




LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ [HTTP://PE.TUT.FI/LAL/ESR](http://pe.tut.fi/lal/esr)

Laserhitsaus

Perusteet






Laserhitsaus

Seuraavassa esitetään:

- ◆ Laserhitsauksen edut
- ◆ Laserhitsauksessa käytettävistä prosesseista
 - Lävistävä eli syvätunkeumahitsaus eli avaimenreikähitsaus (keyhole)
 - Sulattava eli lämmönjohtumisrajoitteinen hitsaus
 - Lisäaineellinen laserhitsaus
 - Hybridi laserhitsaus
- ◆ Laserhitsauksessa käytettäviä hitsausnopeuksia
- ◆ Laserhitsauksen sovelluksia
- ◆ Laserhitsauksen parametrit

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus

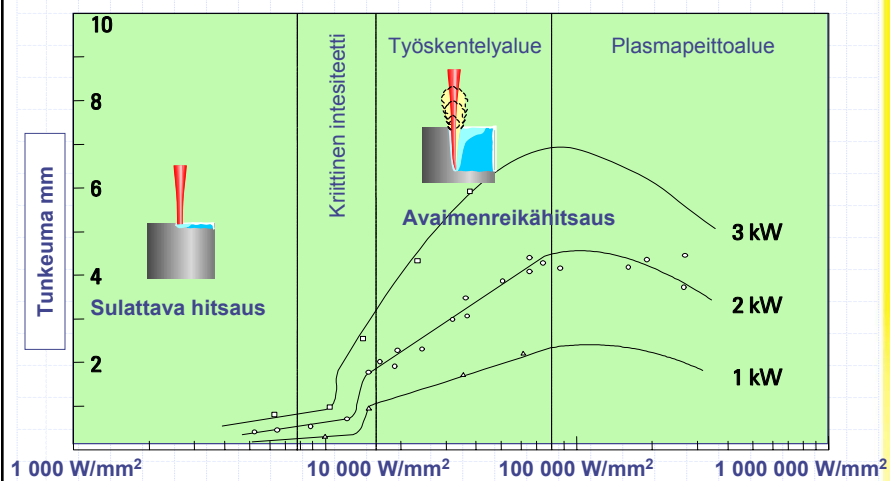
Laserhitsauksen edut:

- syvä ja kapea hitsi
- pieni lämmön tuonti
- suuri tuotantonopeus ja prosessin joustavuus
- tuotteen suunnitteluvaihtoehdot lisääntyvät

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus

Laserhitsauksen tehotiheydet (teräs, $v=10\text{m/s}$, He)



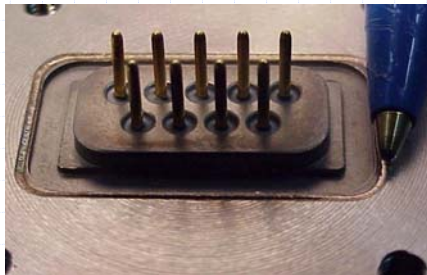
Lähde: Rofin-Sinar Laser GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

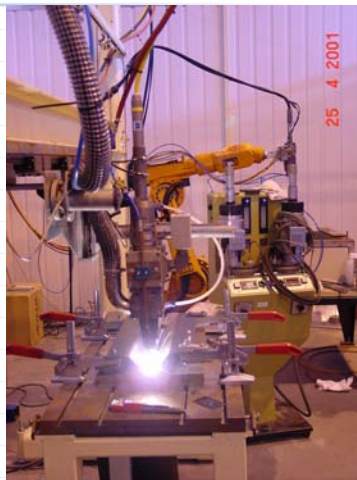
Laserhitsaus

Laserhitsausprosessit

- sulattava hitsaus
- lävistävä hitsaus (keyhole)
- lisäaineellinen laserhitsaus
- hybridilaserhitsaus



Kuvassa PW Nd:YAG hitsattu liitin PIRTA



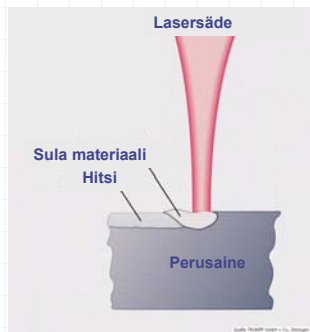
Kuvassa CW Nd:YAG hitsausta LTKK:n laitteilla

