

Stanovení pracovních podmínek na laseru ILS 3NM

Markéta Plšková

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta PLŠKOVÁ**

Osobní číslo: **T08640**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Stanovení pracovních podmínek na laseru ILS 3NM**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Vypracujte metodiku práce na laseru ILS 3NM
3. Provedte výrobu zkušebních vzorků z různých materiálů
4. Provedte porovnání a vyhodnocení pracovních podmínek

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucí bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jana Knedlová**
Fakulta technologická

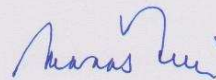
Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



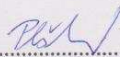
doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 31.5.2011


.....

²¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

²³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je seznámení s nekonvenčními technologiemi obrábění zejména s laserovým řezáním a gravírováním. Tyto technologie jsou v současné době hodně využívány.

V praktické části je podrobně popsána metodika práce na laseru ILS 3NM. Pro různé materiály a jejich tloušťky byly experimentálně vyrobeny vzorky. Po jejich porovnání jsem následně stanovila pracovní podmínky pro řezání a gravírování na tomto zařízení.

Klíčová slova: Laserový paprsek, laserové zařízení, laserové řezání, laserové gravírování, řezné podmínky, CorelDRAW,

ABSTRACT

The aim of this thesis was to present non-conventional machining technologies, particularly with laser cutting and engraving. These technologies are currently much used.

The practical part is detailed in the methods of the ILS laser 3NM. For different materials and thickness have been experimentally produced samples. These were then compared and set working conditions for cutting and engraving on the device.

Keywords: The laser beam, laser, laser cutting, laser engraving, cutting conditions, CorelDRAW

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Ing. Janě Knedlové za ochotu, odborné vedení, trpělivost při konzultacích, připomínky a rady, kterými přispěla k vypracování této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VLASTNOSTI A PRINCIP LASERU	11
2 KONSTRUKČNÍ SLOŽENÍ LASERU	12
3 VÝKON A ÚČINNOST LASERU	14
4 ZÁKLADNÍ DRUHY LASERŮ A JEJICH APLIKACE	15
4.1 PEVNOLÁTKOVÉ LASERY	15
4.2 KAPALINOVÉ LASERY	16
4.3 POLOVODIČOVÉ LASERY	16
4.4 PLYNOVÉ LASERY	17
5 LASEROVÉ OBRÁBĚNÍ	20
5.1 LASEROVÉ VRTÁNÍ	20
5.2 LASEROVÉ SVAŘOVÁNÍ.....	21
5.3 TEPelné ZPRACOVÁNÍ LASEREM	23
5.4 ZNAČENÍ, ZNAČKOVÁNÍ A POPIS LASEREM.....	24
5.5 GRAVÍROVÁNÍ LASEREM.....	26
5.6 LASEROVÉ ŘEZÁNÍ.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
6 POPIS LASERU ILS 3NM	34
7 METODIKA PRÁCE NA LASERU ILS 3NM	37
7.1 OBSLUHA ZAŘÍZENÍ	38
7.1.1 Ovládací panel.....	38
7.1.2 Zaostrování laseru (fokusace)	46
7.1.3 Údržba	47
7.2 PŘÍPRAVA PRACOVNÍHO SOUBORU	47
7.2.1 Nastavení velikosti pracovní plochy	51
7.2.2 Definování počátku pracovní plochy	52
7.2.3 Nastavení polohy a rozměru polotovaru	53
7.2.4 Barevné rozlišení.....	54
7.2.5 Řezání.....	55
7.2.6 Gravírování.....	56
7.3 NASTAVENÍ PRO LASEROVÝ TISK	57
7.3.1 Odeslání souboru do ILS 3NM	58
7.3.2 Nadefinování rezných podmínek.....	58
7.3.3 Umístění obrazu	60
8 STANOVENÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK	62
9 POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ PRACOVNÍCH PODMÍNEK	64

ZÁVĚR	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	70
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	73
SEZNAM TABULEK.....	75
SEZNAM PŘÍLOH.....	76

ÚVOD

Už od počátku si lidstvo zjednodušovalo práci za pomoci fyzikálních zákonů. Snažilo se jim porozumět a využít je ve svůj prospěch.

Druhá polovina dvacátého století je charakterizována jako získávání nových druhů energií a jejich využití v praxi. V této době byla rozpracována počáteční teorie stimulované emise záření a pod názvem MASER (zesílení mikrovln s využitím stimulované emise záření) byl postaven první zesilovač. V průběhu šedesátých let bylo toto zařízení zdokonaleno a označeno jako LASER. Název laser je tvořen počátečními písmeny anglického názvu „**Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation**“, což znamená „zesilování světla pomocí stimulované emise záření“. Jako prvním se podařilo vytvořit tento stimulovaný tok světla pomocí rubínového laseru americkému fyzikovi T. H. Maimanovi roku 1960.

Není to tedy dávno, co pojem laser byl pro lidstvo jedna velká neznámá. Dnes je však laser nedílnou součástí našeho života. Denně se s ním můžeme setkávat v mnoha oborech lidské činnosti. V lékařství se používá laser v oční mikrochirurgii, ve fotodynamické terapii k ničení nádorů anebo jako skalpel v chirurgii. V kosmetickém průmyslu se hojně využívá biolampa. Jako nahrazení klasické vrtačky se laser aplikuje ve stomatologii a v geodézii jsou s jeho pomocí vytyčovány trasy na zemském povrchu i v podzemí. Ve výpočetní technice má největší uplatnění jako laserová tiskárna. V technologii se užívá k popisování součástí, řezání, tepelnému svařování nebo vrtání. Dále díky laserům vznikají laserové zbraně, laserové dálkoměry anebo jím mohou být odhaleny padělky papírových bankovek či načítány kódy na výrobcích v obchodech.

Nasazení laserů a laserových technologií přináší nový rozsah do průmyslové výroby, s čímž rostou i požadavky na zvyšování její kvality a efektivity. Moderní laserové systémy a technologie předběhnou klasické nástroje kombinací rychlosti, přesnosti, výkonnosti a přizpůsobením. Často si ani neuvědomujeme, že předmět, který právě držíme v ruce, má něco společného s laserem. Ať už je tedy jeho využití ve vědních oborech přírodních nebo technických, pomáhá nám výzkum laseru posunout jeho vývoj dopředu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VLASTNOSTI A PRINCIP LASERU

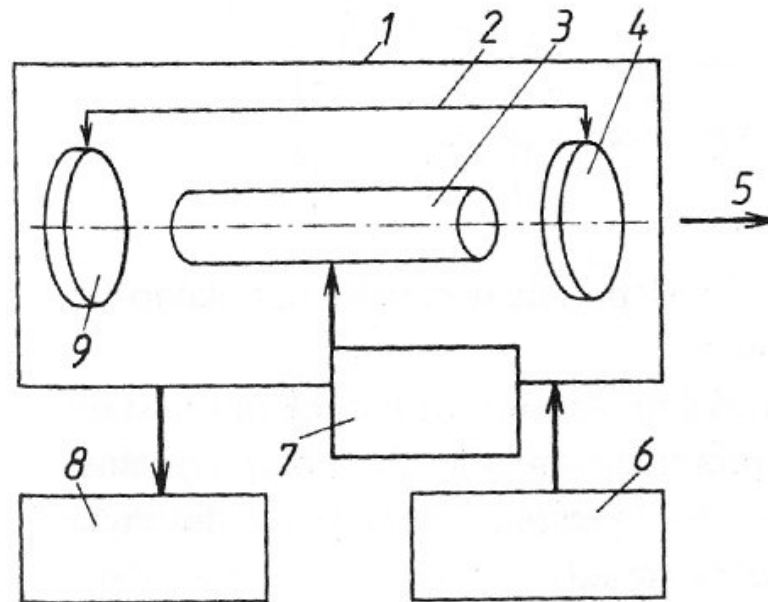
Aplikace laserů se odvíjejí od jeho základních vlastností:

- Laserový paprsek je tvořen **elektromagnetickým zářením**. Lze ho snadno ovládat, měnit jeho směr a modulovat ho.
- Laserový paprsek se šíří **přímočaře** rychlostí světla s minimální rozbíhavostí.
- Laserový paprsek je **koherentní**.
- Laserový paprsek může přenášet **značné množství energie**. Při vzájemném působení s prostředím se energie elektromagnetického záření mění na teplo a laserový paprsek řeže, vrtá, žíhá, sváří, kalí nebo jinak obrábí široké spektrum materiálu včetně těch nejtvrdějších a nejodolnějších.
- Laserové záření je **monochromatické**.
- Laserové záření je k dispozici na **vlnových délkách** odpovídajících rentgenovým paprskům, přes viditelné světlo, až po mikrovlnnou oblast.
- Laser může generovat velmi krátké a přitom velmi **energetické světelné impulsy**. Při vzájemném působení s látkou pak probíhá za zcela jiných podmínek než při stálém ohřevu - materiály mohou být například opracovávány bez toho, že by se zvyšovala jejich teplota. [4]

Princip fungování laseru není složitý. Jde o to, "vyrazit" v atomu aktivního prostředí dodanou energií některé částice na dráhy s vyšší energetickou hladinou. Částice tam ale moc dlouho nevydrží, a při sestupu na nižší hladinu přebytečnou energii vyzáří ve formě fotonů. Ty mohou při vhodném postavení podpořit působení energie, a tak postupně v aktivním prostředí putuje stále více a více fotonů. Abychom získali paprsek, musíme ještě prostředí vhodně vytvarovat. Nejčastěji jde o válec, na jehož jednom čele je dokonale odrazné zrcadlo, na protilehlém konci pak zrcadlo polopropustné. Proud fotonů je posilován odrazy mezi zrcadly, zatímco fotony, směřující napříč prostředím, jsou utlumovány. Výsledkem je kvalitní paprsek, vystupující z polopropustného zrcadla. [10]

2 KONSTRUKČNÍ SLOŽENÍ LASERU

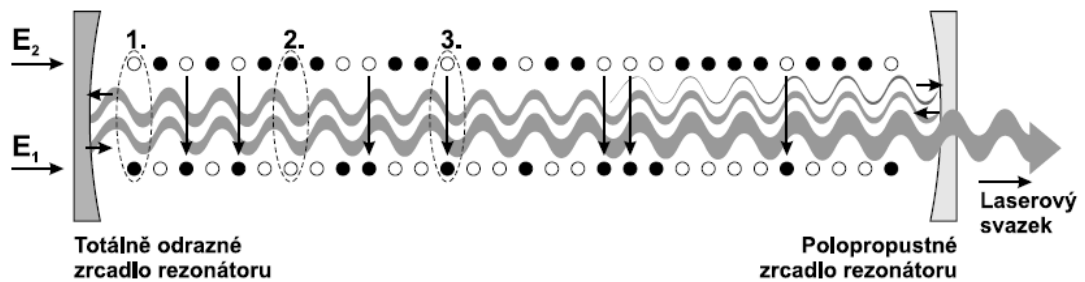
Hlavní částí každého laseru je laserová hlavice, která dále obsahuje laserové médium, rezonátor, budící zařízení, zdroj energie buzení a chladicí systém.



Obr. 1 Schéma zařízení pro obrábění laserem [6]

Laserové médium (3) – určuje délku vlny záření. Jedná se o směs několika materiálů s vhodnými energetickými hladinami ve vhodném materiálu.

Rezonátor (2) – optický systém, umožňující zformovat a zesílit záření, tj. elektromagnetickou vlnu z něj vycházející. Konstrukční uspořádání rezonátoru určuje vlastnosti paprsku (koherenci, intenzitu záření, jeho pravidelnost, spektrální a prostorové charakteristiky). Optický rezonátor tvoří nejméně dvě zrcadla. Nejčastěji se používají sférická. Průměr a zakřivení zrcadel určují rozdělení intenzity záření a energetickou rozbíhavost laserového záření. Rozdělení intenzity záření v průřezu výstupního paprsku laseru vyjadřuje tzv. MOD, což je označení pro vlastní kmity elektromagnetického pole v rezonátoru, charakterizované danou frekvencí a zvláštnostmi rozložení pole v rezonátoru.



Obr. 2 Laserový paprsek v rezonátoru [4]

Na obrázku (Obr. 2) jsou vyznačeny kvantové soustavy:

1. V základním stavu
2. V excitovaném stavu
3. Stimulovaná emise

Budicí zařízení (7) – ovlivňuje pracovní režim laseru. Způsob buzení je dán laserovým médiem.

Chladicí systém (8) – odvádí nevyužitou energii, která se nepřemění v záření, ale v tepelnou energii. U laserů s vyšším výkonem se nejčastěji používá vodní chlazení. Skládá z chladicího zařízení a dvou hadic pro přívod a odvod vody. V okamžiku zapnutí začne studená voda proudit k laserové jednotce a tím ji začne ochlazovat. Následně je takto ohřátá voda přivedena zpět do chladicího zařízení k opětovnému ochlazení. Ale také se dodávají speciální chladicí zařízení, u kterých je chlazení vzduchem. Zde odpadají náklady s vodním chlazením. Tento druh chlazení je využíván například u laseru ILS 3NM. [6]

3 VÝKON A ÚČINNOST LASERU

Výkon laseru je množství vyzářené energie za určitý čas, označuje se ve wattech (W). Množství vyzářené energie se udává v jednotkách zvaných joule (J). Jestliže svítí laser nepřetržitě, většinou vystačíme s pouhým označením výkonu. Pracuje-li laser v krátkých záblescích, které trvají milisekundy (ms) až pikosekundy (ps) a dokonce i femtosekundy (fs), je pro odborníky důležité vědět, jak kratičké jsou a jak je velká vyzářená energie. Čím kratší je doba trvání záblesku, tím větší je špičková energie a výkon. Tak je možné v nepatrném zlomku sekundy vyzářit veliké množství energie. [3]

Účinnost je poměr mezi množstvím energie dodané do zařízení a množstvím energie, které z něho vystupuje. V různých typech laserů totiž dochází k různě velkým ztrátám. Účinnost laserů, která se pohybuje v rozmezí od 0,1 % do 80 %, je často hlavním faktorem pro jejich použití. Významná je především v případech, kdy je důležitý vysoký výstupní výkon laserů. Do laseru musíme sice přivádět více energie, než jí získáme, ale vyplatí se to. Laser totiž opouští paprsek zvláštních a pro nás výhodných vlastností, které již byly zmiňovány výše. Díky těmto charakteristickým vlastnostem potom nacházejí lasery stále větší uplatnění v nejrůznějších oborech. [3]

4 ZÁKLADNÍ DRUHY LASERŮ A JEJICH APLIKACE

Existuje mnoho různých tříd laserů, kde jejich základní princip je sice stejný, ale liší se výrazně konstrukcí a realizací jednotlivých částí. [4]

Dělení laserů do jednotlivých skupin probíhá podle několika kritérií:

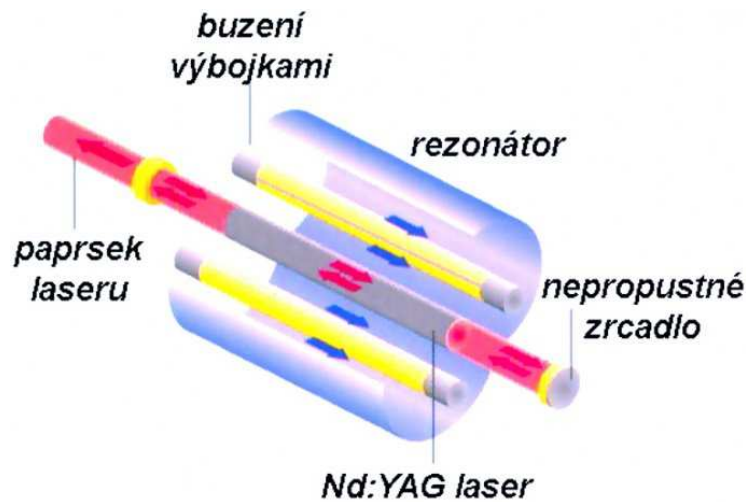
- **aktivního prostředí (je nejpoužívanější):** pevnolátkové, polovodičové, plynové, kapalinové a plazmatické
- **vlnových délek optického záření, které vysílají:** infračervené, viditelného pásma, ultrafialové a rentgenové
- **typu kvantových přechodů (energetických hladin):** molekulární (rotační, rotačně-vibrační, vibrační), elektronové a jaderné
- **typu buzení:** optické, buzené elektrickým výbojem, buzené elektronovým svazkem, tepelnými změnami, buzené chemicky, rekombinací nebo injekcí nosičů náboje
- **časového režimu provozu laseru:** impulsní a kontinuální
- **délky generovaného pulzu:** s dlouhými pulzy, s krátkými pulzy a s velmi krátkými pulzy (pikosekundové, nanosekundové). [4]

4.1 Pevnolátkové lasery

Aktivním prostředím je dielektrikum, tedy pevná, opticky propustná látka. Základním materiálem, který určuje většinu technických vlastností daného krystalu, je u pevnolátkových laserů matrice, která musí být průzračná, opticky homogenní a musí být technologicky možné ji uměle vyrábět. [6] Pevnolátkové lasery jsou schopny pracovat ve všech možných režimech a jsou velmi flexibilní. Generované vlnové délky pokrývají viditelnou a infračervenou oblast. Nesporná výhoda pevnolátkových laserů oproti jiným typům spočívá v robustnosti, stabilitě a v malých nárocích na údržbu a provozní podmínky. [4]

Impulsní pevnolátkové lasery se používají jako laserové vysílače v laserových radarech. Nejrozšířenějším a dnes asi nejlépe technicky zvládnutým pevnolátkovým laserem je laser označovaný jako Nd:YAG (Yttrito-hlinitý granát). [4] Tento laser pracuje jak v pulzním, tak kontinuálním režimu. Je vhodný pro vrtání, svařování, řezání a žíhání. V lékařství se

používá kontinuální Nd:YAG laser jako skalpel (v chirurgii) a pulzní Nd:YAG laser v oční mikrochirurgii. [2]



Obr. 3 Konstrukce Nd:YAG laseru [6]

4.2 Kapalinové lasery

Aktivním prostředím kapalinových laserů jsou roztoky organických barviv nebo speciálně připravené kapaliny, dopované ionty vzácných zemin. Pro buzení kapalinových laserů se užívá optické záření. [6]

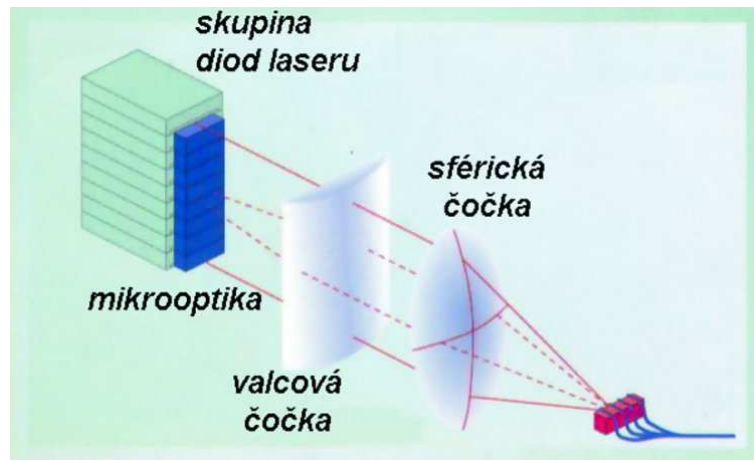
Použití kapalinových laserů je především ve spektroskopii. Novou aplikací je využití možnosti naladění přesné vlnové délky v medicíně – ve fotodynamické terapii, kdy se působením záření přesné vlnové délky ničí rakovinotvorný nádor předem „napuštěný“ speciálním organickým barvivem (barvivo se působením záření rozpadá a volný generovaný kyslík ničí rakovinotvorné buňky). [6]

4.3 Polovodičové lasery

Aktivním prostředím polovodičových laserů je polovodičový materiál, ve kterém jsou aktivními částicemi nerovnovážné elektrony a díry. [6] Hlavní předností polovodičových laserů je jejich masivnost, velká účinnost (až 50 %). Nevýhodou je rozbíhavost generovaného záření a velká závislost parametrů generovaného záření na teplotě aktivního polovodičového materiálu.

