinnan hitsaus. Laitteilla voidaan tarvittaessa suorittaa yhdellä asetuksella sekä leikkaus että hitsaus. Kuvassa 14 on hydraulikkasynterinin yhteiden hitsausta (satulapinta).



Kuva 14. Yhteen hitsaus hydraulikkasynteriniin

4.3.5 Räätelöidyt ratkaisut

Kevytmekanisointilaitteet koostuvat usein moduuleista ja ovat siten helposti räätälöitävissä erilaisiin käyttökohteisiin. Näin pystytään rakentamaan hyvinkin yksilöllisiä ratkaisuja hitsaavan tuotantolaitoksen tarpeisiin. Kuvissa 15 – 17 on esimerkkikohteita:



Kuva 15. Porapaalun mekanisoitu hitsaus.



Kuva 16. Siirtoruuvivin mekanisoitu pinnoitushitsaus.



Kuva 17. Reiän mekanisoitu pinnoitushitsaus.

5. HITSUKSEN AIKAINEN LAADUNVARMISTUS JA RAILON- SEURANTA

5.1 Yleistä

Hitsauksenaikainen laadunvarmistus tarkoittaa yleensä hitsausparametrien mittausta ja railonseurantaa. Myös railotilavuuden määrittäminen on uusimpia laadunvarmistusmenetelmiä. Mekanisoitujen hitsausjärjestelmien tehokas hyödyntäminen edellyttää toimivaa railonseurantaa. Tavoiteltaessa tehokkaampaa ja kustannuksiltaan edullisempaa hitsausta, hitsausnopeuden kasvattaminen, tuoton lisääminen tai hankala railogeometria lisäävät huomattavasti railonseurannalle asetettavia vaatimuksia.

Monitorointi on yksi merkittävä keino tarkkailla hitsauksen laatua hitsausprosessin aikana ja sen jälkeen. Hitsauksen monitorointi mahdollistaa hitsin paremman dokumentoinnin ja alentaa jälkitarkastuskustannuksia. Hitsi voidaan merkitä tarkastusta varten heti, kun poikkeavuus huomataan. Laitteilla pystytään havaitsemaan muutokset prosessissa ja muutoksista mahdollisesti aiheutuvat vaihtelut hitsin laatuun. Nykyisillä monitorointilaitteilla ei pystytä erottelemaan hitsivirhetyyppejä toisistaan, joten prosessin säätö hitsauksen aikana ei ole vielä mahdollista.

Monitoroinnin perusyksikkö. Mittaa hitsausvirran (0 – 1000 A), napajännitteen (0-100 V tai tarvittaessa kaarijännitteen), langansyöttönopeuden (0-25m/min) ja kaasunvirtauksen (0-25l/min). Laitteessa myös sisäänrakennettu oskilloskooppi, jolla voidaan tehdä yksityiskohtaisempia mittauksia. Väri näyttö. Sisäisen muistin kapasiteetti 16h. Toimitukseen sisältyy: perusyksikkö, USB-muistitikku 128 Mb, PC-softa ja käyttöohjekirja. Laitte soveltuu mag/mig/tig/puikko/plasmahitsaukseen, jauhekaarelle, vaihto- ja tasavirralle sekä pulssihitsaukseen. Ohjelmapäivitykset kätevästi muistitikulla. Mitat 240x160x160 mm. Paino < 4,5kg.



Käyttö

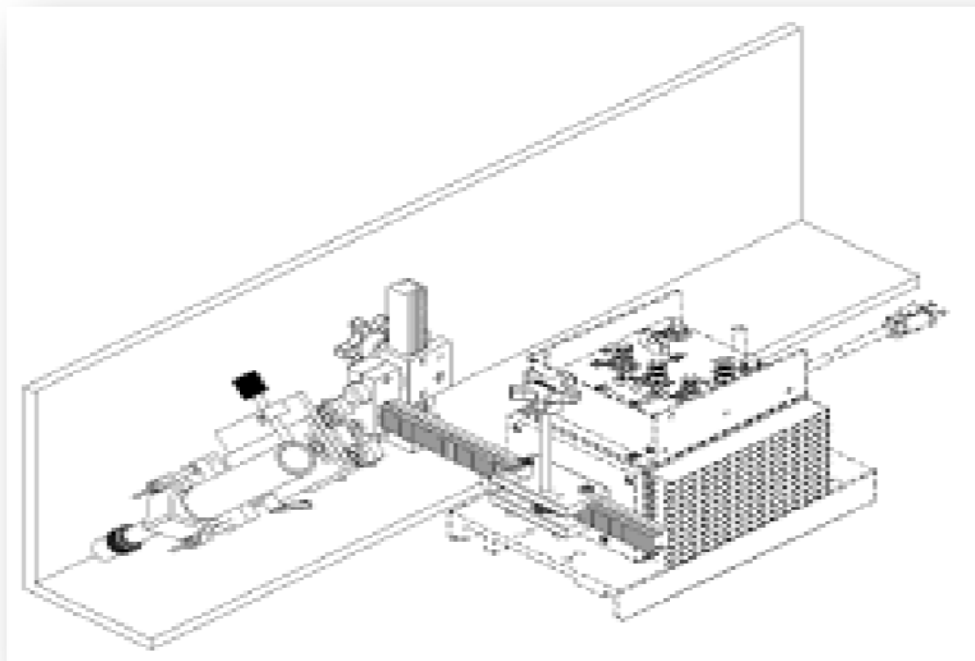
= AC Management of ring memory 0% 100%			Stamp +/-	Asetetun hitsinumeron valinta
Data record	Duration	Stamp	Result	Valitse kaikki hitsit taulukkomuodossa
1	00:00:59	4/1	Save Data	Talleta hitsausarvot muistitikulle
			Delete Data	Poista kaikki hitsausarvot laitteen omasta muistista
Current	Voltage			
187 A	24.6 V			
Wire	Gas			
90.551 in./min	1.024 cu.feet/min		WaveScope	Oskilloskooppitila
Spec1	Spec2		WeldCalib	Kalibrointitila (maksullinen lisävaruste)
0.0 V	0.0 V		Configure	Laitteen konfigurointi

Kuva 18. Hitsauksen monitorointilaitte. /6/

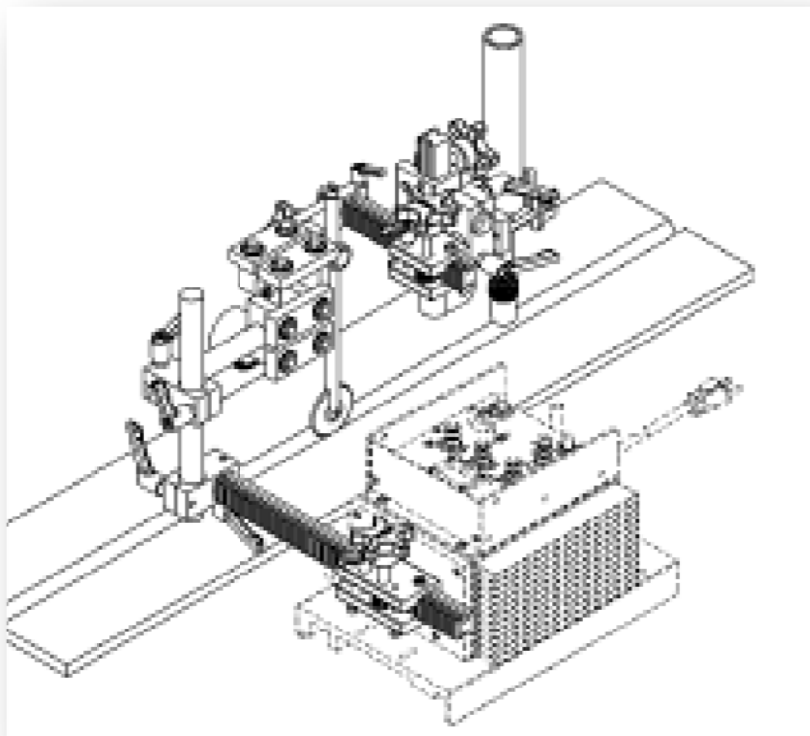
Hitsaustekniikassa käytettävät anturit voidaan jaotella monella eri tavalla, esimerkiksi koskettaviin, geometrisiin sekä teknisiin antureihin. Geometrisillä antureilla mitataan hitsauspolttimen sijaintia raiioon nähden tai syntyvän hitsin geometriaa. Teknisillä antureilla tarkkaillaan itse hitsaustapahtumaa mittaamalla hitsausvirtaa, -jännitettä, langansyöttönopeutta, kuljetusnopeutta ja kaasun virtausta. Seuraavassa on esitelty yleisimmät hitsauksen mekanisointiin ja automatisointiin soveltuvat railonseuranta-anturityypit ja niiden toimintaperiaatteet.

5.2 Mekaaniset railonseuranta-anturit

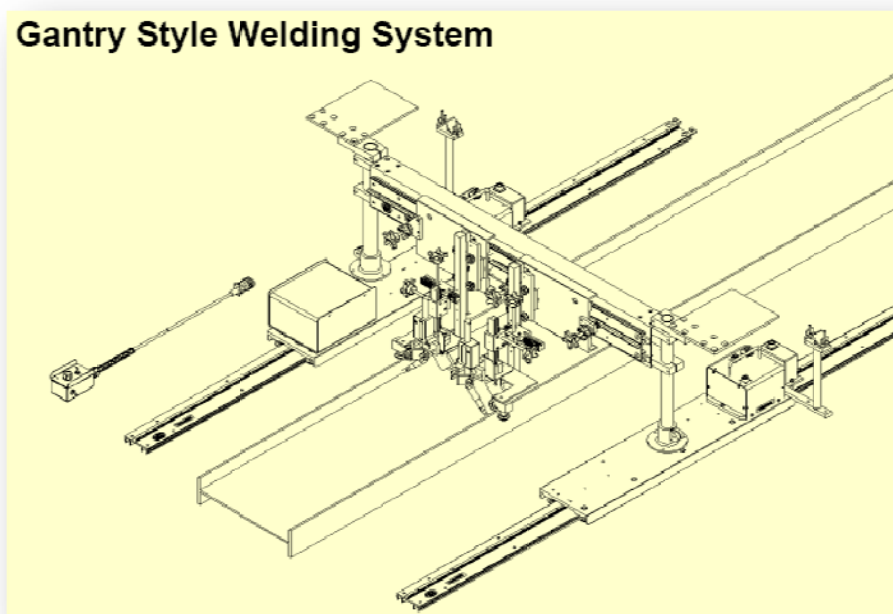
Mekaaniset anturit toimivat siten, että railoon tai sen suuntaiseen ohjauskiskoon tai –pintaan nojaava ohjausrulla tai –sormi ohjaa jäljessä seuraavaa hitsauspäättä hitsaussuuntaan kohtisuorassa ja mahdollisesti myös korkeussuunnassa. Hitsauspää ja anturi ovat kiinteästi kytketyt toisiinsa mutta ovat uivasti kiinnitetyt hitsauspään kannattimeen. Järjestelmä on yksinkertainen ja luotettava, mutta soveltuu vain päistään avoimille ja suhteellisen suorille raiolle. Mekaaniset anturit ovat yleensä jousikuormitteisia, jolloin jousivoima painaa seurainpyörää päin raiola tai työkappaletta.



Kuva 19. Mekaaninen railonseuranta, pienaliitos./1/



Kuva 20. Mekaaninen railonseuranta, päittäisliitos./1/



Kuva 21. Hitsausporttaali, mekaaninen seuranta./1/

5.3 Sähkömekaaninen railon seuranta-anturi:

Sähkömekaanisten anturien toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin mekaanisten antureidenkin, mutta niissä hitsauspää ja anturi eivät ole uivasti kytketty kannattimeen. Sähkömekaanisessa railon seurannassa kosketuselimen kosketus muutetaan joko analogiseksi tai digitaaliseksi sähköiseksi ohjaussignaaliksi, jolla ohjataan hitsauspäättä sivu- ja korkeussuunnassa oikealle kohdalle railoa./4/



Kuva 22. Sähkömekaaninen railon seuranta lieriömäisen kappaleen hitsauksessa./4/



Kuva 23. Sensoriyksikkö./4/



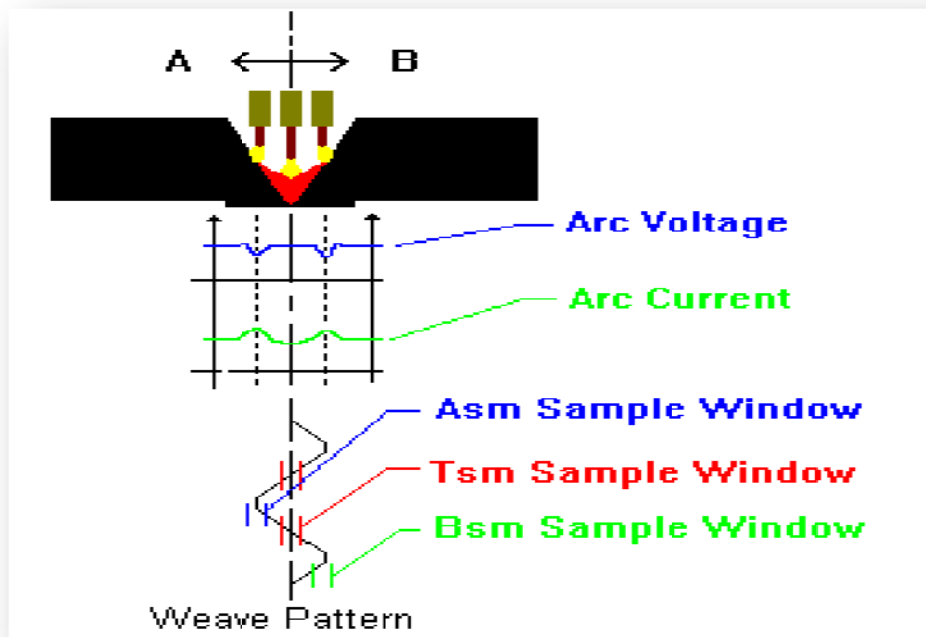
Kuva 24. Tunnustelupäättyyppejä./4/

5.4 Sähköiseen kontaktiin perustuva anturi

Sähköiseen kontaktiin perustuva anturi on yleensä elektrodilla tunnustelu. Sitä käytetään usein railonhakuun robotisoidussa hitsauksessa. Anturina toimii hitsauslangan pää johon johdetaan jännite ja langan osuessa kappaleeseen havaitaan törmäys jännitteen muutoksena. Railon paikka etsitään muutamasta kohdasta hitsin mitalta ennen hitsausta ja näin saatu hitsausrata tallennetaan muistiin. Menetelmän haittana on se, että se ei pysty ottamaan huomioon hitsauksen aikana tapahtuvia muutoksia.