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

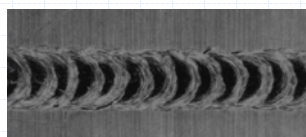


Laserhitsaus

Sulattava hitsaus pulssitetulla (PW) tai jatkuvalla säteellä (CW)



Lähde: Trumpf GmbH



Nd:YAG PW - hitsiä



HPDL CW - hitsiä

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



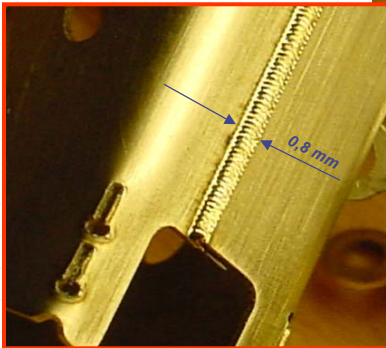
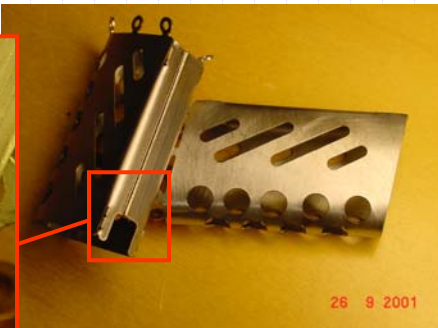
Laserhitsaus

CO₂- laserleikkattujen osien
Nd:YAG pulssihitsaus

Materiaali: AISI 304, s = 0.7 mm

Hitsausparametrit:

f = 20 Hz I_p = 6300 W/mm²
t_p = 0,5 ms v = 300 mm/min
U = 380 V Suojakaasu = Ar
E = 1,6 J Limitys = 68 %

Osien leikkaus ja hitsaus: PIRTA, Tampere

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

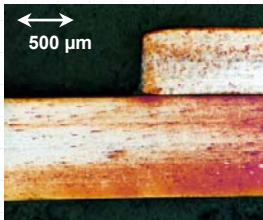
Laserhitsaus

Keittiöaltaan valmistus CW -diodilaserhitsauksella

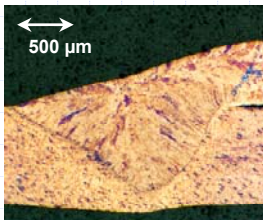
Diodin laserteho: 1.45 kW
Pisteen koko: n. 3.8 x 1.8 mm²
Tehotiheys: n. 200 W / mm²
Suojakaasu: Typpi
Hitsausnopeus: 2000 mm/min
Materiaali: X5CrNi18 10

--> - Ilmativis
- Tasainen reuna
- Kosmeettinen hitsaus

Ennen hitsausta



Hitsauksen jälkeen




Lähde: Rofin-Sinar Laser GmbH

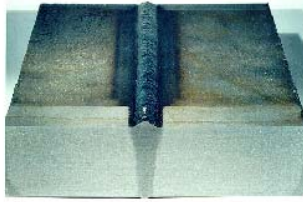
ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus

Avaimenreikähitsaus (mahdollista vain CW:llä eli jatkuvalla säteellä)



Lasersäde
Metallihöyry
Avaimenreikä
Sula materiaali
Hitsi



$d = 15 \text{ mm}$ $v_s = 1.2 \text{ m/min}$


20 kW CO₂-laser

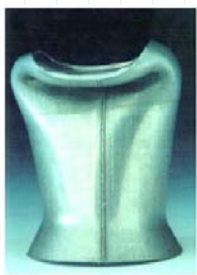
Lähde: Trumpf GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus


Pakoputken laserhitsaus





Edut:

- nopeus
- hyvä muovattavuus
- laatu



TTY/LAL

$s = 1.5 \text{ mm}$
 $v_s = 11 \text{ m/min}$

$P_L = 4500 \text{ W}$
X6CrTi12

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus

Lisäaineellinen laserhitsaus

- Lisäaineena lanka, nauha tai jauhe

Tavoitteena on:

- railotoleranssien suurentaminen
- tunkeuman kasvatus monipalkohitsauksella
- materiaaliominaisuuksien parantaminen
- sekaliitokset tai alumiinin hitsaus

- Ongelmana ovat lisäparametrit

- langan tuontikulma
- syöttönopeus



kuva: LTY

- lisäaineellinen Nd:YAG monipalkohitsaus V-railoon
- AISI 316
- tunkeuma 35 mm
- lisäaine AISI 316
- 3 kW, 0.5 m/min

