

Technologie laserového popisování materiálu

Vladislav Sekanina

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vladislav Sekanina**
Osobní číslo: **T14077**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Technologie laserového popisování materiálu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši na dané téma
2. Zpracujte metodickou příručku pro práci na laserovém zařízení za účelem využívání studenty ve výuce
3. Vypracujte návrhy a proveďte experimentální obrábění na daném zařízení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

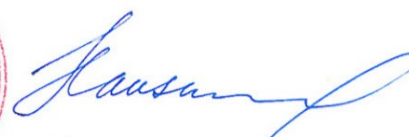
Datum zadání bakalářské práce: **8. ledna 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
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 užít 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, považují 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 6.5.2016



¹⁾ 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 nevdělečně 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.

²⁾ 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 vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ *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 užít 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá využitím laseru v oblasti popisování materiálu. Teoretická část je zaměřena na laser, jeho historii, druhy laseru a technologii laserového popisování materiálu.

Praktická část se zabývá metodikou práce s vláknovým (fibre) laserem typu LFQ20-T a experimentálním popisem různých materiálů na tomto typu laseru.

Klíčová slova: laser, laserové popisování

ABSTRACT

This thesis deals with the use of laser in a field of laser marking. The theoretical part is focused on the laser, its history, types of laser and laser marking technology of material.

The practical part deals with the methodology of work with fiber laser type LFQ20-T and experimental marking of various materials on this type of laser.

Keywords: laser, laser marking

Děkuji paní doc. Ing. Libuši Sýkorové, Ph.D za odborné vedení, rady a připomínky, které mi pomohly při vypracování bakalářské práce, a dále paní Ing. Janě Knedlové za odbornou konzultaci.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I. TEORETICKÁ ČÁST	12
1 LASER	13
1.1 FYZIKÁLNÍ PRINCIP LASERU	13
1.2 ZÁKLADNÍ SESTAVA LASERU	16
1.3 VLASTNOSTI LASEROVÉHO PAPRSKU	17
1.4 ÚČINEK LASEROVÉHO PAPRSKU NA MATERIÁL	18
2 ROZDĚLENÍ LASERŮ	21
2.1 ROZDĚLENÍ LASERŮ PODLE VÝKONU	21
2.1.1 Nízkovýkonné (měkké).....	21
2.1.2 Vysokovýkonné (tvrdé).....	21
2.2 ROZDĚLENÍ LASERŮ PODLE TYPU PROVOZU	21
2.2.1 Pulzní mód	21
2.2.2 Kontinuální mód	21
2.3 ROZDĚLENÍ LASERŮ PODLE VLNOVÉ DÉLKY	21
2.4 ROZDĚLENÍ LASERŮ PODLE AKTIVNÍHO PROSTŘEDÍ	22
2.4.1 Pevnolátkové lasery	22
2.4.2 Kapalinové lasery.....	23
2.4.3 Plynové lasery	23
2.4.4 Vláknové (fibre) lasery	24
3 LASEROVÉ POPISOVÁNÍ	26
3.1 ZAŘÍZENÍ POUŽÍVANÉ PRO LASEROVÉ POPISOVÁNÍ	27
3.1.1 Lasery používané pro popis	27
3.1.2 Řízení dráhy svazku.....	28
3.2 VZNIK POPISU NA POVRCHU MATERIÁLU	29
3.3 PROCESY LASEROVÉHO POPISOVÁNÍ	29
3.3.1 Gravírování	29
3.3.2 Odstraňování povlaku materiálu	30
3.3.3 Žihání	30
3.3.4 Karbonizace	30
3.3.5 Pěnění.....	31
3.3.6 Bělení	31

3.3.7	UV (studené) značení.....	31
3.3.8	Značení do mezivrstvy	32
3.4	NĚKTERÉ PŘÍKLADY POUŽITÍ LASEROVÉHO POPISOVÁNÍ.....	32
3.5	VÝHODY / NEVÝHODY LASEROVÉHO POPISOVÁNÍ	33
4	SHRNUTÍ POZNATKŮ A STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	34
II.	PRAKTICKÁ ČÁST	35
5	POPIS LASEROVÉHO ZAŘÍZENÍ.....	36
5.1	LASER FIBRE LFQ20 – T	36
5.2	PARAMETRY LASERU LFQ20 – T.....	37
6	POPIS PRÁCE S LASEREM FIBRE – T	38
6.1	ÚVEDENÍ LASERU DO PROVOZNÍHO REŽIMU.....	38
6.2	ŘÍDÍCÍ PROGRAM WMARK	38
6.3	ZADÁNÍ ŘÍDÍCÍHO CMD SOUBORU	39
6.4	UMÍSTĚNÍ POPISOVANÉHO VZORKU V PRACOVNÍM PROSTORU LASERU.....	40
6.5	POPIS VZORKU	40
6.5.1	Testovací popis	40
6.5.2	Zahájení popisu	41
6.5.3	Přerušení popisu	42
6.5.4	Jak pokračovat, jestliže systém ohlásí chybu.....	42
6.6	PŘÍPRAVA SOUBORŮ PRO LASEROVÝ POPIS	42
6.6.1	Příprava vektorové předlohy ve formátu HPGL	42
6.6.2	Příprava rastrové předlohy ve formátu BMP	47
6.6.3	Tvorba předlohy v editoru CMD	49
6.7	POKROČILÉ MOŽNOSTI POPISOVÁNÍ.....	51
6.7.1	Nastavení výšky popisovaného materiálu	51
6.7.2	Popisování ve dvou výškových úrovních.....	51
6.7.3	Změna parametrů popisu.....	52
6.7.4	Změna šířky stopy laseru	53
6.8	VYPNUTÍ SYSTÉMU	53
7	EXPERIMENT	54
7.1	MATERIÁL	54
7.2	EXPERIMENTÁLNÍ POPIS	54
7.2.1	AlumaSign AS-540, stříbrná matná/černá	54

7.2.2	AlumaAlu AS-537, bílá lesklá/černá	55
7.2.3	Gravoxal 674, lesklý modrý.....	55
7.2.4	AlumaMark 27415, zlatý satén/černá	56
7.2.5	AlumaMark 27417, stříbrný satén/černá.....	56
7.2.6	LaserAlu LM-5319, černá/stříbrná	57
7.2.7	LaserAlu LM-5318, černá/zlatá	57
ZÁVĚR		58
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		59
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		61
SEZNAM OBRÁZKŮ		63
SEZNAM TABULEK.....		65
SEZNAM PŘÍLOH.....		66

ÚVOD

Laserové technologie postupně nahrazují konvenční technologie v mnoha různých oblastech průmyslu. Důvod je zřejmý – s ohledem na svoji přesnost, nízké provozní náklady bez spotřebního materiálu, bezúdržbovost či vysokou životnost nabízí výhody, které mnohé ostatní technologie nabídnout nemohou. Díky těmto přednostem jsou pořizovací náklady na laserovou technologii vyšší a proto byly dříve nasazovány především v provozech, kde bylo možné naplno využít jejich obrovskou produktivitu. Postupem času se však pořizovací náklady laserových systémů postupně snižují a nacházejí tak cestu do širšího spektra aplikací.

Velmi běžnou aplikací, kde se lasery využívají je značení či popisování materiálu, kterým se v této bakalářské práci budu zabývat. [1]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LASER

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - zesilování světla stimulovanou emisí záření) je zdroj monochromatického (stejnobarevného) a vysoce koherentního (vnitřně uspořádaného) elektromagnetického záření nejčastěji ve viditelné, ultrafialové nebo infračervené oblasti spektra, které vzniká stimulovanou emisí záření aktivních částic (atomů, iontů, elektronů) buzených vnějším zdrojem energie. [3]



Obr 1 Srovnání vyzařovaného světla laserem a žárovkou [5]

V r. 1704 definoval Newton světlo jako tok částic, protože se šíří přímočaře a mají určité vlnové vlastnosti, což bylo akceptováno až v následujícím století. Od běžného světla se tedy laser liší tím, že se skládá z fotonů stejné frekvence a fáze.

Vlastnost laseru produkovat koherentní světlo je založena na skutečnosti, že fotony světla mají schopnost budit elektrony v atomu, které emitují fotony vyzařující světlo o stejné frekvenci. Tuto myšlenku vyslovil již v r. 1916 Albert Einstein, nicméně první laser byl zkonstruován téměř o půl století později. Jednalo se o výtvar amerického fyzika T. H. Maimana, který vyleštil koncové stěny křišťálu umělého rubínu, nanesl na ně vrstvičku stříbra a získal tak dvě protilehlá zrcadla. Po ozáření krystalu zeleným světlem proniknul jedním ze zrcadel červený paprsek (laserového) světla a zrodil se první laser. Stalo se tak v létě r. 1960. [4]

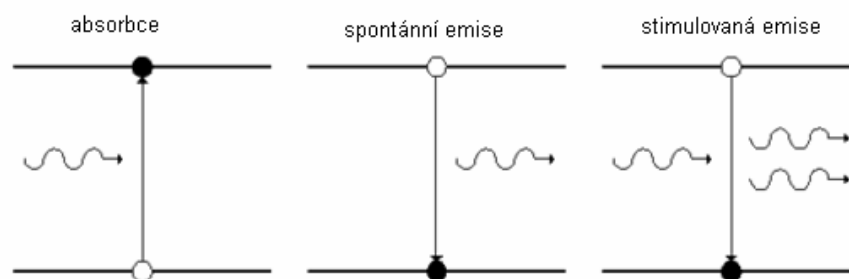
1.1 Fyzikální princip laseru

Laser je z fyzikálního hlediska kvantovo-elektronický zesilovač elektromagnetického záření. Je zdrojem intenzivního monochromatického a koherentního záření. Jeho princip je založený na stimulované emisi fotonů v aktivním prostředí laseru.

Za normálních podmínek se většina atomů, iontů nebo molekul (částic) nachází v nejnižším energetickém stavu. Pokud jsou tyto částice působením vnějších zdrojů energie, např. intenzivními světelnými záblesky, výbojem, ohřevem, magnetickým polem a pod. excitované do

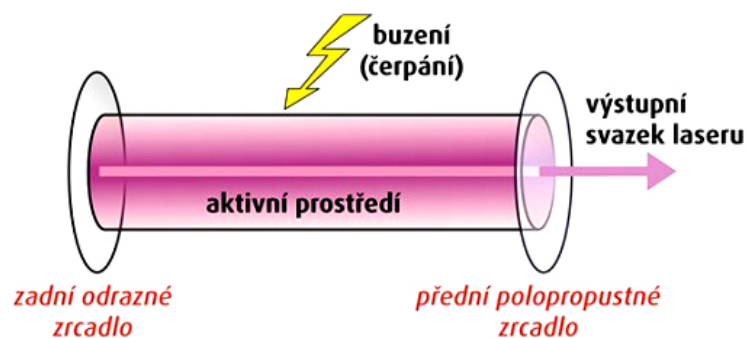
vyšších energetických stavů, budou během přeskočení do původního nebo nižšího energetického stavu vyzařovat nekoherentní světelné záření. V excitovaném stavu zůstávají částice jen velmi krátkou dobu. Toto se nazývá **spontánní (samovolná) emise**.

Zesílení světla vzniká pomocí **stimulované (vynucené) emise**. Jde o druh luminiscence (samovolné záření), přičemž elektrony z vybudovaných stavů nepřecházejí do základních stavů za doprovodu vyzářeného fotonu spontánně, ale vlivem interakce s jiným fotonem odpovídající vlnové délky. Takto vyzářený foton má stejnou frekvenci i fázi jako původní foton. Spontánně vyzářený foton opakovaně prochází materiálem, vyvolává stimulovanou emisi a takto vznikající fotony vyvolávají další stimulovanou emisi – dochází k lavinovému efektu. [4]



Obr 2 Absorpce, spontánní (samovolná) a stimulovaná emise [5]

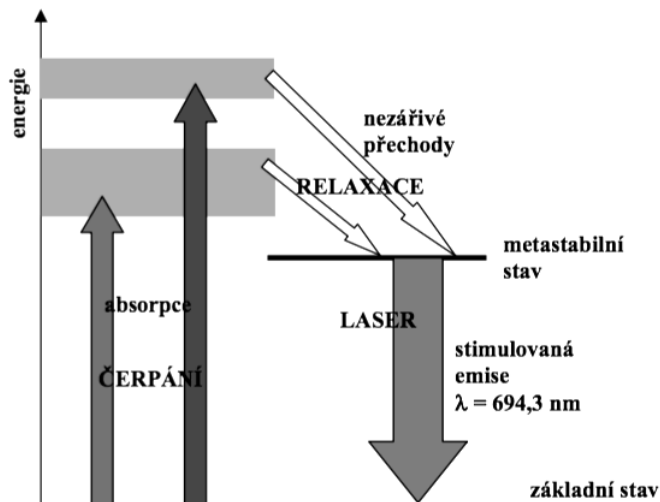
U laseru se tyto emitované fotony pohybují v tzv. rezonátoru, což je ve své podstatě uzavřená trubice na obou koncích opatřená rovnoběžnými zrcátky, z nichž jedno je odrazné a druhé polopropustné (obr. 3) – toto umožňuje výstup laserového paprsku. [4]



Obr 3 Rezonátor [6]

Proud takto získaných fotonů má identickou vlnovou délku, směr a fázi. Fotony, které nejsou uspořádané rezonátorem, nejsou řízené zrcadly. Aktivní prostředí (prostor mezi zrcadly) bude zesilovat pouze fotony, které jsou správně orientované.

Působení vnějších energetických zdrojů se nazývá čerpání (buzení) laseru (technický symbol blesku, obr.3), znázornění energetických hladin je na obr.4. [4]

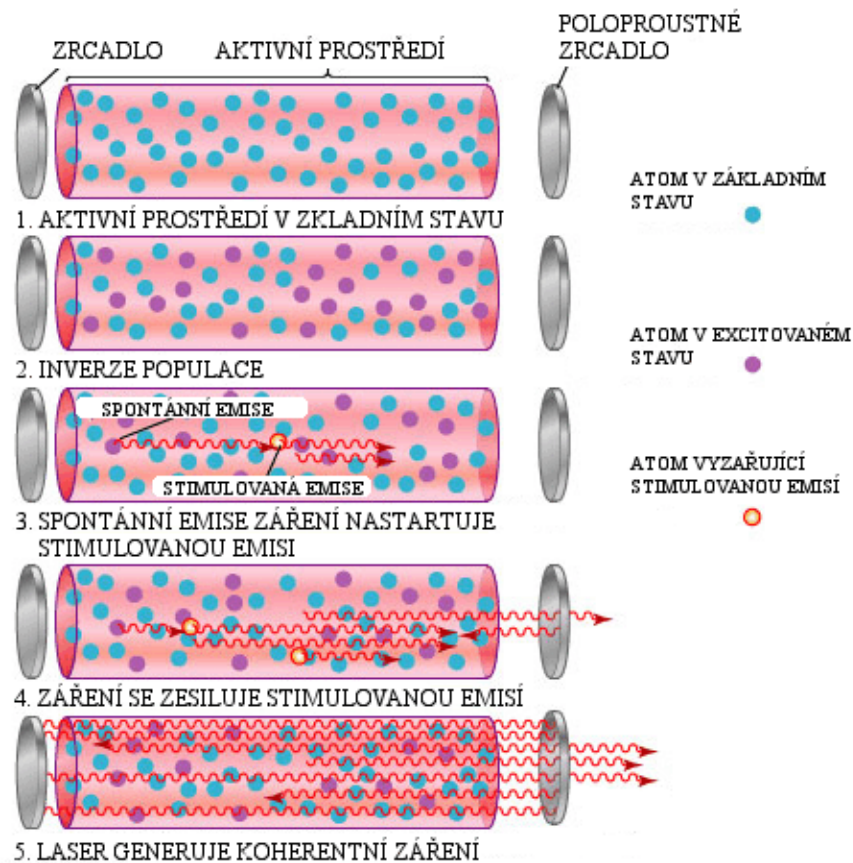


Obr 4 Energetické schéma rubínového laseru [7]

Stavy a fáze zesílení laseru:

- Částice aktivního prostředí se nepohybují - **vypnutý laser**
- Počáteční stav spontánní emise – **čerpání**
- Pokročilý stav spontánní emise excitovaných částic vnějším zdrojem do vyšších energetických hladin – **spontánní emise**
- Počáteční stav stimulované emise fotonů po srážce emitovaných fotonů – **stimulovaná emise**
- Zesilovací fáze, vícenásobný odraz fotonů mezi zrcadly – **stimulovaná emise světla podél osy laseru**
- Fáze vystupujícího koherentního paprsku polopropustným zrcadlem – **ustálená činnost laseru** [4]

Grafické znázornění jednotlivých fází zesílení laseru je na obr. 5.



Obr 5 Schématické znázornění činnosti laseru [8]

1.2 Základní sestava laseru

Základní sestava laseru obsahuje dvě zrcadla umístěné na obou koncích optického oscilátoru tak, aby světlo mohlo probíhat rezonátorem podél optické osy (obr. 3). V prostoru mezi zrcadly je aktivní médium, které je schopno vlivem stimulované emise zesilovat světlo. Na základě určitého čerpacího účinku je možno aktivní médium vybudit z nižšího energetického stavu do vyššího (populační inverze).

Většina druhů průmyslových laserů vyzářují velké množství tepla, které by mohlo negativně ovlivnit činnost laseru. Proto bývají u takových laserů zabudované také chladicí systémy. [4]

Složky sestavy laseru:

Čerpadlo je složka, která dodává energii do laserového systému. Může se jednat o zdroje elektrických výbojů, bleskové lampy, světlo z jiného laseru, chemické reakce apod. Druh

čerpadla souvisí s použitým laserovým médiem a se způsobem dopravy energie k danému médiu.

Optický rezonátor je v nejjednodušší formě tvořen dvojicí rovnoběžných zrcadel uložených na koncích laserového média. Úlohou zrcadel je odrazet světlo zpět do aktivní zóny. Typická sestava je tvořena jedním zrcadlem s vysokou odrazivostí a druhým zrcadlem polopropustným. Druhé z nich se označuje také jako vnější konektor, protože dovoluje části světla opustit rezonátor a vytvořit tak laserový paprsek.

Do optického rezonátoru můžou být umístěny další složky, jako **modulátory, filtry, absorbéry**, které ovlivňují vlastnosti laserového výstupu (impulzy, vlnová délka).

Laserové médium (jádro, aktivní prostředí laseru) je podstatná složka laseru, jelikož má největší vliv na vlnovou délku laserového paprsku a jeho další vlastnosti.

Čočky se využívají při aplikaci laseru v praxi, např. pro zaostření paprsku na jedno místo (značení, řezání)

Filtry se často nachází na vnitřní straně zrcadel. Jejich úlohou je odfiltrovat nežádoucí vlnové délky v případě, že laser může pracovat na více vlnových délkách.

Rotující hranoly se používají v pulzních typech laserů k vytvoření krátkých světelných impulzů. [4]

1.3 Vlastnosti laserového paprsku

Laserové záření je unikátní řadou vlastností, kterými se liší od běžného elektromagnetického záření. Mezi významné vlastnosti patří koherentnost, monochromaticnost, směrovost a módová struktura.