5.5 Valokaariparametrit railon seurannassa

Valokaariparametreja mittaavat railon seurantamenetelmät ovat kosketuksetonta anturointia. Menetelmä perustuu hitsausvirran seurantaan ja vapaalangan pituuteen. MIG/MAG -hitsauksessa hitsausvirran arvo muuttuu jyrkästi kaarenpituuden funktiona. Valokaarta vaaputetaan symmetrisesti railon keskikohdan suhteen kohtisuoraan hitsaussuuntaa vastaan. Virtasuuttimen ja työkappaleen välinen etäisyys muuttuu, joka saa aikaan muutoksia hitsausvirrassa. Hitsausvirran symmetrisyys railon kyljillä ilmoittaa, onko hitsauspää railon symmetrisyysakselilla. Jännitteen ominaiskäyrä virran suhteen on puolestaan tasaisesti laskeva. Mittaamalla kaaren ylimenovastuksen arvon muutoksia, saadaan tietoa jonka perusteella voidaan tehdä halutut muutokset hitsausparametreihin. Menetelmä vaatii laitteiston, jolla pystytään tarkkailemaan hitsausvirtaa sekä langansyöttönopeutta. Ellei langansyöttönopeutta tarkkailla, aiheuttavat langansyöttöhäiriöt virhetilanteen, sillä langansyötön hidastuessa valokaari pitenee ja vapaalanka lyhenee. Tällöin järjestelmä havaitsee hitsausvirran pienenneen ja tulkitsee asian virheellisesti railon geometrian muutokseksi. Menetelmä on käyttökelpoinen moniin hitsausautomaatiosovelluksiin. Menetelmää kutsutaan yleisesti valokaaren läpi tunnusteluksi. /3/, /11/



Kuva 25. Valokaaren läpi tunnustelun toimintaperiaate./3/

5.6 Optiset anturit

Optisten antureiden toiminta perustuu valoon, erityisesti tiettyyn valon aallonpituuteen. Optisten antureiden vahvuutena on mekaanisesti kuluvien osien puuttuminen. Haittapuolina ovat hitsaussavun, roiskeiden, valokaaren ja heijastuksien vaikutukset mittaustulokseen. Suurimmassa osassa näköantureihin perustuvissa railon seurantamenetelmissä käytetään videokameraa (viivakamera), jolla kuvataan railon poikki heijastettavaa valojuovaa. Valojuovan paikan ja muodon perusteella saadaan selville railon paikka ja muoto. Optiset anturit soveltuvat kaikille liitos- ja railotyypeille sekä railon etsintään että seurantaan. Optisilla antureilla on mahdollista saada paljon informaatiota itse railosta. Sijaintitiedon lisäksi voidaan mitata mm. railon muotoa, tilavuutta ja ilmaraon suuruutta.

Optiset railon seuranta-anturit voidaan jakaa strukturoidun valon menetelmiin, lasersäteen pyyhkäisyyn perustuvaan menetelmiin ja hitsisulan tarkkailuun perustuviin menetelmiin.

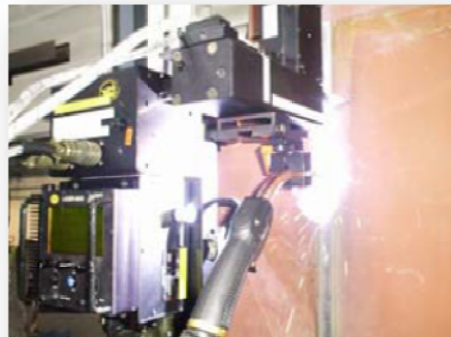
Lasersäteen pyyhkäisyyn perustuvissa menetelmissä hitsauspään edessä poikkeutetaan lasersädettä ja heijastuneen säteen asema mitataan hyödyntäen kolmiomittausperiaatetta. Railon paikka, leveys ja syvyys havaitaan jokaisella poikkeutuskerralla. /11/

Strukturoidun valon menetelmään perustuvat anturit koostuvat yleensä laservalonlähteestä, CCD -kamerasta, optiikasta ja kuvankäsittelyjärjestelmästä. Valojuovan muoto ja paikka seuraavat railon muotoja ja kameran avulla kuva johdetaan tietokoneeseen. Kuvankäsittelyohjelman avulla tietokone antaa ohjaimelle tiedon railon geometriasta ja sijainnista. Strukturoidun valon menetelmä on tänä päivänä suosituin railon seurantamenetelmä kaupallisissa sovelluksissa. /11/, /5/



Kuva 26 ja 27. Erilaisia laserskannereita. /5/

Mekanisointiin soveltuvia kaupallisia sovelluksia löytyy muutama, yksi kehittyneimmistä on MEL Mikroelektronik GmbH:n ja Bug-o Systemsin kehittämä Laser BUG -kuljetin. Kuljetin on tarkoitettu monipalkohitsaukseen. Laite skannaa railogeometrian ja railon paikan muistiin ensimmäisellä ajolla. Seuraavat palkokerrokset täyttyvät tiedossa olevan geometrian perusteella. /1/, /5/



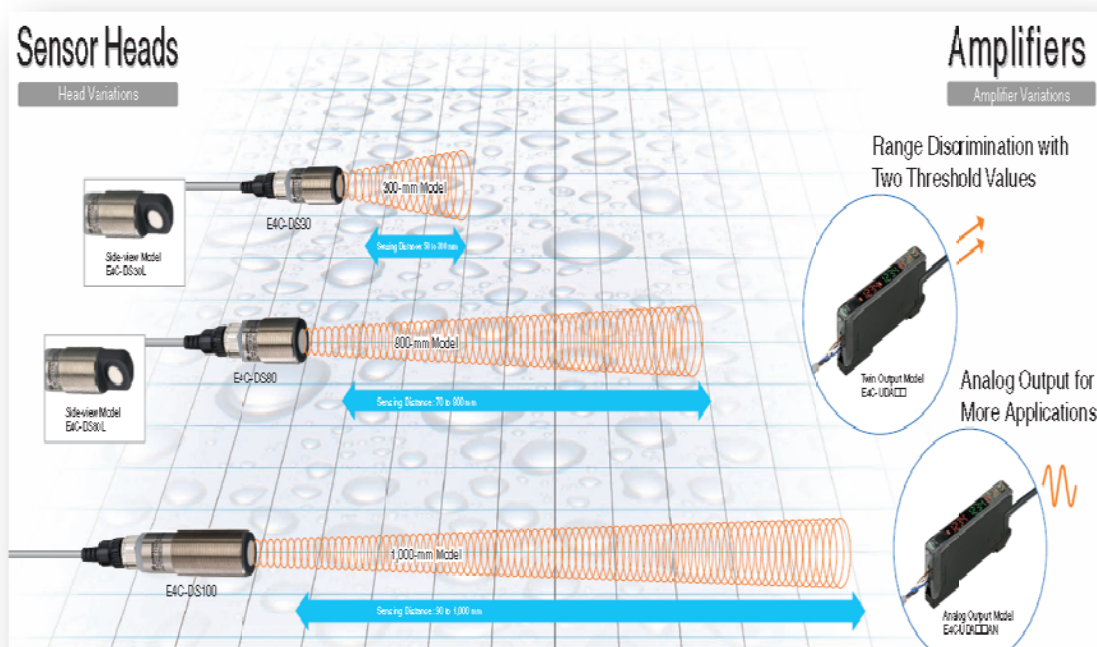
Kuva 28 ja 29. Kiskokuljetin laserseurannalla, monipalkohitsaus.



Kuva 30. Lasersensorin suojalevy ehkäisee valokaaren ja savukaasun häiriöitä /1/

5.7 Railonseuranta ultraäänianturilla

Railonseuranta ultraäänianturilla perustuu äänen kulkemaan matkaan. Anturi toimii kaikuluotaimen tapaan ilmoittaen polttimen etäisyyden hitsattavaan kappaleeseen nähden ja/tai railon sijainnin. Lähettimen ääni heijastuu perusaineesta ja ilmaisin ottaa sen vastaan. Vaaputtamalla lähetin-vastaanotinyksikköä ja monitoroimalla vastaanotettavaa pulssia on mahdollista toteuttaa railonseuranta. Ultraäänianturin erotustarkkuus on huonompi kuin laseranturilla, koska ääniaalto heijastuu kappaleesta pallomaisena aaltona. Myös signaalin vaimenemisen ja sironnan takia kappaleesta saatu ”kuva” on laseranturia epämääräisempi. /10/



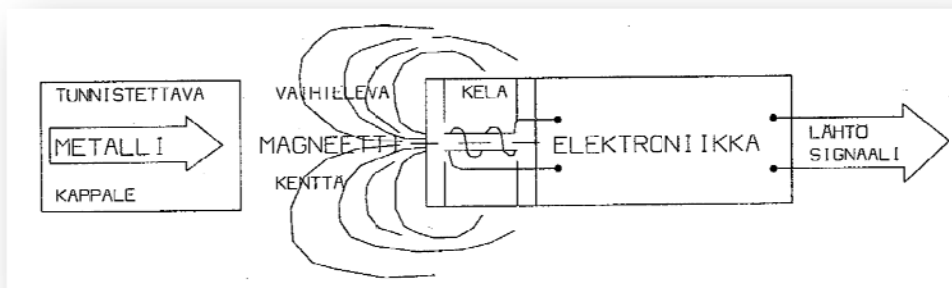
Kuva 31. Erilaisia ultraääniantureiden mittauspäitä ja tunnistusetäisyyksiä. /12/

5.8 Railonseuranta elektronisella lähestymiskytkimellä

Lähestymiskytkin on elektroninen anturi. Periaatteeltaan se eroaa mekaanisesta rajakytkimestä siten, että se kytkee kosketuksetta jo lähestymisvaiheessa ja toimii elektronisesti ilman kosketinta. Koska lähestymiskytkimissä ei ole kuluvia mekaanisia osia, kuten ohjausvarsia ja koskettimia, niiden elinikä on rajaton. Elektronisia antureita ovat mm. induktiivinen ja kapasitiivinen anturi.

5.8.1 Induktiivinen anturi

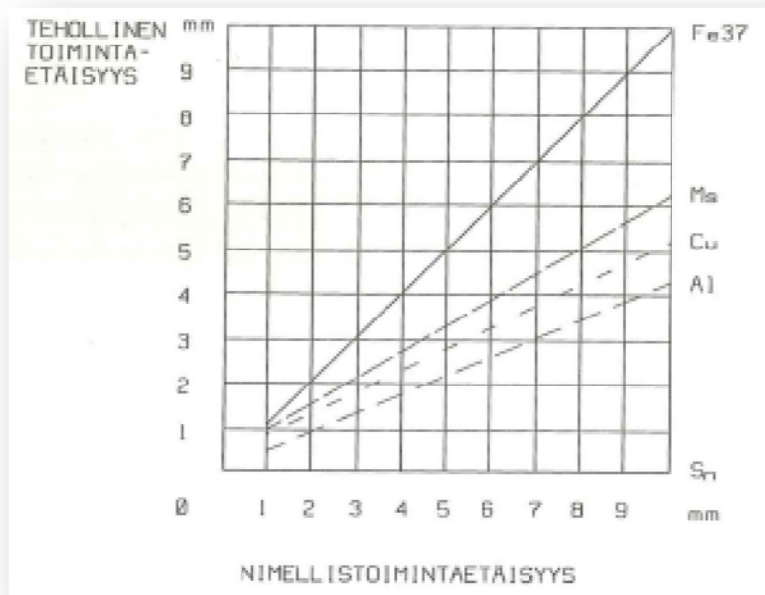
Induktiivisten antureiden /lähestymiskytkinten toimintaperiaatteena on sähkömagneettisen kentän häiriintyminen tunnistusetäisyydellä. Anturin tunnistuspinnalla on vaihtuva magneettikenttä, joka on saatu aikaan oskillaattorilla. Jos magneettikenttään tuodaan sähköä johtavaa materiaalia, esimerkiksi metallia, syntyy induktiopyörrejännitettä. Pyörrevirta ottaa LC -värähtelypiiristä (kela-kondensaattori) energiaa, minkä seurauksena oskillaattori vaimenee. Anturiin kytketty elektroniikka muuntaa amplitudin pienenemisen yksiselitteiseksi sähkösignaaliksi, joka puolestaan muuttaa anturin kytkentätilaa (0 tai 1). Jos sähköä johtava materiaali poistetaan vaihtokentästä, värähtelyamplitudi kasvaa jälleen ja anturin alkuperäinen kytkentätila palautuu. Induktiivisilla antureilla toteutettu railonseuranta soveltuu parhaiten pienaliitoksiin ja hitsattavan pinnan etäisyyden seurantaan. Päittäisliitosta hitsattaessa tulee hitsausrailoissa olla selvä ilmarako, jotta hitsauspoltin molemmilla puolilla olevista antureista saadaan mittaustulos railon kumpaankin seinämään. Mittaustuloksia vertailemalla nähdään onko etäisyys kumpaankin railon seinämään yhtä pitkä, eli onko poltin keskellä railoa. /9/



Kuva 32. Induktiivisen anturin toimintaperiaate. /10/



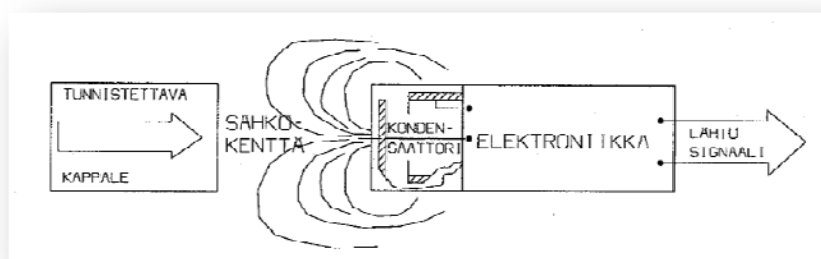
Kuva 33. Induktiivisen anturin mittauspää ja vahvistin. /12/



Kuva34. Induktiivisen anturin tunnistusetäisyys eri materiaaleille. /10/

5.8.2 Kapasitiivinen anturi

Kapasitiiviset anturit ovat hyvin samankaltaisia kuin induktiiviset anturit. Kapasitiivisen kytkimen tuntopää muodostaa yhdessä pohjakuoren kanssa kondensaattorin, jossa ilma toimii eristeenä. Tunnistettavan kappaleen lähestyessä tuntopäätä, kondensaattorin sähkökenttä heikkenee, jolloin anturissa olevan oskillaattoriipiirin taajuus muuttuu. Käytännössä kapasitiivisen anturin transistorioskillaattoriipiiri toimii samalla perusperiaatteella kuin induktiivisen anturin oskillaattoriipiiri. Kapasitiivinen anturi reagoi kaikkiin aineisiin. Kapasitiivista anturia käytetään yleensä induktiivisen sijasta, kun tunnistettava materiaali ei ole metallia. Kapasitiivisen anturin kytkentätaajuus on pienempi kuin induktiivisen, mikä hieman rajoittaa sen käyttöä. Kapasitiivisten anturien käytön yhteydessä on muistettava, että pölyntyminen ja likaantuminen aiheuttavat kytkentähäiriöitä ja muutoksia kytkentätaajuuteen, joten hitsausolosuhteisiin se sopii varauksin. /9/, /10/



Kuva 35. Kapasitiivisen anturin toimintaperiaate. /10/



Kuva 36. Kapasitiivisen anturin mittauspää. /12/

6. JÄRJESTELMÄLLINEN TUOTEKEHITYS

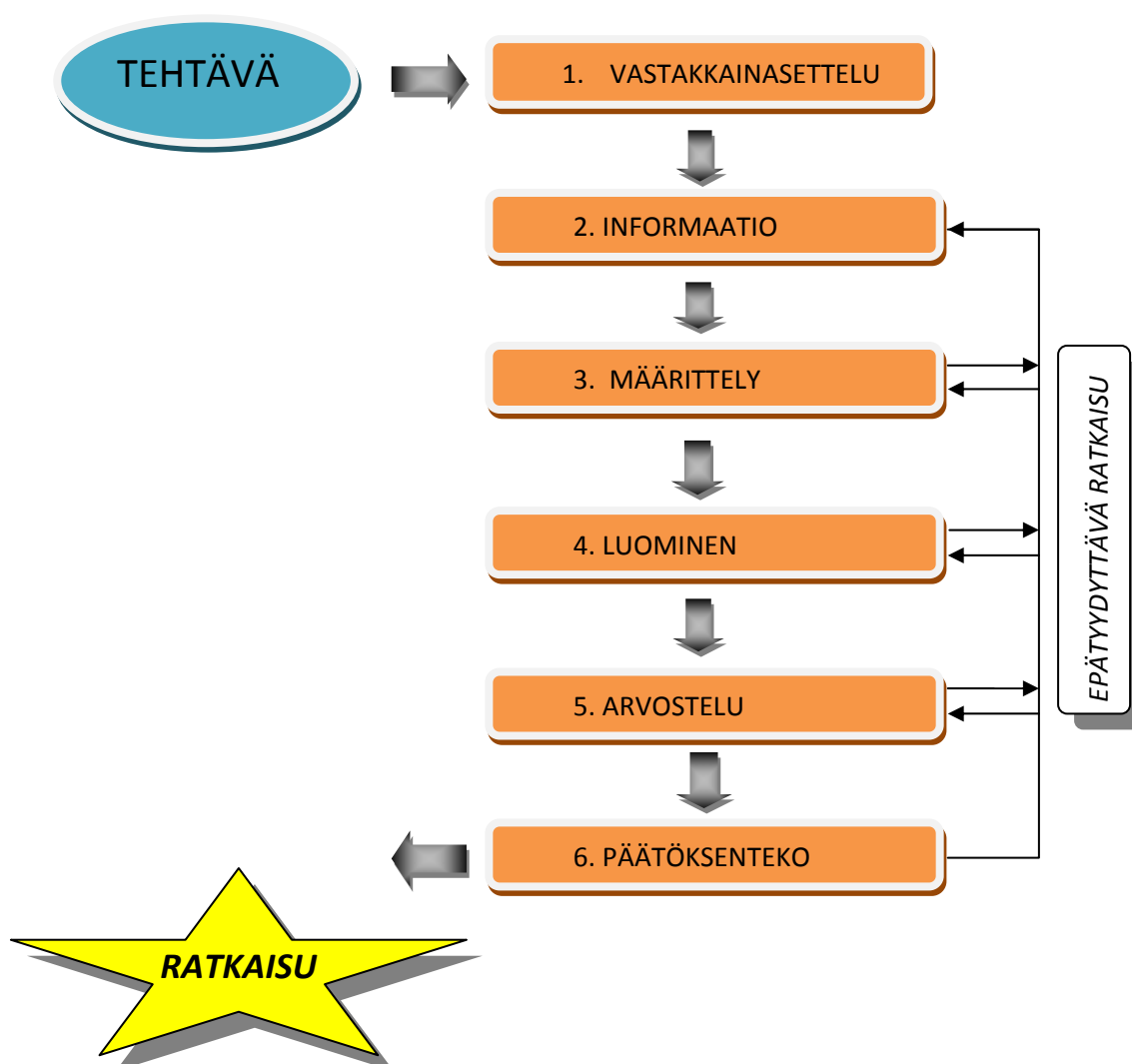
Tässä osiossa on esitetty keskeisiä koneensuunnittelun peruseriaatteita. Kovin laajaa esitystä on pyritty tietoisesti välttämään valitsemalla mukaan vain muutamia prototyyppien kehitystyöhön ja suunnitteluun läheisesti liittyviä pääkohtia.

