

Mobi-Weld - Uusia askelia alumiinilevyjen kittahitsaukseen

Pekka Kilpeläinen

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, PL 1100, FI 90571, Oulu, Finland
pekka.kilpelainen@vtt.fi

Tapio Heikkilä

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, PL 1100, FI 90571, Oulu, Finland
tapio.heikkila@vtt.fi

AVAINSANAT Kittahitsaus, mobiilit robotit, kävelevät robotit

TIIVISTELMÄ

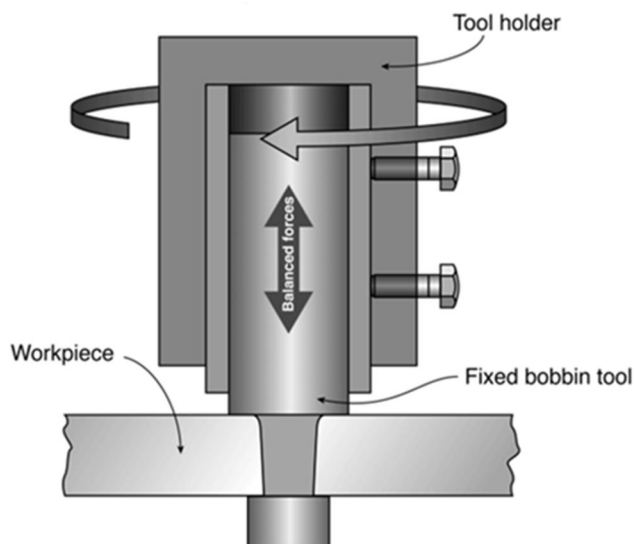
VTT on kehittänyt yhdessä eurooppalaisten kumppanien kanssa kevytrakenteisen itsestään liikkuva robottimaisen Mobi-Weld -laitteen alumiinilevyjen kittahitsaukseen. Taustalla on telakkateollisuuden tarve joustavaan ja tehokkaaseen alumiinilevyjen liittämiseen laivojen paneelien, osastojen ja rakenteiden kokoonpanossa. Kehitetyllä laitteella voidaan liittää alumiinilevyjä yhteen soveltaen FSW (Friction Stir Welding)- menetelmää. FSW-menetelmässä hitsattava materiaali kuumennetaan pyörivän työkalun aikaansaaman kitkan avulla ja sekoitetaan saumakohdasta, jolloin aikaansaadaan tasainen liitos ilman lisäainetta. Tässä artikkelissa esitellään Mobi-Weld-laitteen tärkeimpiä ominaisuuksia ja ensimmäisiä testituloksia.

1 JOHDANTO

Mobi-Weld-laite on kehitetty Mobi-Weld-projektissa, joka alkoi vuoden 2013 alussa ja päättyi vuoden 2014 lopussa. Projekti on toteutettu EU:n 7. puiteohjelman PK-yrityksiä tukevan "Research for the benefits of SME's"- instrumentin rahoituksella. Tutkimusorganisaatioista oli VTT:n lisäksi mukana hitsaukseen erikoistunut tutkimuslaitos TWI Englannista. Projektissa oli lisäksi mukana viisi PK-yritystä neljästä eri Euroopan maasta. Yrityspartnerit olivat ABIS Sp. (Puola), Meta Vision Systems Ltd. (UK), Triton Tooling Ltd. (UK), StirZone GmbH (Itävalta) ja Boluda Industrial S.L. (Espanja). Mobiilin kittahitsauslaitteen idea on lähtöisin Triton Tooling Ltd:ltä ja yritys on hakenut patenttia aiheeseen liittyen. VTT:n vastuulla projektissa on ollut prototyypin suunnittelu ja toteutus.