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus

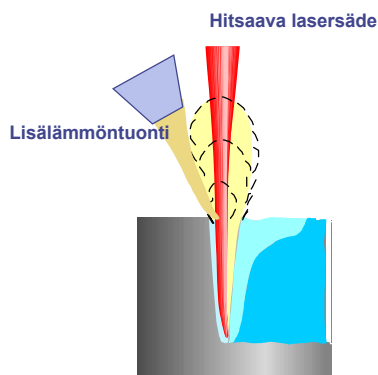
Laser-hybridi -hitsaus

Käytetään railotoleranssien kasvattamiseen

CO₂- tai Nd:YAG-lasersäde muodostaa syvätunkeuman ja valokaari tai suurtehodiilaser (HPDL) antaa sulavyöhykkeelle leveyttä

Sovelluksia käytössä mm. telakkateollisuudessa

Kaasukaari- tai HPDL-avusteinen laserhitsaus




Lähde: Rofin-Sinar Laser GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ




Laserhitsaus




Laser-hybridi -hitsaus

- ◆ Tällä hetkellä hybridihitsauksesta ovat kiinnostuneita kuljetusvälineiden valmistajat erityisesti auto- ja laivanrakennusteollisuus. Menetelmän uskotaan aikaansaavan suuren muutoksen etenkin telakoiden hitsausmenetelmissä ratkaisevasti vähenevän oikomistyön ansiosta.
- ◆ Suomessa ei ole vielä teollisia sovelluksia käytössä. Muualla Euroopassa saksalainen Meyer Werfin telakka kuuluu ensimmäisiin käyttäjiin.
- ◆ Menetelmän tärkeimmät edut ovat suuri hitsausnopeus ja konstruktion alhaiset muodonmuutokset. Haittoja ovat kallis laitejärjestelmä sekä vaatimus tarkasta rillonvalmistuksesta.
- ◆ Uusimmat sovellukset perustuvat laserin ja jauheplasmahitsauksen yhdistämiseen.



ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus



Hybridihitsaus

Kuvassa havainnollistetaan hybridihitsauksessa syntyvää hitsin muotoa.

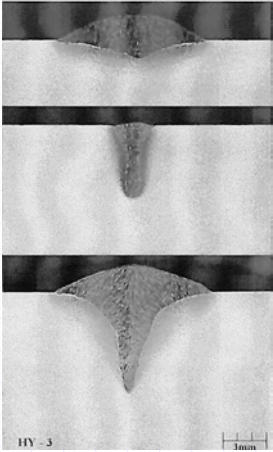
Menetelmällä saavutetaan mm. seuraavia etuja:

- railotoleranssit kasvaa
- rauhallisempi sulan käyttäytyminen
- hitsausvirheiden väheneminen


