

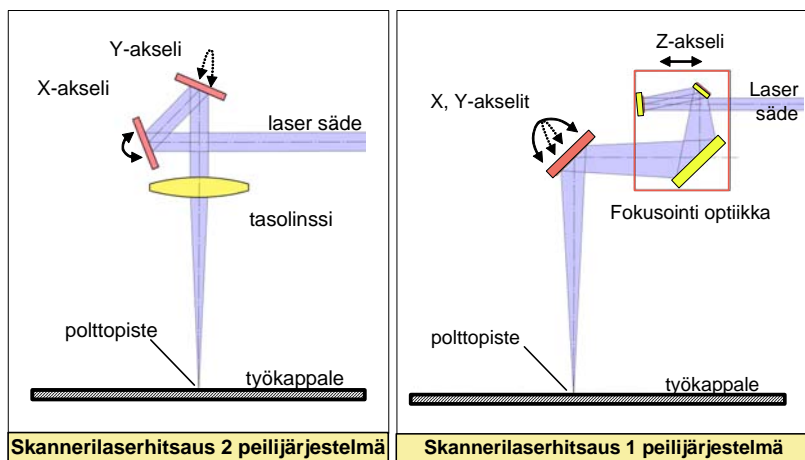
Skannerilaserhitsaus - uusi ohutlevyjen hitsausmenetelmä

Skannerilaserhitsausta pidetään yhtenä tulevaisuuden huipputeknologioista hitsaavassa ohutlevyteollisuudessa. Viimeisimpien ennusteiden mukaan tällä innovatiivisella menetelmällä suursarjatuotannossa voidaan saavuttaa jopa 30 prosentin kustannussäästöt verrattaessa perinteisiin pistehitsaus menetelmiin. Menetelmän on todettu soveltuvan korvaamaan pistehitsausta kaikissa ohutlevyrakenteissa aina autonkorin valmistuksesta matkapuhelimien rakenteisiin.



Skannerilaserhitsaus on ollut teollisuuden käytössä jo muutaman vuoden ajan. Teknologian käyttöönoton edellytyksenä on ollut teollisten suurteholaserien säteen laadun kehittyminen, mikä on mahdollistanut skanneritekniikan edellyttämän fokuointioptiikan pitkän polttovälin käytön.

Skannerilaserhitsauksen ydin on kaksi tai yksi suuren dynamiikan omaavaa elektro-optista peiliä. Peilit sijaitsevat tyypillisesti 500-1000 mm hitsattavan kappaleen yläpuolella (**kuva 1**). Siten pienikin peilien kiertymä siirtää lasersädettä työkappaleen pinnalla nopeasti uuteen hitsauspisteeseen. Paikoitusajat eri hitsipisteiden välillä ovat tyypillisesti muutaman millisekunnin luokkaa. Skanneritekniologia on ollut käytössä lasermerkkauksessa jo parin vuosikymmenen ajan, joten teknisesti menetelmä on osoittanut toimivuutensa jo kauan ennen ensimmäisiä hitsaussovelluksia.

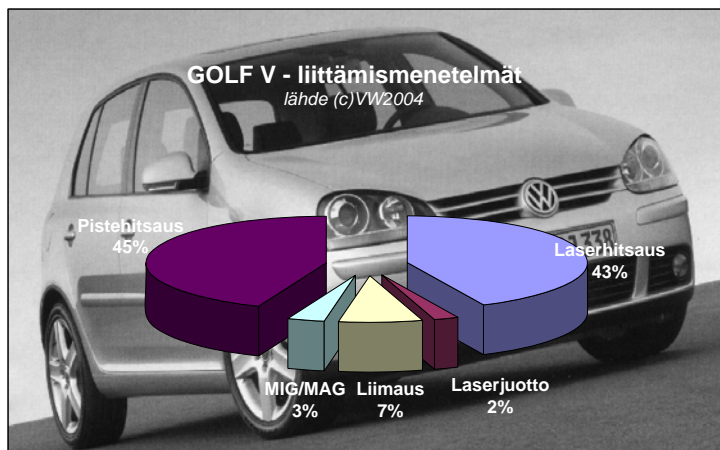


Kuva 1. Laittekonseptista riippuen skannerilaserhitsauksen ydin on yksi tai kaksi nopeasti ohjattavaa peiliä. Laitteisto mahdollistaa erilaisten hitsigeometrioiden "kirjoituksen". Siten monimutkaisimmatkin hitsimuodot on toteutettavissa lyhyimmässä mahdollisessa ajassa. Skannerilaserhitsauksella voidaan lisäksi hitsata limiitiitos joista on näkyvissä vain toinen liitospinta.

