

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

Opinnäytetyö

Petteri Souru

PULSSI-MAG-HITSAUKSEN KÄYTTÖ DELTAPALKKIEN HITSAUKSESSA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Nastola 2009

Kaarlo Koivisto
Peikko Group Oy, valvojana DI Kari Tuominen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Modernit tuotantojärjestelmät

Souru, Petteri	Pulssi-mag-hitsauksen käyttö deltapalkkien hitsauksessa
Opinnäytetyö	33 sivua + 20 liitesivua
Työn ohjaaja	Kaarlo Koivisto
Työn teettäjä	Peikko Group Oy, valvojana DI Kari Tuominen
Huhtikuu 2009	
Hakusanat	pulssi-mag-hitsaus, jauhekaarihitsaus, MAG-hitsaus, deltapalkki

TIIVISTELMÄ

Deltapalkki on teräslevyistä hitsattu, ontto ja sivuilta rei'itetty palkki, joka betonoidaan työmaalla. Tarkoituksena on ollut löytää keinoja hitsauskustannusten pienentämiseksi ja tuottavuuden parantamiseksi deltapalkkien hitsauksessa. Aikataulullisesti projekti on ollut ajankohtainen yrityksellä alkamassa olleen Slovakian tehdasinvestoinnin vuoksi. Uuteen tehtaaseen oltiin kehittämässä portaalilaitteisto, joka olisi yksinkertainen käyttää, huoltaa ja operaattoreiden hallita kustannustehokkuuden ohella. Kokonaisuutena toteutettavan hitsausportaalilaitteiston tuli olla teknisesti ja taloudellisesti Peikko Group Oy:lle kannattavampi vaihtoehto kuin Suomessa ja Saksassa jo käytössä ollut jauhekaarihitsauslaitteisto.

Työssä on vertailtu erilaisten hitsausprosessien ohella laitteistojen investointikustannuksia perinteisiin jauhekaarihitsauslaitteistoihin verrattuna. Hitsauskustannukset (€/m) ovat myös olleet tärkeänä vertailutekijänä. Jauhekaarihitsaus on ollut tunnetusti tehokas hitsausprosessi, mutta myös lisäainekustannuksiltaan hinnakas. Hitsauskustannukset hitsatessa jauhekaarilaitteistolla ovat olleet noin 3 €/m, kun vastaavasti esimerkiksi pulssi-mag-hitsauksella ollaan päästy puolittamaan metrikustannukset.

Pulssi-mag-hitsaus soveltuu käytettäväksi juuri silloin kun esim. lämmöntuonti aiheuttaa ongelmia, kuten taipumia ja mahdollisesti vetelyjä valmiissa tuotteissa. Tällöin ongelman ydin on nimenomaan suuri lämpöenergia, joka on tyypillinen varsinkin jauhekaarihitsausprosessia käytettäessä. Parhaiten pulssi-mag-hitsausta voidaan käyttää ohuissa materiaalivahvuuksissa, koska hitsattaessa paksumpia materiaalivahvuuksia on hitsaus suoritettava useimmiten runsaammalla lämpöenergialla. Pulssi-mag-prosessissa lämmöntuonti on pienempi kuin jauhekaarihitsauksessa. Tämä voi johtaa tiettyihin ongelmiin käytännössä käytettäessä pienemmän lämmöntuonnin omaavaa hitsausprosessia. Seurauksena voi ilmetä karennutta faasirakennetta (martensiitti), liitosvirheitä hitsin ja perusaineen sularajalla, kylmähalkeilua ja muita hitsausvirheitä. Pulssi-mag-hitsauksella pystytään parantamaan myös tuottavuutta perinteiseen mag-hitsaukseen verrattuna, koska vastaavilla ampeerimäärillä langansyöttönopeudet ovat noin 10–20 % suuremmat, jolloin saavutetaan suuremmat sulatusteholukemat (kg/h).

Projektissa rakennettu pulssi-mag-hitsausportaali soveltuu pitkänomaisten pienahitsien hitsaamiseen. Materiaalipaksuuksien ollessa pieniä (alle 50 mm) käytetään yksipalkohitsausta ja hitsattava a-mitta alue on 3-6mm. Deltapalkissa on neljä pitkittäishitsiä, jotka kaikki tulee hitsata yhtäaikaaisesti ja vastaavanlaisilla lämpöenergioilla, jotta vältetään kaareutumisia ym. muodonmuutoksilta. Myös Deltapalkin muoto aiheuttaa jauhekaarihitsauksessa tiettyjä ongelmia jauheen tukemiseen. Nämä ongelmat on voitu välttää vaihtamalla hitsausprosessi jauhekaarihitsauksesta pulssi-mag-hitsaukseen. Myös tuottavuuden nosto on vaikeaa nykyisellä jauhekaarihitsausprosessilla, koska virran noustessa ja tunkeuman kasvaessa alkaa ilmetä läpipalamisongelmia varsinkin yläpuolen hitsien hitsauksessa.

Kokonaisuudessaan tämä projektin kesto on ollut reilun yhden vuoden, ja asetetut tavoitteet on ylitetty. Esiselvittelyt ja testaukset on tehty ensimmäisten kuuden kuukauden aikana. Pulssihitsauksen osalta testauksia oli tehty jo pidemmän aikaa aikaisemminkin liittyen Peikko Groupin robottihitsauksen kehittämistoimenpiteisiin. Varsinainen portaalin suunnittelutyö kesti protoportaalin valmistumiseen asti, minkä jälkeen havaitut virheet ja parannusajatukset käytiin läpi ja toteutettiin seuraaviin rakennettaviin laitteistoihin.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Modern Production Technologies

Souru, Petteri Pulse-mag-welding with deltabeams

Engineering Thesis 33 pages + 20 appendices

Thesis Supervisor Kaarlo Koivisto

Commissioning Company Peikko Group Oy, Supervisor: Kari Tuominen (MSc)

April 2009

Keywords pulse mag welding, sub merge arc welding, MAG welding, deltabeam

ABSTRACT

Deltabeam is a hollow welded steel beam with web holes. The box section of the beam is concreted at site during construction. In this study, different welding processes and their costs have been compared. The company Peikko Group Oy had decided to invest on new welding portal in its new factory located in Slovakia. The new portal needed to be easy use by the welding operators as well as to maintain. Sub merged arc welding was already in use in company's other factories in Finland and Germany, and new portal was meant to be technically and economically better than the existing ones.

In this study, in addition to comparing different welding processes, also the cost of investment of different welding systems have been taken into consideration. Welding costs (€/ m), have also played an important role. The welding costs of sub merged arc welding have been approximately 3 €/ m, whereas with pulse mag welding, the costs have been able to be reduced to almost half of that.

Pulse mag welding is suitable also when heat input might cause problems, like bending. This is a benefit especially with thinner materials, since thicker materials require higher heat input. Productivity may also be increased compared to traditional MAG welding; since with equivalent current used, the wire feed speed is 10-20 % faster. Pulse mag welding portal, which was built during this project, is suitable for welding of elongated fillet welds. As the material thickness is small (less than 50 mm), single run with a 3-6 mm is used. Deltabeam has four elongated welds, that all have to be welded at the same time with equivalent heat input, in order to prevent material deformation.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	4
SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1. JOHDANTO.....	7
1.1 Yritysesittely: Peikko Group Oy	7
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus.....	8
2. MIG/MAG-HITSAUS.....	10
2.1 MIG/MAG-hitsauksen käyttö.....	11
2.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat.....	11
2.3 MIG/MAG-hitsauksen prosessisovellutukset (kaarityypit)	12
2.3.1 Lyhytkaari	13
2.3.2 Sekakaari	14
2.3.3 Kuumakaari	14
2.3.4 Pulssikaari.....	15
2.3.5 Kaarityyppien edut ja haitat.....	16
3. JAUHEKAARIHITSAUS	17
3.1. Jauhekaarihitsauksen käyttö	17
3.2. Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat	18
3.3. Jauhekaarihitsauksen prosessisovellutukset.....	18
4. Deltapalkin hitsaus	20
4.1. Lisäainekustannukset	21
4.2. Pulssi-mag vs. MAG	21
4.3. Pulssi-mag vs. jauhekaarihitsaus	22

4.4. Koehitsaukset	23
4.5. MAG-portaalin esisuunnittelu	25
5. Projektin toteutus.....	27
5.1. Laitteiston kuvaus	27
5.2. Laitteiston käyttöperiaate.....	28
5.3. Laitteiston koekäyttö	28
5.4. Laitteiston vapautus tuotantokäyttöön	29
6. JATKOTOIMENPITEET	30
6.1. Loppusanat	31
LÄHDELUETTELO	33
LIITELUETTELO	33

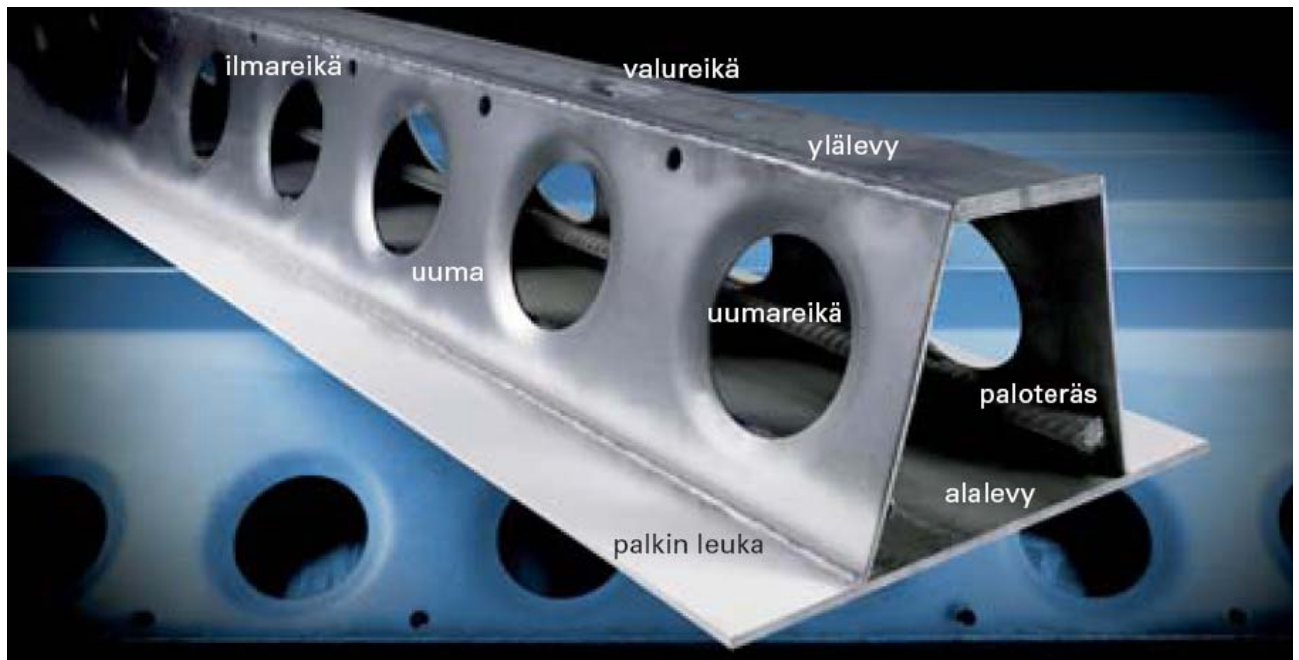
1. JOHDANTO

1.1 Yritysesittely: Peikko Group Oy

Peikko Group Oy on liittopalkkeihin ja betonirakenteiden kiinnitystekniikkaan keskittyvä perheyhtiö. Peikko Finland Oy:n emoyhtiö Peikko Group Oy:llä on tytäryhtiöt Alankomaissa, Espanjassa, Isossa-Britanniassa, Italiassa, Itävallassa, Kanadassa, Kreikassa, Latviassa, Liettuassa, Norjassa, Puolassa, Ranskassa, Ruotsissa, Saudi-Arabiassa, Saksassa, Slovakiassa, Suomessa, Sveitsissä, Tanskassa, Tšekissä, Turkissa, Venäjällä, Virossa, Ukrainassa ja Yhdistyneissä Arabiemiraateissa. Peikon tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa, Saksassa, Slovakiassa, Liettuassa ja Saudi-Arabiassa. Peikko Groupin liikevaihto vuonna 2008 oli 118miljoonaa euroa, ja sen palveluksessa oli yli 800 työntekijää.

Yritys perustettiin vuonna 1965 Teräspeikko-nimellä, ja nimenmuutos Peikoksi toteutettiin vuonna 2005 kansainvälisen liiketoiminnan kasvuttua merkittävämmäksi. Yrityksen ensimmäinen tuote, sandwich-elementtien kuoret toisiinsa liittävä ansas, oli alan ensimmäinen teollisesti valmistettu tuote.

Peikko®-tuotteiden käyttöalue ulottuu betoni- ja teräsrunkojen liitoksista kone- ja laiteperustuksiin. Deltabeam® betonoitavat liittopalkit liittävät ontelolaatat, liitto- ja kuorilaatat tai paikallavalun yhtenäiseksi, kantavaksi rakenteeksi.



Kuva 1. Deltapalkki on teräslevyistä hitsattu, ontto ja sivuilta rei'itetty palkki, joka betonoidaan työmaalla.



Kuva 2. Betonin kovettumisen jälkeen palkki toimii liittopalkkina ontelo-, liitto- ja kuorilaatoille sekä paikallavalulle.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämä työ on rajattu koskemaan vain Peikko Finland Oy:n tarpeita ja deltabeam-tuotetta. Laitteiston ja hitsausprosessin soveltuvuutta muihin tuotteisiin tai sovelluksiin ei tässä työssä ole keskitytty tutkimaan lainkaan, ja niinpä myöskään kaikki tulokset eivät välttämättä toimi samantyyppisesti toisille tuotteille.

Työn tavoitteena on kehittää Peikko Finland Oy:lle hitsauslaitteisto, jolla voidaan säästää deltapalkin valmistuksessa syntyviä valmistuskustannuksia tehokkuuden ja luotettavuuden siitä kärsimättä. Lisäksi haasteena on toteuttaa laitteisto, joka olisi riittävän yksinkertainen oppia käyttämään kaikissa Peikko Groupin tuotantoyksiköissä ympäri maailmaa.

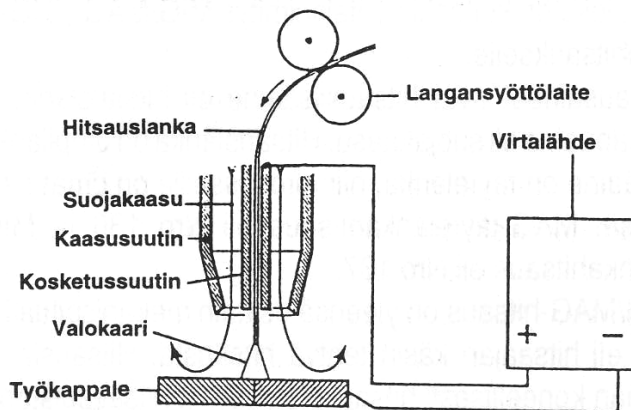
Aihevalintaan vaikuttivat eniten omat positiiviset kokemukseni pulssi-mag-hitsauksesta ja hyvin onnistuneet hitsauksen kehitystoimenpiteet, joita Peikko Finland Oy:ssä on tehty hitsausroboteilla koko 2000-luvun ajan. Myös kirjallisuuden ja opetusaineiston syvällisempi puute on lisännyt omaa mielenkiintoani tutkia ja testata pulssihitsausta tarkemmin. On ollut yllättävän vaikeaa saada apua ja tukea omiin kysymyksiin, joita matkan varrella on tullut eteen. Välillä on ollut jopa täysin turhauttavaa ajatella kuinka vähän ainakin Suomessa on kokemuksia ja taitotietoa etenkin mustien terästen hitsauksesta käyttäen pulssi-mag-menetelmää.

Tässä olisikin selvä kehitystarve sekä Suomen hitsauslaitteistoedustajille että osittain myös eri oppilaitoksille, joilta ehkä puuttuu näkemyksiä tai kokemusta pulssi-mag hitsauksen käytöstä mustilla teräksillä. Sain projektin aikana useita kymmeniä, osittain jopa halventavia kommentteja projektista, sen järkevyydestä, oikeellisuudesta ja tulevasta toimivuudesta. Nämä ovatkin olleet juuri niitä asioita, joista sain lisää energiaa ja voimaa omille toimille ja puhtia painaa asioita eteenpäin yleisen mielipiteen eriyävyydestä huolimatta. Osittain kyseenalaistaminen varmasti johtuu juuri tiedon puutteesta. Tietoa jota ei paljon ole saatavilla. Tämä toivottavasti parantuu tulevaisuudessa sillä tiedän, että esimerkiksi juuri pulssi-mag-hitsaus on nyt monella yrityksellä tai oppilaitoksella tarkemmassa tutkinnassa ja yhtenä mahdollisena suuntana tulevaisuudessa. Saan erittäin usein kyselyitä aiheesta ja sen mahdollisesta soveltamisesta eri hitsaavassa teollisuudessa.