MAG hitsi

Laserhitsi

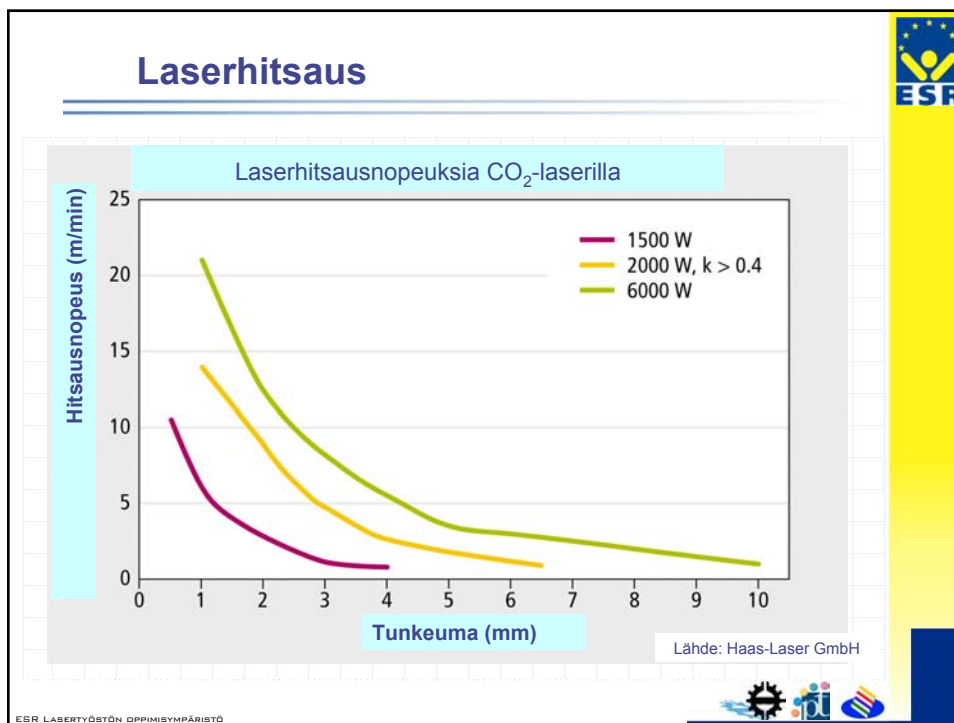
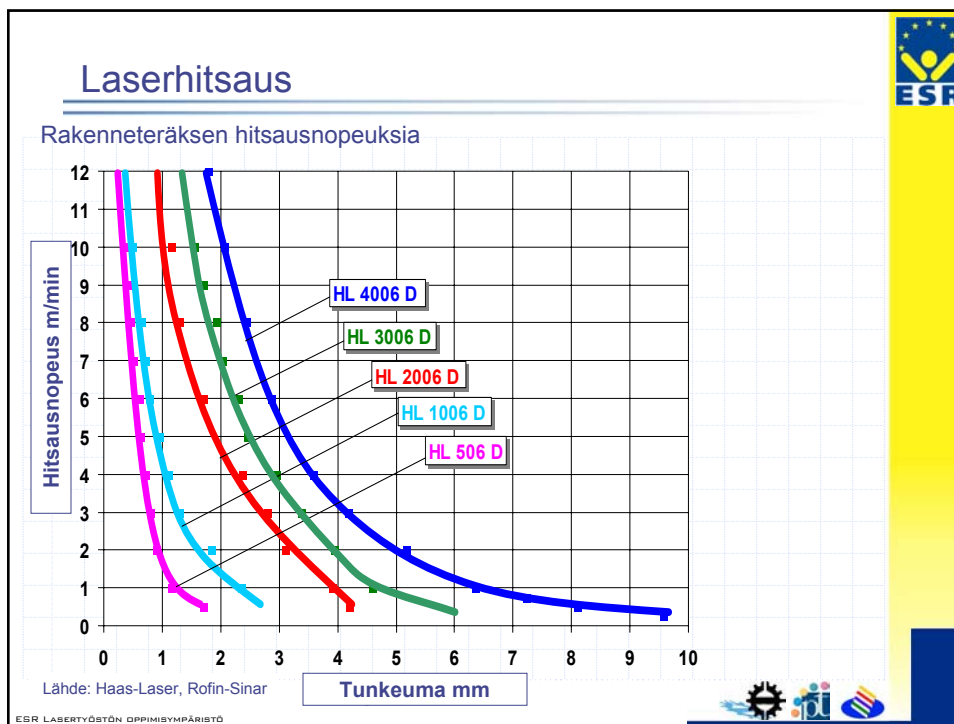
Hybridihitsi



