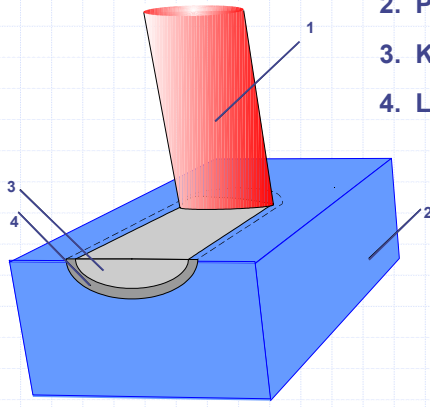




LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ [HTTP://PE.TUT.FI/LAL/ESR](http://pe.tut.fi/lal/esr)

Laserkarkaisu



Laserkarkaisun periaate



1. Laser
2. Perusaine
3. Karkaisuvyöhyke
4. Lämpömuutosvyöhyke

Rofin-Sinar Laser GmbH:n luvalla

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

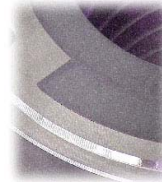


Laserkarkaisu

- ▲ Karkaisuleveys: 5 – 20 mm
- ▲ Karkaisusyvyys: 0,5 – 1,5 mm
- ▲ Karkeusaste ~ 200 HV suurempi verrattuna liekki tai induktiokarkaisuun

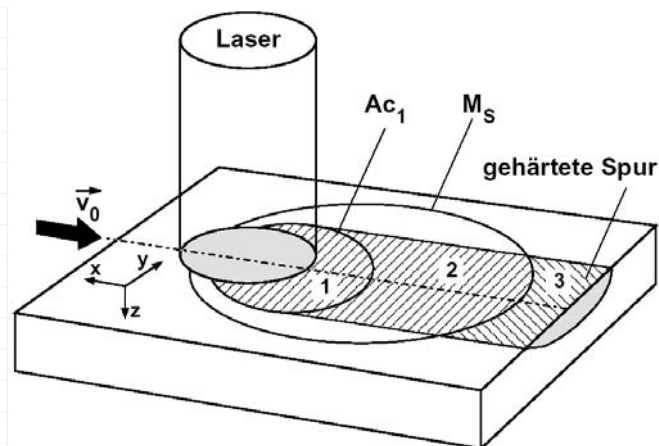
Edut:

- ▲ Pieni lämmöntuonti
- ▲ Laserkarkaisu ilman reunojen sulamista
- ▲ Erinomainen toistettavuus
- ▲ Suuri tehokkuus ja pienet käyttökulut
- ▲ Ei esivalmisteluja
- ▲ Ei jälkityöstöä.



