

# Optimalizace vstupních parametrů pro laserové popisování desek knižních vazeb

Optimalization of input parameters  
for bookbinding laser describing

David Žídek

Bakalářská práce  
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická



Na tomto místě bych velmi rád poděkoval své vedoucí Ing. Libuši Sýkorové, Ph.D. za její odborné vedení a rady. Dále Ing. Martinovi Radičovi z firmy Mechanika Prostějov za možnost uskutečnění experimentálních zkoušek na CO<sub>2</sub> laseru a také Mgr. Ryčovi za výpomoc při provedení těchto zkoušek. Mé díky patří taky Andrei Pektorové za odborné rady v oblasti potahových materiálů.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval/a samostatně a použitou literaturu jsem citoval/a.

Ve Zlíně, 04. 06. 2005

.....

jméno diplomanta

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá vhodnou volbou nastavení optimálních parametrů laserového paprsku pro popisování desek knižních vazeb. V teoretické části je nastíněna historie laseru, druhy laseru a jejich praktické využití. Dále pak metody laserového popisování a gravírování, jejich výhody i nevýhody a využití v praxi.

Experimentální část byla realizována ve firmě MECHANIKA PROSTĚJOV. Bylo zvoleno 5 základních typů potahových materiálů, na kterých byl proveden laserový popis daného textu. Vzorky byly dále zkoumány a byly zjišťovány vlastnosti jednotlivých popisů. Nakonec bylo provedeno srovnání a ekonomické zhodnocení technologií laserového popisu a zlacení na lisu, jejich výhody a nevýhody.

This thesis deal with optimal adjust parameters of laser beam for bookbinding describing. Theoretical part is describing history of laser, sort of laser and their practical using. Methods of laser describing and graviring, their advantages and disadvantages and using in the experience are also presented in theoretical part.

Experimental part was realized in firm MECHANIKA PROSTĚJOV. It was selected 5 basic of sorts covering materials, which was performed laser describing of text. The specimens were inspected and their characteristics were investigated. At last was performed economic comparison of laser technologies and gold stamping no manual press, their advantages and disadvantages.

# OBSAH

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÚVOD .....                                                        | 7         |
| <b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                                    | <b>8</b>  |
| 1.1 HISTORIE A PRINCIP FUNKCE LASERU .....                        | 8         |
| 1.2 TYPY LASERŮ .....                                             | 10        |
| 1.2.1 Lasery s pevnou fází .....                                  | 10        |
| 1.2.2 Plynové lasery .....                                        | 11        |
| 1.2.3 Polovodičový laser .....                                    | 15        |
| 1.2.4 Barvivové lasery .....                                      | 15        |
| 1.2.5 Chemické lasery .....                                       | 15        |
| 1.2.6 Excimerové lasery .....                                     | 16        |
| 1.3 LASEROVÉ POPISOVÁNÍ A GRAVÍROVÁNÍ .....                       | 16        |
| 1.3.1 Metody laserového popisu .....                              | 17        |
| 1.3.2 Laserový popis polymerních materiálů .....                  | 17        |
| 1.3.3 Výhody a nevýhody laserového popisování .....               | 19        |
| 1.3.4 Příklady laserového popisu do různých druhů materiálu ..... | 19        |
| 1.4 PRŮMYSLOVĚ VYRÁBĚNÉ KNIŽNÍ VAZBY .....                        | 21        |
| 1.4.1 Některé druhy průmyslových vazeb .....                      | 22        |
| 1.4.2 Vazba diplomových prací a dokumentací .....                 | 22        |
| 1.4.3 Vázání knih – technologický postup .....                    | 23        |
| 1.4.4 Barvy pro tisk knižních desek .....                         | 23        |
| 1.4.5 Některé druhy tiskových barev .....                         | 24        |
| 1.5 ZLACENÍ KNIŽNÍ VAZBY .....                                    | 25        |
| 1.5.1 Ruční zlacení .....                                         | 25        |
| 1.5.2 Nové metody ručního zlacení .....                           | 26        |
| 1.5.3 Ražení lisem (zlatickou) .....                              | 26        |
| <b>2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>                                | <b>28</b> |
| 2.1 POTAHOVÉ MATERIÁLY .....                                      | 28        |
| 2.2 POUŽITÉ EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ .....                         | 29        |
| 2.2.1 CO <sub>2</sub> laser MERCURY L-30 .....                    | 29        |
| 2.3 PROVEDENÍ ZKOUŠEK .....                                       | 30        |
| 2.3.1 Laserový popis zkušebních vzorků potahových látek .....     | 30        |
| 2.3.2 Laserový popis materiálu č. 1 .....                         | 31        |
| 2.3.3 Laserový popis materiálu č. 2 .....                         | 33        |
| 2.3.4 Laserový popis materiálu č. 3 .....                         | 35        |
| 2.3.5 Laserový popis materiálu č. 4 .....                         | 37        |
| 2.3.6 Laserový popis materiálu č. 5 .....                         | 39        |
| 2.3.7 Laserový popis materiálu a 6 .....                          | 41        |
| 2.4 OPTIMÁLNÍ PARAMETRY LASERU PRO POUŽITÉ MATERIÁLY .....        | 44        |
| 2.5 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ LASEROVÉHO POPISU .....                       | 44        |
| 2.6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VYUŽITÍ LASEROVÉHO POPISU .....         | 45        |
| 2.6.1 Výhody použití laserového systému .....                     | 45        |
| 2.6.2 Nevýhody použití laserového systému .....                   | 45        |
| 2.6.3 Náklady na jednu hodinu práce stroje s obsluhou .....       | 46        |
| 2.7 RAŽENÍ LISEM ( ZLATÍČKOU ) .....                              | 47        |
| 2.7.1 Použité experimentální zařízení .....                       | 47        |
| 2.7.2 Postup práce na zlatícím lisu OPUS GOLDPRESS 4 .....        | 48        |
| 2.7.3 Příklady zlacení na lisu OPUS GOLDPRESS 4 .....             | 49        |
| 2.7.4 Výhody použití zlacení na lisu .....                        | 49        |
| 2.7.5 Nevýhody použití zlacení na lisu .....                      | 50        |

|                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.6 Pořizovací náklady zlatícího lisu OPUS GOLDPRESS 4.....                                    | 50        |
| 2.8 POROVNÁNÍ LASEROVÉHO POPISU A ZLACENÍ NA LISU PŘI POPISU PŘEDNÍ STRANY BAKALÁŘSKÉ PRÁCE..... | 50        |
| <b>3 DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>                                                                  | <b>51</b> |
| <b>ZÁVĚR.....</b>                                                                                | <b>52</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>                                                           | <b>53</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>                                                   | <b>54</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>                                                                       | <b>55</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                                                                      | <b>56</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                                                                        | <b>57</b> |

## ÚVOD

Rytina je jednou z nejstarších grafických technik, kterou již v dávnověku přenášel člověk své představy do kamene nebo kovu. Velkou vážnost rytectví získalo v době vzniku mincovnictví. Časem proniklo do mnoha oborů. Nejen do uměleckých, ale i technických. Základem zůstávají ruční práce, avšak podstatnou část práce dnes převzali gravírovací stroje řízené počítačem.

Gravírování patří mezi nekonvenční metody laserového popisu, které jsou založené převážně na fyzikálních nebo fyzikálně – chemických principech úběru a popisu materiálu, bez silového působení na obráběný materiál.

Touto problematikou laserového popisu se mimo jiné zabývá i firma MECHANIKA PROSTĚJOV, která nabídla spolupráci při řešení daného úkolu.

Firma byla založena v roce 1953. Za dobu své činnosti se proměnila z drobné provozovny na výrobu odznaků a opravy kol v moderní obchodní a výrobní společnost s pevnou pozicí na českém trhu v oblasti dodávek pro stavebnictví, prodeje a servisu automobilů a výroby reklamních předmětů. V oblasti reklamních předmětů se firma zaměřuje hlavně na rytecké a gravírovací práce, dále na výrobu informačních systémů, dárkových a reklamních předmětů včetně jejich gravírování. Nyní chce firma využít nového zařízení pro vázání knih a jejich popis laserovým paprskem.

Má práce se tedy bude zabývat výběrem odpovídajícího materiálu pro popis, optimálním nastavením a vhodnou volbou parametrů laserového zařízení.

## 1 TEORETICKÁ ČÁST

### 1.1 Historie a princip funkce laseru

Laser, nebo-li kvantový generátor optického záření, pracuje na principu stimulované emise. Slovo „laser” znamená vlastně začáteční písmena slov, které popisují jeho princip – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, nebo česky – zesílení světla na základě stimulované emise záření. První laser, pracující s rubínem ( $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Cr}^{3+}$ ) jako s aktivním prostředím, byl vytvořen v roce 1960. Od této doby bylo realizováno postupně velké množství různých typů laserů, lišících se použitou aktivní látkou a způsobem čerpání. Plynový laser byl realizován v roce 1961, aktivní prostředí tvořila směs plynů helia a neonu. V roce 1962 byl objeven polovodičový laser, využívající vznik indukované emise na přechodu p-n z monokrystalu GaAs.

Typickou vlastností laserů je dokonalá koherence výstupního záření (koherenční čas až  $10^{-3}\text{s}$ ) a monochromaticnost (závislá na výkonu laseru). Jeho význačnou vlastností je také malá divergence výstupního světelného svazku (u laserů s pevnou fází aktivního prostředí větší než  $0,5^\circ$ , u plynových laserů několik minut). Pro tyto vlastnosti má laser výsadní postavení mezi zdroji záření nejen v optoelektronice, ale v nejrůznějších oborech lidské činnosti. V optoelektronice se využívají všechny výše uvedené vlastnosti, které umožňují použití laserů v optickém zpracování informace, v optických sdělovacích systémech i v dalších aplikacích. (1)

#### **Princip laseru**

Činnost laseru je založena na principu indukované emise, který Albert Einstein předpověděl již v roce 1916.