Kitkahitsauksen keksi Wayne Thomas TWI:ltä vuonna 1991 /1/. Kitkahitsaus on kiinteän olomuodon aineen liittämistä, joten liitettävät aineet eivät siinä sula hitsauksen aikana. "Sekoittava" kitkahitsaus (Friction Stir Welding, FSW) on yleisin kitkahitsausmuoto. Pyörivän työkalun ja työkalun painamisen avulla aikaansaadaan materiaalien lämpeneminen lähelle sulamispistettä kitkan avulla. Työkalun pyörimisliikkeestä ja muotoilusta johtuen kuumennettu materiaali sekoittuu liitoskohdassa. Kitkahitsaus sopii erityisesti pehmeille metalleille kuten alumiinille, jonka sulamispiste on varsin matala, n. 660 °C. Kitkahitsauksen etuna on lisäaineettomuus ja syntyvän sauman tasaisuus. Kitkahitsauksessa ei useimmissa tapauksissa tarvita suojakaasuja ja hitsauksen

aikana ei synny haitallisia hyöryjä tai roiskeita. Kitkahitsauksen käyttö on yleistynyt viime vuosina ja sovelluskohteita on ilmailu- ja avaruussovellutuksissa, autoteollisuudessa ja laivanrakennuksessa. FSW-menetelmästä on useita erilaisia variaatioita, jotka eroavat toisistaan mm. käytettävien työkalujen osalta /2/.



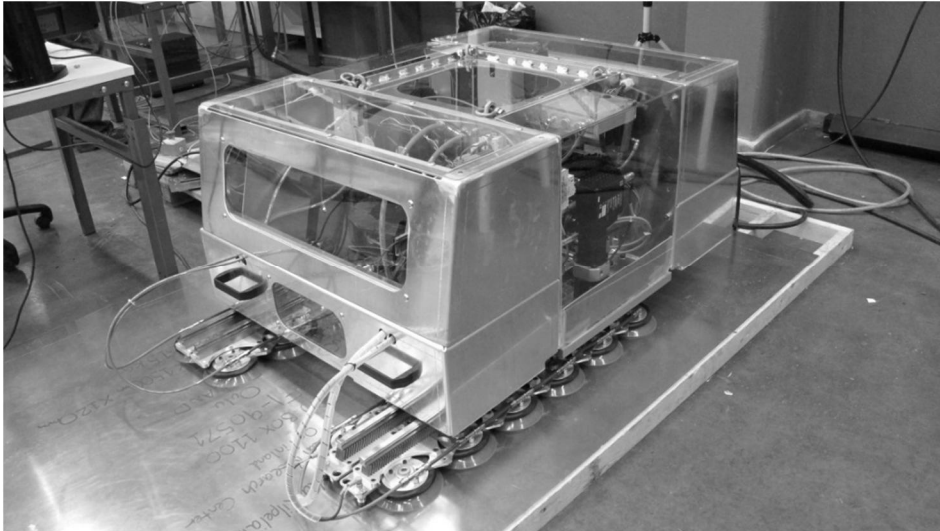
Kuva 1 Floating bobbin – työkalun periaate /3/.

Yleisimmin käytettävässä menetelmässä kitkahitsaustyökalu muodostuu yläpuolisesta olakkeesta ja hitsattavaan materiaaliin tunkeutuvasta kitkahitsauspäästä. Tarvittava kitkavoima tuotetaan painamalla työkalua alaspäin. Tämä vaatii tavallisesti järeitä koneita sekä hitsattavien kappaleiden hyvää tukemista alapuolelta pystysuuntaista voimaa vastaan. Pystysuuntaisen voiman tuottaminen on erittäin hankala toteuttaa kevytrakenteisella laitteella. Tämän takia Mobi-Weld-projektissa sovellettiin TWI:n kehittämää kelluvaa työkalua (Floating Bobbin tool) (Kuva 1). Tämä menetelmä soveltuu erityisen hyvin levymäistä kappaleiden liittämiseen. Menetelmässä liitettäviä pintoja lämmitetään materiaalien sekä ylä- että alapuolisella olakkeella varustetulla työkalulla, joka pääsee liikkumaan vapaasti pystysuunnassa levyn pinnan mukaisesti. Tämä eliminoi pystysuuntaisen tukivoiman tarpeen mahdollistaen siten kitkahitsauksen kevytrakenteisella laitteella.