Mitä saksalainen edellä...

Laserskanneri hitsauksen edut ohutlevyjen pistehitsauksen korvaajana ovat kiistämättömiä. McKinsey & Company (2004) /2/ mainitsee menetelmän etuina autonkorin tuotannossa saavutettuna 30% alhaisempi investointikustannus (vähemmän kiinnittimiä), 5% pienemmät käyttökustannukset (vrt. Pistehitsaus elektrodit), puolta pienemmän lattiapinta-alan tarpeen sekä 60% nopeamman tahtiajan suuremman hitsausnopeuden ansiosta. Lisäksi tietenkin suunnittelunäkökulma jossa limiliitos voidaan hitsata yhdeltä puolelta. Samoin voidaan rakenteen jäykkyyttä lisätä korvaamalla pistehitsit pidemmillä yhtenäisillä hitsiliitoksilla. Tätä ominaisuutta hyväksikäyttäen on esimerkiksi auton korien kolariturvallisuus ja jäykkyys parantunut laserhitsauksen ansiosta viimeaikoina merkittävästi.

Eryyisesti Saksalaiset autonvalmistajat ovat olleet teknologian kärjessä käyttöönottamassa uuta teknologiaa. Esimerkiksi Volkswagenilla on käytössä pelkästään Wolfsburgin tehtaalla 350 hitsauslaseria, ja päivittäin hitsataan 140 kilometriä laserilla (**kuva 2**). Kapasiteettia olisi 210 hitsauskilometrin päivätahtiin, mutta kappaleenkäsittely ei vielä tänä päivänä pysy vauhdissa mukana. Volkswagenin mukaan laserhitsauksen käyttöönotto korinvalmistuksessa on johtanut selvään tuotantokustannusten laskuun.



Kuva 2. Volkswagen Golf V –mallissa käytetyt liittämismenetelmät. Pistehitsien lukumäärä on tarkalleen 2938 kappaletta ja laserhitsattuja metrejä on 52,5. Laserjuottoa on n. 3,5 metriä eli hieman vähemmän kuin MIG/MAG hitsiä (4,6 m). Ylittäen liimattujen saumojen metrimäärä on 22,5. Samansuuntainen trendi on nähtävissä myös muiden (saksalaisten) autonvalmistajien malleissa (mm. Audi A3).

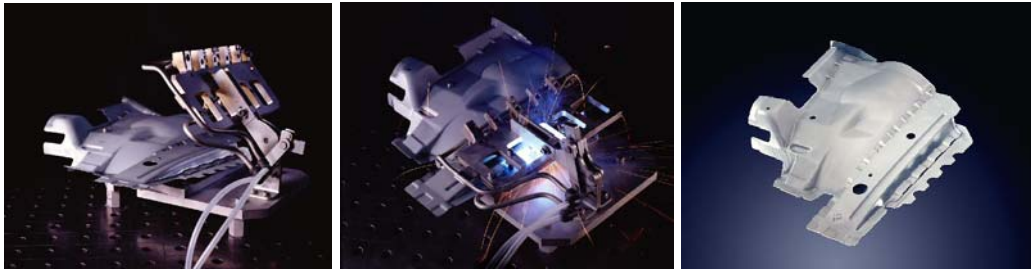
Skannerilaserhitsaus poikkeaa perinteisestä laserhitsauksesta sen suuren paikoitusnopeuden ja suuremman hitsausgeometrijoustavuuden ansiosta. Laitteistosta riippuen, voi kerralla hitsattava työalue olla halkaisijaltaan jotakin 90 ja 1500 millimetrin väliltä. Suurin vakiolaite työalue suurteho CO₂ skannerilaserhitsauksessa on n. 1500x2400x500 mm (syvyys x leveys x korkeus). Menetelmällä voidaan lasersäde paikoittaa uuteen liitoskohtaan jopa 1000 metrin minuuttivauhdilla ja <0,2 mm paikoitustarkkuudella.