Při popisu principu laseru se setkáváme s těmito třemi základními pojmy:

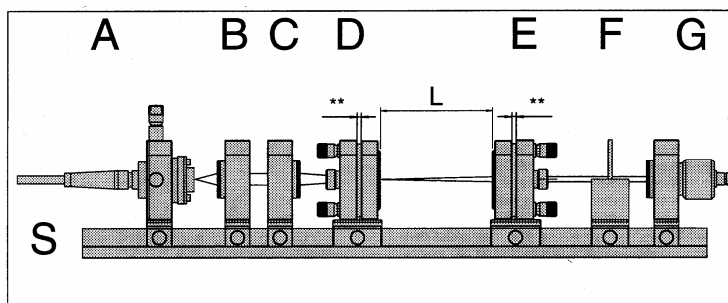
1. Inverze populace: Situace, při které je na vybuzené hladině více elektronů než na hladině základní. Toto se může docílit vhodným čerpáním aktivní látky. Toto čerpání může být optické (výbojka nebo dioda), elektrické (výboj nebo proud procházející p-n

přechodem), chemické (chemické reakce vytvářející vhodné molekuly nebo ionty), čerpání jadernými reakcemi a.j. (2)

2. Aktivní prostředí: Látka, ve které se elektrony nebo molekuly dají vhodným čerpáním vybudit na požadovanou pracovní hladinu, ze které pak mohou emitovat záření. Pracovní látkou může být plyn (He:Ne laser , oxid uhličitý), kapalina (Rhodamin-barvivo) ,krystal (rubín, Nd:YAG, Er:YAG), polovodič (GaAs, GaAsN), molekuly (XeCl, XeF) nebo plazma ( $C^{5+}$ ).

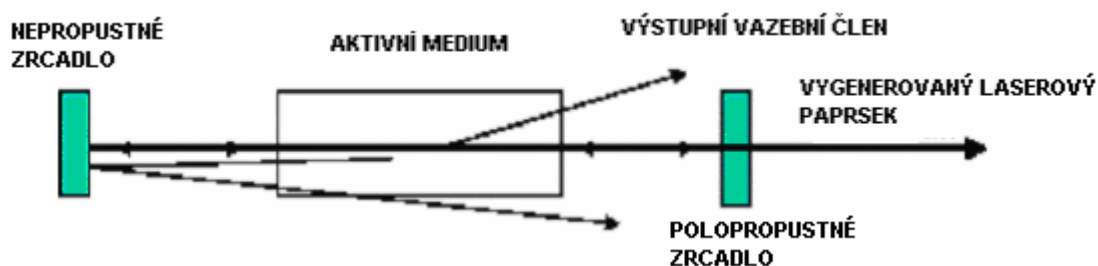
3. Otevřený rezonátor (obr. 2): Dutina, do které se vkládá aktivní látka a která zajišťuje jev zpětné vazby. Většinou je tvořena dvěma zrcadly, ze kterých je jedno polopropustné a druhé odrazné. V podstatě jde o to, že emitovaná vlna z aktivní látky se odráží nazpět a při zpětném přechodu vzbuzuje další a další vynucené emise fotonů.

Pro realizaci laseru je třeba zvolit takové aktivní prostředí, ve kterém lze vytvořit inverzi populace energetických hladin elektronů a současně zabezpečit pomocí otevřeného rezonátoru kladnou zpětnou vazbu pro zesilování generovaného záření. (2)



Obr. 1. Schéma laseru

S - optická lavice, A - laserová dioda, B - spojná čočka, C- sférická spojná čočka, D - Nd:YAG krystal, D-E - optický rezonátor, G - detektor výstupního záření



## Obr. 2. Schéma rezonátoru

Vlnové délky laserového záření spadají od mikrovlnné oblasti přes infračervené tepelné záření a viditelné světlo až po rentgenové paprsky. Laser je tedy přístroj zkonstruovaný na principech kvantové mechaniky, generující záření zcela unikátních vlastností, které má nesčetné množství aplikací. Laser umožňuje generovat extrémně krátké světelné impulsy.

## 1.2 Typy laserů

### 1.2.1 Lasery s pevnou fází

Tímto pojmem rozumíme typ laserů, jejichž aktivní prostředí je tvořeno ionty skupiny železa (např.  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , apod.) nebo ionty vzácných zemin (např.  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{2+}$ ,  $\text{Eu}^{3+}$ , apod.), případně jiných prvků. Tyto ionty tvoří v podstatě nečistoty v hostitelském krystalu a jsou zdrojem stimulovaného záření.

K čerpání aktivních iontů na výchozí energetickou hladinu laseru se používá většinou impulsových výbojek (podobných fotobleskům), nebo speciálních žárovek. Pro impulsový provoz se nejčastěji používají xenonové výbojky. Lasery s pevnou fází pracující v trvalém provozu je nutno chladit, poněvadž v aktivní látce se rozptýluje tak velký výkon, že nedokonale chlazený krystal by se mohl úplně roztavit.

### *Rubínový laser*

První laser, který byl realizován, pracoval s rubínem jako aktivní látkou. Rubínový laser pracuje jako tříhladinový. Pro své výhodné vlastnosti je rubínu jako aktivní látky používáno dodnes. Může pracovat v impulsovém provozu za pokojové teploty a při trvalém provozu za teploty tekutého dusíku (77K). Aktivní ionty  $\text{Cr}^{3+}$  tvoří nečistoty v krystalu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (safír). Safír  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je bílý a po aktivování ionty chromu se změní na rubín zbarvený růžově. Typická koncentrace je 0,05% váhového množství  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  v  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , což odpovídá asi  $10^{19}$  iontů na  $\text{cm}^3$ . Rubín se vybrousí do tvaru válečku s osou rovnoběžnou nebo kolmou na optickou osu krystalu. Váleček bývá dlouhý 5 až 10cm a jeho průměr se pohybuje v mezích 6 až 10mm.

Účinnost tohoto laseru závisí na tom, jak se podaří soustředit čerpací záření do aktivního prostředí. Systém s rubínem v ose šroubovicové výbojky je velmi málo účinný, neboť jeho prahová budící energie je poměrně velmi vysoká, až  $10^3 \text{ J}$ . Lepší účinnosti lze dosáhnout, umístí-li se rubín a výbojka do ohniskových os válce s eliptickým průřezem. (4)

### 1.2.2 Plynové lasery

Předností těchto laserů je možnost získat malé šířky spektrální linie výstupního světla, dále jejich vysoká účinnost ( $\text{CO}_2$  laser 40%), nevýhodou jejich značné rozměry. Plynové lasery se používají především jako zdroje trvalého simulovaného záření. Jako aktivní látky se používají buď směsy inertních plynů (He – Ne), nebo samotné inertní plyny Ne, Ar, Kr, Xe. Molekulárního laseru  $\text{CO}_2$  se využívá k přechodům energetických hladin, vzniklých vibračním pohybem atomů v molekule a rotačním pohybem molekuly jako celku. Vzdálenosti vibračních hladin spadají do infračervené oblasti, zatímco rotační do oblasti milimetrových a submilimetrových vln. Čerpání plynových laserů se uskutečňuje nejčastěji pomocí vysokofrekvenčního elektrického výboje přímo v trubici s aktivním plynem nebo směsí plynů.

#### *Laser He – Ne*

Plynový laser se skládá ze tří hlavních částí: aktivního plynu (směs He – Ne), Fabry – Perotova resonátoru a čerpacího zdroje. Směs plynů v poměru přibližně He:Ne = 10:1, s tlakem přibližně 1torru je uzavřena ve skleněné nebo křemenné trubici. Délka trubice se pohybuje okolo 1m. Průměr trubice bývá menší než 1cm. Na oba konce trubice jsou natavena okénka. Normála k ploše okénka svírá s osou trubice Brewsterův úhel  $\nu_B$ , čímž jsou zabezpečeny minimální ztráty pro světlo polarizované v rovině nákresu. (4)

#### *Argonový iontový laser*

Je to nejvýkonnější zdroj záření ve viditelné oblasti (dosahuje se výkonů až 500 W).

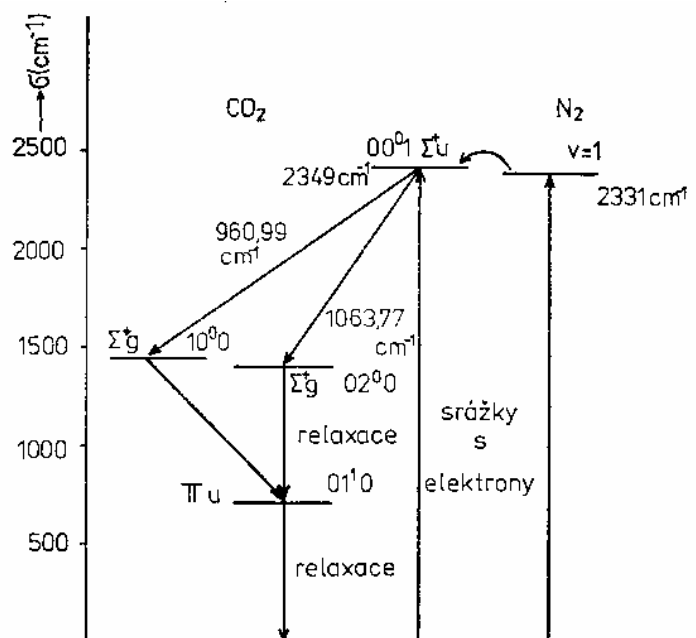
### **CO<sub>2</sub> laser**

CO<sub>2</sub> - laser, dnes nejvýkonnější plynový laser s velkou účinností, byl objeven v roce 1964 C. K. M. Patelem. CO<sub>2</sub> je běžnou součástí atmosféry, jeho tříatomová molekula

O = C = O má vysokou symetrii. U CO<sub>2</sub> - laseru se k zesilování využívá přechodů mezi vibračními hladinami molekuly, takže laser generuje záření v infračervené oblasti spektra. Mechanismus buzení je možno vysvětlit na zjednodušeném schématu energetických hladin molekuly CO<sub>2</sub> a hladin významné příměsi – dusíku. Pro první CO<sub>2</sub> - laser bylo k excitaci použito doutnavého výboje. Buzení horní laserové hladiny (antisymetrická valenční vibrace 00<sup>0</sup>1 viz. obr.3 ) má velkou pravděpodobnost, takže při buzení srážkou s elektrony v doutnavém výboji může dojít k inverzní populaci mezi ní a hladinou symetrické valenční vibrace 10<sup>0</sup>0 nebo hladinou druhé harmonické 02<sup>0</sup>0. Vyprazdňování spodních laserových hladin postupuje přes deformační vibraci 01<sup>1</sup>0.