6.1 Yleistä tuotekehityksestä

Ongelman ratkaisuprosessin oleellinen osa on analyysi. Tällöin edetään vuorottelevilla työ- ja ratkaisuaskelilla kohti tavoitetta. Vuorottelevat työ ja ratkaisuaskeleet varmistavat yhteyden säilymisen tavoitteenasettelun, suunnittelun, suorittamisen ja kontrollin välillä. Jokaisen läpikäydyn askeleen jälkeen otetaan ulos informaatiotulostus, jonka perusteella työaskelta voidaan muuttaa tarvittavaan suuntaan ennen uuden askeleen ottamista. Tarvittaessa voidaan työaskel toistaa tai edetä seuraavaan askeleeseen. Toistamalla tätä silmukkaa aina korkeammalla tasolla saadaan toivottavia parannuksia aikaiseksi.

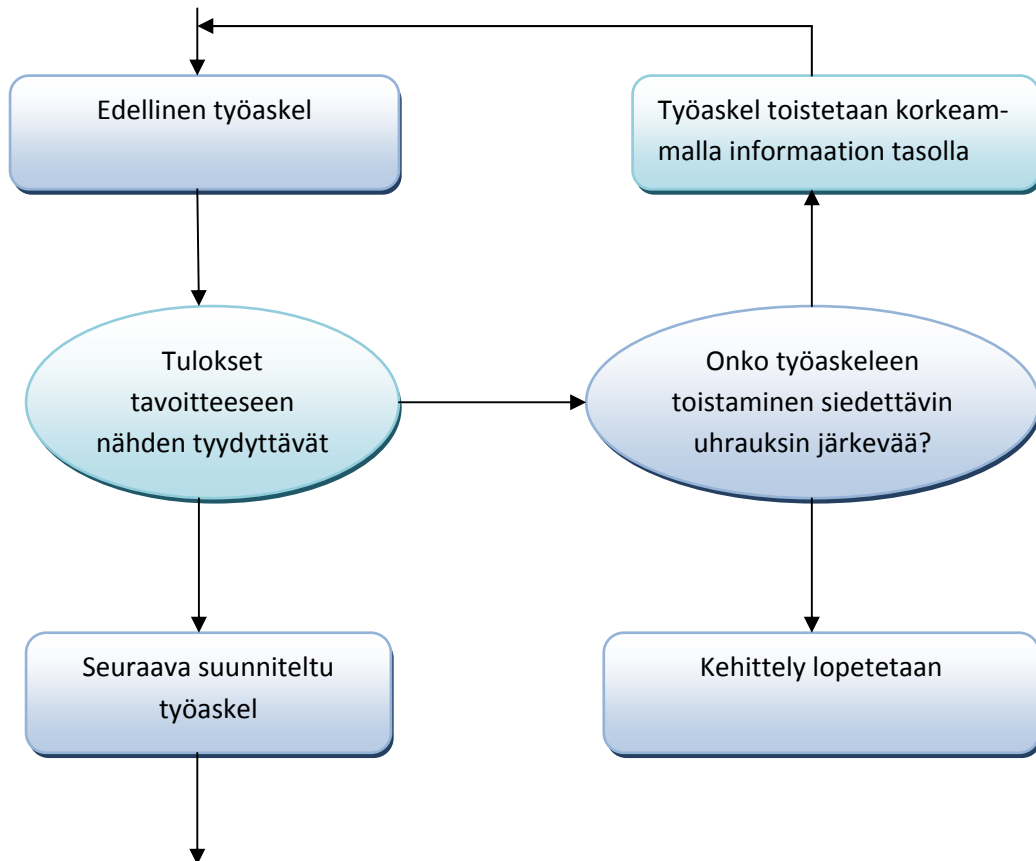
6.2 Tehtävänasettelu

Jokainen tehtävänasettelu aiheuttaa aluksi vastakkaisasettelun tuntemattomien ja tunnettujen ratkaisuvaihtoehtojen välillä. Vastakkaisasettelun voimakkuus riippuu ongelman ratkaisijan henkilökohtaisista tiedoista, taidoista, kokemuksista ja alasta, jolla toimitaan. Informaation eli tiedon hankinta on tehtävän ratkaisun kannalta tärkeää, jotta vastakkaisasettelua saadaan vähenemään. Seuraavassa vaiheessa määritellään ongelma. Määrittelyssä asetetaan oleelliset vaatimukset, joiden perusteella voidaan aloittaa varsinainen luova vaihe. Luomisen aikana kehitetään ratkaisuideoita erilaisilla ratkaisumenetelmillä. Seuraavassa on selvitetty yleisen ratkaisuprosessin kulkua:



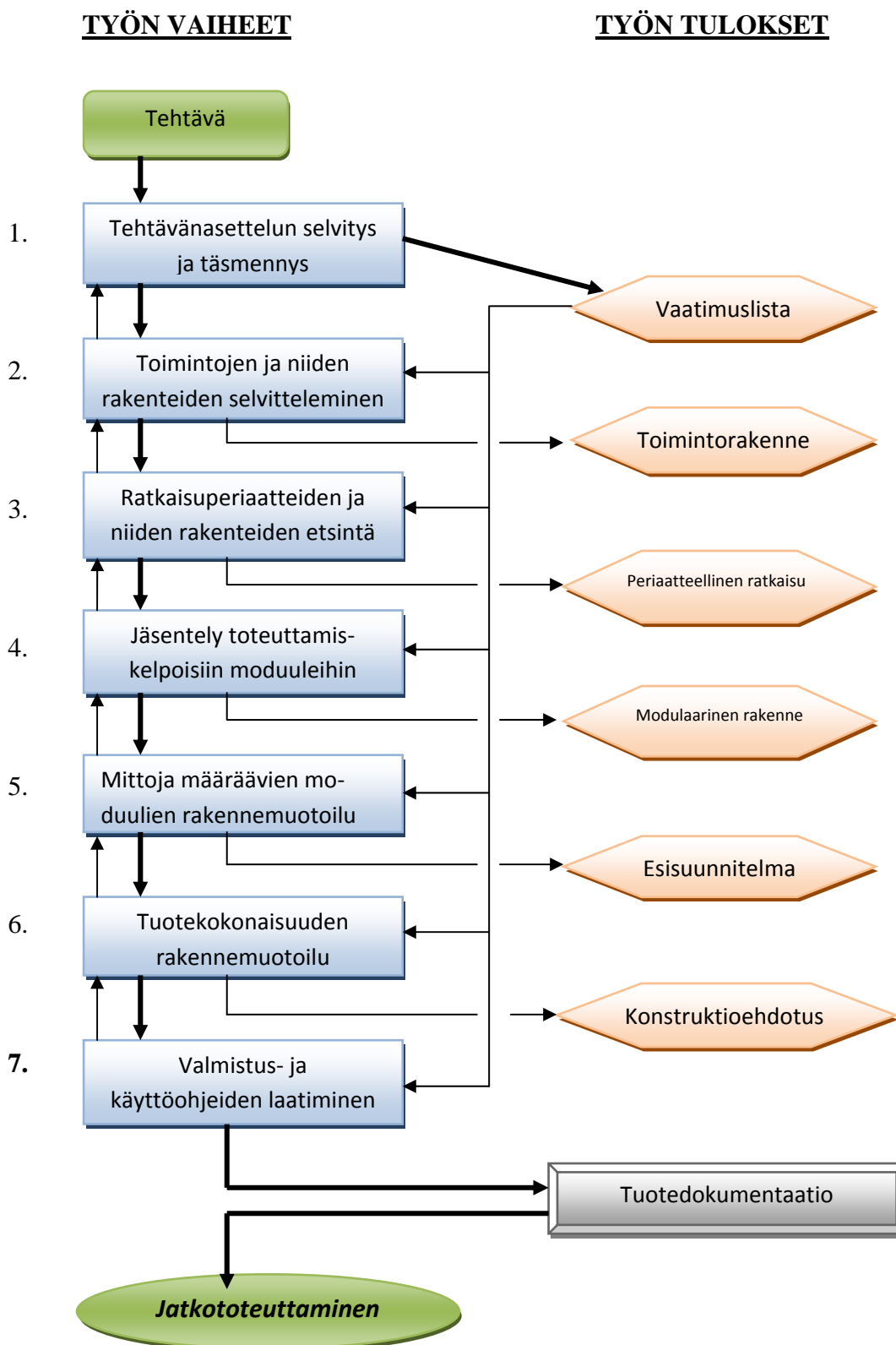
Kuva 37. Ratkaisuprosessin kulku. /13/

Ratkaisuprosessi tuottaa tuloksena useita ratkaisuvaihtoehtoja. Useat ratkaisuehdotukset tekevät välttämättömäksi arvostelun eri vaihtoehtojen välillä parhaan ratkaisun löytämiseksi. Saavutettuja tuloksia tarkastellaan arvosteluaskeleessa, jolloin päätetään mihin suuntaan edetään. Arvosteluaskeleessa voidaan todeta, että tulokset ovat tyydyttäviä ja voidaan siirtyä seuraavaan työaskeleeseen tai työaskel voidaan toistaa korkeammalla informaation tasolla. On myös tarkasteltava onko työaskeleen toistaminen siedettävillä uhrauksilla järkevää. Mikäli todetaan, että toistaminen ei ole järkevää, on kehittäminen lopetettava. Kuvassa 2 on selvitetty yleisen päätöksentekoprosessin vaiheita.



Kuva 38. Vaiheistus yleisessä päätöksentekoprosessissa. /13/

Saksalaisen standardin VDI 2221:n mukainen ohjeisto antaa kehittelylle ja konstruoinnille seitsenportaisen etenemistavan. Etenemistapa on tehty koneenrakennuksen tarpeita ajatellen, mutta se soveltuu moniin muihinkin kohteisiin.



Kuva 39. 7-portainen etenemistapa tuotekehittelylle. /13/

Ennen suunnitteluprosessin aloittamista tuotekehitystyössä on varmistettava, että kaikki suunnittelussa tarvittavat kehitettävän tuotteen olennaiset tiedot ja vaatimukset ovat suunnittelijan käytettävissä. Jokainen tehtävä sisältää tietyt reunaehdot ja tavoitteet, jotka on täysin ymmärrettävä ja tiedettävä, jotta optimaalinen ratkaisu löytyisi. Tehtävä on alusta asti määriteltävä mahdollisimman hyvin. Tehtävänasetteluvaiheen tuloksena syntyvä tuotteen spesifikaatio (tehtävän kuvaus ja vaatimusluettelo) toimii suunnittelun ja päätöksenteon perustana.

Määrittelytyöhön käytetty ylimääräinen aika saadaan usein moninkertaisesti takaisin tuotteen kehittä- ja viimeistelyvaiheessa. Suunnitteluprosessin lopussa tapahtuva viimeistelytyö jää perusteellisesti suoritettuna tehtäväasetteluvaiheen ansiosta vähäisemmäksi.

Tehtävänasettelussa toiminnat esitetään yleisesti. Ne vastaavat kysymykseen ”mitä järjestelmä tekee?” ja voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

1. Päätoiminnot
2. Tukitoiminnot
3. Tulevaisuuden toiminnot

Tehtävänasettelussa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

1. Vastaavien omien tuotteiden puutteet
 - myyntiosaston käsitykset asiakkaan tarpeista
 - asiakkaan palaute ja valitukset
 - kokoonpano- ja testiraportit
2. Tekninen taso
 - kilpailijoiden vastaavat tuotteet ja ratkaisut
 - samantyyppisten ratkaisujen hakeminen
 - patenttien tutkiminen
3. Lait, standardit ja ohjeet
 - työturvallisuuslaki, sähkölaki, tuotevastuulaki

- kansainväliset suositukset
- kansalliset standardit
- asiantuntijoiden neuvot

4. Tulevaisuuden kehityssuunnat

- asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten muuttuminen tulevaisuudessa
- uusien tuotekehitysprojektien seuranta
- ideaaliratkaisu tulevaisuudessa

6.3 Vaatimusluettelo

Oleellinen osa konstruktion työkulkua on vaatimuslistan määrittely. Vaatimuslista syntyy tehtävänasettelun selvityksen ja täsmennyksen tuloksena. Vaatimuslistassa huomioidaan konstruktiivisen kehittämisen tarpeet ja sen mukaisesti suunniteltavat työaskeleet. Vaatimuslista pidetään ajan tasalla projektin edetessä ja informaation lisääntyessä. Vaaditut tavoitteet ja rajaukset on oltava selvät vaatimuslistaa laadittaessa, jotta vältetään virheellisiltä kehitelmiltä. Listaan kirjataan vaatimukset ja toivomukset. Ne voidaan ryhmitellä kolmeen luokkaan:

1. Kiinteät vaatimukset

- Vaatimusten tulee toteutua kaikissa tilanteissa. Jos ratkaisu ei täytä näitä vaatimuksia, tulos ei ole hyväksyttävä (esim. roiskesuojaus).

2. Vähimmäisvaatimukset

- Vaatimuksilla on raja-arvo, jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa (esim. minimiteho, maksimi melutaso).

3. Toivomukset

- Tarpeita jotka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. Ehtona voi olla esim. tietyn lisäkustannuksen alittuminen.
- Toivomukset voidaan luokitella tärkeysjärjestykseen.

6.4 Ominaisuuksien pistearviointi

Syntyneitä ratkaisuja voidaan arvioida monilla eri tavoilla ja monissa eri suunnitteluvaiheissa. Useissa tapauksissa paras arviointitulos saavutetaan prototyypin valmistuksen kautta. Tällöin valmistetaan ratkaisuvaihtoehdoista prototyypit, joita voidaan konkreettisesti vertailla toisiinsa. Monissa tapauksissa prototyypin valmistus ei kuitenkaan ole taloudellisesti eikä ajallisesti mahdollista.