Riippuen sovelluksesta on skannerihitsauksen toteutukseen kaksi konseptia: Skannerihitsauspää voidaan sijoittaa kiinteästi hitsauskiinnittimen yläpuolelle osaksi läpivirtaavaa tuotantolinjaa, tai hitsauspää kiinnitetään teollisuusrobotin käsivarteeseen. Ensimmäisessä vaihtoehdossa työkalu paikoitetaan "hitsauskoneen" alle, ja jälkimmäisessä "hitsauskone" etsii hitsauskohdan. Molemmalle tekniikalle löytyy sovelluskohteita.

... sitä toinen saksalainen perässä.

Myös toinen saksalainen autonvalmistaja eli BMW on ollut eturintamassa laserhitsauksen käyttöönotossa autonkorin valmistuksessa. Ensimmäiset laserhitsauslaitteistot asennettiin

BMW:lle vuonna 1996 eli samana vuonna kuin ruotsalainen VOLVO aloitti kattopaneelien robotisoidun laserhitsauksen 6 kW:n hiilidioksidilaserilla. Vuonna 2003 BMW aloitti 3-sarjan moottoritalan väliseinän jäykistäjän liittämiseen laserskannerihitsauksella robotisoidun pistehitsauksen sijaan (**kuva 3**). Laitteisto on Trumpfin 6 kW:n CO₂-laseriin perustuva ja sillä hitsataan 22 kappaletta 10 mm:n mittaista hitsiä. Tässä ratkaisussa sekä hitsattava kappale että hitsausoptiikka ovat paikallaan hitsauksen ajan, ja lasersäde liikkuu työalueella. Suuremman liitospinta-alan sekä rakenteen jäykistymisen lisäksi laitteistolla saavutettiin kuusinkertainen nopeus perinteelliseen liittämiseen verrattuna. Kyseisen osan vaihe aika putosi 30 sekunnista viiteen sekuntiin. Myös monet muut autonkorin valmistajat ovat ottaneet menetelmän käyttöön niin Saksassa, Yhdysvalloissa kuin Koreassakin.



Kuva 3. BMW 3-sarjan lattiakomponentin laserskannerihitsausta: kiinnitys – hitsaus- valmis. Hitsausaika n. 5 sekuntia eli lähes puoliminuuttia nopeampi kuin aiemmin käytössä ollut pistehitsaus.

Entäpä Suomessa?

Elektroniikkateollisuus on käyttänyt matkapuhelimien metallirakenteiden liitostapana laserhitsausta jo useita vuosia. Rakenteiden ainevahvuudet ovat tyypillisesti niin ohuita ja vaaditut tarkkuudet niin suuria, että perinteisillä menetelmillä hitsaus on ollut erittäin vaativaa, jos ei peräti mahdotonta. Vallitsevana menetelmänä on toistaiseksi ollut kuituvälitteinen Nd:YAG-pulssilaserhitsaus. Tuotantolinjassa liike eri hitsipisteiden välillä on tyypillisesti toteutettu liittämällä laserhitsauspää joko lineaariliikkeeseen tai teollisuusrobotin käsivarteeseen. Nopeimmillaan tällä tekniikalla päästään noin 10-15 hitsipisteeseen sekunnissa.

Skanneritekniikan soveltaminen on kuitenkin viimeaikoina yleistynyt myös elektroniikkateollisuudessa. Toteuttamalla liike hitsipisteiden välillä skannerihitsauspään laajaa työaluetta hyödyntäen, on hitsausnopeutta voitu kasvattaa, jopa yli 100 pisteeseen sekunnissa. Menetelmän käyttö yleistyy matkapuhelinten "terästytyessä" eli metalliosien lisääntyessä (**kuva 4**).