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

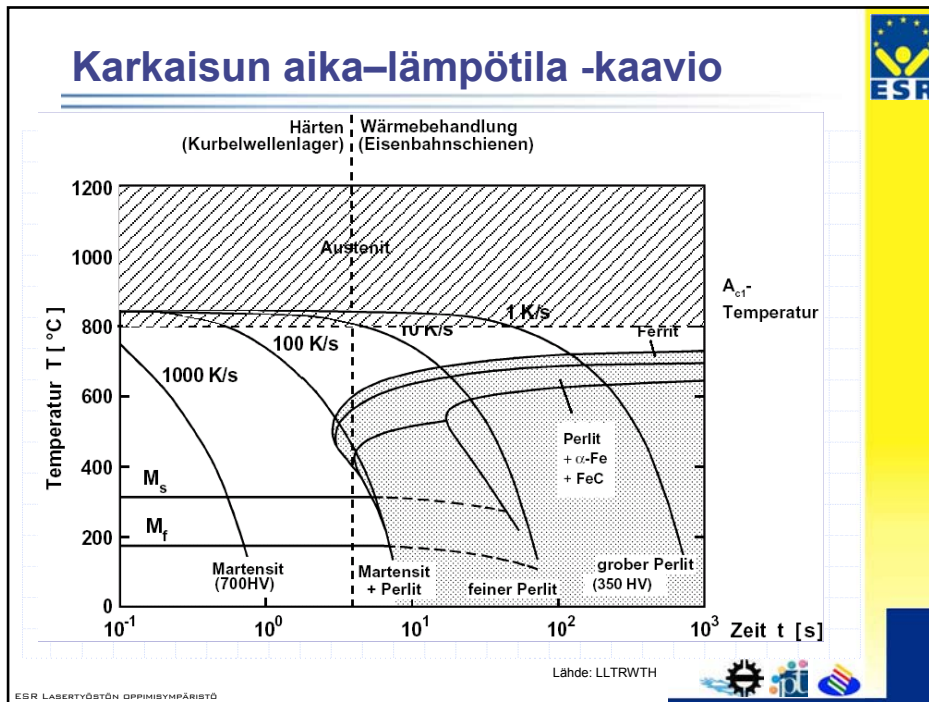
Laserkarkaisun periaate



A_{c1} Austenit-Umwandlungstemperatur
 M_s Martensit-Start-Temperatur


Lähde: LLTRWTH

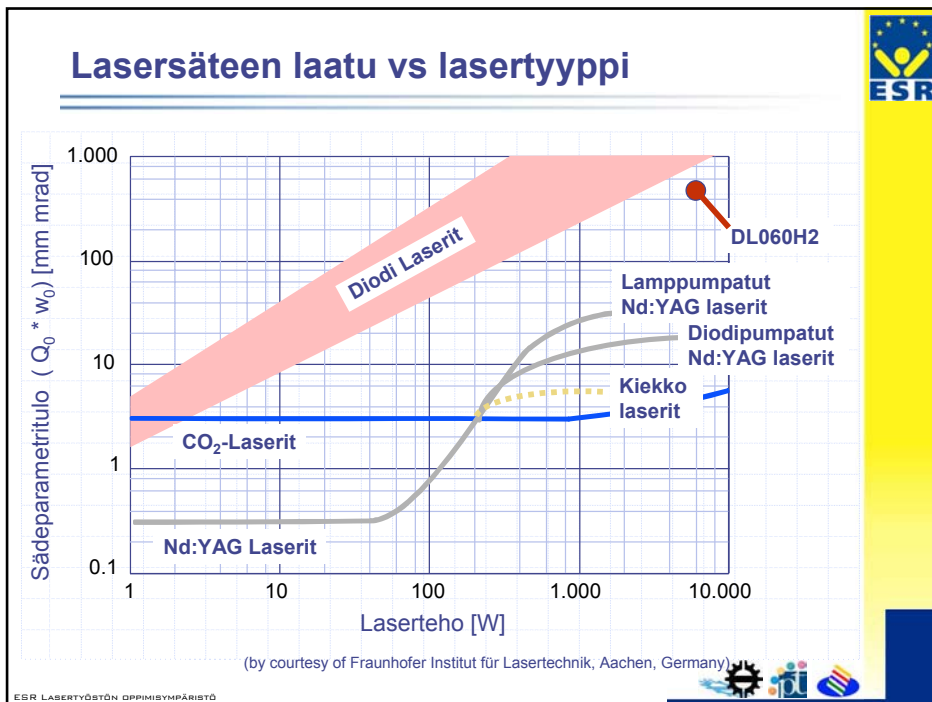
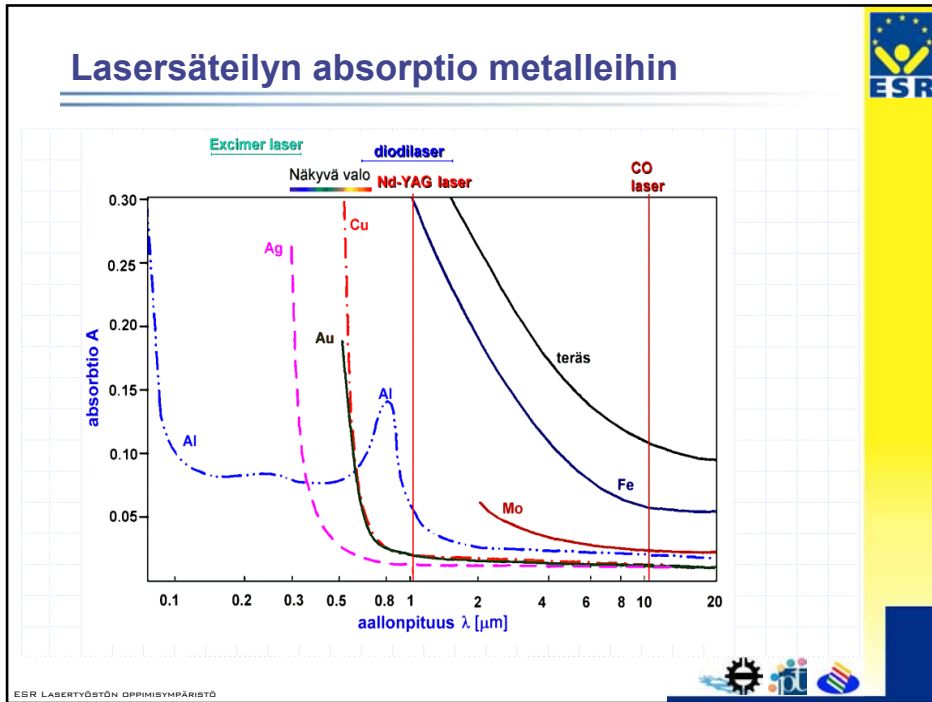
ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