Tuotteen hyvyttä arvioidessa käytetään myös pistearviointia. Pistetaulukoita on olemassa erilaisia. Seuraavassa kaksi esimerkkiä:

Taulukko 1. Hyötyarvoanalyysi. /11/ Taulukko 2. Ohjeisto VDI 2225. /11/

Pisteet	Merkityksellisyys
0	kelvoton ratkaisu
1	hyvin puutteellinen r.
2	heikko ratkaisu
3	siedettävä ratkaisu
4	riittävä ratkaisu
5	tydyttävä ratkaisu
6	hyvä r. pienin puuttein
7	hyvä ratkaisu
8	hyvin hyvä ratkaisu
9	tavoitteen ylittävä r.
10	ideaaliratkaisu

Pisteet	Merkityksellisyys
0	epätydyttävä
1	vielä juuri siedettävä
2	riittävä
3	hyvä
4	erittäin hyvä (ideaalinen)

6.5 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaiheessa tarkastetaan ensiksi ovatko lähtötiedot riittävän täsmälliset. Pyritään etsimään erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Aluksi on tärkeää pyrkiä keskittymään ”yleispätevään” ratkaisuun ja vältetään yksityiskohtia. Laaditaan toimintorakenne: Jos uutuusaste on suuri, niin toimintorakenne tehdään tarkasti. Sovelluskonstruktiossa, kuten tässä opinnäytetyössä, saadaan toimintorakenne osittain valmiista tuotteesta ja kehitettävästä tuotteesta on selkeä käsitys. Luonnosteluvaiheessa luovuus on tärkeää ja ideat kirjataan.

6.6 Kehittelyvaihe

Kehittelyvaiheessa tuote kehitetään periaateratkaisusta yksiselitteiseksi tuotteeksi. Lähdetään rakennemuotoa määräävistä vaatimuksista:

- Mittoja määräävät vaatimukset
- Järjestelyjä määrääviä vaatimuksia
- Rakennemateriaaleja määräävät vaatimukset
- Turvallisuusvaatimukset

Jos kehitetään olemassa olevaa tuotetta, on usein eräänä kehittelyvaiheen lähtökohtana laatupuutelistat ja häiriösuureluettelo.

6.7 Viimeistelyvaihe

Tuotekehityksen viimeistelyvaiheessa keskitytään seuraaviin asioihin:

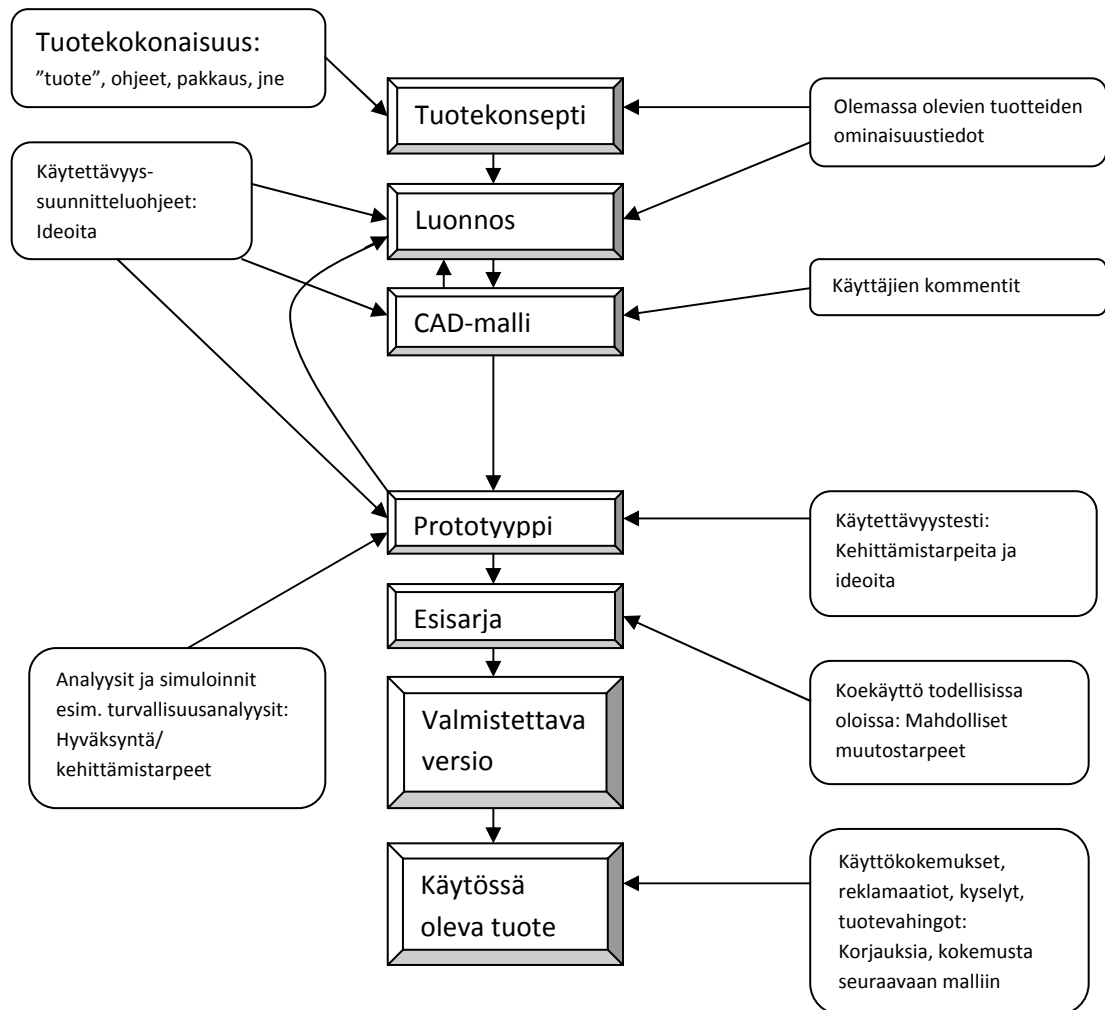
- Viimeistellään konstruktiota
- Laaditaan lopulliset piirustukset ja muut valmistusohjeet
- Valmistetaan 0-sarja
- Päätetään voidaanko aloittaa tuotteiden toimitus asiakkaalle

6.8 Tuotteen käytettävyys

Tämän opinnäytetyön tuotekehityksen eräs keskeisin asia on käytettävyys. Termi tuotteen käytettävyys pitää sisällään suuren määrän eri asioita ja näkökantoja. Käytettävyys ei varsinaisesti ole tuotteen ominaisuus, vaan tuotteen, käyttäjän, käyttötehtävän ja käyttöolosuhteiden muodostama kokonaisuus. Käytettävyysominaisuuksien voidaan katsoa olevan kaikkia niitä asioita, jotka vaikuttavat tähän kokonaisuuteen. Käytettävyyden kriteerit ovat lähtöisin tuotteen käytön ja toiminnan vaatimuksista eli ne ovat toiminnallisia ominaisuuksia.

Suunnitteluprosessin aikana tuotteen käytettävyyttä voidaan arvioida monin eri tavoin ja monessa eri suunnitteluvaiheessa. Hyvä lähtökohta on aiempien vastaavien tuotteiden käyttökokemukset edellyttäen, että vastaavia tuotteita on riittävästi markkinoilla. Kommentit itse tuotteen käyttäjiltä on erityisen tärkeitä. Myös alan asiantuntijoiden kanssa on hyvä pitää suunnittelukatselmuksia.

Prototyypin avulla voidaan tehdä käytettävyystestejä sekä koe että todellisissa olosuhteissa. Tuotteen tultua käyttöön sen käytettävyyttä voidaan arvioida käyttökokemusten ja kyselyjen perusteella. Kuvassa 4 on esitetty suunnittelumalli, johon on liitetty käytettävyyden arvioinnin mahdollisuuksia suunnittelun eri vaiheissa.



Kuva 40. Käytettävyyden arviointi suunnittelun eri vaiheissa. /11/

KÄYTÄNNÖN OSA

7. RAILON- / PINNANSEURANTALAJE MEKANISOITUUN HITSAUKSEEN

7.1 Yleistä

Jatkuvasti lisääntynyt hitsauksen kevytmekanisointi on entisestään lisännyt tarvetta tuoda markkinoille mahdollisimman yksinkertainen ja käyttövarma railon-/ pinnan seurantalajite.

Perinteisesti kevytmekanisoinnissa railon ja hitsauspolttimen muutokset korkeus- ja sivusuunnassa hitsauksen aikana on pyritty suorittamaan manuaalisesti mekanisointilaitteen ristiluistia säätämällä. Usein tämä menettely on aivan riittävä, kun kysymyksessä on suorat levy pinnat tai koneellisesti valmistetut hitsausviisteet ja tarkat railosovitteet. Käytännössä näin kuitenkin harvoin on. Muotovaihteluita tulee väistämättä erityisesti isojen levy pintojen ja ohuiden ainevahvuuksien hitsauksessa. Käsillä suoritetulla ristiluistinsäädöllä usein toistuva muutoksen kompensointi on operaattorille hankalaa ja rasittavaa. Tänä päivänä kevytmekanisoinnissa seurantalajitteiden käyttö on rajoittunut lähinnä mekaanisiin (jousikuormitteisiin) polttimenpitimiin. Markkinoilla on myös esim. laser seurannalla varustettuja laitteita mutta niiden käyttö on usein hankalaa ja laitteet ovat kalliita sekä vaurioituvat helposti mekaanisesta rasituksesta.

Opinnäytetyön päämääränä on kehittää mekanisoituun hitsaukseen soveltuva hitsattavan railon- / pinnan seurantalajite, jolloin mekanisointilajitteiden käyttömahdollisuudet laajenevat entisestään. Työssä edettiin järjestelmällisen tuotekehityksen avulla kohti tavoitteeksi asetettua päämäärää. Kehitystyön tavoitteeksi asetettiin konepajatuotantoon hyvin soveltuvan ja mekaanisia rasituksia kestävän seurantalajitteen suunnittelu ja prototyypin valmistus. Lopullisena päämääränä on antaa lähtökohdat kevytmekanisoinnin käyttöasteen nostamiseen merkittävästi. Taulukossa 3 on kerrottu kehitystyön tavoitteet ja toteutuksen kulku.

Taulukko 3. Kehitystyön tavoitteet ja toteutuksen kulku

1. Kevytmekanisoinnin käyttöasteen nostaminen railon seurannan avulla
2. Kevytmekanisointiin hyvin soveltuvan seurantalaitteen kehittäminen
3. Vaatimuslistan laatiminen
4. Markkinoilla olevien laitteiden ja komponenttien soveltuvuuden tutkiminen
5. Anturityyppien testaus
6. Anturityyppien ominaisuuksien pistearviointi
7. Anturityypin valinta jatkokehitykseen
8. Prototyypin kehitys esimerkkikohteen avulla <ul style="list-style-type: none"> • hitsauskuljettimen valinta • anturin valinta • vaihdemoottorin valinta • mekaanisten komponenttien valinta ja suunnittelu • käytännön testaukset • testitulosten analysointi

Opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti työ aloitettiin käynnistämällä järjestelmällinen kartoitus markkinoilla olevista anturivaihtoehdoista. Tavoitteena oli vaatimusluettelon avulla määrittää parhaiten kevytmekanisointiin soveltuva anturi.

Markkinoilla olevia anturityyppejä tutkittiin ja perehdyttiin käytössä oleviin laitteisiin ja erityisesti niihin liittyviin ongelmiin ja puutteisiin. Anturitoimittajat esittelivät myös laitteita paikanpäällä, jolloin oli mahdollista todeta heti karkeasti soveltuvuus hitsausympäristöön. Laitteen kehitystyö toteutettiin tiiviissä yhteistyössä laitetoimittajien ja kahden projektissa mukana olleen hitsaavan yrityksen kanssa.

Kehitystyössä noudatettiin tilanteeseen soveltaen kappaleessa 6.3 esitettyjä periaatteita. Kehitystyön etenemistä arvioitiin määräajoin ja valmistetun prototyypin avulla. Prototyypin testaukset päästiin suorittamaan todellisissa olosuhteissa.

7.2 Seurantalaitteelle asetetut vaatimukset.

Seurantalaitteelle asetettiin vaatimukset laitteistokartoituksen, testausten ja aikaisempien kokemusten perusteella. Laitteelle laadittiin luvussa 6.3 esitetyn mukainen vaatimusluettelo. Seurantalaitteen vaatimuslista on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Mekanisointilaitteen railonseurannan vaatimusluettelo.

<i>KV</i>	<i>VV</i>	<i>T</i>	<i>VAATIMUKSET</i>	<i>NUMERO</i>
	<i>x</i>		<i>Kosketukseton seuranta</i>	<i>1</i>
<i>x</i>			<i>soveltuu teräksille ja alumiinille</i>	<i>2</i>
	<i>x</i>		<i>pienikokoinen, paino alle 3 kg</i>	<i>3</i>
		<i>x</i>	<i>hitsauslaiteriippumaton</i>	<i>4</i>
		<i>x</i>	<i>käyttöjännite 12-24 v</i>	<i>5</i>
	<i>x</i>		<i>kestettävä kenttäolosuhteita esim. telakalla</i>	<i>6</i>
	<i>x</i>		<i>helppokäyttöinen, ”ei turhia nappuloita”</i>	<i>7</i>
<i>x</i>			<i>turvallinen</i>	<i>8</i>
		<i>x</i>	<i>huoltovapaa</i>	<i>9</i>
		<i>x</i>	<i>hintaa alle 5000 €</i>	<i>10</i>
	<i>x</i>		<i>hitsausroiskesuojaus</i>	<i>11</i>
	<i>x</i>		<i>tunteeton hitsaushuuruille</i>	<i>12</i>
		<i>x</i>	<i>asennettavissa erilaisiin mekanisointilaitteisiin</i>	<i>13</i>
<i>x</i>			<i>säätövara y/z +30 mm</i>	<i>14</i>
		<i>x</i>	<i>polttimen pikakiinnitys</i>	<i>15</i>
<i>x</i>			<i>polttimen y/z manuaalisäätö</i>	<i>16</i>

<i>x</i>			<i>poltinkulman manuaalinen säätö, työntävä/vetävä</i>	17
<i>x</i>			<i>lämmönkesto -15 - +80 C°</i>	18
<i>x</i>			<i>tunteeton valokaarelle</i>	19
	<i>x</i>		<i>seurattava levyn pintaa 2 mm tarkkuudella</i>	20
		<i>x</i>	<i>soveltuvuus V-railolle</i>	21
		<i>x</i>	<i>soveltuvuus I-railolle</i>	22
	<i>x</i>		<i>soveltuvuus pienahitseille</i>	23
		<i>x</i>	<i>soveltuvuus limiliitoksiin</i>	24

KV = kiinteä vaatimus, VV = vähimmäisvaatimus, T = toivomus

7.3 Anturityyppien ominaisuuksien pistearviointi

Seuraavassa on käsitelty ja arvioitu yleisellä tasolla erityisesti MIG/MAG – hitsauksen kevytmekanisointilaitteisiin soveltuvia ja markkinoilla olevia antureita, niiden toimintaa, käytettävyyttä sekä niiden nykytilaa. Työn tässä vaiheessa ei ollut järkevää eikä resursseja perehtyä yksityiskohtaisesti jokaiseen menetelmään. Tarkoituksena oli haarukoida jatkokehitykseen soveltuvia seurantamenetelmiä. Arvioinnissa on käytetty hyväksi pistearviointia. Pisteytysmenetelmän pohjana oli VDI 2225 ohjeisto, johon pisteytys perustui.

Taulukko 5. Anturityyppien ominaisuuksien pistearviointi.