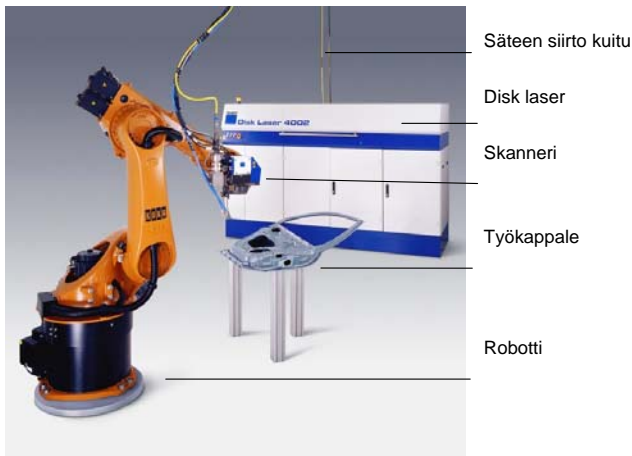
Muita laserskannerihitsauksen sovelluskohteita elektroniikkateollisuudessa ovat mm. hermeettisten kotelointien, liittimien tai lämpöherkkien komponenttien ja anturien hitsaaminen. Suurin osa ohutlevypuolen tuotteista, jotka hitsataan elektronisuihkuhitsauksella, voitaneen tulevaisuudessa liittää normaali ilmanpaineessa laser(skanneri)hitsauksella laadun siitä kärsimättä.



Kuva 4. PFO (Programmable Focusing Optics) skannerihitsausoptiikka Nd:YAG lasereille. Skannerilaserhitsauksella on mahdollista hitsata yli 100 hitsipistettä sekunnissa. Tyypillinen laserpistehitsattu komponentti elektroniikkateollisuudessa on puhelimen metallinen runko-osa.

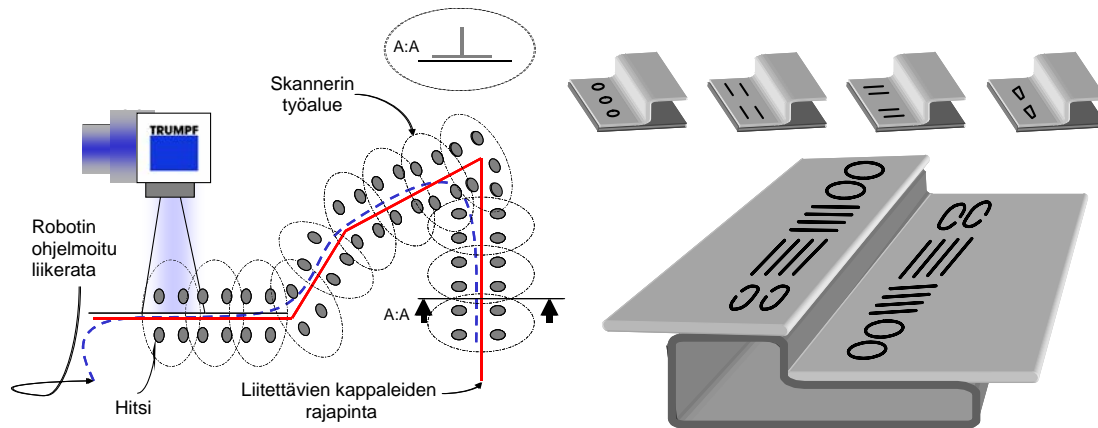
State-of-the-art skannerilaserhitsausta

Laserin käyttöönoton pioneeri autonkorin valmistuksessa on ollut DaimlerChrysler AG (yllätys, yllätys, jo neljäs autofirma joka mainitaan tässä artikkelissa). Mercedes Benz otti käyttöön ensimmäisen laserhitaussolunsa S-luokan korinhitsaukseen vuonna 1989. Viimeaikoina yhtiö on kehittänyt yhdessä muutaman teollisen partnerin kanssa robotisoidun skannerilaserhitsausmenetelmän jota kutsutaan nimellä RobScan. Siinä uusinta laserteknologiaa edustava kiekko-laser on säteensiirtokuidun avulla yhdistettynä teollisuusrobotin käsivarteen **kuva 5** mukaisesti.



Kuva 5. Periaatekuva laitteistosta robotisoituun laserskannerihitsaukseen.

RobScan konseptin perusajatuksena on sädeajan maksimointi. Hitsausrobotille ohjelmoidaan haluttu liikerata, jonka mukaisesti käsivarteen sijoitettu skannerilaitteisto liikkuu vakionopeudella pysähtymättä. Hitsit tehdään lennosta robotin liikeradan molemmin puolin olevan skannauskentän sisään. Hitsin muoto pystytään myös optimoimaan liitoksen ja halutun lujuuden mukaani (pyöreä, C, viiva, ...) (**kuva 6**).