Pulssi-mag hitsausta ei yleisesti käytetä ns. pitkänomaisten hitsien hitsaamiseen, vaan näissä yleisesti käytetty hitsausprosessi on mekanisoitu jauhekaarihitsaus. Myöskään hitsausalan kirjallisuus ei tue tämän opinnäytetyön tarkoituspäätä, vaan nimenomaan tukee sitä ajatusta, että sopivin ja yleisesti käytetyin hitsausprosessi pitkänomaisten hitsien hitsaukseen on mekanisoitu jauhekaarihitsaus. Tästä syystä vastaavia tutkimuksia tai lähteitä ei juuri löytynyt, vaan kaikki kirjallisuus tukee ja opastaa jauhekaarihitsaukseen käyttöön ja sen soveltuvuuteen.

2. MIG/MAG-HITSAUS

MIG/MAG-hitsaus eli metallikaasukaarihitsaus on hitsausprosessi, jossa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välissä. Sulassa tilassa oleva metalli siirtyy pisaroina langasta hitsisulaan. Hitsauslankaa syötetään langansyöttölaitteesta hitsauspistooliin ja siitä edelleen valokaareen. Hitsausvirta kulkee virtalähteestä virtajohdinta myöten hitsauspistoolin päässä olevaan kosketussuuttimeen, josta se siirtyy hitsauslankaan. Suojakaasu suojaa kaaritilaa ja hitsisulaa ympäröivältä ilmalta. Valokaari syttyy hitsauslangan koskettaessa työkappaletta. Kosketushetkellä syntyvässä oikosulussa tehokas oikosulkuvirta sulattaa ja höyrystää langan pään, minkä ansiosta valokaari syttyy. Kuvassa 3 on esitetty menetelmän toimintaperiaate ja laitteisto. (Lukkari, 1998, s.159)



Kuva 3. MIG/MAG–hitsausprosessi (Lukkari, 2002, s.159)

MIG/MAG- hitsauksessa tarvitaan suojakaasua suojaamaan kaaritila ja hitsisulaa ympäröivän atmosfääriin, lähinnä ilman hapen ja typen, haitallisilta vaikutuksilta. Suojaamattomuudesta seuraa mm. huokosia, hitsin pinnan voimakasta hapettumista ja seosaineiden poispalamista. Suojakaasulla on tärkeä vaikutus myös seuraaviin asioihin (Lukkari, 2002, s.196):

- hitsiaineen kemiallinen koostumus
- hitsiaineen lujuus- ja iskutkeysominaisuudet
- aineensiirtymistapa eli kaarityyppi
- roiskeet
- valokaaren vakavuus
- palon muoto
- tunkeuma
- hitsisulan kostutus ja juoksevuus
- hitsaussavut
- hitsauksen tuottavuus.

Termit MIG ja MAG tulevat englanninkielisistä sanoista Metal-Arc Inert Gas Welding ja Metal-Arc Active Gas Welding. Usein näistä hitsausprosesseista käytetään vain yhtä yleisnimitystä MIG-hitsaus.

Suojakaasu voi olla aktiivinen tai inertti kaasu. Aktiivinen kaasu reagoi sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. Tällainen kaasu on joko puhdas hiilidioksidi tai argonin ja hiilidioksidin muodostama seoskaasu, esim. 75%Ar+25%CO₂. Tällaista hitsausta kutsutaan MAG-hitsaukseksi. MIG-hitsauksessa suojakaasu on puolestaan inertti eli reagoimaton kaasu, jollaisia ovat argon ja helium.

Pääjako näiden prosessien käytössä on sellainen, että terästen hitsaus on MAG-hitsausta ja ei-rautametallien hitsaus on MIG-hitsausta. (www.esab.fi)

2.1 MIG/MAG-hitsauksen käyttö

MIG/MAG-hitsaus on yleisin hitsausprosessi teräksiä hitsattaessa. Se soveltuu sekä seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen että ruostumattomien terästen ja alumiini-, kupari- ja nikkelseosten hitsaamiseen. Käytettävä suojakaasu määräytyy hitsattavan materiaalin perusteella. Mitä seostetumpi ja jalompi perusaine on kyseessä, sitä inertimpi suojakaasu valitaan. MIG/MAG-hitsaus soveltuu käytettäväksi kaikissa hitsausasunnoissa laajalla aineenpaksuusalueella valitsemalla sopivat hitsausparametrit.

2.2 MIG/MAG-hitsauksen edut ja haitat

MIG/MAG-hitsauksen mekanisointi ja automatisointi on helppoa ja se on käytetyin prosessi mekanisoidussa ja robotisoidussa hitsauksessa. Hitsauspistooli voidaan asentaa kuljetuslaitteeseen, kiskokuljettimeen, pitimeen tms. Lähes kaikki kaarihitsausrobotit hitsaavat MIG/MAG-prosessilla.

MIG/MAG -hitsauksen yleisyyteen ovat syynä sen tarjoamat monet edut (Lukkari, 2002, s.177):

- jatkuva lisäaine, ei lisäaineen vaihtokohtia hitsissä
- helppo mekanisoida
- lisäaine kuonaa muodostamaton
- ei kuonausta
- kuonasulkeumavaara vähäinen
- hyvä tuottavuus
- hitsaus kaikissa asunnoissa
- tunkeuma säädettävissä virran avulla
- ohutlevyjen hitsaus
- hinnaltaan edullinen lisäaine.

Lincoln mainitsee lisäksi seuraavat edut (www.lincolnelectric.com):

- laaja hitsausarvojen säätömahdollisuus
- helppo mekanisoida ja automatisoida

- railonseuranta helppo toteuttaa valokaaren läpi
- ei vaadi paljon railotoleransseilta ja –sovituksilta
- paljon prosessisovelluksia.

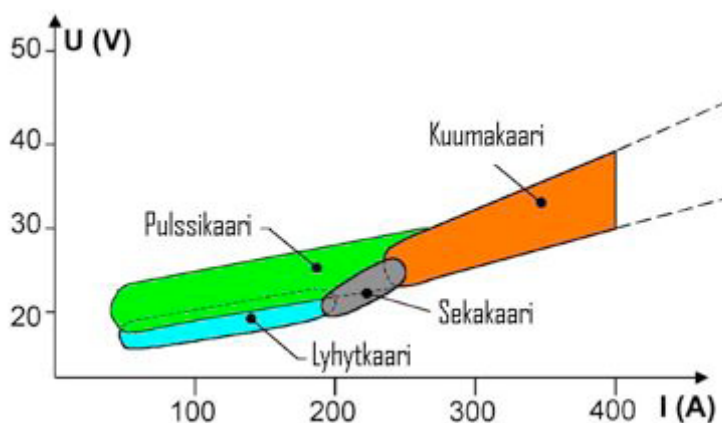
Haittoja ovat mm. (Lukkari, 2002, s.177):

- arka vedolle ja tuulelle
- ulottuvaisuus ja luoksepäästävyys rajoitetumpi kuin esim. puikkohitsauksella
- hitsauslaitteisto monimutkaisempi ja hankalampi liikutella kuin esim. puikkohitsauslaitteisto
- huoltoa ja kunnossapitoa vaativa hitsauslaitteisto
- lisäainevalikoima suppea umpilangoilla hitsattaessa.

2.3 MIG/MAG-hitsauksen prosessisovellutukset (kaarityypit)


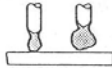



MIG/MAG-hitsauksessa aineensiirtymisen päämekanismit ovat oikosulku- ja suihkumainen siirtyminen. Oikosulkusiirtymisessä pisarat muodostavat hetkellisiä oikosulkuja sulaan siirtyessään. Suihkumaisessa siirtymisessä metalli siirtyy erittäin pieninä pisaroina suihkun muodossa. Kumpaankin aineensiirtymistapaan liittyy myös oma kaarityypinsä.

Kaarityyppi määräytyy lähinnä virta- ja jännitearvojen perusteella, jotka on esitetty kuvassa 4 (Vilpas, 2005).



Kuva 4. Menetelmä, (Vilpas, 2005)

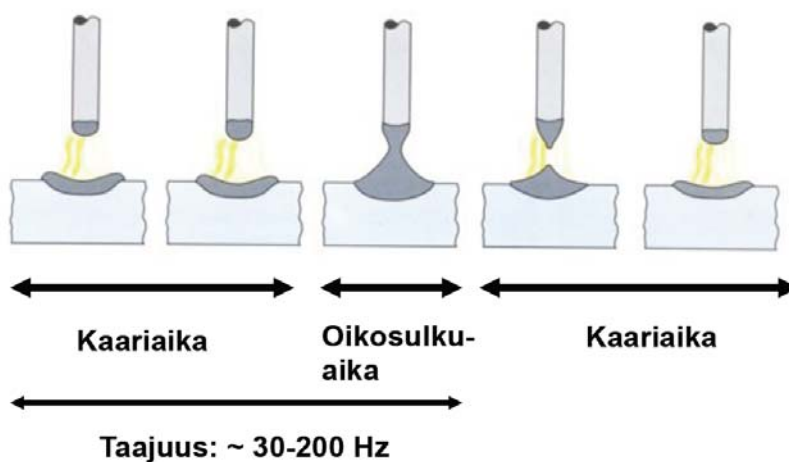
Kuvassa 5 on esitetty kullekin alueelle luonteenomainen tietty aineensiirtymistapa ja pisarakoko, johon vaikuttaa hitsausarvojen lisäksi suojakaasu. (Lukkari, 1998, s.167)

Kaarityyppi (suojakaasu)	Pisarakoko	Pisarakoko ja langanhalkaisija	Aineensiirtyminen
Lyhytkaari (seoskaasu ja CO ₂)	hienopisarainen		oikosulkujen avulla
Sekakaari (seoskaasu ja CO ₂)	hieno → suuri-pisarainen		ajoittain oikosulkujen avulla
Kuumakaari (seoskaasu)	erittäin hienopisarainen		ilman oikosulkuja
Pitkäkaari (CO ₂)	suuri-pisarainen		ajoittain oikosulkujen avulla
Sykekaari (seoskaasu)	hienopisarainen		ilman oikosulkuja

Kuva 5. Kaarityypit ja aineensiirtymistavat (Lukkari, 1998, s.167)

2.3.1 Lyhytkaari

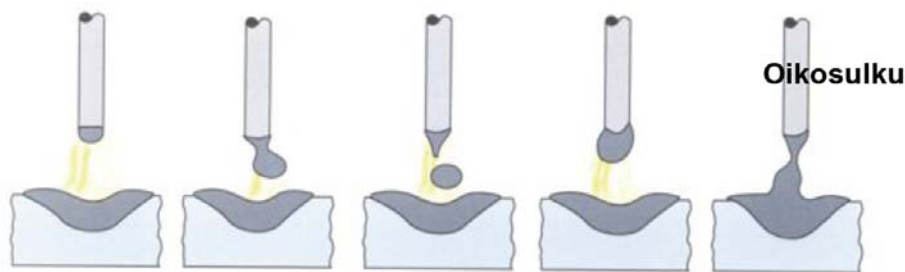
Lyhytkaarihitsauksessa aine siirtyy tasaisin välein hallitusti oikosulkujen avulla. Sitä kutsutaan oikosulkusiirtymiseksi. Siihen päästään käyttämällä pieniä virta- ja jännitearvoja. Jännite on alle 20 V. Pisara muodostaa oikosulun ja se siirtyy hitsisulaan. Oikosulkuhetkellä jännite laskee lähes nolliin ja virta alkaa nousta, jolloin magneettiset voimat ja pintajännitys irrottavat pisaran langan päästä. Oikosulkujen määrä vaihtelee noin 30-200 kpl sekunnissa, mikä riippuu hitsausvirrasta, kaarijännitteestä, induktanssista ja suojakaasusta. Lyhytkaarihitsaus asettaa suuria vaatimuksia virtalähteen dynaamisille ominaisuuksille, koska virtalähteen on pystyttävä vastaamaan nopeisiin virta- ja jännitemuutoksiin jatkuvasti oikosulkeutuvassa valokaaressa. (Lukkari, 1998, s. 168)



Kuva 6. Lyhytkaari, Aineensiirtyminen: Hienopisaramainen oikosulkujen avulla (Vilpas, 2005)

2.3.2 Sekakaari

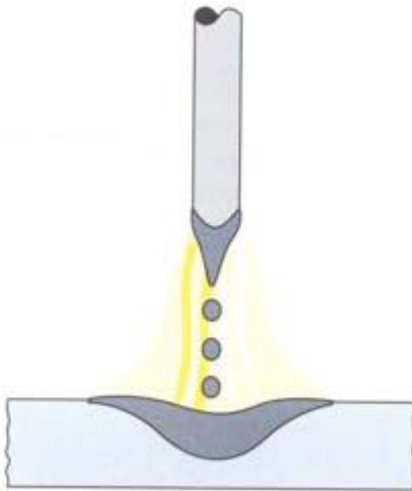
Sekakaaresta käytetään myös nimityksiä välikaari, puolikuumakaari, siirtymäkaari tai ylimenokaari, koska se sijaitsee lyhytkaari- ja kuumakaarialueiden välissä. Jännitteellä ilmaistuna sekakaarialue sijaitsee jännitealueella 22-28 V. Suuripisarainen siirtyminen, oikosulut ja kaarivoimat aiheuttavat runsaasti roiskeita. Yleensä pyritään välttämään hitsausta sekakaarialueella sen roiskeisuuden takia. Sitä joudutaan käyttämään kuitenkin silloin, kun lyhytkaari on liian kylmä ja pienitehoinen sekä kuumakaari on liian kuuma ja suuritehoinen hitsauskohteeseen. Yleisin kohde sekakaarelle on pystyhitsaus ylhäältä alaspäin ja vaakahitsaus. (Lukkari, 1998, s.169)



Kuva 7. Sekakaari. Aineensiirtyminen: suuripisarainen ja ajoittain oikosulkujen avulla (Vilpas, 2005)

2.3.3 Kuumakaari

Kuumakaarissa aineensiirtyminen on hyvin hienopisaraista ja tapahtuu ilman oikosulkuja eli suihkumaisesti. Tämä aineensiirtymistapa esiintyy inertillä suojakaasulla tai myös argonvaltaisella seoskaasulla, kun käytetään riittävän suurta hitsausvirtaa. Kullekin langanhalkaisijalle saadaan kriittinen virta eli transitiovirta, jossa pisarakoko yhtäkkiä pienenee voimakkaasti ja vastaavasti pisaramäärä kasvaa. Transitiovirran yläpuolella hitsaus on kuumakaarihitsausta, jossa aineensiirtyminen tapahtuu hienopisaraisena sumuna ilman oikosulkuja. Kaari on pehmeä ja vakaa. Oikein säädetyllä kuumakaarella syntyy roiskeita erittäin vähän ja hitsin pinta on sileä. Kuumakaarihitsauksessa työkappaleeseen siirtyvä lämpömäärä on suuri. Suuri sula merkitsee myös sitä, että kuumakaarihitsaus ei sovellu asentohitsauksiin eikä pohjapalkojen hitsaukseen, vaan sen käyttöalue on väli- ja pintapalkojen hitsaus jalkoasennossa sekä alapienahitsaus. (Lukkari, 1998, s.170-171)

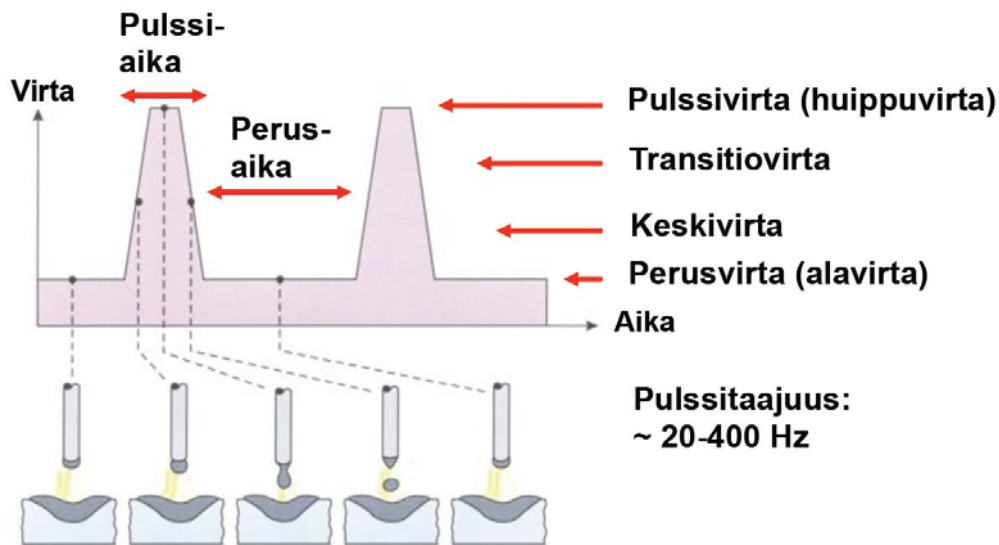


Kuva 8. Kuumakaari. Aineensiirtyminen: suihkumainen (hyvin hienopisarainen) ja ilman oikosulkuja (Vilpas, 2005)

2.3.4 Pulssikaari

Pulssikaarissa ohjataan aineensiirtymistä pulssivirran eli sykkivän virran avulla. Sillä saadaan aikaan suihkumainen aineensiirtyminen eli kuumakaari, vaikka se ei muuten käytetyillä langanhalkaisijalla ja keskimääräisellä hitsausvirralla olisi mahdollista, vaan hitsaus niillä tapahtuisi joko lyhytkaarella tai sekakaarella. Hitsaus tapahtuu täysin ilman oikosulkuja. Tehoalue ulottuu pienistä tehoista suuriin tehoihin. Pulssikaari edellyttää inerttiä suojakaasua tai argonvaltaista seoskaasua. Seostamattoman teräksen hitsauksessa suojakaasun hiilidioksidipitoisuuden pitää olla alle 20%, jotta saadaan aikaan kunnollinen pulssikaari.