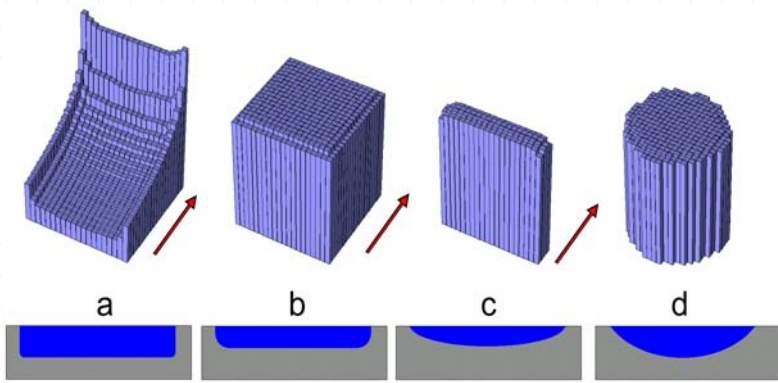
Laserkarkaisun parametrit

- ▲ Tehotiheys < 100 W/mm²
- ▲ Energiantuonti ~20-40 J/mm²
 - $E_t = \text{laserteho} / (\text{laser säteen leveys} * \text{karkaisunopeus})$
 - riippuu lasertypistä ja karkaistavasta materiaalista
- ▲ Vuorovaikutusaika ~ 0,5 - 6 s välillä
 - aika jona kappaleen sama kohta on säteen alla





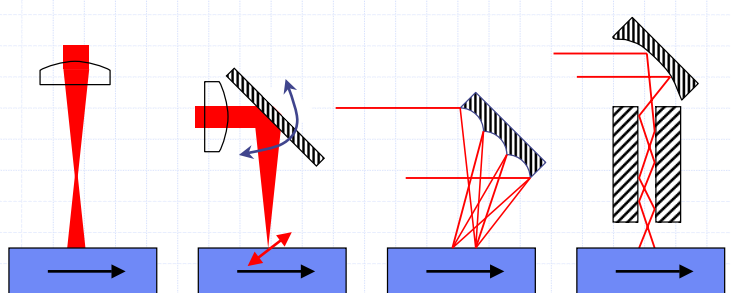
Tehojakauman vaikutus karkaisuun



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Säteen muokkaus pintakarkaisussa

- ▲ Fokusoimaton säde
- ▲ Säteen vaaputus
- ▲ Integroiva peili
- ▲ Kaleidoskooppi
- ▲ Diffraktiopeilit, erikoispeilit



