

Optimizacija laserskega rezanja izolativnih/penastih materialov


Raziskovalna naloga pri predmetu Laserska obdelovalna
tehnologija
Laboratorij za lasersko tehniko

Mentor:

- asist. dr. Urban Pavlovčič

Člani:

- Nanut Adam
- Koplan David
- Valič Lovrenc
- Zavodnik Vid
- Zupet Martin



Ideja in cilji

Ideja:

Optimizirati parametre za razrez penastih materialov, ki se uporabljajo v sredicah letalskih kril oziroma za materiale trupih ladij.

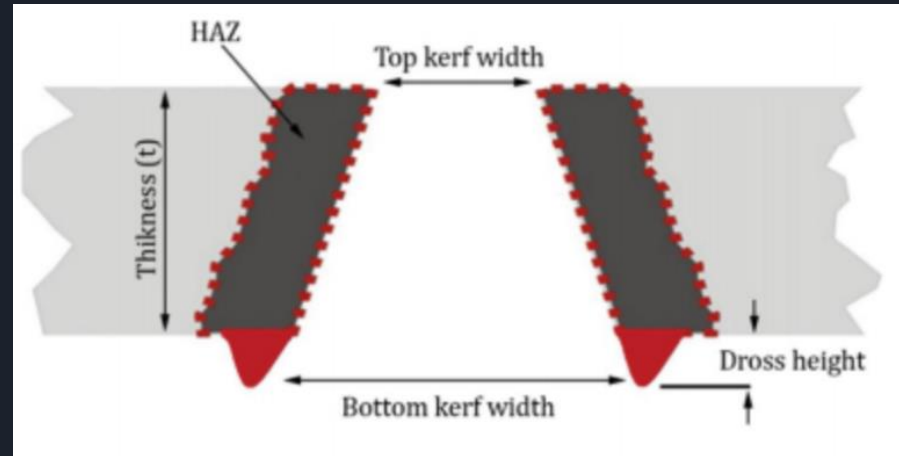
Cilji:

- Izbira ustreznega izvora laserske svetlobe.
- Izrez ustrezne geometrije iz surovca.
- Določitev optimalnih parametrov rezanja glede na material.
- Lasersko glavo bi radi pritrdili na robota.

Pregled člankov - raziskava rezalnih parametrov rezanja z CO₂ laserjem

Vir: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.03.040>

- Testiranje vplivov:
 - Moči laserskega izvora,
 - Hitrosti rezanja,
 - Prisotnosti izpihovanja
- Opazovali so:
 - Toplotno vplivano območje (HAZ),
 - Obliko robov reza,
 - Hrapavost odrezane površine
- Opaženi mehanizmi rezanja:
 - Topljenje materiala,
 - Odparevanje materiala,
 - Kombinacija taljenja in odparevanja
- Rezultati :
 - Boljši rezultati pri večjih močeh, hitrosti in prisotnosti vpihovanja
 - Rezalna hitrost ključno vpliva na obliko rezalnega roba
 - Višja rezalna hitrost in izpihovanje zvišuje višino srha



Pregled obstoječih rešitev - Primer obstoječe naprave podjetja eurolaser

M-1200

Naprava:

Laser power:

60 to 400 watt

Laser source:

CO₂

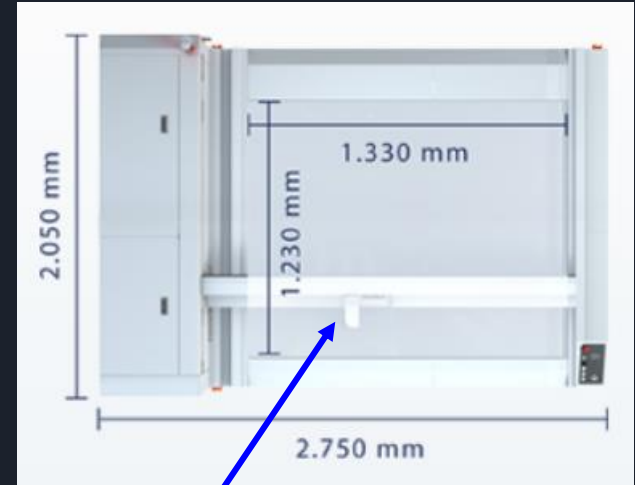
Speed:

1 - 1,414 mm/s (in steps

of 1 mm)

Acceleration:

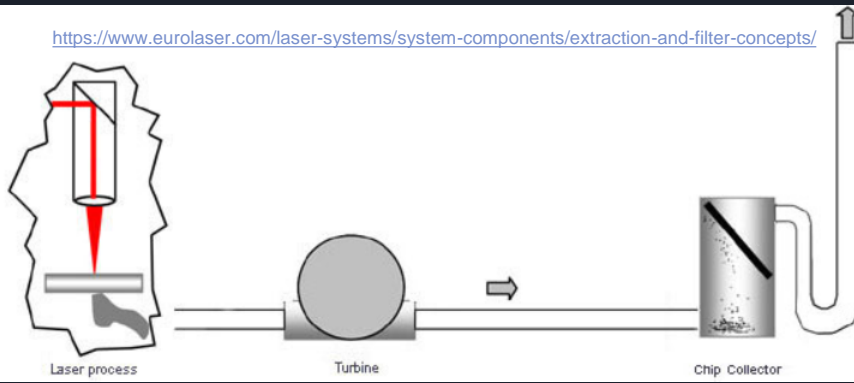
max. 14.1 m/s² (555"/s²)



Laserska glava

Generacija škodljivih plinov in mikro delcev, tako za človeka kot za stroj

<https://www.eurolaser.com/laser-systems/system-components/extraction-and-filter-concepts/>



Vir: <https://www.eurolaser.com/laser-systems/laser-systems-at-a-glance/m-1200/>

Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

Laser CO2 DIAMOND J-2:

- Moč 15 do 180 W (PWM)
- Frek. pulziranja 1 do 200 kHz
- $M2 = 1,2$; val. dolžina $10,6 \pm 0,4 \mu\text{m}$

Enoosna CNC miza s krmilnikom:

- 0 do 0,1 m/s
- 0,6 m hoda

Šoba s fokusirno lečo:

- $F = 15 \text{ cm}$

-> Žarek:

- $D'' = 0,15 \text{ mm}$
- $Zr = 1,4 \text{ mm}$
- $\theta = 2,6^\circ$

Merilnik povprečne moči žarka

Fokusirna leča

Šoba

Obdelovanec

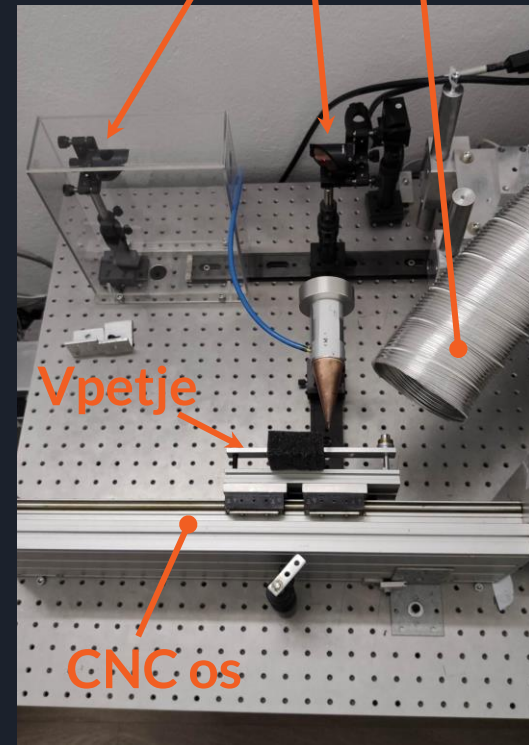
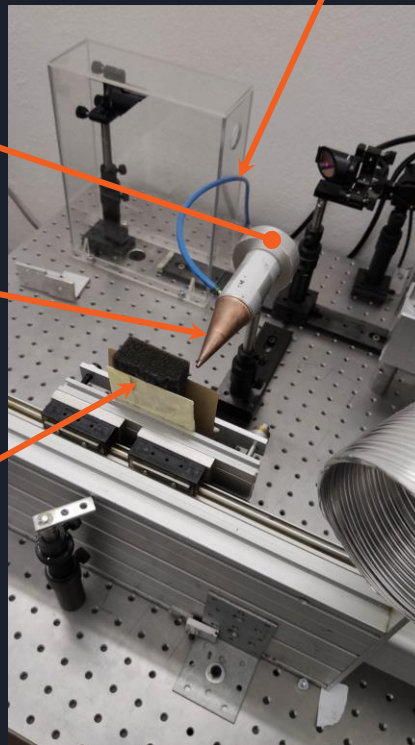
Komprimiran zrak