Molekula CO<sub>2</sub> vykazuje tři typy vibrací: *symetrickou valenční, antisymetrickou valenční a deformační.*

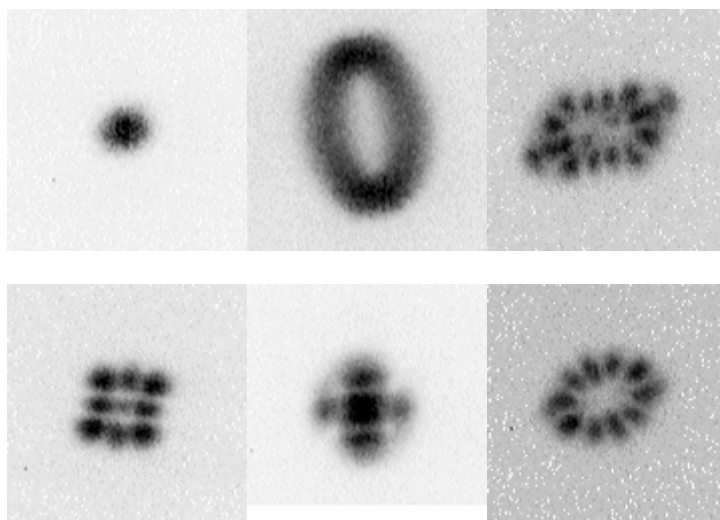
Impulsních TEA CO<sub>2</sub> laserů se špičkovým výkonem v okolí 1MW se v poslední době široce používá k tzv. laserovému značkování výrobků. Při něm se jedním impulsem laseru zapíše na povrch výrobku značka, kód nebo celý nápis. Podstata tohoto procesu je v tom, že laserovým svazkem, který je vhodně zformován předem připravenou clonkou a jednoduchou optickou čočkou nebo zrcadlem se odpaří tenká povrchová vrstvička materiálu, čímž se změní struktura povrchu nebo se odhalí základní vrstva, která má jiné vlastnosti než povrchová vrstvička, např. může mít jinou barvu. Nejčastěji se jedná o odstranění tenké vrstvy barvy s povrchu papíru, kovu nebo plastu. Výhodou tohoto způsobu značkování je vyšší kvalita značky – její lepší čitelnost, odolnost proti otěru a vyloučení přímého kontaktu mezi značujícím zařízením a výrobkem. Základním parametrem určujícím kvalitu procesu je hustota dopadající energie. Je to nejvýkonnější plynový laser s velkou účinností. (3)



Obr. 3. Schéma energetických hladin  $\text{CO}_2$ -laseru s vyznačením vibračních hladin dusíku

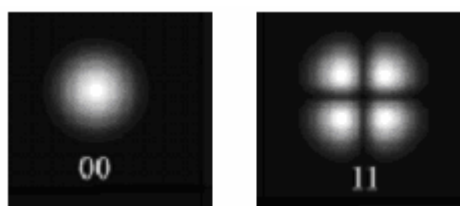
### Módy $\text{CO}_2$ laseru

Laserové záření vygenerované v rezonátoru má určitou hustotu energie. Tvar průřezu svazku záření je významně závislý nejen na vlnové délce fotonů, ale též na souososti, vzdálenosti a zakřivení zrcadel a na průměru laserové trubice (u  $\text{CO}_2$  laserů výbojové trubice). Tvar průřezu svazku, neboli mód, je označován TEM (Transverse electromagnetic). Teoreticky může být vytvořeno nekonečné množství módů, ale jen některé mají praktické průmyslové uplatnění. V příčném průřezu paprsek vytváří buď jen jednoduchou stopu – základní mód – anebo složitější obrazce pravouhle nebo kruhově symetrické. Je to dané tím, že uvnitř laserového rezonátoru získává elektromagnetické pole generované stimulovanou emisí záření určitou konfiguraci – mód – v závislosti na okrajových podmínkách rezonátoru, viz. obr. 4. (4)

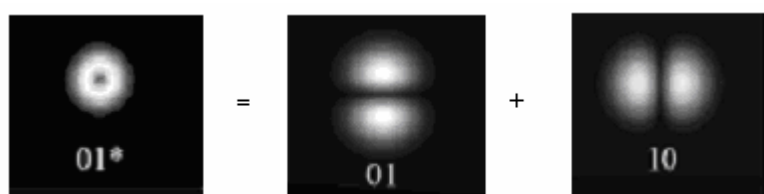


Obr. 4. Příčné struktury svazků zachycené CCD kamerou

Vybrané módy jsou uvedeny na obr. 5. Na obr. 5 a) jsou příklady osově symetrických módů. V symbolech  $TEM_{m,n}$  vyjadřují indexy  $m$ ,  $n$  počty minim intenzity ve směrech dvou na sebe kolmých os. Na obr. 5 b) jsou příklady středově symetrických módů. V symbolech  $TEM_{m,n}$  potom značí:  $m$  – počet minim intenzity ve směru radiusu příčného řezu svazkem,  $n$  – polovinu počtu minim intenzity po obvodu příčného řezu svazkem. Módy označené symboly  $TEM_{m,n}$  jsou superpozicemi dvou stejných módů  $TEM_{m,n}$ , vzájemně pootočených o  $90^\circ$ . (4)



a)



b)

Obr. 5. Vybrané módy TEM s a) osou, b) středovou symetrií

### 1.2.3 Polovodičový laser

Polovodičové lasery jsou poměrně rozšířeným typem laserů. Vyznačují se vysokou účinností, běžně až 50%. Pracují jak v kontinuálním tak pulzním režimu a mohou dosahovat relativně vysokých výstupních výkonů při velmi kompaktním uspořádání. Polovodičový laser je tvořen v podstatě přechodem **p-n** miniaturního krystalu GaAs (gallium arsenid).

Po vzniku prvního diodového laseru GaAs bylo postupně vytvořeno velké množství polovodičových laserů, pracujících na přechodech **p-n**.

### 1.2.4 Barvivové lasery

Jsou založeny na stimulované emisi v roztocích organických barviv. Jsou to lasery, které lze ladit v širokém rozsahu vlnových délek. Hrubého nastavení vlnové délky emitovaného záření lze dosáhnout volbou barviva, jemné nastavení volbou rozpouštědla. Provozují se jak v pulsním provozu tak kontinuálním režimu. Dosahované výkony jsou řádově 10W.

### 1.2.5 Chemické lasery

K buzení aktivního prostředí přispívá energie uložená v chemické vazbě. Používají se především pro vojenské účely. Klasickým chemickým laserem je HF – laser. Jeho aktivní prostředí se vytváří při excitaci směsi molekulárního vodíku s molekulárním fluorem v plynném stavu. (4)

### 1.2.6 Excimerové lasery

Používají se jako aktivní prostředí tzv. excitované dimery. Jsou to směsy vzácných plynů s halogeny, u nichž k vytvoření chemické vazby může dojít jen v excitovaném stavu. Excitují-li se molekuly obou složek směsi, dojde ke vzniku sloučeniny, která je na energeticky vyšší hladině. Když přejde molekula do základního stavu, automaticky se rozpadne, a tím vyprazdňuje nižší energetickou hladinu a zachovává tak inverzi obsazení. Excimerové lasery jsou významnými zdroji v ultrafialové oblasti optického záření (193 – 351nm). Výkon komerčních laserů dosahuje několika desítek Wattů. (3)

## 1.3 Laserové popisování a gravírování

Během posledních dvou desetiletí se značení a gravírování stalo jednou z nejrozšířenějších laserových aplikací jak v průmyslu, tak i v oblasti reklamy, výroby dárkových předmětů a dokonce i umění. Gravírování pomocí laserové technologie představuje dokonalé propracování gravírovaného nápisu či grafiky jak po technické, tak i po estetické stránce. Oproti jiným metodám laserové značení vyniká trvanlivostí naneseného nápisu či grafického motivu, flexibilitou, vysokou rychlostí popisu a nízkými provozními náklady. Navíc se jedná o nekontaktní způsob značení. Také se gravírování používá u vstřikovacích, odlévacích a lisovacích forem, které se používají v plastikářském, gumárenském a hutním průmyslu.

Laserové značení se používá ke značení finálních výrobků nebo dílů. Popisovacím prostředkem je světelný paprsek, který vytváří na povrchu materiálu s vysokou přesností stálý, velmi kontrastní a mechanicky odolný popis. Popis probíhá bez přímého kontaktu s materiálem, nedochází k mechanické deformaci ani k znečištění povrchu popisovaného materiálu. Vynikající grafická kvalita vyplývá z mimořádně přesného a jemného zpracování písmen, znaků a grafických předloh. Popisovat se dají plochy rovinné i válcové, po kružnici či jinak zakřivené, popisovat lze i na nepřístupných místech. Laserové značení má velkou trvanlivost a je nesmazatelné. Výhodou je rychlost, vysoká produktivita a nízká cena popisu.

Flexibilita laserových strojů umožňuje nanášení jak alfanumerických kódů, například sériových čísel, čárových kódů, tak i vektorové grafiky nebo rastrových obrázků.

Ve speciálních aplikacích, ku příkladu při precizním značení či rytí kovů, nejčastěji ve zlatnictví nebo při popisování plastů necitlivých k infračervenému světlu, se setkáváme s nasazením ultrafialových laserů. (3)

### 1.3.1 Metody laserového popisu

#### *Vychylování laserového svazku*

Laserový svazek vedou dvě galvanometrická zrcadla a je přenesen optickou soustavou na popisovaný výrobek. Zrcadla se pohybují ve 2D prostoru, to znamená, že mění svou polohu v ose x a y. Tímto způsobem dochází k laserovému popisu. Laserové popisování můžeme tedy chápat jako psaní perem. Požadovaný symbol popisu se vytváří v programech jako jsou CAD, CAM apod. Rychlost popisu je v rozmezí  $300 - 1000 \text{ mm s}^{-1}$ .

#### *Maskovací metoda*

Tato metoda je založena na použití masky. Masky obsahuje přesnou kopii popisu, který bude laserem vytvořen. Popis je vytvořen tak, že laserový paprsek prochází maskou až na popisovaný materiál. Tato metoda je velmi produktivní, ale nevýhodou je, že pro jiný druh výrobku se musí vyrobit i nová maska.

### 1.3.2 Laserový popis polymerních materiálů

Jakost laserového popisu u těchto materiálů závisí především na přísadách, které se přidávají při výrobě do polymerních materiálů za účelem zlepšení jejich vlastností. Jsou to různá plniva, pigmenty, stabilizátory, změkčovadla a podobně. Někdy se polymery

vybarvují na světlé nebo tmavé odstíny z důvodu lepšího kontrastu značení a zvýšení rychlosti značení. Rozlišujeme několik způsobů popisu polymerních materiálů:

### ***Karbonizace***

Princip metody spočívá v ohřátí materiálu, v místě dopadu laserového paprsku, a následné karbonizaci povrchu materiálu. Používá se zejména u barevných materiálů, kde vznikne největší kontrast černé značky na světlém podkladu.