Polovodičové lasery jsou dnes vůbec nejrozšířenější lasery. Často se pro ně používá označení laserová dioda. [4]

Používají především pro popisování součástí, řezání, tepelné svařování a v technologiích Rapid Prototyping.[6]



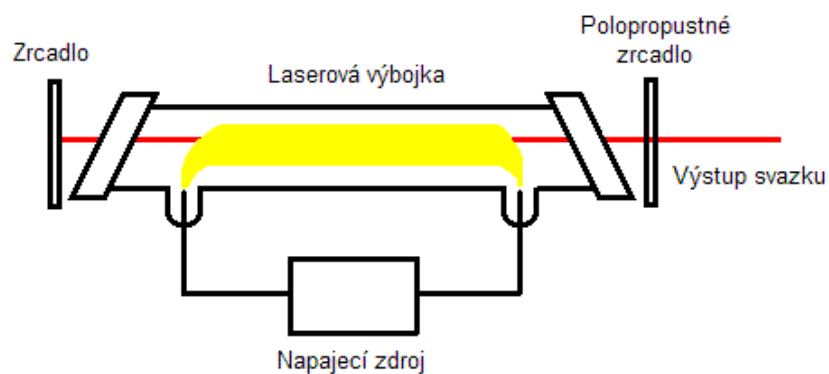
Obr. 4 Konstrukce polovodičového laseru [6]

4.4 Plynové lasery

Aktivní prostředí je v plynné fázi. Většina plynových laserů pracuje v kontinuálním režimu. Byly vyvinuty i lasery s mimořádně vysokým výkonem pracující v pulzním provozu. Plynové lasery je možné budit elektrickým výbojem, chemickou reakcí, rychlým zvětšováním plynu, průchodem svazku rychlých elektronů nebo opticky.[6]

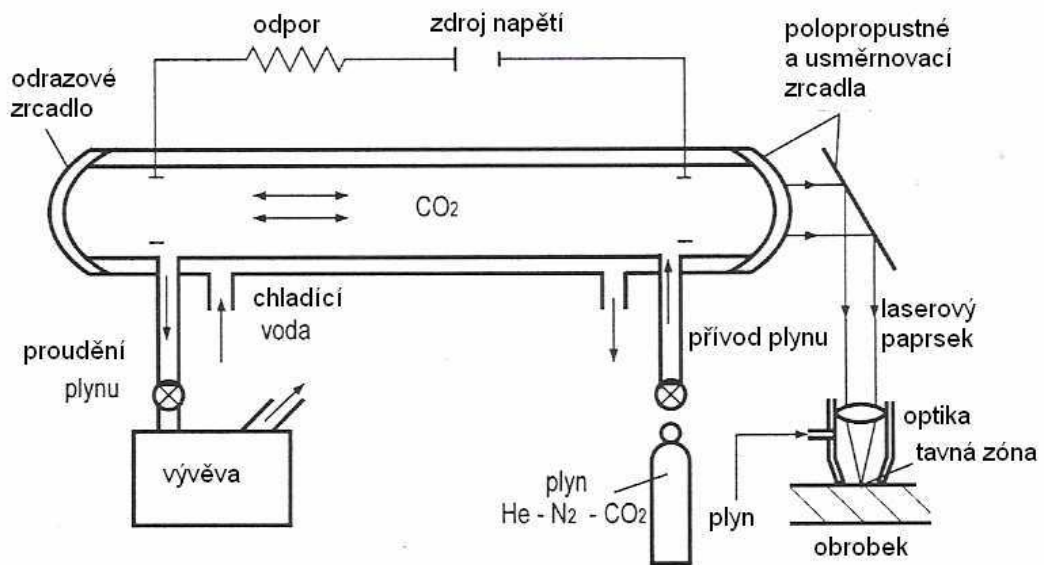
Nejznámějším, donedávna nejrozšířenějším a zároveň prvním vyrobeným plynovým laserem je červeně zářící He-Ne laser, který se používá pro vytyčování tras na zemském povrchu i v podzemí.[2]

He-Ne Laser



Obr. 5 Princip He-Ne laseru [11]

V průmyslu a v medicíně je však nejvíce používaný CO_2 laser.[4] Jeho aktivním prostředím jsou molekuly oxidu uhličitého. Buzení je elektrickým výbojem, který zapaluje směs plynů CO_2 , N_2 a He. Hlavní součástí laseru (obr. 6) je laserová trubice, ve které se nachází již zmiňovaná směs plynů CO_2 , N_2 a hélia He. Energie potřebná pro vybuzení je vytvářena ve formě doutnavého výboje mezi elektrodami, na které se přivádí vysoké napětí z generátoru vysokého napětí. [3]



Obr. 6 Princip CO_2 laseru [3]

Trubice má většinou průměr několik centimetrů, je na bázi křemene a naplněna směsí plynů o velmi nízkém tlaku, aby mohl snáze nastat výboj. Prostor této trubice, která je zakončena zrcadly, tvoří tedy rezonanční dutinu. V takto vzniklém rezonátoru jsou světelné vlny zaostřovány tak dlouho, až se vytvoří stálá světelná vlna, která následně polopropustným zrcadlem opouští rezonátor.[3]

Přítomnost hélia je zde obzvlášť vhodná pro svůj velký koeficient tepelné vodivosti.[3]

Mezi nejdůležitější faktor, ovlivňující výstupní výkon je asi jako u každého laseru rychlost odvádění tepla z trubice. Teplo je ze systému odváděno chladícím médiem, kterým bývá nejčastěji voda, či pro menší výkony laserů vzduch. Průmyslové lasery využívají olejového chlazení se sekundárním olej-voda výměníkem pro lepší stabilitu a jednodušší údržbu.

Potřebný nízký tlak plynu zaručující vznik doutnavého výboje v laserové trubici je udržovaný pomocí vývěvy.[3]

Podle uspořádání CO₂ laserů je lze dělit na čtyři základní typy, které se liší zejména možnostmi dosahovaných výkonů:

- lasery s výbojkou,
- lasery s pomalým průtokem plynu,
- lasery s rychlým průtokem plynu,
- TEA CO₂ laser. [6]

CO₂ lasery se používají zejména pro řezání, svařování, vrtání, popisování součástí, nanášení povlaků a tepelné zpracování. Tento typ laseru je podrobněji popsán v praktické části.

5 LASEROVÉ OBRÁBĚNÍ

Laserové obrábění spočívá v opracovávání materiálů laserem, které je založeno na přeměně světelné energie na energii tepelnou.[6] Představuje obdobu tradičního obrábění a používá se například pro řezání, vrtání, a tvarové opracování různých materiálů.[3]

5.1 Laserové vrtání

Laserové vrtání je založeno na odstraňování materiálu jeho odpařováním.[5] Intenzita svazku musí být vyšší než u svařování, a proto se pro tento účel používá pulzních laserů s délkou pulzu menší než 1ms. Pro vrtání laserem platí: čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie (tj. rozdělení energie) paprsku. Odstraňování odtaveného materiálu lze zlepšit použitím vhodné metody vrtání. Vrtání laserem je možné jednotlivými pulzy, opakovanými pulzy nebo vyřezáváním díry.

Předností laserového vrtání je vytváření malých otvorů o průměru od 10 do 100 μm i v místech, kde je to pomocí jiných metod obtížné nebo nemožné. Díry mohou být kruhové i tvarové. Délka vrtané díry může být až 50 mm. Vrtat lze kovy, plasty, textilie, dřevo, sklo, keramiku a jiné přírodní materiály. Tato technologie se používá pro vrtání kamenů do hodin, filtrů, vstřikovacích trysek, lopatek proudových motorů apod.[7]

Pro vrtání se používají:

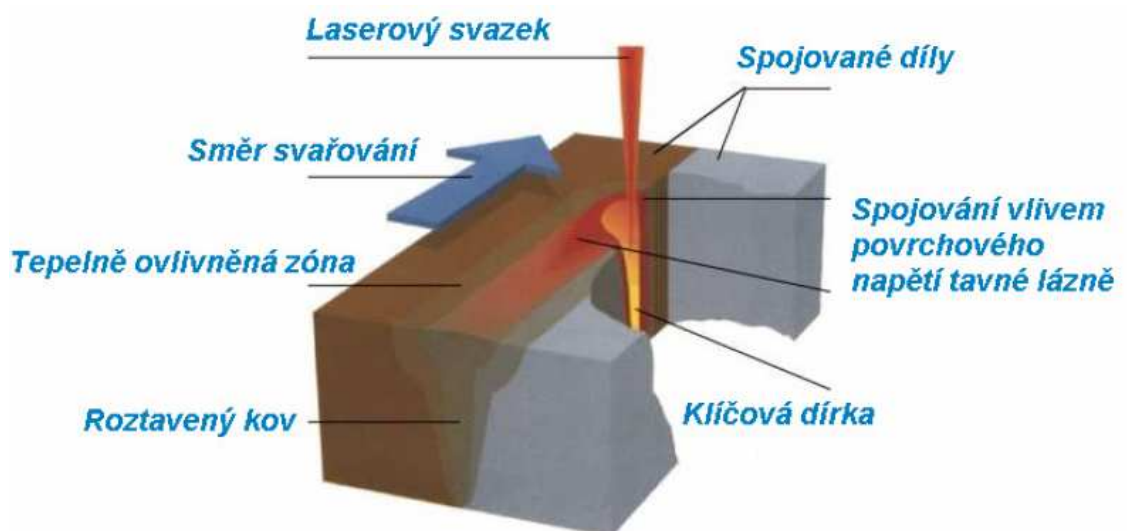
- **CO₂ lasery** - vyřezávání (kruhových i tvarových) otvorů,
- **Nd:YAG lasery** - vrtání děr o menším průměru,
- **excimerové lasery** - vrtání děr do keramiky.



Obr. 7 Pohled do pracovního prostoru během vrtání laserem [7]

5.2 Laserové svařování

Dopadne-li zaostřený laserový svazek na stykovou plochu dvou dílů, může dojít k jejich svařování. Při dostatečně velkém výkonu laseru dojde k ohřátí sváru na teplotu tání tak rychle, že se materiál jádra téměř neohřeje.[5]



Obr. 8 Princip laserového svařování [9]

Svařování materiálů může být:

- **vedením tepla** - vzniklá tepelná energie se v materiálu šíří vedením, svary jsou široké a ploché,
- **hloubkové** - při překročení určité intenzity přívodu tepla pronikne paprsek hluboko do materiálu, ten se roztaví a částečně odpaří, svary jsou úzké a hluboké. [7]

Svařování ve srovnání s dalšími aplikacemi vyžaduje menší intenzitu záření optického svazku a větší délku laserového pulzu. Při svařování laserem se nepoužívá žádný přídavný materiál. [7] Pro laserové svařování se nejčastěji používá Nd:YAG laserů a kontinuálních CO₂ laserů. Při svařování se osvědčily také impulsní lasery. Tyto svary jsou vlastně bodové, neboť ke svaření dochází jen v místě bezprostředně ozářeném laserovým svazkem, zatímco ostatní materiál zůstává chladný. Impulsní svařování našlo uplatnění jak v automobilovém průmyslu, tak v jemné mechanice a v mikroelektronice. Laserem lze také svařovat materiály zcela nesourodé, které jsou jiným způsobem nesvařitelné, jako např. kov a plast, kov a keramika. [5]



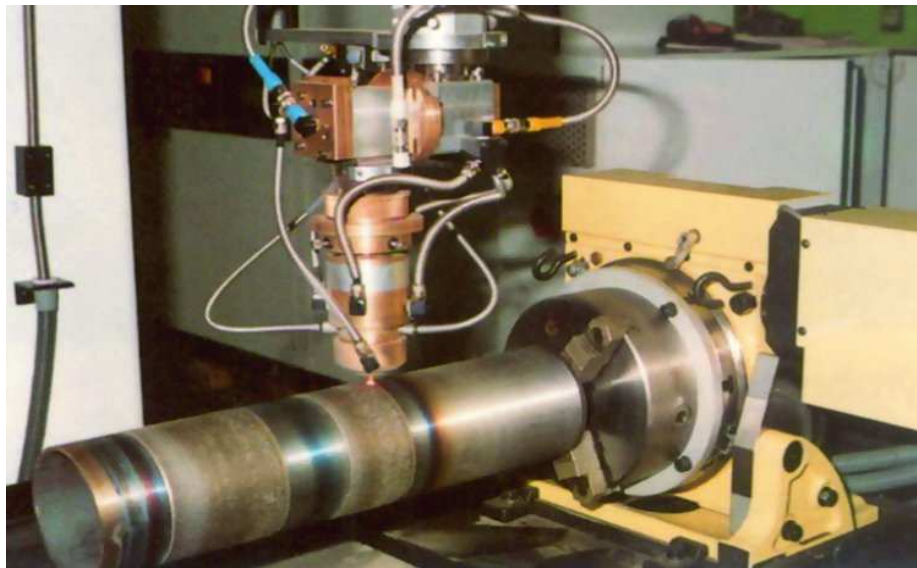
Obr. 9 Paprsek laserového svařování [7]

5.3 Tepelné zpracování laserem

Tepelné zpracování materiálů laserem je charakterizováno krátkou dobou ohřevu a malým objemem ohřátého materiálu. Metody tepelného zpracování jsou založeny na:

- ohřevu materiálu - žhání, kalení a popouštění,
- tavení materiálu povrchu,
- odpařování materiálu - rázové zpevnění.

Kalení laserem je tepelné zpracování kovů, využívající k jejich rychlému ohřevu optické záření laserů. Výhodou oproti jiným způsobům ohřevu je opět možnost lokalizovaného tepelného zpracování i na místech jinými způsoby nepřístupných. Není nutné používat chladicí médium.



Obr. 10 Pohled do pracovního prostoru stroje během kalení laserem [7]

Zpravidla se používá kontinuálních CO₂ laserů o výkonu několika tisíc wattů. Kalit lze např. vodící plochy, drážku v díře, vnější i vnitřní dosedací plochy apod. Nově se pro kalení používá vysoce výkonných diodových laserů, které jsou velmi vhodné. Prakticky byl diodový laser využit např. pro kalení torzní pružiny, používané u dveřních pantů automobilů. [5]

5.4 Značení, značkování a popis laserem

Značení laserem je založeno na místním odpaření materiálu nebo na změně barvy jeho povrchu. Laser vytváří na povrchu materiálu s vysokou přesností stálý, mechanicky odolný, velmi kontrastní a jinak nenapodobitelný popis. Vše probíhá v jediné krátké operaci bez použití chemických přísad a inkoustů nebo mechanických zásahů do struktury materiálu. Výška znaků je obvykle zlomky až jednotky milimetrů, tloušťka odpařené vrstvy materiálu je v řádu mikrometrů.

Laserem je možné označovat všechny materiály-kalené i nekalené oceli a litiny, titan, mosaz, bronz, hliník a jeho slitiny, slinutý karbid, zlato, keramiku, drahé kameny, plasty, dřevo, sklo, gumu, papír, kůži atd. Popisovaný povrch může být broušený, pískovaný, lakovaný, černěný, smaltovaný, opatřený povlakem chromu, zinku, keramickým povlakem apod. Laserem lze popisovat rovinné, válcové i jinak zakřivené plochy, a to i na málo přístupných místech. [7]

Existují dvě základní metody popisování laserem:

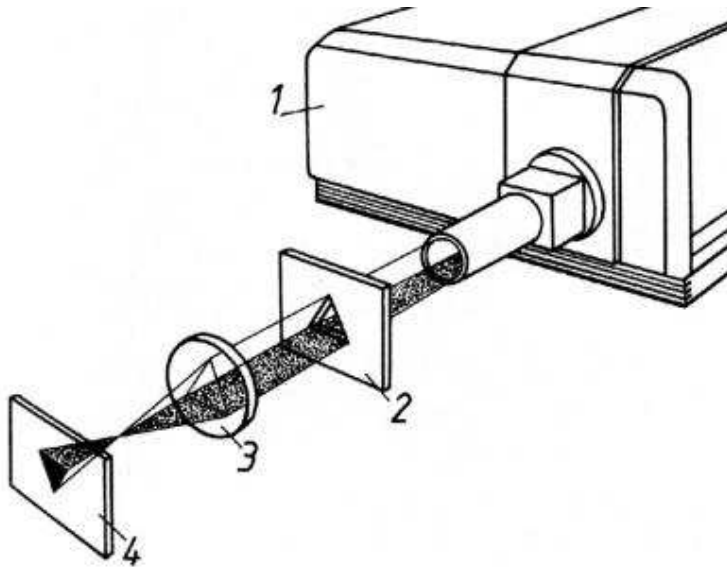
- Popis přes masku
- Popis vychylováním paprsku laseru

Popis přes masku

Celý text popisu je vyříznut v masce, která se vyrábí z mosazi, bronzu nebo ušlechtilé oceli. Paprsek laseru osvítí najednou nebo po řádcích masku, a tím je popis přenesen na výrobek.

Mezi výhody této metody patří jednoduchý popisovací systém, relativně malé pořizovací náklady a vysoká rychlost popisování (až 3 000 znaků za minutu).

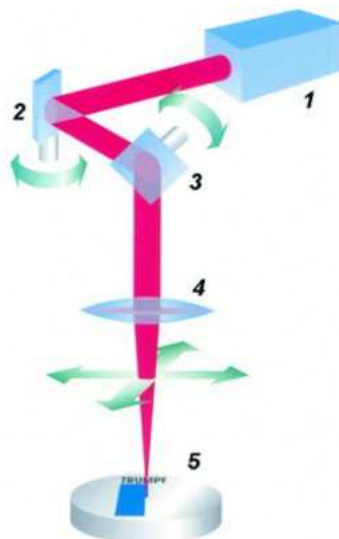
Hlavními nevýhodami jsou malé popisovací pole (10 až 40 mm²), poměrně horší kvalita popisu, malá flexibilita a vyšší náklady spojené se změnou popisu, neboť je nutné vždy vyrobit a vyměnit celou masku.