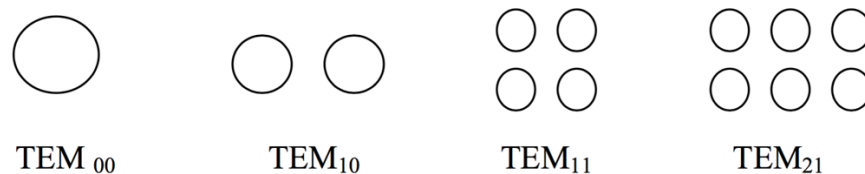
Monochromaticnost (stejnobarevnost) vyplývá z podstaty jevu stimulované emise. Paprsek je v ideálním případě tvořen fotony stejné vlnové délky, takže se tento paprsek velmi dobře zaostřuje. **Koherentnost** znamená, že všechny světelné elektromagnetické vlny kmitají se stejnou frekvencí, fází a ve stejném směru.

Další významnou vlastností laserového paprsku je jeho **směrovost**, která je zapříčiněna tím, že záření na výstupu laseru, resp. na povrchu polopropustného zrcadla je koherentní na ploše, která je mnohem větší, než vlnová délka záření.

V optickém rezonátoru může existovat elektromagnetické pole, které ovlivňuje amplitudu a fázi vlnění vznikajícího v rezonátoru. Toto působení pole ovlivňuje **transverzální elektromagnetický mód (TEM)** pasivního rezonátoru.

Příčný mód je definován v kartézských (TEM_{mn}), nebo cylindrických (TEM_{pl}) souřadnicích. Indexy m , n znamenají počet minim na průřezu paprsku ve vertikálním a horizontálním směru. Pro indexy p , l je to počet minim v radiálním a úhlovém rozložení. Čím vyšší je hodnota indexů, tím vyšší je řád módu. Tento mód má významný vliv na velikost stopy zaostřeného paprsku.

Mód nejnižšího řádu je TEM_{00} s maximem intenzity v ose. S tímto módem pracuje většina průmyslových laserů. Příklady některých módů jsou na obr. 6. [9]



Obr 6 Příklady transverzálních elektromagnetických módů [9]

Díky výše uvedeným vlastnostem se stal laser cenným nástrojem v širokém spektru různých aplikací. U průmyslových aplikací se využívá zejména možnosti fokusovat (zaostřovat) svazek laseru do malého bodu a dosáhnout tak vysoké plošné hustoty energie, která je důležitá pro opracování (značení, řezání, svařování apod.) daného materiálu. V jiných oblastech aplikace, jako například holografie, je důležitou vlastností koherence atd. [8]

1.4 Účinek laserového paprsku na materiál

Při dopadu laserového paprsku na povrch materiálu dochází ke vzájemné interakci a efektům, které jsou závislé na vlastnostech materiálu. Základním předpokladem efektivního využití laserového paprsku pro obrábění materiálu je absorpce záření tímto materiálem a jeho následná přeměna na tepelnou energii.

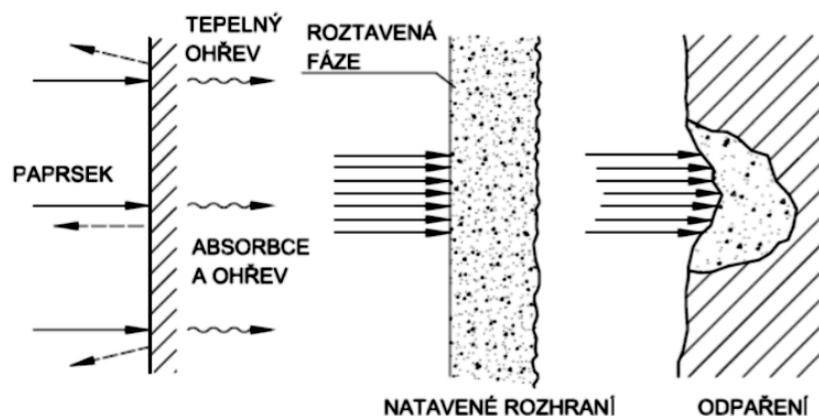
Jestliže je od obráběného povrchu odraženo příliš velké množství světelné energie, množství absorbované energie je malé a tím klesá účinnost operace. Odražené světlo může dokonce

poškodit optický systém laseru! Odraz a pohlcování laserového paprsku tedy úzce souvisí s laserovým obráběním. Pro použití laseru jsou důležité tyto vlastnosti: [4,10]

- Reflektivita (odrazivost povrchu)
- Absorpce (pohlcování laserového záření)
- Tepelná vodivost
- Tavení povrchové vrstvy
- Odpařování [10]

Po dopadu paprsku na materiál se část záření odrazí, část absorbuje materiál a část projde materiálem. Absorbované záření ohřívá materiál, který se taví a následně odpařuje (obr.7).

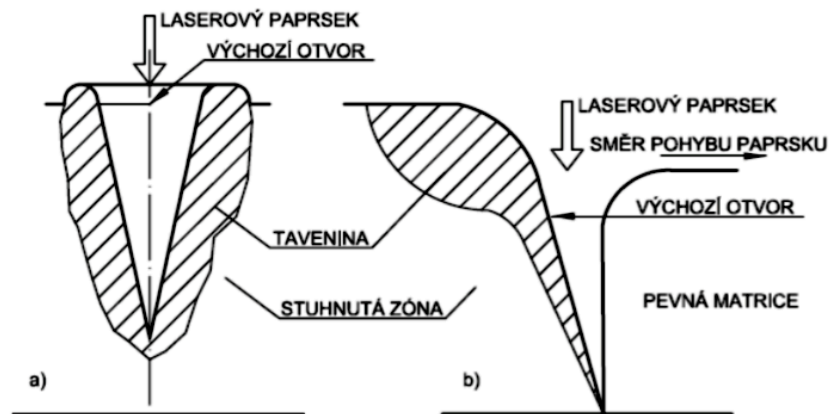
[10]



Obr 7 Účinek laserového paprsku při dopadu na povrch materiálu [10]

Působením fokusovaného (zaostřeného) laserového paprsku na materiál dochází k jeho natavení. Jestliže laserový paprsek s určitou hustotou výkonu ozáří povrch materiálu, absorbované paprsky lokálně ohřejí částice materiálu na teplotu tavení. Povrch natavené plochy se rychle rozšiřuje a materiál se dalším působením paprsku začne odpařovat. V natavené oblasti při odpařování částic materiálu vznikají poměrně vysoké tlaky a tavenina je vytlačena ze vznikajícího otvoru. V místě dopadu paprsku se následkem toho vytváří malý otvor a laserový paprsek může pronikat hlouběji. Na obr.8a je znázorněno jak je roztavený materiál roztlačován do stran a na obr.8b je materiál tlačěn směrem za pohybuující se paprsek. Když

záření přestane působit (např. přesouvá-li se laserový paprsek v rámci obráběné plochy jinam), tavenina začíná tuhnout anebo rekrystalizovat a v tuhnoucí tavenině můžou vznikat zbytková napětí. [10]



Obr 8 Chování materiálu při působení laserového paprsku

a) v příčném směru, b) v podélném směru [10]

V oblasti působení laserového paprsku na materiál dochází vlivem vysokých teplot ke změnám ve struktuře tohoto materiálu. Tyto změny závisí na tzv. tepelně ovlivněné zóně HAZ (**heat affected zone**). Tepelně ovlivněná zóna je pro různé materiály jiná a závisí na rychlosti posuvu paprsku, vlnové délce a absorpčních vlastnostech materiálů. Čím vyšší je hodnota posuvu paprsku, tím menší je tepelně ovlivněná zóna. Intenzita absorpce laserového paprsku do materiálu se zvyšuje se zvětšující se vlnovou délkou záření. Tepelně ovlivněná zóna je závislá také na průměru laserového paprsku a vzdálenosti mezi povrchem a hlavicí laseru. [10]

Pozn. Například při laserovém značení je posuvová rychlost laserového paprsku poměrně vysoká a zároveň je odstraňována jen velmi tenká vrstva materiálu (řadově v mikrometrech). To znamená, že tepelně ovlivněná oblast bude jen velmi malá a nedojde tak k významným strukturálním změnám, které by mohly vést např. k deformaci výrobku nebo jinému znehodnocení.

2 ROZDĚLENÍ LASERŮ

2.1 Rozdělení laserů podle výkonu

2.1.1 Nízkovýkonné (měkké)

Jsou to lasery, jejichž výkon je nižší než 500mW. Tyto lasery neprodukují výrazné teplo (někdy se označují také jako studené lasery). Patří sem různé skupiny laserů – od těch, které mají negativní vliv na zrak (např. snímač čárových kódů u pokladny) až po mírně silné lasery, které jsou zabudované např. ve čtecích jednotkách optických disků. Jsou využívány i v medicíně při různých operačních zákrocích (např. operace oka, liposukce apod.). V průmyslu jimi lze řezat keramiku, rubín a polymerní materiály. [4]

2.1.2 Vysokovýkonné (tvrdé)

Do tvrdých laserů lze zařadit ty, které dosahují výkonu vyššího než 500mW. Z pravidla v této kategorii dosahují lasery výkonu 1 – 30kW. Při jakémkoliv pohledu, ať už do přímého, nebo rozptýleného světla, mají vysoce negativní vliv na zrak. Využívají se v průmyslu na řezání, gravírování či sváření různých druhů materiálu. [4]

2.2 Rozdělení laserů podle typu provozu

2.2.1 Pulzní mód

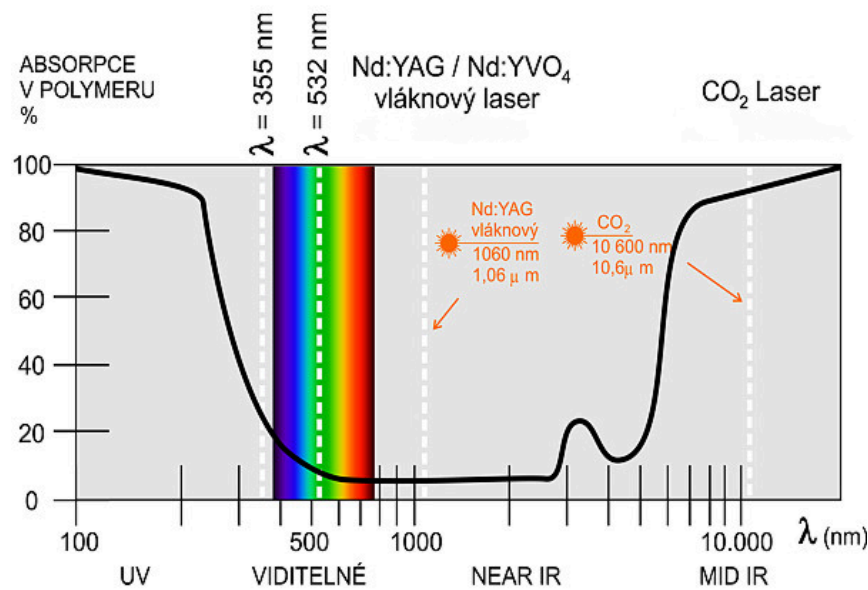
Laser září periodicky (přerušovaně). Označuje se **PW** (pulse wave). [4]

2.2.2 Kontinuální mód

Laser září kontinuálně (nepřerušovaně). Označuje se **CW** (continuous wave). [4]

2.3 Rozdělení laserů podle vlnové délky

Podle vlnové délky rozeznáváme lasery pracující v oblasti **infračerveného záření**, **světelného záření**, **ultrafialového záření** a **rentgenového záření**. Vlnové délky některých laserů jsou vyobrazeny na obr.9. [4]



Obr 9 Vlnové délky některých typů laserů [16]

2.4 Rozdělení laserů podle aktivního prostředí

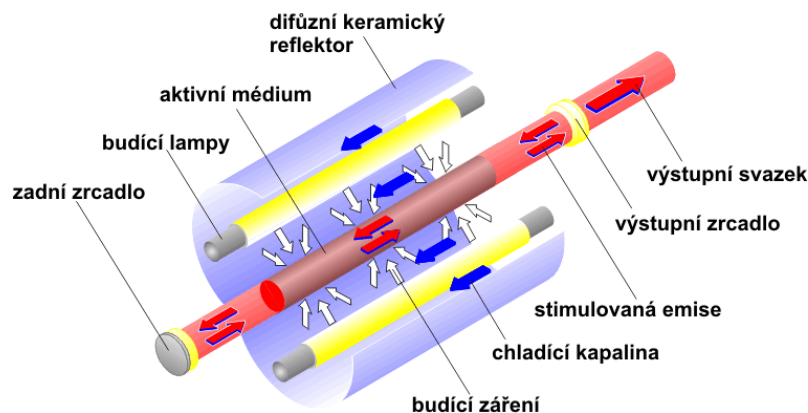
Lasery se často dělí podle typu aktivního prostředí. Jako aktivní látku lze použít velmi širokou škálu materiálů. Z tohoto hlediska tedy rozeznáváme následující základní typy laserů: [4,8]

2.4.1 Pevnolátkové lasery

Aktivním prostředím v pevnolátkovém laseru je pevná, opticky propustná látka s příměsí vhodných iontů. Prvotním zdrojem buzení jsou výbojky nebo laserové diody. Jsou stabilní a nenáročné na údržbu. Produkují záření vlnové délky v oblasti infračerveného a viditelného světla.

Typickým představitelem pevnolátkového laseru je **rubínový laser** jehož aktivní prostředí tvoří krystal rubínu s příměsí Cr_3O_2 (Cr dává paprsku červenou barvu). Krystal má tvar tyče s vybroušenými zrcadlovými plochami na obou koncích, okolo které je ovinutá trubice xenonové nebo selenové výbojky, která zastupuje funkci čerpadla. Rubínový laser se používá v holografii a pro měření vzdálenosti. Dalším typem je **Nd:YAG laser**, kde aktivní prostředí tvoří Neodýmium umístěné v pevném krystalu z ytrium-hliníkového granátu. Buzení probíhá v prostředí v kryptonových zábleskových (pulzní laser) nebo obloukových (kontinuální

laser) lamp. Nd:YAG se v průmyslu používá především pro laserové řezání, značení nebo svařování. [4,8]



Obr 10 Schéma pevnolátkového Nd:YAG laseru [12]

2.4.2 Kapalinové lasery

Aktivním prostředím je nejčastěji vodný či alkoholický roztok organického barviva. Tyto lasery se označují také jako barvivové a využívají se především ve spektroskopii a v informačních technologiích. Jsou totiž přeladitelné a vlnovou délku laserového záření u nich lze plynule měnit v závislosti na typu zvoleného barviva, které ovlivňuje spektrum vyzářeného světla. Např. polymethinová barviva generují záření v červené až infračervené oblasti (700 – 1500nm), xanthenová barviva pracují ve viditelném spektru (400 – 500nm) a scintilátorová barviva v ultrazvukové části spektra (< 400nm). Jejich nevýhodou je krátká životnost aktivního prostředí, které se vlivem tepla a světla rozkládá. [4,13]

2.4.3 Plynové lasery

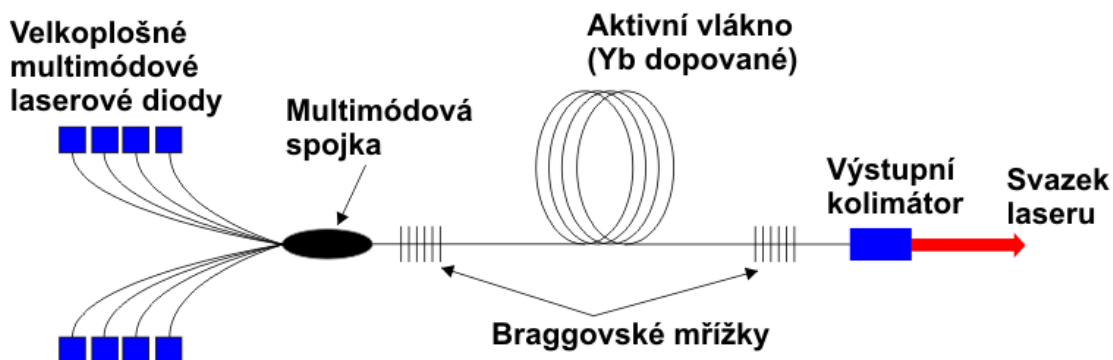
Aktivní prostředí tvoří atomy, ionty nebo molekuly. Plynové lasery pracují ve velmi širokém rozsahu vlnových délek v kontinuálním nebo pulzním režimu. Excitují většinou pomocí elektrického výboje ve zředěném plynu, optická excitace se používá jen zřídka. Plynové lasery mají homogenní aktivní prostředí, které zajišťuje jejich výborné parametry. Nevýhodou je jejich poměrně malý výkon.