Pulssikaari saadaan aikaan syöttämällä virtapulsseja suurella taajuudella tietyn perusvirran päälle, jolloin aineensiirtyminen tapahtuu suihkumaisesti virtapulssien aikana. Perusvirran tehtävänä on pitää langan pää ja hitsisula sulana. Virtapulssi aiheuttaa langan sulan pään pisaroitumista ja pisaran kasvamista. Samaan aikaan pisaroita irrottava voima kasvaa ja irrottaa pisaran, joka sinkoutuu hitsisulaan. Virta laskee pulssin jälkeen takaisin perusvirran tasolle. Valokaari palaa perusvirralla, kunnes seuraava virtapulssi tulee. (Lukkari, 1998, s. 171-172)



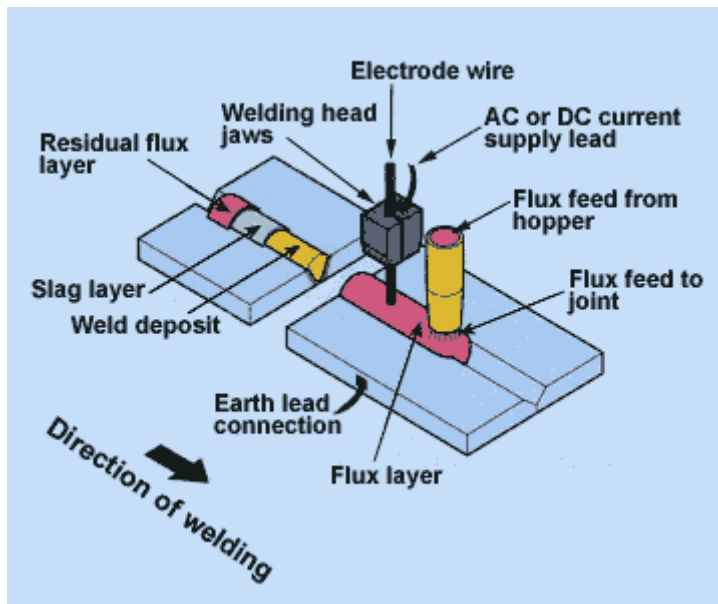
Kuva 9. Pulssikaari. Aineensiirtyminen: Kukin pulssi irrottaa yhden pisaran ilman oikosulkuja (Vilpas, 2005)

2.3.5 Kaarityyppien edut ja haitat

Pulssi-MIG/MAG-hitsauksen etuja muihin kaarialueisiin verrattuna ovat (Lukkari,1997, s.171-172); (Hackl, 2004, s.7);(www.lincolnelectric.com):

- suurempi hitsausnopeus verrattuna lyhytkaarihitsaukseen
- suurempi tuottavuus verrattuna lyhytkaarihitsaukseen
- pienempi hitsausenergia ja vetelyt verrattuna kuumakaarihitsaukseen
- erittäin vähän roiskeita
- pieni lämmöntuonti
- hyvä sulan hallinta
- pienemmät lisäainekustannukset (kaasut,lisäainelangat)
- vähemmän hitsaushuruja
- parempi hitsin ulkonäkö
- paksumman langan käyttö mahdollista
- helpompi hitsaus vaikeasti hitsattavilla lisäaineilla, joita ovat mm. erilaiset nikkelivaltaiset lisäaineet
- seostamattoman teräksen hitsauksessa etuna roiskeettomuus mm. kohteissa, joissa muuten jouduttaisiin käyttämään sekakaarta.

3. JAUHEKAARIHITSAUS



Kuva 10. Periaatekuva jauhekaarhitsauksesta www.twi.co.uk

Jauhekaarhitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsauslangan ja työkappaleen välissä hitsausjauheen alla. Hitsausjauhe suojaa hitsaustapahtuman ympäröivältä ilmalta. Osa jauheesta sulaa ja muodostaa hitsin päälle kuonakerroksen, joka myöhemmin poistetaan.

Valokaari ei ole näkyvä kuten muissa prosesseissa, vaan palaa piilossa jauheen alla. Tästä syystä jauhekaarhitsauksessa ei synny lämpö- ja valosäteilyä eikä hitsaussavuja, mikä tekee siitä työympäristön kannalta edullisen hitsausprosessin. Englanninkielinen nimitys on Submerged Arc Welding, jonka alkukirjaimista tulee paljon käytetty lyhenne SAW.

Hitsausaineet ovat hitsauslanka ja hitsausjauhe. Hitsauslangat ovat paksuja lisäainelankoja, joiden yleisin halkaisija on 4,0 mm, mutta jauhekaarhitsauksessa käytetään myös tätä ohuempia ja paksumpia lankoja. Hitsausjauheet ovat raemaisia, sulavia ja mineraalista ja metallista alkuperää olevia tuotteita, joita on kemialliselta koostumukseltaan erilaisia.

3.1. Jauhekaarhitsauksen käyttö

Jauhekaarhitsauksesta on kehitetty monia erilaisia muunnelmia, mm. tandem-hitsaus, kaksoislankahitsaus, metallijauheen syöttö ja kapearailohitsaus.

Tehokkaana hitsausprosessina jauhekaarhitsausta käytetään paljon lähinnä keskiraskaassa ja raskaassa konepajateollisuudessa ja laivanrakennuksessa.

Kattila-, säiliö- ja paineastiavalmistuksessa sitä käytetään mm. lieriöiden kehä- ja pituushitseihin sekä ulkopuolisena että sisäpuolisena hitsauksena. Suuret palkit ja putket valmistetaan myös jauhekaarihitsauksella.

3.2. Jauhekaarihitsauksen edut ja haitat

Jauhekaarihitsauksen etuina on suuri tehokkuus (hitsiaineentuotto), suuri tunkeuma, työympäristöystävällisyys, tunteettomuus vedolle ja tuulelle sekä pitkäikäiset ja toimintavarmat laitteet. Hitsiaineentuotto on tyypillisesti 6-12 kg/h, jolla tarkoitetaan kaariaikatunnissa sulatettua lisäainemäärää. Erilaisissa suurtehojauhekaariprosesseissa se on korkeimmillaan kymmeniä kiloja tunnissa. Käyttöalue alkaa noin 5 mm:n aineenpaksuudesta lähtien. Jauhekaarihitsaus on lähes poikkeuksetta mekanisoitua hitsausta.

Jauhekaarihitsaus soveltuu hyvin useimpien terästen hitsaukseen. Erilaisia hitsattavia teräksiä ovat mm. seostamattomat, hienorae-, kuumalujat, lujat ja ruostumattomat teräkset. (www.esab.fi)

Haittoina ovat mm. seuraavat asiat (Lukkari, 2002, s.131):

- asentohitsausmahdollisuudet hyvin rajoitetut
- kalliit laiteinvestoinnit
- tiukat railonvalmistus- ja sovitustarkkuusvaatimukset
- huono soveltuvuus monimuotoisiin kappaleisiin ja hitseihin
- suuri hitsausenergia
- jauheen käsittelystä aiheutuva pöly.

3.3. Jauhekaarihitsauksen prosessisovellutukset

Jauhekaarihitsauksen perusmuodosta yksilankahitsauksesta on kehitetty suuri joukko erilaisia sovelluksia. Pää tavoitteena kehittämisessä on ollut jauhekaarihitsauksen tehokkuuden parantaminen.

Erilaisia sovelluksia:

- hitsaus-navassa
- hitsaus pitkällä vapaalangalla
- kaksoislankahitsaus
- tandem-hitsaus

- hitsaus käyttäen metallijauhesyöttöä
- kuumalankahitsaus
- kylmälankahitsaus
- hitsaus täytelangalla
- kapearailohitsaus
- nauhahitsaus.

4. Deltapalkin hitsaus

Pulssi-mag-hitsausprosessia on testattu ja käytetty Peikko Finland Oy:ssä jo vuodesta 2002 lähtien eri hitsausroboteilla. Tulokset näistä sovelluksista ovat olleet positiivisia ja antaneet paljon ymmärrystä kyseistä hitsausprosessista ja myös siitä minkälaisissa sovelluksissa pulssi-mag-hitsausta voidaan ja kannattaa käyttää mustien terästen hitsauksessa tai missä siitä ei välttämättä ole niin suurtakaan hyötyä. Ensimmäiset koehitsaukset pulssihitsaustekniikalla Deltapalkille tehtiin vuonna 2005 Japanissa. Tämän jälkeen sitä on testattu eri hitsausvirtälähdevalmistajien kanssa niin Suomessa, Saksassa, Ranskassa kuin Itävallassakin. Kattavalla testauksella on pyritty selvittämään nimenomaan pulssihitsauksen soveltuvuutta deltapalkkien hitsaukseen ja ennaltaehkäisemään mahdollisia ongelmia, joita myöhemmin voi tulla eteen jos pulssi-mag portaali toteutettaisiin käytännössä. Kattavat testaukset yhdessä eri johtavien hitsauslaitevalmistajien kanssa ovat myös opettaneet ja antaneet lisäymmärrystä kyseisestä hitsausprosessista, joka auttaa myös soveltamaan paremmin pulssi-mag prosessia käytännössä eri tuotannoissa, erilaisissa liitosmuodoissa ja aineenvahvuuksissa. Myös hitsauslaitevalmistajat ovat olleet erittäin kiinnostuneita projektista, koska pulssitekniikan soveltaminen mustille teräksille ei globaalistikaan ole yleisesti käytetty hitsausprosessi. Osasyynä tähän lienee myös kirjallisuuden puute pulssi-mag-tekniikasta verrattuna esimerkiksi jauhekaarihitsaukseen, jonka eri sovelluksista löytyy erittäin paljon kirjallisuutta.



Kuva 11. Deltapalkin jauhekaarihitsausta.

4.1. Lisäainekustannukset

Taulukossa 1 on vertailtu jauhekaarihitsausprosessin ja Mag-hitsausprosessin teoreettisia hitsauslisäainekustannuksia. Vertailu on tehty käyttämällä hitsin a-mittana a5 ja hitsausnopeutena 50 cm/min. Tuloksista voi päätellä, että MAG-hitsausprosessilla verrattuna jauhekaariprosessiin lisäaineen kulutuksesta johtuvat kustannukset ovat noin puolta pienemmät.

Nämä tulokset tukivat päätöstä keskittyä tulevaisuudessa MAG-hitsauksen kehittämiseen.

<i>Esimerkissä käytetty: a5, 50cm/min</i>	Jauhekaarihitsaus	MAG-hitsaus
Lanka €/kg	1,58	1,12
Jauhe €/kg	1,18	-
Kaasu €/m	-	0,002
Langan kulutus kg/m	1	1
Jauheen kulutus kg/m	1	-
Kaasun kulutus l/m	-	120
Hinta €/m	2,76	1,36
Hinta €/100km	276 000	136 000

Taulukko 1. Jauhekaarihitsauksen ja MAG-hitsauksen lisäainekustannukset 100km deltapalkkia kohden

4.2. Pulssi-mag vs. MAG

Taulukossa 2 on esitetty parametreja, joista näkyy pulssi-mag-hitsauksen ja MAG-hitsauksen eroja. Kun käytetään pulssi-mag-hitsausta, saavutetaan yleisesti n. 10-20 %:n hyöty verrattuna normaaliin MAG-hitsaukseen. Hyöty vaihtelee hieman eri parametrialueilla ja tuloksissa on eroja myös eri parametrejä vertailtaessa.

Myös tunkeuman muodolla on suuri merkitys deltapalkkia hitsattaessa, koska varsinkin yläsaumoissa palkin rakenne ei salli tunkeumaa lähes lainkaan. MAG-hitsauksessa tunkeuman muoto on terävä ja v-muotoinen. Pulssi-mag-hitsauksessa saadaan tunkeuman syvyydestä pienempi ja leveämpi, koska käytettävät ampeerit ovat pienemmät ja jännite suurempi. Tällöin sulan hallinta on myös helpompaa ja jännitteellä pystytään säätämään tunkeuman muodosta pyöreämpi ja pehmeämpi, jolloin

läpipalamisongelmat pienenevät huomattavasti. Haluttaessa käyttää samaa hitsausnopeutta pulssi-mag-hitsauksella käytetään vähemmän ampeereita, jolloin käytettävästä lämpöenergiasta tulee pienempi. Mikäli lämpöenergia ei ole ongelma, ja voidaan käyttää yhtä suurta energiantuontia, saavutetaan pulssi-mag-hitsauksessa suurempi hitsausnopeus. Hitsausnopeus on suurempi samoista ampeeriarvoista huolimatta, koska langansyöttönopeus kasvaa.

<i>Esimerkissä käytetty: Vapaalankapituus 20 mm Lisäainelanka 1.2 mm</i>	Pulssi-mag-hitsaus	MAG-hitsaus
Langansyöttö nopeus 10 m / min	260 A	310 A
300 A käytössä	11 m / min	9,5 m / min
Sulatusteho kg / h	5,8 kg / h	5,0 kg / h
Max langansyöttö (ED 100 % 400 A) käytössä	15 m /min	13,5 m /min
Sulatusteho "max" kg / h	8 kg / h	7,2kg / h
Hits.nop. käytettäessä 350 A (a5-pienahitsi)	60 cm /min (13 m / min = 7 kg / h)	52 cm / min (11,5 m /min = 6,0 kg / h)

Taulukko 2. Pulssi-mag-hitsauksen ja MAG-hitsauksen vertailu parametrejä

4.3. Pulssi-mag vs. jauhekaarhitsaus

Taulukossa 3 on vertailtu tärkeimpiä eroja, joita pulssi-mag-hitsauksen ja jauhekaarhitsauksen välillä on deltapalkkia hitsattaessa.

Suurimmiksi tekijöiksi nousevat selvästi investointikustannukset, jotka osoittavat, että yhden jauhekaarilaitteiston hinnalla saisi noin kolme pulssi-mag-portaalia. Suurimmat erot investointikustannuksissa muodostuvat virtalähteiden hankintahinnoista, jotka nykyaikaisella jauhekaarivirtalähteillä ovat noin kaksinkertaiset verrattuna MAG-virtalähteisiin.

Toinen suuri tekijä on jauhekaarilaitteiden ja käytettävien hitsauslisäaineiden kokonaisuudessa. Tällöin laitteiston tarvitsee olla erittäin tukeva ja näin ollen siitä tulee myös raskas. Tämä lisää osaltaan valmistus- ja materiaalikustannuksia kaikkialla.

Hitsausnopeudessa jauhekaarella päästään suurempiin nopeuksiin, koska sulatusteho (kg / h) on suurempi käytettäessä yksilankatekniikkaa. Deltapalkkeja hitsattaessa ei hitsausnopeudella ole kovin suurta merkitystä, koska seuraava työpiste ei kuitenkaan pystyisi käsittelemään yhtään enempää kappaleita vuoron aikana. Tuloksena siis on, että operaattorin odotusaika olisi suurempi jos hitsattaisiin suuremmalla hitsausnopeudella.

Slovakiaan rakennettavassa palkkitehtaassa lay-out ja vaaditut tahtiajat tukevat osaltaan myös sitä, että hitsausnopeus ei ole kriittinen tekijä, vaan 60 cm / min riittää käytettäväksi hitsausnopeudeksi. Jos tulevaisuudessa tarvittaisiin nopeampaa hitsausnopeutta, voitaisiin hitsauksessa hyödyntää Tandem-hitsausta tai T.I.M.E-hitsausprosessia. Näistä suurtehoprosesseista lisää kappaleessa 6 ”jatkotoimenpiteet”.

Investointeja ja lisäainevalintoja perustellaan usein juuri hitsausnopeuden nousulla, vaikka hitsausnopeus ei aina ole määräävä tekijä. Yleensä hitsausnopeuden nostaminen auttaa vain yhtä tiettyä kuormituspistettä, ja vain siirtää pullonkaulaa seuraavaan työpisteeseen. Kokonaisuus ei vielä tällä parane, vaan vaaditaan kaikkien materiaalivirtojen ja tahtiaikojen läpikäyntiä.

Lisäainekustannuksilla on myös suuri merkitys. Vaikka lisäainekustannukset ovat yleensä vain joitain prosentteja yritysten liikevaihdoista, ja monesti ne otetaan huomioon vain prosenttiosuutena omakustannuslaskennassa, voi metrikustannuksella silti olla merkitystä laskettaessa hitsauskustannuksia yhteen.

