







**TAMPEREEN
TEKNILLINEN
YLIOPISTO**



**LASER
APPLICATION
LABORATORY**



**PIRKANMAAN
TAITOKESKUS**
TEKNIIKKA JA LIITTEEN




TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Lasertyöstön Oppimisympäristö <http://pe.tut.fi/lal/esr>

LASERLEIKKAUS

Perusteet

- ◆ periaate
- ◆ prosessit
- ◆ ominaispiirteet
- ◆ sovellusesimerkkejä






Laserleikkaus

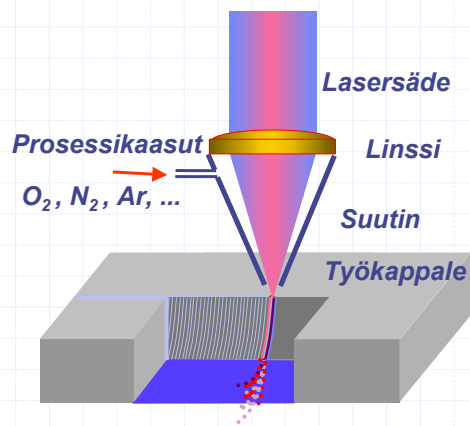
Seuraavassa esitetään laserleikkauksen periaate ja käytettävät prosessit. Laserleikkauksen ominaispiirteistä tarkastellaan mm. seuraavia menetelmän antamia mahdollisuuksia.

- ◆ runsas leikattavien materiaalien määrä
- ◆ muodon vapaus ja valmistuskustannukset
- ◆ valmistustarkkuus
- ◆ säästöt raaka-ainekustannuksissa
- ◆ vähäinen jälkityöstötarve

Lopuksi esitetään laserleikkauksen sovelluksia

Leikkauksen periaate



Lähde: Lasag

Pyyhkäisyelektronimikroskoopi kuvia Nd:YAG laserleikatun metallikappaleen leikkaurailosta. Railon leveys on 0,035 mm.



Leikkausprosessit

Laserleikkausprosessi voidaan toteuttaa kolmella tavalla

- polttoleikkaus (O_2)
- sulatusleikkaus (N_2, Ar)
- höyrystysleikkaus (N_2, Ar)

Leikkausprosessit eroavat toisistaan leikkaurailossa tapahtuvan prosessin ja siinä käytetyn prosessikaasun suhteen.





Laserleikkauksen ominaispiirteet



Laserleikkauksessa voidaan hyödyntää mm. seuraavia ominaisuuksia

- ◆ Voidaan käyttää muotoja lähes vapaasti.
- ◆ Suuri leikkausnopeus, jopa > 10m/min.
- ◆ Kapea leikkausrailo, < 0,5 mm.
- ◆ Pieni lämmöntuonti kappaleeseen.
- ◆ Tarkat muodot.
- ◆ Hyvä pinnanlaatu leikkauspinnassa - ei yl. jälkikäsittelytarvetta.
- ◆ Automatisoitavissa, käytetään yleisesti mm. autoteollisuudessa.
- ◆ Hyvä toistotarkkuus, n. 0,05 mm (riippuen työasemasta).
- ◆ Pienet leikkausvoimat, ei mekaanista kosketusta työkappaleeseen.
- ◆ Sopii monille materiaaleille, joiden työstäminen muilla menetelmillä on vaikeaa.



Laserleikkauksen ominaispiirteet



Joitakin rajoittavia tekijöitä

- 📄 laitteiston hankintakustannukset
- 📄 materiaalien laserleikattavuudessa on eroja
- 📄 lyhyt työstöetäisyys
- 📄 vaaralliset reaktio- ja palamistuotteet (hiukkaset, kaasut ja savut)
- 📄 lasersäteiden aiheuttamat työturvallisuusvaarat
- 📄 korkeasta lämpötilasta johtuvat paloturvallisuusriskit





Laserleikattavat materiaalit



Laserleikattavuuden edellytyksenä on, että:

- ◆ Laservalon on muututtava lämmöksi materiaalin pinnalla (absorptio).
- ◆ Absorptiosta syntyneen lämmön on kyettävä, joko sulattamaan leikattava materiaali (sulaleikkaus) tai pitämään yllä palamisreaktio (polttoleikkaus).
- ◆ Materiaalin sula- ja/tai palamistuotteiden on oltava juoksevuudeltaan sellaisia, että ne kyetään poistamaan leikkausrailosta prosessi- eli leikkauskaasun avulla.
- ◆ Materiaalia voidaan laserleikata myös silloin kun aineella ei ole sulamuotoa, esim. orgaaniset aineet ja keraamit. Tällöin puhutaan sublimaatio- eli höyrystysleikkauksesta.