Ominaisuus	Mekaaninen jousikuorm.	Sähkömek. anturi	Elektrodilla tunnistelu	Valokaaren läpi tunn.	Optinen, laser+kamera	Ultraäämi	Induktiivinen	Kapasiivinen	Huom
Tunnistusetäisyys	1	1	1	3	4	4	2	2	
Laitteen koko	3	2	2	2	2	3	4	3	
Hinta	4	2	2	2	1	3	4	3	
Roiskeenkesto	2	1	2	3	2	3	3	2	
Hitsausuurujen kesto	3	2	3	3	2	2	4	3	
Käytettävyys	2	2	0	3	2	2	3	3	
Vaurioherkkyys	3	2	2	3	1	3	4	3	
Helppokäyttöisyys	3	2	1	2	2	3	4	4	
Asennettavuus eri laitteisiin	3	2	2	2	2	3	4	3	
Tunteeton valokaarelle	4	4	1	4	2	3	3	3	
Seurantatarkkuus	3	3	3	2	3	1	3	2	
Soveltuvuus V-railolle	2	2	1	2	4	0	2	1	
Soveltuvuus pienalle	2	2	2	2	3	1	3	2	
Pinnan seurantaan	3	3	1	2	3	2	4	3	
Rakenteen yksinkertaisuus	3	1	2	2	1	3	4	4	
SUMMA	41	31	25	37	34	36	51	41	

Kaikki anturityypit eivät täyttäneet vaatimusluettelossa asetettuja kiinteitä ja vähimmäisvaatimuksia. Taulukossa 6 on lyhyesti kuvailtu anturityypin erityispiirre ja mahdolliset puutteet kiinteissä ja vähimmäisvaatimuksissa. Erityispiirre voi olla valinnan kannalta joko positiivinen tai negatiivinen. Puutenumero viittaa vaatimusluettelon vastaavaan kohtaan. Anturityyppien pääluonne ja yleiset ominaisuudet on kuvattu luvussa 5.

Taulukko 6. Anturityyppien erityispiirteet ja puutteet.

ANTURITYYPPI	ERITYISPIIRRE	PUUTE, VAATIMUS NO:
Mekaaninen	koskettaa pintaa	1,11
Sähkömekaaninen	koskettaa pintaa	1,11
Elektrodilla tunnustelu	ei sovellu hitsauksen aikaiseen seurantaan	1,3,
Valokaaren läpi tunn.	arka hitsausparametrien muutoksille	19
Optinen, laser+kamera	monipalkohitseihin, kallis, vaurioherkkä	6,7,12,19
Ultraääni	pitkä tunnistusetaisyys, epätarkka	20
Induktiivinen	lyhyt tunnistusetaisyys, yksinkertainen	
Kapasitiivinen	soveltuu kaikille materiaaleille, epätarkka	20,23

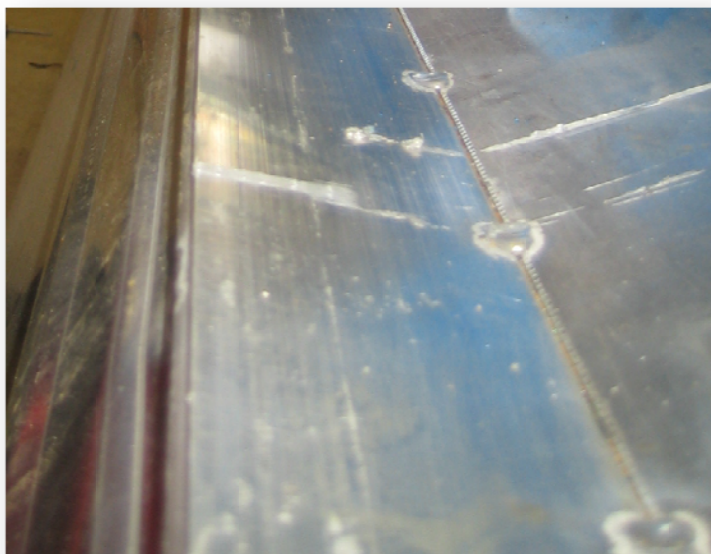
7.4 Jatkokehitykseen valittu anturityyppi.

Anturityypin valintaan jatkokehitykseen vaikutti pistearvioinnissa hyvin menestynyt anturi, aiemmat kokemukset sekä sen soveltuvuus tässä opinnäytetyössä esiintyvään kohteeseen. Jatkokehitykseen valittiin induktiivinen anturi.

- Perustelut:
- riittävä tunnistusetäisyys, n. 10 mm
 - tunteeton valokaarelle
 - tunteeton hitsaushuuruille
 - tunnistaa tefloneristeen läpi, saadaan hyvin roiskesuojattua
 - mahtuu pieneen tilaan, esim polttimenpitimen rungon sisään
 - yksinkertainen rakenne
 - helppokäyttöinen, nopea oppia
 - kohtuuhintainen
 - soveltuu sekä teräksille että alumiinille
 - soveltuu hyvin veneen pohjan ja laidan hitsaukseen
 - helppo asentaa erilaisiin mekanisointilaitteisiin
 - jännite 12 V, voidaan kytkeä akkukäyttöisiin kuljettimiin
 - turvallinen
 - anturitoimittajan antama tekninen tuki

8. SEURANTALAITTEEN PROTOTYYPIN KEHITYS

CASE: Railonseuranta tuotteen pohja- ja kylkilevyn hitsauksessa.



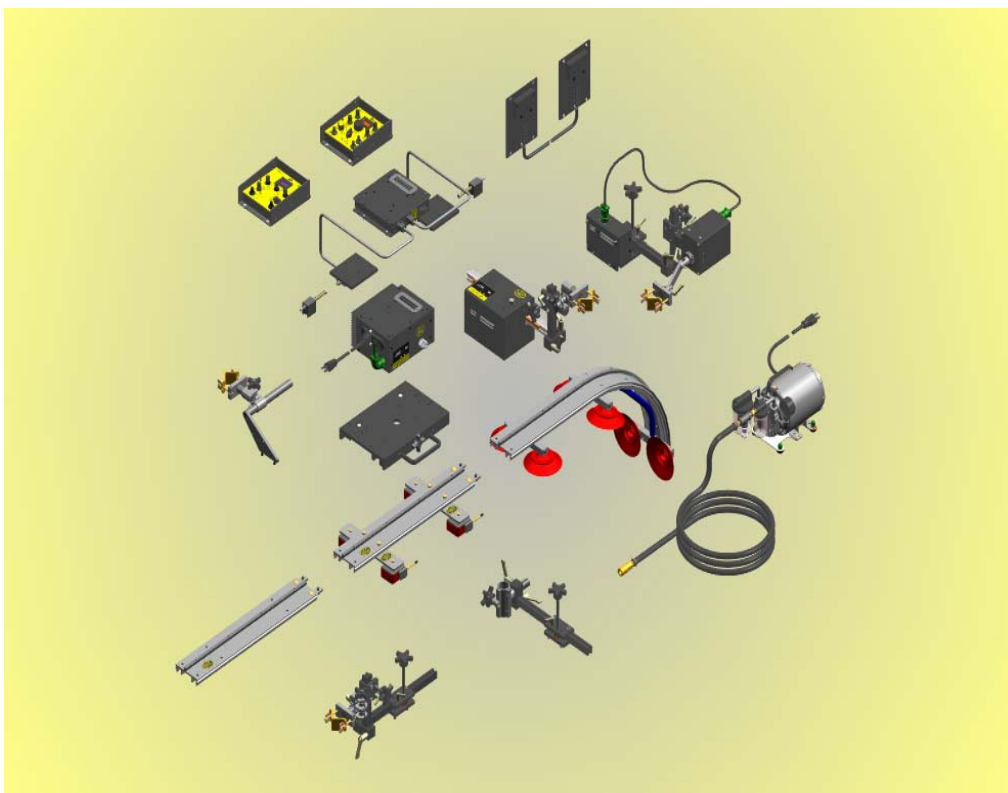
Kuva 41. Pohjalevyn ja kylkilevyn yhdistävä hitsattava alumiinipursoite.

8.1 Yleistä

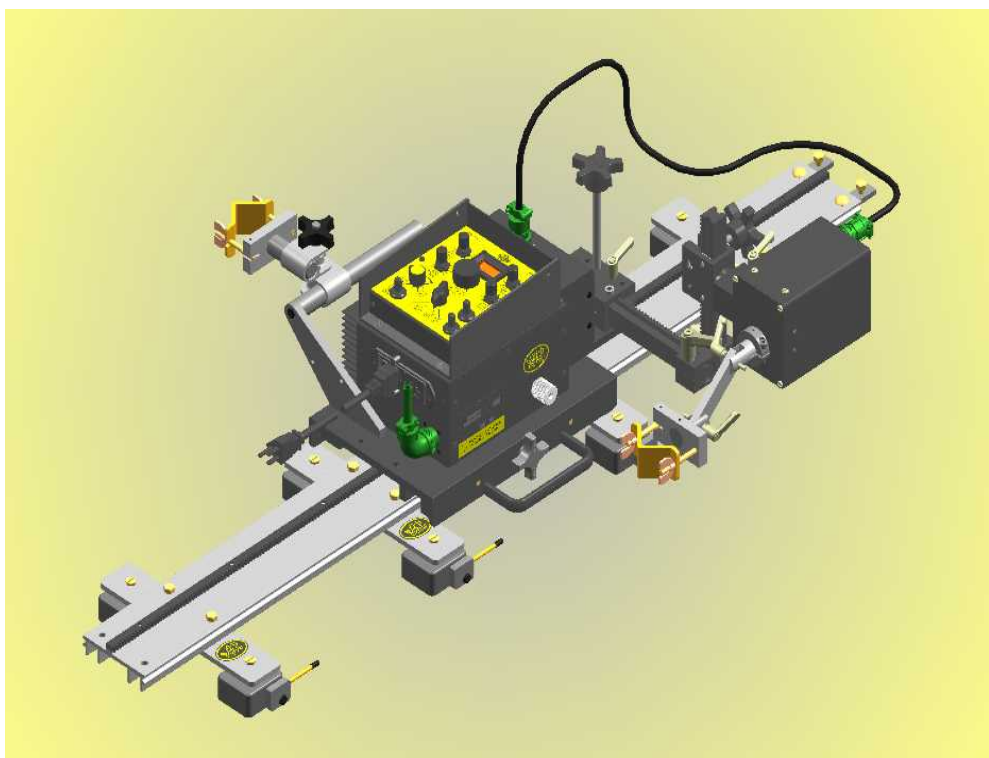
Alumiinituotteen pohja- ja kylkilevyjen hitsaus on suoritettu perinteisesti käsin MIG-hitsauksena. Myös sekä mekanisoitu että robotisoitu hitsaus on ollut käytössä vaihtelevalla menestyksellä. Mekanisoinnin ja robotisoinnin käytön esteenä on ollut toimivan railonseurannan puuttuminen. Ongelmana ovat levyjen muotovaihtelut, jonka vuoksi hitsattava pinta ”aaltoilee”. Myös tuotteen haastava geometria vaatii seurantalaitteen. Mekanisoinnin käytettävyyden esteenä on ollut myös turhan pitkät kuljetinkiskojen asetusajat, koska kiskojen kiinnitys veneen laitaan on hankala toteuttaa.

8.2 Hitsauskuljettimen valinta

Hitsauskuljettimeksi valittiin kiskokuljetin. Hitsauskuljetintyyppin valintaan vaikutti ratkaisevasti tuotteen koontiin ja nostoon suunniteltu jigi. Kuljetinkiskot asennettiin kiinteästi jigisiin, jolloin kiskojen asetusaika saatiin pienemmään murto-osaan. Kiskotyyppiksi valittiin ”puolitaipuisa” alumiiniprofiilista valmistettu kisko, jolla pystyttiin seuraamaan mahdollisimman tarkasti veneen muotoa. Jigin suunnittelussa käytettiin 3D suunnitteluohjelmaa, jonka ansiosta kiskon kiinnityspisteet saatiin kohdalleen ja polttimen liikeradat seuraamaan mahdollisimman tarkasti hitsattavaa railoa. Varsinaiseksi kuljettimeksi valittiin BUG-O Modular Drive System –kuljetin. Kuvassa 42 on esitetty kuljettimen modulaarinen rakenne. Laite sopii hyvin kohteeseen hyvän muunneltavuuden ansiosta. Se koostuu erilaisista moduuleista, joista voidaan helposti rakentaa haluttu kokoonpano. Kohteeseen valittiin kuvan 43 mukainen kokoonpano. Kuljetin varustettiin polttimen vaaputustoiminnolla, rajakytkinsarjalla ja kaukosäädettävällä ohjauspaneelilla. Hitsauskuljettimet voidaan asentaa jigien molemmille puolille, jolloin tuotteen kummankin kyljen hitsaus samanaikaisesti on mahdollista.



Kuva 42. BUG-O Modular Drive System /1/



Kuva 43. Kohteeseen valittu kuljetin polttimen vaaputustoiminnolla. /1/

8.3 Anturin valinta

Tavoitteena oli löytää sopiva seurantalaitte veneen jigiiin kiinnitetylle kiskokuljettimelle. Edellisessä kappaleessa vaatimuslistan ja pistearvioinnin avulla valittiin seuranta-anturiksi induktiivinen anturi. Tämän menetelmän soveltuvuus alumiinille testattiin ensin karkeasti ennen kuin aloitettiin laitekokonaisuuden suunnittelu. Testauksessa käytettiin pyörityspöytää, johon kiinnitettiin hitsattava putki, halkaisija 162 mm, seinämävahvuus 10 mm. Putki kiinnitettiin tarkoituksella epäkeskeisesti noin 20 mm. Induktiivinen anturi kiinnitettiin moottoriluistiin, joka oli asennettu ns. kylmäkäteen. Pyörityspöytää pyörittämällä saatiin helposti tutkittua seuraavaa:

- Tunnistusetäisyys alumiinille noin 10 mm
- Ylä- ja alarajan ”ikkuna” säädettävissä sopivaksi (0,2 mm)
- Lämmönkesto riittävä pitkilläkin paloaikasuhteilla (200A/60%)
- Pinnan seuranta riittävän tarkka vaikka kappale lämpenee (+ - 1 mm)
- Ei häiriöitä valokaaresta
- Ei häiriöitä roiskeista
- Ei häiriöitä savukaasuista

Tässä yhteydessä testattiin vielä ultraäänianturin soveltuvuutta vastaavaan käyttöön. Aikaisempien kokemusten perusteella oli käsitys kyseisen anturityypin epätarkkuudesta. Testissä epätarkkuus oli noin 5% luokkaa, jolloin ultraäänianturille tyypillisissä tunnistusetäisyyksissä virhe oli liian iso ja sen seurauksena vapaalankapituus ei pysynyt enää vakiona.

