



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

Lasertyöstön automatisointi

- ▲ Lasertyöstön automatisointi
- ▲ Prosessien valvonta
- ▲ Robottisoluja laserpintakäsittelyyn
- ▲ Simulointi lasertyöstössä

Tässä esityksessä käsitellään lasertyöstön automatisointia tilanteissa, jolloin valmista ratkaisua, kuten laserleikkauskone, ei ole saatavilla.

Lasertyöstön automatisointi, vaikuttavia tekijöitä



- ▲ Prosessi parametrit
 - > nopeus
 - > tarkkuus
 - > orientaatio
 - > lämpötila
 - > puhtaus
- ▲ Prosessimateriaalit
 - > jäähditysneeste
 - > atmosfääri
 - > lisäainelanka, jauhe...
 - > teho
- ▲ Tuote
 - > koko
 - > geometria 2-D / 3-D
 - > käsiteltävä kohde
 - > kiinnittimet
- ▲ Tuotanto
 - > vaiheaika
 - > eräkoko
 - > tuotevariaatiot
 - > prosessivariaatiot
 - > hinta
 - > integrointi
 - > joustavuus

ESR LABERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Lasertyöstön automatisointi, rakennuspalikat



▲ Laser

- säteenlaatu
- säteenkuljetus
- aallonpituus
- hyötysuhde
- koko
- hinta

▲ Lisälaitteet

- materiaalin lataus
- kappaleenkäsittely
- kiinnittimet
- syöttölaitteet
- monitorointi
- prosessin takaisinkytkentä

▲ Säteenkuljetus

- avaimet käteen laitteisto
- portaali
- integrointi työstökoneeseen
- käsivarsirobotti

▲ Turvajärjestelmät

- silmävauriot
- palovaara
- törmäykset
- ilmanvaihto

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Lasertyöstön automatisointi, perusteet



▲ Skaalattavissa oleva vakaa prosessi

- todellisten kappaleiden dimensiot ja olosuhteet vaihtelevat

▲ Tarvittavat laitteet saatavilla

- laser vain työkalu muiden joukossa
- säteenkuljetuksella tärkeä rooli

▲ kestävä laitteisto

- nopeus, kiihtyvyyt, lämpötila...

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



Prosessinvalvonta, esimerkki

▲ Laserin status

- Teho
- Toimintatila
- ...

▲ Robotin status

- Ohjelma
- Nopeus
- ...

▲ Oheislaitteiden status

- Lisäaineen syöttö
- Suojakaasu
- ...



Tallennus tietokantaan

Tulokset jäljitettävissä

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Lasersäteen analysointi

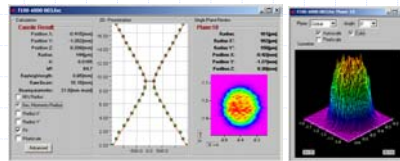
- ▲ Säteen muoto fokus pisteessä on yksi tärkeimpiä laserparametreja.
- ▲ Pyrittäessä laadukkaaseen lasertyöskentelyyn fokus pisteen ominaisuudet tulee tuntea.
- ▲ Laatuongelmien ilmaantuessa voidaan fokus pisteen ominaisuudet tarkistaa ja pois sulkea lasersäteen vaikutus.
- ▲ Laiteongelmien ilmaantuessa lasertyöstölaiteeseen, voidaan virhelähde paikallistaa.
- ▲ Linjaus tai voittumis virheet voidaan paikallistaa.
 - ▲ resonaattioptiikassa
 - ▲ säteenlaajentimissa
 - ▲ säteensiirto laitteistoissa
 - ▲ fokusointi optiikassa
- ▲ Virheellinen optinen komponentti voidaan nopeasti vaihtaa tai linjata
 - ▲ laitteiston seisokkiaika vähenee
- ▲ Lasertyöskentelyn tehokkuutta voidaan parantaa laserlaitteiston täsmällisellä säädöllä.

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Sädeanalysaattori

Primes FocusMonitor

Mitta-alue x-y suuntaan 12*24 mm ja z suuntaan 35 mm
Laitteistolla voidaan mitata, mittakärkeä vaihtamalla niin,
CO₂, Nd:YAG sekä suurtehodiilaserit.



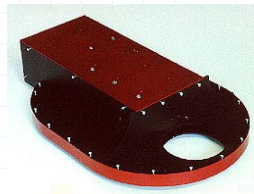
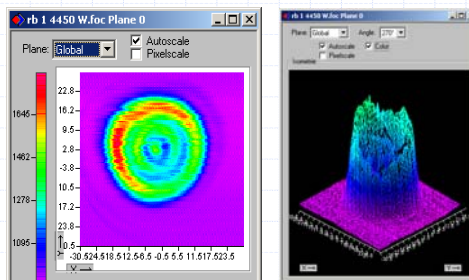
Mittakärki	CO ₂	Nd:YAG	Diodi
Max Teho [kW]	30	5	6
Max Tehotiheys [MW/cm ²]	30	15	1
Max. divergenssikulma	<14°	<14°	<53°

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Raakasädeanalysaattori

Primes BeamMonitor

Mitta-alue x-y suuntaan 12*24 mm ja z suuntaan 35 mm
Laitteistolla voidaan mitata, mittakärkeä vaihtamalla niin,
CO₂, Nd:YAG sekä suurtehodiilaserit.