Obr. 11 Princip popisování součástí přes masku [7]

Popis vychylováním paprsku laseru

Paprsek vycházející z laseru je vychylován dvěma vzájemně kolmými zrcadly, jejichž pohyby řídí počítač. Většinou se používá u CO₂ laserů nebo Nd:YAG laserů. Při této metodě se dosahuje vysoká kvalita popisu s ohledem na jeho dokonalou čitelnost a kontrast. Významnou předností je vysoká operativnost a rychlost změny psaného textu, neboť jde pouze o provedení změny řídicího programu prostřednictvím počítače, čímž odpadá výroba a výměna masky.[7]



Obr. 12 Princip popisování součástí vychylováním paprsku laseru [7]

5.5 Gravírování laserem

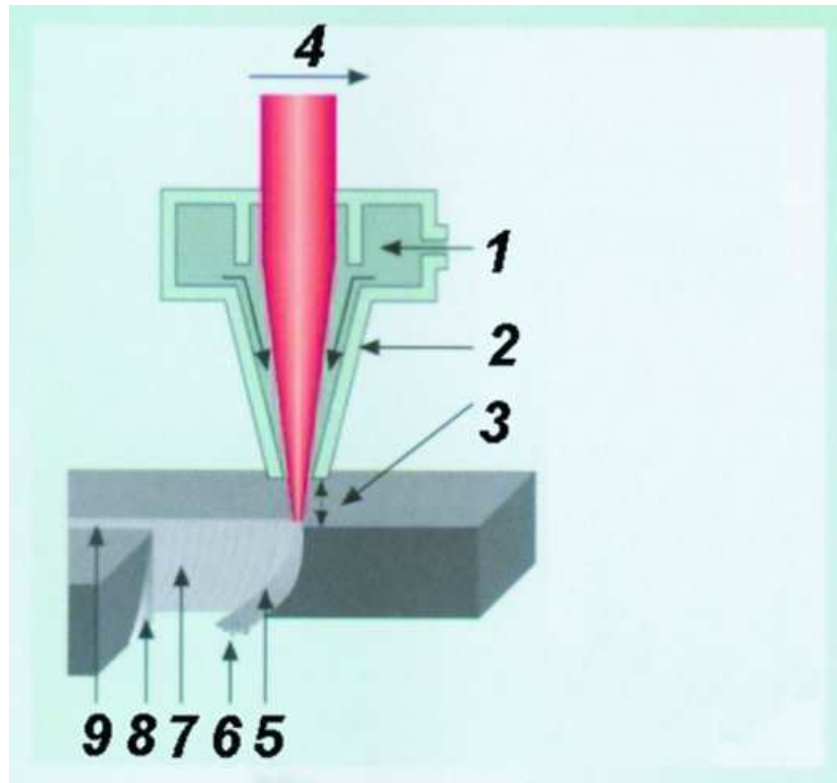
Změnou parametrů laseru lze spojitě přecházet od povrchového popisu v několikamikronové hloubce materiálu až po laserové gravírování do větší hloubky. Podstatou metody je odpařování materiálu v místě, kde působí paprsek laseru. Gravírování se používá pro vytváření jednoduchých i velmi složitých reliéfů, především do kalených ocelí (např. do forem pro stříkání plastů, zápusťek apod.), keramických materiálů, dřeva, gumy apod. Pro gravírování do kovových a keramických materiálů se používají především Nd:YAG lasery, pro gravírování do dřeva a gumy jsou vhodné CO₂ lasery. [7]



Obr. 13 Příklady výrobků -gravírování laserem [7]

5.6 Laserové řezání

Podstatou laserového řezání je snaha, co nejrychleji lokálně odpařit materiál za pomoci energie laserového záření při zachování co nejmenší oblasti zasažené tepelnými účinky. Při laserovém řezání se přivádí souosa s laserovým svazkem na místo řezání proud plynu. Při řezání se pohybuje buď laserový svazek po obrobku, nebo častěji obrobek vůči svazku. Rychlost řezu závisí na vlastnostech materiálu, jeho tloušťce a druhu přídavného plynu. Velmi efektivně lze laserovým svazkem řezat především materiály s malou tepelnou vodivostí. Tato technologie je prakticky nehlučná a bezodpadová, jen vznikající kouřové zplodiny je třeba odvádět. [5]



Obr. 14 Princip metody řezání laserem [7]

1- asistenční plyn, 2- řezací tryska, 3- pracovní vzdálenost trysky, 4- rychlost, 5- tavenina, 6- odtavený materiál, 7- stopy po paprsku laseru, 8- tepelně ovlivněná oblast, 9- šířka řezu

Mezi základní charakteristiky procesu řezání laserem patří:

- **rychlost řezání** - závisí na způsobu řezání, výstupním výkonu paprsku laseru, požadované kvalitě řezu, tloušťce a druhu řezaného materiálu.
- **kvalita řezu** - hodnotí se podle jakosti řezané plochy (dosahuje se Ra 3,2 až 12,5 mm) a tloušťky tepelně ovlivněné oblasti (bývá 0,05 až 0,2 mm).
- **šířka řezné spáry** - je dána druhem laseru, druhem a tloušťkou řezaného materiálu (bývá 0,02 až 0,2 mm). [7]

Metody laserového řezání lze rozdělit na:

- tavné
- oxidační
- sublimační

Tavné

U tavného řezání laserem se dělený materiál lokálně nataví a vzniklá tavenina se od základního materiálu odděluje proudem vysoce čistého inertního plynu, který se do místa řezu přivádí, ale na vlastním procesu řezání se nepodílí. Ve srovnání s ostatními metodami řezání laserem lze u tohoto způsobu docílit jen nižší řezné rychlosti. Laserový paprsek je jen velmi málo absorbován, proto je tento způsob vhodný především k vytváření nezoxidovaných řezů kovových materiálů (nerezových ocelí, hliníku, mosazi, mědi apod.). Použijeme-li jako inertní plyn dusík s vysokou čistotou a vysokým tlakem na trysce, jsou výsledkem řezání kovové lesklé řezné plochy, které nevyžadují žádné finální úpravy. V závislosti na kvalitě řezaného materiálu se mohou na spodní hraně řezu objevit otřepy, které je nutno odjehlit. [8]

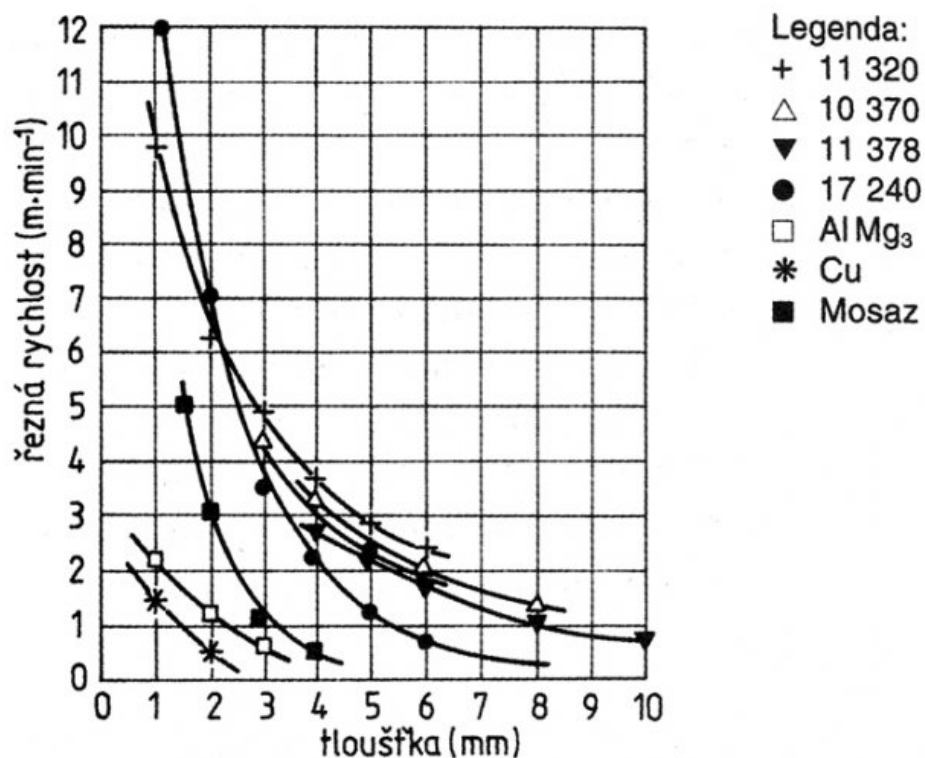
Oxidační

Oxidační řezání laserem se od tavného řezání liší pouze použitím kyslíku jako řezného plynu. Vzájemným účinkem kyslíku s roztaveným povrchem kovu vzniká exotermní reakce, která má za následek další ohřívání materiálu. Tento způsob není vhodný pro zhotovování ostrých geometrických tvarů, malých otvorů, apod. Určitým východiskem je přechod na pulzní provoz laseru, kdy se řezaný materiál v mezeře mezi jednotlivými pulzy ochladí a nenastává exotermní reakce. Dalším vylepšením kvality řezu je možné dosáhnout regulací výkonu laseru, který musí být optimalizován dle tloušťky materiálu. Řezná rychlost je pak omezena sníženým výkonem laseru. [8]

Sublimační

Sublimační způsob řezání, při kterém dochází k odpařování materiálu v místě řezu, se v dnešní době velmi málo používá. Pro minimalizaci tavné zóny, která vzniká na hraně řezu,

je nutná vysoká hustota energie laserového paprsku. Zároveň se musí kontrolovat tloušťka řezaného materiálu, která nesmí překročit průměr paprsku, aby páry materiálu znovu nezkondenzovaly a nesvařily řez. Tato omezení platí u materiálů, u nichž vzniká tekutá fáze. U materiálů, které se netaví, jako například dřevo nebo keramika, omezovací faktor tloušťky neplatí. Sublimační řezání vyžaduje pečlivé nastavení optiky v závislosti na tloušťce materiálu. [8]



Obr. 15 Závislost řezné rychlosti na tloušťce a druhu řezaného materiálu -1 500 W [7]

Parametry laserového zařízení

Pro proces řezání jsou důležité tyto parametry laserového zařízení:

- výkon laserového paprsku,
- transparence fokusační optiky (především její snižování se stárnutím optiky),
- ohnisková vzdálenost optiky,
- poloha ohniska ve vztahu k povrchové ploše obrobku.

Tepelně-fyzikální vlastnosti řezaného materiálu

Pro technologický proces řezání jsou rozhodující tyto tepelně-fyzikální vlastnosti materiálu:

- reflexivita řezaného materiálu rozhodující pro vlnovou délku laserového paprsku,
- hustota materiálu,
- tepelná kapacita,
- skupenské teplo tání,
- skupenské teplo výparné,
- tepelná vodivost,
- teplota tání,
- teplota vypařování,
- chemická energie vzniklá při reakci řezaného materiálu s kyslíkem,
- elektrický odpor materiálu.

Parametry řezného plynu

Pro proces řezání jsou důležité tyto parametry řezného plynu:

- druh plynu (kyslík, dusík, argon a směsné plyny),
- pracovní tlak,
- průměr trysky, kterou proudí řezný plyn,
- geometrie tvaru trysky.

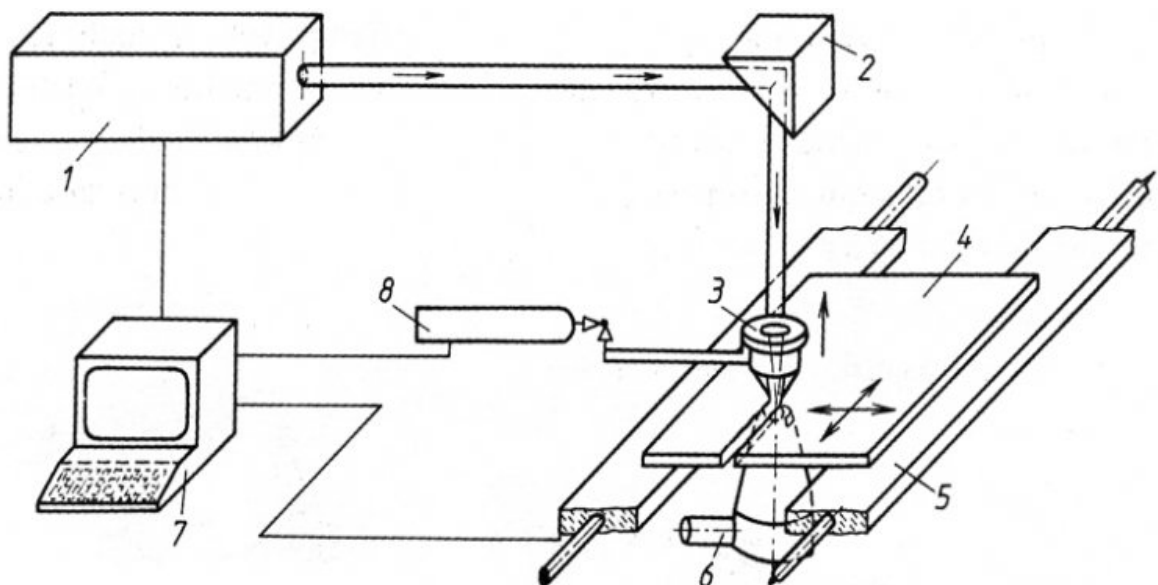
Tlak plynu a geometrie tvaru trysky ovlivňují kvalitu řezu, drsnost povrchu řezné plochy a tvorbu otřepů. Konvenční trysky mají kruhový, kuželovitě se rozšiřující otvor. Odstup trysky od materiálu musí být co možno nejmenší, aby plyn optimálně působil v řezné drážce. Na odstranění taveniny z drážky se podílí pouze ta část plynu, která do ní vstupuje. Proto se jeví výhodný průměr trysky přibližně rovný šířce řezné drážky řezu. Takto malý průměr se však brzy znečistí a znemožňuje další řezání. Spotřeba řezného plynu je závislá na průměru trysky a tlaku plynu. [8]

Výhody řezání laserem:

- malá šířka řezu,
- malá velikost tepelně ovlivněné oblasti,
- žádné opotřebení nástroje,
- čisté řezy,
- dosahuje se vysokých přesností,
- přípravné práce a seřizování jsou časově poměrně málo náročné,
- možnost řezání složitých tvarů,
- hospodárnost i při malých výrobních sériích. [1]

Nevýhody řezání laserem:

- vysoká pořizovací cena zařízení,
- malá účinnost s ohledem na celkový příkon zařízení,
- snížení efektivity procesu u řezání lesklých materiálů, u oceli s obsahem Si a P,
- přísná bezpečnostní opatření a náročnost údržby. [1]



Obr. 16 Schéma zařízení pro řezání laserem [7]

1- laser, 2- zrcadlo, 3- pracovní řezací hlava, 4- obrobek, 5- pracovní stůl stroje, 6- odsávání zplodin, 7- CNC řídicí systém.

Dále se níže podrobně věnuji popisu práce na laseru ILS 3NM . Porovnávám vyrobené zkušební vzorky z různých materiálů o různých tloušťkách a stanovím pro ně pracovní podmínky jak pro řezání, tak pro gravírování.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS LASERU ILS 3NM

Laserový systém ILS 3 NM je zařízení vhodné pro gravírování a řezání organických materiálů jako je dřevo, akryl, kov, sklo, guma, kůže, mramor / kámen, tkaniny, vinylové, laminované plasty a plastové fólie.[4] Kompaktní design tohoto laserového pracoviště představuje ideální volbu pro aplikace, kde se vyžaduje kvalitní značení. ILS 3 NM se připojuje stejně jednoduše jako laserová tiskárna (USB, paralelní port, LAN), je plně kompatibilní s Microsoft Windows. Zdrojem laserového záření je CO₂. Splňuje podmínky pro zařazení do třídy bezpečnosti 1. Rozměr pracovní plochy je 660 mm x 495 mm (formát A3-A0). Laser ILS 3NM zvládne malé i velké množství jakékoliv Windows grafiky jako je obraz, logo nebo text. To vše převede na již výše zmiňované druhy materiálů. Může tedy fungovat jako značení na různé dárkové předměty, štítky na trofejích, suvenýry, těsnění a další položky. Na trhu se objevuje toto zařízení ve třech výkonových variantách (30W, 60W a 100W). V našem případě stanovují řezné podmínky na laseru ILS 3NM o výkonu 100W.



Obr. 17 Laser ILS 3 NM [12]

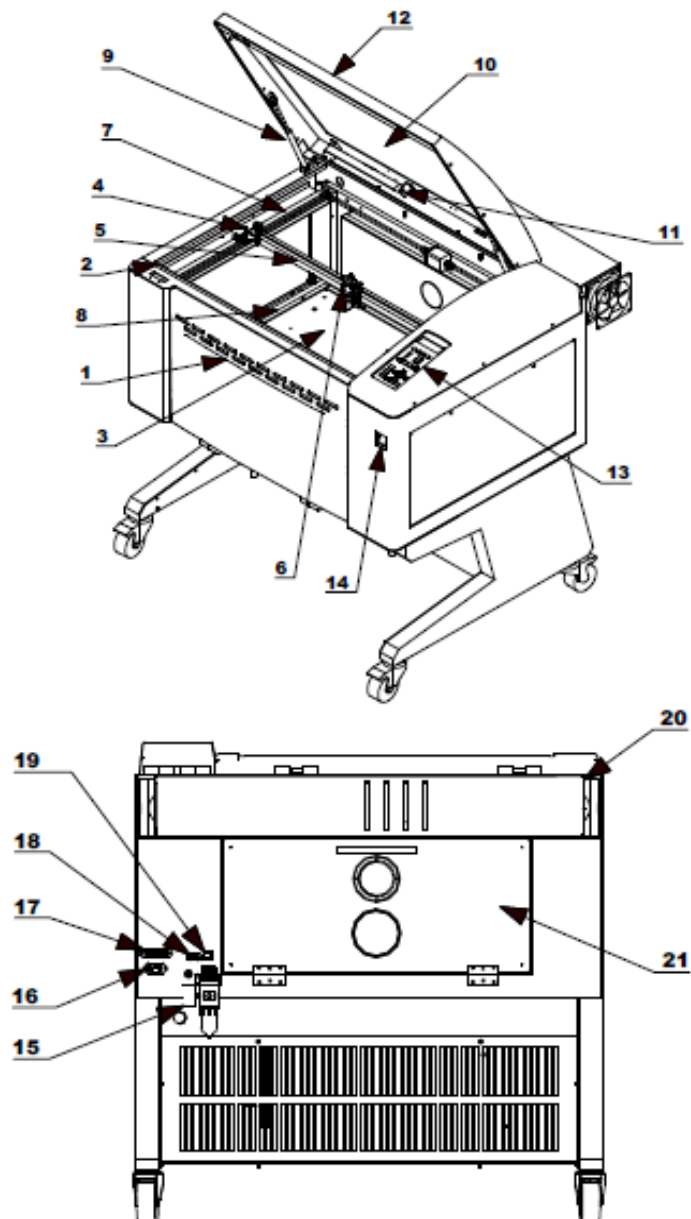
Technické parametry laseru ILS 3NM

V tabulce jsou uvedeny přesné technické parametry k laserovému zařízení. Popisuje například největší možnou tloušťku materiálu, velikost pracovní plochy, rozlišení, pracovní teplotu a podobně. Nabízí i možnosti volby příslušenství.