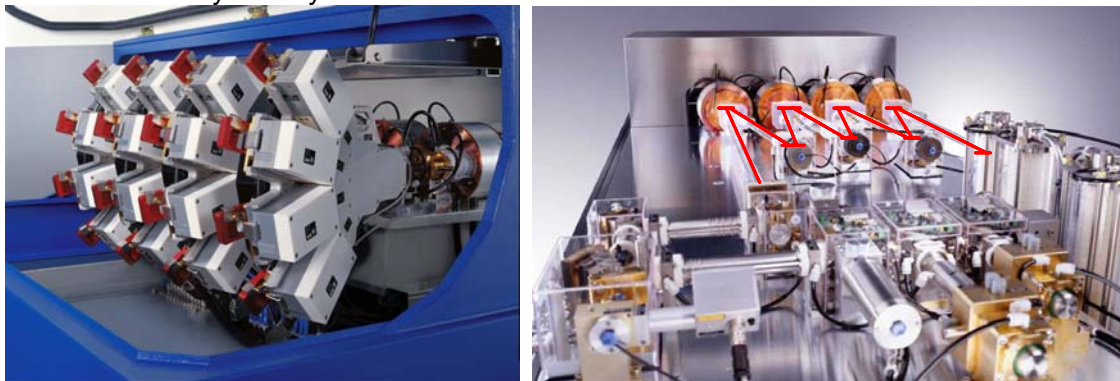


Kuva 6. Periaate liitoksen toteuttamisesta skannerilaserhitsauksella pistehitsauksen sijaan. Robotti liikkuu vakionopeudella ja optiikka muodostaa hitsauspisteet "lennossa". Menetelmä mahdollistaa myös hitsigeometrian optimoinnin liitoksen mukaan.

DaimlerChrysler on ilmoittanut, että se tulee olemaan ensimmäinen autonvalmistaja, joka ottaa sarjatuotantokäyttöön RobScan menetelmään perustuvan skannerilaserhitsauslaitteiston. Konseptia soveltavat linjat starttaavat vuoden 2006 aikana /3/.

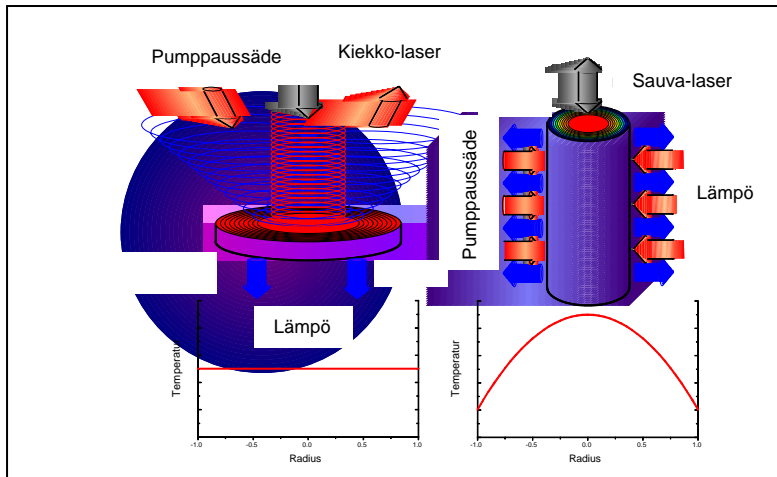
Miksi Kiekko-laser skannerihitsaukseen?

Kiekko-laserin (**kuva 7**) erinomainen lasersäteenlaatu mahdollistaa pitkän polttovälin optiikan käytön, mikä on edellytys skanneritekniikan tehokkaalle hyödyntämiselle. Tyypillisesti optiikan ja työkappaleen välinen etäisyys kiekko-laserhitsauksessa on hieman yli puolimetriä, joten hitsaussavut ja mahdolliset roiskeet eivät vahingoita optisia komponentteja. Tärkeä yksityiskohta, kun halutaan häiriötön, katkeamaton tuotanto. Kiekko-laserissa laseraktiivisena väliaineena toimii pienen kolikon kokoinen Yb:YAG kiekko, jonka paksuus on vain muutama kymmenesosa millimetri.