Nimi	Max Teho (W)	Max Tehotiheys (W/cm ²)	Mitta-aukon halkaisija (mm)	Max Resoluutio
BeamMonitor	30 000	10 000	60	256 * 256

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Laser tehomittari

Coherent FieldMaster

Laitteistolla on mahdollista mitata lasertehe, niin CO₂, Nd:YAG kuin diodilaserlähteistä.

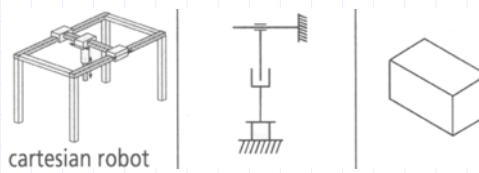
Nimi	Max Teho (W)	Min Teho(W)	Resoluutio (W)	Mitta-aukon halkaisija (mm)	Mitta-alue (μm)	Tarkkuus (± %)
LM-5000 Suurteho-anturi	5000	300	1.0	55	0.25 - 10.6	5



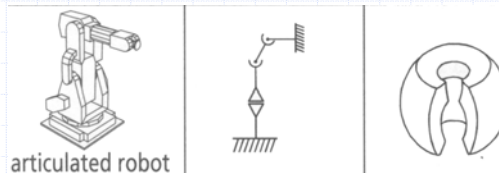
ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Säteenkuljetus 3D lasertyöstössä

- Portaalirobotti / työstökone
 - + yksinkertainen rakenne
 - + turvallinen
 - kallis
 - rajoituksia 3-D työstössä



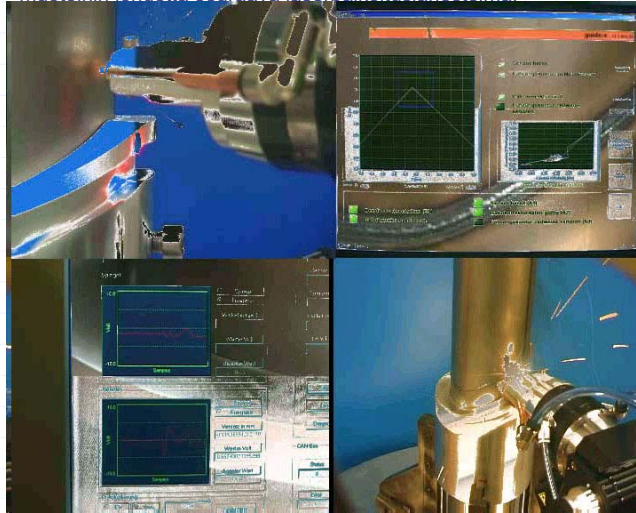
- Nivelvarsirobotti
 - + joustava
 - + 'hyllytavara'
 - + halpa
 - työkalujen koko rajoitettu
 - työalue ilman lisäakseleita



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

3D robottityöasema, esimerkki

- ▲ Nd-YAG laserilla varustettu robotti leikkaukseen ja hitsaukseen. Tarkkoihin muotoihin iohdettua seuraava lasernaikointusjärjestelmä.



video: Thyssen
Lasertechnik
GmbH

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Nd-YAG robottisolu, esimerkki

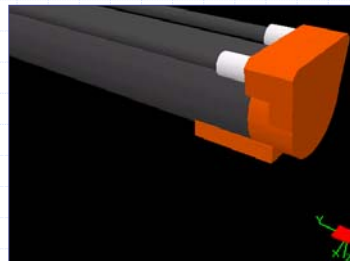
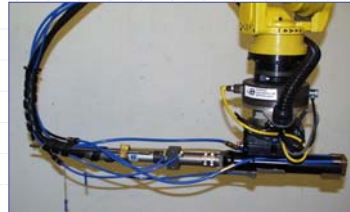
- ▲ laser
 - Haas HL4006D
 - 4 kW Nd-YAG
 - kaksi 600 μm kuitua
 - integroivat optiikat
- ▲ säteenkuljetin
 - Fanuc S700RJ
 - 35 kg kuorma
 - 5,6 m lineaarirata
 - off line ohjelmointi
- ▲ käyttökohteet
 - karkaisu
 - pinnoitus
 - hitsaus
- ◆ suuret työkappaleet (< 6m)
- ◆ täysin automatisoitu



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Karkaisuoptiikat robotin työkaluina