Vnější rozměry	900(D) x 865(H) x 990(V)
Pracovní pole (největší rozměr materiálu)	660 x 495 x 210(V) mm
Osa Z	210 mm
Vlnová délka	10,6 μ m
Chlazení	Vzduchové
Maximální rychlost značení	1524 mm/1s
Rozlišení	1000, 500, 333, 250, 200, 166
Auto Fokus	Standard
Červený naváděcí paprsek	Standard
Připojení	USB, LPT1, LAN
Připojení k PC	Kompatibilní s Windows softwarem (Cad, Corel, ...)
Paměť (buffer)	64 MB – max 99 souborů
Operační módy	Rastrové gravírování , vektorové řezání
Displej panel zobrazuje	seznam vzorů, síla laseru, gravírovací rychlost, čas průběhu, načtené soubory, nastavení a diagnostiku stroje
Příslušenství	Odfuk splodin, odsávání , kompresor, rotační osa, deska pro řezání (s odsáváním / bez odsávání) , speciální přípravek pro tvorbu razítek.
Připojení odsávání	Ø135 mm
Napájení	230V 50/60 Hz 10A
Pracovní teplota	15°C až 35°C

Obr. 18 Technické parametry [12]

Pro podrobnější seznámení s laserem ILS 3NM jsou v následujícím obrázku (Obr. 19) číselně označeny jednotlivé části zařízení.



Obr. 19 Popis zařízení [12]

1-přední dvířka, 2-zámek, 3-pracovní stůl, 4-reflektor, 5-rameno osy X, 6-zaměření čočky, 7-rameno osy Y, 8-pravítko, 9-držení dvířek, 10-okno dvířek, 11-osvětlení, 12-horní dvířka, 13-ovládací panel, 14-hlavní vypínač, 15-pojistka, 16-vstupní napájení, 17-parallelní port, 18-sériový port, 19-port LAN, 20-chladící ventilátor, 21-zadní dvířka.

7 METODIKA PRÁCE NA LASERU ILS 3NM

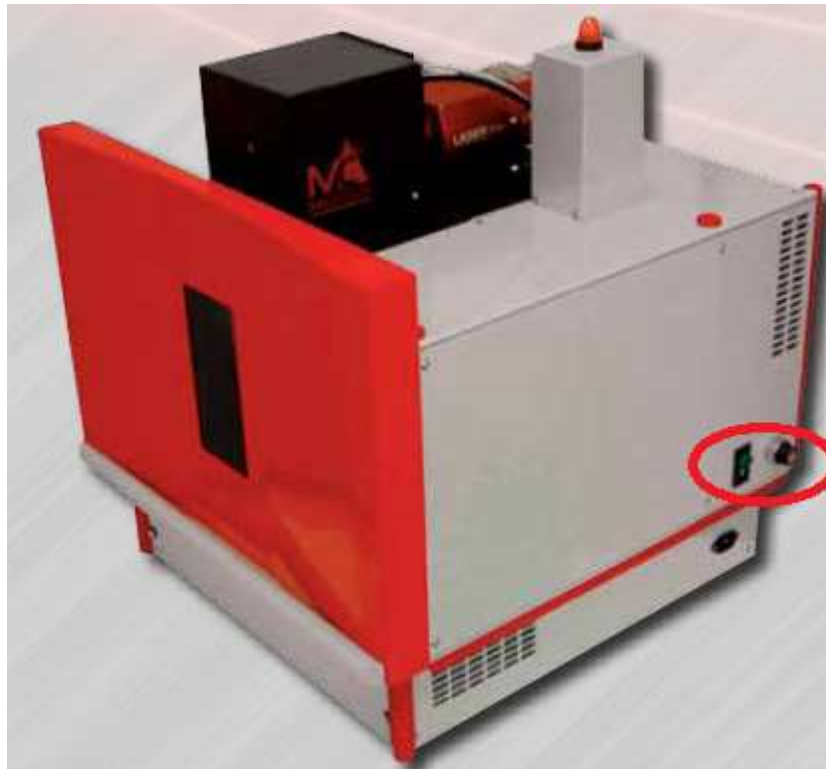
Pro práci s laserem ILS 3NM je třeba dodržovat následující sled operací v daném pořadí:

1. Aktivovat hlavní vypínač
2. Zapnout interní počítač
3. Umístit materiál na pracovní stůl
4. Fokusace pomocí tělíška
5. Příprava souboru v CorelDRAW
6. Nastavení síly, rychlosti, PPI a dalších parametrů
7. Odeslání souboru do ILS 3NM
8. Zapnout odsávání zplodin
9. Zapnout chlazení
10. Ujistit se, zda je soubor přenesen do paměti zařízení
11. Tlačítko Laser ON
12. Zpracování pomocí tlačítka RUN
13. Vypnout tlačítko Laser OFF
14. Vypnout odsávání zplodin
15. Vypnout chlazení
16. Vypnout hlavní vypínač
17. Vypnout interní počítač

Před samotným procesem lze odeslaný soubor vyzkoušet tlačítkem RUN, za předpokladu, že bude tlačítko v režimu Laser OFF. Můžeme tak někdy předejít různým potížím.

7.1 Obsluha zařízení

Dříve než začneme pracovat s laserem ILS 3NM je nutné pomocí hlavního vypínače, který se nachází v přední části laseru, zapnout stroj (Obr. 19, pozice-14). Je třeba chvíli počkat, než se celý přístroj připraví k práci a bude moci přijímat odeslané soubory k vyhotovení. Zároveň spustíme interní počítač, který zapneme stisknutím tlačítka ON za současného pootočení klíčku na Laseru Fibre-LF20T (Obr. 20). Před samotným procesem řezání nebo gravírování je velice důležité zapnout odsávání zplodin (černé tlačítko zezadu odsávacího zařízení) a chladicí zařízení.



Obr. 20 Laser Fibre-LF20T [14]

7.1.1 Ovládací panel

Ovládací panel pro laser ILS 3NM se nachází v pravé části vedle horních dvířek. Tento panel obsahuje LCD displej, světelné indikátory, spínač Laser ON/OFF a tlačítka k řízení procesů a pohybu (Obr. 21). Displej na panelu umožňuje zobrazení informací o souboru, parametrech laseru či nastavení pracovního stolu.

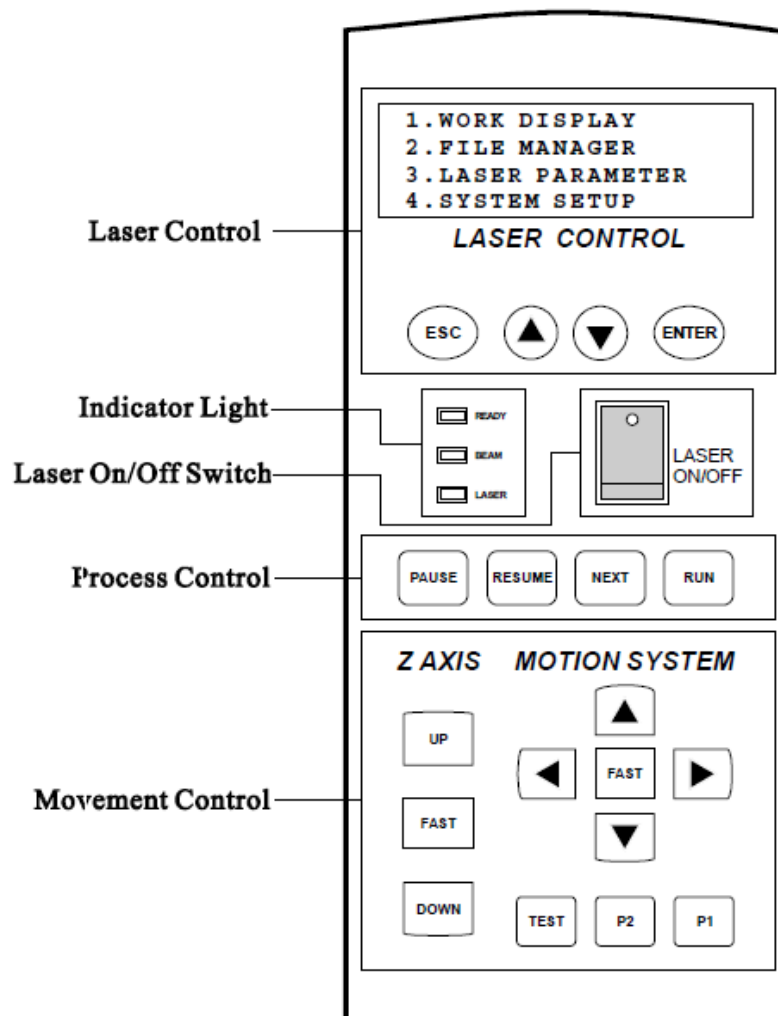
Pokud je přístroj zapnutý, na displeji se zobrazí základní nabídka:

1. WORK DISPLAY
2. FILE MANAGER
3. LASER PARAMETER
4. SYSTEM SETUP

V této nabídce se pohybuje pomocí čtyř tlačítek, která jsou umístěna pod displejem.

Jedná se o tlačítka ESC, ▲, ▼ a ENTER, která nám umožňují:

- Šipky ▲ a ▼ volí svislé položky.
- Tlačítko ENTER potvrzuje výběr vodorovných položek.
- Tlačítko ESC vrací krok zpět.



Obr. 21 Ovládací panel [13]

1. WORK DISPLAY

První řádek ukazuje zvolený soubor, z celkového počtu souborů, které byly odeslány z počítače k vyhotovení (přepínání mezi soubory v paměti pomocí tlačítka NEXT).

Druhý řádek udává, kolikrát laserové zařízení provedlo práci, celkový počet provedení a počet kopií na jedno pracovní místo.

Třetí řádek zobrazuje čas procesu a celkový čas potřebný pro zpracování zvoleného souboru.

Čtvrtý řádek ukazuje volné místo v paměti zařízení.



Obr. 22 Nabídka WORK DISPLAY

2. FILE MANAGER

První řádek zobrazuje číslo a název souboru (změna výběru souboru pomocí šipek).

Druhý řádek odstraní námi vybraný soubor z paměti zařízení.

Třetí řádek odstraní všechny soubory obsažené v paměti zařízení.

Nastavíme-li ve čtvrtém řádku režim **Single file** na ON, stroj si bude pamatovat vždy pouze poslední odeslaný soubor z počítače bez ohledu na to, kolik jich již bylo odesláno.



Obr. 23 Nabídka FILE MANAGER

3. LASER PARAMETER

Tato nabídka je určena pro servisního technika, který je pověřen provádět tyto změny.

4. SYSTEM SETUP

První řádek obsahuje konfigurační menu:

- Pravítko

Položka nabízí 3 možnosti nastavení: krok, palec a milimetry.

- Režim spánku

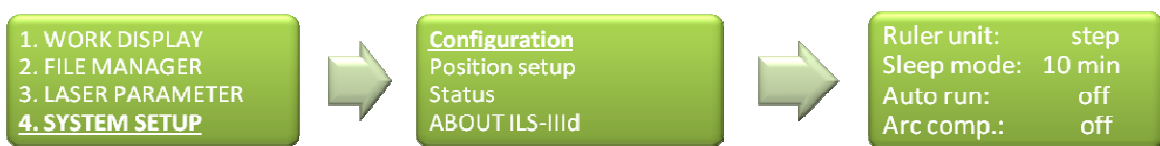
Tato funkce umožňuje automatické vypnutí laseru po určité době.

- Automatické spuštění

Spuštění procesu po odeslání souboru z počítače do paměti zařízení.

- Arc component

Funkce nastavuje přítomnost či nepřítomnost rotační součásti, která je nabízena k dokoupení jako příslušenství k laseru ILS 3NM.



Obr. 24 Nabídka SYSTEM SETUP-Configuration

Druhý řádek slouží k nastavení pozic:

- Úprava os X-Y

Můžeme specifikovat pozice P1 a P2.



Obr. 25 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup - Adjust X-Y axis

- Délka zaměření

Zde se provádí změna ohniskové vzdálenosti.



Obr. 26 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup - Focus Length

- Automatické zaostřování
- Výchozí postavení



Obr. 27 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup – X-Y homing

Třetí řádek zobrazuje polohu os X, Y a nabízí volbu výšky pracovního stolu v ose Z.

Výška pracovního stolu v ose Z může sloužit i pro fokusaci zařízení. Vyjedeme-li se stolem úplně nahoru a v řádku pro osu Z ubere o hodnotu dané tloušťky materiálu, provedeme totéž, jako kdybychom nastavovali fokusaci pomocí fokusačního tělíska.



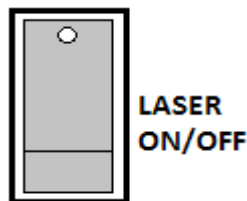
Obr. 28 Nabídka SYSTEM SETUP- Status

Čtvrtý řádek vypisuje informace o verzi firmware.



Obr. 29 Nabídka SYSTEM SETUP- ABOUT ILS-IIIId

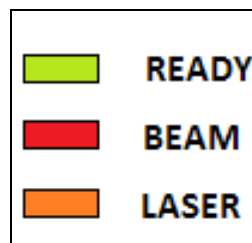
Na panelu se dále nachází tlačítko Laser ON/OFF, které slouží k zapnutí a vypnutí laserového paprsku. Vypnutím paprsku se nezruší předchozí nastavení zaostření. Proto je také používán jako bezpečnostní vypínač.



Obr. 30 Tlačítko LASER ON/OFF [13]

Vedle tlačítka Laser ON/OFF ukazují stav laseru tři indikační světla:

- Zelená kontrolka READY - systém je připraven k provozu,
- Červená kontrolka BEAM - bliká, je-li laserový paprsek v provozu,
- Oranžová kontrolka LASER - indikuje, zda je zapnuto tlačítko Laser ON.



Obr. 31 Indikační světla

Ve středu ovládacího panelu slouží tlačítka k řízení procesu:

- PAUSE

Pozastaví proces. Ten však nepozastaví ihned, ale najde vhodné místo k pozastavení práce. **Pokud chceme ukončit práci okamžitě, je lepší použít tlačítko Laser OFF.**

- RESUME

Pokračuje v přerušené práci tam, kde skončil.

- NEXT

Vybere další soubor ze seznamu odeslaných z počítače. Pokud během procesu stiskneme tlačítko PAUSE, přerušíme tím proces. Chceme-li v přerušném procesu pokračovat, stiskneme tlačítko RESUME. Další soubor načteme, stisknutím tlačítka NEXT dvakrát, protože pokud stiskneme tlačítko NEXT pouze jednou, posuneme přerušný soubor na jeho začátek.

- RUN

Spustí vybraný soubor.



Obr. 32 Řízení procesu [13]

Ve spodní části ovládacího panelu slouží tlačítka k ručnímu ovládní pohybu v osách X, Y a výšky pracovního stolu v ose Z.

Pro úpravu osy Z slouží tlačítka:

- UP

Pohybuje pracovním stolem nahoru.

- DOWN

Pohybuje pracovním stolem dolů.

- FAST

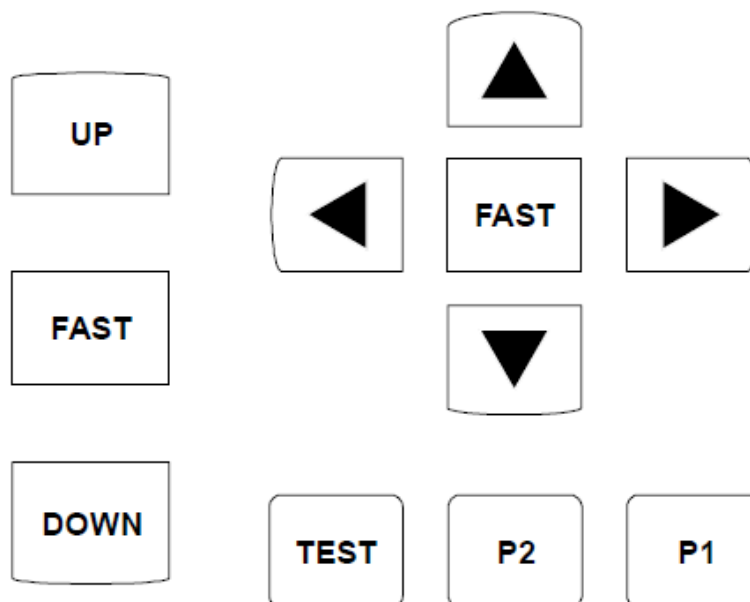
Současným stisknutím UP/DOWN spolu s tlačítkem FAST provedeme rychloposuv.

Pro úpravu os X a Y používáme:

- Šipky ▲, ▼ a ◀, ▶ (jemné nastavení polohy)
- FAST

Současným stisknutím šipky a tlačítka FAST provedeme rychloposuv.

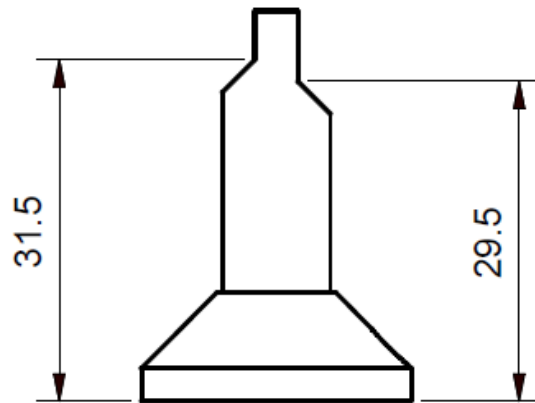
Tlačítka P1, P2 jsou přednastavené pozice od výrobce, které se dají přednastavit v menu SYSTEM SETUP.



Obr. 33 Ovládání pohybu v ose X, Y a Z [13]

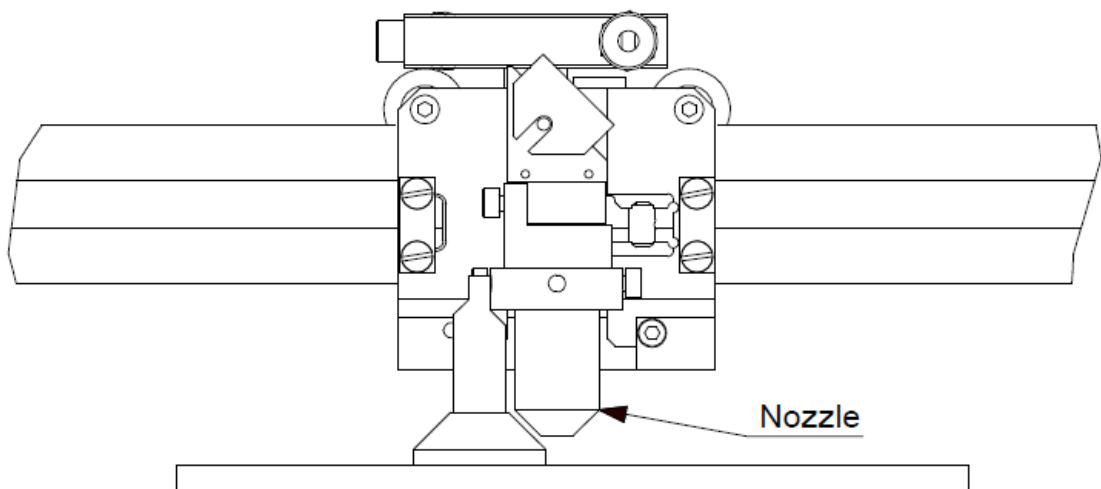
7.1.2 Zaostrování laseru (fokusace)

S použitím různé tloušťky materiálu se liší výška pracovního stolu a tím i zaostrění laseru. Je tedy třeba, při každé změně materiálu, provést fokusaci zařízení pomocí fokusačního tělíska.