K nejrozšířenějším typům patří **helium – neonový laser**, **argonový laser** nebo **helium – kadmiový laser** (červenooranžové, zelené a modré záření). V průmyslu a medicíně se nejčastěji používá infračervený **CO₂ laser**, který je zároveň nejvýkonnější z plynových laserů. [13]

2.4.4 Vlákňové (fibre) lasery

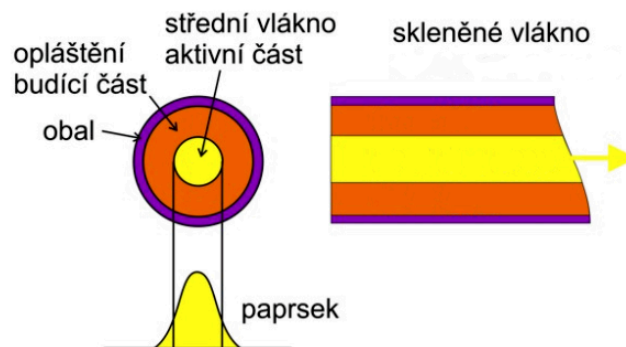
Vlákňový laser je technologicky nejmodernější typ pevnolátkového laseru. V tomto typu laseru dochází ke generování záření v jádru optického vlákna dopovaného prvky vzácných zemin. Na dopování se nejčastěji užívá erbia nebo ytterbia, případně obou těchto látek společně. Přitom tato vlákna mohou mít různou podobu, tedy většinou jde o průřez středního vlákna, který může být čtvercový, obdélníkový apod. a tím udává vlastní specifikaci laserového paprsku i vlastní individuální užití. Optické vlákno vlákňových laserů tak v podstatě odpovídá svou funkcí úloze krystalu u pevnolátkových laserů, tedy vytváří se v něm laserový paprsek a optické vlákno funguje jako optický zesilovač. [11,12]

Čerpání vlákňových laserů je realizováno pomocí polovodičových diod případně napájecích laserů a je vedeno přes optickou spojku do aktivního vlákna. Místo zrcadel jsou zde tzv. Braggovské mřížky, což jsou struktury vytvořené přímo na optickém vlákne. Vlákno je pak ukončeno optickým kolimátorem (vytváří úzký, rovnoběžný světelný svazek). Na výstupu je možné skládat paprsky z více vlákňových laserů, čímž se dosáhne vyššího výkonu. Schéma vlákňového laseru je znázorněno na obr.11. [4,12]



Obr 11 Schéma vlákňového laseru [12]

Princip spočívá ve velkoplošných multimódových laserových diodách, které emitují výkon (tenkým optickým vláknem) na vstup optické multimódové spojky (složeného vlákna s větším průměrem) a vytváří budící světlo, které je absorbováno v atomech dopovaného aktivního optického vlákna. Aktivní optické vlákno si lze v praxi představit jako středové vlákno (aktivní část), které je obklopeno vláknem o větším průměru (budící část). Tedy budící diody září do vnějšího optického vlákna a světelný tok působí na středové dopované vlákno, ve kterém vzniká laserový paprsek. [11]



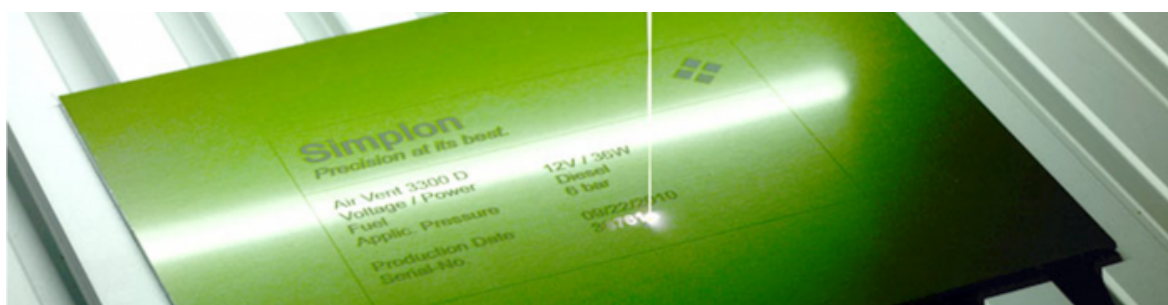
Obr 12 Řez aktivním vláknem vláknového laseru [11]

Důvod použití erbia je, že jeho atomy jsou schopné zaujímat prakticky užitečné energetické hladiny. Existuje energetická hladina na které dochází k absorpci fotonů o vlnové délce 980nm a metastabilní energetická hladina zpětného vyzáření fotonu odpovídajícího vlnové délce 1550nm. To znamená, že je možné využít levné čerpání prostřednictvím diodového laseru, který poskytuje zdroj na úrovni vlnové délky 980nm a celý systém dodává vysoce kvalitní a energeticky mohutný světelný paprsek o vlnové délce 1550nm. [4]

Pozitivní vlastností vláknového laseru je jeho stabilita. Vláknový laser generuje světlo uvnitř vlákna, takže na rozdíl od jiných typů výkonových laserů nevyžaduje složitou a citlivou optiku. Další předností vláknového laseru je kvalita paprsku, což v praxi znamená, že paprsek je přímý a lze ho zaměřit na velmi malou plochu. Vláknové lasery je možné konstruovat pro velké výkony (větší než 1kW). Nespornou předností je také jejich účinnost. Z čerpacího zdroje se využije až 80% energie, přičemž jen asi 20% se přemění na teplo. Tedy vlákno může být dlouhé s dobrou distribucí tepla, což podmiňuje minimální změnu jeho optických vlastností. [4]

3 LASEROVÉ POPISOVÁNÍ

Laserový popis je technologie která slouží k vytváření nesmazatelného grafického či jiného motivu na povrchu značeného předmětu. Tento motiv vzniká tepelným působením laserového svazku, který odstraňuje vrstvu materiálu určité tloušťky nebo jej povrchově kalí a tím vytváří vizuální efekt. Tento efekt lze navíc úpravou parametrů laserového svazku měnit. Tato technologie se vyznačuje vlastnostmi, jež ji kvalitativně odlišují od dosud používaných postupů (sítotisk, tampónový tisk, mechanické rytí apod.) a která řeší nevýhody těchto konvenčních technologií.



Obr 13 Laserové popisování [17]

Popis laserem je v dnešní době velmi oblíbené značení ve všech oblastech průmyslu i výroby. Tato technologie postupně vytlačuje klasické metody značení, díky vysoké přesnosti popisování a jeho trvanlivosti. Využití lze nalézt při umísťování motivu na předměty ze dřeva, skla, kovu, polymerních materiálů, kůže atd. Značení pomocí laserové technologie představuje dokonalé propracování nápisu či grafiky, jak po technické, tak i po estetické stránce.

Hlavní výhodou je možnost použití pro širokou škálu materiálů, bez nutnosti aplikace dodatečných přísad. Laserový popis se vyznačuje svou stálostí a mechanickou odolností.

Elegance technologie laserového popisování spočívá v tom, že popis na povrchu předmětu vzniká v jednom kroku přímým působením laserového paprsku na materiál objektu a zároveň nevyžaduje použití pigmentů či inkoustů. Lze tedy tuto technologii snadno zařadit do procesu výroby, případně výrobní linky. [2,14]

3.1 Zařízení používané pro laserové popisování

Jedná se o popisovací stanice které se obecně liší typem použitého laseru nebo mechanismem řízení pohybu laserového svazku v souřadnicovém systému. Typ použitého laseru určuje aplikační možnosti zařízení pro popis různých druhů materiálu a použitá koncepce řízení laserového svazku určuje velikost popisované plochy.

3.1.1 Lasery používané pro popis

Většina popisovacích zařízení používá plynové **CO₂ lasery** nebo pevnolátkové **Nd:YAG lasery**. CO₂ lasery vyzařují na vlnové délce 10,6 μ m a jsou vhodné pro značení nekovových materiálů, tj. dřeva, skla, polymerů apod. Popis kovů tímto typem laserů je obtížný vzhledem k velmi vysoké odrazivosti (až 99%), proto jsou v tomto případě vhodnější Nd:YAG lasery vyzařující na vlnové délce 1,06 μ m. Nd:YAG lasery se rovněž používají na popis polymerů, přičemž pro zvýšení kontrastu se do základního materiálu často přidávají aditiva (pigmenty), které vlivem laserového záření výrazně mění barvu motivu.

Ve speciálních aplikacích, např. při velmi precizním rytí kovů (nejčastěji ve zlatnictví) nebo při popisování plastů necitlivých na infračervené světlo, se setkáváme s nasazením **ultrafialových laserů**. [15]

V technologii laserového popisování se v poslední době začínají prosazovat **vláknové lasery**. Tento typ laserů je oproti běžně používaným Nd:YAG a CO₂ laserům výhodnější hned z několika důvodů:

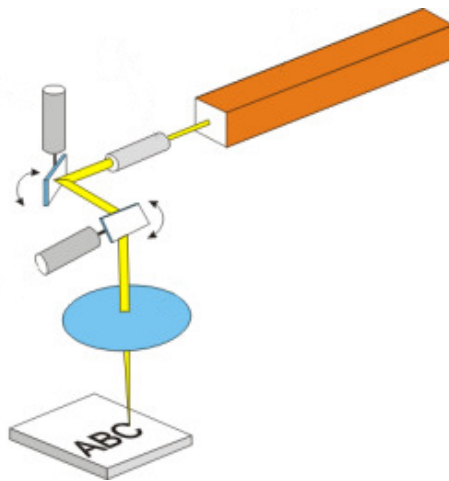
- Mohou pracovat jak v kontinuálním, tak v pulzním režimu.
- Délku pulzu v pulzním režimu lze měnit v širokém rozsahu 1 – 200ns.
- Frekvenci pulzů lze také měnit v širokém rozsahu od 1 do 500kHz.
- Vysoký špičkový výkon v pulzu – desítky kW
- Mají vysokou energetickou účinnost, až 25%
- Vláknem, ve kterém je emitováno laserové záření lze chladit jen vzduchem
- Výstupní svazek je velmi kvalitní s nízkou rozbíhavostí a lze jej proto dobře zaostřit na průměr až 1 μ m.
- Tyto lasery nevyžadují údržbu a udávaná životnost je asi 100 000hod.
- Díky energetické nenáročnosti, bezúdržbovosti a dlouhé životnosti tak přináší vláknové lasery i nízké provozní náklady. [2]

3.1.2 Řízení dráhy svazku

Prvním typem je **vychylovací systém**, který je tvořen dvojicí zrcadel umístěných tak, aby při změně jejich vzájemné polohy docházelo k vychylování paprsku v obou osách x, y. V podstatě se dá tento způsob přirovnat ke kresbě perem. Laserový paprsek kopíruje křivky a při přesunu nad místem, které nemá být značeno se paprsek přeruší.

Za vychylovací soustavou zrcadel se nachází objektiv, který zaostřuje laserový paprsek do ohniska. Soustavou čoček lze plynule měnit vlastnosti značení (hloubku popisu, šířku stopy).

Vzhledem k jejich rychlosti, přesnosti a možnosti snadné automatizace se popisovací lasery s vychylovači používají především v průmyslu. Nevýhodou může být omezená popisovací plocha což je ovšem kompenzováno jejich vysokým popisovacím rozlišením, které u pole 200x200mm dosahuje 7400dpi a u pole 100x100mm až 14800dpi. Ze zvětšujícím se polem roste šířka stopy laseru. [16,18]



Obr 14 Vychylovací zařízení laseru [16]

Druhým typem je **portálový systém**, který se svou konstrukcí podobá běžnému plotteru. Optika se pohybuje nad portálem v x, y souřadném systému.

Portálové lasery jsou vhodné především do oblasti reklamy, kde se pracuje v kusových množstvích a kde je požadavek na plošný popis velké rovinné plochy. Velikost pole bývá dle velikosti portálu až 600x1000mm při rozlišení popisu 1000dpi. Stopa laseru je díky krátké ohniskové vzdálenosti velmi tenká. [18]

3.2 Vznik popisu na povrchu materiálu

Popis je tvořen liniemi, které vznikají překryvem jednotlivých pulzů laserového paprsku. Volbou rychlosti a frekvence lze překrytí pulzů měnit a dosáhnout tak linií s velmi odlišnými vlastnostmi. Pokud použijeme překryv bodů $< 5\%$, pak bude výsledný popis vytvořen s nízkým rozlišením a okraje budou vroubkované. Pokud bude překryv bodů $> 65\%$, pak výsledný popis bude vytvořen s vysokým rozlišením a okraje budou hladké.

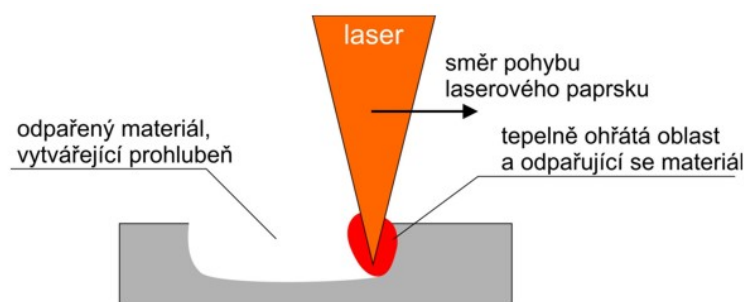
Popis tak můžeme vytvářet s různým rozlišením dle požadavků na rychlost jeho tvorby. [2]

3.3 Procesy laserového popisování

Laserové značení je vizuální změna povrchu označovaného materiálu. Velmi důležitou vlastností pro technologii popisování laserem je schopnost materiálu absorbovat laserový paprsek. Lepší absorpci laserového paprsku můžeme podpořit změnou vlnové délky laseru. Jestliže je povrch značeného materiálu příliš reflexní, nebo tento materiál propouští vlnovou délku laseru, pak je značení velmi obtížné. Pro optimální výsledek musí být laserový paprsek absorbován v povrchové vrstvě materiálu tak, že vznikne jeden ze způsobů značení: [16]

3.3.1 Gravírování

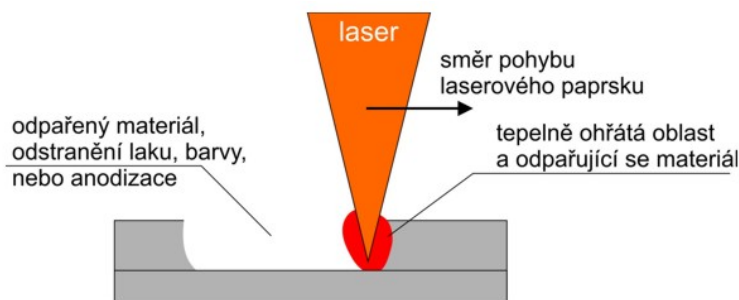
Během gravírování se povrch materiálu roztaví a odpaří laserem. V důsledku toho dochází k odebrání vrstvy materiálu. Tento způsob značení lze použít téměř u všech typů materiálu. [17]



Obr 15 Gravírování [16]

3.3.2 Odstraňování povlaku materiálu

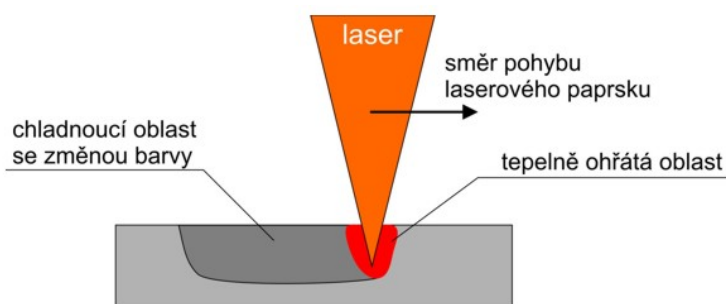
Při tomto procesu odstraní laserový paprsek částečně nebo úplně horní vrstvy nanesené na substrátu. Kontrast vzniká v důsledku různých barev vrchní vrstvy a podkladu. Mezi materiály, které jsou tradičně popisovány tímto způsobem, patří eloxovaný hliník, chromované nebo lakované kovy, lamináty atd. Jelikož je výsledné značení velmi kontrastní, používá se zejména v automobilovém průmyslu, např. pro značení různých ovládacích prvků. [17]



Obr 16 Odstraňování povlaku materiálu [16]

3.3.3 Žihání

Žihání je speciální typ laserového značení kovů. Tepelné působení laserového paprsku způsobuje oxidační proces pod povrchem materiálu, což má za následek změnu barvy povrchu kovu. Změny barvy je tedy dosaženo lokálním ohřátím místa popisu. Obecně platí, že výsledný popis je černý, ale může být i jiné barvy. Barva závisí na teplotě ohříváných vrstev. [17]



Obr 17 Žihání [16]

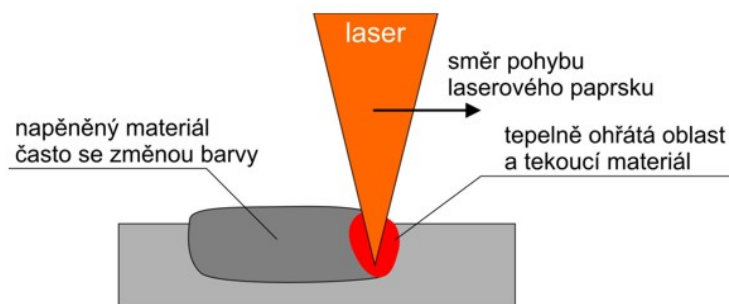
3.3.4 Karbonizace

Působením tepla generovaného laserovým paprskem vzniká na povrchu materiálu chemická reakce (v případě polymeru – degradace). V podstatě se jedná o lokální spálení materiálu. V závislosti na složení materiálu jsou výsledkem různé barevné odstíny. Při popisu světlého

materiálu (nejčastěji polymeru) vznikají vlivem vysoké teploty částičky sazí, které mají za následek kontrastní a velmi tmavé zbarvení výsledného popisu. [17]

3.3.5 Pěnění

Tento typ laserového značení se používá především u polymerních materiálů. Během tzv. pěnění, laserový paprsek taví materiál. V průběhu tohoto procesu vznikají v materiálu plynné bubliny, které rozptylují odrážené světlo. Značené místo se tedy u tmavých polymerů jeví světlejší a naopak u světlých polymerů může nabývat tmavších odstínů. [17]



Obr 18 Pěnění [16]

3.3.6 Bělení

Tento proces laserového značení vytváří světlou stopu na tmavém povrchu. S laserovým zářením reaguje pigment, nikoliv samotný materiál. Výsledný efekt je dosažen příměsí speciálních laserových pigmentů. Příkladem je kombinace sazí a probarveného materiálu stabilizovaným anorganickým barvivem. Po zahřátí jsou saze spáleny a anorganické barvivo spolu se základním materiálem zůstává nedotčeno. Tyto mixované barvy jsou závislé na specifické barevné stabilitě a neumožňují všechny barevné odstíny. [5,16]

3.3.7 UV (studené) značení

Použití UV laseru otevírá nové možnosti v oblasti popisování polymerů. Energie krátkovlnného světla vede k fotochemické reakci, která umožňuje tzv. studené popisování materiálu (dochází k rozpadu polymerních řetězců působením UV záření). Na některých polymerních materiálech nedochází prakticky vůbec k narušení povrchu. Studené značení tedy umožňuje popis zcela bez typické tepelné destrukce okolo značené oblasti a bez opálení okolí. Tímto způsobem lze obzvláště dobře popisovat polymery chráněné proti vzplanutí, používané například v elektrotechnickém průmyslu. [5]

3.3.8 Značení do mezivrstvy

Slouží ke značení vícevrstvých materiálů, kdy se využívá schopnosti paprsku proniknout přes transparentní vrstvy materiálu a následné absorpce energie laserového záření až na další vrstvě. Tento efekt je vhodný pro značení špatně přístupných míst skrze transparentní povrch, jako jsou například přední světla automobilů.

V tomto procesu se používají zelené lasery, které emitují paprsek ve viditelném spektru a jsou řazeny do skupiny studených laserů. [16]

3.4 Některé příklady použití laserového popisování

Popis kovových předmětů (značení dílů, polotovarů, finálních výrobků a součástí, nástrojů, kalibrů, měřidel apod.) – vhodným nastavením parametrů (rychlost značení a frekvence pulzů) lze dosáhnout popisu ve stupních šedi i některých barevných odstínů.

Popis plastových obalových materiálů (např. čárové kódy) – v této oblasti je kladen požadavek na trvanlivost, mechanickou odolnost a často i zdravotní nezávadnost značení, což laserový popis velmi dobře splňuje.

Zapojení do výroby tenkovrstvých solárních článků – rozdělení desky na pole článků, tvorba vnitřních kontaktů, laserové pájení, vytváření systému nevodivých cest atd. Postupně tato technologie nahrazuje klasické výrobní postupy, používané při výrobě solárních článků. Zapojení této technologie do většiny výrobních operací vede ke zjednodušení výroby solárních článků a umožňuje výrobu panelů s nižšími energetickými i ekonomickými náklady.

Značení skla je problematické kvůli nízké absorpci laserového záření. Tento problém lze vyřešit několika způsoby:

- Značení pomocí napaření tenké kovové vrstvy na sklo – laserový svazek projde značeným sklem, na jehož druhé straně je přiložena kovová vrstva ve které se absorbuje energie laserového záření. Na sklo je napařena tenká kovová vrstva.
- Pomocí navázání chemických směsí na povrch skla – tyto směsi obsahují pigmenty (oxidy kovů), látku absorbující na vlnové délce laseru a skleněná zrna. Směs je nanesena na značený povrch (např. pomocí spreje), laserové záření je absorbováno ve složce směsi absorbující laserové záření, dojde k tavení částic skla a vytvoření vazeb mezi nimi a substrátem. [2]

3.5 Výhody / Nevýhody laserového popisování

Mezi **výhody** patří:

- Vysoká kvalita popisu a reprodukovatelnost.
- Vysoká rychlost značení.
- Odolnost popisu vůči otěru, vysoké teplotě, povětrnostním podmínkám či chemikáliím.
- Bezkontaktní značení (žádné znečištění nebo deformace výrobku, žádné opotřebení nástroje).
- Absence barviv, inkoustů (význam z hlediska ekologie).
- Lze popisovat širokou škálu materiálů (veškeré kovy včetně kovů s povrchovou úpravou, polymerní materiály, kompozitní a vícevrstvé materiály, diamanty aj.).
- Možnost popisu nerovného povrchu a rotačních součástí
- Jednoduché začlenění do výrobního procesu (jako samostatné pracoviště, nebo součást výrobní linky).
- Nízké provozní náklady.
- Minimální nároky na údržbu zařízení.