### ***Bělení***

Tímto způsobem laserového značení vznikne bílá značka na černém podkladu. Lepšího kontrastu popisu se dosahuje přidáním speciálních laserových pigmentů.

### ***Sublimace***

Princip metody je podobný jako u karbonizace. Materiál se ohřeje laserovým paprskem, uvolní se z něho plyny a ty vytvoří na povrchu materiálu světlou pěnu. Tento typ popisu je méně odolný vůči mechanickému opotřebení.

### ***Odstranění vrstvy materiálu***

Princip této metody je založen na odstranění jedné nebo několika vrstev materiálu. Tímto způsobem se vyrábí výrobky např. pro automobilový průmysl. (4)

### 1.3.3 Výhody a nevýhody laserového popisování

- vytváří trvalé popisy s neomezenou trvanlivostí
- umožňuje výjimečně výrazné kvalitní značky
- popisuje množství různých materiálů včetně plastických hmot, kompozitů, keramiky, pryže, kovů a slitin
- píše přímo na výrobek, a tak odstraňuje náklady na nálepky a zjednodušuje výrobní proces
- popisuje nepravidelné nebo zakřivené povrchy
- automatické řazení dat umožňuje trvalou identifikaci výrobku a jeho sledovatelnost
- velmi malá písmena popisu vytvářejí čitelné značky i drobného tisku
- je to bezkontaktní metoda, která minimalizuje napětí v materiálu
- pracuje vysokou rychlostí a snižuje výrobní náklady
- snadno vytváří složitou grafiku i texty
- podporuje popis čárových kódů a jiných symbolů
- je to čistý a bezpečný postup, který nevyžaduje kyseliny, inkoust, rozpouštědla, ani jiné
- ekonomičnost

### 1.3.4 Příklady laserového popisu do různých druhů materiálu



Obr. 6. Laserové značení dárkových předmětů: dřevo, popsáno a vyříznuto laserem (8)



Obr. 7. Hluboké gravírování laserem: 3D-ocelová forma (8)



Obr. 8. Hluboké gravírování laserem: Plast (8)



Obr. 9. Laserové značení dárkových předmětů: dřevo, popsáno laserem (8)



Obr. 10. Hluboké gravírování laserem: 2D-gumové razítko (8)



Obr. 11. Laserové značení dárkových předmětů: kov, vektorový motiv (kresba) (8)

## 1.4 Průmyslově vyráběné knižní vazby

Vázané knihy v sériích, zpravidla větších než tisíc, jsou průmyslové knižní vazby. Zhotovují se na speciálních knihařských strojích nebo výrobních linkách. Knižních vazeb je několik druhů a člení se do skupin na *měkké* a *tuhé*, případně i *speciální*. V praxi (nakladatelství, tiskárna, knihárna, obchod apod.) se pro jednotlivé druhy používá označení V1 až V9. Pro průmyslové vazby neperiodických publikací a ostatních tiskovin knižního charakteru byla vypracována norma **ON 88 37 50 – Knižní vazby**. Norma uvádí jednotlivé druhy vazeb, jejich stručný popis, rozhodující údaje, dovolené odchylky, způsob zkoušení pevnosti apod. (5)

### **1.4.1 Některé druhy průmyslových vazeb**

#### ***Sešitová vazba – V1***

Brožura ze složek vložených do sebe a do obálky, sešitá ve hřbetu drátěnými skobkami nebo nitěmi šicím strojem po celé délce hřbetu a oříznutá na třech stranách s obálkou.

#### ***Lepená měkká vazba – V2***

Brožura z jednotlivých listů, dvoulistů, speciálně perforovaných složek nebo složek slepených ve hřbetě při skládání. Listy nebo složky jsou slepeny ve hřbetu do bloku syntetickým lepidlem a blok zavěšen do kartonové nebo laminované obálky, většinou 4x rýhované.

#### ***Bloková měkká vazba – V3***

Brožura sešitá drátěnými skobkami shora, zavěšená do kartonové (často laminované) 4x rýhované obálky a oříznutá na třech stranách.

### **1.4.2 Vazba diplomových prací a dokumentací**

#### ***Charakteristika vazby a účel***

Je to spojení většinou jednolistových písemných materiálů nebo tiskovin do svazku, opatřeného deskami. Jedná se nejen o diplomové práce, disertační práce, závěrečné práce pro obhajobu vysokoškolských titulů, vazby separátů, ale i o časté vazby úředních tiskopisů. (5)

Zpracovávají se několika způsoby:

1. Snesené listy se spojí ve hřbetě i s deskami speciálními šrouby – šroubová vazba

2. Snesené listy, opatřené lepenkovými hřbetními pásky se spojí prošitím drátem nebo hřebíčky a vlepí se do desek s tvarovaným hřbetníkem.
3. Snesené listy se ve hřbetě slepí syntetickým lepidlem a spojí se s deskami jako u podlepované vazby. (5)

#### **1.4.3 Vázání knih – technologický postup**

Výrobní proces průmyslových měkkých a tuhých vazeb je možné rozdělit do několika skupin technologicky navazujících na sebe. Jsou to:

1. Zhotovování knižního kompletu (stohování a řezání, dělení a skládání archů)
2. Zhotovování knižního bloku – spojení knižního kompletu do pevného svazku nitěmi, drátem apod.
3. Spojení knižního bloku s obálkou – zavěšení a konečné ořezání na třech stranách.
4. Opracování knižního bloku (ořezávání bloku, barvení ořízky, oblení hřbetu)
5. Zavěšování knižního bloku do knižních desek – lisování zavěšené vazby a formování hřbetu.
6. Adjustáž knihy – vkládání reklamních záložek, nalepování nálepek, cenovek, přebalování atd.
7. Zhotovování knižních desek – příprava hřbetníků, potahového materiálu, svěšování, potahování apod.
8. Průmyslová vazba

#### **1.4.4 Barvy pro tisk knižních desek**

Tisk barvou na knihařských razících strojích se provádí knihtiskovou nebo ofsetovou tiskovou barvou, upravenou pro potiskování knihařských potahových materiálů. Ředí se fermeží nebo příslušným ředidlem, pro rychlejší schnutí se používá sušidlo. Před upotřebením se barvy upravují na vhodnou konzistenci roztíráním na litografickém kameni nebo na skle, přičemž se podle potřeby přidává ředidlo, případně přísada urychlující zasychání nátěrů.

Klasické tiskové barvy jsou vyráběny z práškových barviv – pigmentů, dnes většinou syntetických, a pojiv, což jsou buď vysychavé rostlinné oleje a fermeže nebo

nevysychavé minerální oleje s rozpuštěnými pryskyřicemi. Pigment dodává barvě barevnost, pojiva žádoucí tiskové vlastnosti. Pigmenty se v pojivech nerozpouští, jsou v nich rozptýleny roztíráním v třecích strojích. Výroba barev doznala v poslední době řadu nových druhů. (5)

#### **1.4.5 Některé druhy tiskových barev**

##### ***Barvy značky Kontrast***

Moderní knihtiskové a ofsetové syntetické barvy jsou ve složení roztoků syntetických pryskyřic v minerálních olejích. Schnou oxidací a zapíjením.

##### ***Flexografické barvy***

Ředitelné vodou. Složení pojidla, roztok vysokomolekulární disperze ve vodě, k potisku papíru, schnutí zapíjením a odpařením.

##### ***Barvy ofsetové***

Stříbrné a zlaté jsou roztoky syntetických pryskyřic ve vysychavém oleji. Hodí se pro potisk papíru, schnutí je oxidací a polymerací. Barvy jsou dodávány jako dvousložkové v optimálním poměru. K míchání obou částí má dojít bezprostředně před tiskem.

##### ***Tiskové barvy***

Pro tisk desek se používají velmi málo, folie mají proti nim řadu technologických i efektových výhod. Mají však uplatnění v ruční výrobě na jednotlivé desky nebo menší série, kde je možné využít zajímavé barevnosti. (6)

## 1.5 Zlacení knižní vazby

### 1.5.1 Ruční zlacení

Ruční zlacení je jednou z nejkrásnějších technik zdobení knižní vazby. Při klasickém způsobu se užívá lístkové zlato, takže je to nejen technicky, ale i ekonomicky náročná technologie. Vyžaduje nejen zručnost, ale i výtvarný cit. Techniku je možné zvládnout jen trpělivým nácvikem. V současné době se zlatí i folií, jednodušším způsobem.

Vývoj a historie: Do Evropy přišlo zlacení z Orientu kolem 15. století a rozšířilo se s postupem renesanční vazby.

Materiál: Lískové zlato v jednotce hmotnosti 22 karátů, bílková nebo suchá – prášková kopálová pájka (kopál – přírodní, fosilní pryskyřice z různých tropických stromů). Bílková pájka se připraví rozmícháním bílku se stejným množstvím octa, 2 až 3 kapkami glycerinu s několika krystalky kuchyňské soli (pájka se nehodí na barvené kůže), kromě toho existuje řada jiných receptů.

Nástroje a pomůcky stejné jako u ražby slepotiskem. Navíc polštářek a nůž na řezání zlata. (5)

#### ***Technologický postup***

Kresba se přenese tlačítky přes pauzovací papír na kůži. Po sejmutí papíru se kresba zvýrazní a vymyje. Celá plocha se může přetřít škrobovou vodou, na tmavších kůžích kličovou vodou (tzv. gruntování). Bílková pájka se nanáší dvakrát, první nános tenkým vlasovým štětcem do celé předtlačené kresby, po zaschnutí druhý nános, vždy jen část těsně před zlacením, aby pájka příliš nezaschla. Při použití kopálové pájky v prášku se tamponem nanese prášek na celou desku. Přířezy lístkového zlata se nabírají z koženého polštáře přímo nahřátým nástrojem, vyleštěným na semišové kůži nalepené na lepence. Nástroj (fileta, razidlo nebo písmo ve svěráku) se také předem potírá prachem z dřevěného uhlí. Nástroj se při ražbě přidržuje – vede palcem levé ruky a musí být při tlaku vždy kolmo. Při zlacení dalších linek se zlato v lince při nastavování překrývá (asi 2mm).