Esimerkissä käytetty: deltapalkkia 100 km / v a-mitta 5 mm	Pulssi-mag-hitsaus	jauhekaarhitsaus
Lisäainekustannukset €/ m	1,36 e / m	2,76 €/ m
Investointikustannukset	150 000 €	500 000 €
Hitsausnopeus	60 cm / min	80 cm / min

Taulukko 3. Pulssi-mag-hitsauksen ja jauhekaarhitsauksen tuloksia

4.4. Koehitsaukset

Koehitsauksia tehtiin ensin kotimaassa ja varmistusta positiivisille koetuloksille haettiin Japanista ja Itävallasta. Koehitsaus päätettiin suorittaa Japanissa, koska sieltä löytyi tandemlaitteisto (hitsaus kahdella lisäaineella yhtäaikaaisesti). Itävalta valittiin, koska heillä oli Euroopassa tarjota käyttöömmme soveltuva testauslaitteisto yksilankatekniikalla. Itävallassa päästiin samalla testaamaan T.I.M.E.-hitsausta

(suurtehohitsausprosessi), jota mahdollisesti voidaan tarvittaessa tulevaisuudessa soveltaa, mikäli tarvitsemme suurempaa hitsausnopeutta.

Japanin OTC:llä tehdyillä tandemhitseillä tavoiteltiin mahdollisimman suurta hitsausnopeutta. Testeissä saavutettiin 2 metrin hitsausnopeus käyttäen normaalia 1.2 mm umpilankaa. Tehdyt hieet osoittivat myös tunkeuman olevan riittävä näillä nopeuksilla (kuva 12).



Kuva 12. Hie pulssihitsaustekniikalla tehdystä deltapalkista (Japani, 2005).

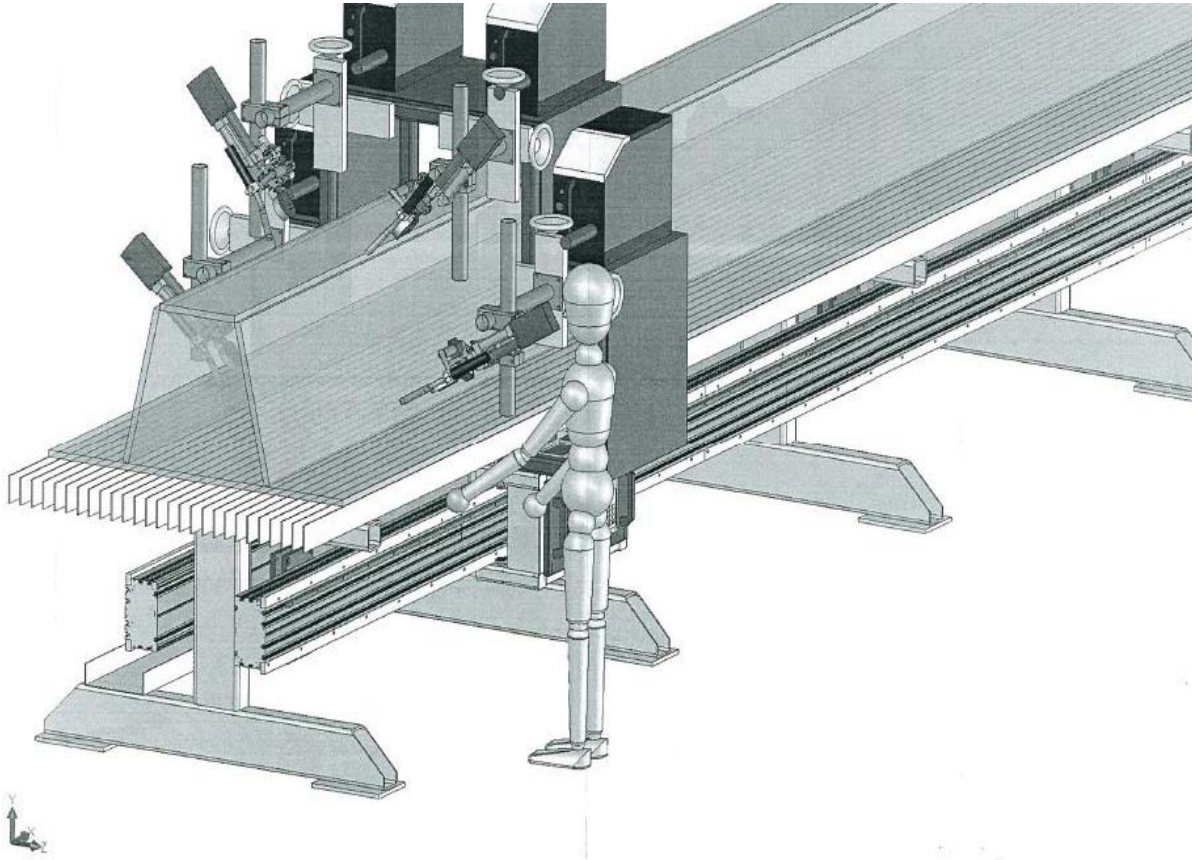
Koska itse hitsaus ei ole deltapalkkituotannossa työvaiheena pullonkaula, investointi huomattavan kalliiseen tandemlaitteistoon ei olisi ollut perusteltua tässä vaiheessa. Päätimme keskittyä yksilankatekniikkaan, jonka testaukseen valitsimme sopivan kumppanin Itävallasta (Fronius). Testitulokset osoittivat, että yksilankatekniikallakin pääsemme hitsausnopeudessa lähelle nykyisiä jauhekaarella saavutettavia tuloksia. Jauhekaaren hitsausnopeus Deltapalkkia hitsatessa on 80-90 cm/min, pulssi-magilla päästään 50-60 cm/min.



Kuva 13. Kuvassa Itävallassa pulssihitsattu alapienahitsi.

4.5. MAG-portaalin esisuunnittelu

Positiivisten koehitsausten perusteella aloitettiin uuden portaalin suunnittelutyö. Suunnittelutyö aloitettiin yhtäaikaaisesti neljän eri yrityksen kanssa. Näistä kaksi yritystä sijaitsi Slovakiassa, jonne kuusi uutta portaalia tulnaisiin sijoittamaan. Edellä koehitsausten yhteydessä jo mainittu Fronius tarjosi apuaan Slovakian tytäryrityksensä kautta, jonka tarjoama ratkaisu pudotettiin pois korkeimman hintansa perusteella. Toinen slovakialaisyrityksistä putosi pois teknisen rajoittuneisuutensa vuoksi tarjotessaan jo vanhentunutta tekniikkaa selkeästi modernimpaan tarpeeseemme nähden. Suomesta mukana oli kaksi yritystä. Näistä ensimmäinen karsittiin kilpailullisista syistä, sillä he tarjosivat jo ratkaisuja kilpailijallemme. Näin ollen jäljellä oli enää yksi suomalaisyritys, jonka kanssa suunnittelu yhteistyötä jatkettiin. Kyseisen yrityksen kanssa tehdyn suunnittelutyön ensimmäisen kierroksen tulos on nähtävissä kuvassa 14.



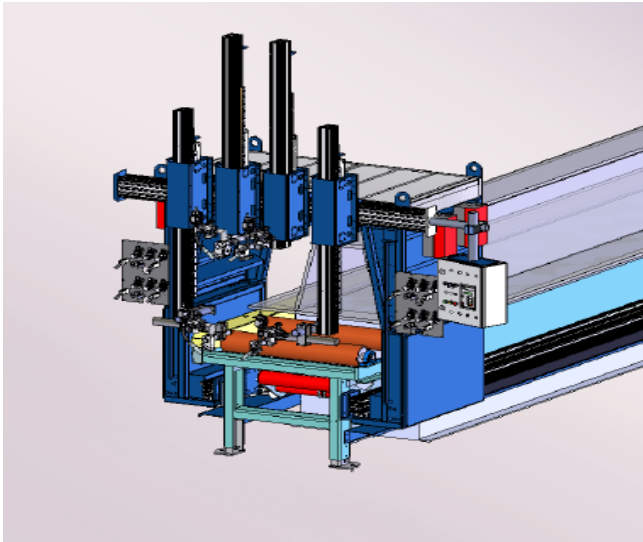
Kuva 14. Portaalin suunnittelun ensimmäisen vaiheen tulos.

Kuvassa 14 oleva suunnitelma on visualisoitu ensimmäinen malli mahdollisesta laitteistosta. Suunnitelmasta puuttuvat vielä mm. virtalähteet, savunpoistojärjestelmät ja osa kaapeloinnista, mutta se antaa kuvan portaalin peruseriaatteesta. Tavoitteena oli tehdä yksinkertainen, helppokäyttöinen ja kustannustehokas mekanisoitu hitsauslaitteisto pitkänomaisten hitsien hitsaukseen. Suunnitelman perusteella päätettiin kehittää ja valmistaa ensin protolaitteisto käytännön testauksia varten.

Protolaitteiston valmistukseen valittiin yhteistyökumppaniksi Suomalainen Kemecweld Oy. Valintaan vaikutti yrityksen sijainti samassa kaupungissa kuin Peikkokin, pitkä yhteistyökokemus edellisissä projekteissa ja yrityksen erityisosaaminen hitsauksessa ja mekanisoinnissa. Myös Kemecweldillä oli aito halu päästä rakentamaan laitteistoa, koska olihan projektin taustalla sellaita soveltamista jota ei kauheasti oltu aikaisemmin tehty. Näin myös Kemecille avautui mainio paikka saada myös heill itselle käsitystä pulssi-mag-hitsauksesta käytännössä.

5. Projektin toteutus

Projektin toteuttaminen oli erittäin ajankohtaista, koska Peikko Group Oy:llä oli juuri menossa suuri projekti tehdasinvestoinnista Slovakiaan. Kyseisessä projektissa tullaan tarvitsemaan kuutta tämän tyyppistä laitteistoa deltapalkkien hitsaukseen.



Kuva 15. Rakennettava ensimmäinen laitteisto.

5.1. Laitteiston kuvaus

Laite koostuu runko-osasta, joka sisältää varsinaisen hitsauslaitteiston ja muut tarvittavat laitteet, sekä rullaradasta, jolla huolehditaan deltapalkkien siirtely. Runko-osa on kytketty lineaarijohteilla rullarataan. Rullaradan alla sijaitsevat energiansiirtoketjut, jotka on sijoitettu molemmin puolin rullarataa. Lisäksi rullaradan alla sijaitsee myös hitsauksen päämaadoituskisko, joka on tehty 10 mm x 100 mm paksusta kuparilatasta. Rullaradan pinnassa sijaitsevat varsinaiset maadoituspisteet, jotka on asennettu hydraulisynterien päihin, on kytketty kuparikaapeleilla tähän päämaadoituskupariin. Lisäksi rullaradan alapuolella sijaitsevat hydraulitoimiset sylinterit, joilla voidaan tarvittaessa nostaa deltapalkki ilmaan rullaradan pinnasta.

Laitteistolla pystytään hitsaamaan yhtäjaksoisesti jopa 16 m pitkä deltapalkki. Hitsaustapahtumaa ei tarvitse valvoa 100-prosenttisesti vaan riittää, että yksi operaattori laitteiston vierellä valvoo tapahtumia ja pysäyttää hitsauksen tarvittaessa.

5.2. Laitteiston käyttöperiaate

Kun deltapalkki on saatu esikasattua ja silloitushitsattua, se ajetaan rullaradalla radan toiseen pätyyn, joka on samalla myös varsinaisen hitsausportaalin kotiasema. Siksi operaattorin on helpompi asettaa ja kohdistaa hitsauspolttimet oikein deltapalkkia vasten, koska operaattori pystyy kiertämään palkin päädyn molemmin puolin. Hitsauksen aloitus esim. keskeltä rullarataa on myös mahdollista, mutta operaattorille kohdistaminen ja asettelu on hankalampaa. Tällöin operaattori ei ylety molemmille puolille deltapalkkia, vaan joutuisi joka tapauksessa kiertämään rullaradan päädyn kautta palkin toiselle puolelle.

ASETUKSET: Käytännössä kaikki tarvittavat hitsausparametrit ovat muistissa hitsausvirtalähteissä, joista ne valitaan hitsausportaalin käyttöpaneelissa sijaitsevalla valintakytkimellä. Analogisia muistipaikkoja on käytössä 5 kpl, joista operaattori valitsee kulloinkin tarvittavat hitsausparametrit.

KOHDISTUS: Operaattori kohdistaa jokaisen hitsauspolttimen tarkasti oikeaan kohtaan. Varsinainen railonseuranta tapahtuu mekaanisilla railonseurantapyörillä, jotka painetaan pneumaattisesti n. 4-5 barin paineella käyttäen pneumatiikkasyntereitä deltapalkin reunoja vasten aina kahdelta eri suunnalta (vertikaalisesti ja horisontaalisesti). Tällöin mekaaninen laakeroitu pyörä seuraa deltapalkin reunoja pitkin ja pitää hitsauspolttimet oikeassa linjassa hitsausrailoihin nähden.

5.3. Laitteiston koekäyttö

Ensimmäiset toimittajan (Kemecweld Oy) tiloissa tammikuussa 2008 tehdyt hitsaustestit onnistuivat odotusten mukaisesti (kuva 16). Tällöin testeissä saavutettiin hitsausnopeus 50 cm/min. Käytännössä laitteisto oli jo heti alusta lähtien toimiva, emmekä kohdanneet enää tässä vaiheessa suurempia ongelmia. Laitteistolla hitsattiin useita oikeita deltapalkkeja, jotta saatiin mahdollisimman kattava käsitys laitteiston toimivuudesta ja luotettavuudesta. Suurimmat ongelmat mitä koehitsauksissa kohdattiin oli pitkistä maadoituskaapeleista tuleva jännitehäviö. Sekä plus että miinuskaapeleiden yhteen laskettu pituus on 40 m. Teoria mukaan jännitehäviö 95 mm² kaapelissa on 0,18 V / 100 A / 10 m eli, 40 metrillä ja 300 ampeerilla jännitehäviön tulisi olla 2,16 V. Koehitsausten aikana mittasimme jännitehäviötä 2 – 3 V. Eli, teorian mukainen jännitehäviö vastasi käytäntöä.

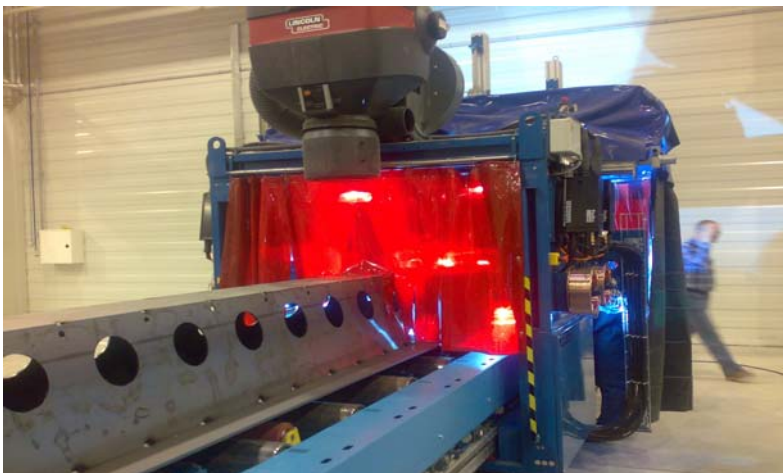
Koska nykyinen olemassa ollut tuotanto käytti tuolloin vain jauhekaarihitsausprosessia, oli pulssi-mag hitsausprosessille tehtävä menetelmäkokeet ennen laitteiston ottoa tuotantokäyttöön. Nämä testaukset tehtiin standardien vaatimusten mukaisesti ja testautettiin virallisella instanssilla aivan vastaavasti kuin normaalissa tuotannossakin tehdään.



Kuva 16. Protoportaalin ensimmäinen hitsaustesti Kemecweldillä.

5.4. Laitteiston vapautus tuotantokäyttöön

Ensimmäinen portaali asennettiin uuteen Slovakian deltapalkkitehtaaseen helmikuussa 2008. Tätä ennen olivat myös Slovakian tehtaan edustajat käyneet seuraamassa hitsaustestejä Suomessa. Näin laitteisto sai luvan tuotantoon vapautuksesta myös heiltä. Tämän jälkeen uusi laitteisto toimitettiin aina kolmen kuukauden välein ja asennettiin paikoilleen Slovakiaan.



Kuva 17. Valmistettu laitteisto tuotantokäytössä hitsaamassa ensimmäistä deltapalkkia Slovakiassa.

6. JATKOTOIMENPITEET

Jatkokehitys on jo menossa ja jopa käytännön testauksiakin on jo tehtynä. Tällä hetkellä portaalista on olemassa kolme eri tason versiota perustuen hitsausnopeuden 3-portaiseen tehokkuus- ja tuottavuusasteikkoon. Eri tasot perustuvat kulloisellakin tasolla käytettävään virtalähdelaiteistoon varsinaisen portaalilaitteiston peruseriaatteen pysyessä suunnilleen samana. Saavutettavat hitsausnopeudet, kun laitteistoa käytetään deltapalkkien hitsaukseen, ovat karkeasti: taso-1 > 50 cm/min, taso-2 > 100 cm/min ja taso-3 > 150 cm/min.

