

# LASERMEISTER

## bodor



KIUDLASERI LÕIKAMISPROTSESSI PÕHIMÕTTED JA LÕIKEVIGADE  
DEFEKTEERIMINE

Koostas: Aleksander Tomas Vassiljev

Lasermeister OÜ

Versiooni number:1.2.03

Kuupäev: 25.01.2023

# 1. LASERTÖÖTLUSE PÕHIMÕTE

Laserlõikamine on täiustatud lõikamisprotsess, mida kasutatakse laialdaselt erinevate materjalide töötlemisel. Suure energiatihedusega laserkiir võetakse kasutusele „lõikeriistana“, et viia läbi materjalide termiline lõikamisprotsess. Laserlõikamise tehnoloogia on kasutusele võetud erinevate metallide ning mittemetallist leht- ja komposiitmaterjalide lõikamiseks, mida kasutatakse paljudes valdkondades. Laserlõikamine tähendab fokuseeritud laserkiire kasutamist materjalide sulatamiseks ja eemaldamiseks. Laserlõikamine on üks kuumlõikamise meetoditest nagu oksüatsetüleeni ja plasmalõikuse.

Tööstuses on kasutuses laialdaselt erineva tehnoloogiaga lasereid vastavalt sellele, millist materjali on vaja töödelda. Metallide lõikamiseks kasutatakse tänapäeval diodpumbatud pooljuht lasereid (DPSSL) lainepikkuse vahemikus 1060-1080 nm, mille optiline energia juhitakse lõikepeani optilist kiudu mööda. Põhilised eelised vanema, CO<sub>2</sub> tehnoloogial põhinevate laserite ees on lihtsustatud optiline süsteem (puuduvad peeglid), suurem töökindlus, oluliselt madalam energia kadu ja kõrgem efektiivsus.

## 2. LASERTÖÖTLUSE PEAMISED REŽIIMID

### 2.1 Sulatav lõikamine

Lasersulatuslõikamine viitab kuumuse kasutamisele metallmaterjalide sulatamiseks ja mitteoksüdeeriva gaasi ( $N_2$ , õhk jne) puhumisele läbi düüsi valguskiirega samal teljel ja vedela metalli kõrvaldamisele sõltuvalt tugevast laserrõhust, et moodustada lõikepilu (*kerf*).

Lasersulatuslõikust kasutatakse peamiselt materjalide raskesti lõigatavatel või reaktiivsetel materjalidel, sealhulgas roostevaba teras, titaan, alumiinium ja nende sulamid.

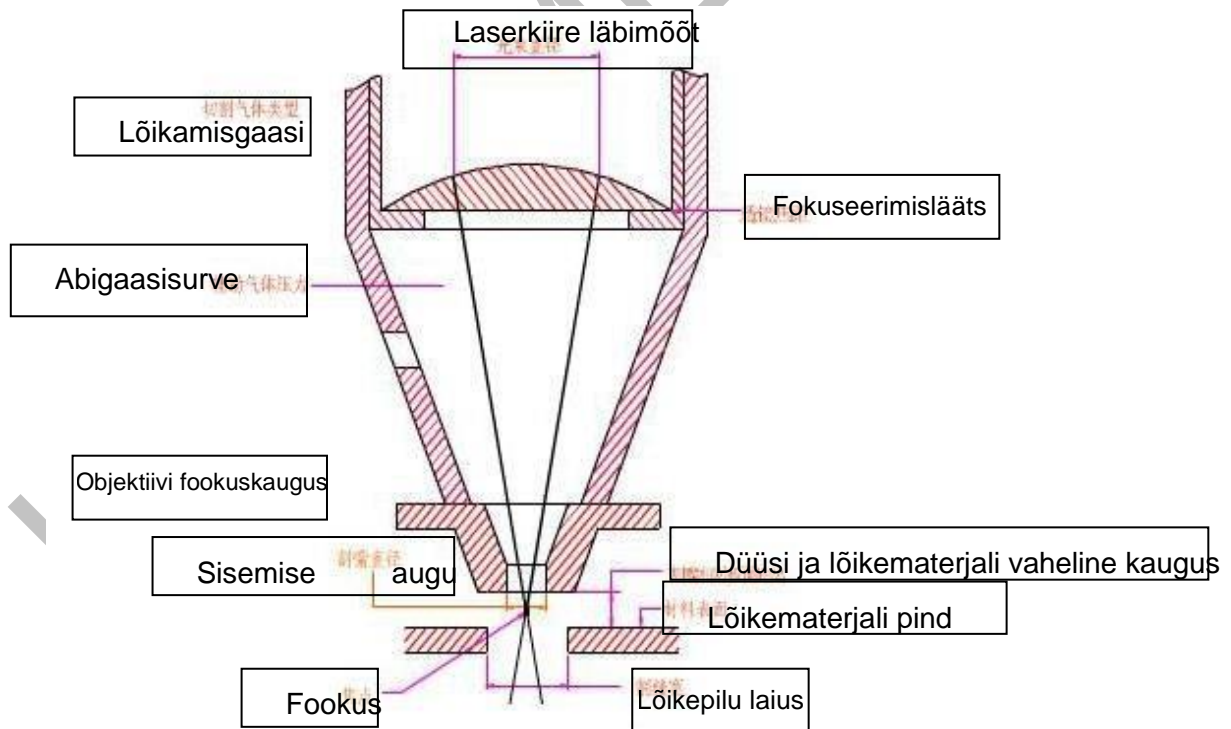
### 2.2 Hapnikuga lõikamine

Laserhapniku lõikamise põhimõtted on sarnased oksüatsetüleeni lõikamisega, mille puhul kasutatakse laserit eelsoojendatud kütteallikana ning hapnikku ja muid aktiivseid gaase saab kasutada abigaasina. Ühelt poolt oksüdeerub väljutatav gaas metalliga, vabastades rikkaliku oksüdatsioonisoojuse. Teisest küljest puhutakse sulatatud oksiid ja sulatis reaktsioonipiirkonnast välja ning lõikepilu (*kerf*) moodustub metallis.