Prototyyppiin valittiin em. testauksien jälkeen Japanilaisen Omronin valmistama induktiivinen anturijärjestelmä (liite 3), joka koostuu seuraavista osista:

- ZX-EM07MT induktiivinen mittapää
 - mitat: M18 x 46,3 mm
 - mittausetäisyys 0 - 7 mm
 - käyttölämpötila -10 - +60 °C
 - paino 160 g
 - suojausluokka IP67
- ZX-EDA41 2M vahvistin 1 kpl Kuva 45
 - liitäntäjännite 12-24 VDC
 - ulostulovirta/jännite 4...20 mA/1...5V
 - 3 x PNP
 - materiaalin valinta, teräs/alumiini/kupari
 - mittausalueen säätö, säätöikkunan ylä ja alaraja

- liitäntäkaapeli 2 m
- paino 350 g
- G2R-2-SN 12DCS rele 2 kpl
 - 12 VDC kela
- P2RF-08-E relekanta 2 kpl
 - G2R-2-releille

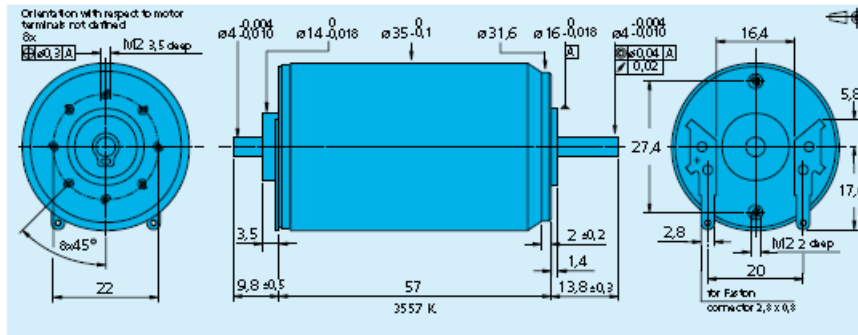


Kuva 44. Vahvistin ZX-EDA41 2M ja induktiivisia mittapäitä joista ylimpänä laitteeseen valittu ZX-EM07M mittapää. /12/

8.4 Vaihdemoottorin valinta

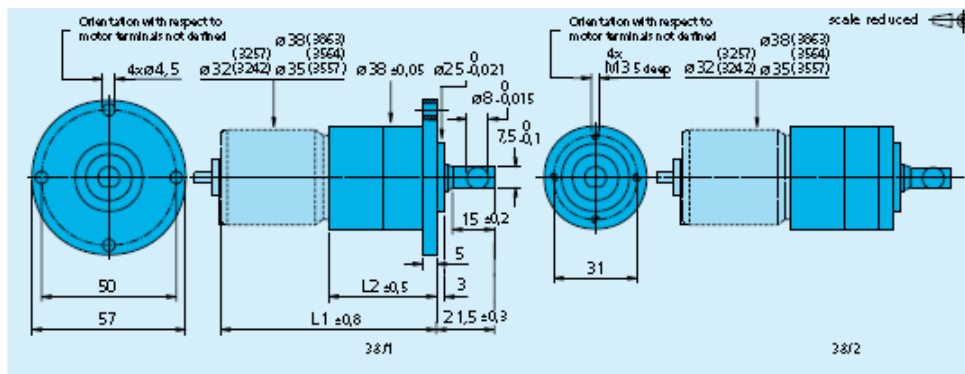
Moottorin ja vaihteiston tuli olla riittävän pienikokoisia ja kuitenkin teholtaan ja vääntömomentiltaan tarpeeksi suuria. Vaihteen välityksen tuli olla riittävän suuri jotta polttimen liikkeistä tulisi sopivan hitaita ja rauhallisia. Koska ajatuksena oli rakentaa mahdollisimman yksinkertainen laite, niin moottorin pyörimisnopeuden säätö jätettiin pois. Tämä asetti välityssuhteen valinnalle erityisen vaatimuksen. Moottoriksi valittiin planeettavaihteella varustettu Faulhaber -pienoismoottori. Kuvassa 45 ja 46 on esitettyä moottori ja vaihde. Tarkemmat tiedot ilmenee liitteestä 2 ja 3. Kuvassa 48 ja 49 on esitetty käsisäädöllä varustetun luistin muutos moottoriajolle.

- Faulhaber DC-pienoismoottori
 - liitäntäjännite 24VDC
 - pyörimisnopeus kuormittamattomana 5500 rpm
 - mitat: halk. 35 mm, pituus 57 mm



Kuva 45. Faulhaber DC-pienoismoottori. /14/

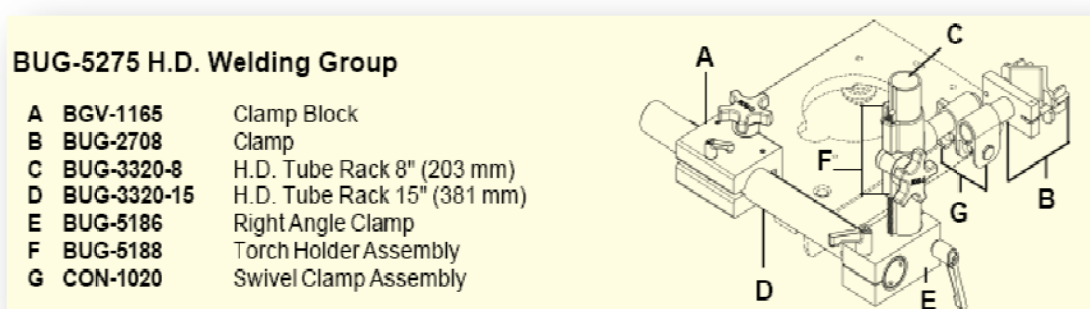
- Faulhaber planeettavaihte
 - välityssuhde 981:1
 - M max 10 Nm
 - mitat: halk. 57 mm, pituus 58,5 mm



Kuva 46. Planeettavaihte DC-moottorille. /14/

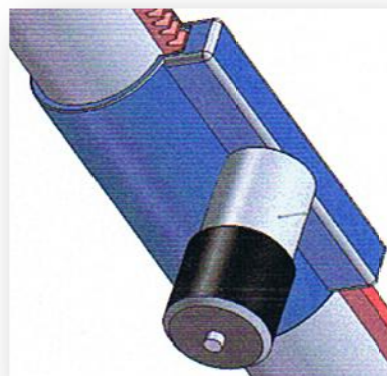
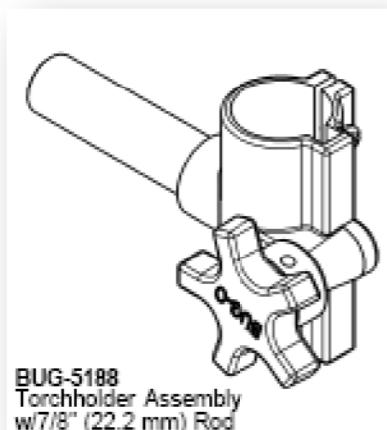
8.5 Seurantalaitteen mekaaniset komponentit

Laitteen mekaniikkaa suunniteltaessa tutkittiin perusteellisesti markkinoilla olevien polttimenpitimien ym. vakiokomponenttien hyödyntämistä. Näin kustannustaso saadaan pysymään kohtuullisena ja mahdollisten lastentautien mahdollisuus pidettyä vähäisenä. Erityisesti pyrittiin integroimaan induktiivinen mittapää polttimenpitimeen, jolloin ”näkyvien” osien määrä saatiin pieneksi. Ratkaisuksi löytyi BUG-5275 polttimenpidin jossa säätöluistina toimivan teräsputken sisähalkaisija on riittävän suuri anturin istuttamiseksi putken sisään. Samalla putki toimii erinomaisena suojana roiskeita ja mekaanisia rasituksia vastaan.



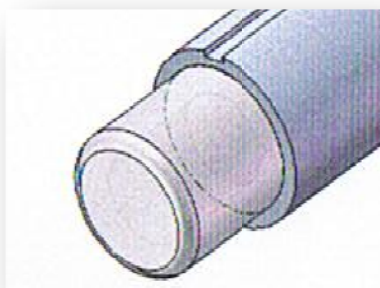
Kuva 47. Vakiopolttimenpidin, josta saatiin osia lopulliseen kokoonpanoon. /1/

Kuvassa 48 olevasta mekaanisesti käsin toimivasta BUG-5188 polttimen korkeuden säätöelementistä modifioitiin sähköisesti toimiva ”luisti” korvaamalla käsipyörä DC-vaihdemoottorilla. Kuva 49.



Kuva 48. Mekaaninen korkeuden säätö./1/ Kuva 49. Käsipyörä korvattu moottorilla

Induktiivisen anturin sijoittaminen turvalliseen ja samalla anturin kannalta häiriöttömään paikkaan vaati erityistä huomiota. Kuvassa 51 on esitetty tukeva putkimainen hammastangolla varustettu luisti, joka sopi mainiosti anturin suojakuoreksi. Ensimmäisissä testeissä osoittautui ongelmaksi putken materiaali, joka antoi häiriöitä anturin magneettikenttään. Ongelma ratkaistiin sorvaamalla teflonista kiinnitysadapteri anturille. Adapteriin sorvattiin sama sisäkierre kuin anturin ulkokierre on. Adapterin avulla saatiin anturi hieman ulos (noin 5 mm) putkesta jolloin putken aiheuttama häiriö poistui. Kuvassa 50 esitetty adapteri on päästä umpinainen jolloin itse anturi pysyy hyvin roiskeilta ja kuumuudelta suojassa.

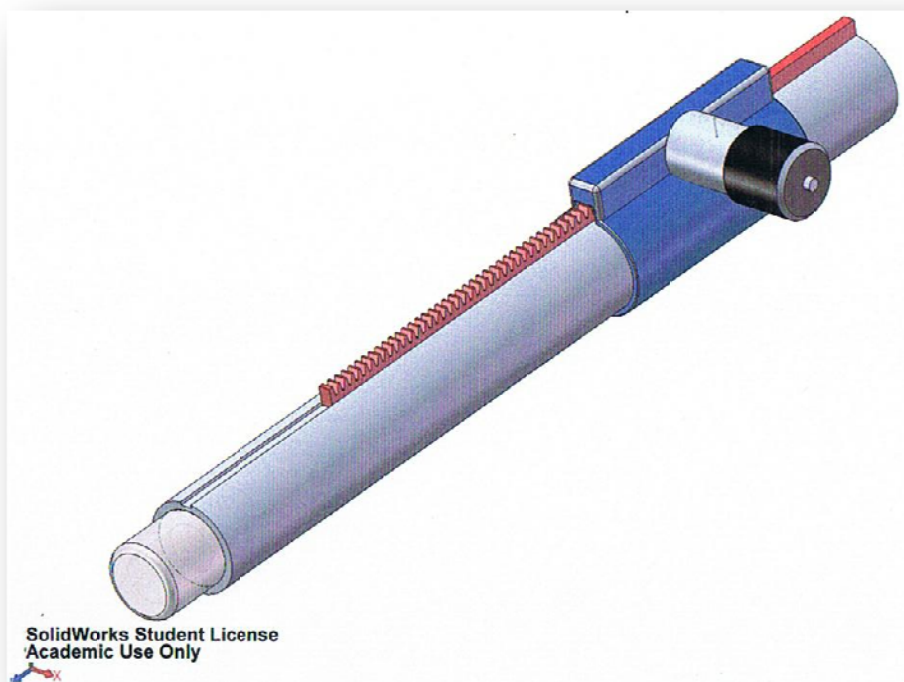


Kuva 50. Anturin kiinnitys säätöputkeen teflonadapterin avulla.



Kuva 51. Säättöputki, joka toimii samalla suojana anturille. /1/

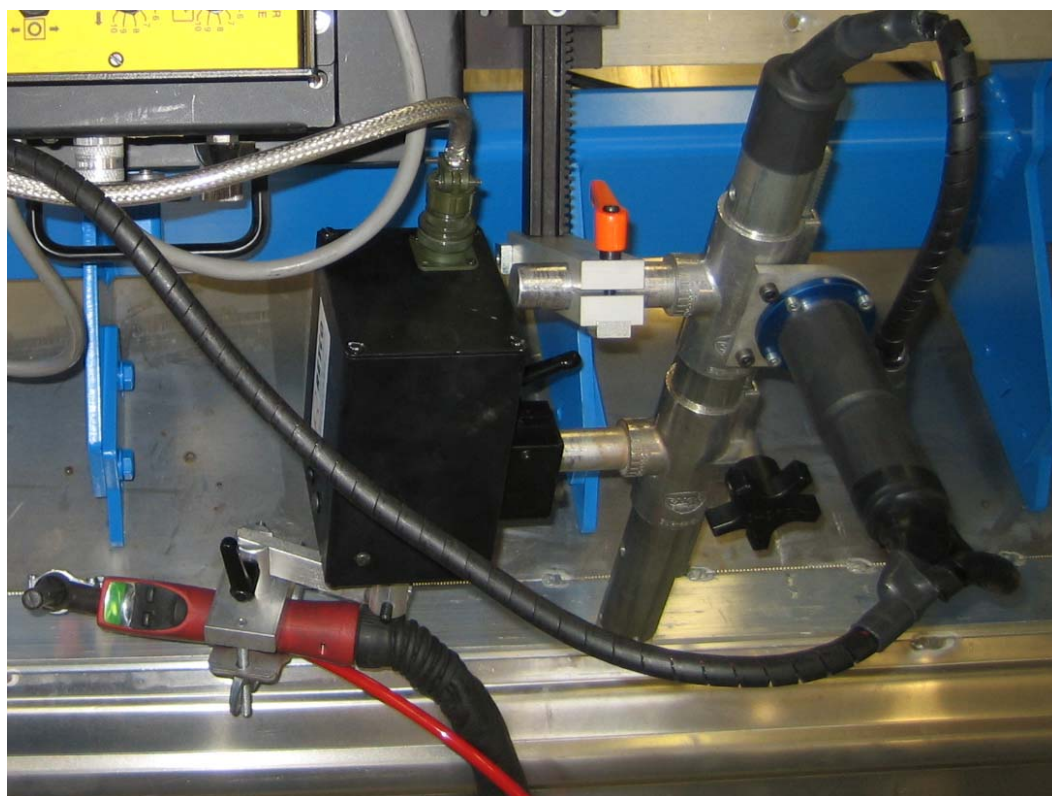
Markkinoilla valmiina saatavia vakiokomponentteja modifioimalla sekä muutamia osia valmistamalla saatiin melko pienin kustannuksin tarpeeksi tukeva, yksinkertainen ja varmatoiminen mekaniikka seurantalaitteen rungoksi.



Kuva 52. Seurantalaitteen prototyyppi.

8.6 Kuvaus seurantalaitteen toiminnasta:

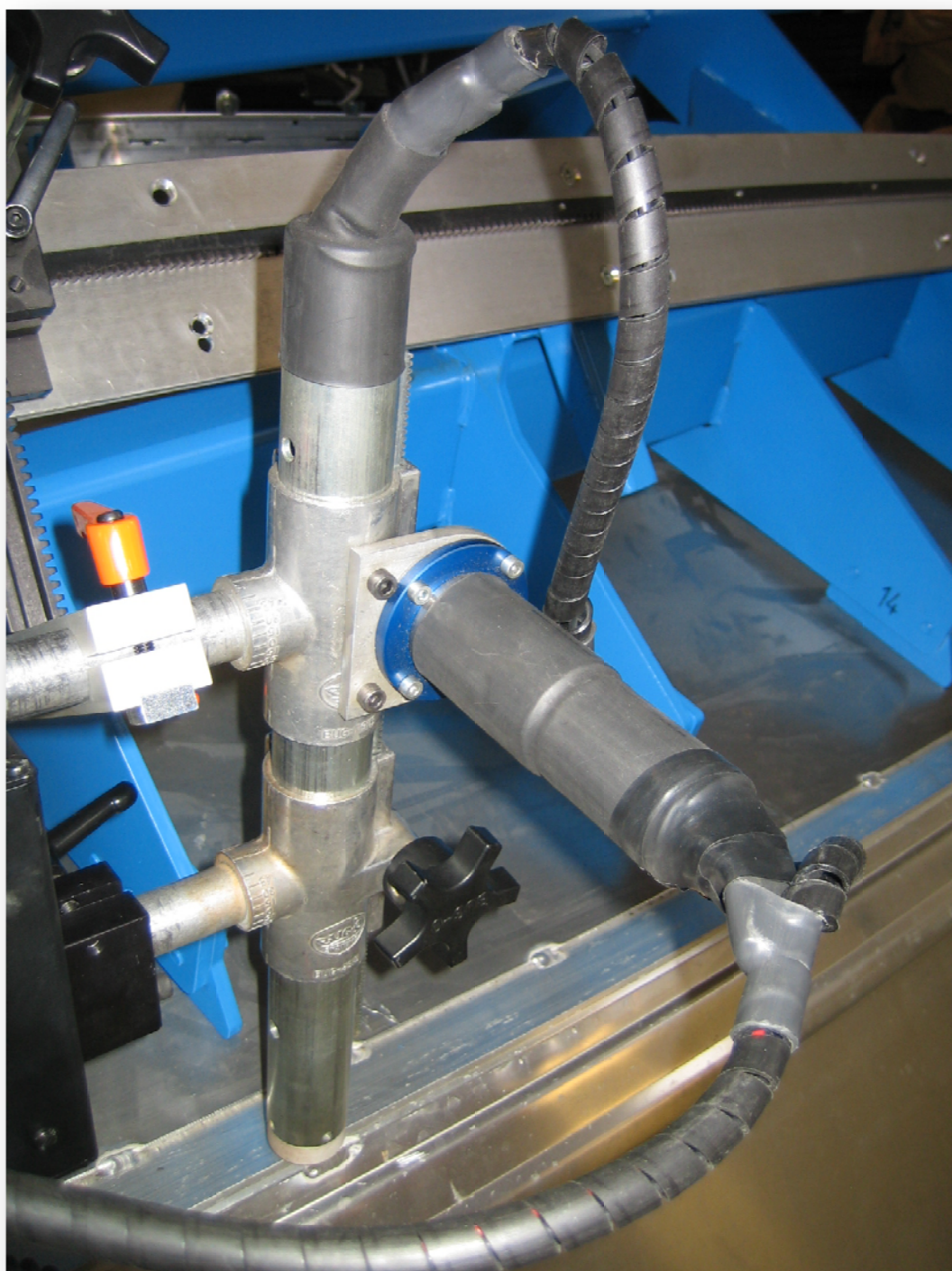
Laite on kiinnitetty luistissa olevalla kiinnitysadapterilla kuljettimeen. Säätoluisti toimii DC-vaihdemoottorin avulla. Luistin läpi kulkee kuvassa 51 esitetty putki, jossa on hammastanko. Putken päähän on teflonadapterin avulla kiinnitetty induktiivinen mittapää. Laite säädetään noin 30 mm päähän hitsattavasta pinnasta hitsauskuljettimessa olevan käsisäätöisen ristiluistin avulla. Seurantalaitte kytetään päälle. Laite ajaa automaattisesti mittapään tunnistusetäisyydelle. Vahvistinosassa olevalta säätöpaneelilta on valittu haluttu alue eli ikkuna, jonka välillä laite reagoi. Tässä tapauksessa vapaalanganpituuden muuttuessa yli 1 mm, niin laite alkoi korjata etäisyyttä. Kuvassa 53 moottoriluistin alapuolella on käsisäätöinen luisti. Käsisäätöisellä luistilla saadaan asetettua haluttu vapaalankapituus jonka moottoriluisti säilyttää vakiona. Käsisäätöiseen luistiin on kiinnitetty oskillointilaite, jolla voidaan vaaputtaa ja säätää tarvittaessa sivusuunnassa hitsauspoltinta. Kuvassa Hitsausmenetelmänä on TIG-hitsaus.