Odsesavanje

Zrcali

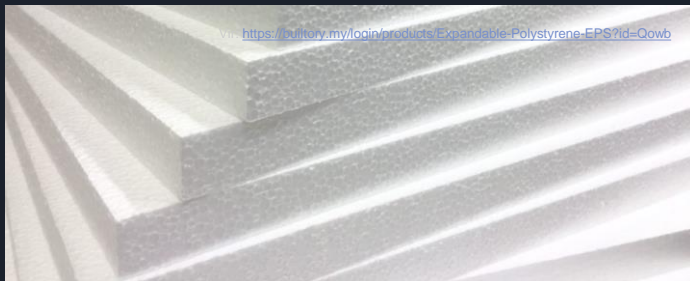
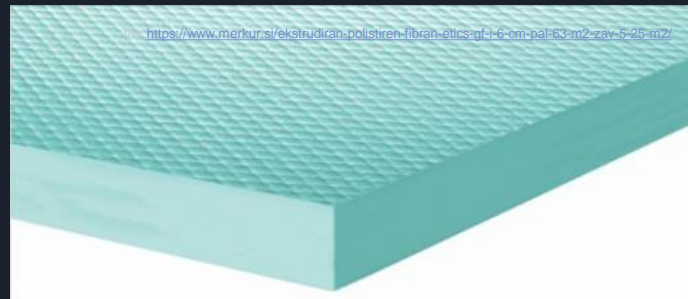
Vpetje

CNC os



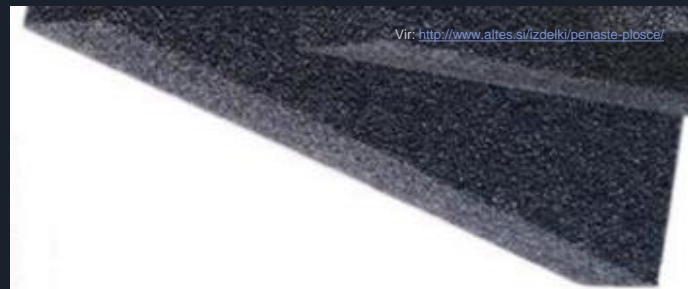
Popis eksperimentalne opreme in uporabljenih vzorcev

Stirodur 20 mm



Stiropor 7 mm

EPDM pena 30 mm



Izvedba eksperimentov

DOE (Design of experiments)

6 setov eksperimentov (preko 70 eksperimentov)

Parametri :

- Hitrost reza
- Moč
- Število prehodov
- Frekvenca bliskov
- Tlak stisnjenega zraka