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Pintakäsittelyyn sopivia lasereita

Nd-YAG

- + joustava säteenkuljetus
- + kohtalaisen pienet optiikat
- hyötysuhde
- suuri resonaattori ja jäädytin
- monimutkainen (ohjaus)

CO₂

- + luotettava
- + kohtuullinen hyötysuhde
- + suuri teho
- aallonpituus
- suuri resonaattori
- säteenkuljetus

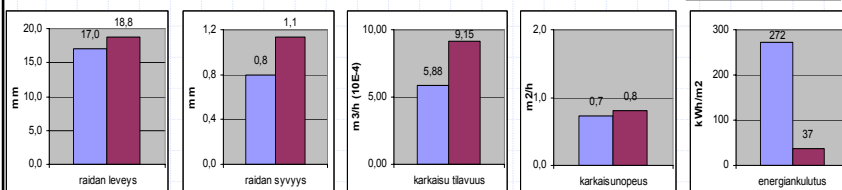
HPDL

- + hyötysuhde
- + pieni resonaattori
- + yksinkertainen
- uutta teknologiaa
- huono säteenlaatu
- Tulevaisuuden laitteet ?

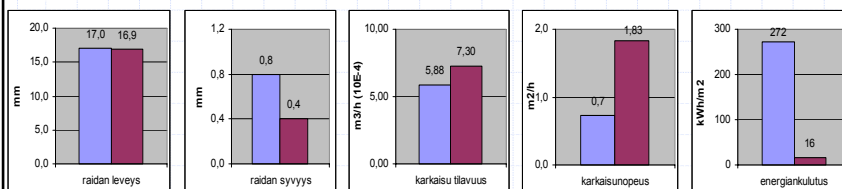
- Nd-YAG ja HPDL sopivia työkaluja laserpintakäsittelyyn
- hyvät prosessiparametrit
 - helppoja automatisoida

HPDL vs Nd-YAG karkaisu

Karkaisu vakioteholla 4200W työkappaleen pintaan

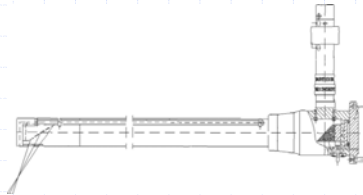


Karkaisu maksimiteholla 4200/6000W työkappaleen pintaan



Karkaisuoptiikoita

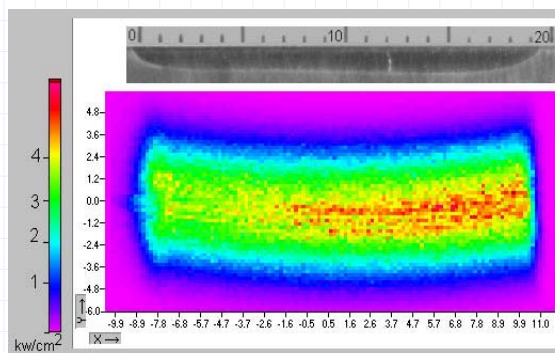
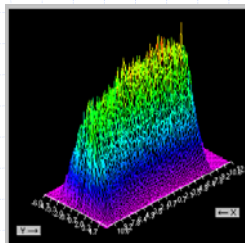
- ▲ erilaisia runkovariaatiota
- ▲ fokusointi integroivalla peilillä
 - fokusalue 10 x 10 mm ja 10 x 20 mm
 - polttoväli 55 ja 100 mm
 - työetäisyys 30 – 100 mm
 - vesijäähdytys
- ▲ sisäosat ylipaineistettu, N₂



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Karkaisuoptiikan intensiteettijakauma

- ▲ Nimellisesti 10x20mm fokusipiste
- ▲ Intensiteettijakauma 4 kW kokonaisteholla



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

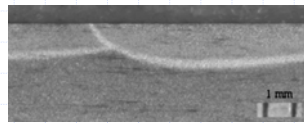
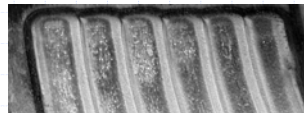
Tuotantokappaleiden laserpintakarkaisu