Za **nevýhody** lze považovat omezenou barevnost popisu a vysoké pořizovací náklady laserového zařízení. [5,17]

4 SHRNUTÍ POZNATKŮ A STANOVENÍ CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Z prostudované literatury je zřejmé, že oprávněnost použití paprskových metod k popisování materiálu je značně závislá na požadavcích kladených na takto zhotovované součásti. S ohledem na dosavadní praxi s laserovým popisováním byly zvoleny následující cíle praktické části této bakalářské práce:

- Popis laserového zařízení a jeho částí.
- Zpracování metodické příručky pro práci na laserovém zařízení.
- Návrhy a experimentální obrábění na daném zařízení.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POPIS LASEROVÉHO ZAŘÍZENÍ

5.1 Laser Fibre LFQ20 – T

Stolní laserová popisovací stanice je vybavená vláknovým laserem o výkonu 20W, který pracuje v pulzním režimu. Jako aktivní prostředí je zde použito optické vlákno dopované ytterbiem a jako zdroj pro čerpání několik laserových diod. Díky této technologii se vyznačuje vysokou účinností a nízkými nároky na chlazení (laser je chlazen pouze vzduchem).

S ohledem na vlnovou délku záření vláknového laseru (1064nm) je toto zařízení vhodné k popisování většiny anorganických materiálů jako jsou kovy a plasty. Maximální popisovací plocha je 160x160mm.

Popisovací stanice obsahuje integrovaný počítač s operačním systémem Windows 7. Zde je nainstalován příslušný software, který slouží k řízení laseru nebo přípravě grafických předloh do formátů vhodných pro laserový popis. Jedná se především o grafické editory programového balíčku CorelDRAW Graphics Suite, převodový program Trace a řídicí program WMark.



Obr 19 Laserová stanice LFQ20 - T

5.2 Parametry laseru LFQ20 – T

V tab.1 jsou uvedeny technické parametry laserového zařízení.

TECHNICKÉ PARAMETRY LASERU:			
Laser Typ: Vlnová délka: Výkon Způsob čerpání: Spínání laseru: Průměr svazku na výstupu: Frekvence: Energie na 1 puls:	Vlákenný ytterbiový laser 1064nm max. 20W Čerpání diodovým polem pulsy 100ns 8mm 2 – 80kHz max. 1mJ	Vychylovací hlava Princip: Typ: Rychlost popisu: Rozlišení: Fokusační optika Pracovní pole: Šířka stopy: Ohnisková vzdálenost: Chlazení	Galvanometrické vychylování svazku v ose x, y Rychlé vychylovače max. 2000mm/s 40µm 160x160mm 0,12mm, programovatelná 254mm Přímé aktivní vzduchové chlazení
TECHNICKÉ PARAMETRY LASERfibre stolní stanice LFQ – 20T			
Řízení systému Interní: Hlavní řídicí počítač: Monitor:	Řídicí systém kontroluje a nastavuje veškeré provozní parametry laseru Průmyslové PC LCD displej, 19“	Vertikální posuv Typ: Řízení:	Lineární posuv, krokový motor Elektronické, výška se zadává v mm
Software Operační systém: Řídicí software: Ostatní:	Windows 7 WMark – řídicí program pro popis CorelDRAW Graphics Suite, převodový program Trace	Ostatní parametry Napájení: Příkon: Krytí: Provozní podmínky:	230V, 50/60Hz max. 600W IP54 Teplota 15°C – 33°C, nekondenzující vlhkost

Tab 1 Technické parametry laseru Fibre LFQ20 – T

6 POPIS PRÁCE S LASEREM FIBRE – T

Ačkoliv se celé zařízení může jevit poněkud složité, jeho obsluha je poměrně jednoduchá. V následující kapitole je popsáno ovládání laserového zařízení Fibre - T a různé způsoby zpracování grafických předloh pro laserový popis.

6.1 Uvedení laseru do provozního režimu

Pro uvedení laseru do provozního režimu je třeba vykonat následující kroky:

- 1) Připojit zařízení k síti.
- 2) Otočit startovací klíč.
- 3) Přepnout HLAVNÍ VYPÍNAČ do polohy “1”.
- 4) Po naběhnutí operačního systému spustit řídicí program WMark (nachází se ve složce popis).
- 5) Počkat, až se na obrazovce detekuje stav **Standby** (Pohotovost).

Pozn. Po spuštění programu se může zobrazit upozornění týkající se překročení počtu dní od periodické prohlídky. Tento dialog lze zavřít stiskem tlačítka OK.

6.2 Řídicí program WMark

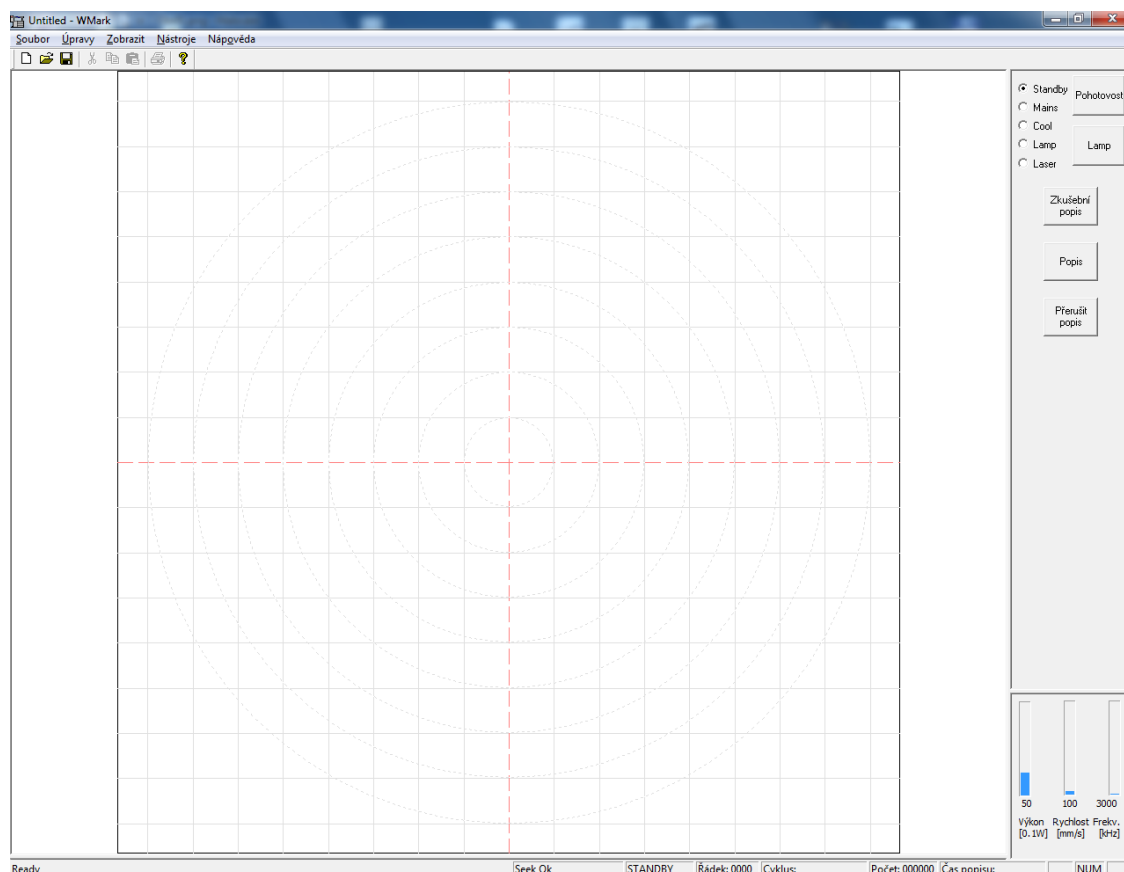
Po spuštění řídicího programu WMark se v jeho prostředí zobrazí čtverec o rozměrech 160x160mm, dělený po 10mm. Tento čtverec znázorňuje popisovací plochu laseru. Na pravé straně se nachází sloupec s ovládacími tlačítky a indikací stavu, v němž se zařízení nachází.

Stavy laseru:

- **Standby** – aktivní je pouze počítač a jednotka vychylovače.
- **Mains** – stav využívaný při servisu (v běžném provozu je tento stav vynecháván).
- **Cool** – je zapnuto chlazení a regulace teploty laseru.
- **Lamp** – je aktivní buzení laseru (laser je připraven k popisu, přičemž výstupní paprsek je blokován clonou).
- **Laser** – dochází k emisi laserového záření (probíhá popis).

V pravém dolním rohu se nachází panel, který zobrazuje parametry popisu (výkon laseru, rychlost popisu a frekvence laseru). Během popisu se tyto parametry mění dle aktuálních hodnot.

Ve spodní liště se vypisuje informace o řádku CMD souboru, který je právě zpracováván, hlášení o činnosti motorů a počet popsanych kusů...



Obr 20 Základní zobrazení programu WMark

6.3 Zadání řídicího CMD souboru

Veškeré operace které jsou prováděné laserem jsou zapsány ve formě příkazů v řídicích CMD souborech.

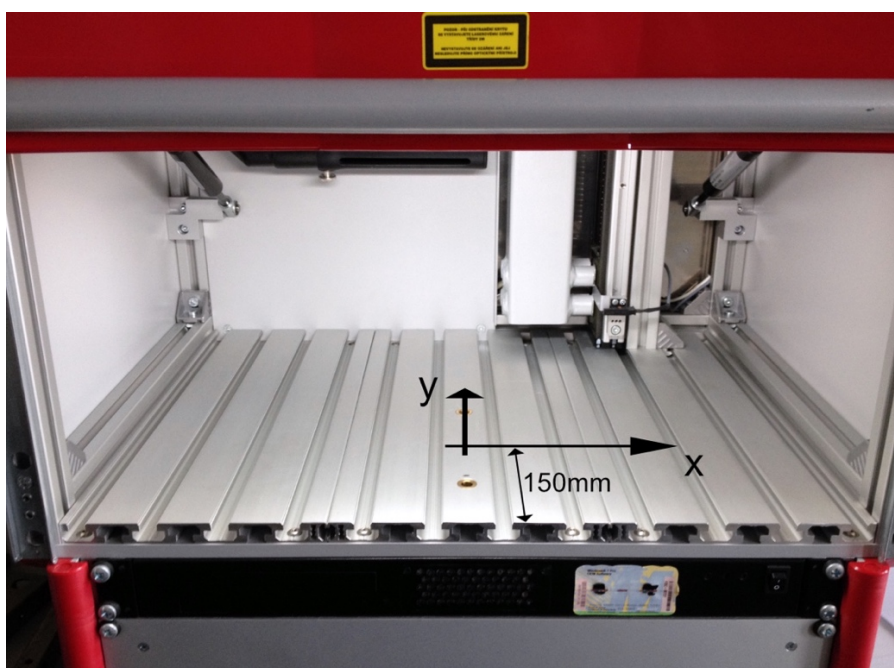
Jednotlivé CMD soubory se načítají v programu WMark prostřednictvím příkazu **Soubor** → **Otevřít**.

Editor příkazů se zobrazí stiskem klávesy **F9** nebo příkazem **Zobrazit** → **Editor**. Potom opakovaným stiskem klávesy **F9** je možné postupně přepínat mezi třemi způsoby zobrazení.

6.4 Umístění popisovaného vzorku v pracovním prostoru laseru

Popisovaný předmět se umísťuje do pracovního prostoru laseru na základě souřadnicového systému x, y . Počátek souřadnic je ve směru osy x uprostřed pracovního prostoru, pak ve směru osy y ve vzdálenosti cca 150mm od přední hrany podloží.

Pro přesné umístění popisovaného předmětu je možné použít naváděcí červený paprsek (di-odového nebo Helium-Neonového) laseru. Paprsek se zapíná klávesou **F11**.



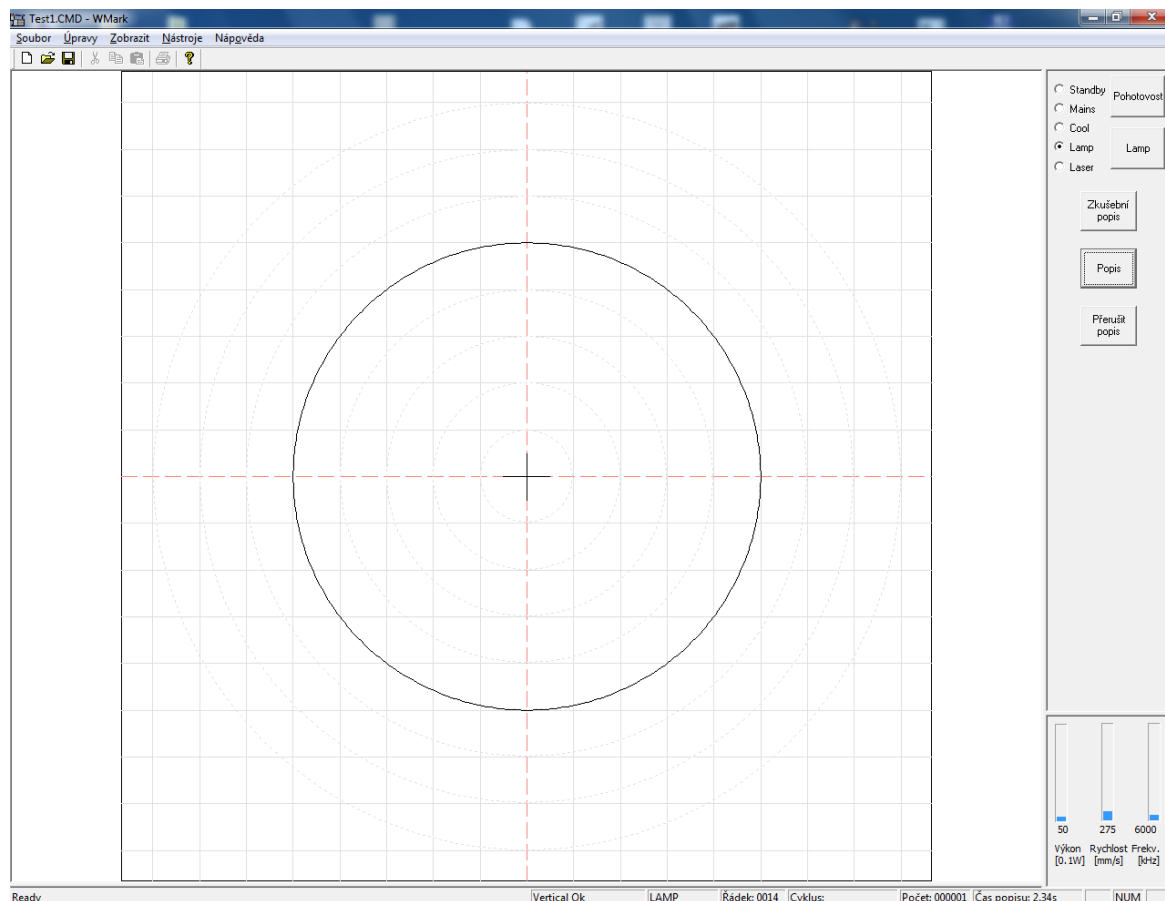
Obr 21 Souřadnicový systém

6.5 Popis vzorku

6.5.1 Testovací popis

Pro otestování laseru lze použít testovací soubor **Test1.CMD** (C:\CMD\Test1.CMD) na základě kterého bude vykreslen kříž o velikosti 10mm do počátku souřadnicového systému a

vykreslena kružnice o poloměru 50mm se středem v počátku souřadnicového systému. Při testovacím popisu postupujeme dle bodů 1) až 6) v kapitole 6.5.2.



Obr 22 Popis dle příkazového souboru Test1.CMD

6.5.2 Zahájení popisu

Pro zahájení popisu daného vzorku je nutné učinit následující kroky:

- 1) Zadat řídicí soubor CMD (viz kapitola 6.3).
- 2) Umístit popisovaný vzorek do pracovního prostoru laseru (viz kapitola 6.4).
- 3) Není-li zařízení ve stavu „Lamp“, je nutné jej do tohoto stavu uvést stisknutím klávesy **F3** nebo tlačítka **Lamp** a počkat, až se na obrazovce detekuje tento stav.
- 4) Může být proveden zkušební popis pomocí tlačítka **Zkušební popis** (popis je reálnou rychlostí vykreslen na obrazovku, a jsou provedeny veškeré činnosti laseru bez aktivační laserového paprsku).

- 5) Vlastní popis se zahájí stiskem klávesy **F4** nebo tlačítka **Popis** (zařízení přejde do stavu „Laser“ a na obrazovce se současně s probíhajícím popisem vykresluje předloha)
- 6) Po skončení popisu přejde zařízení zpět do stavu „Lamp“ (nyní lze odebrat vzorek z pracovního prostoru).
- 7) Opakovaný popis se provádí dle bodů **2)** až **6)**.

6.5.3 Přerušování popisu

Probíhá-li popis, případně zkušební popis, lze jej kdykoliv přerušit stiskem klávesy **Esc**, nebo tlačítka **Přerušit popis**. Takové přerušování je na obrazovce signalizováno nápisem **Break**. Popis lze opětovně zahájit stiskem klávesy **F4**, **F6**, nebo tlačítka **Popis** (objeví se menu, které umožňuje **navázat na předchozí popis**).

6.5.4 Jak pokračovat, jestliže systém ohlásí chybu

Jestliže se vyskytne chyba jakéhokoliv charakteru (např. otevřená kabina), objeví se na obrazovce nápis **ERROR** s číslem a názvem chyby. Po odstranění příčiny se hlášení o chybě ukončí stiskem klávesy **F5**. Následuje uvedení laseru zpět do stavu **Lamp** stiskem klávesy **F3** (pro pokračování v předchozím popisu se z nabídky volí **navázat na přechozí popis**).

6.6 Příprava souborů pro laserový popis

Popisovací stanice Fibre – T umožňuje zpracovávat předlohy ve formě vektorového souboru HPGL, nebo rastrové grafiky ve formátu BMP. Předloha tak může být vytvořena téměř v jakémkoliv grafickém programu, který umožňuje tyto typy souborů generovat. Takovými programy jsou např. Adobe Illustrator, programy typu CAD nebo námi používaný **CorelDraw**.