Edellisestä johtuen käytettävissä olevan laservalon ominaisuudet (lähinnä aallonpituus) ratkaisee sen, mitä materiaalia ko. laserilla voidaan leikata.



Laserleikattavat materiaalit



CO₂- laserlähteen aallonpituus sopii monille materiaaleille, kuten:

- ◆ rakenneteräkset
- ◆ syöpymisenkestävät teräkset
- ◆ alumiiniseokset
- ◆ kupariseokset
- ◆ titaani
- ◆ orgaaniset aineet kuten puu, paperi, tekstiilit, useimmat muovit
myös läpinäkyvät materiaalit kuten PMMA (Pexi-, Acrylglas)



Laserleikattavat materiaalit

Nd:YAG- laserlähteen aallonpituus soveltuu

- ◆ Kaikkien metallien myös jalometallien työstämiseen, määrätyn rajoituksin.
- ◆ Erikoismateriaaleille kuten (alumiinioksidi, alumiininitridi, boorinitridi ja wolframikarbidi), eräin rajoituksin.
- ◆ Ei sovellu läpinäkyville ja orgaanisille materiaaleille.

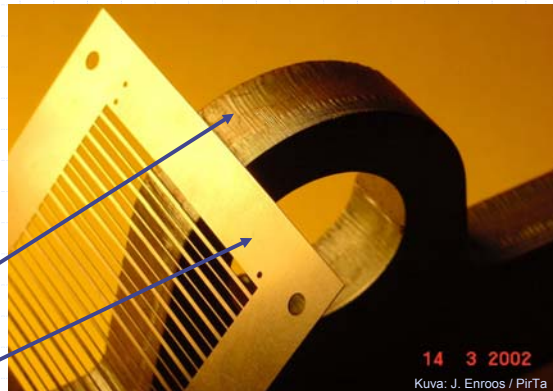


Laserleikattavat ainepaksuudet

Laserleikkausprosessi mahdollistaa sekä paksujen, että ohuiden materiaalien leikkaamisen. Suurimmat edut saavutetaan yleensä ohutlevyjen leikkauksessa.

CO₂- laserleikattu 15 mm paksu levy, S235- teräs

PW Nd:YAG- laserleikattu 0,1 mm paksu levy AISI 316- teräs



14 3 2002
Kuva: J. Enroos / PirTa



Muodon vapaus

Laserleikkauksen geometrialle ei ole rajoituksia - kaikki mikä voidaan esittää viivakuvana voidaan myös ohjelmoida työstöradaksi.



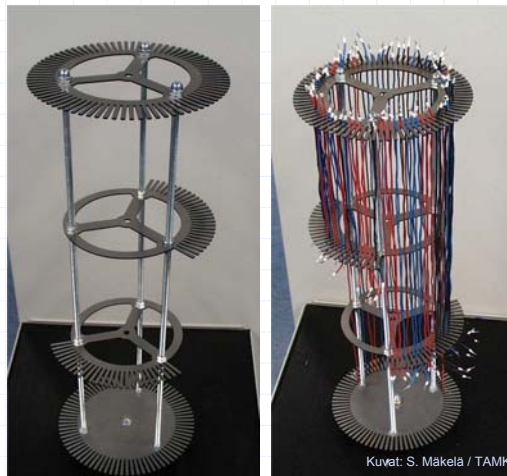
Kuva: J. Enroos / PirTa



Muodon vapaus, säästöt valmistuskustannuksissa

Laserleikkauksella valmistettu johtoteline

- materiaali 2 mm:n rakenneteräslevy
- ulkohalkaisija 220 mm
- leikkauspituus 17,4 m
- leikkausaika 4 min/4 osaa



Kuvat: S. Mäkelä / TAMK



Työstötarkkuus, sovite

CO₂-laserleikkauksen työstötarkkuus on n. 0,1 mm. Kuvan lävistystyökalut on valmistettu laserleikkaamalla. Osien välille tarvittava tarkka sovite on aikaansaatu sädekompensoinnin avulla. Pistimen materiaali on Hardox 400, s= 6 mm ja tyyny karkaistu teräsnauha, s=1,6 mm.