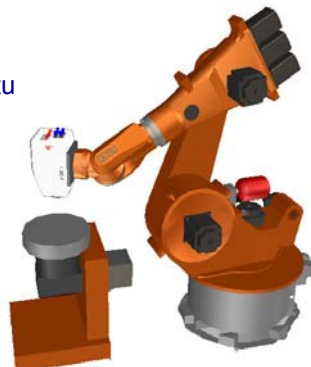
- ▲ Ei fyysistä työkalupistettä (TKP)
- ▲ Suuri fokusalue
- ▲ Rajoitetut liikesuunnat
- ▲ TKP:n z-vaihtelu ~ 4 mm
- ▲ TKP offset jopa 1100 mm
- ▲ TKP ohjelmoidaan manuaalisesti



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

HPDL robottisolu, esimerkki

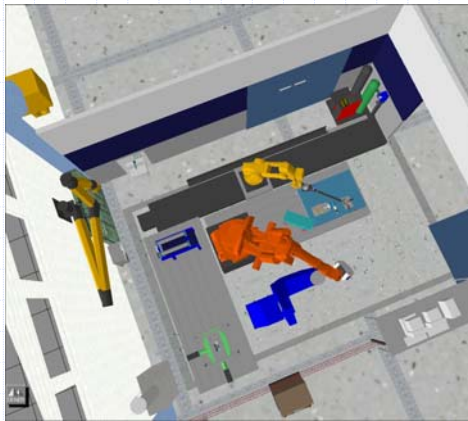
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▲ Laser <ul style="list-style-type: none"> > RS DL060H2 > 6 kW HPDL > 808 & 940 nm > Vaihdeettavat optiikat ▲ Säteenkuljetin <ul style="list-style-type: none"> > KUKA KR 125/2 > 125 kg kuorma > 2-akselinen pyörityspöytä > Off-line ohjelmointi | <ul style="list-style-type: none"> ▲ Käyttökohteet <ul style="list-style-type: none"> > Pinnoitus > Karkaisu > Hitsaus ▲ Täysin automatisoitu <ul style="list-style-type: none"> > Laser > Jauheensyötin > Prosessikaasut > Ilmanvaihto > Jäähdytys > Interbus-S |
|---|--|



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Lasertyöstön simulointi

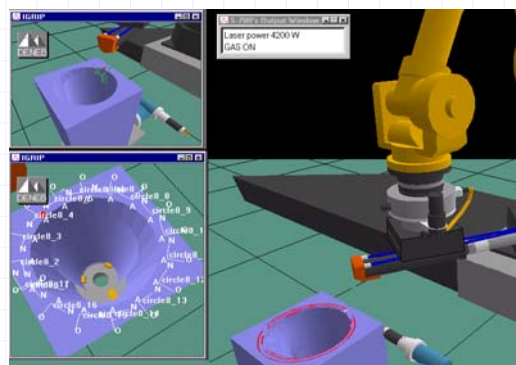
- ▲ Simulointi avuksi
 - Layoutin suunnittelu
 - Robotin ulottuma
 - Työkalujen kiinnitys
 - Kiinnittimet
 - Työkappaleen asemointi
 - Turvasuunnittelu



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Off-line ohjelmointi

- ▲ Ohjelmointiaika pois robotilta
- ▲ Solun käyttöönotto nopeutuu
- ▲ Tuotteen 3D mallin hyödyntäminen
- ▲ 'Automaattinen' ohjelmien generointi



```


S-700's Program Window
DELETE -- LASER STANDBY
YANK --% CALL LASER_ON
PASTE --% GO[1]=1
FINDUP --% GO[2]=1
FINDDN MOVE TO HOME1
CLEAR -- Laser power 4200 W
--% R[1]=4200
--% CALL LASER_PW
APPEND -- GAS ON
READ --% DO[4]=ON
WRITE --round 1

MOVE TO START4
$$SPEED = 25

MOVE TO circle45_1
-- BEAM ON
--% WO[1]=ON
CLI ("TRACE COLOR $RED")
CLI ("TRACE ON PART 'S-700:ratal'")
MOVE TO circle47_1 via circle46_1
MOVE TO circle49_1 via circle48_1
Close
  
```

ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ



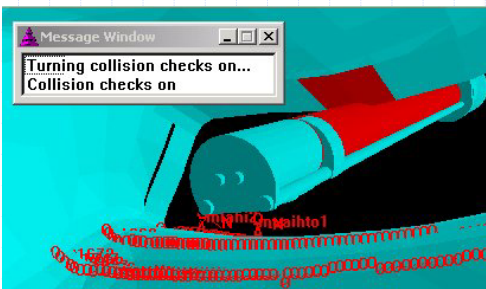


Simulointi

- ▲ Liikkeiden tasaisuus
 - Liikealueen rajoilla
 - Kulmissa
 - Singulariteettien lähellä

- ▲ Törmäystarkastelu
 - Kalliit työkalut
 - Kappaleen vioittuminen

- ▲ Ohjelman syntaksi
 - Laserin ohjaus
 - Teho
 - Virheet



ESR LASERTYÖSTÖN OPPIMISYMPÄRISTÖ