Hitrosti: 50, 100 mm/s

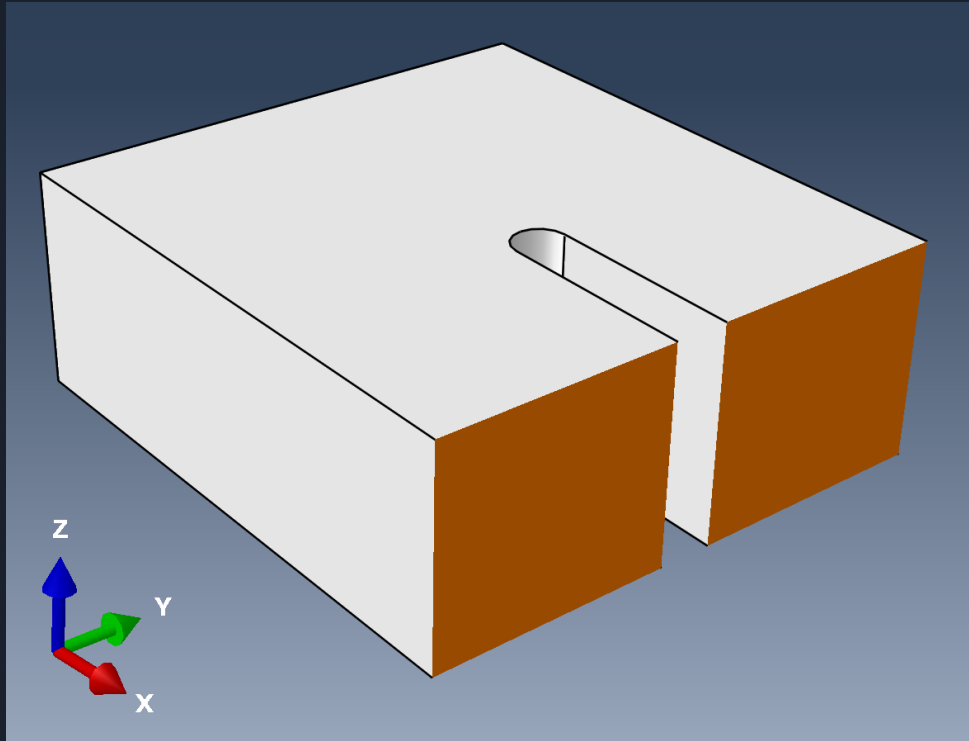
Moč: 2, 5, 15, 20 % moči stroja

Število prehodov: 1 ali 2

Frekvenca bliskov: 1 ali 50 kHz

Tlak komprimiranega zraka: 1, 3, 5 bar

Rezultati



Vsi posnetki v rezultatih (razen EPDM pene) prikazujejo na sliki z oranžno barvo označeno ravnino (ravnina y-z).

Laserski snop na posnetkih (razen pri EPDM peni) vstopi na desni strani. Vrtanje začetne izvrtine torej poteka od desne proti levi strani.

Pri izvedbi rezov na začetku laser miruje in prevrta luknjo, nato z mizico začnemo pomikati obdelovanec.

Prerezi so narejeni na mestu kjer se obdelovanec giblje z ustaljeno (nastavljeno) hitrostjo.

Rezultati stirodur, $p = 3$ bar (serija 1)

Rez 5:

$p = 69,3$ W (1 kHz, 20%),
 $v = 0,05$ m/s,
 $N = 1$

Rez 14:

$p = 69,3$ W (1 kHz, 20%),
 $v = 0,1$ m/s,
 $N = 2$

S črto so povezani rezi, ki imajo enake rezalne parametre, le različno število prehodov.