Laserhapniku lõikamist kasutatakse peamiselt kergesti oksüdeeritavate metallmaterjalide, näiteks süsinikterase jaoks. Seda saab kasutada ka selliste materjalide töötlemiseks nagu roostevaba teras, kuid selle tulemuseks on must ja töötlemata ristlõige, mille lõike maksumus on samas madalam kui inertsil gaasil.

### 3. PEAMISED LASERLÖIKAMISE EFEKTI MÕJUTAVAD TEGURID

- ❖ Laseri võimsus
- ❖ Fookuskaugus
- ❖ Düüsi kõrgus
- ❖ Düüsi läbimõõt
- ❖ Abigaas
- ❖ Abigaasi puhtus
- ❖ Abigaasi vool
- ❖ Abigaasirõhk
- ❖ Lõikamise kiirus
- ❖ Lõikeplaadi tekstuur
- ❖ Lõikeplaadi pinnakvaliteet (näiteks rooste, plekid jne)
- ❖ Lõikamisega seotud töötlemisparameetrid, nagu allpool näidatud (Joonis 1):

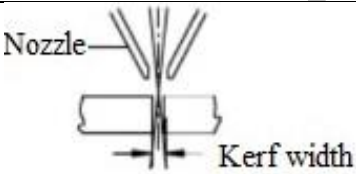
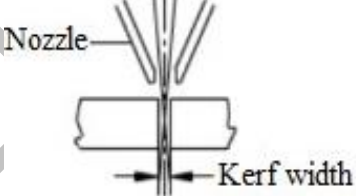
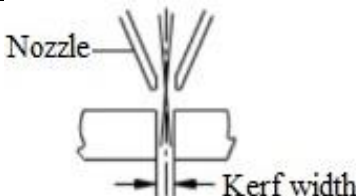


Joonis 1 Lõikamisega seotud töötlemisparameetrid

### 3.1 Fookuskaugus

Peale laserkiire fokuseerimist nimetatakse fookuskauguseks asendit, kus asub fookus võrreldes töötlemismaterjali pinnaga. Fookuskaugus määrab ava läbimõõdu, võimsustiheduse töödeldava detaili pinnal ning löike kuju. Laserlõikuse ajal on kiire fookuse ja lehtmaterjali pinna lõikamise suhtelisel asukohal suur mõju lõikamise kvaliteedile ning väga oluline on reguleerida fookusasendit. Tänapäevased laserlõikusmasinad on varustatud suure täpsusega automaatse järelreguleerimise seadmega. Numbriline juhtimissüsteem reguleerib plaadi kõrguse muutmisel automaatselt düüsi all oleva sektsiooni kaugust lehtmaterlist, et tagada pidev kõrgus düüsist plaadi pinnani ja fookuse püsiv asend.

Tabel 1 Fookusasendi ning löike vaheline seos

Fookuse positsioon	Skeem	Märkused
<p><u>Null fookus</u></p> <p>Fookuskaugus asub täpselt materjali pinna peal</p>		<p>Süsinikterase lõikuseks kuni 3mm.</p> <p>Pealispind on ühtlane, alumine lõikepilu on laiem ja ebaühtlasem.</p>
<p><u>Negatiivne fookus</u></p> <p>Fookuskaugus asub allpool materjali pinda</p>		<p>Roostevaba terase lõikuseks.</p> <p>Kõrgsurve N<sub>2</sub> eemaldab rebu. Mida paksem on materjal, seda laiem on lõikepilu.</p>
<p><u>Positiivne fookus</u></p> <p>Fookuskaugus asub pealpool materjali pinda</p>		<p>Üle 3mm süsinikterase lõikuseks.</p> <p>Võrreldes null fookusega, on lõikepilu laiem, O<sub>2</sub> vool on tugevam ja läbistusaeg pikem.</p>

## 3.2 Düüside tüübid ja funktsioonid

Õhuvoolu seisund on erinev sõltuvalt düüside konstruktsioonist, mis mõjutab otseselt lõikamiskvaliteeti.