Mobi-Weld –projektin tavoitteeksi oli asetettu, että kevyellä ja helposti liikuteltavalla laitteella voidaan hitsata 3 m metriä pitkä sauma. Hitsattavien levyjen maksipaksuudeksi oli määritetty 6 mm ja materiaaleiksi alumiinilaadut 6082-T6 ja 5083-H111. Haasteena oli kitkahitsauksessa tarvittavien voimien tuottaminen. Kelluvalla työkalulla tarvittavat voimat ovat alumiinilaadulla 5083-H111 ja 6 mm levynpaksuudella hitsattavan levyn tasossa sauman suuntaan n. 3 kN ja sivuttaissuuntaan n. 4 kN ja hitsaustyökalun pyörittämiseen tarvittava jatkuva vääntö on n. 95 Nm. Hitsausnopeus on alumiinilaadusta ja levyn paksuudesta riippuen 240 – 750 mm/min.

2 MOBI-WELD-LAITTEEN OMINAISUUDET

Mobi-Weld –laitteen (Kuva 2) tekniset ratkaisut ovat VTT:n kehittämisiä ja pääosa laitteen mekaanisista osista on myös valmistettu VTT:n mekaniikkapajalla Oulussa.

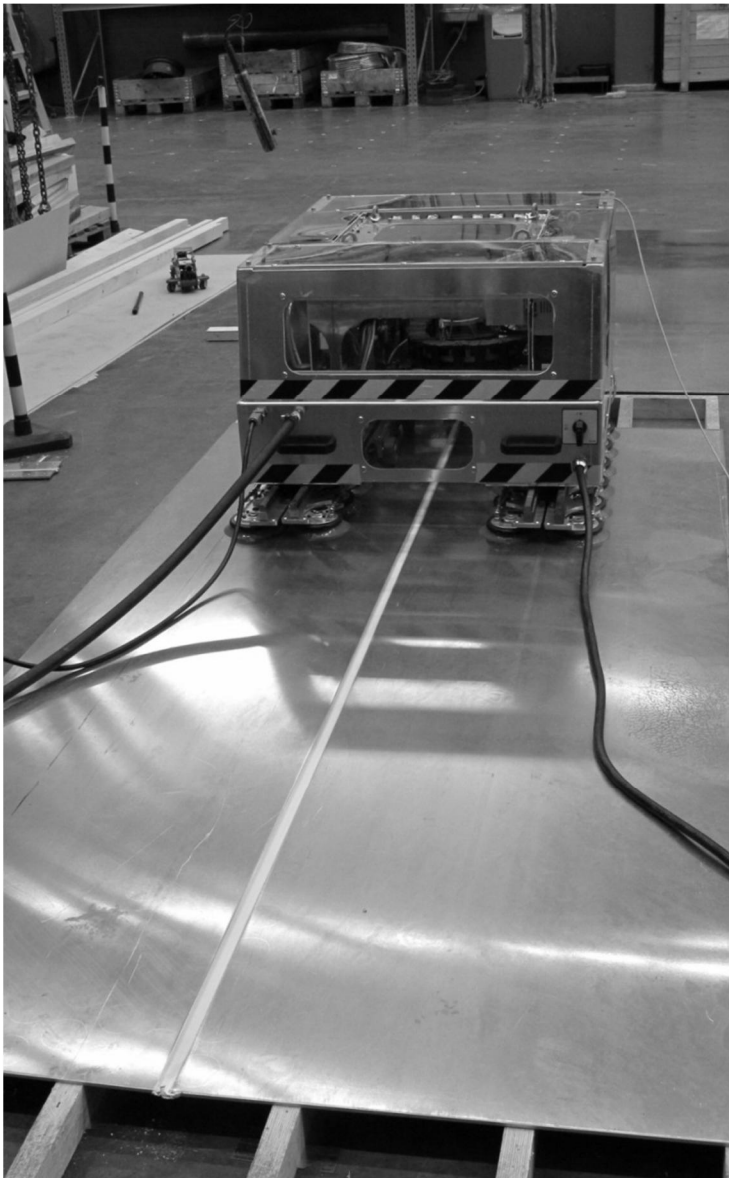


Kuva 2 Mobiili kitkahitsauslaite.