HY - 3 1mm

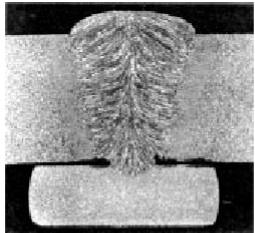


ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus

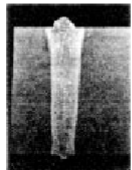
Laserhitsauksessa pieni lämmöntuonti



20 mm

$V_s = 0.6 \text{ m/min}, E_s = 8100 \text{ J/mm}$

MAG-hitsaus



20 mm

$V_s = 1.1 \text{ m/min}, E_s = 872.7 \text{ J/mm}$

Laser-hitsaus

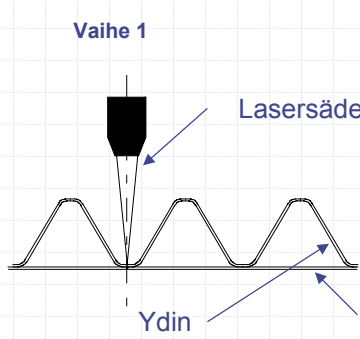
TTY/LAL

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

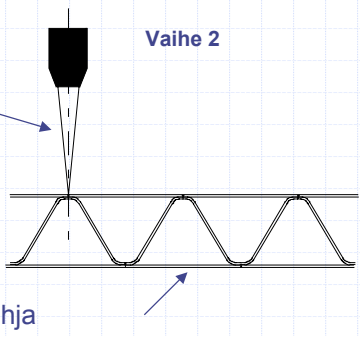
Laserhitsaus

Sovelluksia: Kennolevyn laserhitsaus

Vaihe 1



Vaihe 2



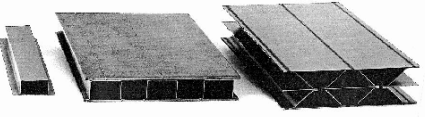
Materiaali: teräs

Ydin: 5 – 8 mm

Pohja: 2 - 4 mm

Laserteho: 10 kW

Hitsausnopeus: 2 – 5 m/min



TTY/LAL

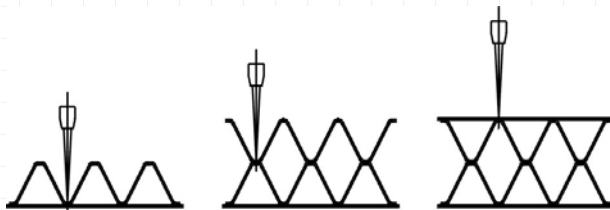
ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laserhitsaus



Sovelluksia: Kennolevyn laserhitsaus

Suuri lujuus ja jäykkyys
 Keveys
 Mittatarkkuus
 Huomioitava työkappaleiden varovainen käsittely
 Kennorakenteen laserhitsaus vaatii hyvät kiinnittimet
 Sovellutukset kulkuneuvoteollisuus: junat, linja-autot, laivat



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus

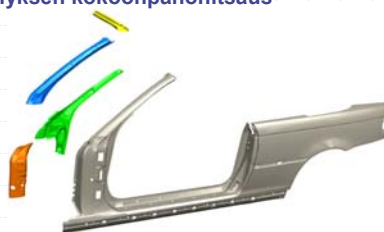


Sovellus: Auton korin hitsaus

- Audi A2:n alumiinirakenteen laserhitsaus
- Pursotettujen profiilien hitsaus, Al-ohutlevyrakenteisiin ja Al-valuihin
- Lisäaineellista laserhitsausta
- Kaikki liitokset limiliitoksia
- 30 m laserhitsiä / A2



- BMW avoauton tuulilasin pilarin ja kehyksen kokoonpanohitsaus



Lähde: Trumpf GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus



Sovellus: Putken laserhitsaus



Lähde: Trumpf

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



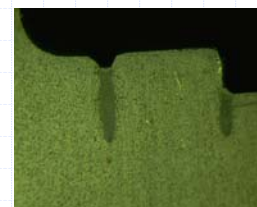
Laserhitsaus



Laserhitsaussovelluksia:



Syngronointirengas



Iskunvaimentajan osa


Lähde: Rofin-Sinar Laser GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ




Laserhitsaus


Laserhitsaussovelluksia:




Ikkunatiivislista



Putkiyhde





Paineanturin kalvo



Lämmönvaihtimen virtausputki

Lähde: Rofin-Sinar Laser GmbH

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ





Laserhitsaus

Laserhitsauksen ominaispiirteet

- ◆ Mahdollisuus kapeaan ja syvään hitsiin (jopa 1:10)
- ◆ Pieni lämmöntuonti antaa monia etuja
- ◆ Mahdollista eripaksuisten ja/tai erimateriaalisten osien liittäminen
- ◆ Ei jälkityöstöä
- ◆ Ei maadoitus tarvetta
- ◆ Hyvä toistettavuus -> luotettavia hitsejä
- ◆ Suuri hitsausnopeus
- ◆ Tiukat railotoleranssit päittäisliitoksissa
- ◆ Kiinnittimet on suunniteltava huolella
- ◆ Suojakaasun tuonti vaatii erikoisjärjestelyjä

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserhitsaus

Laserhitsauksen parametrit

- ◆ Sädeparametrit
- ◆ Prosessiparametrit
- ◆ Perusaineen parametrit

Hyvään lopputulokseen pääseminen edellyttää syy-seuraus vuorovaikutustekijöiden tuntemista ja taitoa vaikuttaa niihin, aivan samoin kuin perinteisillä hitsausmenetelmillä.