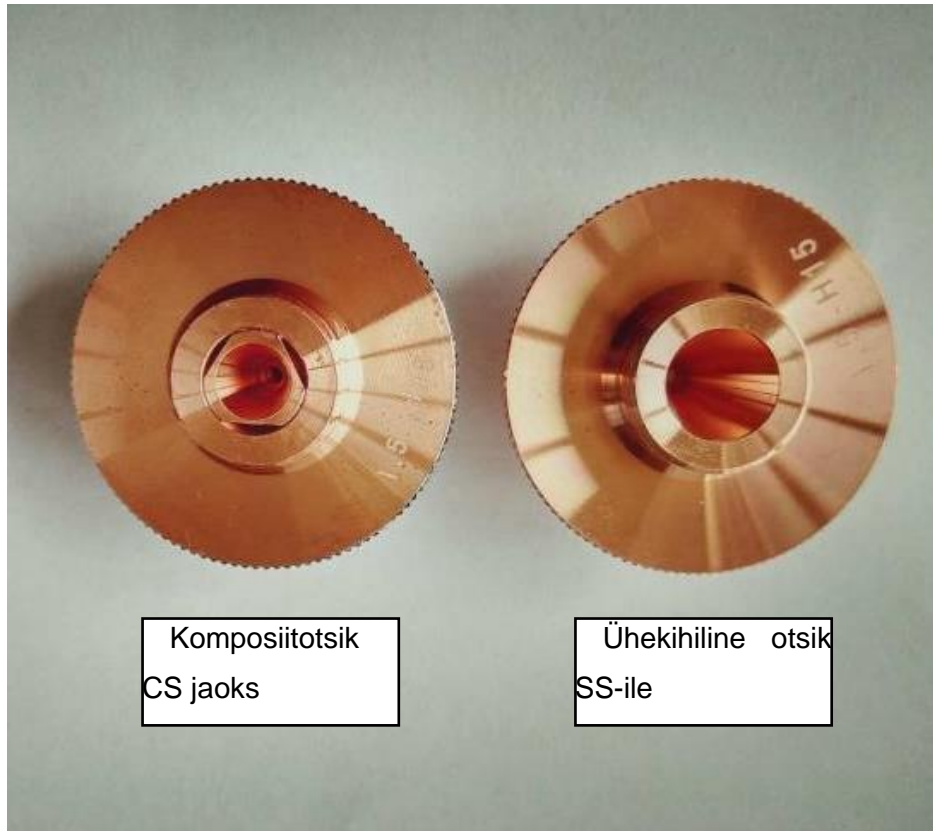
Düüsi põhifunktsioonid on järgmised:

- a) Vältida selliseid osakesi nagu tolm või räbu, põrkumist ülespoole ja kaitseklaasi või läätse kahjustamist.
- b) Düüs aitab tõsta abigaasi rõhku ja kõrgema kvaliteedi saavutamiseks kontrollida lõike piirkonda ja suurust.

### 3.2.1 Düüside mõju lõikamiskvaliteedile ja düüside valikule

- a) Düüside kvaliteet: Düüsi lõikamiskvaliteeti mõjutab see, kui düüsil on deformatsioone või metalli jääke. Seetõttu tuleb düüsi perioodiliselt kontrollida ja hoolikalt vahetada. Düüsil olev jääk tuleb õigeaegselt puhastada. Düüside tootmiseks on vaja suuremat täpsusnõuet ja madala kvaliteediga otsikuid peab tihti vahetama. Kasutama peaks tootja poolt määratud originaalotsikuid.
- b) Düüsi valik: Üldiselt, kui düüsi läbimõõt on väike, on gaasi kiirus suur ja sulanud materjalide kõrvaldamise võime on tugev. Õhukese plaadi lõikamiseks sobivad väikese läbimõõduga düüsid, mille abil on võimalik saavutada kitsas lõikepilu (*kerf*). Kui düüsi läbimõõt on suur, on gaasi kiirus madal ja sulanud materjalide eemaldamise võimed halvad. Suure läbimõõduga düüsid sobivad paksu plaadi lõikamiseks väikese kiirusega. Kui õhukese lehe kiireks lõikamiseks kasutatakse suurema läbimõõduga otsikut, võib toodetud räbu pritsida ülespoole, kahjustades nii kaitseklaasi.

Lisaks saab düüsid jagada komposiit- ja ühekihilisteks düüsideks (nagu on näidatud alloleval Joonis 2). Komposiitotsikut kasutatakse tavaliselt süsinikterase lõikamiseks ja ühekihilist otsikut kasutatakse roostevabast terasest lõikamiseks.



Joonis 2 Ühekihiline otsik ja komposiitotsik

Tabel 2 Düüside valik vastavalt materjali omadustele

Materjali spetsifikatsioon	Materjali paksus	Düüsi tüüp	Düüsi spetsifikatsioon
CS	Alla 3mm	Kahe kanaliga komposiitotsik	Ø 1.0
	3...12mm		Ø 1.5
	Üle 12mm		Ø 2.0 või suurem
SS	1 mm	Ühekihiline otsik	Ø 1.0
	2...3 mm		Ø 1.5
	3...5 mm		Ø 2.0
	Üle 5mm		Ø 3.0 või suurem

Selle tabeli andmetes võib esineda erinevusi materjali ja gaasi töötlemise mõju tõttu.

### 3.3 Lõikamise abigaas ja gaasirõhk

Abilõikamisgaasi tüübi ja gaasirõhu valimisel tuleks kaaluda mitmeid allpool toodud aspekte:

- Üldiselt kasutatakse hapnikku tavalise CS lõikamiseks ja läbistamiseks (*pierce*) madala rõhuga.
- Üldiselt kasutatakse kõrgsurve õhku õhukese CS, SS ja mittemetallist materjali lõikamiseks.
- Üldiselt kasutatakse lämmastikku SS-i lõikamiseks.
- Mida kõrgem on gaasi puhtus, seda parem on lõikamiskvaliteet. Gaasi puhtus üle 99,8% CS-i lõikamisel ja lämmastiku puhtus üle 99,6% SS-i lõikamisel, seda siledam on lõikepind.
- Sobilik rõhk lõikamisel N<sub>2</sub> või kõrgsurverõhuga minimaalselt 18 bar.
- Sobilik rõhk lõikamisel O<sub>2</sub> gaasiga minimaalselt 4 bar.