Vadná místa se ihned opraví novým napálkováním a nanesením zlata. Po vyzlacení se kůže očistí tamponem vaty a přebytečné zlato přichycené na okrajích se vyčistí gumou. Každé zlacení je nutné předem vyzkoušet na odřezcích stejné kůže. Odřezky jsou rovněž vhodné k procvičování.

Zlacení hřbetu může být podélné nebo příčné. U ruční, většinou nasazované vazby, bývá titul napříč, někdy v políčkách mezi vazy. Vysazení a umístění titulu je jako u slepotisku, zlacení je podobné jako u desek. Jednotlivé řádky se umísťují podle pomocného kartonového pásku, nejdřív lehce naslepo a po kontrole, dalším hlubším tlakem opět naslepo a případnou opravu. Konečná ražba se provede po nanesení pájky se zlatem.

### 1.5.2 Nové metody ručního zlacení

Při ručním zlacení se dnes používají novější metody, při kterých se místo zlata, které je stále nedostupnější a zdražuje vazbu knihy, používá fólie, která plně nahradí zlato. Práce s fólií je mnohem jednodušší a rychlejší.

Tenký pauzovací papír s předkresleným návrhem se připevní na knižní desku, nejčastěji založením a přilepením na příděští. Kresba se podloží fólií z volné strany od hřbetu. Zlatí se horkou filetou, někdy i zcela krátkou kolem 5mm, která se posunuje a přitlačuje po kresbě. Teplotu filety nebo razidla je nutné předem vyzkoušet na stejném materiálu. Po sejmutí papíru s kresbou se ražba prohlédne a případně opraví. Chybějící část se zakreslí na menší pauzovací papír, ten se přidrží, podloží fólií a v místě zákresu se provede oprava. Místo filety je možné použít i tzv. tužkové pájky ke kreslení a psaní na kůži a pergamen přes zlaté i barevné fólie. Pájka se opatřuje různě upravenými hroty v různých tvarech. Podobně je možné zdobit i ořízku šrafováním, kroužením a kreslením přes zlaté i barevné fólie. Podkladem může být bolus ředěný vodou s několika kapkami disperzního lepidla. Využívají se i nástroje s přímým ohřevem, doplněné zařízením udržujícím stálou teplotu s transformovaným napětím 12 voltů zatím vyráběné individuálně, dnes dodávané i u nás odbornými firmami. To je možnost racionalizace ručního zlacení. (5)

### 1.5.3 Ražení lisem (zlatičkou)

Některé druhy kožených nebo pergamenových vazeb je možné zdobit ražbou strojem. Jedná se zejména o ražbu bez fólie a ražbu s fólií u vazeb na německý způsob.

Ražba s fólií: Většinou se používá zlatá fólie, zvláště u polokožených vazeb k ražbě titulu, u pergamenových vazeb i při výzdobě desek. (5)

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 2.1 Potahové materiály

Z velkých plátů potahových materiálů bylo vystřiženo několik menších vzorků. Na rozměry nebyl kladen velký nárok. Byly podmíněny pouze velikostí pracovního prostoru laserového popisovacího stroje a velikostí popisovaného textu. Rozměry vzorků byly tedy zvoleny cca. 20 x 20cm.

Z důvodu velkého množství používaných potahových materiálů bylo zvoleno 5 běžných typů těchto materiálů. Každý materiál se od ostatních lišil ať už barvou či povrchem, svou strukturou viditelnou pouhým okem nebo hmatem po materiálu. Abychom zjistili závislosti a kladný nebo záporný vliv barvy a povrchu potahové látky na laserové popisování, bylo u jednoho z materiálů použito dvou barev látky, u dalšího taktéž dvou barev ale i různého povrchu látky. Laserový popis byl tedy proveden celkem na 6 různých vzorcích potahového materiálu, které byly dále zkoumány.

Tabulka I. Potahové materiály použité pro experimenty

| č. mat . | Název materiálu | Barva          | Povrch                                  | Bližší specifikace                |
|----------|-----------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| 1        | BALADEK         | tmavě modrá    | zdrsněný, nepatrnými rýhami             | imitace kůže                      |
| 2        | BALADEK         | vínově červená | hladký, bez viditelných nedokonalostí   | imitace kůže                      |
| 3        | IMPERIAL        | zelená         | viditelné příčné i podélné vlákna látky | přírodní plátno                   |
| 4        | IMPERIAL        | červená        | viditelné příčné i podélné vlákna látky | přírodní plátno                   |
| 5        | POTAHOVÝ PAPÍR  | modrá          | drsňý, viditelný reliéf                 | vlastnosti podobné tvrdému papíru |
| 6        | NATURAL         | bílo-šedá      | znatelně viditelné vlákna látky         | režné plátno                      |

## 2.2 Použité experimentální zařízení

### 2.2.1 CO<sub>2</sub> laser MERCURY L-30

Pro popis zkušebních vzorků byl použit komerční CO<sub>2</sub> laser Merkury L-30 firmy LaserPro, USA. Zkoušky byly provedeny ve firmě Mechanika Prostějov. Měnitelné parametry laserového systému jsou výkon a posuv. Paprsek laseru je možné fokusovat automaticky na průměr stopy  $d = 185 \mu\text{m}$ . Maximální hodnota hustoty energetického toku je  $q = 1,1 \text{ GWm}^{-2}$ . Laser pracuje pomocí softwaru Corel Draw. Laserem Merkury L-30 lze popisovat, gravírovat a řezat širokou škálu materiálů, například plasty, pryž, kůži, sklo, povlakový kov, kámen, dřevo, keramiku. Tento typ laseru je určen především ke komerčnímu gravírování.

Dále je laser CO<sub>2</sub> MERCURY vybaven popisovací hlavou, možností regulace posuvů v osách x a y, bodovou červenou laserovou diodou, LCD displejem k navolení času popisování, přesné pozice, výstupního výkonu a dalších parametrů. Mezi volitelnými položkami je rotační přípravek, dvojitá laserová hlava, řezací podložka, vzduchový filtr, odsávání. Pracovní prostředí by mělo být čisté a bezprašné, teplota pracovní místnosti 15 - 20°C, vlhkost 30% - 40%.

Tabulka II. Technické parametry CO<sub>2</sub> laseru, typ MERCURY L-30

|                                                                        |                                 |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Výkon laseru [W]                                                       | 30                              |
| Typ laseru                                                             | CO <sub>2</sub> laser           |
| Max. pracovní plocha (š x h x d)<br>Přední a zadní dvířka zavřena [mm] | 800 x 570 x 165                 |
| Velikost pracovního stolu [mm]                                         | 790 x 530                       |
| Vnější rozměry (š x h x d) [mm]                                        | 1125 x 720 x 1005               |
| Pohon v osách x, y                                                     | DC servo                        |
| Řízení rychlosti [ $\text{mms}^{-1}$ ]                                 | Nastavitelné od 1 do 1066       |
| Řízení výkonu [W]                                                      | Nastavitelné od 1 do 30         |
| Nastavení osy Z [mm]                                                   | Automatické, v rozmezí 250      |
| Rozlišení (DPI)                                                        | 1000, 600, 500, 300, 250, 200   |
| Ovládací panel                                                         | Čtyřřádkový LCD display         |
| Chlazení                                                               | Vzduchové – vodní               |
| Dodavatel                                                              | Firma laserPro, rok výroby 1998 |

Obr. 12. CO<sub>2</sub> laser MERCURY L-30

## 2.3 Provedení zkoušek

### 2.3.1 Laserový popis zkušebních vzorků potahových látek

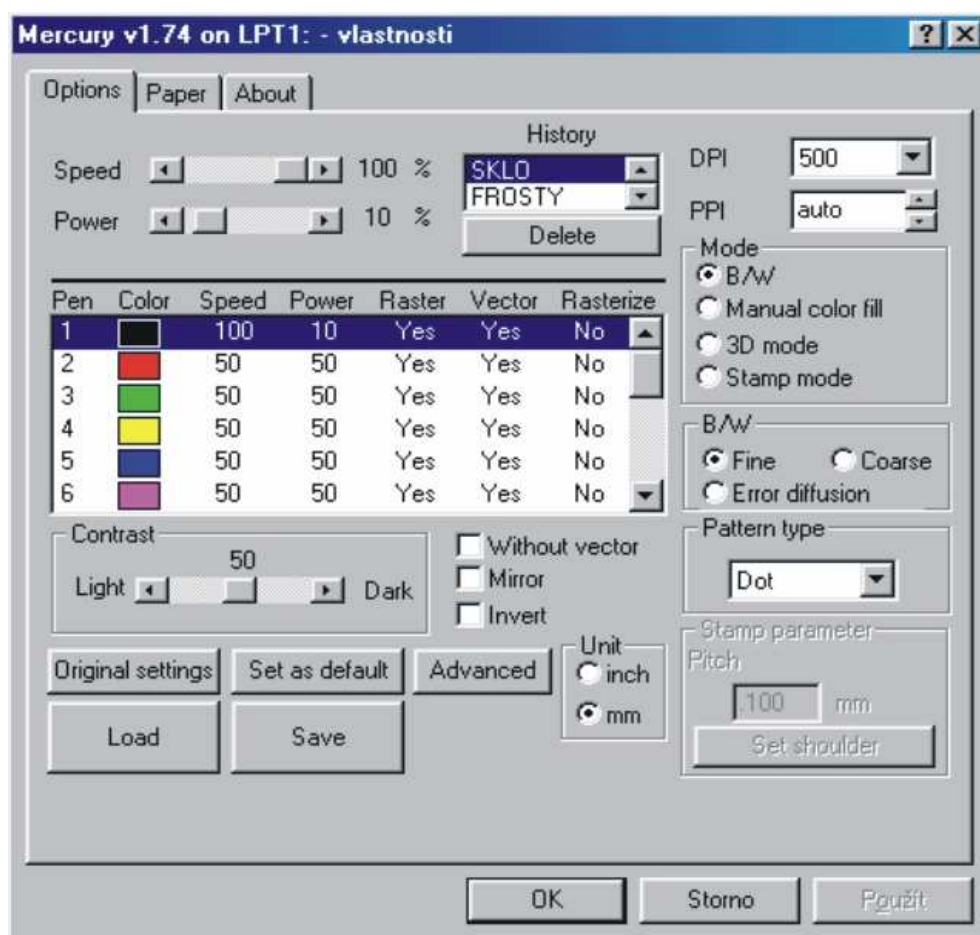
Každý zkušební vzorek potahové látky byl levým horním rohem umístěn přesně do tzv. nulového bodu, aby popisovací hlava mohla konat posuv v ose  $x$  i v ose  $y$ . V programu Corel Draw byl nakreslen dostatečně velký symbol. Nebyl zadán žádný konkrétní, a proto byl zvolen symbol s příznačným názvem TEXT, který byl podtržen jednou tlustou a jednou tenkou čarou. Poté byly nastaveny parametry laserového popisu – vstupní výkon a posuv. Posuv byl zvolen u všech materiálů a jednotlivých výkonů laseru maximální. Bylo to z toho důvodu, aby se potahový materiál nezačal při vysokých výkonech a nízkém posuvu pálit. Snížené rychlosti posuvu se využívá hlavně u tvrdých materiálů. Po nastavení výše uvedených parametrů byly laserem popsány jednotlivé potahové materiály.