6.6.1 Příprava vektorové předlohy ve formátu HPGL

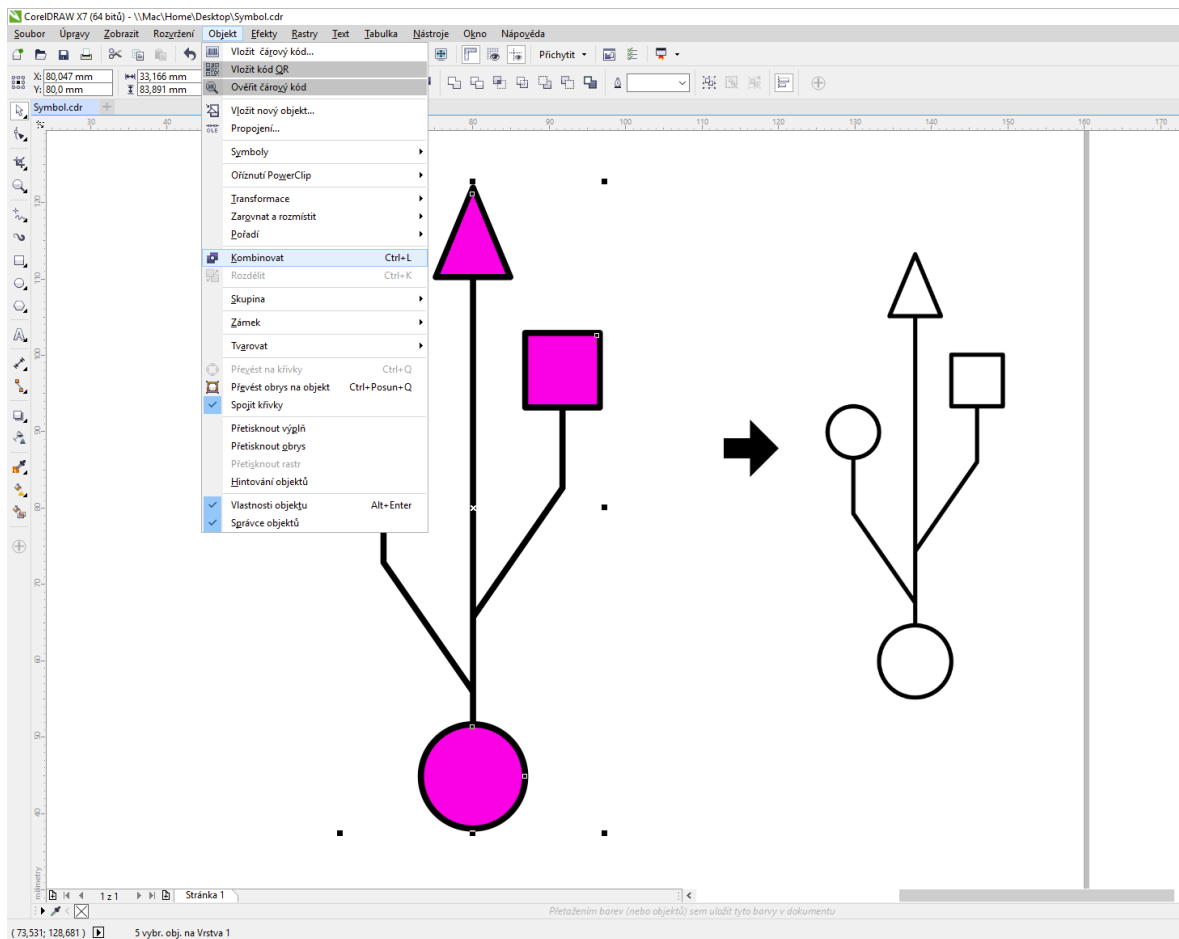
V této kapitole je popsán postup pro tvorbu vektorových předloh ve formátu HPGL pomocí grafického programu CorelDraw X7. Jako příklad nám poslouží soubor s názvem „Symbol“ ve výchozím formátu EPS.

- 1) Spustíte program CorelDraw (zástupce na ploše)
- 2) V programu CorelDraw vytvoříte nový soubor (**Subor** → **Nový**), nebo otevřete stávající (**Subor** → **Otevřít**). V případě některých souborů (např. EPS, DXF atd.) se

při jejich otevření zobrazí nabídka, kde je nutné označit možnost „**importovat text jako křivky**“ a potvrdit tlačítkem **OK**.

3) Otevřený soubor lze libovolně editovat, nicméně je důležité dodržovat následující zásady:

- Laser pracuje na vektorovém principu. Nelze tedy překrývat jeden objekt druhým. Jestliže se objekty překrývají, je třeba postupovat následujícím způsobem: Vyberte objekty, které se překrývají a zvolte funkci **Objekt** → **Kombinovat**. Pro znázornění poslouží příklad na obr.23, kde se černé objekty překrývají s různými. Použitím funkce „Kombinovat“ vznikne jeden objekt s tím, že vnitřní různé objekty nejsou vyplněny.



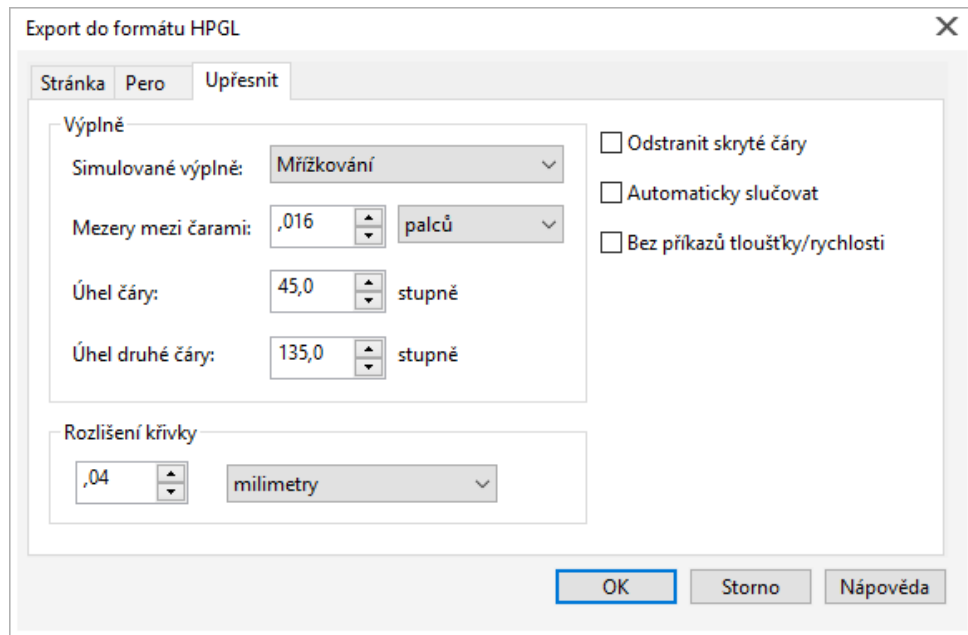
Obr 23 Objekt → Kombinovat

- Laser nerozlišuje barvy. To znamená, že cokoliv bude nakresleno libovolnou barvou včetně bílé bude generováno ve výsledném souboru.

- Střed papíru je totožný se středem popisovaného pole laseru. Je tedy výhodné centrovat objekty na střed stránky (**Objekt** → **Zarovnat a rozmístit** → **Na střed stránky**).
- Vzhledem k vysokému rozlišení laseru se doporučuje kreslit předlohy ve větším měřítku. Při popisu tak dojde ke zjemnění kreslených čar. Změnu měřítka lze provést v menu **Nástroje** → **Možnosti** → **Dokument** → **Pravítka** → **Upravit měřítko** (vhodné měřítka jsou, např. 2:1, 4:1, 6:1...). Nastavené měřítko se projeví až na výstupním souboru, to znamená že kreslíme stále v měřítku 1:1.
- Při kreslení malých objektů a detailů bychom měli zohlednit šířku stopy laseru. Při kopírování obrysů laserovým svazkem vždy zasahuje polovina stopy do objektu. Tato vlastnost se negativně projevuje při vykreslování jemných detailů, které se svou velikostí blíží šířce stopy laseru. Dochází k nežádoucímu zkreslení. Toto se dá potlačit následujícím postupem, kdy se na objekt aplikuje funkce **Efekty** → **Kontura** s následujícími parametry:
 - Vnitřní kontura
 - Kroky kontury 1
 - Barva výplně se volí odlišná než je barva výplně původního objektu
 - Odsazení kontury se rovná poloviční hodnotě stopy laseru (**Odsazení** = $Stopa / 2$ platí pouze v případě, že kreslíme v měřítku a nebudeme toto měřítko později měnit, **Odsazení** = $(Stopa \times Zoom) / 2$ platí v případě, že kreslíme v měřítku **1:1** a počítáme s následným zvětšením)

Po aplikaci funkce kontura je nutno provést rozdělení objektů pomocí funkce **Objekt** → **Rozdělit** a následně smazat původní objekt. Výsledkem je objekt zmenšený o konturu, resp. o stopu laseru.

- 4) Generování předlohy se provádí volbou **Soubor** → **Exportovat (Ctrl+E)**. Název souboru by neměl obsahovat více jak 8 znaků z důvodu dalšího zpracování v programu Trace. Jako typ souboru volte PLT (HPGL). Po stisknutí tlačítka **Exportovat** se objeví nabídka, kde je možné v záložce „**Upřesnit**“ definovat simulované výplně objektu.



Obr 24 Nastavení simulovaných výplní objektu

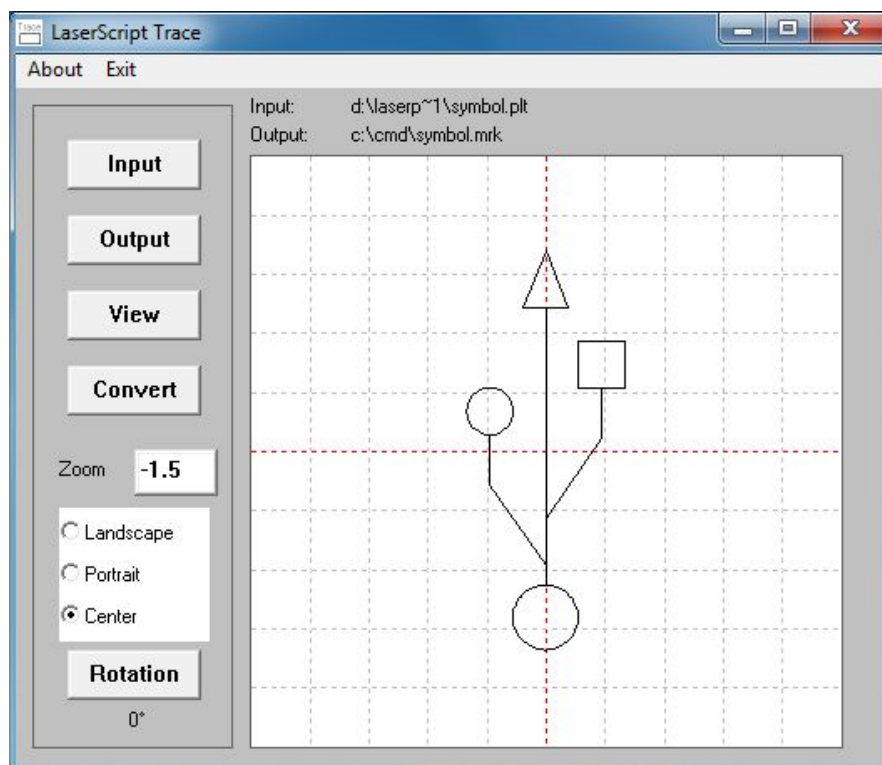
Simulované výplně:

- Žádné – neuplatní se výplň.
- Rovnoběžné čáry – výplň tvořená rovnoběžnými čarami pod úhlem, specifikovaným jako „Úhel čáry“.
- Mřížkování – výplň tvořená 2x rovnoběžnými čarami o různých úhlech specifikovaných jako „Úhel čáry“ a „Úhel druhé čáry“.

Mezery mezi čarami určují počet čar simulované výplně na zvolenou jednotku délky (implicitně jsou nastavené palce, takže **1palec = 25,4mm**). Pro stanovení optimální hodnoty slouží výpočet $Mezera = Zoom \times Stopa / 25,4$. V případě, že je obrázek kreslen v měřítku např. 4:1, je Zoom roven tomuto měřítku. Stopa odpovídá šířce stopy laseru v mm, tedy pro daný typ zařízení lze volit hodnotu 0,12mm.

- 5) Spustíte Program Trace (zástupce na ploše), který slouží ke konverzi předlohy ve formátu HPGL (přípona PLT) do formátu MRK, se kterým umí pracovat řídicí program WMark. Níže je popsána práce s programem Trace:
 - Tlačítkem **Input** se vybere soubor ve formátu HPGL.
 - Tlačítkem **Output** se určí cílová složka pro umístění výstupního souboru MRK. Jako cílovou složku volíme C:\CMD.
 - Tlačítkem **View** se zobrazí náhled budoucího výsledku konverze.

- Samotná konverze se provádí tlačítkem **Convert**.
- Hodnota „Zoom“ udává zmenšení obrázku oproti jeho skutečné velikosti. Byla-li předloha nakreslena v měřítku 4:1, pak hodnota „Zoom“ bude 4 (zmenšení se provede zápisem záporné hodnoty).
- Použitím tlačítka **Rotation** lze rotovat předlohou vždy o úhel 90°.



Obr 25 Program trace

- 6) Spustíte řídicí program WMark. Zde je nutné ve zvoleném CMD souboru zadat příkaz k vykreslení předlohy ve formátu MRK (**DrawFile <název souboru [.mrk]> X Y**, kde souřadnice X, Y určují pozici popisu).

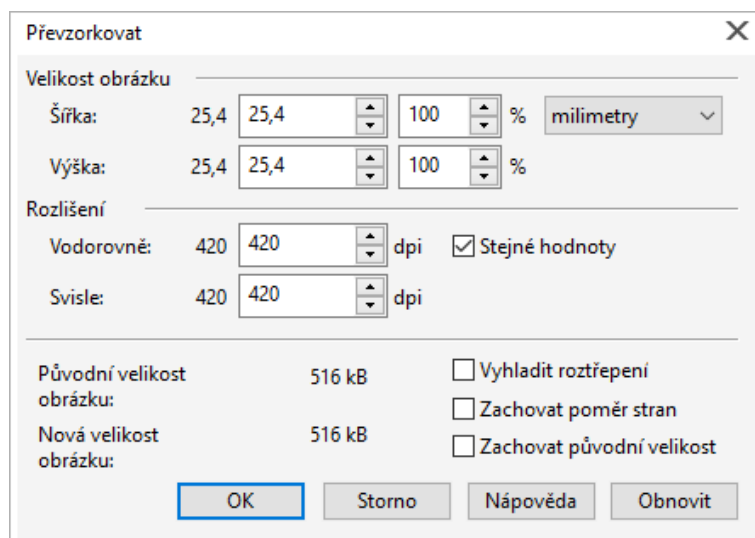
* Vykreslení vektorové předlohy ve formátu MRK

<i>Power</i>	<i>180</i>		
<i>Speed</i>	<i>275</i>		
<i>Frequency</i>	<i>6000</i>		
<i>DrawFile</i>	<i>Symbol</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

6.6.2 Příprava rastrové předlohy ve formátu BMP

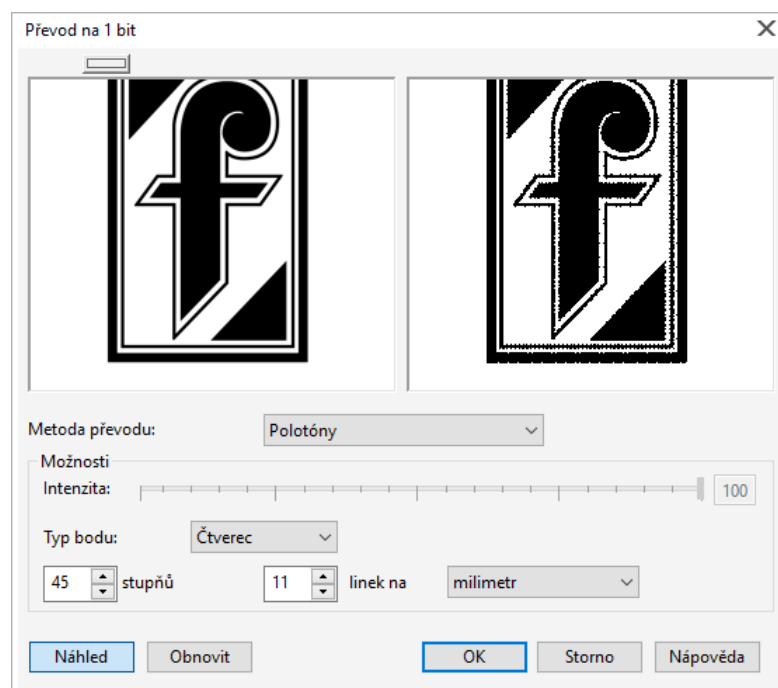
Program WMark umožňuje zpracování rastrové grafiky ze souboru ve formátu BMP, nicméně laser umí pracovat pouze s dvoubarevnou bitmapou (bitová hloubka 1bit), tedy jedná se o obrázek složený pouze z černých a bílých bodů. Tedy grafické předlohy v některém z rastrových formátů (JPEG, TIFF, PNG apod.) je nutno před zpracováním na laseru modifikovat. Pro úpravu rastrových formátů slouží program CorelDraw a Corel PhotoPaint z programového balíčku Corel Graphics Suite. Níže je popsán postup při zpracování rastrové předlohy ve formátu BMP pomocí grafických nástrojů CorelDraw X7 a Corel PhotoPaint X7. Jako příklad nám poslouží soubor s názvem „Logo“ ve výchozím formátu JPEG.

- 1) Grafická předloha v rastrovém formátu se otevře v programu Corel PhotoPaint (**Soubor** → **Otevřít**). Pokud je předloha ve vektorovém formátu, je nutno ji otevřít nejdříve v programu CorelDraw a odtud ji exportovat ve formátu JPEG, případně v jiném rastrovém formátu.
- 2) Předlohu je nutno modifikovat dle následujících kritérií:
 - Rozlišení (dpi) obrázku musí odpovídat možností laseru a značenému materiálu. Velikost stopy by měla být menší nebo rovna rozteči bodů, která je dána rozlišením (dpi) předlohy (v opačném případě by mohlo dojít ke slití bodů). Pro daný typ laseru lze volit rozlišení 200 – 600dpi, což přibližně odpovídá velikosti stopy 0,12 – 0,04mm. Rozlišení lze změnit pomocí funkce **Obrázek** → **Převzorkovat**.



Obr 26 Převzorkovat

- Jak už bylo zmíněno, laser podporuje pouze černobílý obrázek, s bitovou hloubkou 1bit. Konverze na černobílý obrázek se provede funkcí **Obrázek → Převést na černobílý (1bit)**. Je doporučeno používat metodu převodu „Floyd-Steinberg“ pro předlohy typu fotografie, nebo „Polotóny“ pro předlohy obsahující prvky s ostrými přechody.



Obr 27 Převod na 1bit

- 3) Po dokončení úprav se obrázek exportuje jako soubor BMP (**Soubor → Exportovat**) (**Ctrl+E**). Jako cílovou složku pro export volíme C:\CMD.
- 4) V řídicím programu WMark se ve zvoleném CMD souboru zadá příkaz k vykreslení předlohy ve formátu BMP (**DrawBmp <název souboru [.bmp]> X Y**, kde souřadnice X, Y určují pozici popisu).