### 3.3.1 Lõikamisgaasi mõju lõikamisefektile

- a) Gaas on kasulik soojuse hajutamiseks, räbu eemaldamiseks, lõikepinna kvaliteedi parandamiseks.
- b) Kui gaas on ebapiisav:
  - a. lõikepinnal tekib sulav räbu.
  - b. lõikamine ei saa kiirenedada ja efektiivsus on mõjutatud.
- c) Kui lõikegaasi rõhk ja vool on liiga kõrge:
  - a. lõikepind kare ja lõikepilu (*kerf*) laiem.
  - b. sulab lõikepind ja lõikamisefekt pole hea.

### 3.3.2 Gaasi lõikamise mõju läbistamisele

- a) Kui gaasirõhk on liiga madal, ei ole läbistamist (*pierce*) lihtne saavutada ja see maksab rohkem aega.
- b) Kui gaasirõhk on liiga kõrge, siis läbistamispunkt sulab ja muutub suuremaks sulatusavaks. Õhukese plaadi jaoks kasutage augustamiseks kõrget gaasirõhku ja paksu plaadi jaoks madalat gaasirõhku.

Kokkuvõttes tuleks lõikegaasi tüübi ja rõhu valikut kohandada vastavalt tegelikule olukorrale ning erinevates olukordades kasutatada erinevaid lõikeparameetreid.

## 3.4 Lõikamise kiirus

Lõikekiiruse valik varieerub sõltuvalt tekstuurist ja lõikeplaadi paksusest ning erinev lõikekiirus avaldab laserlõikuskvaliteedile suurt mõju. Lõikamiskiiruse õige valik mitte ainult ei paranda lõikamise efektiivsust, vaid võib saavutada ka hea lõikamiskvaliteedi. Lõikamiskiiruse mõju lõikekvaliteedile on käsitletud järgnevalt.

### 3.4.1 Liiga kiire lõikekiiruse mõju lõikekvaliteedile

Liiga kiire lõikamiskiirus võib põhjustada sädemete pritsimise läbilõikamata materjali nähtuse puhul. Mõned lõikematerjali osad on läbi lõigatud, mõned aga mitte.

Nagu alloleval Joonis 3 näidatud, põhjustab liiga kiire lõikamine lõikepilu servadel kiire lohisemise. Lõige on ära kaldunud ning alumises pooles tekib räbu, sest laserkiir ei jõua plaati õigeaegselt läbi lõigata.



Joonis 3 Liige kiire lõikekiiruse puhul jääv servakvaliteet

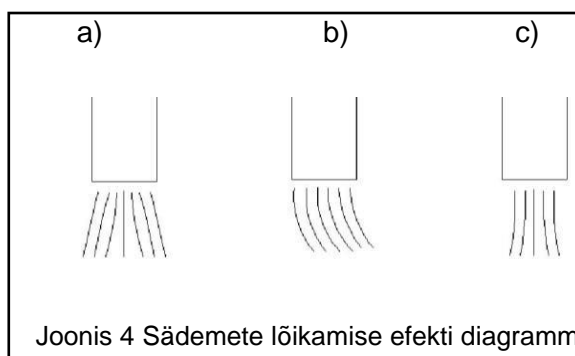
### 3.4.2 Liiga väikese lõikekiiruse mõju lõikekvaliteedile

Liiga aeglane lõikamiskiirus põhjustab plaadi sulamise ja lõikepind on väga kare, lõikeriist muutub vastavalt laiemaks ning väike ümar nurk või terav nurgakoht sulab ega suuda lõpuks ideaalset lõikeefekti saavutada. Aeglane lõikamiskiirus vähendab ka lõikamise efektiivsust.

## 3.5 Õige lõikamiskiiruse valik

Lõikamiskiirust saab hinnata lõikesädemete järgi, sädemed hajuvad tavalisel lõikamisel ülalt alla ja kui kiirus on liiga suur, siis sädemed kalgendumad; Kui sädemeid ei hajutata, vaid kogutakse kokku, näitab see, et söötmiskiirus on liiga madal. Nagu on näidatud järgmisel Joonis 4, on õige lõikekiirusega lõikepinnal stabiilsed jooned ja alumises pooles ei teki räbu.

- a) Sädemed hajuvad ülevalt alla
- b) Sädemed kallutavad, liiga kiire kiirus
- c) Ei tekita difusiooni, liiga aeglane kiirus



### 3.6 Lõikamisvõimsus

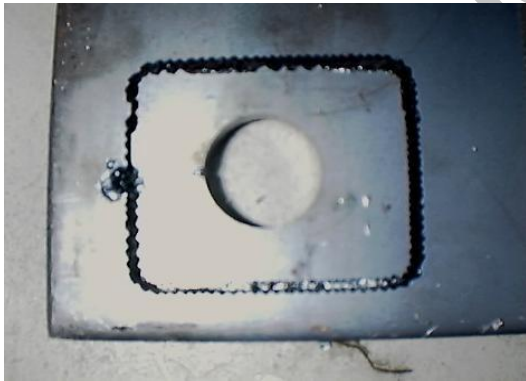
Erinevatel laseritel on erinev mõju lõikekvaliteedile, lõikevõimsuse valik määratakse vastavalt plaadi tekstuurile ja paksusele, liiga suur või liiga väike laservõimsus ei võimalda saavutada head lõikepinda.