V tabulkách parametrů jsou hodnoty posuvů a výkonů uvedeny v procentech maximálního výkonu a posuvu v základních jednotkách. Je to z toho důvodu, protože software laseru pracuje v procentech. Maximální hodnota výkonu je ( $P_{\max} = 30W$ ). Maximální hodnota posuvu je ( $f_{\max} = 1066\text{mms}^{-1}$ ).

### 2.3.2 Laserový popis materiálu č. 1

Tabulka III. Nastavené parametry u materiálu č. 1

| Posuv f [%] | Posuv f [mm/s] | Výkon P [%] | Výkon P [W] |
|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 100         | 1066           | 10          | 3           |
| 100         | 1066           | 7           | 2,1         |
| 100         | 1066           | 20          | 6           |
| 100         | 1066           | 40          | 12          |
| 100         | 1066           | 60          | 18          |
| 100         | 1066           | 80          | 24          |



Obr. 13. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 14. Materiál č. 1 – BALADEK

***Posuv 100%, výkon 7%***

Na povrchu materiálu laser vytvořil jen nepatrnou povrchovou úpravu. Pouhým okem slabě viditelnou. Výkon laseru byl tak malý, že nedošlo k odpaření materiálu a téměř ani k jeho natavení.

***Posuv 100%, výkon 10%***

Navýšení výkonu laseru o 3% způsobilo pouze natavení povrchové vrstvy materiálu. Z toho důvodu je barva popisu stále černá. Můžeme zde již ale pozorovat slabé obrysy jednotlivých písmen textu.

**Posuv 100%, výkon 20%**

Dvaceti procentní výkon byl již dostatečný na to, aby došlo k odpaření materiálu. Na povrchu vznikl požadovaný nažloutlý text s nádechem tmavě modré barvy povrchové vrstvy. Nažloutlá barva je dána střední vrstvou materiálu.

**Posuv 100%, výkon 40%**

Zde můžeme již pozorovat velmi čisté a ostré hrany jednotlivých písmen. Došlo k úplnému odpaření vrchní vrstvy materiálu. Do barvy textu se už nepromítá povrchová barva materiálu. Výkon laseru se zdá být optimální.

**Posuv 100%, výkon 60%**

Při tomto výkonu laser odpařil veškerou povrchovou vrstvu materiálu, ale také částečně i střední vrstvu, což je nežádoucí. Do barvy textu se tedy promítla i podkladová vrstva materiálu. Hloubka textu byla znatelně větší i pohmatem ruky po povrchu materiálu.

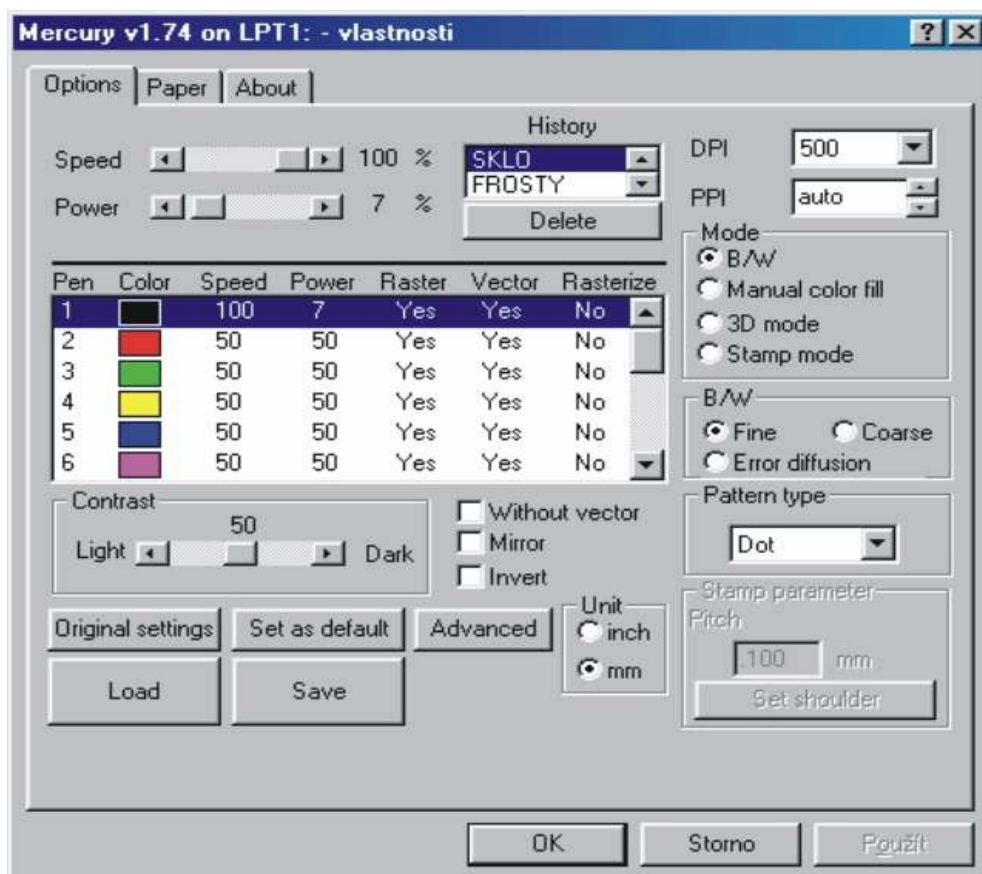
**Posuv 100%, výkon 80%**

Takto vysoký výkon laseru způsobil téměř propálení celého materiálu. Je to patrné i z druhé strany materiálu, kde se nám vytvořil obrys vypáleného textu. Hloubka textu je tedy znatelně větší než u předchozích výkonů laseru. Barvu textu ovlivnila zejména podkladová vrstva materiálu.

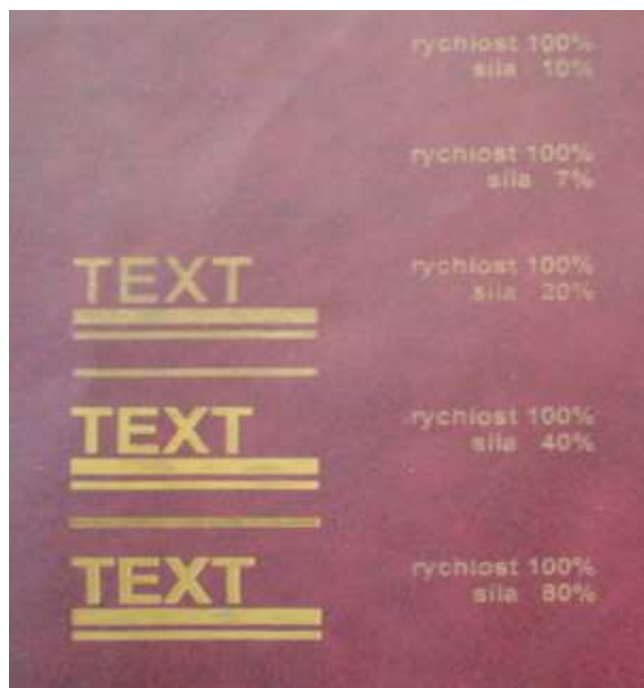
**2.3.3 Laserový popis materiálu č. 2**

Tabulka IV. Nastavené parametry u materiálu č. 2

| Posuv f [%] | Posuv f [mm/s] | Výkon P [%] | Výkon P [W] |
|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 100         | 1066           | 10          | 3           |
| 100         | 1066           | 7           | 2,1         |
| 100         | 1066           | 20          | 6           |
| 100         | 1066           | 40          | 12          |
| 100         | 1066           | 80          | 24          |



Obr. 15. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 16. Materiál č. 2 – BALADEK

**Posuv 100%, výkon 7%**

Na hladkém povrchu materiálu se vytvořil jen lehký nádech popisu. Text je téměř neviditelný a pohmatem rukou nerozeznatelný od jiných částí povrchu. Zřejmě nedošlo ani k natavení povrchové vrstvy.

#### **Posuv 100%, výkon 10%**

Rozdíl 3% výkonu laseru se téměř vůbec neprojevil. Text je pouze o něco lépe viditelný pouhým okem.

#### **Posuv 100%, výkon 20%**

Zde je již hmatem stále nerozeznatelný, ale okem dobře viditelný text. Došlo k částečnému odpaření povrchové vrstvy materiálu. Barva textu je opět nažloutlá s viditelnými pásy vrchní barvy.

#### **Posuv 100%, výkon 40%**

Laser odpařil veškerou povrchovou vrstvu. Barva textu je žlutá, obrysy písmen jsou čisté a ostré. Text je patrný i pohmatem ruky po materiálu. Výkon laseru je optimální.