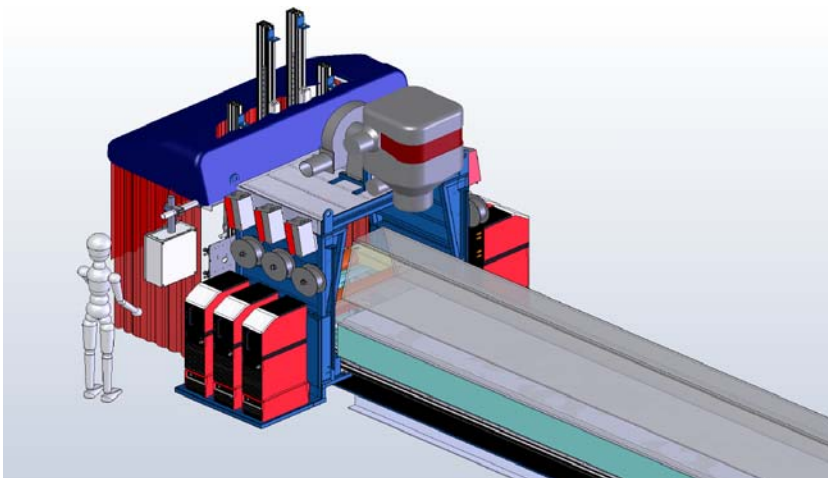
Taso 1 on juuri se taso johon protoportaali rakennettiin.

Tasolla 2 on tarkoitus tulevaisuudessa käyttää pulssi-tandemhitsausta, jolloin saavutetaan luotettavasti n.100 – 150 cm/min hitsausnopeudet.

Tasolla 3 on mahdollista käyttää erilaisia suurtehohitsausmenetelmiä kuten esim. Froniuksen lanseeraama T.I.M.E.

Tulevaisuudessa pyrimme keskittymään juuri edellä mainittuihin hitsausmenetelmiin, selvittämään eri valmistajien prosessit tarkemmin ja näiden soveltuvuudet esim. deltapalkin hitsaukseen. Ensimmäiset testitulokset ovatkin olleet erittäin rohkaisevia viemään jatkokehitystä eteenpäin. Ensitesteissä on saavutettu hitsausnopeudet, jotka ovat 200 cm/min ja jopa yli.

Investointikustannukset nousevat aina kun halutaan käyttää eri hitsausvirtalähdetekniikkaa ja parantaa hitsausnopeutta. Suurin kysymys onkin, mikä on koko tuotantoprosessin vaatima tahtiaika. Hitsausnopeus pystytään valitsemaan tuotantolinjan vaatimusten mukaan aina oikeaan tilanteeseen sopivaksi. Tämä tarkoittaa periaatteessa vain oikean virtalähdetekniikan valitsemista senhetkisiä vaatimuksia vastaavaksi.



Kuva 18. Kuvassa jatkokehityksen tulos: seuraavan sukupolven laitteisto

6.1. Loppusanat

Omale ammattialalle suurin hyöty on ”vanhojen” tottumusten muuttamisessa. Perinteisesti jauhekaarihitsaus on ollut se ”ainoa oikea” hitsausmenetelmä silloin kun hitsataan pitkänomaisia ja pitkäkestoisia suoria hitsejä. Vaikka investointikustannukset ja lisäainehinnat ovatkin edullisemmat, päästään pulssi-mag-hitsauksella kuitenkin melkein vastaaviin hitsausnopeuksiin kuin jauhekaarihitsauksella. Toki on syytä muistaa myös rajoitteet, joita on mainittu tämän tutkintotyön alussa. Myös oma ammatillinen kehittyminen on tapahtunut koko prosessin ajan ja jatkuu edelleen. Pulssi-mag-hitsauksesta on saatavilla erittäin vähän kirjallisuutta ja oppimateriaalia, koska sitä perinteisesti pidetään alumiinin, ohutlevyjen ja kirkkaiden materiaalien hitsausprosessina eikä niinkään vahvempien ”mustien” terästen hitsausprosessina.

Kokonaisuudessaan projekti kesti yhden vuoden ja sille asetetut kustannustavoitteet saavutettiin. Esiselvittelyt ja testaukset tehtiin ensimmäisten kuuden kuukauden aikana. Varsinainen portaalin suunnittelutyö kesti protoportaalin valmistumiseen asti, minkä jälkeen havaitut parannusmahdollisuudet voitiin vielä toteuttaa seuraaviin toimitettaviin portaaleihin. Taloudellisesti suurin hyödyn saaja on työn toimeksiantaja Peikko Finland Oy. Kyseinen laitteisto on investointihinnaltaan noin kolme kertaa halvempi kuin esim. vastaavanlainen jauhekaarihitsauslaitteisto (500 000 €/ 150 000 €). Myös käyttökustannukset esim. hitsauslisäaineet ovat n. 40–50 % edullisemmat €/m (3 €/m / 1.5 €/m). Seuraavaksi voidaan mainita myös ajansäästöt esim. laitteiston rakentamisessa, koska pulssi-mag portaalilaitteiston toimitusaika tilauksesta on huomattavasti lyhyempi kuin vastaavanlaisen jauhekaarihitsauslaitteiston. Tämä tuo säästöjä myös tehdasyösaajoissa käytettäviin aikoihin. Myös asennukset ja ylösajot ovat helpompia ja nopeampia verrattuna jauhekaarihitsauslaitteistoon. Mag-portaalilaitteisto on myös operaattoreille ja huoltohenkilökunnalle helpompi opittava laitteiston yksinkertaisuuden vuoksi.

Työn lopputulos onnistui odotusten mukaisesti. Ainoastaan portaalin rakennusaika venyi suunnitellusta kahdesta kuukaudesta kolmeen. Syynä tähän oli vasta myöhemmin projektiin liitetty rullaradan suunnittelu ja valmistus, jonka päälle kyseinen pulssi-mag portaali asennettiin ja kytkettiin.

Hitsauslaadusta tuli jopa parempi kuin mitä alkuperäisesti tavoiteltiin. Tähän osaltaan auttoi Peikko Slovakian tehtaaseen investoitu hiekkapuhalluslaitteisto, jonka erittäin hyvä puhallusjälki levypinnoilla vaikuttaa myös hitsauksen onnistumiseen paremmin. Tällöin voidaan hitsata levyyn, jonka pinnalla ei ole esim. valssihilsettä, ja myös visuaalisesti hitsit näyttävät hienoilta ja jouhevilta.

Suoranaisia virheitä ei suunnittelussa eikä rakentamisen aikana tullut vastaan. Laitteistoista on myöhemmin saatu käyttökokemusten myötä vielä lisää kehitys- ja muutosehdotuksia, joiden avulla seuraavat mahdolliset pulssi-mag-portaalit saadaan vieläkin entistä paremmiksi ja etenkin käyttäjäystävällisemmiksi.

Suurimmat mahdolliset tulevat muutokset liittyvät hitsausvalokaaren aiheuttaman voimakkaan valosäteilyn suojaukseen. Pulssi-mag-portaalin sisällä hitsaa neljä hitsauspoltinta samanaikaisesti lähes täydellä teholla. Tämä aiheuttaa voimakasta säteilyn lähiympäristölle, jos ei sitä estetä tehokkaasti ja turvallisesti.

Ongelmana eivät niinkään ole portaalia käytettävät operaattorit, vaan lähietäisyydellä työskentelevät muut henkilöt, jotka voivat altistua portaalin hitsausvalon säteilylle. Myös savukaasujen talteenottoon on saatu muutama varsin hyvä parannusehdotus, jotka sitten toteutetaan mahdollisiin seuraaviin laitteistoihin tulevaisuudessa.

Kokonaisuutena hitsaustekniikan soveltaminen on mielestäni kehittynyt paljon viime vuosina. Nykyinen nuorempi sukupolvi on paljon rohkeampi kehittämään ja varsinkin soveltamaan erilaisia tekniikoita. Ehkä tästä syystä tuleva sukupolvenvaihdos tuo mukanaan ”uutta ajattelutapaa”, ja hivenen vallalla oleva konservatiivisuus väistyy tulevaisuudessa. Lisäksi tasaisesti nousevat hitsauslisäainekustannukset ja investointikustannukset muodostavat paineita eri yritysten kehityshenkilökunnalle löytää ja kehittää myös perinteisistä sovelluksista poikkeavia erikoissovelluksia.

LÄHDELUETTELO

Kirjalliset lähteet:

1. Lukkari Juha. Hitsaustekniikka, Perusteet ja kaarihitsaus, 1998. ISBN 951-719-469-2
2. TKK / TkT Vilpas Martti, MIG/MAG ja täytelankahitsaus -luento, 2005

Sähköiset lähteet:

1. ESAB Oy [Internetsivut] . [Viitattu:] 12.10.2008. [Saatavissa:] <http://www.esab.fi>
2. Lincoln Electric Company [Internetsivut]. [Viitattu:] 12.10.2008 [Saatavissa:] <http://www.lincolnelectric.com>
3. TWI [Internetsivut]. [Viitattu:] 12.10.2008 [Saatavissa:] <http://www.twi.co.uk>

LIITELUETTELO

1. Deltapalkkiesite. Peikko Finland Oy 4/2007, 20 s.



DELTAPALKKI LIITTOPALKKI



EN 729-2

VTT:n tyyppihyväksyntä VTT-RTH-03040-07
Korvaa esitteen 5/03 • väli 9, 4/2007

DELTAPALKKI



Deltapalkin edut

- **VAPAA ALAPINTA:** sallii joustavat tilojen muutokset rakennuksen koko elinkaaren ajan sekä helpot LVI-asennukset laatan alla tai jopa laatan sisällä
- **LEIKKAUSLIITOS:** ei tarvita lisätyötä asennustyömaalla, syntyy valamalla palkki täyteen betonია
- **PALONKESTÄVYYS:** ei tarvita lisätyötä asennustyömaalla, syntyy valamalla palkki täyteen betonია
- **SÄÄSTÖJÄ MONIKERROKSISISSA RAKENNUKSISSA:** matalan rakennekorkeuden ansiosta monikerroksisen rakennuksen kokonaiskorkeus pienenee, saavutetaan säästöjä julkisivu- ja käyttökustannuksissa (ilmastointi, lämmitys, jne.)
- **HYVÄKSYNNÄT:** Suomi, Iso-Britannia, Saksa, Venäjä ja Tšekin Tasavalta
- **JATKUVA TUOTEKEHITYS:** jatkuva tutkimussopimus Oulun Yliopiston kanssa, suuri määrä kuormituskokeita, mm. palokokeita
- **TEKNINEN TUKI:** nopea palvelu projektin kaikissa vaiheissa
- **LUJUUSLASKELMAT:** asiakkaalle toimitetaan kaikkien palkkien ljuuslaskelmat ja valmistussuunnitelmat

- **KOKENUT HENKILÖSTÖ:** laaja ja monipuolinen referenssiluettelo alkaen vuodesta 1989, yli 4000 toimitusprojektia
- **KORKEA TUOTANTOKAPASITEETTI:** tasaista ja hyvää laatua useasta tehtaasta ympäri Euroopan
- **HELPPO JA NOPEA ASENNUS:** helpot ja kevyet nostot, yksinkertainen asennus
- **LYHYT KOKONAISASENNUSAIKA:** ontelolaatta - Deltabeam rakenne lyhentää kokonaisasennusaikaa verrattuna perinteisiin rakennusmenetelmiin
- **VAPAA ALAPUOLINENTASO:** asennettavan tason alla oleva tila on vapaa seuraavalle työvaiheelle, koska tarvittava tuennan määrä on pieni tai sitä ei tarvita lainkaan
- **JOUSTAVA TUOTEVALIKOIMA:** kattava palkkityyppi- ja detaljivalikoima, liittopilarit, asennuspalvelu ja apuvälineitä asennusryhmille
- **TAVANOMAISET MATERIAALIT:** tavanomaiset rakenneteräs-, harjateräs- ja betonilaadut
- **NYKYAIKAINENTUOTANTOTEKNOLOGIA:** robotit hitsaavat ja maalavat, osat leikataan plasmatekniikalla
- **LAATU- JA YMPÄRISTÖSERTIFIKAATIT:** ISO9001, ISO14001 ja EN729-2



CONCRETE CONNECTIONS

Peikkoetuja

- luotettava: läpäissyt vaativan testiohjelman
- kilpailukykyinen hinta ja toimitusaika
- taloudellinen ja yksinkertainen käyttää niin suunnittelussa, elementtien valmistuksessa kuin elementtien asennuksessa

SISÄLLYSLUETTELO

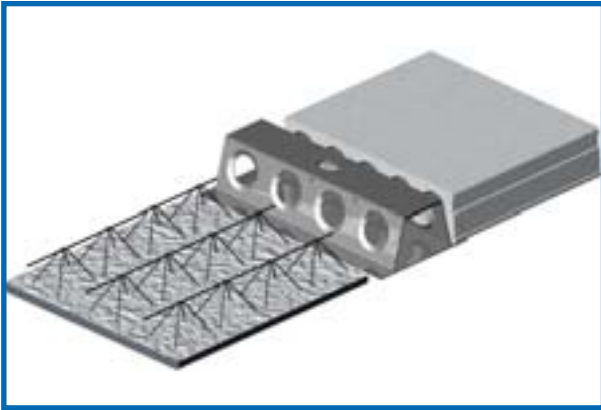
1. TOIMINTATAPA	4
2. MITAT JA MATERIAALIT	4
3. VALMISTUS.....	6
3.1 Valmistustapa	6
3.2 Valmistustoleranssit	6
3.3 Maalaus	6
3.4 Valmistusmerkinnät	6
3.5 Laadunvalvonta	6
4. KAPASITEETTIKÄYRÄT	6
5. KÄYTTÖ	9
5.1 Käytön rajoitukset	9
5.2 Suunnitteluohjeita	9
5.2.1 Suunnittelun vaiheet ja toimitusprosessit	10
5.2.2 Deltapalkin valinta	11
5.2.3 Palkkien kiinnitysdetaljit	11
5.2.4 Laataston liikunta- ja työsaumat	12
5.2.5 Varaukset ja kiinnitykset	12
5.2.6 Palkkien tuentasuunnitelma	12
5.2.7 Palosuojaus ja ympäristöluokat	12
5.2.8 Pintakäsittelyt	12
5.2.9 Suunnittelun lähtötiedot	13
6. ASENNUSOHJEET	13
6.1 Toimitukset	13
6.2 Varastointi työmaalla	13
6.3 Nostot ja siirrot	13
6.4 Asennus	14
6.4.1 Palkkien kiinnitys	14
6.4.2 Palkkien tuenta	14
6.4.3 Laattojen asennus	14
6.4.4 Betonointi	15
7. TOIMENPITEET ASENNUSTOLERANSSIEN YLITTYESSÄ.....	16
7.1 Kun konsoli on liian alhaalla	16
7.2 Kun konsoli on liian ylhäällä	16
7.3 Kun Deltapalkki ei ylety tuelle	16
7.4 Kun kiinnityspultit eivät sovi reikäryhmään	16
7.5 Kun saumateräokset eivät osu uumareikiin	16
7.6 Kun Gerber-liitoksen toleranssit ylittyvät	17
7.7 Kun Deltapalkki on liian pitkä	17
7.8 Kun ontelolaatan pituus- tai sijaintitoleranssit ylittyvät/alittuvat	17
MITTALAPPUJEN TÄYTTÖOHJE	17

DELTAPALKKI

1. TOIMINTATAPA

Deltapalkki on teräslevyistä hitsattu, ontto ja si-
vuilta rei'itetty palkki, joka betonoidaan työmaalla.
Betonin kovettumisen jälkeen palkki toimii liittopalk-
kina ontelo-, liitto- ja kuorilaatoille sekä paikallavalul-
le. Palkilla on mahdollista täyttää jopa R180 palon-
kestovaatimus ilman erillistä palosuojausta.

Kuva 1.
Deltapalkki kuori- ja ontelolaattaelementtien kanssa.



Kuva 2. Deltapalkki
siporexlaattaelementtien kanssa ja paikallavalussa.