a)



Joonis 5 Plaati ei saa läbi lõigata, kui võimsus on liiga väike

b)



Joonis 6 Kui laseri võimsus on seatud liiga kõrgele, sulatatakse lõikepind ja lõikepilu on väga suurega suuda saavutada head lõikekvaliteeti

c)



Joonis 7 Kui laseri võimsus on valitud korrekselt, on lõikepind pehme ja sile







LASERMEISTER

## 4. KORREKTNE LÖIKEMISEFEKT 3KW KIUDLASERIL

Tabel 3 Lõikamisefektid 3kW kiudlaseri puhul

Materjal	Paksus mm	Abigaas N <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>	Tulemus	Kirjeldus
CS(Q235)	1	O <sub>2</sub>		Hele lõikepind ja põhjas ei ole räbu.
CS(Q235)	2	O <sub>2</sub>		Hele lõikepind ja põhjas ei ole räbu.
CS(Q235)	3	O <sub>2</sub>		Hele lõikepind ja põhjas ei ole räbu.
CS(Q235)	6	O <sub>2</sub>		Hele lõikepind ja põhjas ei ole räbu.
CS(Q235)	8	O <sub>2</sub>		Hele lõikepind ja põhjas ei ole räbu.
CS(Q235)	10	O <sub>2</sub>		Sile lõikepind väikeste lainetega , põhjas pole räbu.

Materjal	Paksus mm	Abigaas N <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>	Tulemus	Kirjeldus
CS(Q235)	12	O <sub>2</sub>		Peene faktuuriga pind, põhjas ei ole räbu
CS(Q235)	14	O <sub>2</sub>		Peene faktuuriga pind, põhjas ei ole räbu, kitsenev alla 1°
CS(Q235)	16	O <sub>2</sub>		Peene faktuuriga pind, põhjas ei ole räbu, kitsenev alla 1°
CS(Q235)	18	O <sub>2</sub>		Kerged lained löikepinnal, põhjas ei ole räbu, kitsenemine alla 1°
CS(Q235)	20	O <sub>2</sub>		Kerged lained löikepinnal, põhjas ei ole räbu, kitsenemine alla 2°
SS(201)	1	N <sub>2</sub>		Peen ja sile löikepind, põhjas pole räbu
SS(201)	2	N <sub>2</sub>		Peen ja sile löikepind, põhjas pole räbu

Materjal	Paksus mm	Abigaas N <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>	Tulemus	Kirjeldus
SS(201)	3	N <sub>2</sub>		Sile lõikepind ja põhi ilma räbuta
SS(201)	4	N <sub>2</sub>		Sile lõikepind ja põhi ilma räbuta
SS(201)	6	N <sub>2</sub>		Sile lõikepind ja põhi ilma räbuta
SS(201)	8	N <sub>2</sub>		Põhjas pole nähtav räbu
LV	1~8	N <sub>2</sub>		Sile lõikepind ja pehme räbu, mida saab eemaldada, või kerged kõvad räbud põhjas
CU	1~6	N <sub>2</sub>		Sile lõikepind ja põhjas ei ole räbu

## 5. DETAILIDE KVALITEEDIANALÜÜS HAPNIKUGA LÕIKAMISEL

Tabel 4 Hapnikuga lõikamise analüüs

Pildi näidis	Võimalik põhjus	Lahendus
	<p>Läätse keskpunkt ei ole kontsentriline</p> <p>Düüsi väljapääs on blokeeritud või mitte ümmargune</p> <p>Optiline tee ei ole õige</p>	<p>Kontrollige läätse keskpunkti</p> <p>Joondage laserkiir düüsi avaga kontsentriliseks</p> <p>Kontrollige düüsi olekut</p> <p>Kontrollige optilist teed</p>
 <p>too wide cutting kerf</p>	<p>Liiga kõrge rõhk</p> <p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Liiga suur võimsus</p> <p>Materjali halb kvaliteet</p>	<p>Vähendage rõhku 0,1 bar inkremendiga</p> <p>Vähendage fookust 0,2 mm inkremendiga</p> <p>Vähendage võimsust</p> <p>Kontrollige objektiivi fookust</p>
 <p>blue plasma, didn't cut through</p>	<p>Väike võimsus</p> <p>Suur kiirus</p> <p>Madal abigaasi rõhk</p>	<p>Suurendage võimsust</p> <p>Vähendage kiirust</p> <p>Suurendage rõhku</p>
 <p>lines skewing and kerf wider on bottom</p>	<p>Liiga suur kiirus</p> <p>Väike võimsus</p> <p>Liiga madal rõhk</p>	<p>Vähendage kiirust</p> <p>Suurendage töötüklit 5-10% inkremendiga</p> <p>Suurendage võimsust 100W inkremendiga</p>