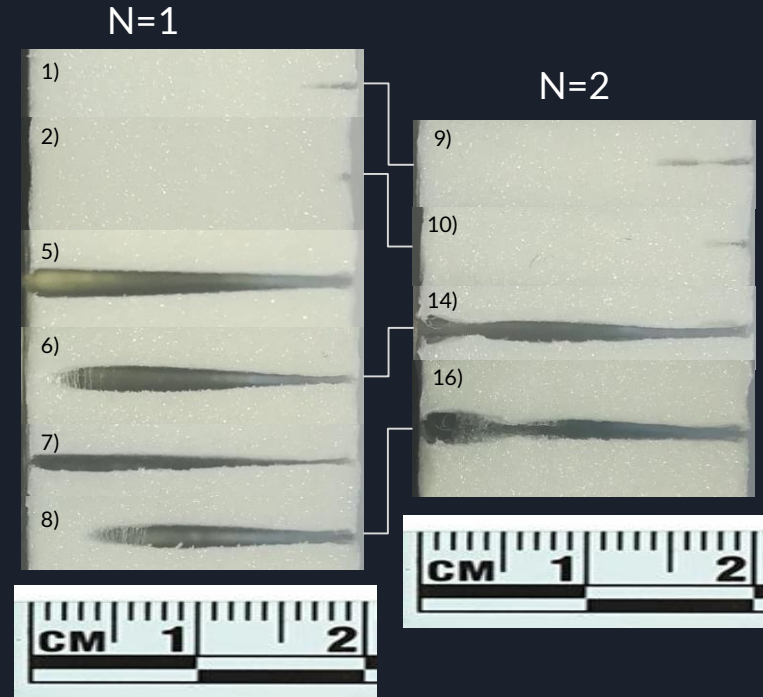
Rez 7:

$p = 49,5$ W (50 kHz, 20%),
 $v = 0,05$ m/s,
 $N = 1$

Rez 16:

$p = 49,5$ W (50 kHz, 20%),
 $v = 0,1$ m/s,
 $N = 2$

Črka N označuje število prehodov pri rezanju. Večkratni prehodi niso priporočljivi zaradi zahtevnega vodenja laserskega snopa. Ob drugem prehodu moramo namreč zadeti v dno prvega reza.



Rezultati stirodur, $p = 3$ bar (serija 2)

Rez 5:

$p = 55,0$ W (1 kHz, 15%),

$v = 0,05$ m/s,

$N = 1$

Rez 14:

$p = 55,0$ W (1 kHz, 15%),

$v = 0,1$ m/s,

$N = 2$

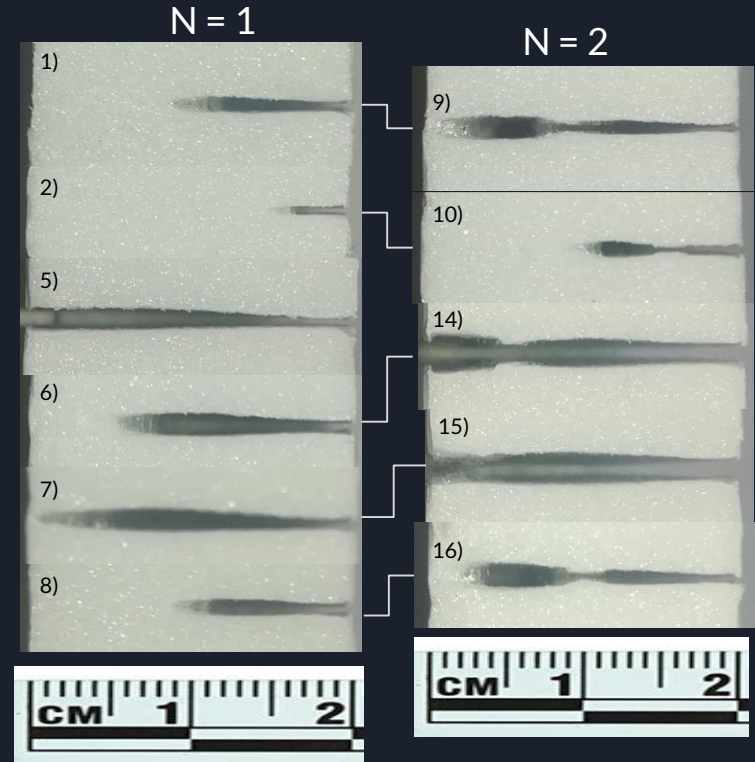
Rez 15:

$p = 31,3$ W (50 kHz, 15%),

$v = 0,05$ m/s,

$N = 2$

S črto so povezani rezi, ki imajo enake rezalne parametre, le različno število prehodov.