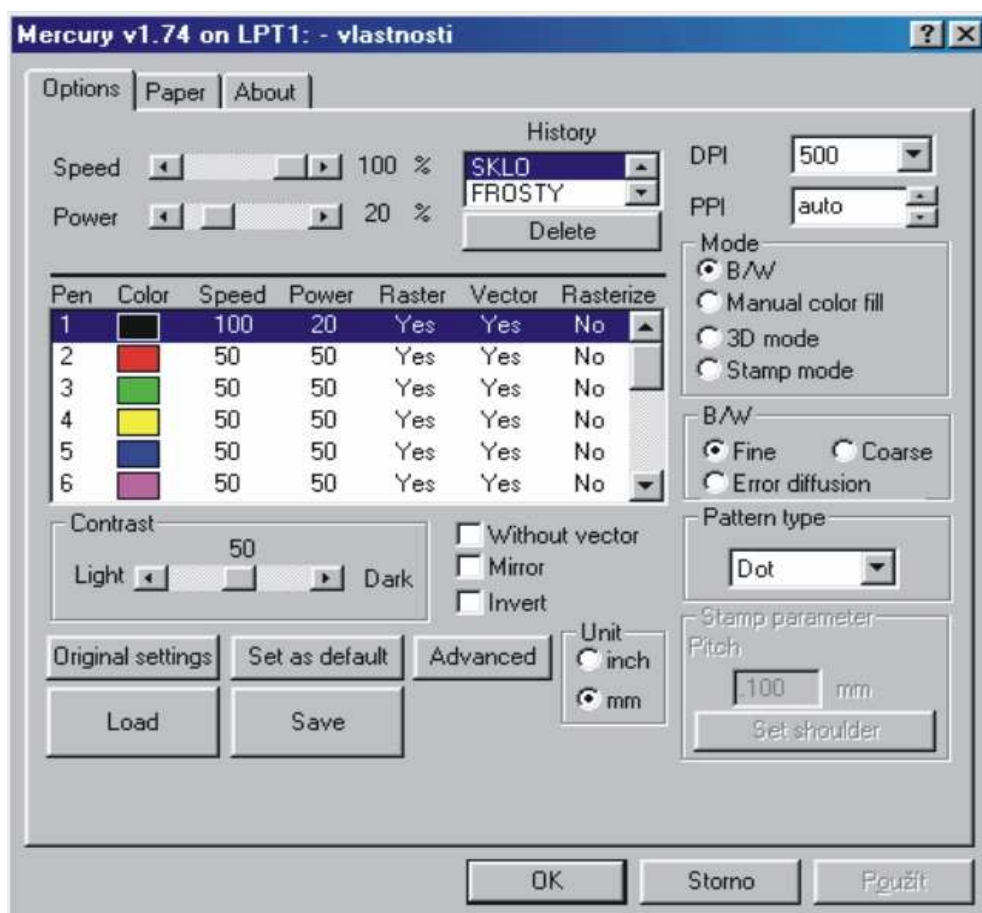
#### **Posuv 100%, výkon 80%**

Text má stejné parametry jako u předchozího výkonu laseru. Jen barva má tmavší nádech, který je způsoben spodní vrstvou materiálu.

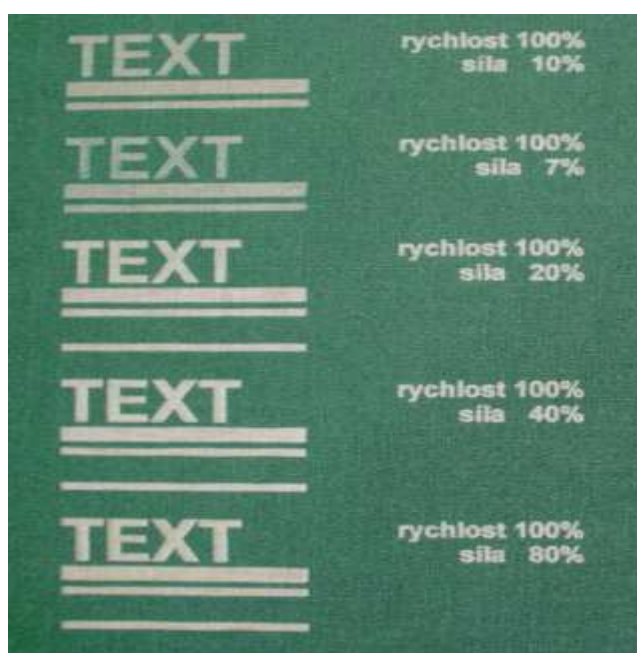
### **2.3.4 Laserový popis materiálu č. 3**

Tabulka V. Nastavené parametry u materiálu č. 3

| Posuv f [%] | Posuv f [mm/s] | Výkon P [%] | Výkon P [W] |
|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 100         | 1066           | 10          | 3           |
| 100         | 1066           | 7           | 2,1         |
| 100         | 1066           | 20          | 6           |
| 100         | 1066           | 40          | 12          |
| 100         | 1066           | 80          | 24          |



Obr. 17. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 18. Materiál č. 3 – IMPERIAL

**Posuv 100%, výkon 7%**

Na rozdíl od předchozích materiálů došlo už u tak malého výkonu laseru k odpaření tenké povrchové vrstvy materiálu. Text je dobře čitelný pouhým okem, ale pohmatem ruky nezjistitelný. Barva textu je bílá vlivem spodní vrstvy, s nádechem zelené.

#### **Posuv 100%, výkon 10%**

Tří procentní zvýšení výkonu laseru nepřineslo žádnou změnu. Pouze v barvě textu převažuje bílá barva.

#### **Posuv 100%, výkon 20%**

Toto nastavení laseru se může jevit jako optimální. Text je dobře viditelný, má ostré hrany, a je zjistitelný pohmatem. Barva textu je spíše bílá.

#### **Posuv 100%, výkon 40%**

Text má stejné parametry jako u předchozího výkonu laseru. Pouze barva je více bělejší a hloubka písmen je zřetelnější pohmatem po povrchu materiálu.

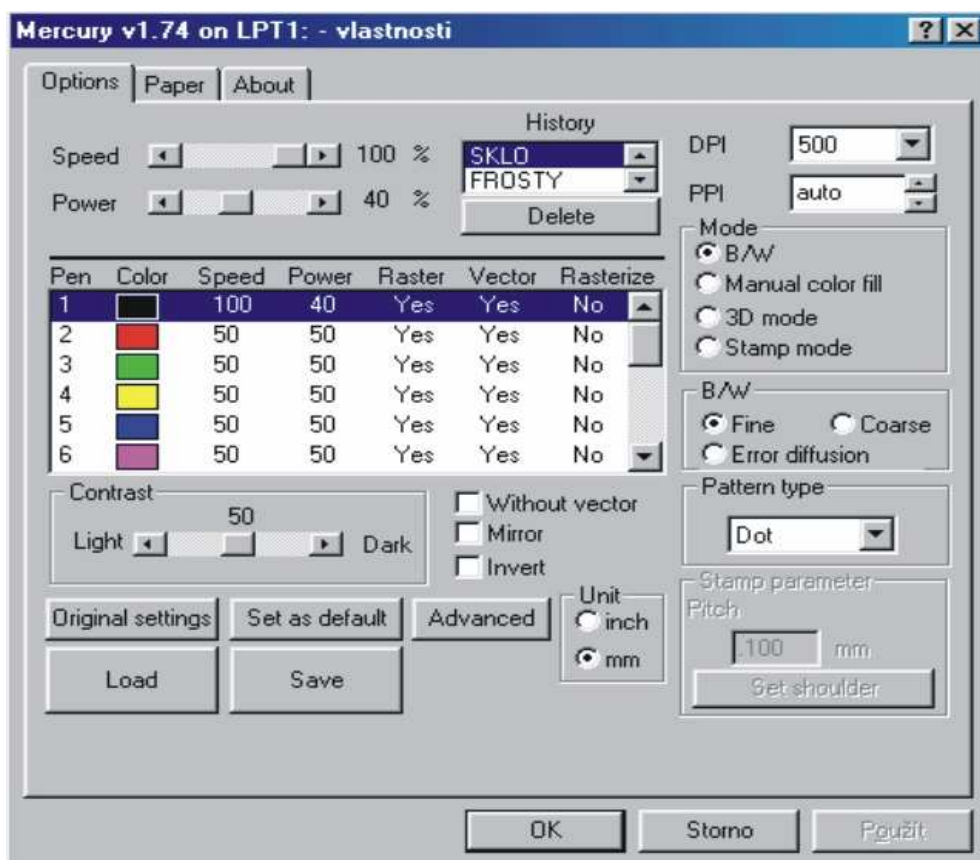
#### **Posuv 100%, výkon 80%**

Hloubka textu při tomto výkonu je největší, barva zůstává stejná. Vysoký výkon laseru způsobil odpaření i části spodní vrstvy materiálu. Proti světlu je materiál průsvitný .

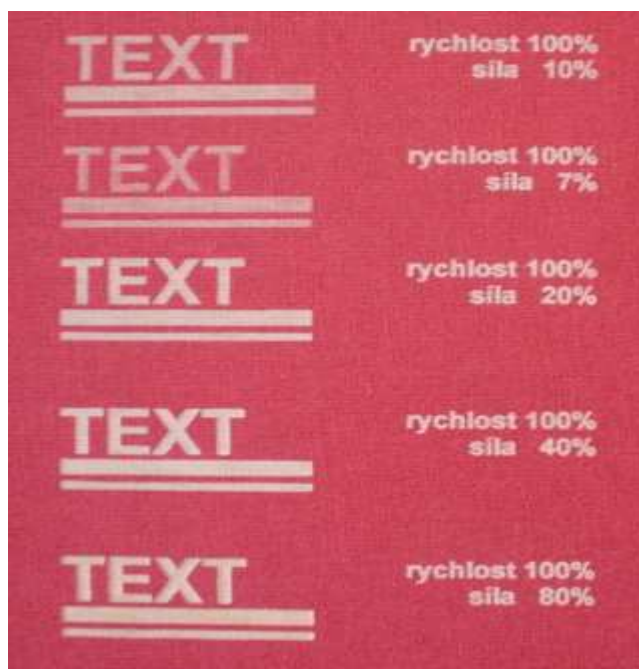
### **2.3.5 Laserový popis materiálu č. 4**

Tabulka VI. Nastavené parametry u materiálu č. 4

| Posuv f [%] | Posuv f [mm/s] | Výkon P [%] | Výkon P [W] |
|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 100         | 1066           | 10          | 3           |
| 100         | 1066           | 7           | 2,1         |
| 100         | 1066           | 20          | 6           |
| 100         | 1066           | 40          | 12          |
| 100         | 1066           | 80          | 24          |



Obr. 19. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 20. Materiál č. 4 – IMPERIAL

**Posuv 100%, výkon 7%**

Stejně jako u předchozího materiálu došlo už u tak malého výkonu laseru k odpaření tenké povrchové vrstvy. Text je dobře čitelný pouhým okem, ale pohmatem ruky nezjistitelný. Barva textu je bílá vlivem spodní vrstvy, s nádechem červené.

#### **Posuv 100%, výkon 10%**

Tříprocentní zvýšení výkonu laseru nepřineslo žádnou změnu. Pouze v barvě textu převažuje bílá barva.