Obr. 34 Fokusační tělísko [13]

Jakmile umístíme materiál na pracovní stůl, můžeme provést zaostrování. Nastavení provedeme tak, že fokusační tělísko postavíme na materiál a nižší ryska se musí dotýkat s hranou hlavy laseru (Obr. 35). Výšku stolu ve směru osy Z nastavíme nahoru pomocí tlačítka UP a dolů pomocí tlačítka DOWN. Polohu laserové hlavy ve směru os X a Y udáváme pomocí šipek na ovládacím panelu (Obr. 33).



Obr. 35 Zaostrování laseru [13]

7.1.3 Údržba

Optické komponenty laseru je nutno chránit před mechanickým poškozením, znečištěním a zaprášením. Z hlediska životnosti je proto nutná pravidelná údržba. Nedodržení by mohlo způsobit například nerovné řezání. Po každé práci by se mělo vykonat čištění. To se provádí pomocí vatových tyčinek a roztoku C_3H_8O (Iso-Propyl-Alkohol). Zplodiny, které vznikají, se usazují na čočce a následně může dojít k poškození. Z těchto důvodů je potřeba pracovní plochu zakrýt v místech, kde není umístěn materiál. Zlepší se tak odsávání zplodin i životnost optických komponentů.



Obr. 36 Údržba čočky

7.2 Příprava pracovního souboru

Pro přípravu souboru k vyhotovení používáme CorelDRAW. Jedná se o program pro práci s vektorovými obrázky. Nejenže v něm lze grafiku vytvářet, ale i již hotová díla upravovat.

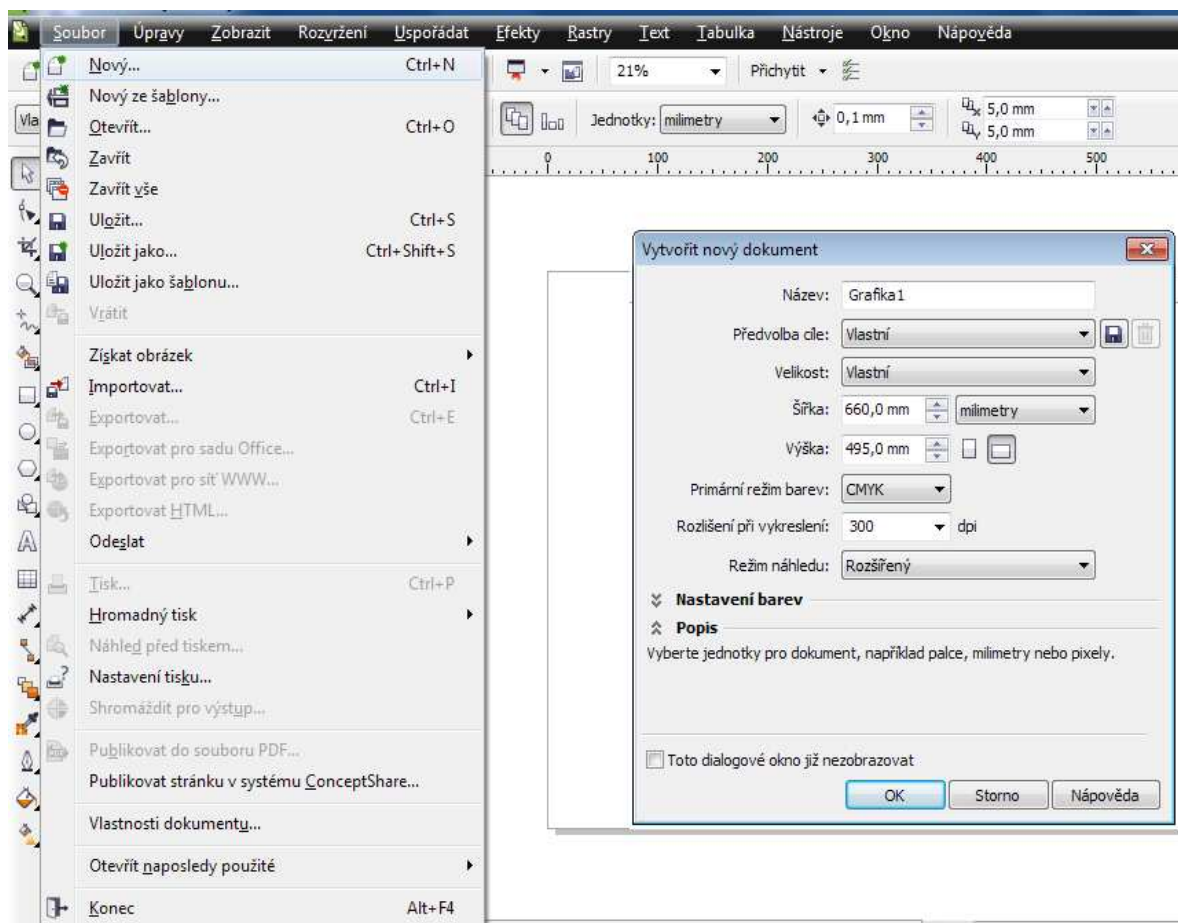
Možnosti tvorby

Po spuštění programu CorelDRAW máme hned několik možností pro tvorbu:

1. Vytvořit nový soubor
2. Otevřít již dříve vytvořený soubor
3. Import z programu CAD
4. Import obrázků

1. Vytvoření nového souboru

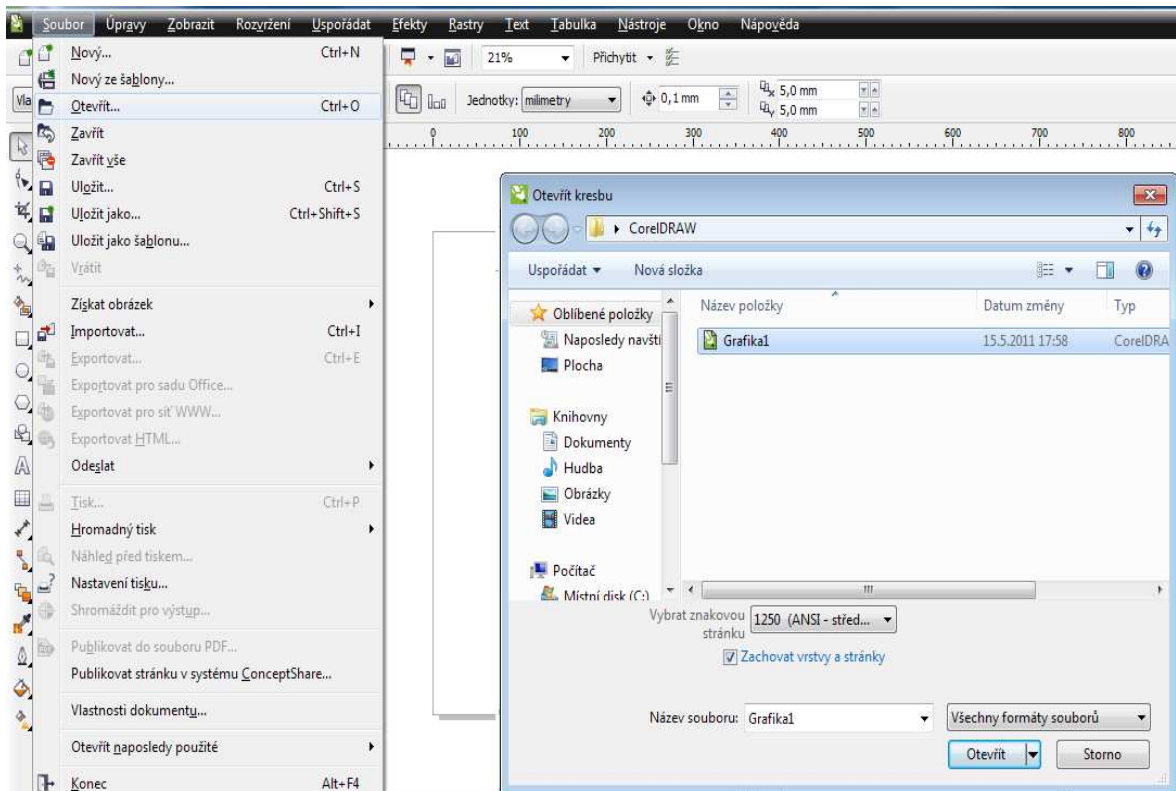
Vytvoření nového souboru provedeme kliknutím na panel na nabídku **Soubor** → **Nový** a zadáme rozměry pracovní plochy. V našem případě se jedná o již výše zmiňovanou pracovní plochu o rozměrech 660 mm x 495 mm. Následně se nám otevře nový soubor s pracovní plochou, do které můžeme začít kreslit.



Obr. 37 Nový soubor

2. Otevření souboru

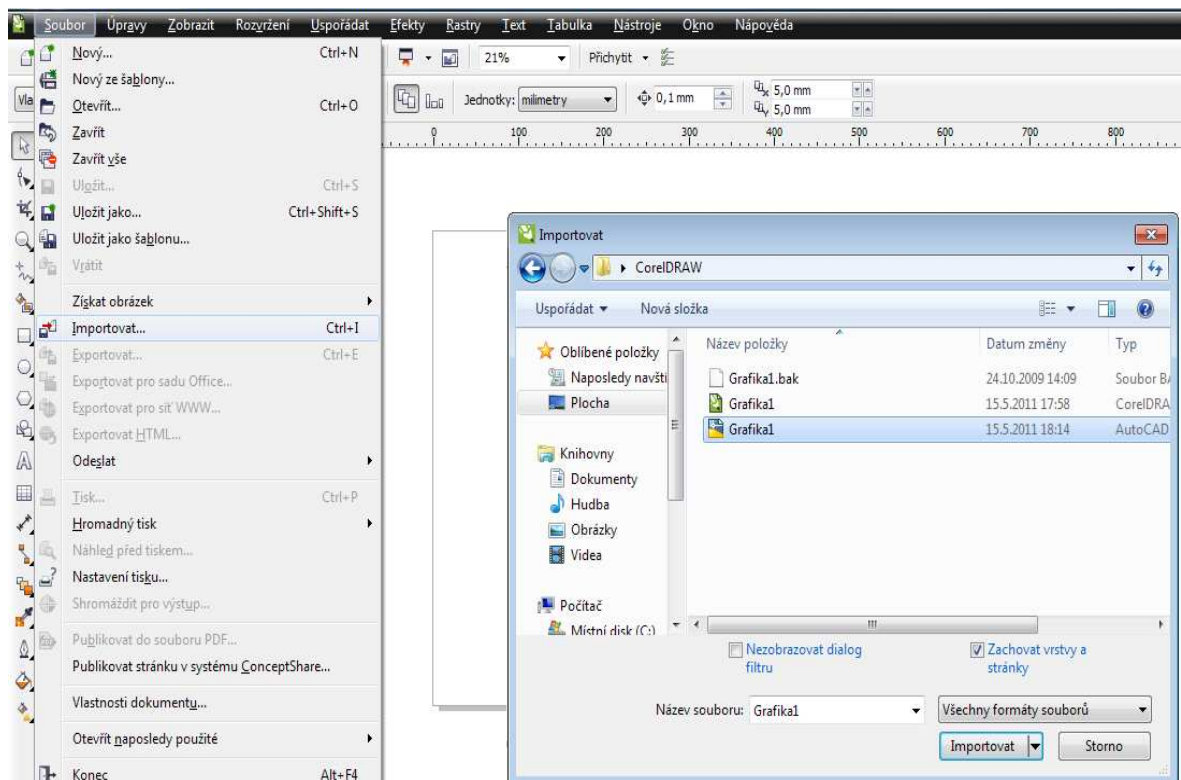
Soubor, dříve vytvořený, otevřeme kliknutím na panel na nabídku **Soubor** → **Otevřít** a vybereme jeho umístění. Po otevření můžeme soubor dále upravovat nebo odeslat k tisku.



Obr. 38 Otevření souboru

3. Import z programu CAD

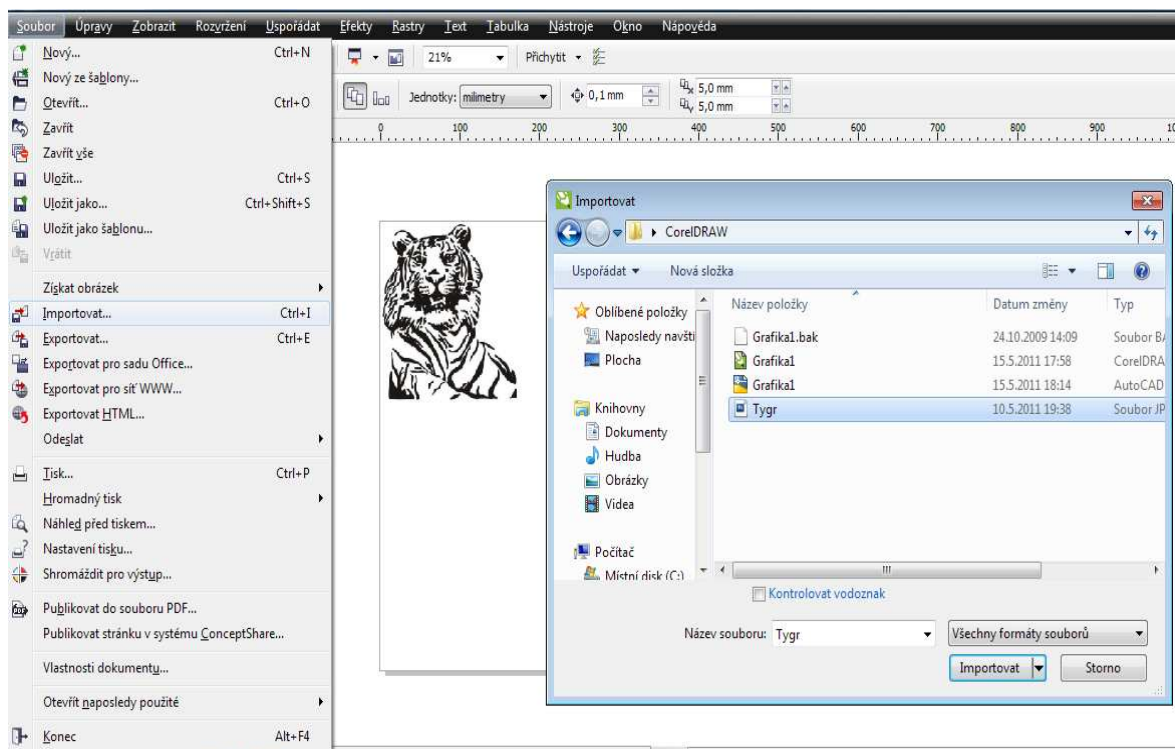
Pokud byl požadovaný polotovár narýsován v programu CAD, je zde možnost importu do programu CorelDRAW. Soubory ale musí být uloženy ve formátu DXF. Soubor se vloží jako celek. Chceme-li ho dále upravovat, je třeba použít funkci **Převést na křivky** (kliknutím pravým tlačítkem myši na vložený celek). Soubor z programu CAD vložíme kliknutím na panelu na nabídku **Soubor** → **Importovat** a vybereme umístění.



Obr. 39 Import souboru z programu CAD

4. Import obrázků

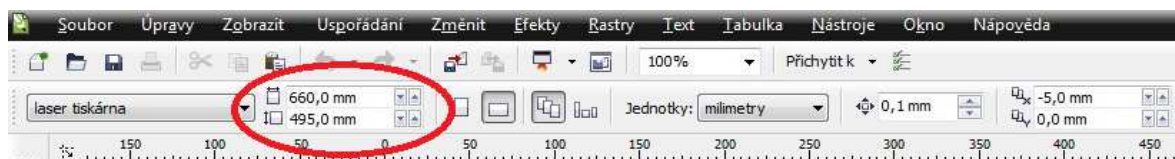
Předem připravený obrázek v rastrovém formátu lze vložit do programu CorelDRAW. Po vložení se však již nedá dále upravovat. Velice důležité je, aby obrázek byl v dobrém rozlišení (větší jak 96 dpi) a v barvách, které laser dokáže přečíst (podrobněji popsáno v podkapitole 7.2.4 Barevné rozlišení). Do programu ho vložíme kliknutím na panelu na nabídku **Soubor** → **Importovat** a vybereme umístění.



Obr. 40 Import obrázku

7.2.1 Nastavení velikosti pracovní plochy

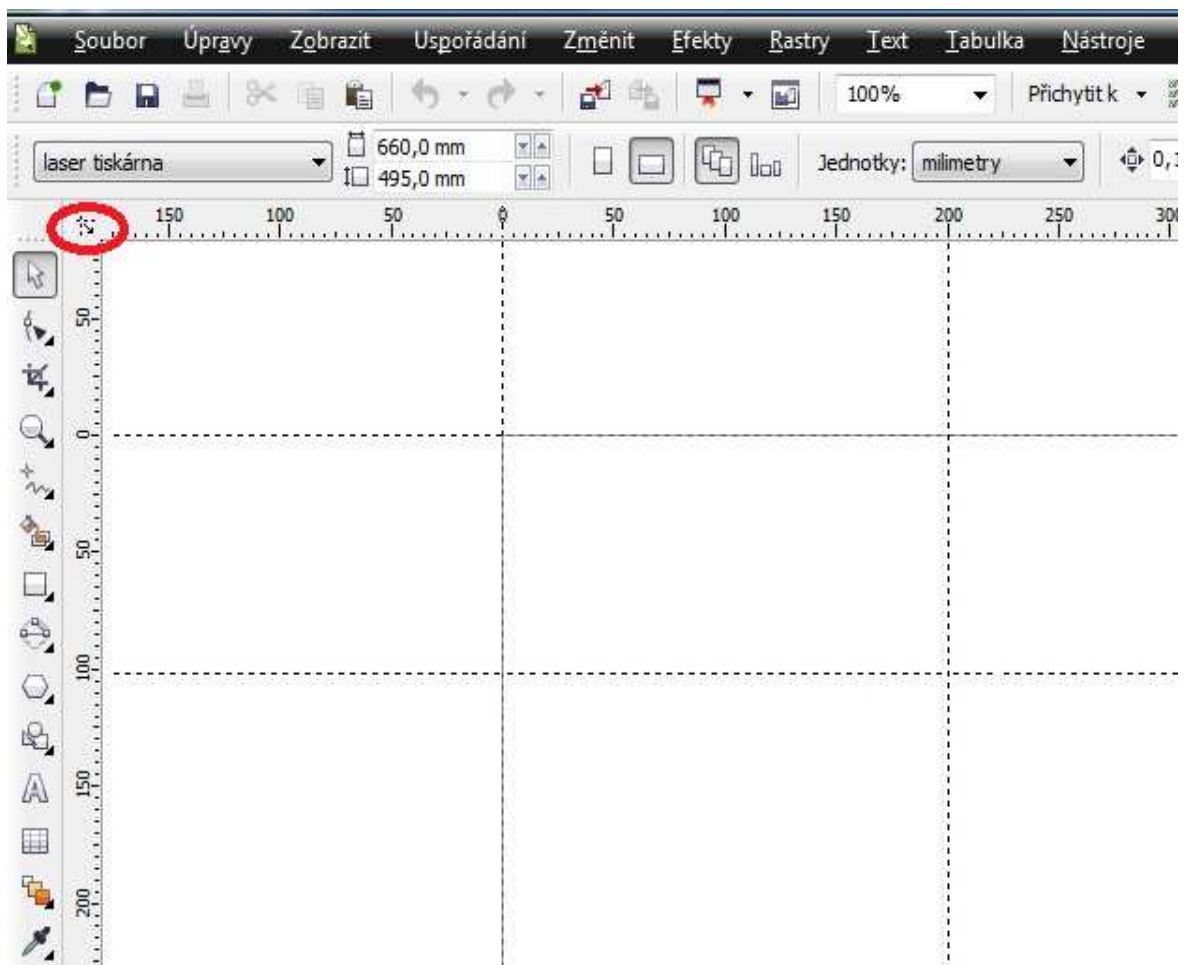
Na začátku práce je třeba vždy přesně nadefinovat velikost pracovní plochy laseru, do níž budeme umisťovat vybraný obrázek či kreslit. V našem případě je velikost pracovního stolu 660 mm x 495 mm. Pokud jsme nezadali rozměry při vytváření nového dokumentu, provedeme změnu rozměrů kliknutím na volné místo na bílé ploše a vypíšeme hodnoty do řádků (Obr. 41).