Pildi näidis	Võimalik põhjus	Lahendus
		Suurendage rõhku samm-sammult 0,1 bar inkremendiga
 <p>craters occur</p>	<p>Liiga kõrge rõhk</p> <p>Liiga madal etteandekiirus</p> <p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Rooste lõikeplaadi pinnal</p> <p>Ülekuumenenud materjal</p> <p>Ebapuhas materjal</p>	<p>Vähendage rõhku</p> <p>Suurendage etteande kiirust</p> <p>Alandage fookuspunkti</p> <p>Kasutage kvaliteetset materjali</p>
 <p>extremely rough appearance</p>	<p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Liiga kõrge rõhk</p> <p>Liiga aeglane etteandekiirus</p> <p>Ülekuumenenud materjal</p>	<p>Tooge fookuspunkti madalamale</p> <p>Alandage rõhku</p> <p>Suurendage etteande kiirust</p> <p>Jahutage materjal</p>
 <p>tough burr on bottom</p>	<p>Liiga suur etteandekiirus</p> <p>Liiga madal rõhk</p> <p>Ebapuhas gaas</p> <p>Liiga kõrge fookus</p>	<p>Aeglustage etteandekiirust</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Kasutage puhtamat gaasi</p> <p>Alandage fookuspunkti</p>
 <p>first half smooth, second half rough</p>	<p>Liiga kõrge fookus</p>	<p>Tooge fookuspunkti madalamale</p>






## 6. DETAILIDE KVALITEEDIANALÜÜS LÄMMASTIKUGA LÕIKAMISEL


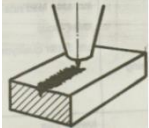

Tabel 5 Lämmastikuga lõikamise analüüs

Pildi näidis	Võimalik põhjus	Lahendus
	<p>Liiga suur kiirus</p> <p>Liiga madal fookus</p> <p>Liiga väike võimsus</p>	<p>Vähendage kiirust</p> <p>Suurendage võimsust</p>
 irregular burr occurs only on one side	<p>Laserkiir ei ole düüsi avaga kontsentiline</p> <p>Düüsi sisemine ava ei ole ümmargune</p> <p>Optiline tee ei ole puhas</p>	<p>Joondage laserkiir düüsi avaga kontsentriliseks</p> <p>Kontrollige düüsi olekut</p> <p>Kontrollige optilist teed</p>
 rough cutting effect	<p>Liiga väike võimsus</p> <p>Liiga madal fookus</p>	<p>Suurendage võimsust</p> <p>Tõstke fookust 0,1 mm inkremendiga</p>
 threadlike burr on bottom	<p>Liiga madal etteandekiirus</p> <p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Ülekuumenenud materjal</p>	<p>Suurendage etteande kiirust</p> <p>Alandage fookus punkti</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Jahutage materjali</p>
	<p>Ebapuhas lämmastik</p> <p>Hapniku või õhu segu gaasitorus</p>	<p>Kontrollige lämmastiku puhtust</p> <p>Gaasitoru puhastamiseks ja gaasikontuuri kontrollimiseks pikendage viivitusaega.</p>




## 7. LÕIKAMISE DEFEKTIDE TÕRKEOTSING

Tabel 6 Konstruksiooniteras: lõigatud O<sub>2</sub>-ga

Defekt	Võimalik põhjus	Lahendus
<p>Ei mingit räbu; ühtlase laiusega lõikepilu</p> 	<p>Sobiv võimsus</p> <p>Õige lõikekiirus</p>	
<p>Esijoone suur nihe allosas, laiem lõikepilu (<i>kerf</i>) allosas</p> 	<p>Liiga kiire lõikekiirus</p> <p>Liiga väike lõikevõimsus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Liiga kõrge fookus</p>	<p>Vähendage lõikamiskiirust</p> <p>Suurendage lõikamisvõimsust</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Alandage fookuspunkti</p>
<p>Tilgakujuline puru allosas, tuntav, räbu mida on lihtne eemaldada</p> 	<p>Liiga kiire lõikekiirus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Liiga kõrge fookus</p>	<p>Vähendage lõikamiskiirust</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Alandage fookus punkt</p>
<p>Põhjast ühest tükist eemaldatav metallist puru</p> 	<p>Liiga kõrge fookus</p>	<p>Alandage fookus punkt</p>
<p>Põhjast raskesti eemaldatav metallist puru</p> 	<p>Liiga kiire lõikekiirus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Ebapuhas gaas</p>	<p>Vähendage lõikamiskiirust</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Kasutage puhtamat gaasi</p>

Defekt	Võimalik põhjus	Lahendus
	Liiga kõrge fookus	Alandage fookus punkt
Põleb ainult ühel küljel 	Ebakontsentiline laser Defektid ilmnevad düüsi otsas	Joondage laserkiir düüsi avaga kontsentriliseks Vahetage otsik
Materjal väljub ülevalt poolt 	Liiga väike võimsus Liiga kiire löikekiirus	Suurendage võimsust Vähendage löikamiskiirust
Ebatäpne löikepind 	Liiga kõrge gaasirõhk Düüs on kahjustatud Liiga suure läbimõõduga otsik Kehv või ebaühtlane materjal	Vähendage gaasirõhku Vahetage otsik välja Paigaldage õige otsik Kasutage sileda ja ühtlase pinnaga materjali