Kuva: J. Enroos / PiTa

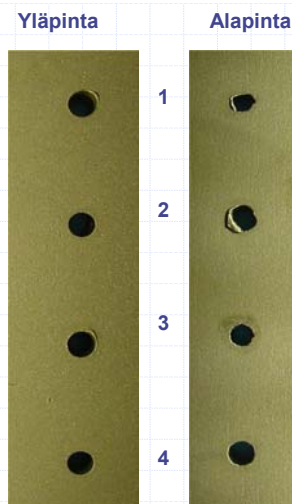


Työstötarkkuus, reiät

Laserleikkauksella saadaan tarkkamittainen ja muotoinen reikä. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että CO₂-laserleikkauksella syntyy ongelmitta halkaisijaltaan aineen paksuuden suuruinen reikä. Tätä pienempien reikien muoto saattaa kärsiä, ellei oteta käyttöön pulssiparametrejä.

Kuvan 8 mm paksuun levyyn on tehty halkaisijaltaan 4 mm:n reikiä erilaisilla parametreilla.

1. normaali lävistys ja leikkaus (jatkuvalle säteellä)
2. pulssi lävistys, normaali leikkaus
3. normaali lävistys, pulssi leikkaus
4. pulssi lävistys ja leikkaus



Kuvat: J. Enroos / PiTa





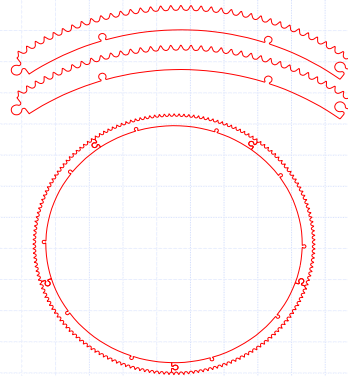
Säästöt raaka-ainekustannuksissa



Laserleikattu hammaskehä

Perinteinen valmistus olisi koneistaminen yhdestä kappaleesta.

Mitä etuja raaka-aineen säästön lisäksi on saavutettu kun osat on valmistettu kuvan mukaisesti laserilla?

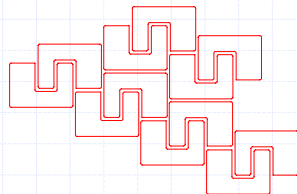


Säästöt raaka-ainekustannuksissa

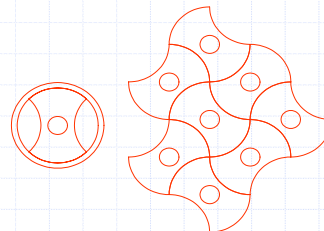


Kappaleen muotoilussa tulee ottaa huomioon raaka-aineen säästömahdollisuudet kun osia sijoitetaan aihiolevylle (nestauksessa).

Muoto voidaan valita sellaiseksi, että voidaan käyttää yhdistettyjä leikkauslinjoja.



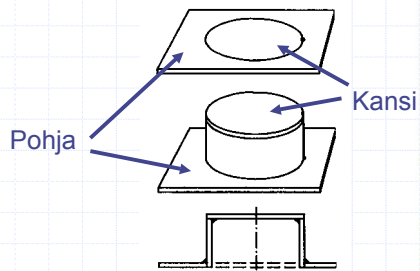
Hihnapyörän keskiö



Säästöt raaka-ainekustannuksissa

Levystä on leikattu kansi sekä pohja kuvan tuotteeseen.
Pulssilävistyksellä aikaansaatu pieni aloitusreikä ja laserleikkauksen kapea railo mahdollistavat molempien osien hyödyntämisen.

Laserleikkauksen mahdollisuudet voidaan hyödyntää parhaiten silloin, kun tuotteen suunnittelussa alusta alkaen huomioidaan laserleikkauksen ominaisuudet.



Leikkauspinta, jälkikäsittelyn tarve

Laserleikattu pinta täyttää vaatimukset yleensä ilman jälkityöstöä.
Laserpolttoleikatusta pinnasta ohut oksidikerros on helposti poistettavissa pintakäsittelyn niin vaatiessa. Sulaleikattu pinta on täysin oksidivapaa.



Laserleikkauksen sovelluksia

Laserleikkauksen sovelluksia löytyy lähes kaikilta teollisuuden aloilta. Erityisesti teollisuudesta, jossa tuotantovolyymit ovat suuria kuten kuljetusväline-teollisuudessa.