Obr. 41 Velikost pracovní plochy

7.2.2 Definování počátku pracovní plochy

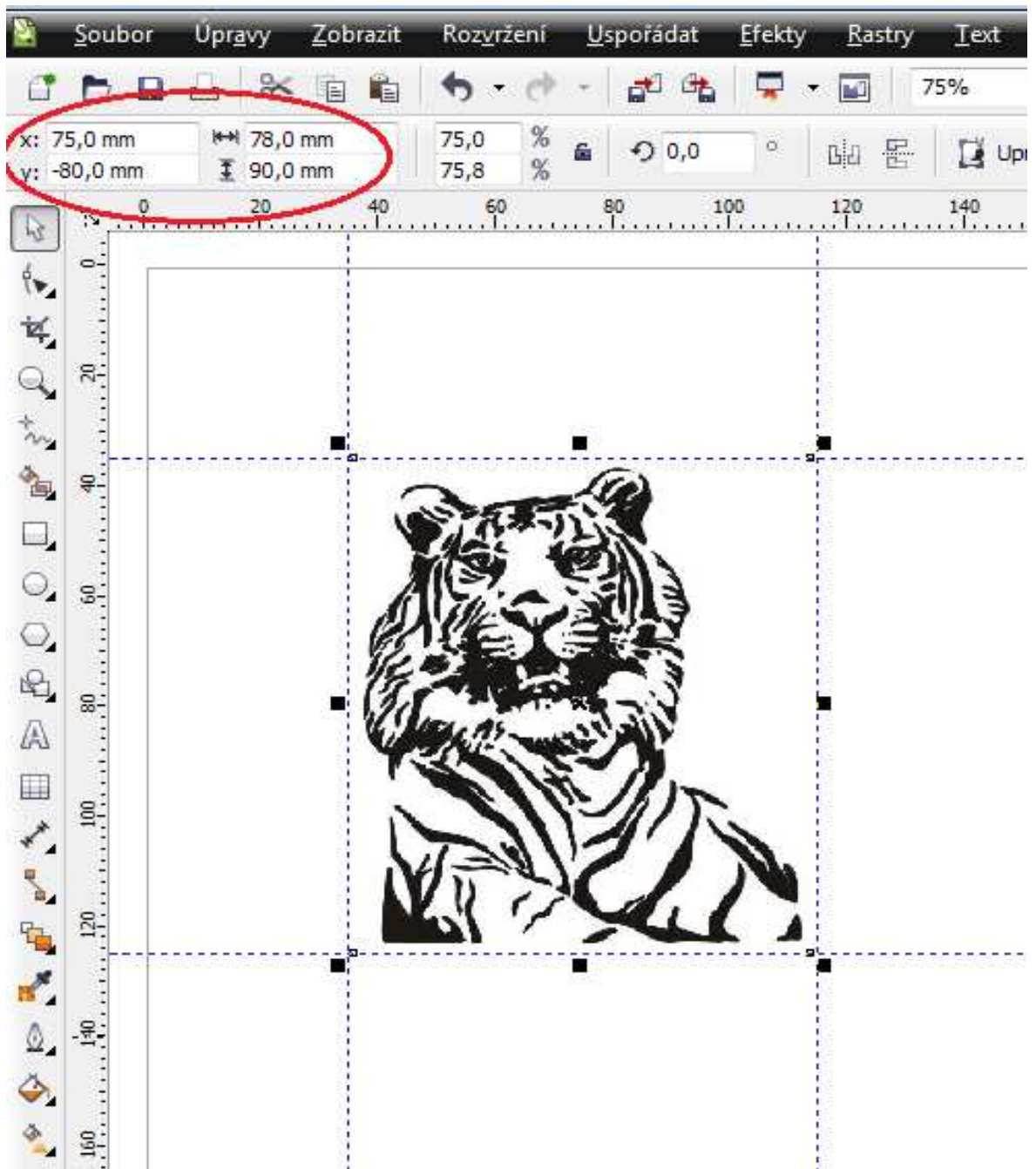
V důsledku přehlednosti a přesnosti je lepší zadat počátek pracovní plochy. Souřadnice bodu [0,0] vytvoříme přetažením ikonky na požadované místo pracovní plochy. Přetažením svislého a vodorovného pravítka můžeme vytvořit pomocné čáry, které nám pomohou při práci a nadefinování polohy a rozměrů polotovaru.



Obr. 42 Počátek pracovní plochy

7.2.3 Nastavení polohy a rozměru polotovaru

Polohu obrázku nebo nakresleného polotovaru lze v ose X a Y nadefinovat zadáním hodnot do jednotlivých řádků (Obr. 43). Vedle těchto řádků lze nastavit velikost (šířku a výšku) polotovaru v jaké má být vyhotoven.











Obr. 43 Nastavení polohy a rozměrů polotovaru

7.2.4 Barevné rozlišení

Laser ILS 3NM používá osm barev:

- černá
- červená
- zelená
- žlutá
- modrá
- purpurová
- azurová
- oranžová

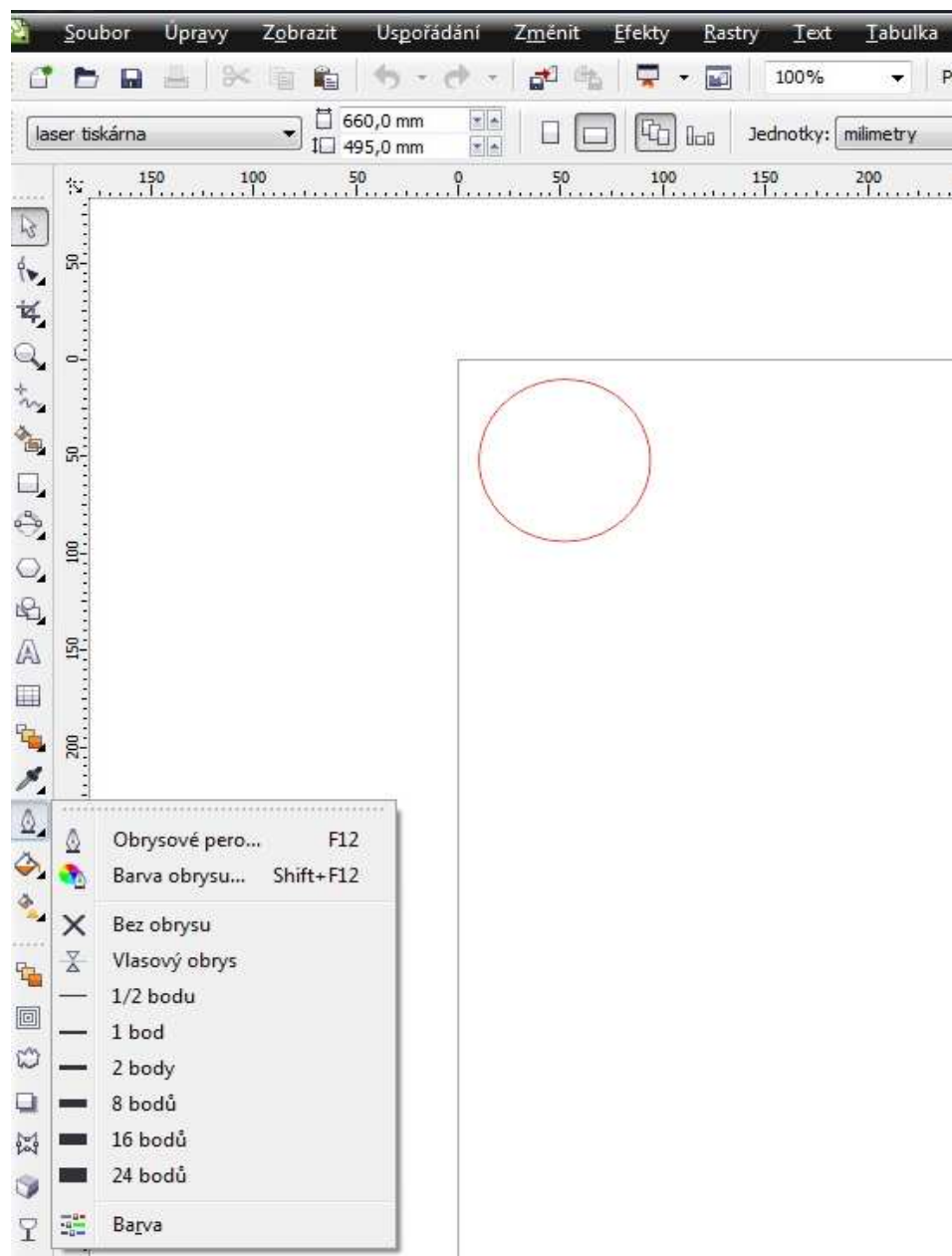
V grafickém programu můžeme používat pouze tyto barvy, protože ostatní druhy barev není laser schopen přečíst. Aby nedošlo k záměně barev, jsou na obrázku (Obr. 44) zobrazeny RGB hodnoty jednotlivých barev. Účel těchto barev může být různý. Pokud chceme například vyřezávat různé oblasti materiálu o různých hloubkách, nebo ušetřit čas a vytvořit tak najednou několik kopií, popřípadě pokud chceme některé oblasti řezat a jiné gravírovat. V neposlední řadě lze také pomocí barev rozlišit oblasti s různými řeznými podmínkami a tím zjistit ideální řezné podmínky pro zvolený materiál (podrobněji popsáno v Kapitole 8).

	BARVA	RGB		
		Červená	Zelená	Modrá
	Černá	0	0	0
	Červená	255	0	0
	Zelená	0	255	0
	Žlutá	255	255	0
	Modrá	0	0	255
	Purpurová	255	0	255
	Azurová	0	255	255
	Oranžová	255	128	0

Obr. 44 Barevné rozlišení RGB palety

7.2.5 Řezání

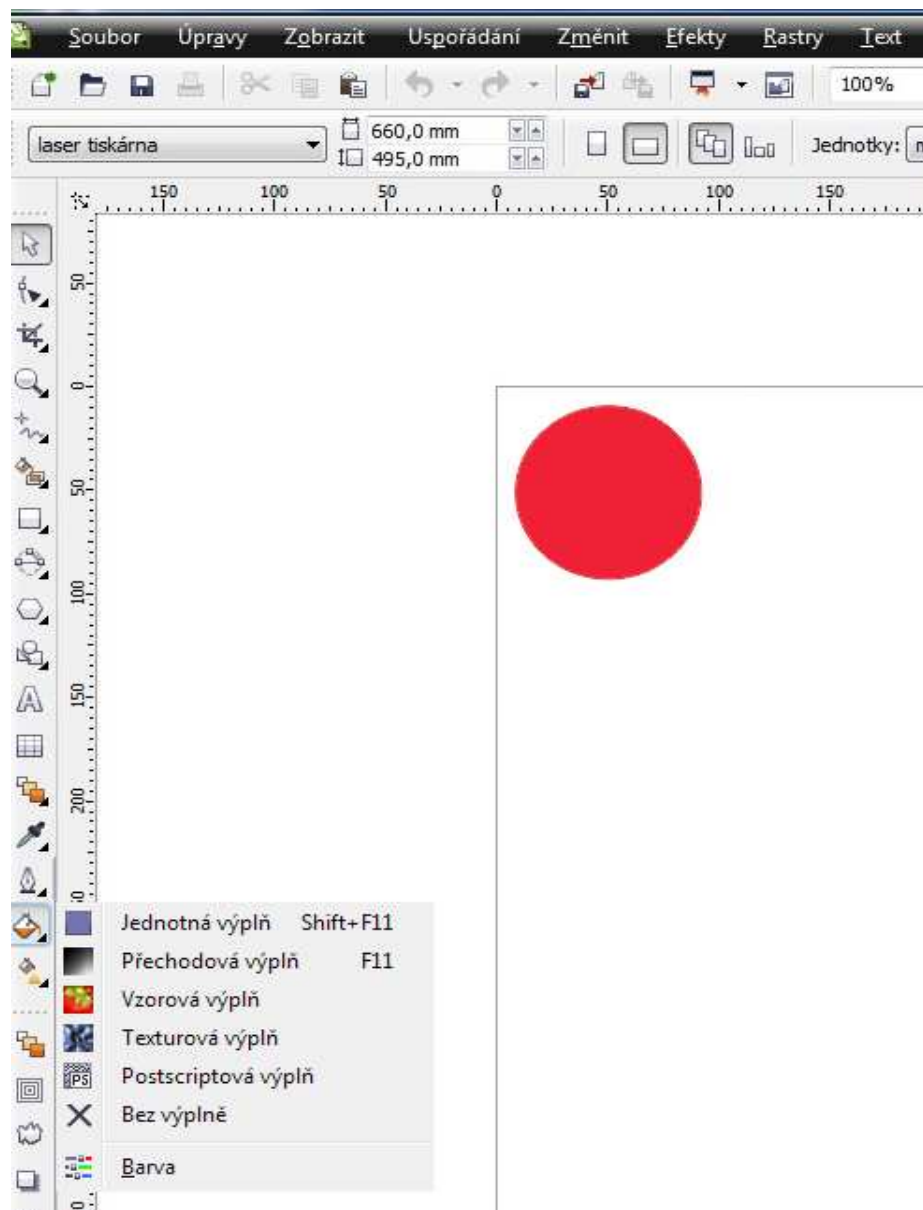
Pro proces řezání slouží ikona **Vlasového obrysu**. Díky tomuto příkazu bude laser pálit obrys po nakreslené trajektorii. Vybereme tedy objekt (v našem případě kruh), který má být vyřezán. Poté klikneme na ikonu **Obrysově pero** → **Vlasový obrys** a nakonec zadáme **Barvu obrysu**, ke které máme přiřazené řezné podmínky. Při výběru 1/2 bodu, 1 bod, 2 body a tak dále, bude laser pálit přes sebe o námi zvolenou hodnotu. Pro řezání materiálu laserem není vhodné nic jiného než **Vlasový obrys**.



Obr. 45 Řezání

7.2.6 Gravírování

Chceme-li připravený obrazec gravírovat, je třeba vyplnit objekt jednotnou výplní. Klikneme na **Nástroj výplň** → z nabídky vybereme **Jednotná výplň** → přiřadíme řezné podmínky pomocí příkazu **Barva**. Křivka při gravírování by měla být uzavřená. Zde je důležité v nabídce **Obrysově pero** → zvolit **Bez obrysu**. Pokud však obrys chceme nechat součástí obrazce, výše zmiňovaný postup neprovádíme.



Obr. 46 Gravírování

7.3 Nastavení pro laserový tisk

Laserový tisk se provádí ve dvou režimech:

- rastrový
- vektorový

Rastrový režim

V rastrovém režimu se laser pohybuje sem a tam po pracovní ploše. Sepíná pouze pokud je přítomna grafická oblast. Je-li v prostoru obsažena bílá barva, tak se vypne. Používá se pro gravírování. Chceme-li například vytvořit obrys kruhu, musí laser přejíždět sem a tam až tisíckrát. Z celkové doby jízdy přitom sepne jen velmi málo.

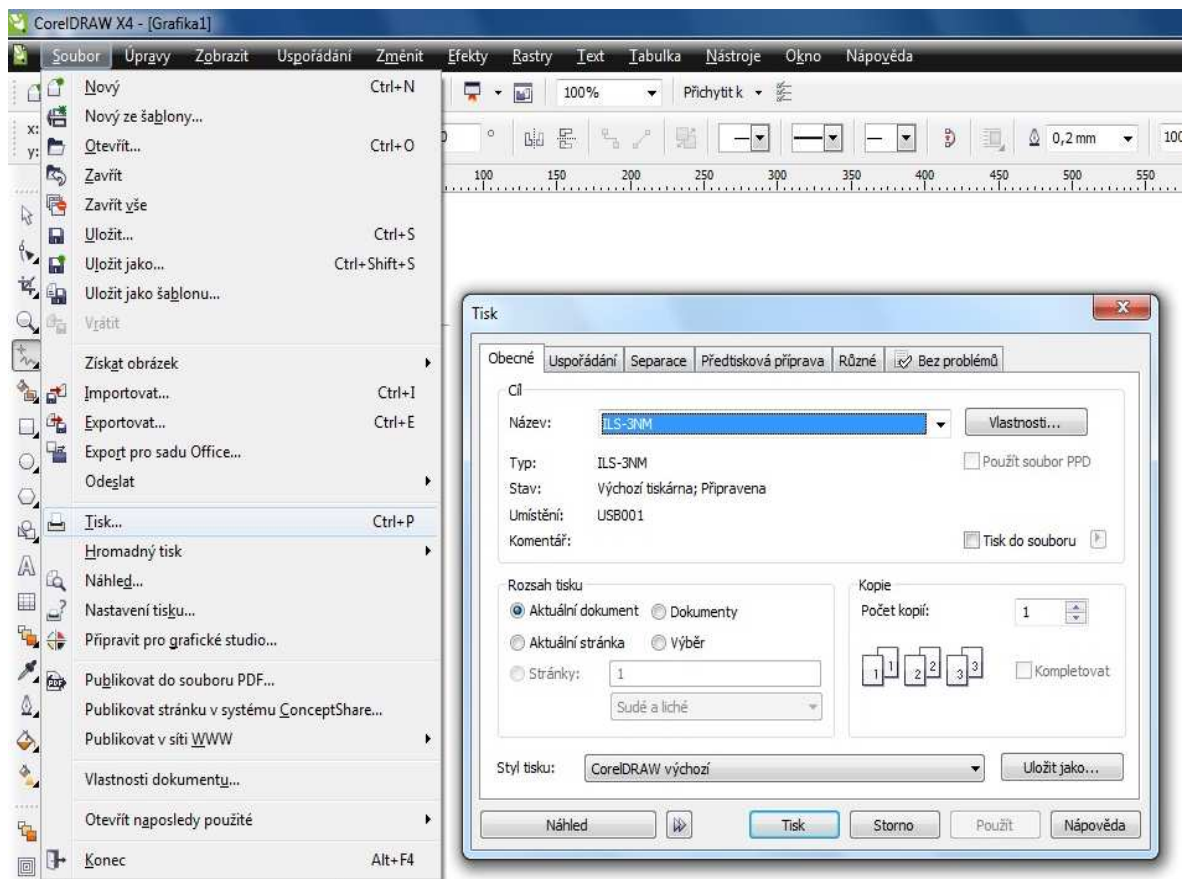
Vektorový režim

Ve vektorovém režimu laser pálí konkrétní cestu nadefinovanou grafickým programem. Používá se pro vypalování. Je-li cesta kruh, laser vypálí pouze trajektorii obrysu. Z těchto dvou nabízených režimů je vektorový režim mnohem rychlejší než rastrový.