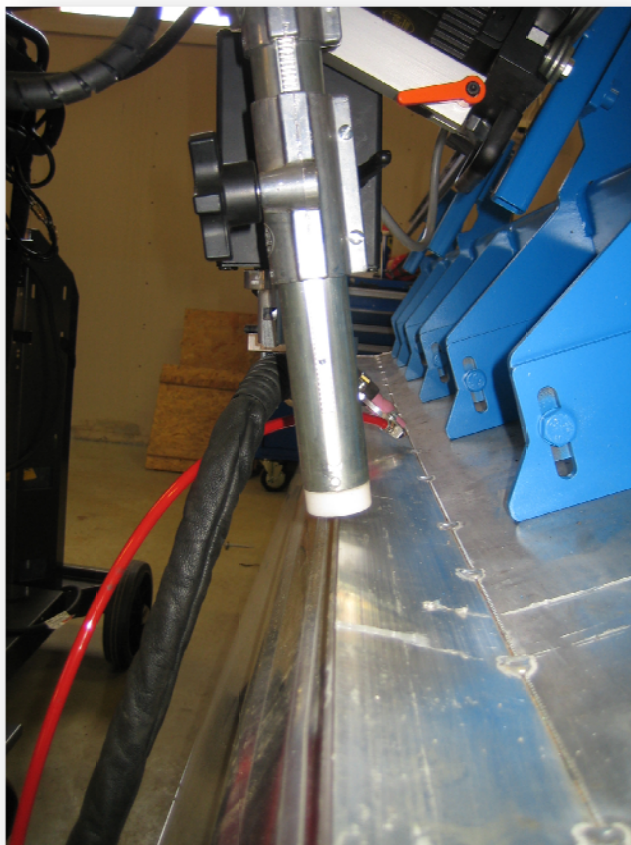
Kuva 53. Seurantalaitte kytettynä kuljettimeen.

8.7 Käytännön testaukset tuotanto-olosuhteissa.

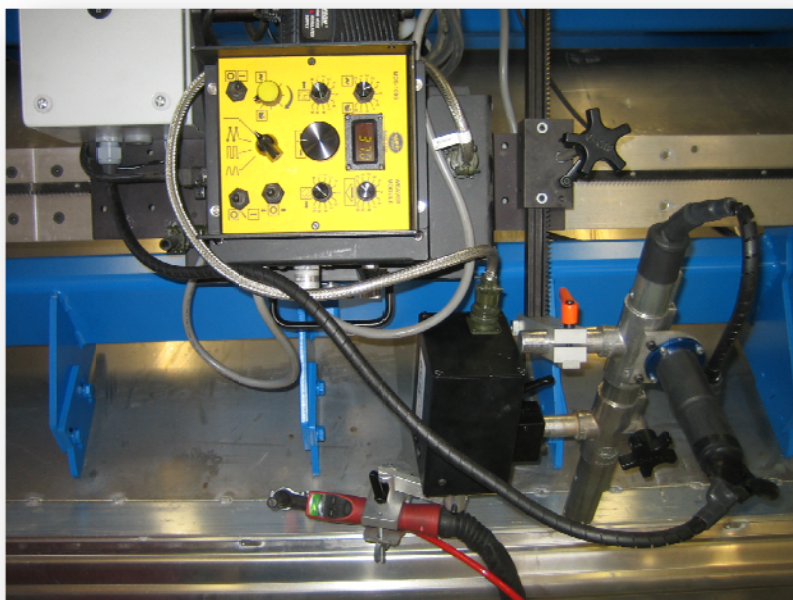
Seurantalaitetta testattiin tuotantoa vastaavissa olosuhteissa. Hitsattava kappale oli samanlainen kuin tuotantokappale, jolloin myös muodot ja hitsausrailot olivat kuten todellisessa tuotannossa. Hitsauskokeita tehtiin sekä MIG- että TIG-menetelmää käyttäen. TIG-menetelmässä käytössä oli koneellinen langansyöttö jolla saavutettiin haluttu lisääineen tuotto sekä erinomainen hitsin laatu. TIG-virtalähteenä oli Digitaalinen Fronius AC/DC pulssikone. MIG-hitsauslaitteena käytettiin Fronius TPS 2700 Aluedition synergistä pulssikonetta, joka oli varustettu push-pull – polttimella.



Kuva 54. Opinnäytetyön tulos: Induktiivinen seurantalaite



Kuva 55. Ulkoreunan seuranta, anturi suojassa teflonsuojan takana



Kuva 56. Seurantalaitteen ja polttimen välissä oskillointilaite.

8.7 Testitulokset

Käytännön testausten jälkeen todettiin laitteen soveltuvuus ennako-odotusten mukaisesti pintojen seurantaan. Testauksen aikana todettiin seuraavaa:

- Laite seuraa hyvin kohtisuorassa olevia tasomaisia pintoja.
- Jos anturin kulma vaihtelee yli 5°suhteessa levypintaan, niin magneettikenttä muuttuu niin paljon että mittauetaisyys muuttuu liian epätarkaksi. Esimerkiksi aivan koekappaleen etupäässä havaittiin kyseinen ”ominaisuus”.
- Koekappaleen ulkoreunan paikan muuttuessa sivusuunnassa anturin alla aiheutti myös hieman epätarkkuutta.
- Laite kestää hyvin lämpöä.
- Mittauetaisyys polttimesta tuli olla koekappaleen vaativasta muodosta johtuen noin 30 mm päässä sivusuunnassa, jolloin hitsattava pinta oli vielä seurattavissa.
- Laite on erittäin helppokäyttöinen.

9. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS

Tässä opinnäytetyössä oli tavoitteena kehitellä kevytmekanisointilaitteelle yksinkertainen, edullinen ja kestävä hitsattavan railon- ja pinnan seurantalaitte. Järjestelmällistä tuotekehitystä soveltaen saavutettiin haluttu lopputulos. Tuote sopii sellaisenaan työkappaleen ja polttimen välisen etäisyyden pitämiseen vakiona. Pienaliitoksiin laite varustetaan kahdella anturilla, jolloin voidaan käyttää ristiluistityyppistä polttimenpidintä. V-railon seurantaan laite sopii varauksin. I-railon seurantaan laite ei sovellu.

Seurantalaitteella on suoritettu vasta muutamia hitsauksia, joten laitetta pitää vielä testata pidemmän aikaa, jolloin saadaan varmuus sen kestävydestä ja luotettavuudesta. Kyseiset ominaisuudet pyritään selvittämään pidempikestoisella testauksella ennen lopullisen laitteistokokoonpanon valintaa. Testausten jälkeen seuraava askel tulee olemaan laitteen jalostaminen prototyypistä kaupalliseksi sarjatuotteeksi. Tämän jälkeen voidaan aloittaa laitteen markkinointi.

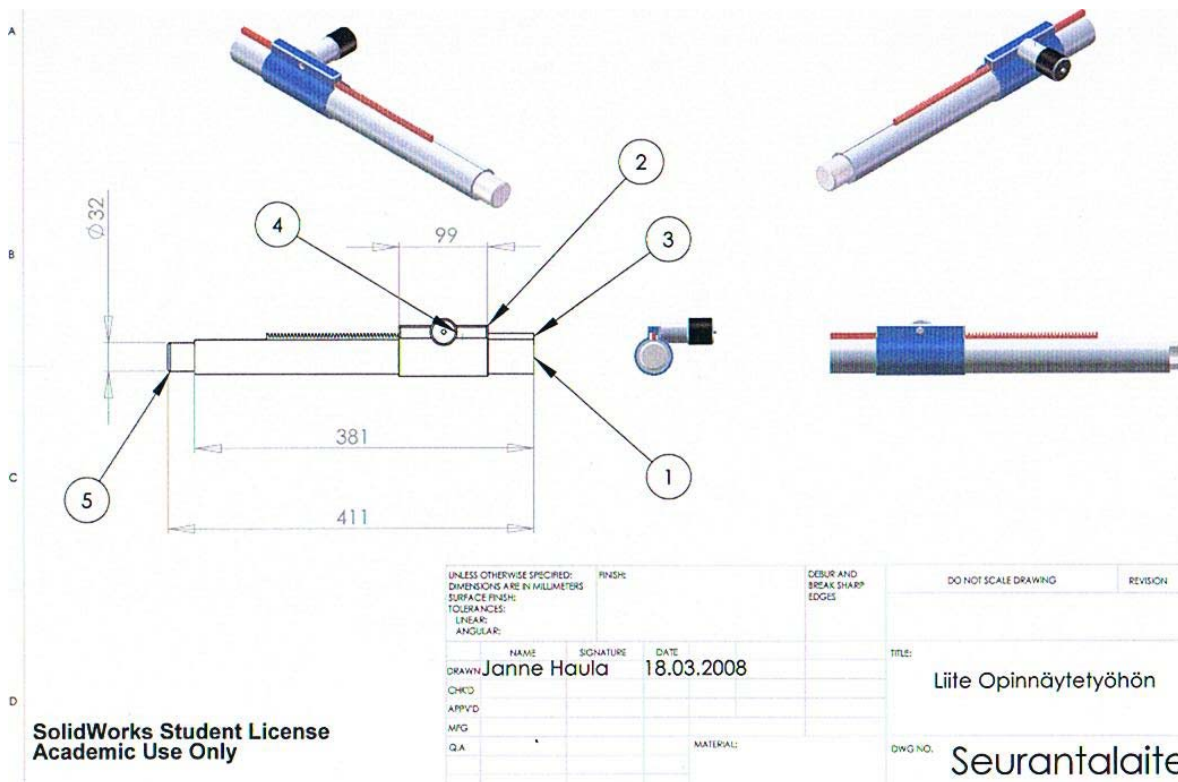
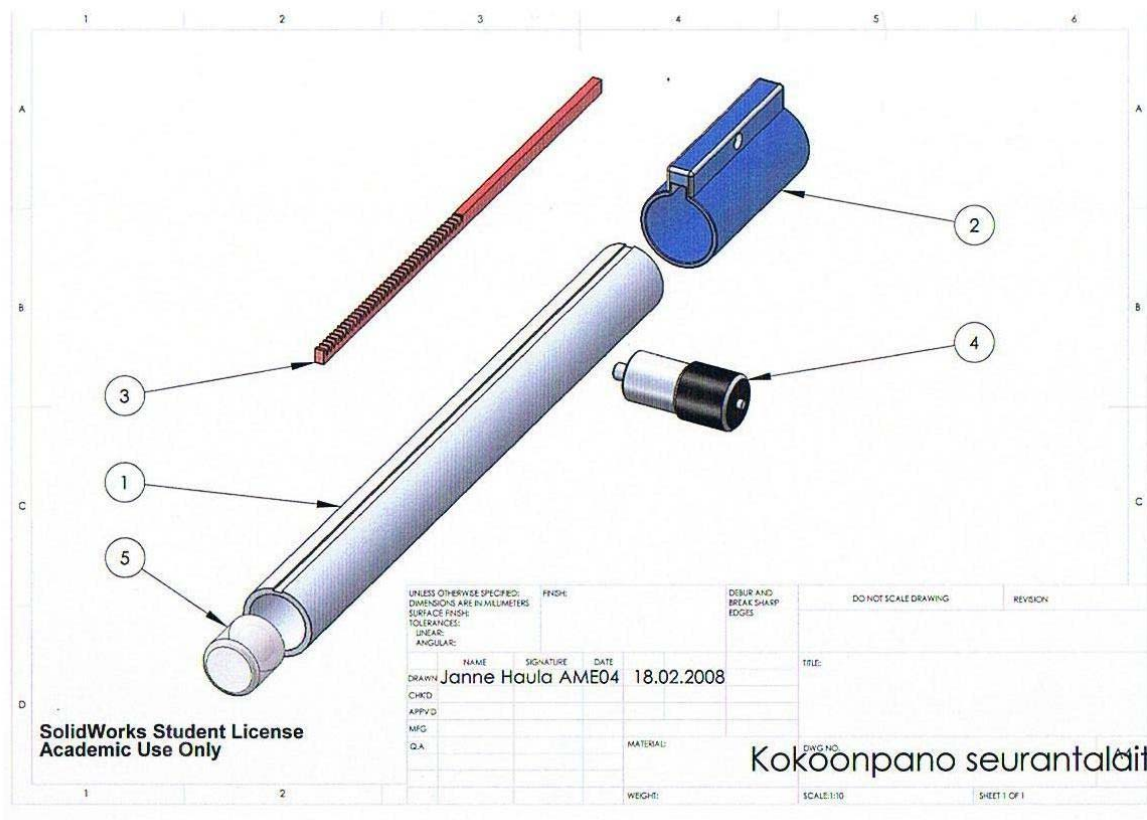
10. YHTEENVETO

Kevytmekanisointilaitteisiin liitettävien seurantalaitteiden on oltava mahdollisimman yksinkertaisia ja halpoja. Kalliiden anturien liittäminen perushinnaltaan edulliseen laitteeseen ei ole järkevää. Myös käyttöolosuhteet esimerkiksi telakalla ovat erittäin vaativat. Railon-/ pinnan seuranta on järkevä toteuttaa yksinkertaisella ja edullisella mekaanisella tai kosketuksettomalla induktiivisella seurantalaitteella joka tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi.