Auton korinvalmistuksessa hyödynnetään ns. räätälöityjä korilevyaihoita. Niiden valmistus tapahtuu laserleikkauksen ja -hitsauksen avulla.

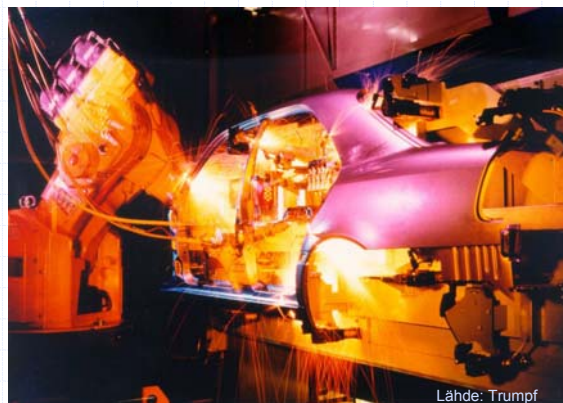


Rofin-Sinar Laser GmbH:n ja Thyssen Laser-Technik GmbH:n luvalla



3D- laserleikkaus

Muovattujen levyosien rajaus laserleikkauksella antaa mahdollisuuden valmistaa tarkkamuotoisia osia, joiden kokoonpano voidaan suorittaa laserhitsauksella.



Lähde: Trumpf



Suurteho Nd:YAG laserleikkaus

Autoteollisuus käyttää runsaasti vesipainemuovattuja ohutlevyosia, joiden rajaus tehdään valokuidulla siirretyn Nd:YAG- lasersäteen ja robotin avulla.



Lähde: Trumpf



Chervoletin pick-up:n laserleikkaamalla rajattu runkopalkisto



Suurten levyjen CO₂-laserleikkaus



Kuva: Tanaka

Laivanrakennusteollisuus käyttää suuria levyaihoita, joista valmistetaan laserleikkauksella tarkkamittaisia, automatisoituun muovaukseen ja kokoonpanohitsaukseen sopivia levyosia.

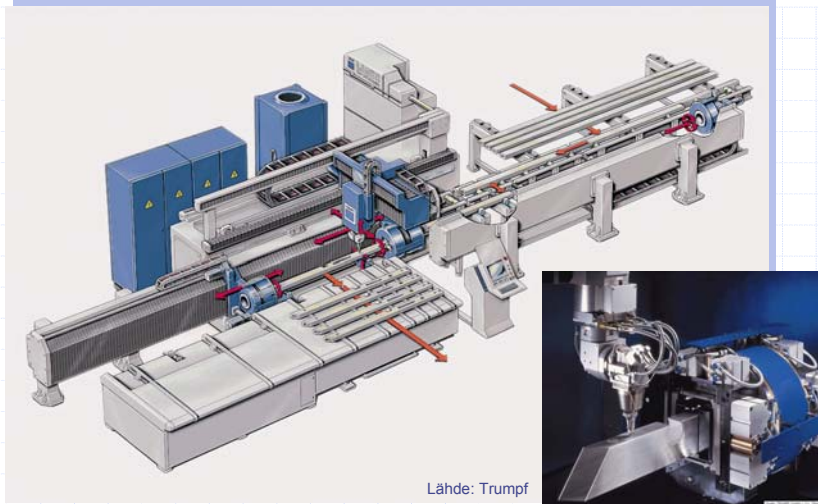
Laitevalmistaja Tanaka,
Lasertehot 3,5-6 kW, CO₂
Levynpaksuus max. 40 mm

Työalue (pituus rajaton),
esim. 5,5 x 50 m

Mahdollisuus sijoittaa useita laiteyksiköitä samalle kiskolle.



Putkenleikkaus CO₂-laserilla



Lähde: Trumpf



Laserleikkauksen edut

Laserleikkauksen edut voidaan hyödyntää parhaiten silloin, kun tuotteen suunnittelussa alusta alkaen huomioidaan laserleikkauksen antamat mahdollisuudet. Laserleikkauksen hyödyntämisessä ja sen kehittämisessä tuotesuunnittelijat ovat avainasemassa. Heidän tulisi perehtyä perusteellisesti ja ennakkoluulottomasti lasertyöstön antamiin mahdollisuuksiin.

Suurimmat innovaatiot menetelmän hyödyntämisessä ovat todennäköisesti vielä tekemättä.