Při vytváření souboru je rastrová grafika vytvořena jako první a pak následuje vektorová grafika. V praxi to vypadá tak, že například u kruhu s obrysem a výplní se nejdříve vyplní vnitřek a poté laser objede obrys kruhu. V případě, že se v grafickém programu překrývají dva rastrové obrázky, laser vyhotoví pouze vrchní objekt.

7.3.1 Odeslání souboru do ILS 3NM

Odeslání souboru do paměti zařízení ILS 3NM patří ke konečným fázím přípravy výroby. Připravený soubor odešleme k tisku kliknutím na panelu na nabídku **Soubor** → **Tisk** otevře se nám okno, kde může dále nastavit parametry tisku.

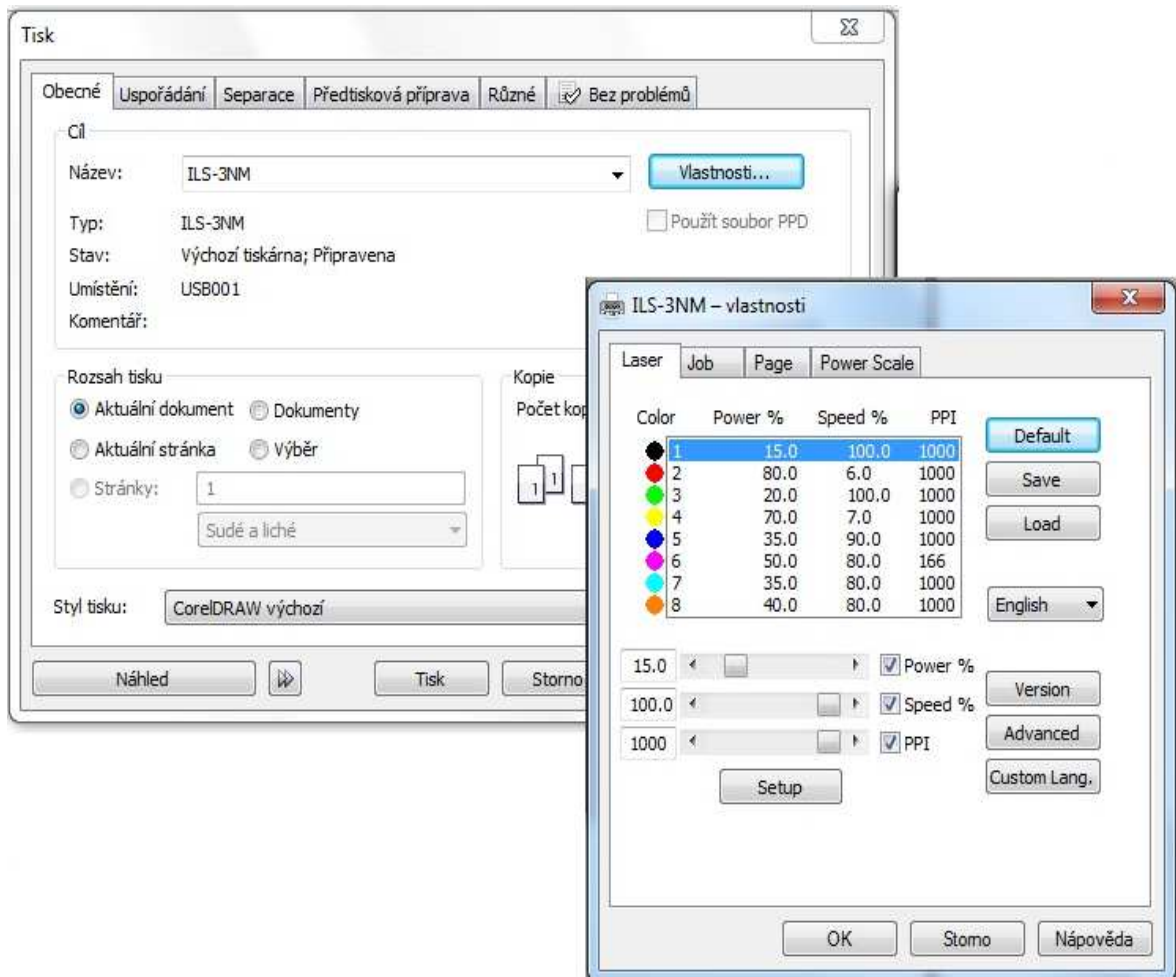


Obr. 47 Okno nastavení parametrů k tisku

7.3.2 Nadefinování řezných podmínek

Před samotným odesláním souboru k vytvoření je třeba nadefinovat řezné podmínky. Kliknutím na panelu na nabídku **Soubor** → **Tisk** → **Vlastnosti** se nám otevře okno, kde se nabízí hned osm barev k nadefinování. Ke každé z těchto barev může být přiřazen odlišný výkon (power), řezná rychlost (speed) a PPI (puls na palec). V případě laserového řezání a gravírování změna PPI upravuje hustotu, s jakou se obraz vypaluje, přičemž 1 palec je 2,54 cm. Barvy se tisknou v předdefinovaném pořadí, tak jak jsou vypsány. Například černá plocha bude vytvořena první, pak červená oblast, pak zelená, a následující. Použijeme-li

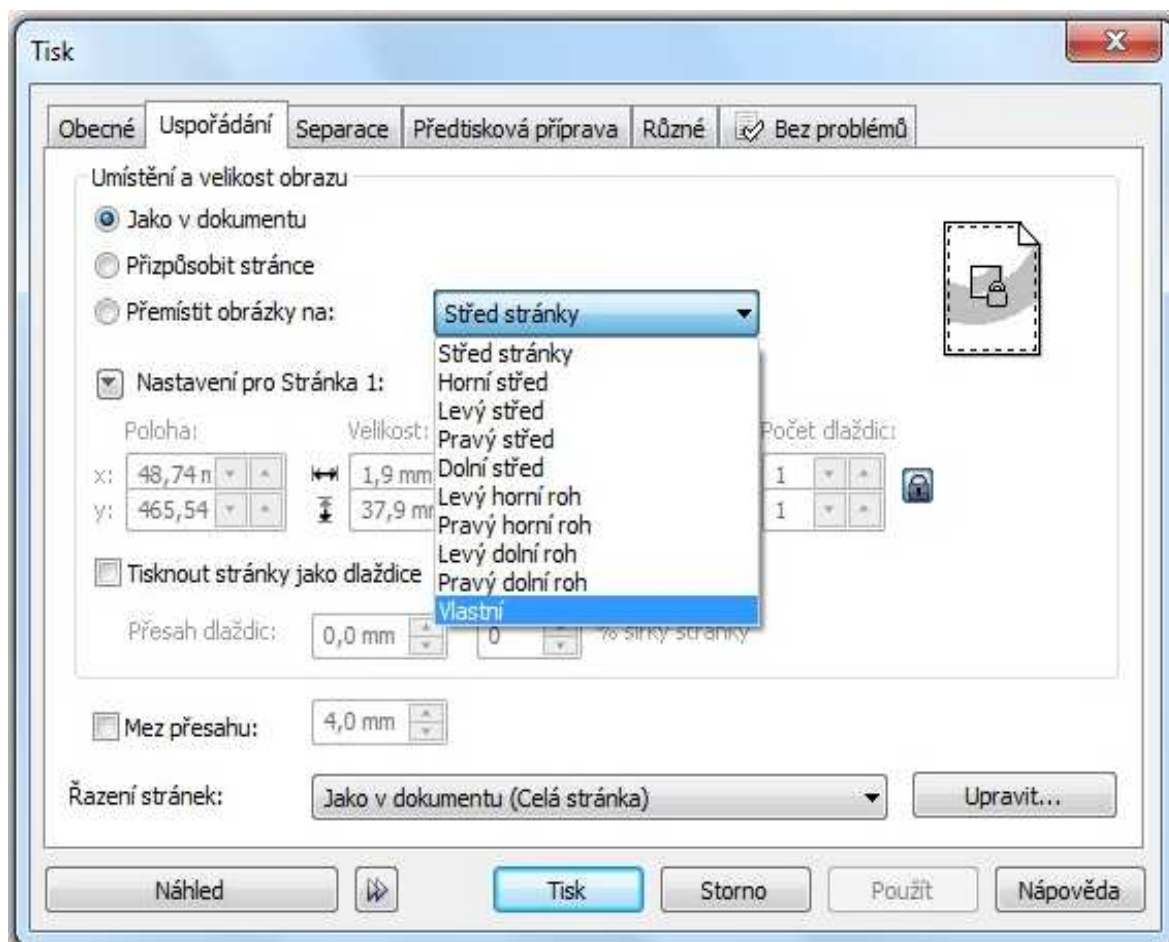
jinou barvu než z osmi předdefinovaných, laser si zvolí sám automaticky nejbližší možný odstín. V tomto případě však nemůžeme očekávat přesné výsledky.



Obr. 48 Nadefinování řezných podmínek

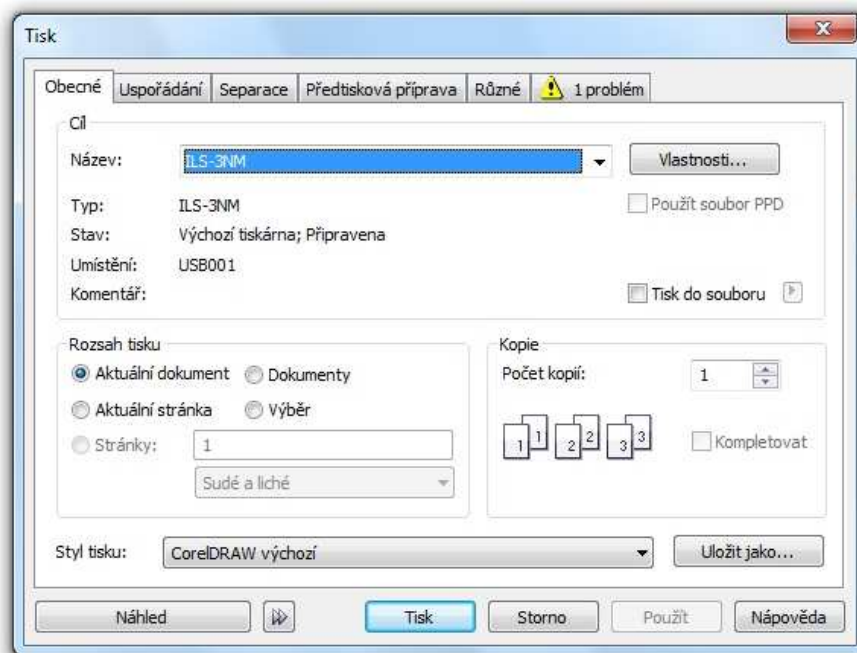
7.3.3 Umístění obrazu

Umístění obrazu na stránce upřesníme v záložce **Uspořádání** → vybereme odrážku **Jako v dokumentu** → a z nabídky zvolíme jednu z možností. Kliknutím na tlačítko **Náhled** lze umístění obrazu zkontrolovat.

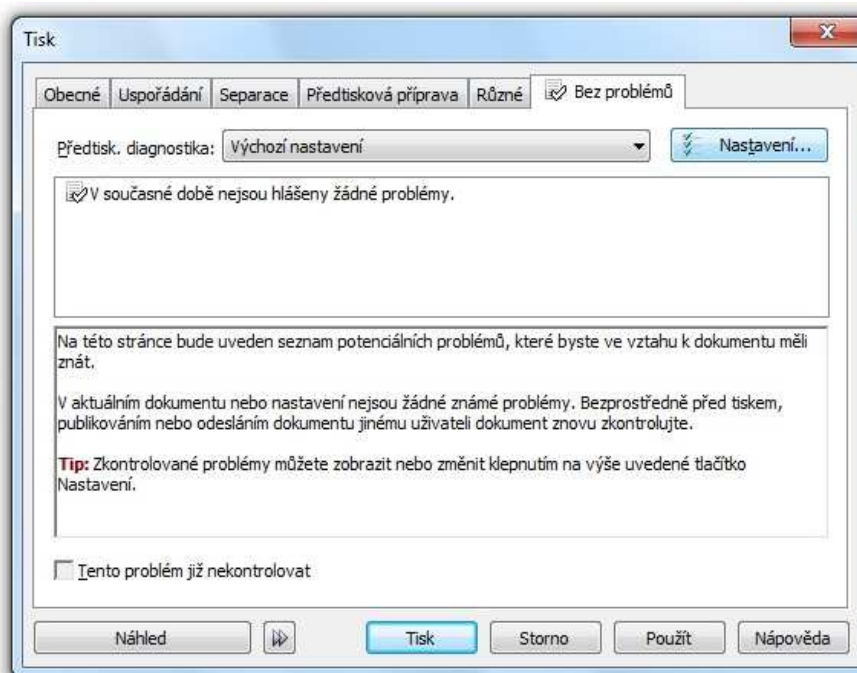


Obr. 49 Umístění a velikost obrazu

Pokud se obraz nachází mimo nadefinovanou pracovní plochu, počítač hlásí před tiskem v poslední záložce **1 problém** (Obr. 50). Zařízení nesouhlasí s tím, že by páliło mimo pracovní prostor. Proto je nutné obraz posunout. Tím by se měl problém vyřešit a v poslední záložce se objeví hláška **Bez problémů** (Obr. 51). Někdy se také vyskytuje problém při odeslání rastrového obrázku. Hlásí, že obraz má nízkou hodnotu dpi (jednotka pro rozlišení grafických souborů musí být větší než 96 dpi).



Obr. 50 Problém před tiskem

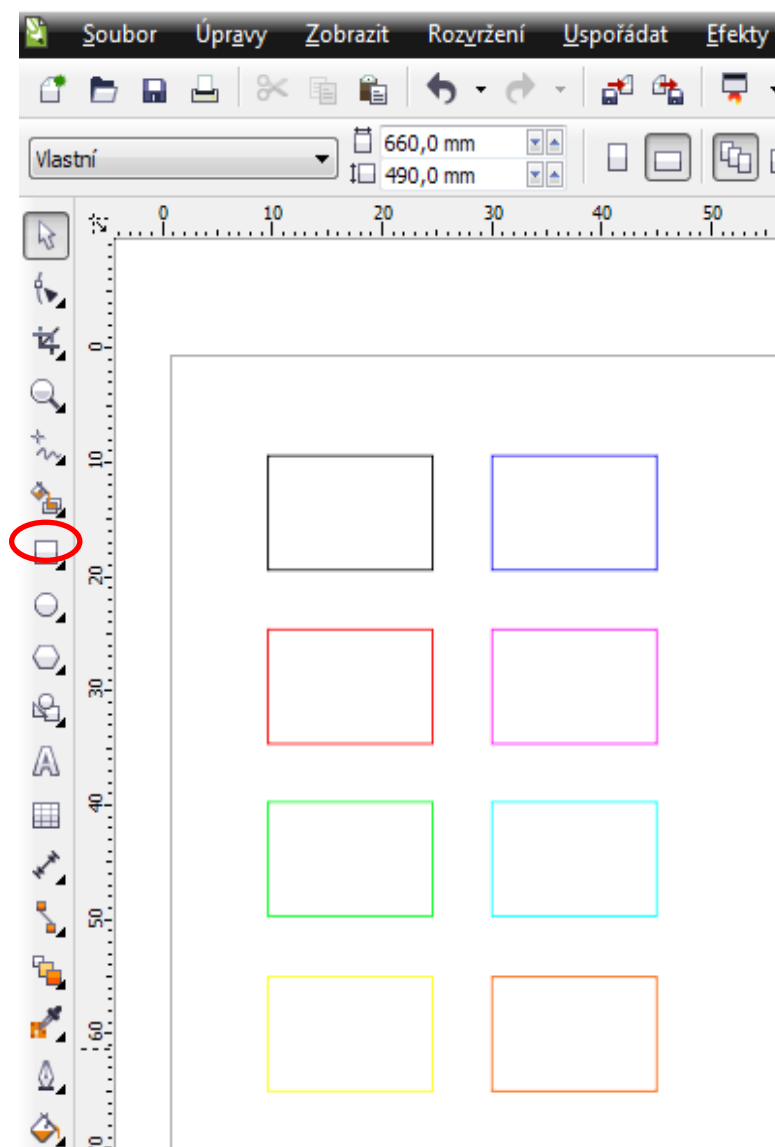


Obr. 51 Bez problémů

Jsou-li všechny parametry nastaveny správně, kliknutím na tlačítko **Tisk** odešleme soubor do paměti laseru ILS 3NM, kde bude čekat na zpracování.

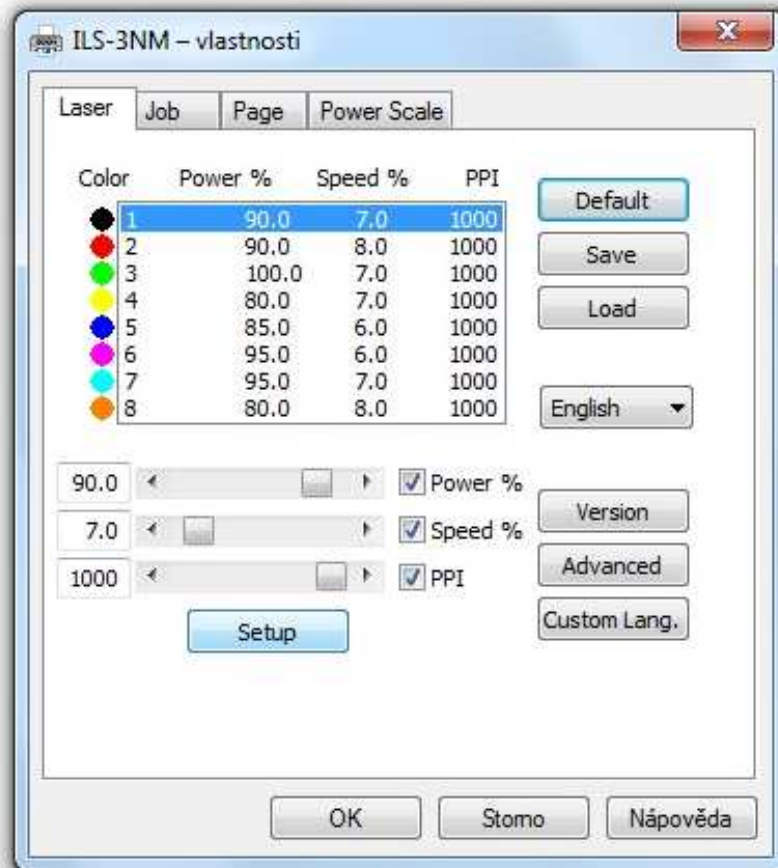
8 STANOVENÍ ŘEZNÝCH PODMÍNEK

Při stanovování řezných podmínek je nutno využít možnosti osmi barev, které laser ILS 3NM využívá. Máme-li kroky 1-4 (popsány v Kapitole 7) provedeny, přejdeme k přípravě souboru v programu CorelDRAW. Vytvořila jsem vzorkovník, který se skládá z osmi barevných obdélníků (Obr. 52). Z okna nástrojů vybereme **Nástroj obdélník** a tažením myši nakreslíme požadovaný tvar. Stejným způsobem nakreslíme dalších sedm shodných obrysů. Pro každý obdélník nadefinujeme **Vlasový obrys** a odlišnou **Barvu obrysu**.