Lähteet:

1. Bug-o Systems USA. Saatavissa: www.bugo.com [Viitattu 10.2.2008]
- Welding Alloys Ltd UK. Saatavissa: www.welding-alloys.com [Viitattu 8.2.2008]
3. ITW Illinois Tool Works USA. Saatavissa: www.itw-welding.com [Viitattu 12.2.2008]
4. Jetline Inc USA. Saatavissa: www.jetline.com [Viitattu 12.2.2008]
5. Mel mikroelektronik GmbH Saksa. Saatavissa: www.melsensor.de [Viitattu 10.2.2008]
6. HKS Prozesstechnik Saksa. Saatavissa: www.hks-prozesstechnik.de [Viitattu 22.2.2008]
7. J. Lukkari, Hitsaustekniikka perusteet ja kaarihitsaus, 1997, ISBN 951-719-469-2
8. T. Keinänen, Koneautomaatio 2, logiikat ja ohjausjärjestelmät, 2001 WSOY
9. M. Kotamäki – T. Nyberg, Koneautomaatio 2000, 1992, ISBN 951-37-0702-4
10. J. Fonselius – K. Pekkola, Automaatiolaitteet, 1999, ISBN 951-37-1834-4
11. M. Haatainen, Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto MIG/MAG hitsauksen mekanisoinnin käytettävyyden parantaminen laivanrakennuksessa. 2004.
12. Omron tuote-esite. Saatavissa: www.omron.com [Viitattu 18.2.2008]
13. G. Pahl, Koneensuunnitteluoppi, WSOY 1992, ISBN 951-817-468-7
14. Faulhaber GmbH, Saksa. Saatavissa: www.faulhaber-group.com [Viitattu 18.2.2008]

Liite 1.





DC-Micromotors

50 mNm

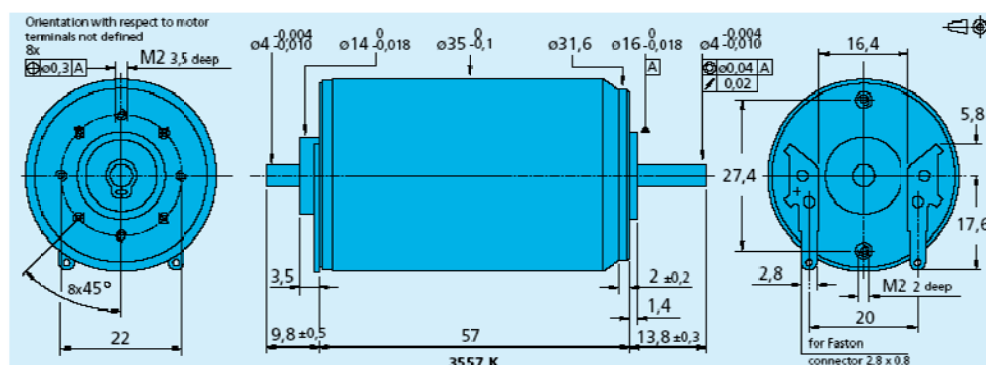
Graphite Commutation

For combination with (overview on page 14-15)
 Gearheads:
 30/1, 32/3, 38/1, 38/2
 Encoders:
 5500, 5540

Series 3557 ... CS

	3557 K	009 CS	012 CS	020 CS	024 CS	048 CS	
1 Nominal voltage	U_N	9	12	20	24	48	Volt
2 Terminal resistance	R	0,70	1,34	4,0	5,5	23,0	Ω
3 Output power	$P_2 \text{ max.}$	28,1	26,1	24,3	25,4	24,1	W
4 Efficiency	$\eta \text{ max.}$	78	79	79	78	76	%
5 No-load speed	n_0	5 700	5 400	5 500	5 500	5 200	rpm
6 No-load current (with shaft \varnothing 4,0 mm)	I_0	0,190	0,125	0,070	0,065	0,040	A
7 Stall torque	M_H	188	185	169	176	177	mNm
8 Friction torque	M_f	2,80	2,60	2,40	2,70	3,50	mNm
9 Speed constant	k_n	643	456	279	233	110	rpm/V
10 Back-EMF constant	k_E	1,560	2,190	3,590	4,300	9,050	mV/rpm
11 Torque constant	k_M	14,90	20,90	34,20	41,00	86,50	mNm/A
12 Current constant	k_i	0,067	0,048	0,029	0,024	0,012	A/mNm
13 Slope of n-M curve	$\Delta n / \Delta M$	30,3	29,2	32,5	31,3	29,4	rpm/mNm
14 Rotor inductance	L	100	220	630	850	3 400	μH
15 Mechanical time constant	τ_m	16	16	16	16	16	ms
16 Rotor inertia	J	50	52	47	49	52	gcm^2
17 Angular acceleration	$\alpha \text{ max.}$	37	35	36	36	34	10^3rad/s^2
18 Thermal resistance	R_{th1} / R_{th2}	1,5 / 9					KW
19 Thermal time constant	τ_{w1} / τ_{w2}	15 / 900					s
20 Operating temperature range:							
- motor		-30 ... +125					$^{\circ}\text{C}$
- rotor, max. permissible		+125					$^{\circ}\text{C}$
21 Shaft bearings		ball bearings, preloaded					
22 Shaft load max.:							
- with shaft diameter		4,0					mm
- radial at 3 000 rpm (3 mm from bearing)		30					N
- axial at 3 000 rpm		5					N
- axial at standstill		50					N
23 Shaft play:							
- radial	\leq	0,015					mm
- axial	$=$	0					mm
24 Housing material		steel, zinc galvanized and passivated					
25 Weight		275					g
26 Direction of rotation		clockwise, viewed from the front face					
Recommended values - mathematically independent of each other							
27 Speed up to	$n_{\text{max.}}$	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	rpm
28 Torque up to ¹⁾	$M_{\text{e max.}}$	50	50	50	50	50	mNm
29 Current up to (thermal limits)	$I_{\text{e max.}}$	3,150	2,260	1,300	1,100	0,540	A

¹⁾thermal resistance R_{th2} by 40% reduced



For details on technical information and lifetime performance refer to pages 28-34.
 Edition 2006-2007

For options on DC-Micromotors refer to page 64.
 Specifications subject to change without notice.
www.faulhaber-group.com



Planetary Gearheads

10 Nm

For combination with (overview on page 14-15)
 DC-Micromotors:
 3242, 3257, 3557, 3863
 Brushless DC-Servomotors:
 3056, 3564

Series 38/1, 38/2

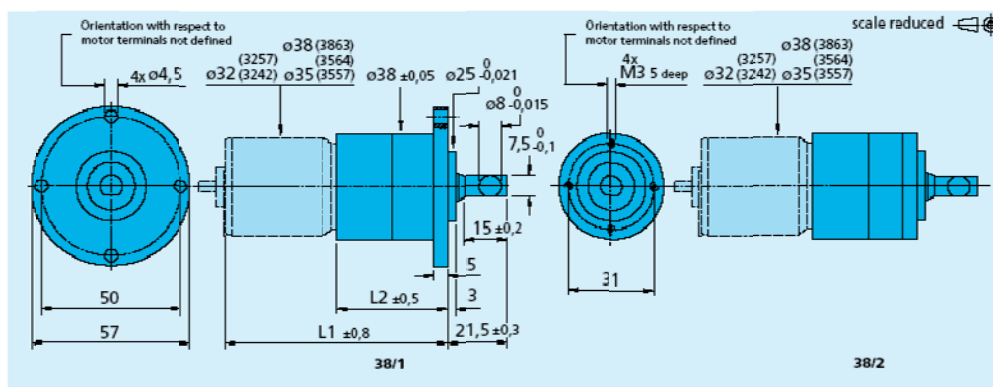
	38/1 and 38/2
Housing material	metal
Geartrain material	steel ¹⁾
Recommended max. input speed for: – continuous operation	4 000 rpm
Backlash, at no-load	≤ 1°
Bearings on output shaft	ball bearings, preloaded
Shaft load, max.:	
– radial (10 mm from mounting face)	≤ 300 N
– axial	≤ 300 N
Shaft press fit force, max.	≤ 350 N
Shaft play (on bearing output):	
– radial	≤ 0,015 mm
– axial	≤ 0,15 mm
Operating temperature range	– 20 ... + 125 °C

reduction ratio (nominal)	weight without motor ²⁾	length without motor L2 mm	length without motor 3863 L2 mm	length with motor					output torque		direction of rotation (reversible)	efficiency %
				3242 G L1 mm	3056 K L1 mm	3257 G 3557 K L1 mm	3564 K L1 mm	3863 A L1 mm	continuous operation M max. Nm	intermittent operation M max. Nm		
3,71:1	166	32,3	27,3	74,3	88,3	89,3	96,3	91,3	6,0	8,0	=	88
14 :1	215	40,1	35,1	82,1	86,1	97,1	104,1	99,1	0,4 (10)	0,6 (15)	=	80
43 :1	268	47,9	42,9	89,9	103,9	104,9	111,9	106,9	1,4 (10)	1,9 (15)	=	70
66 :1	268	47,9	42,9	89,9	103,9	104,9	111,9	106,9	2,2 (10)	2,9 (15)	=	70
134 :1	318	55,7	50,7	97,7	111,7	112,7	119,7	114,7	4,5 (10)	6,0 (15)	=	60
159 :1	320	55,7	50,7	97,7	111,7	112,7	119,7	114,7	5,3 (10)	7,0 (15)	=	60
246 :1	320	55,7	50,7	97,7	111,7	112,7	119,7	114,7	8,2 (10)	11 (15)	=	60
415 :1	372	63,5	58,5	105,5	119,5	120,5	127,5	122,5	10 (10)	15 (15)	=	55
592 :1	372	63,5	58,5	105,5	119,5	120,5	127,5	122,5	10 (10)	15 (15)	=	55
989 :1	374	63,5	58,5	105,5	119,5	120,5	127,5	122,5	10 (10)	15 (15)	=	55
1 526 :1	378	63,5	58,5	105,5	119,5	120,5	127,5	122,5	10 (10)	15 (15)	=	55

¹⁾ Gearheads with ratio ≥ 14:1 have plastic gears in the input stage. For extended life performance, the gearheads are available with all steel gears and heavy duty lubricant as type 38/1 S and 38/2 S.
 The values for the torque rating indicated in parenthesis, are for gearheads, type 38/1 S and 38/2 S with all steel gears.

²⁾ Planetary Gearhead, series 38/1

Note: The reduction ratios are rounded, the exact values are available on request.



For details on technical information and lifetime performance refer to pages 104-108.
 Edition 2006-2007

Specifications subject to change without notice.

www.faulhaber-group.com

Omron, the world's leading sensor manufacturer, continues to set new standards in fast, precise measurement sensing with the ZX-E series of inductive displacement sensors. Designed specifically for metal measurement applications, the ZX-E series is based on Omron's unique Plug & Play concept, in which a wide variety of interchangeable sensor heads can be connected to the same amplifier. This concept covers all of your measurement requirements and takes the costly and time-consuming process out of selecting the best sensor heads for the job!

Unique features for extremely accurate performance



The ZX-E features a host of remarkable features and functions, some of which are unique! These include the smart calculation function, simple linearity adjustment, easy resolution display, dual digital display and mutual interference prevention function. The ZX-E is not only easy to use, it also features intelligent communication, enabling it to detect and log data for more efficient and effective process analysis and quality control. This inductive displacement sensor is the ideal solution for those who need very accurate, high-resolution measurement sensing in high-tech environments like the packaging, metal processing machinery, automotive and semiconductor industries.

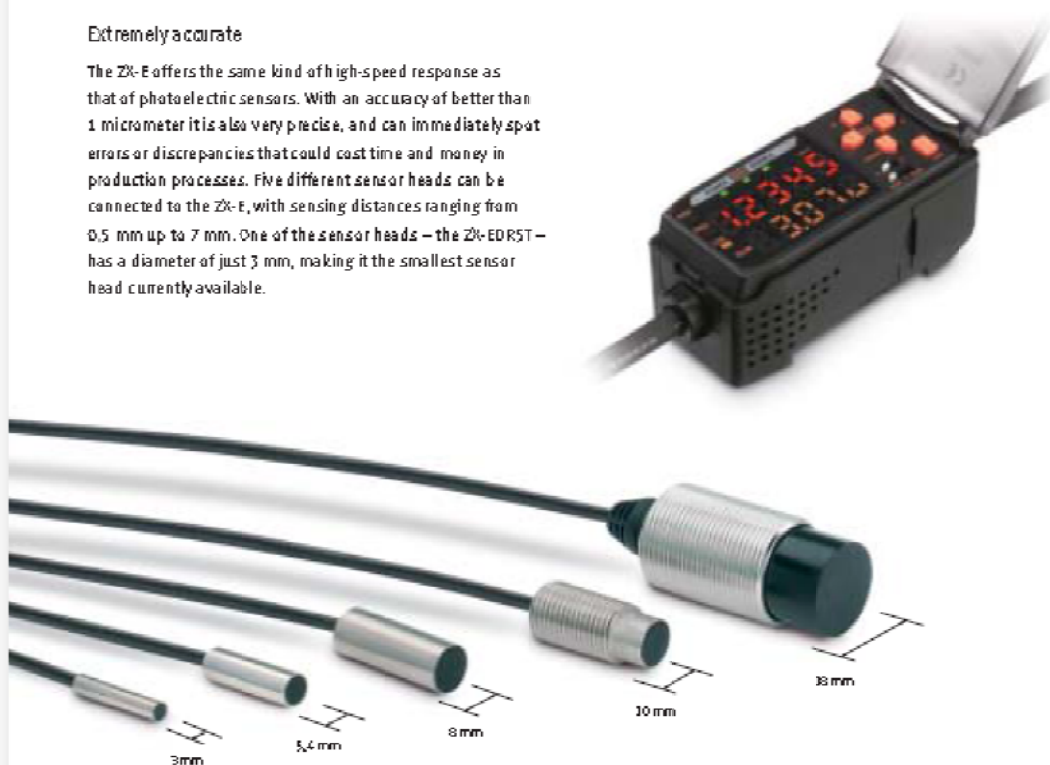
Designed to meet your measurement needs

ZX-E SERIES

What's innovative about the ZX-E sensor is that the same amplifier unit can be attached to any one of five sensor heads; It's simply a matter of selecting the sensor head that best suits your measurement application. And there's total compatibility between all sensor heads and the amplifier, making maintenance quick and easy.

Extremely accurate

The ZX-E offers the same kind of high-speed response as that of photoelectric sensors. With an accuracy of better than 1 micrometer it is also very precise, and can immediately spot errors or discrepancies that could cost time and money in production processes. Five different sensor heads can be connected to the ZX-E, with sensing distances ranging from 0.5 mm up to 7 mm. One of the sensor heads – the ZX-EDR5T – has a diameter of just 3 mm, making it the smallest sensor head currently available.

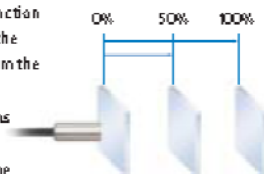


Smart calculation function

By inserting a 'calculation unit' (ZX-CAL2) between two amplifiers the thickness and difference measurements are easily obtained, and these results will be displayed on the amplifier. This technology, patented by Omron, eliminates the need for connecting a digital panel meter and the troublesome wiring and setting up associated with it.

Simple Linearity Adjustment

With the ZX-E it is possible to adjust the linearity of the sensor for different types of metals, ferrous and non-ferrous. Using Omron's patented Linearity Adjustment Function you can perform a teaching function at 0%, 50% and 100% of the measurement distance from the object to the sensor head. The amplifier then confirms the result. This feature greatly reduces setting time.



Plug & Play Concept

All sensor heads are fully compatible to the amplifier unit and can be selected based on the application. Also for maintenance reason it is more efficient and cost saving to replace only the sensor head.



Easy-to-read resolution display

With Omron's resolution display function (patent pending), the resolution based on the object being measured is displayed and can be verified in real time. It is easy to learn the margin for threshold values with this resolution display, allowing accurate judgements on whether or not detection is possible.

Dual digital display *(Measurement 1)*

This makes setting up and maintaining the ZX-E sensor a straightforward process. The smaller display shows the real resolution of the sensor based on the object being measured.

Mutual Interference prevention function

Up to five sensors can be combined very closely together without any mutual interference occurring between them. This is achieved by placing a calculating unit (ZX-CAL2) between each sensor. With this unique feature multiple measurements can be made in a machine or a process.