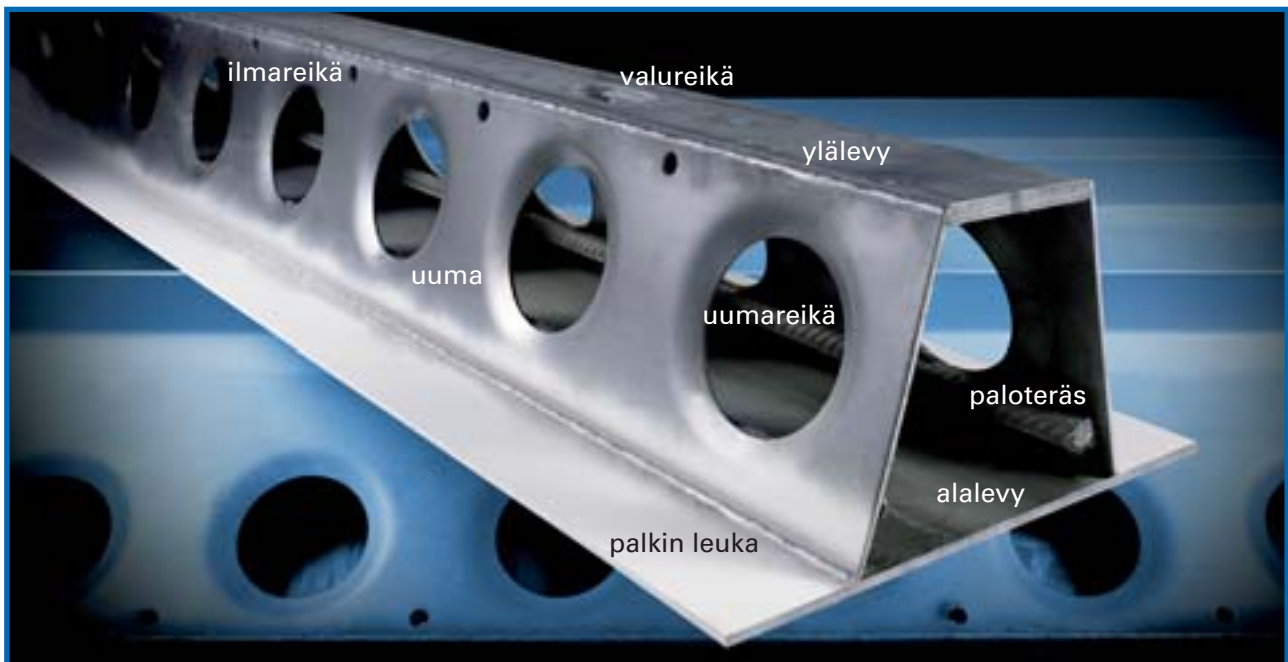


2. MITAT JA MATERIAALIT

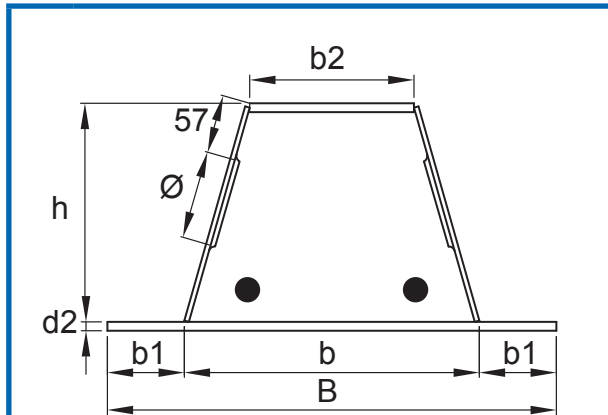
Osien valmistuksessa käytetyt materiaalit:

Levyt ja latat	S420 S355J2+N	EN 10025-3, EN 10149-2 EN 10025-2
Harjateräs	A500HW	SFS 1215

Kuva 3. Deltapalkki



Taulukko 1. Deltapalkkien mitat [mm]

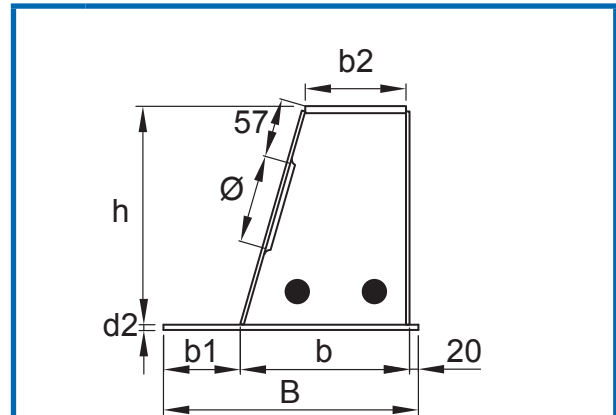


b	B	b1*	b2	d2	h	Ø**
D20-200	395	97.5	100	5-25	200	80
D20-300	495	97.5	180	5-25	200	80
D20-400	660	130	278	5-25	200	80
D22-300	495	97.5	170	5-25	220	80
D22-400	660	130	270	5-25	220	80
D25-300	495	97.5	155	5-25	250	150
D25-400	660	130	255	5-25	250	150
D26-300	495	97.5	148	5-25	265	150
D26-400	660	130	245	5-25	265	150
D30-300	495	97.5	130	5-25	300	150
D30-400	660	130	230	5-25	300	150
D32-300	495	97.5	110	5-25	320	150
D32-400	660	130	210	5-25	320	150
D37-400	660	130	180	5-25	370	150
D37-500	760	130	278	5-25	370	150
D40-400	660	130	180	5-25	400	150
D40-500	760	130	278	5-25	400	150
D50-500	760	130	230	5-25	500	150
D50-600	860	130	330	5-25	500	150

*vakioimitta ellei asiakas toisin määrittele (oltava vähintään 20 mm)

**uutareikien jako on aina 300mm

Taulukko 2. Reunapalkkien mitat [mm]



b	B	b1*	b2	d2	h	Ø**
DR20-215	335	100	148	5-25	200	80
DR20-245	365	100	180	5-25	200	80
DR22-250	370	100	180	5-25	220	80
DR25-260	380	100	180	5-25	250	150
DR26-230	350	100	148	5-25	265	150
DR26-260	380	100	180	5-25	265	150
DR26-290	410	100	210	5-25	265	150
DR26-325	445	100	245	5-25	265	150
DR30-270	390	100	180	5-25	300	150
DR32-250	370	100	148	5-25	320	150
DR32-285	405	100	180	5-25	320	150
DR32-310	430	100	210	5-25	320	150
DR32-365	465	100	245	5-25	320	150
DR37-325	475	130	210	5-25	370	150
DR40-295	445	130	180	5-25	400	150
DR50-350	500	130	210	5-25	500	150

*vakioimitta ellei asiakas toisin määrittele (oltava vähintään 20 mm)

**uutareikien jako on aina 300mm

Taulukoiden maksimi- ja minimimittojen väliltä voidaan toimittaa myös muita palkkityyppejä, kun kokonaismäärä on vähintään 200m.

DELTAPALKKI

3. VALMISTUS

3.1 Valmistustapa

Levyt	Plasma- ja polttoleikkaus sekä mekaaninen leikkaus
Harjatangot	Mekaaninen katkaisu
Hitsaus	MAG robotilla tai käsin

Hitsausluokka rakenteellisissa hitseissä on C (SFS-EN 25817)



3.2 Valmistustoleranssit

Pituus L	± 5 mm
Leveys B	± 5 mm
Korkeus h	± 3 mm
Sivuttaiskäyryys f_p	$f_p \leq L / 650$ (mitataan leuan ja uuman kulmasta)
Kaarevuus f_n	$\pm L / 650$ (tarkoitettuun esikorotukseen nähden)
Reikien koko ja sijainti	± 5 mm
Tartuntojen sijainti	± 5 mm
Lisäosien (leuankorotukset, muottipellit, liitososat) sijainti	± 5 mm

3.3 Maalaus

Palkin alapinta pohjamaalataan SA2,5 40 μm . Muut maalaukset ja pintakäsittelyt sovitaan asiakkaan kanssa erikseen. Esim. palkkien ollessa työmaaolosuhteissa pitkään säälle alttiina on aiheellista harkita paksumpaa maalikerrosta.

Asiakkaan on tehtävä lopullinen maalaus työmaalla.

3.4 Valmistusmerkinnät

Palkkiin merkitään kohteen nimi, palkin tunnus, palkin paino ja tyyppihyväksyntä.

3.5 Laadunvalvonta

Laadunvalvonnassa noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimuksia. Peikko Finland Oy Deltabeam on VTT:n laadunvalvonnassa.

Deltapalkilla on VTT:n myöntämä tyyppihyväksyntä VTT-RTH-03040-07, BBA:n myöntämä brittiläinen sertifikaatti 05/4204, saksalainen tyyppihyväksyntä Z-26.2-49, Tšekin tasavallan hyväksyntä 204/C5/2006/060-025293, Venäjän hyväksyntä № ПООС FI.СЛ19.H00323 sekä Inspecta Sertifioinnin myöntämä hitsauksen laatustandardin EN 729-2 mukainen laatusertifikaatti.

4. KAPASITEETTIKÄYRÄT

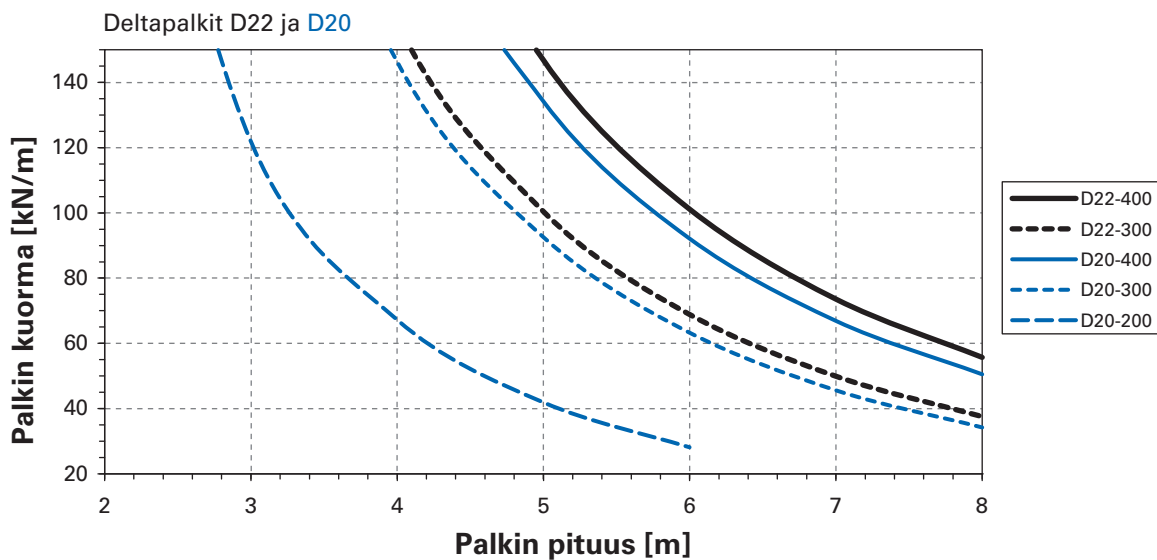
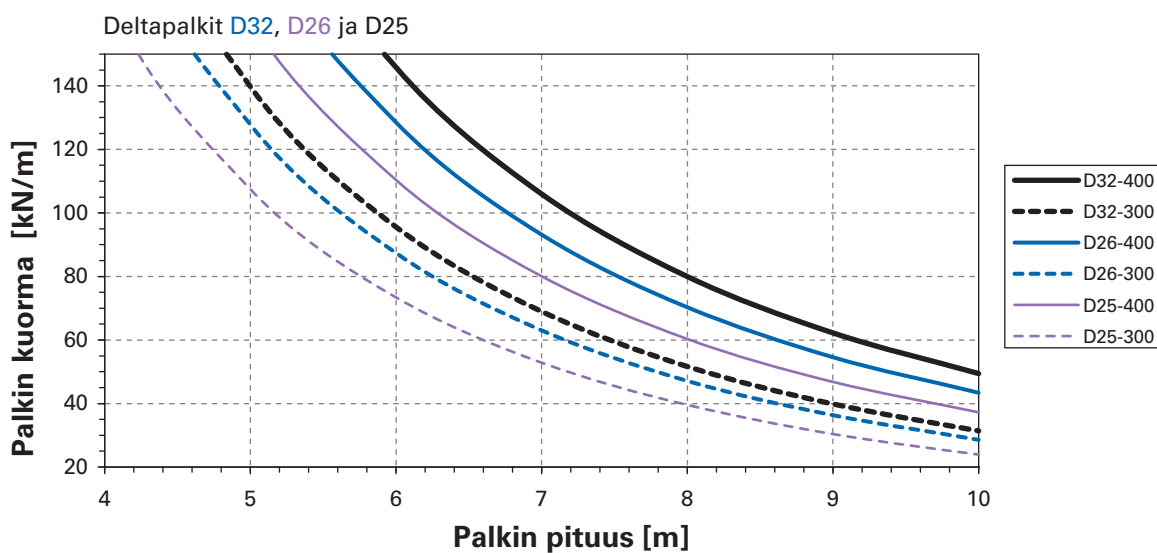
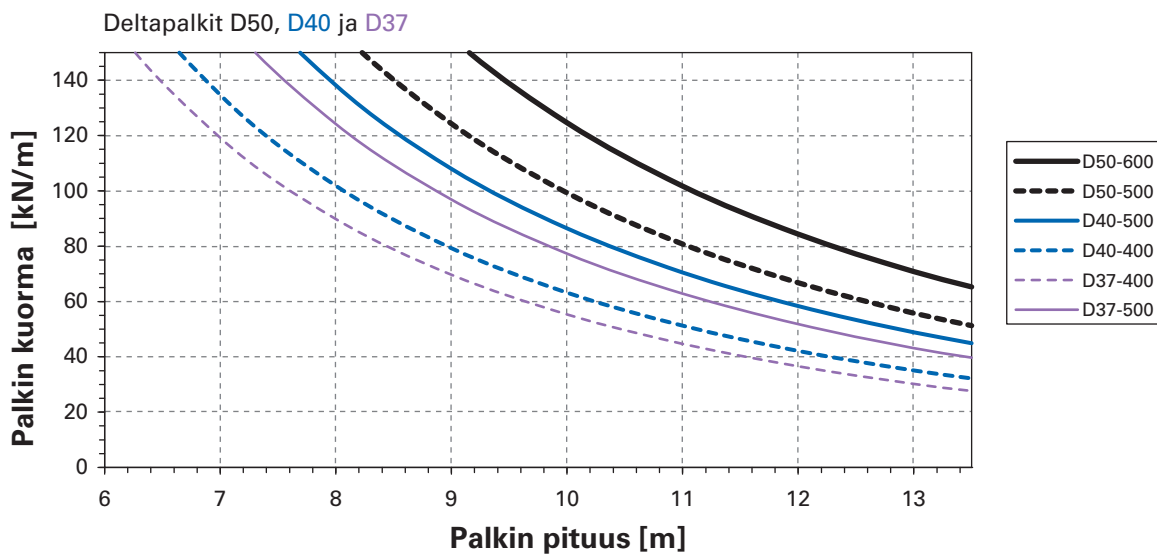
Kuormakapasiteetti P_d [kN/m] on esitetty palkkityypeittäin yksiaukkoisille palkeille.

Käyrien laskennassa on käytetty seuraavia oletuksia:

- teräspalkki S355J2+N
- betoni C25/30 (K30-2)
- hyötykuorman pitkäaikaisosuus on 30%
- rakennusaikainen kuormitus on 0,5 kN/m²
- pysyvän kuorman aiheuttama taipuma eliminoidaan esikorotuksena
- pintavalu 50 mm (ei rakenteellinen), paino huomioitu

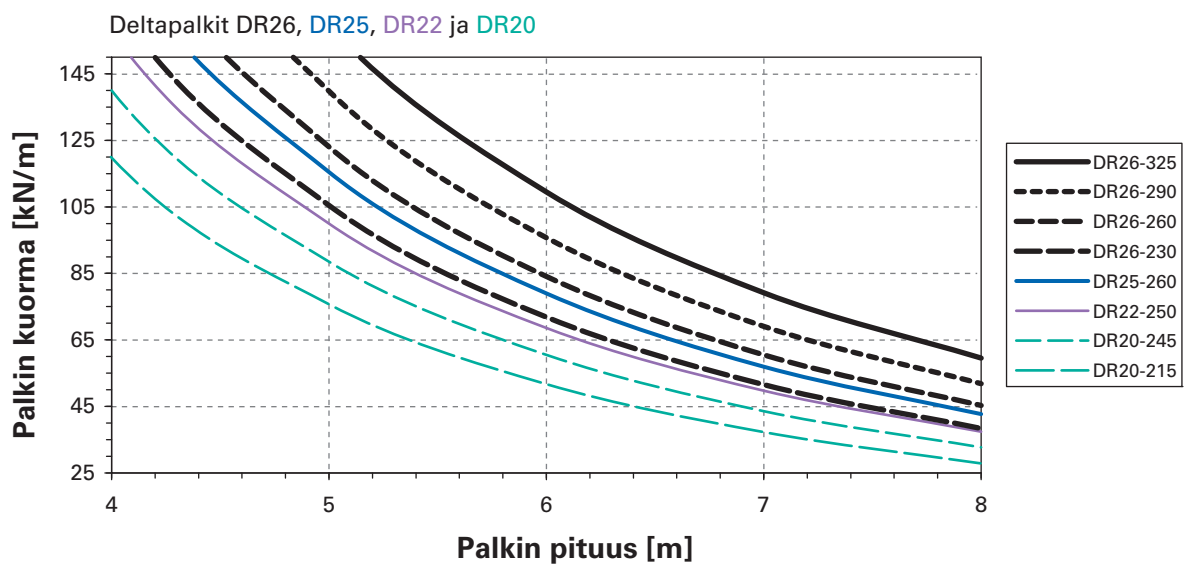
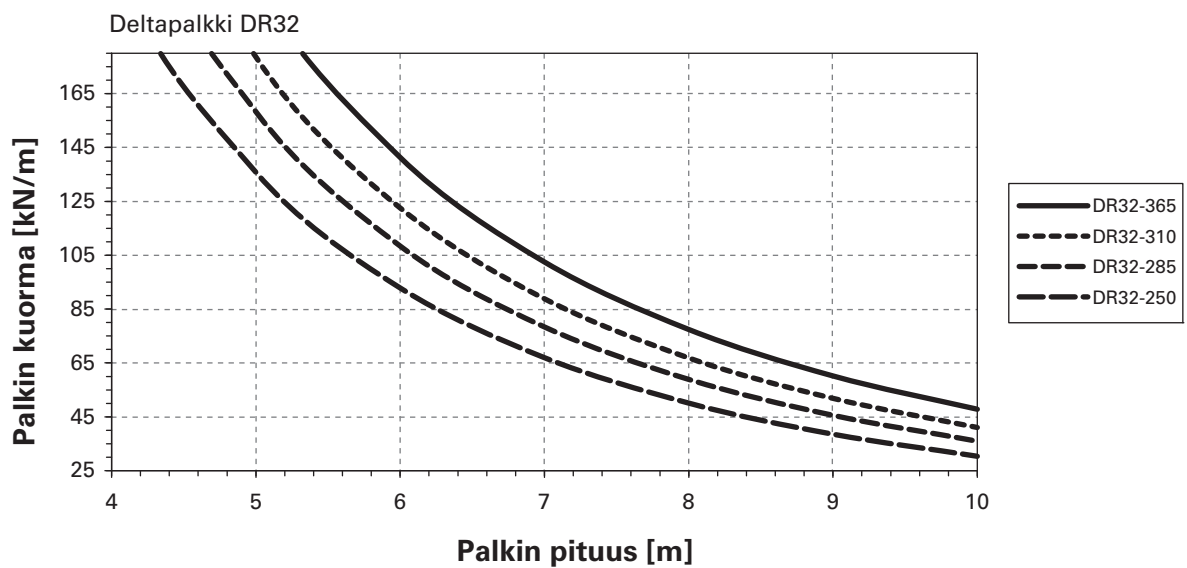
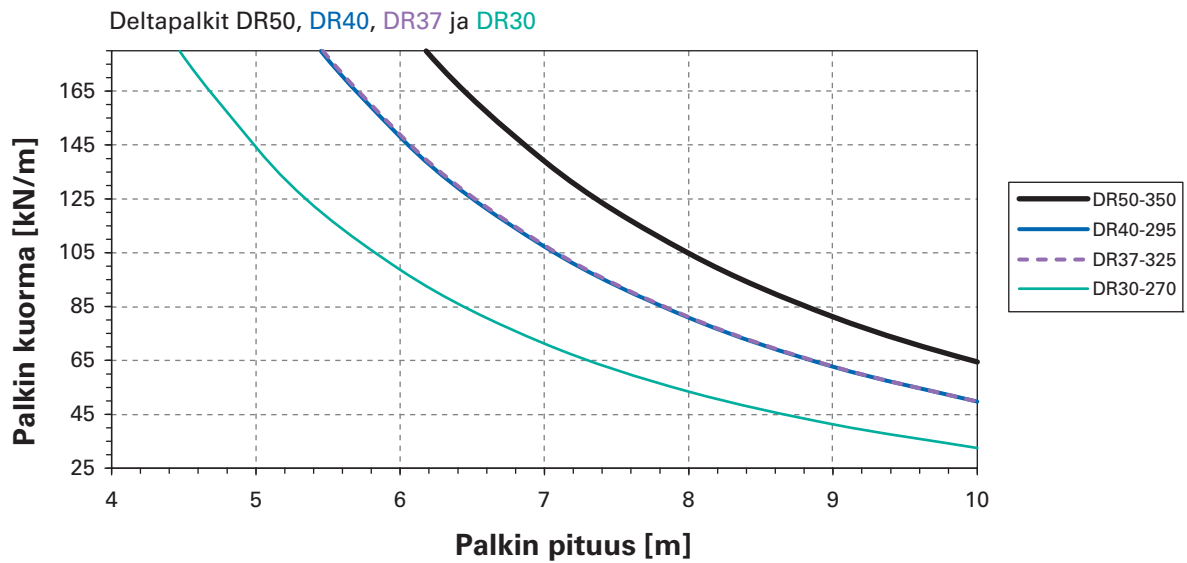