Obr. 52 Výroba vzorkovníku

Před tiskem klikneme v okně **Tisk** na **Vlastnosti** a ke každé z barev zvolíme různé řezné podmínky (Obr. 53) a nastavíme v záložce **Uspořádání** umístění na pracovní plochu (Obr. 49). Připravený vzorkovník odešleme, kliknutím na **Tisk**, do paměti laseru.



Obr. 53 Volba řezných podmínek

Jakmile se soubor načte do paměti laseru, ohlásí se zvukovým tónem (pípnutím). Soubor je připraven k vyhotovení. Z nabídky **Work display** na ovládacím panelu vybereme pomocí tlačítka **NEXT** odeslaný soubor. Zapneme odsávání zplodin, chladicí zařízení a tlačítko **Laser ON**. Nakonec stisknutím tlačítka **RUN** spustíme proces řezání.

Pokud se nám nepodaří najít ty správné řezné podmínky, které požadujeme, pokračujeme stejným způsobem dál.

Vzniklé vzorkovníky mohou sloužit, jako orientační k dalším použitým tloušťkám, pro stejný materiál.

9 POROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ PRACOVNÍCH PODMÍNEK

Řezné podmínky jsem stanovila pro tyto materiály:

- Polyakrylát (plexisklo)
- Dřevo
- Modelářská balza
- Papír

Polyakrylát

Tento druh materiálu jsem zkoumala v osmi tloušťkách - 2, 4, 5, 6, 8, 10, 15 a 20 mm.

Polyakrylát o tloušťce 2 mm byl zkoušen s ochrannou fólií i bez ní. Ukázalo se, že přítomnost fólie na vzorku nemá žádný vliv na stanovení řezných podmínek. Její funkce je pouze ochranná. Díky ní nedochází při manipulaci k poškrábání a k vytvoření obrysů roštu na materiál při řezání. Pro tuto tloušťku byly nejlepší podmínky vybrány s 50 % výkonem a 12 % rychlostí. Vypadlý vzorek byl bez dožluta zbarveného opalu a s čistým řezem.

Polyakrylát o tloušťce 4 mm měl nejideálnější řezné podmínky se 70 % výkonem a 7 % rychlostí. Vzorek neměl žádné známky tečení, hrany rovné a bez opalu.

Tloušťka 5 mm byla nejlépe prořezána při 80 % výkonu a 5 % rychlosti. Bez jakéhokoliv poškození.

Polyakrylát o tloušťce 6 mm byl propálen při 90 % výkonu a 5 % rychlosti. Ze zkoušených podmínek vyšlo, že pokud zvýším rychlost, materiál se nepropálí. Totéž platí při snížení výkonu.

Při 90 % výkonu a 3 % rychlosti se propálila tloušťka 8 mm. Zde už je na povrchu materiálu vidět vypálený rošt, ale tomu se dá zabránit použitím ochranné fólie, která se na zkoušeném materiálu nenacházela.

Při 100 % výkonu a 2 % rychlosti vypadl vzorek z materiálu bez problému u tloušťky 10 mm.

U tloušťky 15 a 20 mm se už vyskytovaly problémy. Zkoušené vzorky sice byly prořezány a z materiálu vypadly, ale hrany byly zborcené, nerovné a objevil se zde náznak tečení.

V tabulce (Tab. 1) jsou šedou barvou vyznačeny řezné podmínky, které by se měly brát pouze orientačně. Nejsou zcela ideální, ale lepší řezné podmínky nenajdeme, protože byl použit maximální výkon.

Tab. 1 Řezné podmínky - polyakrylát

Materiál	Tloušťka [mm]	Power/Speed [%]
Polyakrylát (plexisklo)	2	50/12
	4	70/7
	5	80/5
	6	90/5
	8	90/3
	10	100/2
	15	100/1
	20	100/0,8

Dřevo

Tento materiál jsme zkoumali v tloušťkách- 4, 5, 10 a 16 mm.

Tloušťka 4 mm a 5 mm byly prořezány za stejných řezných podmínek. Vzorek propadl při 30 % výkonu a 5 % rychlosti.

Při 90 % výkonu a 4 % rychlosti byla propálena tloušťka 10 mm. Tyto podmínky byly nejméně ideální. Vzorek propadl materiálem s nejmenším opalem.

Dřevo o tloušťce 16 mm bylo prořezáno při 100 % výkonu a 2 % rychlosti.

Modelářská balza

Tento materiál jsme zkoumali pro tloušťky 1 a 6 mm.

U tloušťky 1 mm byl nejdříve stanoven nejideálnější 40 % výkon a 80 % rychlost. U dalšího pokusu na tento materiál ovšem při daných řezných podmínkách k propálení materiálu nedošlo, proto byl raději zvolen vyšší výkon a nižší rychlost. Výsledná řezná podmínka pro tuto tloušťku materiálu nakonec byla stanovena s 50 % výkonem a 70 % rychlostí, Vzorek byl bez opalu a dalších vad.

Pro tloušťku 6 mm byl materiál propálen při 25 % výkonu a 10 % rychlosti.

Papír

K dispozici jsme měli tloušťku 0,2 a 1 mm.

U tloušťky 0,2 mm se jednalo o speciální papír pro laserové zařízení. Pro tento druh byly vyzkoušeny řezné podmínky, kde došlo k propálení při 35 % výkonu a 90 % rychlosti. U daného materiálu byla zkoušena také změna PPI (puls na palec). Při nejvyšší hodnotě PPI (1000 PPI) došlo k propálení materiálu, zato u nejnižšího PPI (166 PPI) k úplnému propálení materiálu nedošlo.

Papír o tloušťce 1 mm byl propálen s 80 % výkonem a 50 % rychlostí. Okolí kde se vzorek páčil, bylo mírně opálené. U této tloušťky se totiž nejednalo o výše zmiňovaný speciální papír pro laserové zařízení.

Tab. 2 Řezné podmínky - dřevo, modelářská balza a papír

Materiál	Tloušťka [mm]	Power/Speed [%]
Dřevo (překližka)	4	30/5
	5	30/5
	10	90/4
	16	100/2
Modelářská balza	1	50/70
	6	25/10
Papír	0,2	35/90
	1	80/50

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že u polyakrylátu a dřeva s rostoucí tloušťkou zpravidla výkon roste a rychlost klesá.

U modelářské balzy a papíru je zapotřebí volit vyšší rychlosti, aby nedocházelo ke zbytečnému opalu materiálu. Jedná se totiž o měkké materiály

Pro stanovení nejideálnějších řezných podmínek bylo zapotřebí vyzkoušet mnoho různých kombinací výkon/rychlost. S každým materiálem a jeho tloušťkou se totiž řezné podmínky liší. To je způsobeno například výrobou materiálu (dřevo obsahuje léta a různá lepidla, nestejnorodý povrch plexiskla apod.) Získané hodnoty jsou proto s každým novým materiálem pouze orientační. V tomto případě je lepší na daném materiálu napřed vyzkoušet stanovené řezné podmínky.

Gravírování

Podmínky pro gravírování byly stanoveny pro polyakrylát a sklo s 20 % výkonem a 60 % rychlostí. Obraz byl jemně vygravírován na povrchu materiálu bez problémů. U polyakrylátu je nutné, v místě kde se bude gravírovat, odstranit ochrannou fólii. Tam kde nedochází ke gravírování, fólii můžeme ponechat. Nedojde tak k vytvoření obrysů roštu.

U dřeva byly zvoleny dvě gravírovací podmínky. Při 35 % výkonu a 80 % rychlosti byla vidět větší hloubka gravírování s mírným opálením, který dodal obrázku na vzhledu. U 30 % výkonu a 100 % rychlosti hloubka gravírování byla menší a téměř bez opalu. Z těchto stanovených podmínek vyplývá, že zvýšíme-li výkon a snížíme-li rychlost, laser bude gravírovat hlouběji. Zde je důležité, zda si to u dané tloušťky můžeme dovolit.

Pro modelářskou balzu a papír byl použit 15 % výkon a 100 % rychlost. Gravírovaný obraz neměl žádné vady.

U zrcátka byla odstraňována kovová vrstva s 40 % výkonem a 60 % rychlostí. Tyto podmínky jsou ideální, protože odstraní kovovou vrstvu a jemně vygravírují požadovaný obraz do skla.

Tab. 3 Podmínky pro gravírování

Materiál	Power/Speed [%]
Polyakrylát (plexisklo)	20/60
Dřevo	30/100, 35/80
Modelářská balza	15/100
Papír	15/100
Sklo	20/60
Zrcátko (kovová vrstva)	40/60

U gravírování jsem volila nižší výkony a vyšší rychlosti, proto na povrchu materiálu byla jemně vygravírována vrstva. Chceme-li při gravírování jít více do hloubky, přidáváme výkon a snižujeme rychlost.

ZÁVĚR

V této práci jsem se podrobně věnovala popisu práce na laseru ILS 3NM. Dbala jsem na to, aby popis byl naučný a sloužil univerzitě při seznámení s tímto zařízením. Vytvořená metodika práce by se mohla vytisknout k zařízením, aby každý, kdo se chce seznámit a pracovat s laserem ILS 3NM věděl, jak ho obsluhovat. Dalším mým úkolem bylo stanovit řezné podmínky v mém případě pro materiály - polyakrylát, dřevo, modelářskou balzu a papír o různých tloušťkách. Gravírovací podmínky jsem stanovila pro výše zmiňované materiály a k nim přidala sklo. V závěru práce jsem vytvořila tabulky, které stanovují nejvhodnější pracovní podmínky. Tyto údaje by se však měly brát orientačně, protože s každým novým materiálem se mohou pracovní podmínky lišit. Při experimentech jsem zkoušela i jiné materiály. Mezi ně patřil například polykarbonát, který se projevil jako naprosto nevhodný materiál pro řezání. Okolí místa řezu mělo černou barvu, vznikala velká dožluta zbarvená kouř zplodin a materiál se roztékal. Dalším zkoušeným materiálem bylo sklo. Při jehož řezání došlo k prasknutí vlivem vysokých teplot. U gravírování se však ukázalo jako vhodný materiál. Mezi další nevhodné materiály patří například PVC (polyvinylchlorid) nebo PTFE (teflon), protože při práci s těmito materiály mohou vznikat různé zdravotní potíže.

Laser ILS 3NM dokáže pracovat s širokou škálou dalších materiálů. Můžeme značit do korku, textilu, keramických dlaždic, eloxovaného hliníku, značit a řezat do kůže nebo řezat pěnový materiál. Stanovení pracovních podmínek pro tyto materiály by se dalo dále rozvíjet v diplomové práci.

Tento druh nekonvenční technologie má velké využití v široké oblasti průmyslového odvětví. Ze dřeva a papíru lze vyrábět modely, dekorativní ozdoby i značit loga nebo nápisy. Do skla lze gravírovat různé fotografie a obrázky pro dekorativní účely. Šlo by například gravírovat na štítky ze skříněk jména dětí v mateřské školce nebo na štítky trofejí. Vyrábět různé propagační předměty univerzity, jako je například klíčenka, kterou jsem navrhla a poté vyrobila z polyakrylátu k 10. výročí založení Ústavu výrobního inženýrství.

Díky tomuto zařízením má univerzita v následujících letech velmi dobré vyhlídky na spolupráci s různými firmami a realizaci zajímavých zakázek. Z hlediska dalších možností tohoto zařízení by bylo vhodné dokoupit rotační součást, která by otevřela další možná využití. Dokoupením toho příslušenství lze gravírovat loga, nápisy nebo obrázky na rotační součásti, jako jsou například skleničky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MORÁVEK, R. *Nekonvenční metody obrábění*. Plzeň ZČV Plzeň, 1994. 102 s. ISBN: 80-7082-161-2
- [2] DVOŘÁK, T. *Vývoj a aplikace laserů*. Praha: SIVO, 1968. 42s.
- [3] BRIMUS, J.: *Vliv koncentrované energie laserového paprsku na různé polymerní materiály*, UTB Zlín 2007
- [4] *Lasery a jejich aplikace* [online]. 2002 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.plslaser.cz/pdf/lasery.pdf>>
- [5] *Průmyslové aplikace laserových systémů* [online]. 2004 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.plslaser.cz/pdf/prumysl.pdf>>
- [6] *Nekonvenční metody obrábění* [online]. [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-4-dil>
- [7] *Nekonvenční metody obrábění* [online]. [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>
- [8] *Laserové dělení materiálu* [online]. 2007 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.welding.cz/laser/deleni.htm>>
- [9] *Laserové svařování - ekonomika a kvalita. Časopis KONSTRUKCE* [online]. 2006, 2, [cit. 2011-02-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.konstrukce.cz/clanek/laserove-svarovaniekonomika-a-kvalita>>. ISSN 1803-8433
- [10] *O laseru* [online]. 2008 [cit.2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.dentallaser.cz/laser2.html>>
- [11] *Helium-neonový laser* [online]. 2010 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.roshor.com/lasers/laspicture/hene.gif>>
- [12] *Plotrový laser ILS 3* [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.cemark.cz/plotrove-co2-lasery-ils-3/>>
- [13] *Intelligent Laser System III-NM - Operation Manual, version 1.6.* : Laser Tools & Technics Corp., 2007. 53 s.

- [14] *Laser Fibre LF20T* [online]. 2011 [cit. 2011-05-29]. Dostupné z WWW:
<http://www.medicom.cz/p.php?p=prumyslove,produkty,popislaser,LF20T>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

W	Watt
J	Joule
ms	Milisekunda
ps	Pikosekunda
fs	Femtosekunda
μm	Mikrometr
mm	Milimetr
%	Procento
YAG	Ytrito-hlinitý granát
He	Helium
Ne	Neon
CO ₂	Oxid uhličitý
N ₂	Dusík
C ₃ H ₈ O	Iso-propyl-alkohol
Si	Křemík
P	Fosfor
PVC	Polyvinylchlorid
ILS	Inteligent laser system
USB	Universal Serial Bus
LAN	Local Area Network
PPI	Puls na palec

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma zařízení pro obrábění laserem [6]</i>	12
<i>Obr. 2 Laserový paprsek v rezonátoru [4]</i>	13
<i>Obr. 3 Konstrukce Nd:YAG laseru [6]</i>	16
<i>Obr. 4 Konstrukce polovodičového laseru [6]</i>	17
<i>Obr. 5 Princip He-Ne laseru [11]</i>	17
<i>Obr. 6 Princip CO₂ laseru [3]</i>	18
<i>Obr. 7 Pohled do pracovního prostoru během vrtání laserem [7]</i>	21
<i>Obr. 8 Princip laserového svařování [9]</i>	21
<i>Obr. 9 Paprsek laserového svařování [7]</i>	22
<i>Obr. 10 Pohled do pracovního prostoru stroje během kalení laserem [7]</i>	23
<i>Obr. 11 Princip popisování součástí přes masku [7]</i>	25
<i>Obr. 12 Princip popisování součástí vychylováním paprsku laseru [7]</i>	25
<i>Obr. 13 Příklady výrobků -gravírování laserem [7]</i>	26
<i>Obr. 14 Princip metody řezání laserem [7]</i>	27
<i>Obr. 15 Závislost řezné rychlosti na tloušťce a druhu řezaného materiálu -1 500 W [7]</i>	29
<i>Obr. 16 Schéma zařízení pro řezání laserem [7]</i>	31
<i>Obr. 17 Laser ILS 3 NM [12]</i>	34
<i>Obr. 18 Technické parametry [12]</i>	35
<i>Obr. 19 Popis zařízení [12]</i>	36
<i>Obr. 20 Laser Fibre-LF20T [14]</i>	38
<i>Obr. 21 Ovládací panel [13]</i>	39
<i>Obr. 22 Nabídka WORK DISPLAY</i>	40
<i>Obr. 23 Nabídka FILE MANAGER</i>	40
<i>Obr. 24 Nabídka SYSTEM SETUP-Configuration</i>	41
<i>Obr. 25 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup - Adjust X-Y axis</i>	41
<i>Obr. 26 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup - Focus Length</i>	42
<i>Obr. 27 Nabídka SYSTEM SETUP- Position setup – X-Y homing</i>	42
<i>Obr. 28 Nabídka SYSTEM SETUP- Status</i>	42
<i>Obr. 29 Nabídka SYSTEM SETUP- ABOUT ILS-IIIId</i>	43
<i>Obr. 30 Tlačítko LASER ON/OFF [13]</i>	43

<i>Obr. 31</i> Indikační světla.....	43
<i>Obr. 32</i> Řízení procesu [13]	44
<i>Obr. 33</i> Ovládání pohybu v ose X, Y a Z [13]	45
<i>Obr. 34</i> Fokusační tělísko [13].....	46
<i>Obr. 35</i> Zaostrování laseru [13]	46
<i>Obr. 36</i> Údržba čočky	47
<i>Obr. 37</i> Nový soubor.....	48
<i>Obr. 38</i> Otevření souboru	49
<i>Obr. 39</i> Import souboru z programu CAD	50
<i>Obr. 40</i> Import obrázku	51
<i>Obr. 41</i> Velikost pracovní plochy	51
<i>Obr. 42</i> Počátek pracovní plochy	52
<i>Obr. 43</i> Nastavení polohy a rozměrů polotovaru	53
<i>Obr. 44</i> Barevné rozlišení RGB palety	54
<i>Obr. 45</i> Řezání	55
<i>Obr. 46</i> Gravírování	56
<i>Obr. 47</i> Okno nastavení parametrů k tisku.....	58
<i>Obr. 48</i> Nadefinování řezných podmínek.....	59
<i>Obr. 49</i> Umístění a velikost obrazu	60
<i>Obr. 50</i> Problém před tiskem.....	61
<i>Obr. 51</i> Bez problémů	61
<i>Obr. 52</i> Výroba vzorkovníku	62
<i>Obr. 53</i> Volba řezných podmínek.....	63

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Řezné podmínky - polyakrylát.....</i>	65
<i>Tab. 2 Řezné podmínky - dřevo, modelářská balza a papír.....</i>	66
<i>Tab. 3 Podmínky pro gravírování.....</i>	68

SEZNAM PŘÍLOH

Krabice s vyrobenými vzorky