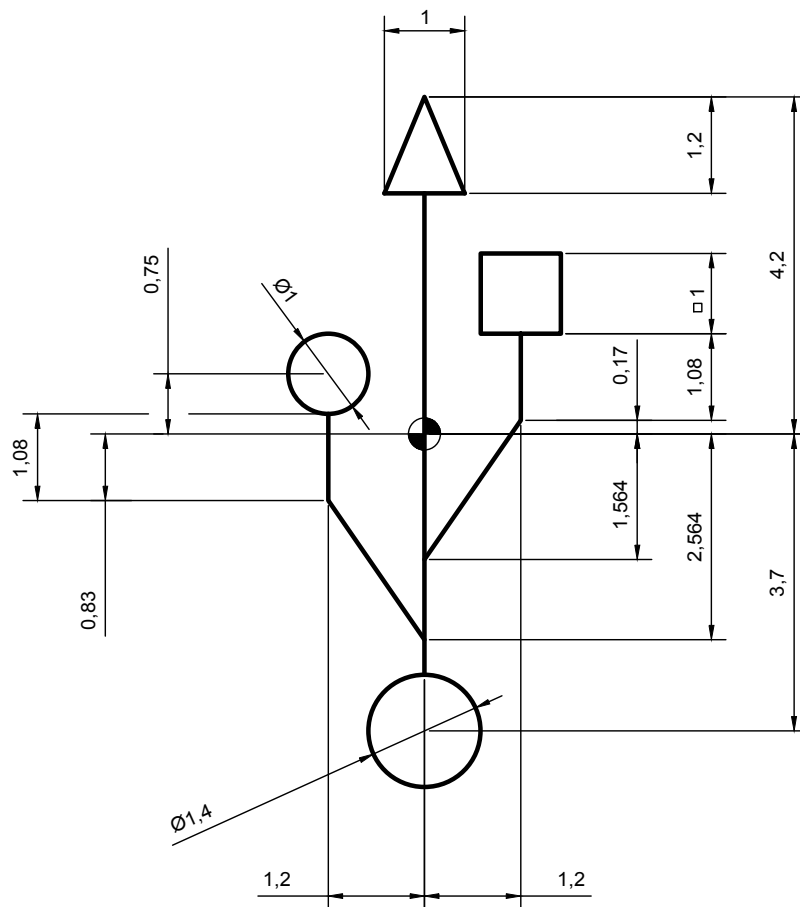
* *Vykreslení rastrové předlohy ve formátu BMP*

<i>Power</i>	<i>180</i>		
<i>Speed</i>	<i>275</i>		
<i>Frequency</i>	<i>6000</i>		
<i>DrawBmp</i>	<i>Logo</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

6.6.3 Tvorba předlohy v editoru CMD

Program WMark obsahuje editor CMD řídicích souborů. Do těchto souborů ukládáme příkazy pro řízení laseru. Kromě příkazů, které jsou nezbytné pro zahájení samotného popisu je zde možno také zadávat příkazy pro kreslení jednoduchých geometrických tvarů vektorového charakteru, či písma.

Jako příklad bychom si mohli uvést kresbu jednoduchého symbolu (obr.28) u kterého podrobně známe jeho rozměry.



Obr 28 Symbol

- 1) Vytvoří se nový CMD soubor v programu WMark (**Soubor** → **Nový**).
- 2) V editoru CMD se nadefinují vhodnými příkazy základní parametry popisu (výkon laseru, frekvence laseru, rychlost popisu):

Power 180

výkon laseru [0,1W]

Speed 275

rychlost značení [mm/s]

Frequency 6000

frekvence pulzů [kHz]

3) Kreslení jednotlivých objektů pomocí příkazů:

Size [*s=1*]

velikost objektů

Offset [*x=0*] [*y=0*]

posun souřadnic

Circle [*rádius=0.7*] [*x=0*] [*y=-3.7*]

kružnice

LineY [*délka=6*] [*x=0*] [*y=-3*]

úsečka v ose Y s počátkem x, y

LineX [*délka=1*] [*x=-0.5*] [*y=3*]

úsečka v ose X s počátkem x, y

Line [*x₁=-0.5*] [*y₁=3*] [*x₂=0*] [*y₂=4.2*]

úsečka z bodu 1 do bodu 2

Line [*x₁=0*] [*y₁=4,2*] [*x₂=0.5*] [*y₂=3*]

Line [*x₁=0*] [*y₁=-2.564*] [*x₂=-1.2*] [*y₂=-0.83*]

LineY [*délka=1.08*] [*x=-1.2*] [*y=-0.83*]

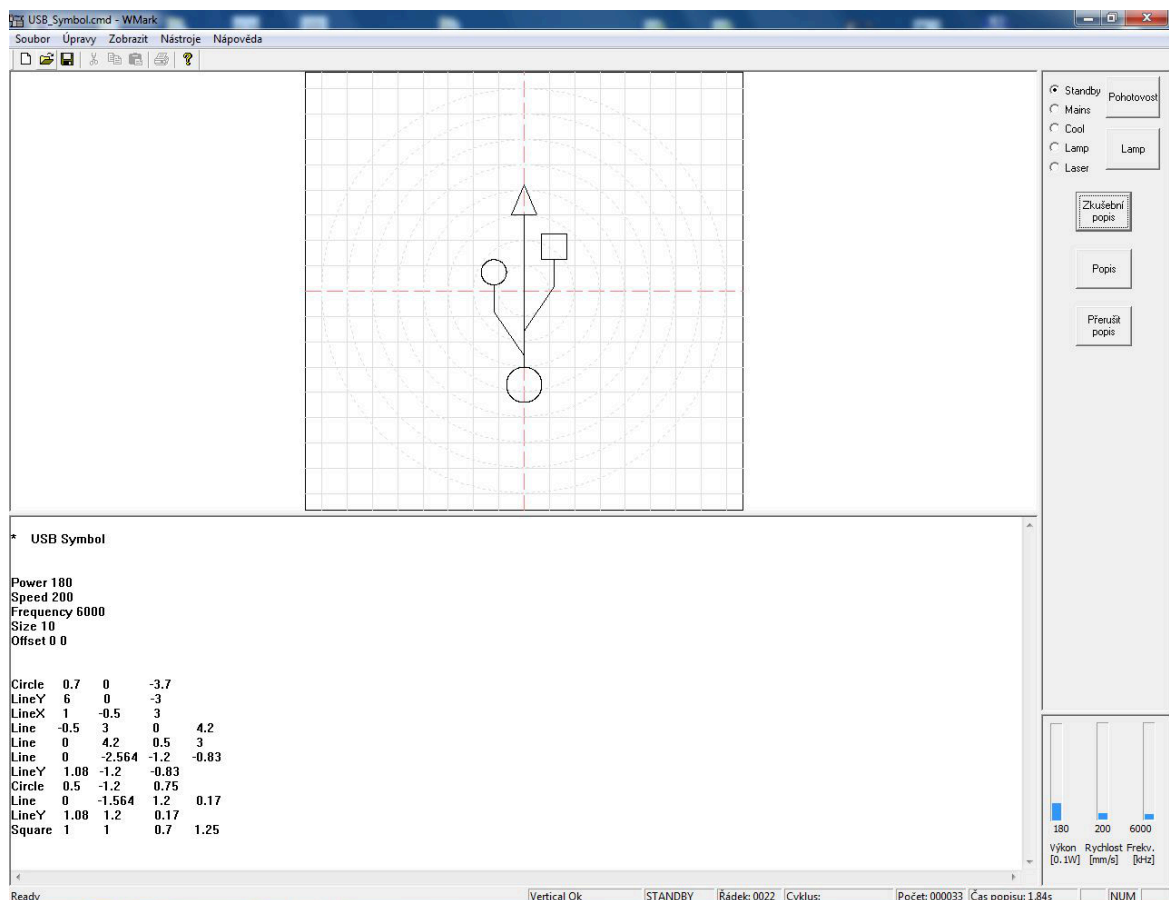
Circle [*rádius=0.5*] [*x=-1.2*] [*y=0.75*]

Line [*x₁=0*] [*y₁=-1.564*] [*x₂=1.2*] [*y₂=0.17*]

LineY [*délka=1.08*] [*x=1.2*] [*y=0.17*]

Square [*size x=1*] [*size y=1*] [*x=0.7*] [*y=1.25*] čtverec s počátkem x, y

4) Soubor CMD lze uložit (**Soubor** → **Uložit**) do adresáře C:\CMD.



Obr 29 Vykreslení symbolu na základě CMD příkazů

Je třeba zmínit, že tento způsob tvorby předloh je poměrně neefektivní a hodí se pouze pro velmi jednoduché obrazce nebo nápisy. Pro tvorbu složitějších popisů je spíše vhodné používat postupy popsané v kapitolách **6.6.1** a **6.6.2**.

6.7 Pokročilé možnosti popisování

6.7.1 Nastavení výšky popisovaného materiálu

Pro nastavení výšky popisovaného povrchu slouží CMD příkaz **Height <val>** (Např. **Height 10** znamená, že popisovaný povrch je ve výšce 10mm od základní plochy pracovního prostoru laseru).

Postupy v předchozích kapitolách popisovali případ, kdy máme těleso o nepatrné výšce umístěné přímo na základní ploše pracovního prostoru laseru. Tomu odpovídá nastavení výšky **Height 0**. Tedy v případě, že tloušťku popisovaného materiálu nelze zanedbat je nutno tento příkaz zavádět s příslušnou hodnotou do řídicího CMD souboru.

6.7.2 Popisování ve dvou výškových úrovních

V případě, má-li být popisováno několik horizontálních ploch v různých výškových úrovních, je třeba tyto jednotlivé výšky zahrnout do řídicího CMD souboru příkazem **Height <val>** (viz. kapitola **6.7.1**).

** Vykreslení předlohy ve dvou různých úrovních*

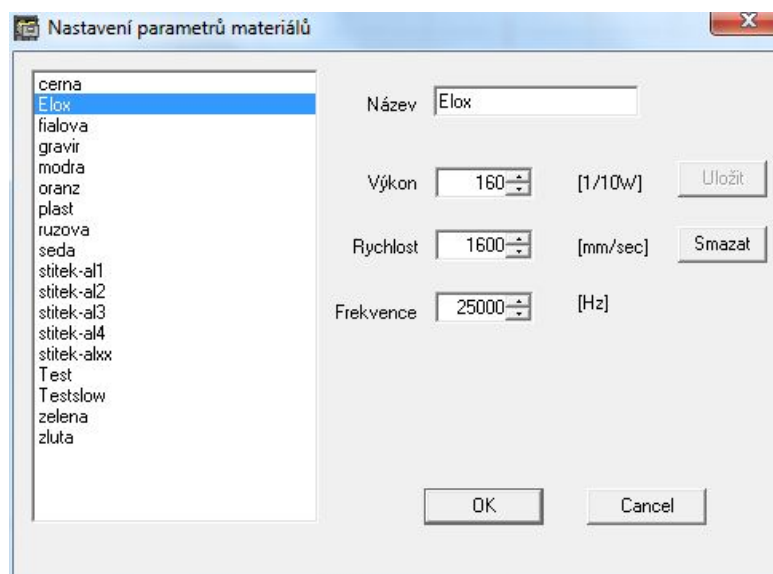
<i>Power</i>	<i>180</i>	
<i>Speed</i>	<i>275</i>	
<i>Frequency</i>	<i>6000</i>	
<i>Height</i>	<i>10</i>	
<i>Size</i>	<i>1</i>	
<i>DrawFile Symbol</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Height</i>	<i>20</i>	
<i>Size</i>	<i>1</i>	
<i>DrawBmp Logo</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

6.7.3 Změna parametrů popisu

Nastavení laseru v CMD souborech platí vždy pro konkrétní materiál, tedy pokud chceme popisovat jiný typ materiálu, bude pro tento materiál vhodné individuální nastavení laseru. Obecně je výsledný popis závislý na třech parametrech:

- *Power* – výkon laseru [0,1W]
- *Frequency* – frekvence pulzů [kHz]
- *Speed* – rychlost popisu [mm/s]

Změnu parametrů popisu je možné provádět zadáváním výše uvedených příkazů do CMD řídicího souboru, nebo s využitím přednastavených materiálů, které se vytváří a editují v přidruženém programu s názvem **Materiálové parametry** (v programu WMark dostupný pomocí příkazu **Nástroje** → **Materiál**).



Obr 30 Nastavení parametrů materiálu

Nový materiál se vytvoří tak, že do okna „název“ napíšeme název pod jakým se bude materiál používat, dále nadefinujeme výkon, rychlost, frekvenci a pro uložení materiálu stiskneme tlačítko **Uložit**. Jestliže je materiál vytvořen, potom pro změnu materiálu se v příkazovém CMD souboru zadává příkaz **Materiál**, kde jako parametr se píše název materiálu (např. **Materiál Elox**).

6.7.4 Změna šířky stopy laseru

Reálnou šířku stopy laseru lze měnit pomocí CMD příkazu **LineWidth** <šířka stopy [mm]> (Např. **LineWidth 0,1**). Zařazením tohoto příkazu je možné měnit sílu kontury jednotlivých vektorových objektů, nebo v případě rastrové předlohy přizpůsobit šířku stopy pro dané rozlišení (dpi).

* *Vykreslení předlohy s různou šířkou stopy*

<i>Power</i>	<i>180</i>	
<i>Speed</i>	<i>275</i>	
<i>Frequency</i>	<i>6000</i>	
<i>LineWidth</i>	<i>0,1</i>	
<i>Size</i>	<i>1</i>	
<i>DrawFile Symbol</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>LineWidth</i>	<i>0,06</i>	
<i>Size</i>	<i>1</i>	
<i>DrawBmp Logo</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

6.8 Vypnutí systému

Pro bezpečné vypnutí systému je nutné:

- 1) Ukončit program WMark stiskem klávesy **F1** případně ukončit program běžným způsobem.
- 2) Vypnout systém Windows běžným způsobem.
- 3) Vypnout zařízení HLAVNÍM VYPÍNAČEM přepnutím do polohy "O".

7 EXPERIMENT

7.1 Materiál

Primárně jsou vláknové lasery vhodné pro popisování kovových předmětů, zvláště pak hliníkových. Nicméně při vhodně zvolených parametrech popisu lze v praxi tímto typem laseru popisovat téměř jakýkoliv materiál.

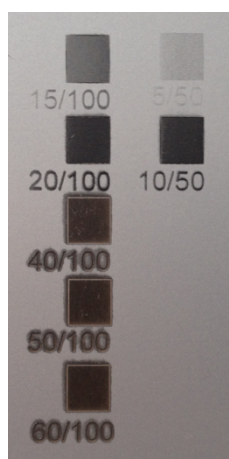
Pro tento experimentální popis byly použity materiály od firmy GravoTech (příloha PII). Jedná se o hliníkové vzorky plechu s různou povrchovou úpravou, která zaručuje vysoce kvalitní a kontrastní popis.

7.2 Experimentální popis

Experimentální popis byl proveden na sedmi vzorcích s různou povrchovou úpravou. Optimální parametry popisu byly určeny na základě zkušebního popisu, který byl aplikován na každém vzorku zvlášť. Po vyhodnocení zkušebního popisu bylo možné určit úroveň výkonu laseru a rychlost popisu, přičemž tyto parametry jsou uváděny v procentech (výkon / rychlost popisu = 100% / 100% = 20W / 2000mm/s). Parametry zkušebního popisu: 5/50; 10/50; 15/100; 20/100; 40/100; 50/100; 60/100.

7.2.1 AlumaSign AS-540, stříbrná matná/černá

Hliníkový plech o tloušťce 0,5mm, s bezbarvou eloxovou povrchovou úpravou. Na základě zkušebního popisu byly určeny vhodné parametry: výkon 10% při rychlosti popisu 100%. To v přepočtu odpovídá parametrům 2W/2000mm/s.



Obr 31 AlumaSign AS-540

7.2.2 AlumaAlu AS-537, bílá lesklá/černá

Hliníkový plech o tloušťce 0,51mm, z jedné strany opatřen vrstvou bílého, lesklého laku. Výsledný popis je černý. Parametry popisu: výkon 40% při rychlosti popisu 100%, tj. 8W/2000mm/s.



Obr 32 AlumaAlu AS-537

7.2.3 Gravaxal 674, lesklý modrý

Z obou stran modře eloxovaný hliníkový plech o tloušťce 1mm. Výsledný popis je v barvě základního materiálu, tedy stříbrný. Parametry popisu: výkon 50% při rychlosti popisu 100%, tj. 10W/2000mm/s.



Obr 33 Gravaxal 674

7.2.4 AlumaMark 27415, zlatý satén/černá

Hliníkový plech o tloušťce 0,51mm, opatřen saténovým lakem ve zlatém odstínu (viz. příloha PII). Výsledný popis je černý. Parametry popisu: výkon 40% při rychlosti popisu 100%, tj. 8W/2000mm/s.



Obr 34 AlumaMark 27415

7.2.5 AlumaMark 27417, stříbrný satén/černá

Hliníkový plech o tloušťce 0,51mm, opatřen saténovým lakem ve stříbrném odstínu (viz. příloha PII). Výsledný popis je černý. Parametry popisu: výkon 40% při rychlosti popisu 100%, tj. 8W/2000mm/s.



Obr 35 AlumaMark 27417

7.2.6 LaserAlu LM-5319, černá/stříbrná

Hliníkový plech o tloušťce 0,51mm, z jedné strany opatřen černým lakem. Výsledný popis je v barvě základního materiálu, tedy stříbrný. Parametry popisu: výkon 10% při rychlosti popisu 50%, tj. 2W/1000mm/s.



Obr 36 LaserAlu LM-5319

7.2.7 LaserAlu LM-5318, černá/zlatá

Hliníkový plech o tloušťce 0,51mm, z jedné strany opatřen černým lakem. Výsledný popis je zlatý. Parametry popisu: výkon 40% při rychlosti popisu 100%, tj. 8W/2000mm/s.



Obr 37 LaserAlu LM-5318

ZÁVĚR

Problematikou této bakalářské práce byla technologie laserového popisování materiálu. V teoretické části byl popsán laser, jeho historie a základní princip vzniku laserového záření. Dále zde byly popsány základní typy laserů a jejich rozdělení na základě různých specifikací. Závěrem teoretické části bylo rozebráno laserové popisování, druhy a možnosti laserového popisu.

Hlavním cílem praktické části bylo vyhotovení metodické příručky pro práci s vláknovým laserem LFQ-20T. Byl tedy sestaven dokument obsahující přehled základních ovládacích prvků laseru, resp. řídicího programu WMark a především zde byly popsány základní postupy zpracování grafických předloh v různých souborových formátech s využitím grafických editačních programů.

Jestliže srovnáme postupy popsané v kapitole 6.6, je zřejmé, že předlohy ve formátech HPGL a BMP jsou vhodné pro velmi složité popisy, přičemž soubory ve formátu BMP umožňují do určité míry vykreslovat i fotografie. Naproti tomu tvorba předloh prostřednictvím CMD příkazů je velmi zdlouhavá a zároveň tvarově omezená pouze na jednoduché geometrické obrazce. S ohledem na možnosti laserového zařízení je tedy výhodné zpracovávat složitější předlohy formou vektorové, případně rastrové grafiky.