Huom! Kapasiteettikäyrien arvoissa ei ole otettu huomioon ontelolaatan ja palkin yhteistoimintavaikutusta



DELTAPALKKI

Huom! Kapasiteettikäyrien arvoissa ei ole otettu huomioon ontelolaatan ja palkin yhteistoimintavaikutusta



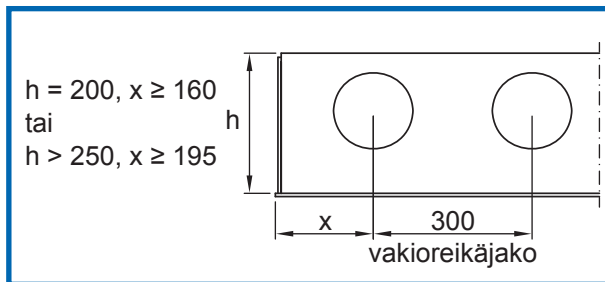
5. KÄYTTÖ

5.1 Käytön rajoitukset

Deltapalkkien kapasiteetit on laskettu staattisille kuormille. Dynaamisille ja väsyttävillä kuormilla on tapauskohtaisesti käytettävä suurempia kuorman osavarmuuskertoimia.

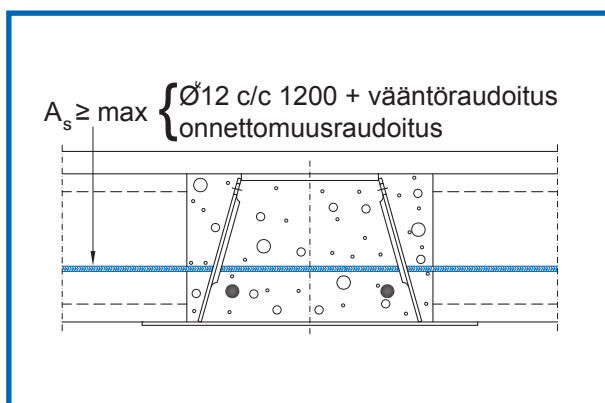
5.2 Suunnitteluohjeita

Kuva 4. Uumareian minimietäisyys [mm] palkin päästä

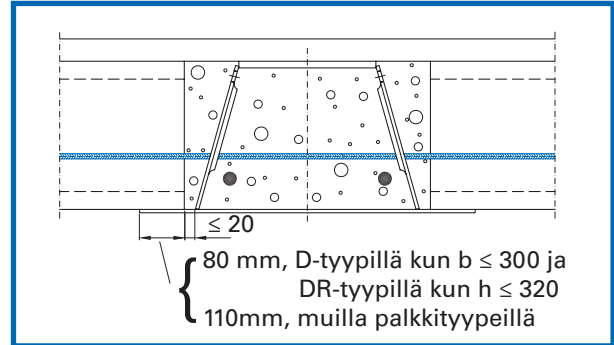


Teräspalkin ja betonin välinen leikkausliitos muodostuu palkin uumissa olevien reikien vaarnavaikutuksen avulla. Kuormituskokeissa yhteistoiminta on todettu täydelliseksi. Lopullisessa rakenteessa täyttövalut toimivat poikkileikkauksen puristusosina. Poikkittaisraudoituksen määrä on esitetty kuvassa 5, rauditus ankkuroidaan laatan päästä lukien tangon ankkurointipituuden verran. Ontelolaatassa uumareikien sijainti sovitetaan laattaelementtien välisiin saumoihin.

Kuva 5. Deltapalkin minimi poikkittaisraudoitus



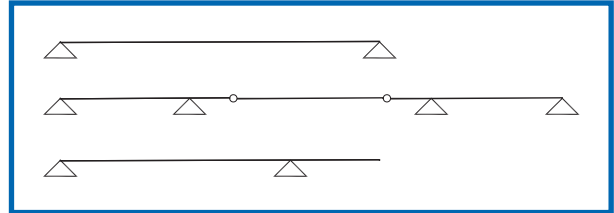
Kuva 6. Deltapalkin tukipinnan pituus



Ontelolaatan tukipinta Deltapalkilla poikkeaa ontelolaatan normaalista tukipinta-vaatimuksesta, katso kuva 6. Mikäli suunnittelussa käytetään kuvan 6 ohjeesta poikkeavia tukipintoja, niin asia on sovittava etukäteen Peikko Finland Oy:n kanssa. Pienemmän tukipinnan käyttäminen vaikuttaa Deltapalkin mitoitukseen ja hintaan.

Kuva 7. Palkki voidaan tehdä

1-aukkoisena tai jatkuvana ja siinä voi olla myös uloke.



5.2.1 Suunnittelun vaiheet ja toimitusprosessit

Vakiotoimituksen suunnittelun vaiheet:

Rakennesuunnittelija	Peikko Finland Oy Deltabeam
1. Alustava suunnittelu	
runkovaihtoehtojen valinta	tekninen neuvonta
tasorakenteen valinta	
kustannusvertailut	
palkkityypin ja kiinnitysdetaljien valinta	
tasopiirustukset kuormitustietoineen ja leikkauksineen	
2. Tarjousvaihe	
lähtötietoina: kohteen tasopiirustukset ja tarjouspyyntö (kuormitukset, rei'itykset, paloluokka, taipumarajat, pintakäsittely)	palkkien alustava mitoitus kohteeseen
	ontelolaattojen ja palkin yhteistoiminnan tarkistus
	tarjouslaskenta
3. Varsinainen suunnittelu	
suunnittelupalaveri	tekninen neuvonta
palkkien mittalappukuvat	
kiinnitysdetaljien määrittely	
toteutussuunnitelmat	
palkkitunnukset tasopiirustuksiin*	
asennussuunnitelman tarkastus (myös tuentasuunnitelma)	
4. Palkin lujuslaskenta	
kohteen täydelliset lähtötiedot paperikopioina ja sähköpostina (dwg-tiedosto) Peikko Finland Oy Deltabeamille	palkin lujuslaskelmat ja rakennepiirustukset päärakennesuunnittelijalle/asiakkaalle
	palkkitiedot ontelolaattasuunnittelijalle
	palkkien yleiset asennusohjeet asiakkaalle

*kaikilla palkeilla on oma yksilöllinen palkkitunnus

Toteutusvaiheessa Peikko Finland Oy tekee tarkan kohdekohtaisen mitoituksen. Tällöin tarkastetaan rakenteen käyttö- ja murtotilaominaisuudet myös palotilanteessa. Samalla määritetään palkin tarvitsema esikorotus. Deltapalkin ja ontelolaatan yhteistoiminta tarkastetaan Betoninormikortti 18 mukaan. Deltapalkki mitoitetaan siten, ettei ontelolaattoja tueta asennusaikaisesti.

5.2.2 Deltapalkin valinta

Palkkityypin alustava valinta tehdään taulukon 1 tai 2 ja kapasiteetikäyrien/esivalintaohjelman perusteella. Esivalintaohjelma löytyy Peikko Finland Oy:n kotisivuilta osoitteesta www.peikko.fi

Deltapalkin korkeus voi olla 185 – 500 mm. Pituus voi olla enintään 12.9 – 13.4 m riippuen käytettävästä levymateriaalista.

Taloudellisin tapa on käyttää Deltapalkkia lyhyemmän jänteen suunnassa ja (ontelo)laattoja pidemmän jänteen suunnassa.

Keskipalkit (D)

Deltapalkkia käytetään kun kuormitus on molemminpuolista. Sitä voidaan käyttää reunapalkkina muottipellin kanssa, jolloin vapaan sivun palosuojaus toteutuu betonilla, jonka minimipaksuus on 20 mm.



Reunapalkit (DR)

Deltareunapalkki on tarkoitettu laataston reunan palkiksi tilanteissa, jossa tarvitaan normaalia kapeampaa deltapalkkia ja pystysuora sivu on asennettu tiiviisti seinää vasten. Sitä voidaan käyttää myös aukkojen reunoissa, jolloin pystyuumalle tarvitaan erillinen palosuojaus. Palosuojauksen tyyppi ja rakenne on ratkaistava tapauskohtaisesti.



Voidaan käyttää myös laattaa korkeampia palkkeja, jolloin laatta nostetaan sopivaan korkeusasemaan palkin leualle kiinnitettyä leuankorotuksella.

Kuva 8. Deltapalkki leuankorotuksella (vasen kuva) ja Deltapalkki muottipellillä (oikea kuva)



5.2.3 Palkkien kiinnitysdetaljit

Rakennesuunnittelija suunnittelee palkin kiinnitysdetaljit. Liitos on suunniteltava siten, että palkin tukireaktiot siirtyvät tukirakenteelle (esim. pilarille, seinälle tai toiselle palkille). Tämä tukirakenne on mitoitettava kestäämään palkilta tulevat voimat. Pilari – palkkiliitoksessa suositellaan käytettävän PCs –konsolia, joka on suunniteltu erityisesti soveltuvaksi teräspalkille.



Asennusaikaiset rasiukset (mm. vääntö) on otettava huomioon kiinnitysdetaljin ja tukirakenteen suunnittelussa.

Viitteellisiä kiinnitysdetaljeja löytyy Deltapalkin suunnittelukansiosta ja Peikko Finland Oy:n kotisivuilta osoitteesta www.peikko.fi.

Palkin pohjalevy voidaan palkin päässä leikata esim. viistoksi tai kaarevaksi kohteen liitosdetaljin ja palkin mittalappukuvan mukaan. Näin liitosten ulkonäkö saadaan siistiksi.

Kuva 9. Deltapalkki pyöreän pilarin kanssa



DELTAPALKKI

Peikko Finland Oy mitoittaa palkin liitosdetailjen mukaan. Palkkien sisäiset liitokset (Gerber- ja sivuliitokset) suunnittelee myös Peikko Finland Oy.



5.2.4 Laataston liikunta- ja työsaumat

Poikittainen liikuntasäama rakennetaan konsoliliitokseen koteloimalla siihen liittyvän palkin pää sisäpuolelta siten, että palkin liikevara säilyy täyttövalun jälkeen. Pituussuuntainen liikuntasäama tehdään palkin leualle.

Työsaumojen paikat sovitaan tapauskohtaisesti, jotta ne voidaan ottaa huomioon palkin lujuuslaskennassa.

5.2.5 Varaukset ja kiinnitykset

Suosittelavinta on tehdä kaikki reiät ja varaukset palkkiin tehtaalla. Työstö tehdään polttoleikkaamalla tai poraamalla. Varaus- ja kiinnitystiedot rakennesuunnittelija laittaa mittalappuihin. Muutoksista on aina otettava yhteys Peikko Finland Oy Deltabeamiin.

Kaikki työmaakiinnitykset palkkiin tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaan. Lisäkiinnityksiä tarvittaessa on otettava yhteys Peikko Finland Oy Deltabeamiin.

5.2.6 Palkkien tuentasuunnitelma

Deltapalkit asennetaan urakoitsijan tekemän ja rakennesuunnittelijan tarkistamana tuentasuunnitelman mukaan. Kotelomaisen rakenteensa ansiosta Deltapalkki pystyy välittämään tuelle epäkeskeisen kuorman aiheuttamat rasiutukset.

Kun asennusaikaista tuentaa käytetään, niin tuki sijoitetaan palkin pääkuorman puolelle, uuman

ja pohjalevyn liitoksen kohdalle. Tuet saa poistaa vasta, kun laataston valu ja palkin täyttövalu ovat kovettuneet.



Kun Deltapalkkia käytetään siirtämään tasokuormat seinämäiselle palkille, on palkki tuettava jänteeltä suunnitelmien mukaisesti ennen siihen tukeutuvan tason asennusta / valua. Asennusaikaiset tuet voi poistaa vasta, kun yläpuolinen seinä pystyy kantamaan kaikki palkilta välittyvät tasokuormat.



5.2.7 Palosuojaus ja ympäristöluokat

Palkin sisään tehtaalla asennetut harjateräksset sekä uumat toimivat rakenteen vetorautoituksena palotilanteessa. Suunnittelussa palkki mitoitetaan rakennuksen paloluokan mukaan ja tarvittaessa käytetään harjateräksiä. Deltapalkin palomitoitus perustuu suoritettuihin polttokokeisiin ja niiden perusteella laadittuihin mitoitusohjeisiin. Deltapalkin paloluokka on jopa R180.

Reunapalkit (DR)

Reunapalkin pystysuora sivu on suojattava palolta muilla rakenteilla, joita ovat esimerkiksi pysyvä seinärakenne, jota vasten pystyuma asennetaan tiiviisti, tai erillinen palosuojaus (levytys tai maalaus).

5.2.8 Pintakäsittelyt

Deltapalkki ruostesuojamaalataan tai kuumasinkitään. Nykyaikainen pinnoitustekniikka varmistaa pintojen kestävyuden myös palkkien kuljetuksen ja asennuksen aikana. Kun palkin alapinta viimeistellään samoin kuin laatastokin, voidaan Deltapalkki haluttaessa jättää näkyviin.

5.2.9 Suunnittelun lähtötiedot

Deltapalkkien valmistusta ja lujuuslaskentaa varten tarvittavat tiedot:

- Tasopiirustukset, joihin on merkitty jokaiselle palkille yksilöllinen tunnus ja kuormitukset, sekä kaikki kuormituksiin vaikuttavat asiat, esim. laattojen jatkuvuus. Huom. Palkit asennetaan tunnuksien lukusuunnan mukaan.
- Palkkien kiinnitysdetailjit
- A4-mittalappukuvat. Huom. Mittalappukuvat on tehtävä palkin tunnuksien lukusuunnan mukaan. Katso mittalapun täyttöohje sivulla 17.
- Palkkiluettelo

Mikäli lähtötiedot toimitetaan yllämainitussa laajuudessa ja käytetään Peikon vakiodetaljeja, toimitusaika on 5 työviikkoa lähtötietojen toimittamisesta. Muissa tapauksissa toimitusaika vaihtelee 5-7 viikon välillä.

Mittalappujen täyttöohje ja malli on sivuilla 17–18. Mittalappukuvat ja palkkiluettelopohja ovat ladattavissa myös Peikko Finland Oy:n kotisivuilta osoitteesta www.peikko.fi.