Kuva 7. Kiekko-laserin säde muodostetaan diodi pumppauksen avulla pienen kolikon kokoisessa Yb:YAG-kiteessä. Kiekko-laserin säteenlaatu on erinomainen, mikä on edellytys laserskannerihitsauksessa.

Lasersäteen syntyprosessissa muodostuva hukkalämpö pääsee tehokkaasti jäähtymään ohuen kiekon molemmista päätyipinoista. Näin laser kiteeseen ei synny myöskään lämpöväärityksiä jotka heikentäisivät lasersäteen laatua. Perinteisen sauvamaiseen Nd:YAG laserkiteen jäähtyminen tapahtuu sauvan reunapinoilta ja on siksi paljon tehottomampaa. Hukkalämpö aiheuttaa siten sauvamaiseen laserkiteeseen lämpöväärityksiä, jotka heikentävät lasersäteen laatua. (**kuva 8**). Kiekko-lasertehoa on tällä hetkellä saatavissa neljään kilowattiin asti ja säde voidaan johtaa tarvittaessa jopa yli 100 metrin pituiseen laserkuituun. Kiekko-laserin hyvä hyötysuhde (>18%) sekä diodien pidentynyt elinikä tuovat laserin käyttökustannukset myös kohtuulliselle tasolle. Suomen ensimmäinen kiekko-laser (Trumpf HLD 4002, 4kW) asennetaan kalajokilaakson koulutuskuntayhtymän ELME-Studioon metallilaboratorion tiloihin tulevaan robottisoluun kuluvan syksyn aikana. Laitteen toimittaa Apricon Oy.

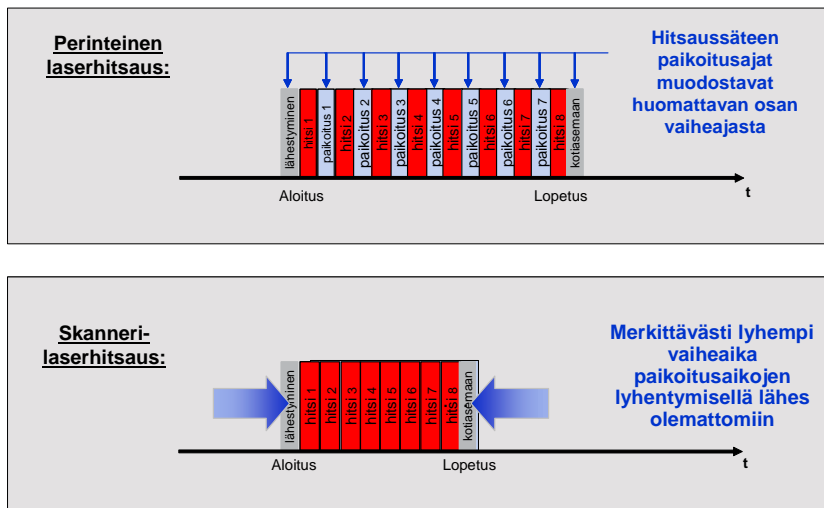


Kuva 8. Lasersäteen pumppausprosessissa muodostuva hukkalämpö pääsee tehokkaasti jäähtymään ohuen kiekon molemmista päätypinnoista. Perinteisen sauvamaisen Nd:YAG laserkiteen jäähtyminen tapahtuu sauvan reunapinnoilta ja on siksi paljon tehottomampaa. Hukkalämpö aiheuttaa siten sauvamaiseen laserkiteeseen lämpöväärityksiä, jotka heikentävät lasersäteen laatua. (kuva 8).