Keskeisimmät komponentit ovat erikoisvalmisteinen karamoottori, moottoria paikallisesti liikuttava ja railonseuranta-antureilla (Meta-Vision) varustettu xy-kelkka, sekä ryömivä runkorakenne. Karamoottori painaa 45 kg ja tuottaa 120 Nm jatkuvaa vääntöä kierroslukualueella 0-500 rpm ja 95 Nm 700 rpm asti. Moottorin maksimi kierrosluku on 1200 rpm. Karamoottori on varustettu sekä neste- että ilmajähdytyksellä moottoria ja työkalua varten. Työkalu on kiinnitetty karamoottoriin Weldon-kiinnityksellä ja ajonaikaista työkalun sivuttaissiirtymää korjataan railonseuranta-antureilla. Valmiin laitteen kokonaispaino toimintakunnossa on 284 kg. Laite on mitoitettu kestäämään 5 kN sivuttaisvoimia ja jatkuvaa 95 Nm vääntöä. Ryömintäliike on toteutettu neljällä, synkronoidusti liikkuvilla ja imukupeilla varustetuilla jalkamekanismeilla ja hitsausnopeus pidetään hitsauksen aikana vakiona. Laite kiinnittyy imukupeilla hitsattavan levyn pintaan, liikkuu eteenpäin saamaa pitkin ja liittää kitkahitsauksella levyt yhteen. Laitteen ohjausjärjestelmä on toteutettu sulautetulla pc-pohjaisella PLC-laitteella. Ohjausjärjestelmässä sovelletaan hajautettua arkkitehtuuria ja ohjausjärjestelmän kuuluvat laitteet, esim. servomoottorien ohjaimet, on yhdistetty toisiinsa EtherCAT-väylällä. Tämä mahdollistaa mm. monipuoliset ominaisuudet diagnostiikkaan ja mittausdatan keräämiseen. Laitetta ohjataan erillisellä pc-tietokoneella ja käyttäjä hallitsee toimintoja graafisen käyttöliittymän kautta. Itse hitsaus tapahtuu määritellyn hitsausprofiilin mukaisesti täysin automaattisesti ja käytännössä käyttäjän tarvitsee vain valita käytettävä hitsausprofiili ja antaa käynnistyskomento.

3 TULOKSET

Ensimmäiset hitsauskokeet laitteella tehtiin syyskuussa 2014. Ensimmäiset saumat olivat pituudeltaan 150 mm pitkiä ja ne varmensivat laitteen perusratkaisujen toimivuuden. Laitteen todettiin pystyvän tuottamaan ja kestämään vaadittavat hitsausvoimat sekä tuottamaan imukupeilla vaadittavat pitovoimat. Pidemmillä 1500 mm – 3000 mm pituisilla saumoilla (Kuva 3) varmistettiin laitteen kävelysekvenssin toimivuus. Projektissa on edetty askelittain kohti asetettua teknistä tavoitetta, kahden merialumiinista valmistetun 3 m pitkän ja 6 mm paksun levyn liittämistä yhteen. Marraskuussa 2014 järjestetyssä demonstraatiossa saavutettiin tämä tavoite.



Kuva 3 Mobi-Weld-laitteella VTT:llä Oulussa tehty 3 m pitkä sauma.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mobi-Weld-laite on robottimainen, kevytrakenteinen ja itsestään liikkuva saamaa seuraava kitkahituslaitte. Vastaavaa laitetta ei ole markkinoilla. Laitteella on onnistuneesti liitetty yhteen kaksi 3 m pitkää ja 6 mm paksuista alumiinilevyä soveltaen FSW-menetelmää. Tämä on tietävästi ensimmäinen kerta maailmassa, kun kitkahitsausta on tehty näin kevytrakenteisella ja liikuteltavalla laitteella.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1 Thomas W.M, Nicholas E.D., Needham J.C., Murch M.G., Temple-Smith P., Dawes C.J.: Friction-stir butt welding. GB Patent No. 9125978.8, International patent application No. PCT/GB92/02203, 1991.

2 Gibson B.T, Lammlein D.H., Prater T.J., Longhurst W.R., Cox C.D., Ballun M.C., Dharmaraj K.J., Cook G.E., Strauss,A.M.: Friction stir welding: Process, automation, and control. Journal of Manufacturing Processes, Volume 16, Issue 1, January 2014, pp. 56-73.

3 Wei X.: Further development of the FSW floating-bobbin technique, TWI Proposal PR19130, TWI, Cambridge, UK, 2011.