▲ Etuja

- vain tarvittavat osat karkaistaan
- nopea prosessi
- myös monimutkaisille muodoille
- pieni lämmöntuonti
- ei jälkikäsittelyä

▲ Huomioitavia asioita

- lämpöjännitykset
- karkaisu syvyys
- pinnan sulaminen



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Robotisoitu 3D-laserpintakarkaisu

▲ korvaamaan perinteinen menetelmä

- tuotannon pullonkaula
- karkaistaan vain tarvittavat pinnat

▲ karkaisu Nd-YAG-laserilla

- robotisointi mahdollista
- laserin käyttö myös muihin prosesseihin



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



3-D laserkarkaisu, esimerkki

- ▲ suuri sylinterimäinen kappale
- ▲ karkaisualue ~ 0,5 m²
- ▲ sisä- ja ulkopuolinen karkaisu
- ▲ kapeita kannaksia sisällä
- ▲ monimutkaiset 3-D radat
- ▲ kappale kiinnittimessä

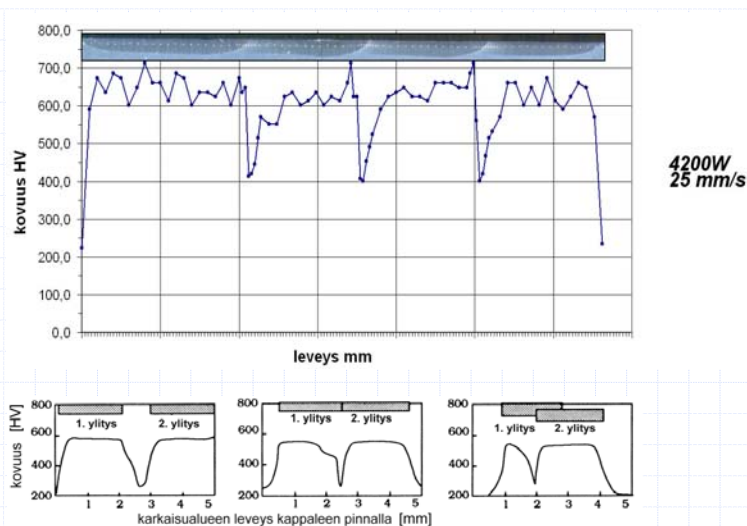


Laserkarkaisu
Nd-YAG
Käsivarsityyppinen robotti
Etäohjelmointi

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



3-D laserkarkaisu , Karkaisuraitojen limitys



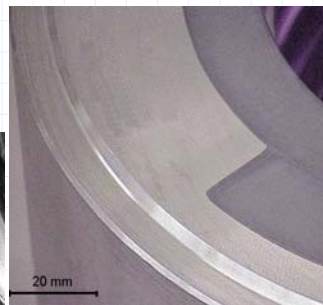
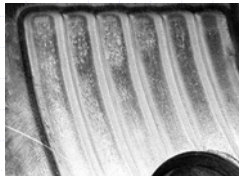
kaaviokuva: Steen W M, Laser Material Processing, 1998

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



3-D laserkarkaisu, Tulokset

- ▲ vaiheaika 2...20 minuuttia
- ▲ karkaisunopeus noin 1 m²/h
- ▲ sulamista terävissä reunoissa
- ▲ epätasaiset liikkeet
- ▲ pinnankarheuden vaihteluita

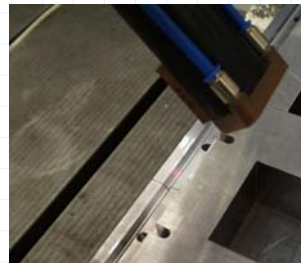
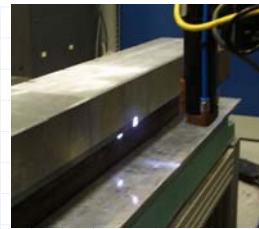


ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Särmäysterien laserkarkaisu

- kulutuskestävyyden lisääminen
- kriittiset osat karkaistaan
- ei jälkikoneistusta
- karkaisuaika < 10 s/kpl



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Akselin laserkarkaisu ja -pinnoitus



video: TTY / Laser Application Laboratory

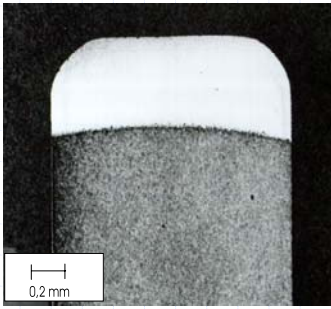
ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Männänrenkaiden karkaisu



- ▲ HPDL teho: 1,37 kW
- ▲ Säde: n. 4,4 x 9,1 mm²
- ▲ Tehotiheys: n. 3 x 10³ W / cm²
- ▲ Suojakaasu: Argon
- ▲ Nopeus: 2115 mm/min
- ▲ Materiaali: 55SC6

▲ --> Pieni lämpökuorma
▲ Pienet vääntymät
▲ Suuri kovuus (820 HV 0,05)
▲ Säädeltävä syvyys (0,1-0,5 mm)



Fraunhofer IWS Institut Werkstoff- und Strahltechnik

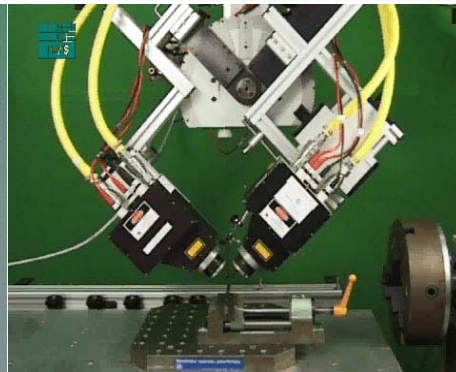
ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Johteiden karkaisu ilman jännityksiä



Materiaali: 58CrV4



Laserteho:	2 x 500 W	karkaisusyvyys:	0,9 mm
Säde:	4 x 5 mm ²	kovuus:	700HV0,05
Nopeus	270 mm/min	karkaisuleveys:	4 mm

Fraunhofer
Institut
Werkstoff- und
Strahltechnik

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserkarkaisurobottisolu

- ▲ HPDL 4 kW
- ▲ Aksiaalinen pyrometri
- ▲ Ohjelmointi
 - ▲ Opettamalla
 - ▲ CAD mallin pohjalta
- ▲ Karkaisuraita 5-20 mm
- ▲ Karkaisusyvyys 0,5-1,5 mm

- ▲ Edut
 - ▲ Reunojen karkaisu ilman sulamista
 - ▲ Varmatoiminen prosessi
 - ▲ Hyvä hyötysuhde
 - ▲ Pieni energiankulutus
 - ▲ Ei esivalmisteluja



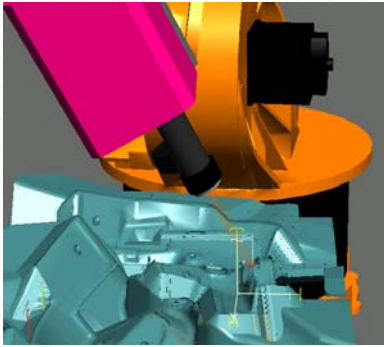
lähde: Erlas

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Laserkarkaisun etäohjelmointi

- ▲ Off-line ohjelmointi
 - Simulointi
 - Robotti/NC ohjelman generointi
 - Törmäystarkastelu
- ▲ Puristustyökalun karkaisu
 - Paino 1500 kg
 - Materiaali DIN 1.2738
 - Nopeus 5 mm/s



lähde: Erlas

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Leikkauspuristimen työkalun karkaisu

- ▲ Leikkausreunojen karkaisu
- ▲ Kappaleen paino 14t
- ▲ Pituus 8m
- ▲ Materiaali, X60CrMoV5



lähde: Erlas

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