Yhteenveto

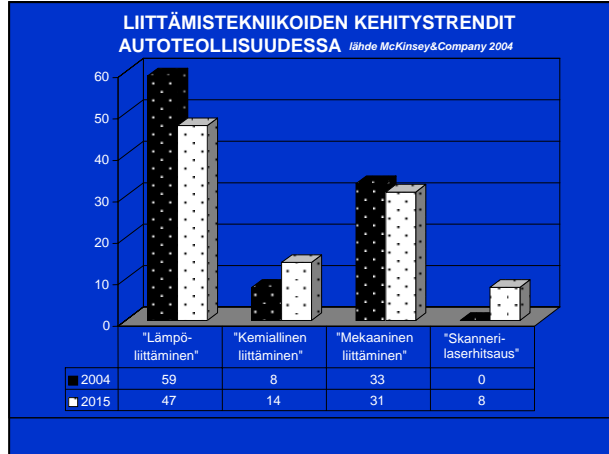
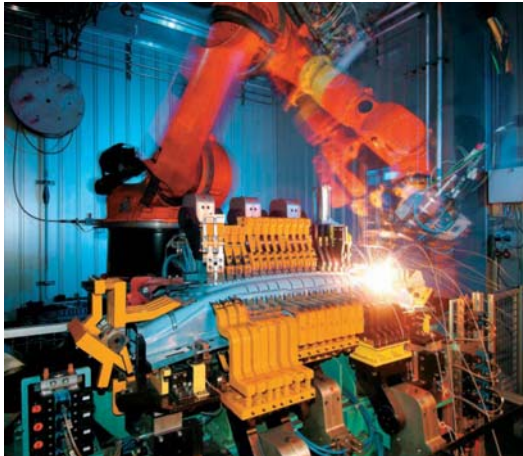
Skannerilaserhitsauksen edut ohutlevyhitsauksessa verrattaessa perinteisiin sekä muihin laserhitsaus menetelmiin voidaan luetteloida seuraavasti:

- Lyhyemmät vaiheajat paikoitusajojen lyhentymisellä (kuva 9)
- Säde päällä ajan maksimointi ja sitä kautta suurempi laitteiston tuottavuus
- Uudet mahdollisuudet tuotesuunnitteluun
- Hitsien muodon räätälöinti liitosvaatimusten mukaan



Kuva 9. Skannerilaserhitsaus tuo lisää kapasiteettia ja tuottavuutta laserhitsaukseen paikoitusajojen lyhentymisellä.

DaimlerChrysler arvio saavuttavansa menetelmällä huomattavia kustannussäästöjä niin hitsausnopeuden kuin laite- ja tilakustannussäästöjen avulla. Yksi RobScan-solu voi korvata useita perinteisiä pistehitsaussoluja, sitä kautta tarvittavien hitsaussolujen määrä sekä niiden viemä tila vähenevät. Riippumattomien tutkimuslaitosten, McKinsey & Company ja WLZ, Aachen, tekemän tutkimuksen "Tomorrow's Automotive Production" /2/ mukaan ei vie pitkään kun skannerilaserhitsaus "etäliittäminen" on standardi menetelmä autonkorinvalmistukseen (kuva 10). Tutkimuksen mukaan skannerilaserhitsauksen kustannussäästöt ovat 30 prosenttia työtilan tarve 50 % ja vaiheajat 60 % pienempiä verrattaessa perinteiseen vastuspistehitsaukseen



Kuva 10. Teollisuusrobotin käsivarteen sijoitettu skannerioptiikka. Skannerilaserhitsauksen on arvioitu olevan tulevaisuudessa yksi tärkeimmistä autoteollisuuden korivalmistuksen liittämismenetelmä. Liittämistekniikan kehitystrendit autoteollisuudessa. Ajavina voimina ovat materiaali muutokset, jäykkyys, kustannuspaineet sekä prosessin vakaus. /2/

Lähteet

/1/ Becker W., Beck M., Bernhardt R. 2004. Potential of robot-guided remote laser welding. In: Proceedings of LANE 2004 (Laser Assisted Net Shape Engineering 4).

/2/ McKinsey Study, 2004. Tomorrow's Automotive Production - Opportunities for the Body Shop. Dec. 2004.

/3/ DaimlerChrysler Hightech Report 2/2004

http://www.daimlerchrysler.com/Projects/c2c/channel/documents/595983_HTR2_04world_welding.pdf.

Jari Hovikorpi
DI
APRICON Oy
Riihimäki, Suomi
jari.hovikorpi@apricon.fi

Kari Erik Lahti
TkL
TRUMPF maskin ab
Alingsås, Ruotsi
kari.lahti@se.trumpf.com