Tabel 7 Roostevaba teras: lõigatud N<sub>2</sub> poolt kõrge rõhu all

Defekt	Võimalik põhjus	Lahendus
<p>Tilgakujuline, peen ja korrapärane räbu</p> 	<p>Liiga madal fookus</p> <p>Liiga kiire lõikekiirus</p>	<p>Tõstke fookust</p> <p>Vähendage lõikamiskiirust</p>
<p>Mõlemalt poolt leidub ebakorrapäraseid hõõgniidikujulisi sulanud jääke; suurte lehtmaterjali värvimuutuste pind</p> 	<p>Liiga madal lõikamiskiirus</p> <p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Ülekuumenenud materjal</p>	<p>Suurendage lõikamiskiirust</p> <p>Alandage fookuspunkti</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Jahutage materjali</p>
<p>Pikad ja ebakorrapäraseid defektid on ühel pool lõikepilul</p> 	<p>Mitte kontsentiline laserkiir</p> <p>Liiga kõrge fookus</p> <p>Liiga madal gaasirõhk</p> <p>Liiga väike kiirus</p>	<p>Joondage laserkiir düüsi avaga kontsentriliseks</p> <p>Alandage fookuspunkti</p> <p>Suurendage gaasirõhku</p> <p>Suurendage kiirust</p>
<p>Lõikeserv on kollane</p>	<p>Ebapuhtused lämmastikus</p>	<p>Kasutage kvaliteetset lämmastikku</p>
<p>Laserkiir hakkab alguses hajuma</p>	<p>Liiga suur kiirendus</p> <p>Liiga madal fookus</p> <p>Sulatatud materjale ei eemaldata</p>	<p>Vähendage kiirendust</p> <p>Tõstke fookust</p> <p>Lisage läbistamise operatsiooni</p>
<p>Ebaühtlase kvaliteediga lõige</p>	<p>Otsik on kahjustatud</p> <p>Määrduvad kaitseklaasid</p> <p>Määrduvad läätsed</p>	<p>Vahetage otsik välja</p> <p>Vahetage kaitseklaasid</p> <p>Vajadusel asendage läätsed</p>

## 8. TÄIENDAV TÕRKEOTSING LÕIGATES ROOSTEVABA TERAST, TSINGITUD TERAST, ALUMIINIUMI JA MESSINGUT

Tabel 8 Roostevabast terasest, tsingitud terasest, alumiiniumoksiidist ja messingist lõikamine

Laserlõikamise kvaliteedi probleemid	Võimalikud põhjused	Lahendused
Lõikelõikepilul on väikesed tilgutikujulised korrapärased materjali jäägid	1) Laserfookuse asend on liiga madal. 2) Lõikamiskiirus on liiga suur. 3) Laseri võimsus on liiga madal.	1) Tõstke laserfookuse asendit. 2) Vähendage lõikamiskiirust. 3) Suurendage laseri võimsust.
Lõikepilu mõlemal küljel on pikk ebakorrapärane räbu ja metallpinnal on värvimuutus	1) Lõikamiskiirus on liiga aeglane. 2) Laserfookuse asend on liiga kõrge. 3) Õhurõhk on liiga madal. 4) Materjal on liiga kuum. 5) Ülekandesüsteem ei ole stabiilne.	1) Suurendage lõikamiskiirust. 2) Langetage laserfookuse asendit. 3) Suurendage õhurõhku. 4) Jahutage materjal. 5) Kontrollige ja reguleerige ülekandesüsteemi.
Lõikeõmbluse ühel küljel on pikk ja ebakorrapärane puru	1) Otsik ei ole joondatud. 2) Laserfookuse asend on liiga kõrge. 3) Õhurõhk on liiga madal. 4) Lõikamiskiirus on liiga aeglane. 5) Fokuseerimisläätse keskasend on nihkes. 6) Otsik on osaliselt blokeeritud või kahjustatud. 7) Optiline komponent on saastunud või kahjustatud.	1) Kontrollige ja reguleerige otsikut. 2) Langetage laserfookuse asendit. 3) Suurendage õhurõhku. 4) Suurendage lõikamiskiirust. 5) Kontrollige ja reguleerige läätse keskasendit. 6) Puhastage või vahetage otsik välja. 7) Puhastage või vahetage optilised komponendid.
Sulanud materjal tühjendatakse materjali ülemisest otsast	1) Laseri võimsus on liiga madal. 2) Lõikamiskiirus on liiga suur. 3) Õhurõhk on liiga kõrge.	1) Suurendage laseri võimsust. 2) Vähendage lõikamiskiirust. 3) Vähendage õhurõhku.

Laserlõikamise kvaliteedi probleemid	Võimalikud põhjused	Lahendused
		Märge: Kontrollige kindlasti, kas kaitseklaas või laserfookuse lääts on kahjustatud ja vajadusel asendage uuega.
Lõikeserv muutub kollaseks	1) Abigaas ei ole puhas. 2) Õhutorud on saastunud.	1) Kontrollige lämmastiku puhtust, kasutage kõrge puhtusastmega lämmastikgaasi. 2) Suurendage õhutoru puhastamise viivitust.
Lõikeõmblus on kare	1) Otsik on kahjustatud. 2) Kaitseklaas on saastunud. 3) Lääts on saastunud.	1) Kontrollige või vahetage otsik välja. 2) Puhastage või vahetage optilised komponendid välja.