Rezultati stirodur, vpliv nastavitve tlaka rezalnega plina

$p = 17,7 \text{ W}$ (1 kHz, 5%)
 $v = 0,05 \text{ m/s}$

$p = 17,7 \text{ W}$ (1 kHz, 5%)
 $v = 0,10 \text{ m/s}$

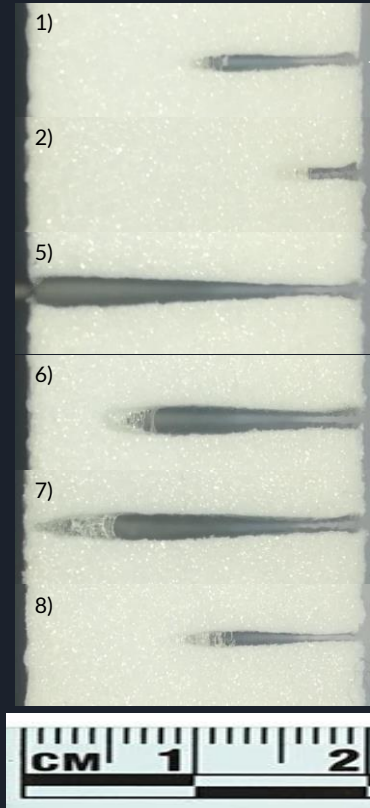
$p = 55,0 \text{ W}$ (1 kHz, 15%)
 $v = 0,05 \text{ m/s}$

$p = 55,0 \text{ W}$ (1 kHz, 15%)
 $v = 0,10 \text{ m/s}$

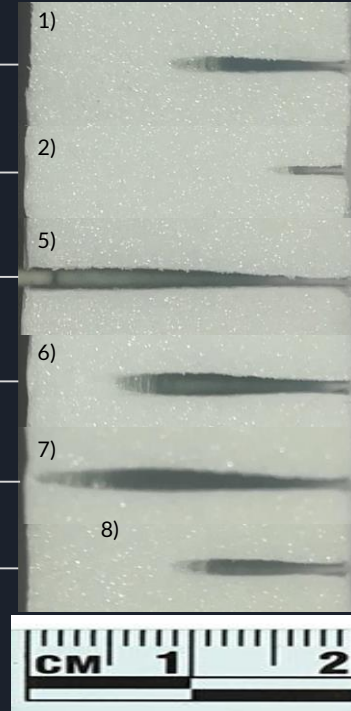
$p = 31,3 \text{ W}$ (50 kHz, 15%)
 $v = 0,05 \text{ m/s}$

$p = 31,3 \text{ W}$ (50 kHz, 15%)
 $v = 0,10 \text{ m/s}$

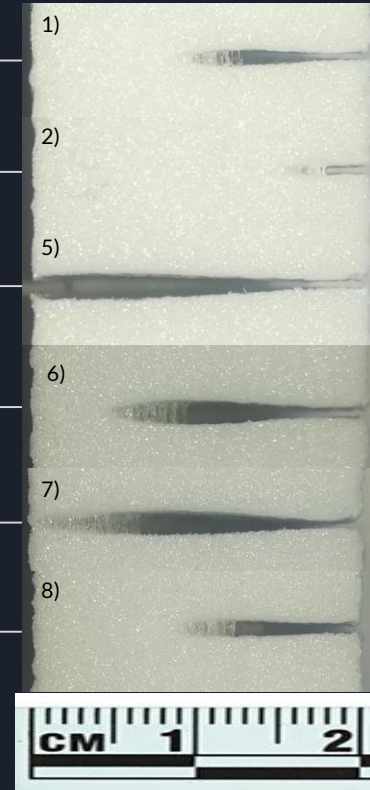
$p = 1 \text{ bar}$ (serija 3)



$p = 3 \text{ bar}$ (serija 2)



$p = 5 \text{ bar}$ (serija 4)



Rezultati stiropor, $N = 1$

Rez 1:

$p = 36,7 \text{ W (1 kHz, 10\%)}$,
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 3 \text{ bar}$.