Součástí praktické části bylo také experimentální popisování vybraných vzorků. Jednalo se o vzorky s různou povrchovou úpravou, které jsou určeny k laserovému popisu. Na každém vzorku byla provedena série zkušebních popisů, kde bylo patrné, jaký vliv mají různé parametry popisování na kvalitu výsledného popisu. Například u vzorků s lesklou povrchovou úpravou bylo možné pozorovat, že při výkonu 5% a rychlosti popisu 50% nevznikla na povrchu vzorku žádná viditelná stopa. Naopak u vzorku AlumaSign AS-540 s matným povrchem byl při stejném poměru výkonu a rychlosti popisu výsledek patrný. Tyto rozdíly byly způsobeny různou úrovní absorpce laserového záření odlišnými povrchy. Tedy lesklé povrchy paprsek odrážely a pro dosažení žádaného popisu bylo třeba tyto ztráty kompenzovat vyšším výkonem laseru. V rámci vyšších výkonů již byly parametry závislé na barvě a tloušťce povrchové vrstvy vzorku, případně na požadovaném barevném odstínu výsledného popisu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Stránky firmy Lintech s.r.o, Výhody laserové technologie v průmyslových aplikacích [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.lintech.cz/vyhody-laserove-technologie-v-prumyslovych-aplikacich>
- [2] Stránky firmy Laserdekor, Laserové značení / gravírování [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.laserdekor.cz/znaceni-gravirovani/>
- [3] Wikiskripta, Laser [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Laser>
- [4] Doc. Ing. Vojtěch Geleta, PhD. : Progresívne Technológie Obrábania, Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislavě v nakladatelství STU, Bratislava, Vazovova 5, v roku 2013, ISBN 978-80-227-3997-9
- [5] Petr Hubík, Technologie laserového popisování [online]. Zlín, 2013 [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/24662>
- [6] Jiří Dušek, Co byste rádi věděli o průmyslových laserech [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.mega-blog.cz/lasery/co-byste-radi-vedeli-o-prumyslovych-laserech/>
- [7] Fyzikální ústav Univerzity Karlovy, učební texty, Princip činnosti laseru [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
http://fu.mff.cuni.cz/biomolecules/media/files/courses/Princip_cinnosti_laseru.pdf
- [8] Ing. Miroslav Novák, Průmyslové lasery – princip laseru [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/prumyslove-lasery-1-princip-laseru.html>
- [9] Lucie Bazalová, Porovnání vlastností pevnolátkových laserů [online]. Brno, 2012 [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53332.
Bakalářská práce. VUT Brno.

- [10] Lukáš Horáček, Využití nekonvenčních paprskových technologií [online]. Brno, 2008 [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5663
- [11] Stránky firmy Leonardo Technology, Princip vláknového – fibre laseru [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.lt.cz/cs/znaceni-laserem-solaris/lasery-info-learning?start=2>
- [12] Jiří Dušek, Hlavní typy laserů používaných v průmyslu [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.mega-blog.cz/lasery/hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu/>
- [13] Wikiskripta, Typy laserů [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
http://www.wikiskripta.eu/index.php/Typy_laserů#Souvisej.C3.ADc.C3.AD_.C4.8Dl.C3.A1nky
- [14] Stránky firmy Lintech s.r.o, Laserové popisování [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.lintech.cz/laserove-popisovani>
- [15] MMSpektrum, Značení a gravírování laserem [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/znaceni-a-gravirovani-laserem.html>
- [16] Stránky firmy Leonardo Technology, Procesy laserového značení [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.lt.cz/cs/znaceni-laserem-solaris/lasery-info-learning?limit=1&start=7>
- [17] Lukáš Novák, Základy laserového značení [online]. [cit. 28.1.2016]. Dostupné z:
<http://www.mega-blog.cz/lasery/zaklady-laseroveho-znaceni/>
- [18] Stránky firmy MediCom a.s., Princip laserového značení – vychylování svazku [online]. [cit. 17.4.2016]. Dostupné z:
<http://www.medicom.cz/p.php?p=prumyslove,aplikace,vychylovani>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TEM Transverzální Elektromagnetický Mód

PW Pulse Wave

CW Continuous Wave

Cr₃O₂ Oxid chromitý

Cr Chrom

YAG Yttrium Aluminium Garnet

HAZ Heat Affected Zone

W Watt

kW Kilowatt

mW Miliwatt

hod Hodina

s Sekunda

ns Nanosekunda

mm Milimetr

μm Mikrometr

nm Nanometr

mJ Millijoule

CO₂ Oxid uhličitý

Hz Hertz

kHz Kilohertz

% Procento

°C Stupeň celsia

° Stupeň

dpi Dots per inch

CAD	Computer-Aided Design
CMD	Command
DXF	Drawing Exchange Format
EPS	Encapsulated PostScript
HPGL	Hewlett-Packard Graphics Language
BMP	Windows Bitmap
JPEG	Joint Photographic Experts Group
TIFF	Tag Image File Format
PNG	Portable Network Graphics

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr 1 Srovnání vyzařovaného světla laserem a žárovkou [5]</i>	13
<i>Obr 2 Absorpce, spontánní (samovolná) a stimulovaná emise [5]</i>	14
<i>Obr 3 Rezonátor [6]</i>	14
<i>Obr 4 Energetické schéma rubínového laseru [7]</i>	15
<i>Obr 5 Schématické znázornění činnosti laseru [8]</i>	16
<i>Obr 6 Příklady transversálních elektromagnetických módů [9]</i>	18
<i>Obr 7 Účinek laserového paprsku při dopadu na povrch materiálu [10]</i>	19
<i>Obr 8 Chování materiálu při působení laserového paprsku</i>	20
<i>Obr 9 Vlnové délky některých typů laserů [16]</i>	22
<i>Obr 10 Schéma pevnolátkového Nd:YAG laseru [12]</i>	23
<i>Obr 11 Schéma vláknového laseru [12]</i>	24
<i>Obr 12 Řez aktivním vláknem vláknového laseru [11]</i>	25
<i>Obr 13 Laserové popisování [17]</i>	26
<i>Obr 14 Vychylovací zařízení laseru [16]</i>	28
<i>Obr 15 Gravírování [16]</i>	29
<i>Obr 16 Odstraňování povlaku materiálu [16]</i>	30
<i>Obr 17 Žíhání [16]</i>	30
<i>Obr 18 Pění [16]</i>	31
<i>Obr 19 Laserová stanice LFQ20 - T</i>	36
<i>Obr 20 Základní zobrazení programu WMark</i>	39
<i>Obr 21 Souřadnicový systém</i>	40
<i>Obr 22 Popis dle příkazového souboru Test1.CMD</i>	41
<i>Obr 23 Objekt → Kombinovat</i>	43
<i>Obr 24 Nastavení simulovaných výplní objektu</i>	45
<i>Obr 25 Program trace</i>	46

<i>Obr 26</i> Převzorkovat.....	47
<i>Obr 27</i> Převod na Ibit	48
<i>Obr 28</i> Symbol	49
<i>Obr 29</i> Vykreslení symbolu na základě CMD příkazů.....	50
<i>Obr 30</i> Nastavení parametrů materiálu.....	52
<i>Obr 31</i> AlumaSign AS-540.....	54
<i>Obr 32</i> AlumaAlu AS-537	55
<i>Obr 33</i> Gravoxal 674.....	55
<i>Obr 34</i> AlumaMark 27415	56
<i>Obr 35</i> AlumaMark 27417.....	56
<i>Obr 36</i> LaserAlu LM-5319	57
<i>Obr 37</i> LaserAlu LM-5318	57

SEZNAM TABULEK

<i>Tab 1 Technické parametry laseru Fibre LFQ20 – T.....</i>	<i>37</i>
--	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha P I: Katalogové listy firmy Megaflex
- Příloha P II: Katalogové listy firmy GravoTech
- Příloha P III: Materiálové listy firmy GravoTech
- Příloha P IV: Experimentální vzorky

Materiály pro popis laserem

Materiály TherMark pro popisování laserem tvoří ucelenou řadu přípravků pro vytvoření černého značení na kovech či plastech nebo barevného na skle, porcelánu či keramice. Jsou vhodné pro plynové (CO₂) tak i pro pevnolátkové lasery (Nd:YAG, Nd:YVO₄ a ytterbiové vláknové, jako např. SHINE Fiber od Megaflexu). Správný materiál snadno najdete pomocí Vyhledávače na našich webových stránkách www.thermark-popis.cz.

Podrobný návod ke každému materiálu vám poradí jaké nastavit základní parametry, které si ale pro své zařízení musíte jemně individualizovat. Podporu můžete jako vždy očekávat i od našeho týmu techniků, kteří materiály dobře znají a poradí vám jak dosáhnout těch nejlepších výsledků.

Následující informace vám poskytnou základní přehled o naší nabídce. Materiály pro laserový popis jsou rozděleny na tři základní skupiny: KOVY – SKLO A KERAMIKA – PLASTY. Uvnitř skupin pak následuje dělení podle druhu materiálu, použitého laseru či barvy popisu. Pokud si nebudete jisti a budete potřebovat poradit, kontaktujte nás.

Popis kovů



LMM14 pasta na kovy, černá/ 50g, 100g

LMM14 sprej na kovy, černý/175g

LMM14 je jedním z našich vysoce univerzálních prostředků pro značení CO₂ lasery a lze s ním vytvořit dobrý černý popis na většině kovů. Pokud hledáte právě jeden univerzální materiál, který byste měli mít, je to právě LMM14. Pastu lze ředit pro stříkání nebo výjimečně nanést štětcem. Sprej či nástřík zaručuje snadné a kvalitní nanesení vrstvy aktivní látky na značený povrch.

LMM6000 pasta na kovy, černá/ 50g, 500g

LMM6000 sprej na kovy, černý/340g

Pasta LMM6000 je dalším z našich univerzálních prostředků pro značení CO₂ lasery a lze s ním vytvořit dobrý černý popis na většině kovů. Vynikající výsledky dosáhnete na lesklém nerez. Po nanesení zaschne do tvrdého povrchu, proto lze předměty před laserovým popisem skladovat.

Pastu lze ředit pro stříkání nebo výjimečně nanést štětcem. Sprej či nástřík zaručuje snadné a kvalitní nanesení vrstvy aktivní látky na značený povrch.

LMM6018 páska na kovy, černá/2,5cm • 5cm • 7cm - návin 15 m

LMM6018.LF je samolepicí páska s papírovým nosičem a vrstvou pigmentů i přísad jako tekuté výrobky řady LMM. Hodí se velmi dobře k černému popisování kovových povrchů s vyloučením mokrého procesu nanášení vrstvy. Páska zaručuje rovnoměrnou tloušťku vrstvy pro popis, stejně jako odstraňuje všechny problémy spojené se správným ředěním materiálu. LMM6018.LF je doporučena i na čistý nebo eloxovaný hliník.

LMM6038 pasta na kovy, černá/50g

Pasta LMM6038 je založena na LMM6000 a je alternativním výrobkem pro vytváření tmavě černých popisů na vysoce leštěných površích, jako je chromovaný nebo niklovaný. Jeho zvláštností je přísada zvyšující smáčivost a tím rovnoměrné pokrytí i na velmi hladkém povrchu. Vynikajících výsledků dosáhnete s lasery CO₂ i s pevnolátkovými.

LMM6046 pasta na kovy, černá/ 50g

Pasta LMM6046 je technologicky založena na LMM6000, ale je alternativou pro černé značení na čistém a eloxovaném hliníku. Byla vyvinuta speciálně s ohledem na známé kolísání kvality eloxované vrstvy na hliníku. Pastu je možné stříkat nebo nanášet štětcem. LMM6046 pracuje stejně dobře s CO₂ lasery jako s pevnolátkovými.





Popis skla a keramiky

LMC98 pasta na sklo, bílá/ 50g

LMC94 pasta na sklo „leptání“/50g

Pasty umožňující vysoce kontrastní popis skla a keramiky uvedenými barvami pevnolátkovým (vláknovým) laserem, s určitým omezením i laserem CO₂. LMC 94 působí dojmem leptaného nebo pískovaného povrchu. Pasty doporučujeme(!) nanášet stříkáním Air Brushem, štětcem pouze v nouzi. Používá se v průmyslovém popisu skla a keramiky i v designovém, dekorativním značení nádob, trofejí apod. s vysokým kontrastem.

LMC6001P pasta na sklo, bronz/50g

LMC6013P pasta na sklo, modrá/50g

LMC6062P pasta na sklo, zelená/50g

LMC6044P pasta na sklo/keramika, černá/50g

LMC6044P sprej na sklo/keramika, černý/340g

Pasty umožňující vysoce kontrastní popis skla a keramiky uvedenými barvami oběma typy laserů. Pasty doporučujeme(!) nanášet stříkáním Air Brushem, štětcem pouze v nouzi. Používá se v průmyslovém popisu skla a keramiky i v designovém, dekorativním značení nádob, trofejí apod. s vysokým kontrastem.

LMC260 HS páska, černá

Neadhesivní páska LMC260 slouží pro černý laserový popis na sklo a keramiku. Tento produkt byl vyvinut pro vysokorychlostní popis velkého objemu výrobků na automatizovaných výrobních linkách. LMC260 zkracuje čas cyklu značení eliminací sušení a čištění po dokončení popisu. Páska je nesamolepicí, vyžaduje proto integraci do značící nebo výrobní linky pomocí převijecího systému nebo jiné technologie. Funguje stejně dobře s CO₂ lasery jako s pevnolátkovými. Objednává se podle individuálních požadavků zákazníka, kontaktujte nás.



Popis plastů

LMC12 černá pasta na plasty/50g

Pasta umožňující kontrastní černé značení nylonu, PVC, polyethylenu, polyuretanu, polykarbonátu a jiných termoplastů CO₂ laserem. Pasty doporučujeme(!) nanášet stříkáním Air Brushem, jiný způsob nanášení je technicky problematický.



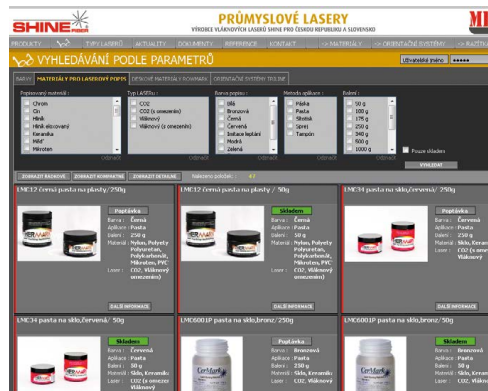
On-line vyhledávání

V naší nabídce dnes najdete 3 základní skupiny materiálů pro popis, které zahrnují pasty, pásky a spreje. Aby váš výběr správného materiálu byl snazší, vyvinuli jsme pro vás nový intuitivní systém vyhledávání potřebného materiálu podle mnoha vlastností.

Najdete ho na stránkách www.megaflex.cz nebo přímo na www.thermark-popis.cz. Doporučujeme vám vyhledávání vyzkoušet už proto, abyste věděli, že najít správný materiál je opravdu velmi důležité, ale i snadné.



Vyhledávání najdete zde



Budoucnost výroby klíšé pro tampónový tisk patří jednoznačně laserovým technologiím. Tři nabízené druhy materiálů vyhoví všem požadavkům na kvalitu, typ tisku, odolnost i cenu. Základní předností je jednoduchost výroby a možnost postupně přidávat na klíšé další motivy a využít tak skutečně celou jeho plochu.

Nabízená klíšé vyrábí světová jednička v oboru, americká firma Inkcups Now. Další detaily a informace najdete na www.trotec-laser.cz. Rádi vám zašleme testovací vzorky.

Megalaze klíšé



Toto klíšé je gravírovatelné jak CO₂ tak i vláknovými lasery. Má technologicky danou hloubku gravury (21μ), proto je nastavení laseru velmi snadné. Je vhodné pro jemné grafiky bez velkých ploch vyžadujících rastr. Klíšé s ocelovým jádrem je oboustranné a má typickou světle modrou barvu. Každá strana dobře gravírovaného klíšé vydrží přibližně 15.000 kvalitních otisků.

Standardní balení:

100 x 100 mm, po 10 ks, 100 x 210 mm, po 10 ks. Jiné rozměry na objednávku.

Výchozí nastavení laseru:

Například pro CO₂ laser SPEEDY 100 s výkonem trubice 12 W je vhodný 30 % výkon při 20 % rychlosti. Pro 30 W SPEEDY 100 pak 15 % výkonu při stejné rychlosti. Vaše optimální nastavení se může lišit v závislosti na stavu stroje.



Megapremium klíšé



Toto klíšé je určeno pro gravírování CO₂ lasery. Má ocelový podklad a tloušťku gravírovatelné vrstvy 46 μ. Klíšé umožňuje velmi dobrou práci s polotóny a rastrem, proto je vhodné i pro náročné grafické návrhy. Doporučená hloubka gravury je asi 25 μ, proto je potřeba při jeho výrobě postupovat velmi citlivě a najít optimální nastavení laseru.

Klišé je chráněno průhlednou fólií a má zlatou barvu. Životnost je obvykle více než 15.000 otisků.

Standardní balení:

100 x 100 mm, po 10 ks, 100 x 210 mm, po 10 ks. Jiné rozměry na objednávku.

Výchozí nastavení laseru:

Pro CO₂ laser SPEEDY 100 s výkonem trubice 12 W je vhodný 18 % výkon při 20 % rychlosti. Pro 30 W SPEEDY 100 pak 7 % výkonu při stejné rychlosti. Pro větší plochy nastavte rastr 85 % černé. Optimální nastavení se může lišit podle stavu stroje.



Megacobalt klíšé



Klišé na ocelovém podkladu určené pro velmi náročné podmínky, kde je třeba vysokého počtu otisků (více než 30.000) ve vynikající kvalitě. Je určeno pro gravírování na vláknových laserech a má tloušťku 64 μ. Typická barva povrchu je tmavě modrá a opět je chráněno průsvitnou krycí fólií.

Standardní balení:

100 x 100 mm, po 10 ks. Jiné rozměry na objednávku.

Výchozí nastavení laseru:

Pro vláknový MEGAFLEX SHINE Fiber 20 W s čočkou 163mm doporučujeme nastavit: výkon 9 W, frekvence 20 kHz, rychlost 850 mm/sec, šrafování 0° a 90°, šrafování 0,03 mm, 2 průchody a obrys.

Optimální nastavení se může lišit v závislosti na stavu stroje.



PŘÍLOHA P II: KATALOGOVÉ LISTY FIRMY GRAVOTECH


40 Kovy
Laser / Rotary


GRAVOXAL™


PRÉMIOVÉ
MATERIÁLY
PRO
GRAVIROVÁNÍ


CHARAKTERISTIKA


- Pro gravírkou i laser
- Na laseru lze značit i ty nejmenší detaily


 CQ

 Rotační

 UV Tisk

 Interiér

 Exteriér

 Licový

Matný

	0,5 mm (0.02")	1,0 mm (0.04")	1,5 mm (1/16")	2,0 mm (1/12")	2,5 mm (3/32")	3,0 mm (1/8")	4,0 mm (1/6")
champagne	18581	18581	18595	18608			
červená	18577	18591	18605				
zelená	18583	18597	18610				
modrá	18579	18593	22058				
stříbrná	18385	22055	18386	22057	18387	22059	18388
zlatá	18571	18575	18589	18603	18616		
bronz	18585	18599	18612				
černá	18569	18573	18587	18601	18614		

Lesklý

	1,0 mm (0.04")	1,5 mm (1/16")	2,0 mm (1/12")
champagne	18640	18636	18662
červená	18638	18658	18677
zelená	18642	18664	18683
modrá	18638	18660	18679
stříbrná	18618	18646	18668
ocelový vzhled	30381	30382	30383
zlatá	18630	18654	18674
bronz	18644	18666	18685
černá	18624	18650	18671

POUŽITÍ

Ovládací panely, popisné štítky, pamětní plakety, interiérová a exteriérová značení

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Matná, Lesklá
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	0,1 mm (0.004")
Celá deska	1000 mm x 500 mm (39" x 19")
Poloviční deska	-
Čtvrtinová deska	-
Jiné velikosti	2 000 mm x 1 000 mm (78" x 39")

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	■
Nůžky	■
Píla	■
Sítotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	■
Pružnost	-
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	■
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	200°C (400°F)

TIPY


Silná vrstva eloxace pro trvalou ochranu.