6. ASENNUS-OHJEET

6.1 Toimitukset

Deltapalkit toimitetaan sovitun projektiakataulun mukaan työmaalle. Eripituisia palkkeja ei voida lastata tehtaalla asennusjärjestykseen. Palkit on merkattu piirustusten mukaisin tunnuksin.

6.2 Varastointi työmaalla

Deltapalkkien näkyviin jäävät osat on maalattu ruosteenestopohjamaalilla. Pitkäaikaisessa säilytyksessä palkit on suojattava. Maalipinnan suojelemiseksi käytetään välipuita palkkien alla. Palkkeja pinottaessa on varmistettava alustan kantokyky.

6.3 Nostot ja siirrot

Nostoissa on huomioitava, että palkkien asento on asennuspiirustuksen tunnuksen lukusuunnan mukainen.



Palkkien nostot ja siirrot voidaan suorittaa tavallisilla nostovälineillä, nostureilla tai trukeilla. Palkkien uumareitit toimivat nostoraksien kiinnityskohtina. Palkkien painot on merkitty tarralapulla jokaiseen palkkiin.

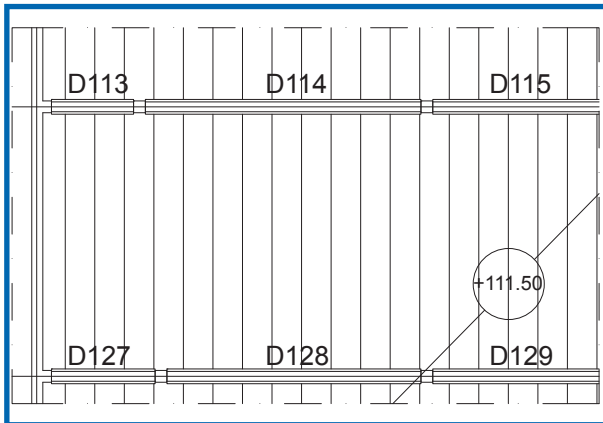


DELTAPALKKI

6.4 Asennus

Palkit asennetaan kohdekohtaisen asennussuunnitelman mukaan. Palkkien asennon on oltava asennuspiirustuksessa olevan tunnuksen lukusuunnan mukainen.

Kuva 10. Elementtikaavio



6.4.1 Palkkien kiinnitys

Palkit kiinnitetään kohdekohtaisen asennusohjeen ja kiinnitysdetailien mukaisesti. Kiinnitysdetailit määritetään rakennesuunnitelmissa. Palkin sisäisiin (Gerber- ja ns. sivuliitos) liitoksiin tulevat tarvikkeet kuuluvat palkkitoimitukseen.

Kaikki palkit kiinnitetään ennen laataston asennusta. Kiinnittämisellä estetään palkin liikemahdollisuus asennuksen aikana. Palkin omapaino ei riitä vakauttamaan ja pitämään palkkia paikallaan laatasta asennettaessa.



6.4.2 Palkkien tuenta

Palkit tuetaan ennen laattojen asennusta kohdekohtaisen asennussuunnitelman mukaisesti. Katso kohta 5.2.6.

6.4.3 Laattojen asennus

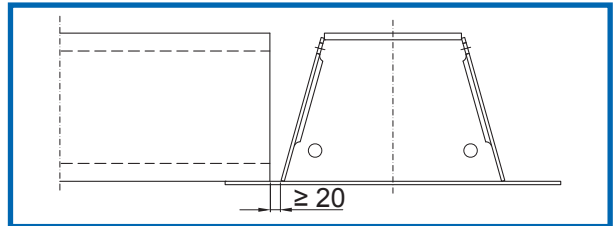
Palkin kaikki suunnitelmien mukaiset tuennat ja kiinnikkeet täytyy olla asennettu ja kiristetty tai hitsattu luotettavasti ennen laattojen asennusta. Laattojen asennuksen jälkeen tehdään tarvittavat tukkolaudoitukset ja reunamuotitukset sekä laataston raudoitukset.

Jokaiseen ontelolaatan saumaan minimivaatimuksena 12 mm:n harjateräs.

Tukipintaleveys täyttää ontelolaattatoimitajan vaatimukset.



Kuva 11. Ontelolaatan pään asema deltapalkkiin nähden



Ontelolaatat

Elementit asennetaan suoraan palkin leuan varaan.



Kuori-, liitto- ja paikallavalulaatta

Liittopelti ja kuorilaatta asennetaan suoraan palkin leuan varaan. Liittopelti tuetaan palkin mukaan samaan korkoon. Painumavaroja ei saa jättää.

Kuorilaatat tuetaan tason nimelliskorkoon. Deltapalkkien esikorotus varmistaa palkin suoruuden saumavalun jälkeen.



Paikallavalulaatta muotitetaan nimellistasoon. Palkin pohja on laatan alapinnan tasossa. Muotti asennetaan palkin leuan alle.

6.4.4 Betonointi

Deltapalkkien betonointi tehdään rakennebetonilla samanaikaisesti laataston valun tai ontelolaattojen saumavalun kanssa. Deltapalkin täyttövalu mitoitetaan normaalisti samaan lujuusluokkaan kuin saumavalutkin. Normaalisti betoniluokka on C25/30 (K30-2). Suositeltava maksimi raekoko Deltapalkin täyttövaluissa on 8 mm ja ehdoton yläraja maksimi raekoolle on 16 mm. Betonimassan ominaisuudet valitaan kohteen ja menetelmien mukaisesti betonointisuunnitelmaa noudattaen. Deltapalkki on valettava ehdottomasti täyteen, jolloin saavutetaan liittopalkin ominaisuudet. Valu on syytä suorittaa kerralla täyteen. Betonoinnin työn ja materiaalien (betoni ja raudoite) laadun varmistaa tilaaja.

Betonoinnin työvaiheet:

1. Varmistetaan, että muotitukset ja raudoitukset ovat kunnossa ja puhtaita.



2. Täyttövalu tehdään työntämällä letkun pää valurei'istä palkin sisään. Palkin täyttäminen aloitetaan keskeltä. Palkin täytyminen varmistetaan ilmarei'istä. Täytön tasaisuus varmistetaan tärysauvalla.



3. Mikäli reunapalkeissa on muottipeltejä, on niitä valettaessa erityisesti varottava pellin vaurioitumista tai pullistumista tärysauvaa käytettäessä.



7. TOIMENPITEET ASENNUS- TOLERANSSIEN YLITTYESSÄ

Työmaalta on otettava yhteyttä kohteen päärakennesuunnittelijaan / elementtisuunnittelijaan, korjaus tehdään aina erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

Palkit korjataan ensisijaisesti Deltapalkkitehtaalla Lahdessa

7.1 Kun konsoli on liian alhaalla

- Korjaussuunnitelman tekee päärakennesuunnittelija / elementtisuunnittelija Peikko Finland Oy:n avustuksella, ilman korjaussuunnitelmaa päätylevyä ei saa muokata / vaihtaa.
- Korjausvaihtoehtoja ovat mm. konsolin korottaminen lisäpaloilla tai päätylevyn vaihto.
 - Mikäli palkin kiinnitys onnistuu suunnitelman mukaisesti (pultit tai hitsaus), niin pienet (maks. 10mm) korkoerot voidaan tasoittaa kiinnittämällä putkikonsolin päälle tarvittava määrä väliskelevyjä.
 - Välikkeet on oltava konsolin tukipinnan kokoisia siten, että Deltapalkin tukipinta säilyy alkuperäisen kokoisena.
 - Lisättävät väliskelevyt kiinnitetään hitsaamalla konsoliin.
 - Kun korkoero on suurempi, niin Deltapalkin päätylevy täytyy vaihtaa.

7.2 Kun konsoli on liian ylhäällä

- Korjaussuunnitelman tekee päärakennesuunnittelija / elementtisuunnittelija Peikko Finland Oy:n avustuksella, ilman korjaussuunnitelmaa päätylevyä ei saa muokata / vaihtaa.
- Korjausvaihtoehtoja ovat mm. konsolikolon korottaminen leikkaamalla tai päätylevyn vaihto.
 1. Jos uusi päätylevy on paksumpi matalammasta päätylevyn konsolikolosta johtuen, Deltapalkkia täytyy ehkä lyhentää.

2. Jos halutaan välttää palkin lyhentämistä, voidaan suunnitella alkuperäisen paksuinen, mutta korkeampi päätylevy, joka ulottuu Deltapalkin ylälaipan yläpuolelle.

7.3 Kun Deltapalkki ei ylety tuelle

- Deltapalkilla on oltava, toleranssien puitteissa, rakennesuunnitelmien mukainen tukipituus. Mikäli ei ole, pystyrakenteen kantokyky saattaa pienentyä liikaa.
- Korjaussuunnitelman tekee päärakennesuunnittelija / elementtisuunnittelija Peikko Finland Oy:n avustuksella, ilman korjaussuunnitelmaa Deltapalkkia ei saa jatkaa.
- Jos kyse on maks. 150 mm:n jatkoksesta, niin jatkos voidaan mahdollisesti tehdä joko suoraan ko. Deltapalkin päätylevyyn tai uuteen vahvempaan päätylevyyn.
- Mikäli jatkaminen ei ole mahdollista, tilalle täytyy valmistaa uusi tarkemittauksen mukainen Deltapalkki.

7.4 Kun kiinnityspultit eivät sovi reikäryhmään

- Ylä- ja alalevyn pultin reikiä voi avartaa palkin pituussuunnassa, maksimissaan 1.5-kertaiseksi (esim. 50mm → 75mm).
- Poikittaissuuntaiseen avartamiseen tarvitaan lupa Peikko Finland Oy:stä. Poikittainen pultinreikien avartaminen voi merkitä Deltapalkin paikallista vahvistamista.
- Uumassa olevien pultin reikien avartamiseen on kysyttävä lupa Peikko Finland Oy:stä.

7.5 Kun saumateräket eivät osu uumareikiin

- Deltapalkin uumareikiä (Ø150 tai Ø80) ei saa avartaa.
- Saumateräksiä ei saa jättää pois ja ne on ankkuroitava Deltapalkin sisälle.
- Korjaussuunnitelman tekee päärakennesuunnittelija / elementtisuunnittelija Peikko Finland Oy:n avustuksella, ilman korjaussuunnitelmaa Deltapalkin uumaan ei saa tehdä lisäreikiä.

7.6 Kun Gerber-liitoksen toleranssit ylittyvät

- Gerber- ja sivuliitoksen toleranssi liittyvän palkin pituussuunnassa on +5 / -10mm. Liitos on suunniteltu siten, että 5 mm:n kampalevy asetetaan jokaiseen liitokseen Deltapalkin asentamisen jälkeen kuitenkin ennen kiinnityspulttien kiristämistä.
- Tarkista onko muissa ko. palkkilinjan liitoksissa käytetty Deltapalkin mukana tulevaa 5 mm:n kampalevyä.
 1. Lisäämällä ja poistamalla sopivasti kampalevyjä, sallittujen toleranssien rajoissa, aiemmissa liitoksissa, on mahdollista ratkaista ongelma.
 2. Kampalevyjä saa olla maksimissaan 15 mm:n paksuudelta.
- Jollei ongelma ratkea liitos on suunniteltava uudelleen ja ko. Deltapalkin päätylevy korvattava uudella.

7.7 Kun Deltapalkki on liian pitkä

- Korjaussuunnitelma tehdään aina Peikko Finland Oy:ssä.
- Toimenpiteet ovat tavallisesti: irrotetaan päätylevy, lyhennetään palkki (Huom! pohjalevyn pituus), viimeistellään hitsattavat pinnat ja hitsataan suunnitelman mukaiset hitsit.

7.8 Kun ontelolaatan pituus- tai sijaintitoleranssit ylittyvät/alittuvat

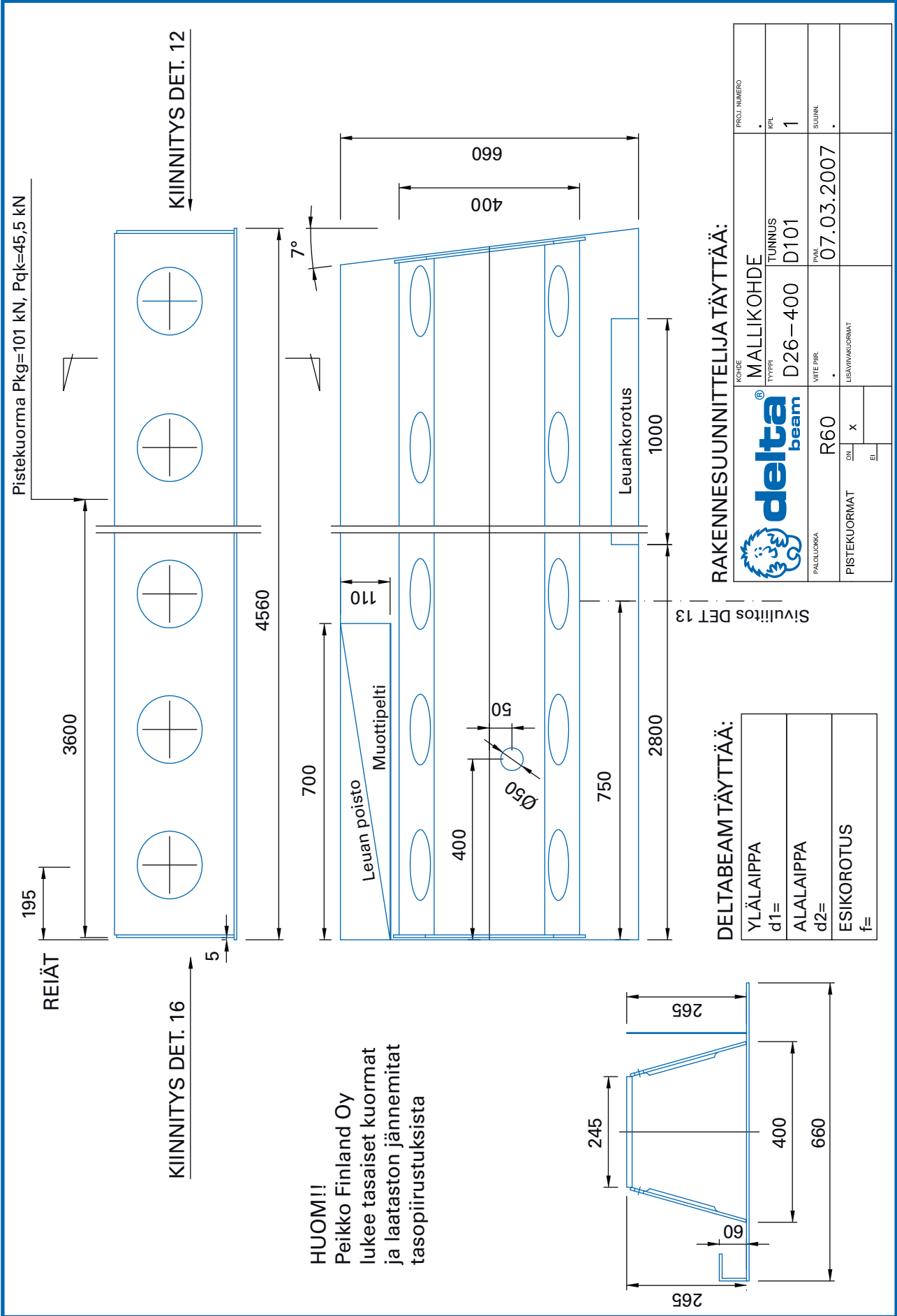
- Korjaussuunnitelma tehdään aina Peikko Finland Oy:ssä.
- Kyseessä on Deltapalkin asennusaikaisen kestävyuden varmistaminen, koska kuormitus ei ole suunnitelman mukainen.
- Myös kiinnitysdetaljin yms. kestävyys täytyy tarkistaa silloin, kun suuremmasta ontelolaatan epäkeskisyydestä johtuen vääntömomentti kasvaa.

MITTALAPPUJEN TÄYTTÖOHJE

Mittalappu on tehtävä tasopiirustuksessa olevan palkin tunnuksen lukusuunnan mukaan.

- Palkin tunnus (sallittuja merkkejä: kirjaimet, numerot ja väliviivat), ilman palkkityyppiä
- reunapalkin lukusuunta on vinon uuman puolelta, tämä on huomioitava merkittäessä palkkitunnuksia asennuspiirustukseen
- Palkkityyppi
- Palkin pituus
- Paloluokka
- Uumarei'tysten sijainti, sovitettuna ontelolaattojen saumajakoon, mitta palkin vasemmasta päädyistä
- Palkin kiinnitysdetaljit numeroituna
- Mahdollisten vinojen päätyjen vinous astekulmina
- Mahdollisten välitukien sijainti
- Palkin varustelu tarvittaessa:
 - Muottipellitys, korkeus, pituus ja sijainti
 - Leuankorotus, profiilin korkeus, kokonaispituus ja sijainti
 - Leuanpoistot, poiston leveys, pituus ja sijainti
 - Sivuliitokset, mitta vasemmasta päädyistä liitoksen keskilinjaan
 - Muut rei'tykset, koko ja sijainti
- Mitoitus jatkuvana perusviivamitoituksena palkin vasemmasta päästä alkaen

DELTAPALKKI







Peikko Finland Oy • www.peikko.com