Rez 3:

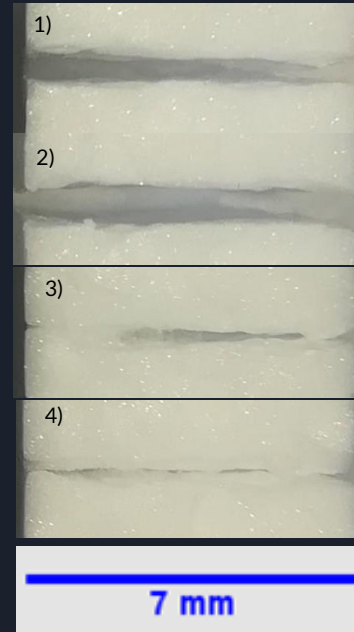
$p = 17,7 \text{ W (1 kHz, 5\%)}$,
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 3 \text{ bar}$.

Rez 2:

$p = 17,7 \text{ W (1 kHz, 5\%)}$,
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 0 \text{ bar}$.

Rez 4:

$p = 26,0 \text{ W (1 kHz, 7\%)}$,
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 3 \text{ bar}$.



Rezultati pena, N = 1

Rez 1:

$p = 36,7 \text{ W}$ (1 kHz, 10%),
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 1 \text{ bar}$.

Rez 2:

$p = 17,7 \text{ W}$ (1 kHz, 10%),
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 0 \text{ bar}$.

Rez 3:

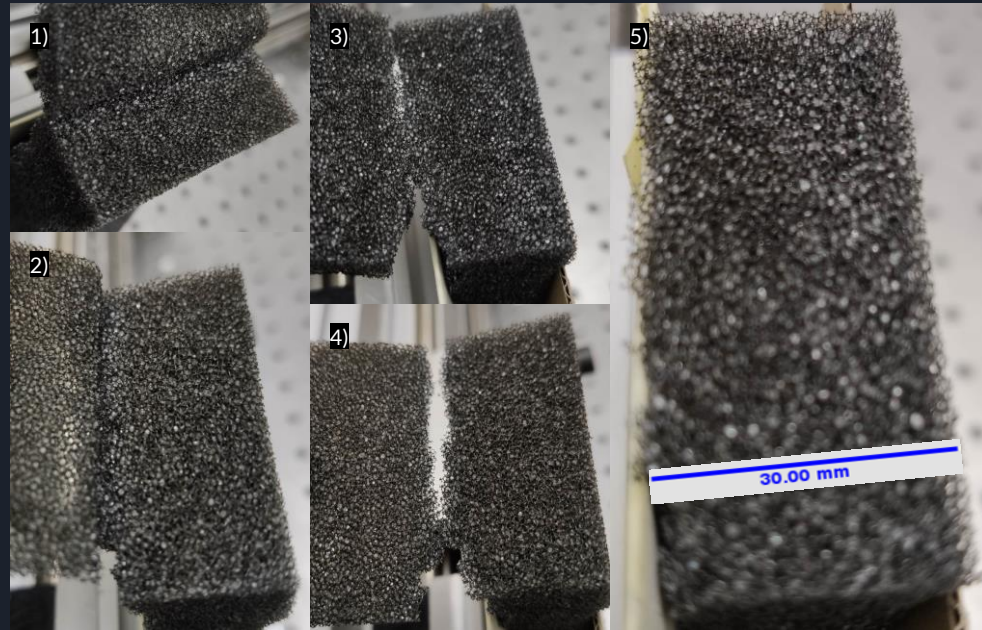
$p = 46,7 \text{ W}$ (1 kHz, 13%),
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 0 \text{ bar}$.