## 9. SÜSINIKTERASE LÕIKAMISE TÄIENDAV TÕRKEOTSING

Tabel 9 Süsinikterasest laserlõikamise probleemid ja lahendused

Laserlõikamise kvaliteedi probleemid	Võimalikud põhjused	Lahendused
Ümmarguse kuju lõikamisel ei ole valmis detail ümmargune	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Läätse kontsentrilisus ei ole õige.</li> <li>2) Düüs on blokeeritud või kahjustatud.</li> <li>3) Laseri tee ei ole joonduses.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Joondage laserkiir düüsi avaga kontsentriliseks</li> <li>2) Kontrollige või vahetage düüs.</li> <li>3) Kontrollige ja reguleerige laseri teed.</li> </ol>
Valmis toorikul on lõikeasendis tühimik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Augustamisprotsess on liiga pikk.</li> <li>2) Kuumus on lõikamise ajal liiga kõrge.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lühendage augustamisaega.</li> <li>2) Vähendage töotsükli ja jahutage materjal.</li> </ol>
Allosas olev veojoon on nihkes ja alumine lõikepilu on laiem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lõikamiskiirus on liiga suur.</li> <li>2) Laseri võimsus on liiga madal.</li> <li>3) Õhurõhk on liiga madal.</li> <li>4) Laserfookuse asend on liiga kõrge.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Vähendage lõikamiskiirust.</li> <li>2) Suurendage laseri võimsust.</li> <li>3) Suurendage õhurõhku.</li> <li>4) Langetage laserfookust.</li> </ol>
Räbu on ühendatud ja seda saab eemaldada terve tükina	Laserfookuse asend on liiga kõrge.	Langetage laserfookuse asendit.
Lõikeõmbluse põhjas olevat räbu on raske eemaldada	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lõikamiskiirus on liiga suur.</li> <li>2) Õhurõhk on liiga madal.</li> <li>3) Abigaas ei ole puhas.</li> <li>4) Laserfookuse asend on liiga kõrge.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Vähendage lõikamiskiirust.</li> <li>2) Suurendage õhurõhku.</li> <li>3) Kasutage kõrgema puhtusastmega abigaasi.</li> <li>4) Langetage laserfookuse asendit.</li> </ol>
Lõikepilu ühel küljel on räbu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Düüsi keskasend ei ole kontsentriiline.</li> <li>2) Otsik on kahjustatud.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Kontrollige ja reguleerige düüsi keskasendit.</li> <li>2) Kontrollige või vahetage otsik.</li> </ol>



Laserlõikamise kvaliteedi probleemid	Võimalikud põhjused	Lahendused
Lõikeserv ei ole täpne	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Õhurõhk on liiga kõrge.</li> <li>2) Otsik on kahjustatud.</li> <li>3) Düüsi läbimõõt on liiga suur.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Vähendage õhurõhku.</li> <li>2) Kontrollige või vahetage otsik.</li> <li>3) Paigaldage õige läbimõõduga otsik.</li> </ol>
Lõikamise tekstuur on väga karm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Laserfookuse asend on liiga kõrge.</li> <li>2) Õhurõhk on liiga kõrge.</li> <li>3) Lõikamiskiirus on liiga aeglane.</li> <li>4) Materjal on liiga kuum.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Langetage laserfookuse asendit.</li> <li>2) Vähendage õhurõhku.</li> <li>3) Suurendage lõikamiskiirust.</li> <li>4) Jahutage materjal.</li> </ol>
Lõikamise ajal on ebahariliku värvi ja suurusega sädemed	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Düüsi ja laserpea vahelise ühenduse keermed on lahti.</li> <li>2) Otsik on kahjustatud.</li> <li>3) Õhurõhk on liiga madal.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pingutage düüsi.</li> <li>2) Kontrollige või vahetage otsik.</li> <li>3) Suurendage õhurõhku.</li> </ol>
Laser ei lõika läbi materjali	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Laseri võimsus on liiga madal.</li> <li>2) Lõikamiskiirus on liiga suur.</li> <li>3) Laserfookuse asend on liiga madal.</li> <li>4) Düüsi läbimõõt ei vasta metalli lõikepaksusele.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Suurendage laseri võimsust.</li> <li>2) Vähendage lõikamiskiirust.</li> <li>3) Tõstke laserfookuse asendit.</li> <li>4) Kontrollige ja asendage otsik.</li> </ol>
Laserkiirel on purunemised	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lõikamiskiirus on liiga suur.</li> <li>2) Laseri võimsus on liiga madal.</li> <li>3) Laserfookuse asend on liiga madal.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Vähendage lõikamiskiirust.</li> <li>2) Suurendage laseri võimsust.</li> <li>3) Tõstke laserfookuse asendit üles.</li> </ol>

## 10. LÕPPSÕNA

Laserlõikamise kvaliteeti mõjutavad paljud tegurid. Esiteks mõjutavad valed parameetrid lõikamistulemust, näiteks laservõimsus, lõikamiskiirus, õhurõhk jne. Lisaks tekib mõnikord probleeme isegi siis, kui parameetrid on õigesti seadistatud. Ja see on üldjuhul tingitud sellest, et gaasi puhtus ei ole piisav või otsik ja lääts on saastunud või kahjustunud. Seetõttu peavad kasutajad enne lõikamist hoolikalt kontrollima düüsi, gaasi rõhku ja materjalidele vastavaid lõikeparameetreid.

Optimaalseks lõiketulemuseks peab laserpink ja selle abisüsteemid olema regulaarselt hooldatud. Kontrollige korrapäraselt oma pingi seisukorda ning pidage kinni korrapärase hoolduse graafikutest. Lasermeistri hooldustehnikud aitavad vajadusel kohapeal optimeerida lõikeparameetrid ja kiirused vastavalt teie materjalidele.

Lasermeister OÜ

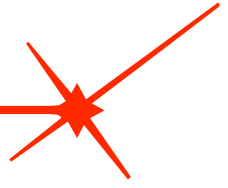
Türi 10d, Tallinn, 11313

[www.lasermeister.ee](http://www.lasermeister.ee)

[info@lasermeister.ee](mailto:info@lasermeister.ee)

# LASERMEISTER

---



## bodor

Versiooni number: 1.2.03

Kuupäev: 25.01.2023

LASERMEISTER