Na vyžádání jsou dostupné rozměry 1000 x 500 mm nebo 2000 x 1000 mm. Pro barvení použijte doporučené barvy viz str. 63.




Pro černé značení na mechanické gravírce lze na lesklé desky použít Aloxid.

Všechny barevné odstíny jsou eloxovány z obou stran. Z obou stran je také ochranná fólie.

* Značit laserem lze pouze na barevné materiály. Kontrast se může lišit v závislosti na barevném odstínu.



Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.



Matt

Oboustranný	1,0 mm (0.04")	1,5 mm (1/16")	2,0 mm (1/12")
champagne	18360	18354	18360
červená	18366	18372	18377
zelená	30538	30540	30542
modrá	18356	18368	18379
stříbrná	18350	18362	18374
zlatá	18358	18370	18381
bronze	30532	30534	30536
dark bronze	64567	64569	64571
černá	18352	18364	22056

Glossy

Oboustranný	1,0 mm (0.04")	1,5 mm (1/16")	2,0 mm (1/12")
champagne	18555	18552	18561
červená	18552	18559	18564
zelená	30521	30522	30523
modrá	18553	18559	18565
stříbrná	18550	18556	18562
zlatá	18554	18560	18566
bronze	30524	30526	30530
černá	18551	18557	18563

Všechny barevné odstíny jsou eloxovány z obou stran. Z obou stran je také ochranná fólie.
* Značit laserem lze pouze na barevné materiály. Kontrast se může lišit v závislosti na barevném odstínu.

CHARAKTERISTIKA

- Oboustranný eloxovaný hliník
- Pro gravírkou i laser
- Na laseru lze značit i ty nejmenější detaily

POUŽITÍ

Ovládací panely, popisné štítky, pamětní plakety, interiérová a exteriérová značení

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Matná, Lesklá
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	0,1 mm (0,004")
Čelá deska	1 000 mm x 500 mm (39" x 19")
Poloviční deska	-
Čtvrtinová deska	-
Jiné velikosti	2 000 mm x 1 000 mm (78" x 39")

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	■
Nůžky	■
Pila	■
Sitotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	■
Průžnost	-
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	■
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	200°C (400°F)

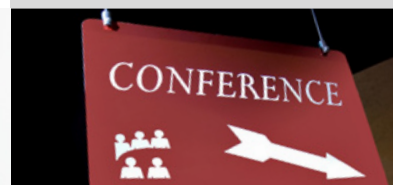
TIPY

Kvalitní eloxovaný povrch chráněný z obou stran fólií.

Pro kontrastní značení mechanickou gravírkou lze pro začernění použít Aloxid.

Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.

GRAVOGRAPH





Lesklý

povrch / podkladová barva		0,5 mm (0,020")	0,6 mm (0,025")	1,2 mm (0,050")
zlatá / zlatá		18407	18435	18435
černá / zlatá		18402		

* CO₂ laserem lze gravírovat pouze černou barvu

Satén

		0,5 mm (0,020")	0,6 mm (0,025")	1,2 mm (0,050")	1,6 mm (1/16")
zlatá / zlatá		18423	18438	18441	18441
bronzá / zlatá		18411			
stříbrná / zlatá		18429			

Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.

GRAVOGRAPH

CHARAKTERISTIKA

- Značení diamantovým hrotem, frézou, nebo laserem
- Leštěný a lakovaný povrch

POUŽITÍ

Vnitřní značení, pamětní plakety, ozdobné štítky

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Lesklá / Satén
Složení	Mosaz
Hloubka gravírování	0,1 mm (0,004") / 0,3 mm (0,012")
Čelá deska	1220 mm x 305 mm (48" x 12")
Poloviční deska	610 mm x 305 mm (24" x 12")
Čtvrtinová deska	305 mm x 305 mm (12" x 12")
Jiné velikosti	-

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	-
Nůžky	■
Pila	■
Sitotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	-
Pružnost	-
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	-
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	200°C (400°F)

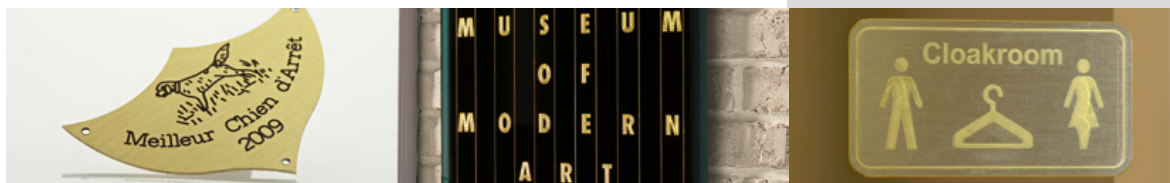
TIPY

Vysoce kvalitní povrch pro použití v interiérech. Po gravírování je možné nanést ochranný lak pro venkovní použití.

Pro zabránění ztrátě lesku naneste po gravírování čirý lak.

Pro zvýšení kontrastu značení použijte Gravoxide, nebo barvu.

Černá barva je vhodná pro značení na laseru.



CHARAKTERISTIKA

- Nízká hmotnost
- Lze snadno stříhat
- Vhodné pro sublimační tisk



POUŽITÍ

Trofeje, pamětní plakety, jmenovky, značení

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Satén / Lesklá
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	0,2 mm (0,008")
Celá deska	1220 mm x 305 mm (48" x 12")
Poloviční deska	610 mm x 305 mm (24" x 12")
Čtvrtinová deska	305 mm x 305 mm (12" x 12")
Jiné velikosti	-

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	-
Nůžky	■
Píla	■
Sítotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	■
Průžnost	-
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	-
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	200°C (400°F)

TIPY

Tenký hliníkový materiál pro malé štítky značené na laseru.

Výborný kontrast značení.

		2-ply	
		0,6 mm (0,025")	
povrch / podkladová barva			
lesklá bílá / stříbrná			34426*
lesklá červená / stříbrná			34528
lesklá modrá / stříbrná			34497
zlatý satén / stříbrná			34595
zlatá metalíza / stříbrná			34596
stříbrný satén / stříbrná			34625
lesklá stříbrná / stříbrná			34626
lesklá černá / stříbrná			34455

* Lesklý bílý plný arch 610 mm x 305 mm (24"x 12")

GRAVOGRAPH

Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.





povrch / podkladová barva	2-ply	0.5 mm (0.020")
lesklá bílá / zlatá		34645
lesklá červená / zlatá		34692
lesklá vínová / zlatá		34685
lesklá zelená / zlatá		34710
lesklá modrá / zlatá		34679
lesklá královská modrá / zlatá		34694
zlatý satén / zlatá		34714
zlatá metalíza / zlatá		34715
lesklá hnědá / zlatá		34682
lesklá černá / zlatá		34677
matl černá / zlatá		61083

CHARAKTERISTIKA

- Nízká hmotnost
- Lze snadno stříhat

POUŽITÍ

Trofeje, pamětní plakety, jmenovky

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Saténová, lesklá, matná
Složení	Mosaz
Hloubka gravírování	0,2 mm (0,008")
Celá deska	610 mm x 305 mm (24" x 12")
Poloviční deska	305 mm x 305 mm (12" x 12")
Čtvrtinová deska	305 mm x 152 mm (12" x 6")
Jiné velikosti	-

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	-
Nůžky	■
Pila	■
Sitotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	■
Pružnost	-
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	-
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	200°C (400°F)

TIPY

Ideální mosazný materiál pro všechny poháry, trofeje a plakety. Velký výběr a skvělý kontrast značení.

Doporučujeme značit laserem, nebo diamantovým hrotem.

Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.

GRAVOGRAPH



CHARAKTERISTIKA

- Speciální verze hliníkového materiálu ve zlaté a stříbrné barvě pro černé značení na CO₂ laseru
- Pro černé značení není potřeba žádná barva, nebo oxidační činidla
- Stačí výkon pouze 6-10 wattů.
- Saténová povrchová úprava.

CO₂

UV Tisk

Interiér

Licový

POUŽITÍ

ID štítky, čárové kódy, štítky, ovládací panely

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Satén
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	0,025 mm (0,001")
Celá deska	610 x 508 mm (24" x 20")
Poloviční deska	-
Čtvrtinová deska	-
Jiné velikosti	305 x 254 mm (12" x 10") for 27414 610 x 305 mm (20" x 12") for 45879 & 45878

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	-
Nůžky	■
Pila	-
Sítotisk	■
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	-
Pružnost	■
Nárazuvzdornost	■
UV odolnost	-
Minimální teplota	0°C (30°F)
Maximální teplota	100°C (220°F)

TIPY

S tímto materiálem šetříte čas: není potřeba žádné barvení pro dosažení černého značení.

Materiál je citlivý na výkon laseru. Pokud je značení šedé, zvýšte výkon. Pokud je značení spálené, tak jej snižte.

Kvalita značení se zlepšuje, pokud použijete 50% rychlost.

Doporučený výkon laseru: 6 - 10 W

povrch /
podkladová barva

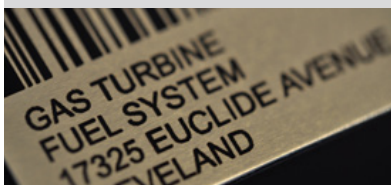
		0,127 mm(0,005")	0,5 mm(0,020")	0,5 mm(0,020") *
stříbrný satén / černá		27414	27417	27419
zlatý satén / černá		27415	27416	
satén brass / černá		45879	45878	

* Se samolepicí zadní stranou.



GRAVOGRAPH

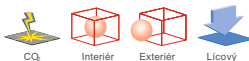
Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.



PRÉMIOVÉ
MATERIÁLY
PRO
GRAVÍROVÁNÍ

DURABLACK™

Kovy
Laser / Rotační 47

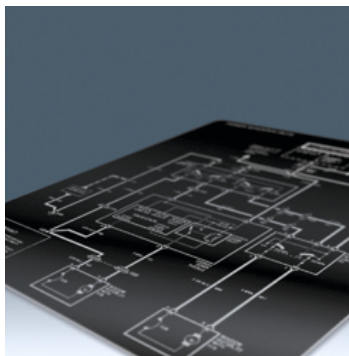


povrch /
podkladová barva

černá /
stříbrná

71922 | 0,5 mm (0,020")

* Se samolepící zadní stranou.



CHARAKTERISTIKA

- Hliníkový materiál pro značení CO₂ laserem určený do exteriéru i interiéru.
- Odolnost vůči UV záření, vysokým teplotám, solím a chemikáliím
- Splňuje několik strojírenských a vojenských norem

POUŽITÍ

Odolná značení, poutače, čárové kódy, štítky s čárovými kódy

VLASTNOSTI

Konečná úprava	Matná
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	0,025 mm (0,001")
Celá deska	610 mm x 508 mm (24" x 20")
Poloviční deska	508 mm x 305 mm (20" x 12")
Čtvrtinová deska	305 mm x 254 mm (12" x 10")
Jiné velikosti	-

MOŽNOSTI

Interiér	■
Exteriér	■
Nůžky	■
Pila	■
Sitotisk	-
Termoražba	-
Ohyb za tepla	-
Odolnost proti otěru	■
Pružnost	-
Nárazuvzdornost	-
UV odolnost	■
Minimální teplota	-40°C (-40°F)
Maximální teplota	230°C (450°F)

TIPY

Hliníkový materiál pro značení velkých počtů štítků na CO₂ laseru.

Vyhovuje: MIL-STD 130N, A-A-50271, a MIL-STD-15024F, Type L, MIL-STD-810G pro 96 hodinovou odolnost při vystavení korozivním chemikáliím. ASTM B117 30 denní vystavení solné mlže.

Zobrazené barvy jsou pouze orientační. Nelze je použít jako náhradu skutečných vzorků.

GRAVOGRAPH



LASERALU



Výrobní štítky Štítky na poháry

- Hladký lesklý povrch
- U materiálů označených LS je laserovaná plocha bílá
- U materiálů LM je laserovaná plocha zlatá nebo stříbrná

Popis

Povrch	Lesklý
Složení	Hliník
Hloubka gravírování	
Celá deska	610 mm x 305 mm

Vlastnosti

Interiér	■		Exteriér
Stříhání	■	■	Řezání
Síťotisk			Horká ražba
Odolnost proti poškrábání	■	■	Pružnost
Odolnost proti přelomení	■		UV odolnost
		80°C	Max. teplota

Ceny v € bez DPH


Tloušťka	0.51 mm
Cena za 1 ks (LS)	24.42
Cena za 1 ks (LM)	10.38

Samolepící fólie

Příplatek za samolepící fólií	3.69
-------------------------------	------

		tloušťka	0.51 mm
	barva vrchní vrstvy	barva spodní vrstvy	obj. číslo
■	černá	stříbrná	LM-5319 ✓
■	modrá	stříbrná	LM-5327 ✓
■	zelená	stříbrná	LM-5330 ✓
■	červená	stříbrná	LM-5331 ✓
■	černá	zlatá	LM-5318 ✓
■	modrá	zlatá	LM-5332 ✓
■	zelená	zlatá	LM-5333 ✓
■	červená	zlatá	LM-5334 ✓
■	zlatá	hliník	LS-525 ✓
■	stříbrná	hliník	LS-526 ✓
■	bronzová	hliník	LS-527 ✓
■	chromová	hliník	LS-528 ✓

PŘÍLOHA P III: MATERIÁLOVÉ LISTY FIRMY GRAVOTECH

	MATERIÁLOVÝ LIST	Datum vydání: 23.10.2014 Datum revize:
	ALUMAALU	Strana 1 (celkem 1)

SLOŽENÍ:	Aluminium (materiál neobsahuje sloučeniny halogenů)
BARVY:	stříbrná, zlatá, bílá s černým popisem černá s bílým popisem
SÍLA:	0,51 mm
ROZMĚR TABULE:	305 x 610 mm
PROVEDENÍ:	lesklý, lakovaný
OCHRANA:	1 strana
METODA RYTÍ:	laserem (gravírování), frézováním (řezání)
HLOUBKA RYTÍ:	
SKLADOVÁNÍ:	kryté místo, vodorovná poloha
FIXAČNÍ TECHNIKA:	mechanická fixace nebo podlepení
POUŽITÍ:	interiér - stříhání, řezání, vrtání, lisování
UV ODOLNOST:	ne
TEPLOTNÍ TOLERANCE:	max. 80°C
PÉČE O MATERIÁL:	nepoužívat rozpouštědla, lze mechanicky poškrábat



MATERIÁLOVÝ LIST

ALUMASIGN

Datum vydání: 23.10.2014

Datum revize:

Strana 1 (celkem 1)

SLOŽENÍ:	Aluminium (materiál neobsahuje sloučeniny halogenů)
BARVY:	stříbrná s černým popisem
SÍLA:	0,5 mm
ROZMĚR TABULE:	1000 x 500 mm
PROVEDENÍ:	matný, polyesterový lak s matným leskem
OCHRANA:	1 strana
METODA RYTÍ:	laserem (gravírování), frézováním (řezání)
HLOUBKA RYTÍ:	0,03 mm
SKLADOVÁNÍ:	kryté místo, vodorovná poloha
FIXAČNÍ TECHNIKA:	mechanická fixace nebo podlepení
POUŽITÍ:	interiér - stříhání, řezání, horká ražba, sítotisk, vrtání, lisování
UV ODOLNOST:	ne
TEPLOTNÍ TOLERANCE:	max. 80°C
PÉČE O MATERIÁL:	nepoužívat rozpouštědla, lze mechanicky poškrábat

PŘÍLOHA P IV: EXPERIMENTÁLNÍ VZORKY



AlumaSign AS-540, stříbrná matná/černá



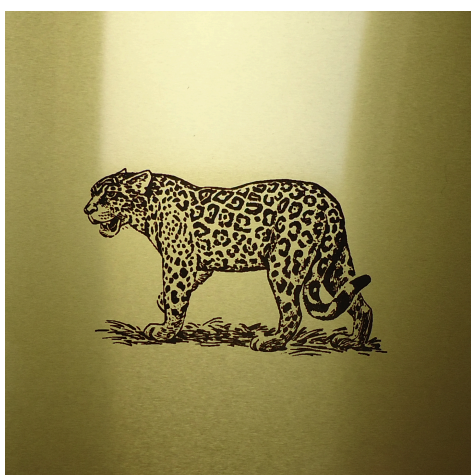
AlumaAlu AS-537, bílá lesklá/černá



Gravoxal 674, lesklý modrý



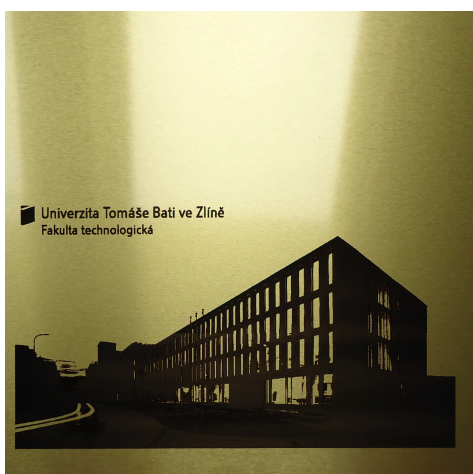
Gravoxal 674, lesklý modrý



AlumaMark 27415, zlatý satén/černá



AlumaMark 27415, zlatý satén/černá



AlumaMark 27415, zlatý satén/černá



AlumaAlu AS-537, bílá lesklá/černá



LaserAlu LM-5318, černá/zlatá



LaserAlu LM-5318, černá/zlatá



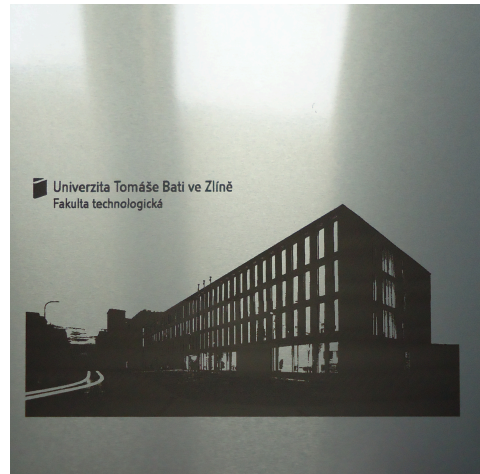
LaserAlu LM-5319, černá/stříbrná



LaserAlu LM-5319, černá/stříbrná



AlumaMark 27417, stříbrný satén/černá



AlumaMark 27417, stříbrný satén/černá



AlumaMark 27417, stříbrný satén/černá