Rez 4:

$p = 69,3 \text{ W}$ (1 kHz, 20%),
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 0 \text{ bar}$.

Rez 5:

$p = 55,0 \text{ W}$ (1 kHz, 15%),
 $v = 0,05 \text{ m/s}$,
 $p = 1 \text{ bar}$.





Zaključki

Ugotovitve

- CO2 laser je dovolj dober, da smo z njim lahko rezali izbrane materiale,
- Za kvalitetnejši rez je potrebno uporabljat odpihovanje
- Debeline materialov so lahko dosti večje kot smo sprva mislili.

Nadaljnje delo

- Optimizacija parametrov in testiranje na boljši strojni opremi,
- Testiranje rezanja penastih materialov še z drugimi tipi laserjev,
- Rezanje drugih penastih materialov.

Dodatek

Tabela - serija 1

1. serija - stirodur							
Št. reza	Št. prehodov	moč [%]	frekvenca [kHz]	P [W]	Hitrost [m/s]	p [bar]	Opis rezultatov
1	1	2	1	7	0,05	3	Ne prereže
2	1	2	1	7	0,1	3	Ne prereže
3	1	2	50	2,7	0,05	3	Ne pusti sledi na obdelovancu
4	1	2	50	2,7	0,1	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
5	1	20	1	69,3	0,05	3	Prereže, nagnjeni robovi
6	1	20	1	69,3	0,1	3	Ne prereže
7	1	20	50	49,5	0,05	3	Komaj prereže
8	1	20	50	49,5	0,1	3	Ne prereže
9	2	2	1	7	0,05	3	Ne prereže
10	2	2	1	7	0,1	3	Ne prereže
11	2	2	50	2,7	0,05	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
12	2	2	50	2,7	0,1	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
13	2	20	1	69,3	0,05	3	Ni izveden (prereže že v 1. prehodu)
14	2	20	1	69,3	0,1	3	Prereže v drugem prehodu, raztopljena izstopna stran
15	2	20	50	49,5	0,05	3	Ni izveden (prereže že v 1. prehodu)
16	2	20	50	49,5	0,1	3	Prereže v drugem prehodu, raztopljena izstopna stran

Dodatek

Tabela - serija 2

2. serija - stirodur							Opis rezultatov
Št. reza	Št. prehodov	moč [%]	frekvenca [kHz]	P [W]	Hitrost [m/s]	p [bar]	
1	1	5	1	17,7	0,05	3	Ne prereže
2	1	5	1	17,7	0,1	3	Ne prereže
3	1	5	50	4	0,05	3	Ne pusti sledi na obdelovancu
4	1	5	50	4	0,1	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
5	1	15	1	55	0,05	3	Prereže, konkavni robovi, manjši naklon
6	1	15	1	55	0,1	3	Ne prereže
7	1	15	50	31,33	0,05	3	Ne prereže
8	1	15	50	31,33	0,1	3	Ne prereže
9	2	5	1	17,7	0,05	3	Ne prereže
10	2	5	1	17,7	0,1	3	Ne prereže
11	2	5	50	4	0,05	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
12	2	5	50	4	0,1	3	Ni izveden (prenizka moč laserja)
13	2	15	1	55	0,05	3	Ni izveden (prereže že v 1. prehodu)
14	2	15	1	55	0,1	3	Prereže v drugem prehodu, raztopljen izstopna stran
15	2	15	50	31,33	0,05	3	Prereže v drugem prehodu, raztopljen izstopna stran
16	2	15	50	31,33	0,1	3	Ne prereže, raztopljen prostor znotraj reza



Hvala za pozornost!