#### **Posuv 100%, výkon 20%**

Toto nastavení laseru se může jevit jako optimální. Text je dobře viditelný, má ostré hrany a je zjistitelný pohmatem. Barva textu je spíše bílá.

#### **Posuv 100%, výkon 40%**

Text má stejné parametry jako u předchozího výkonu laseru. Pouze barva je více bělejší a hloubka písmen je zřetelnější pohmatem po povrchu materiálu.

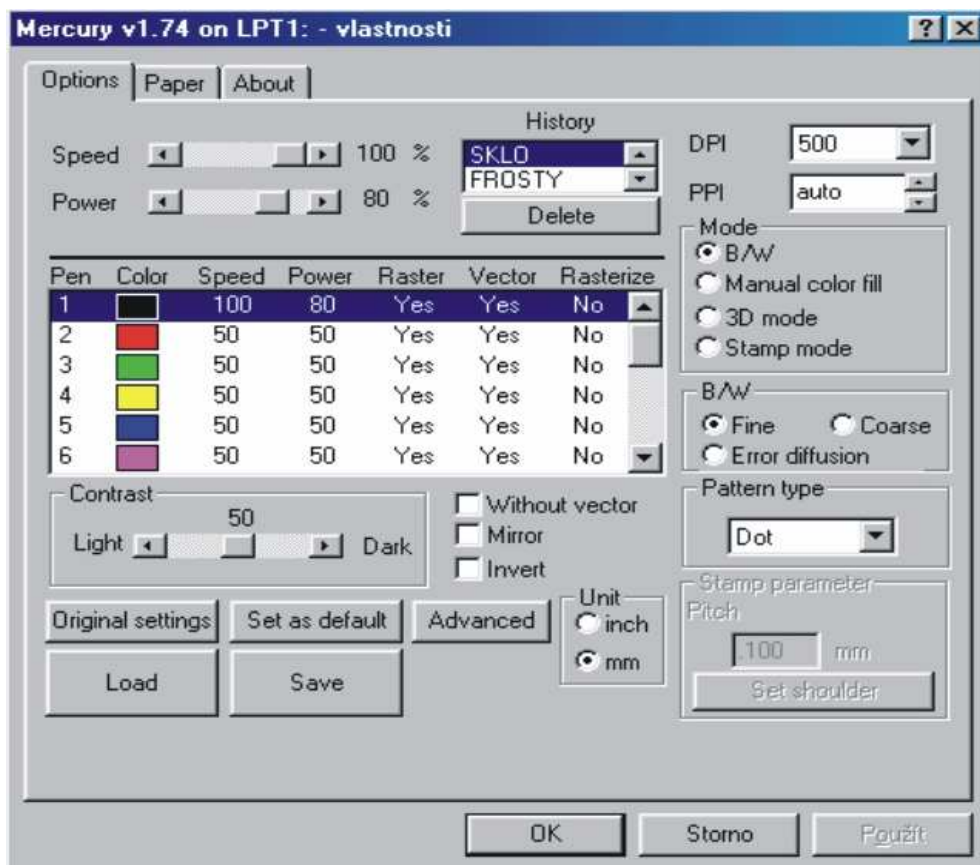
#### **Posuv 100%, výkon 80**

Hloubka textu při tomto výkonu je největší, barva zůstává stejná. Vysoký výkon laseru způsobil odpaření i části spodní vrstvy materiálu. Proti světlu je materiál průsvitný.

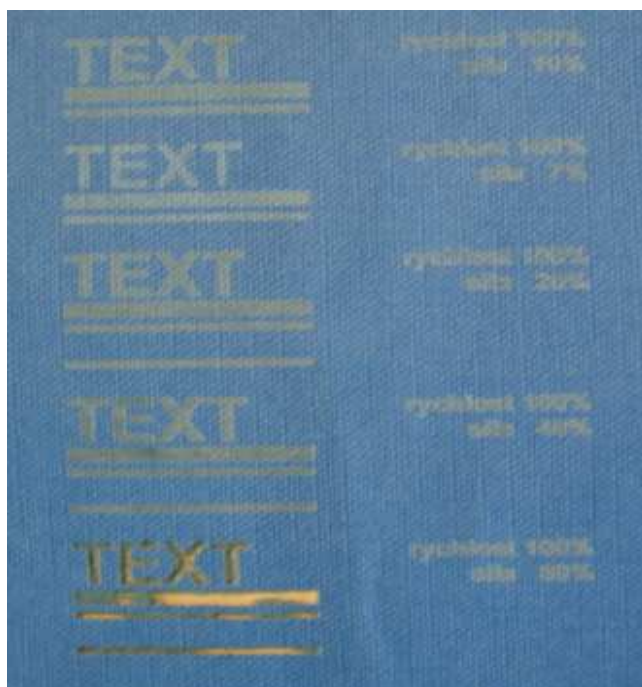
### **2.3.6 Laserový popis materiálu č. 5**

Tabulka VII. Nastavené parametry u materiálu č. 5

| Posuv f [%] | Posuv f [mm/s] | Výkon P [%] | Výkon P [W] |
|-------------|----------------|-------------|-------------|
| 100         | 1066           | 10          | 3           |
| 100         | 1066           | 7           | 2,1         |
| 100         | 1066           | 20          | 6           |
| 100         | 1066           | 40          | 12          |
| 100         | 1066           | 80          | 24          |



Obr. 21. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 22. Materiál č. 5 – POTAHOVÝ PAPIR

**Posuv 100%, výkon 7%**

U tohoto papírového potahu došlo k odpaření povrchové vrstvy již při 7% výkonu laseru. Text je bílé barvy, pohmatem nezjistitelný, ale okem dobře viditelný.

#### **Posuv 100%, výkon 10%**

Materiál se začal nepatrně pálit. Z toho důvodu je barva textu bílá s hnědým nádechem. I přes to je dobře čitelný.

#### **Posuv 100%, výkon 20%**

Popisovaný text je stále dobře čitelný, avšak barva je o něco tmavší než v předchozím případě. Došlo k intenzivnějšímu odpaření materiálu.

#### **Posuv 100%, výkon 40%**

Text se stal hůře čitelnější, protože barva textu ztmavla vlivem vysokého výkonu laseru. V některých místech je popis zjistitelný pohmatem a proti světlu průsvitný.

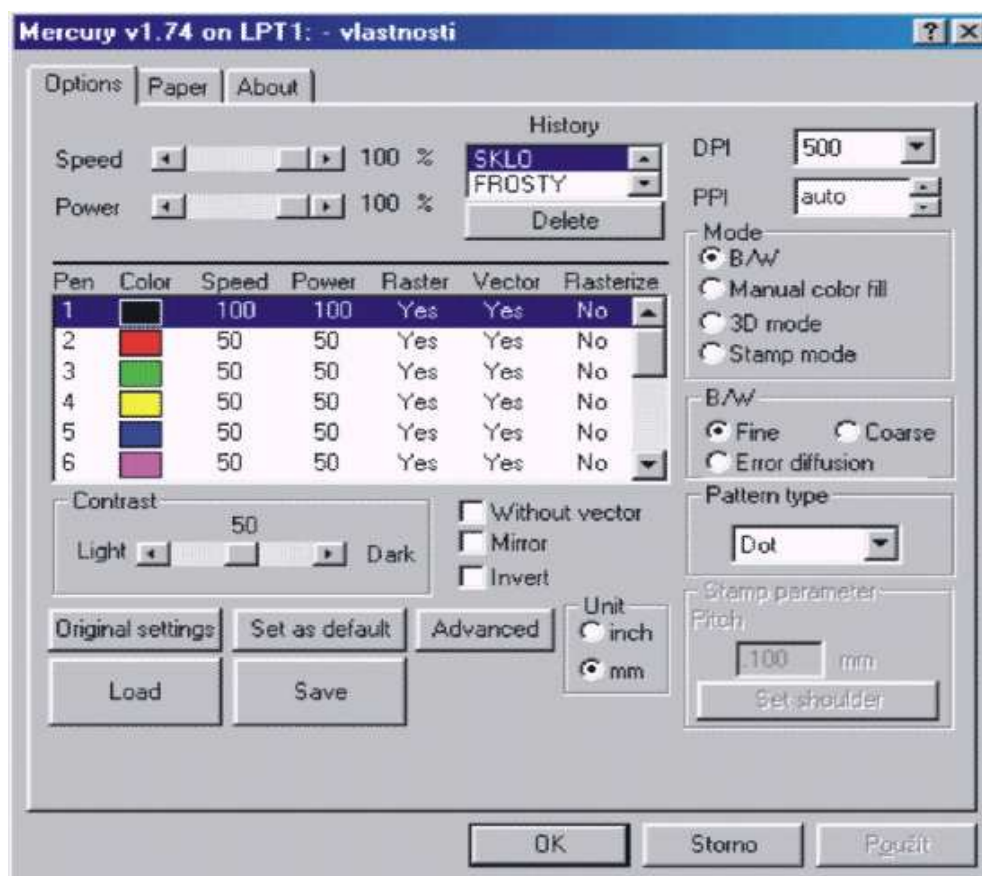
#### **Posuv 100%, výkon 80%**

Tento výkon laseru způsobil úplné vypálení materiálu. Vzniklo tedy vypálené textové pole, u něhož v některých místech zůstaly nepatrné vlákna materiálu.

### **2.3.7 Laserový popis materiálu a 6**

Tabulka VIII. Nastavené parametry u materiálu č. 6

| Posuv f<br>[%] | Posuv f<br>[mm/s] | Výkon P<br>[%] | Výkon P<br>[W] |
|----------------|-------------------|----------------|----------------|
| 100            | 1066              | 10             | 3              |
| 100            | 1066              | 7              | 2,1            |
| 100            | 1066              | 20             | 6              |
| 100            | 1066              | 40             | 12             |
| 100            | 1066              | 80             | 24             |
| 100            | 1066              | 100            | 30             |



Obr. 23. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru



Obr. 24. Materiál č.6 – NATURAL

***Posuv 100%, výkon 7%***

Na povrchu materiálu laser vytvořil jen nepatrnou povrchovou úpravu. Pouhým okem slabě viditelnou. Výkon laseru byl tak malý, že nedošlo k odpaření materiálu, ale jen k jeho lehkému spálení.

***Posuv 100%, výkon 10%***

Tříprocentní navýšení výkonu laseru způsobilo pouze větší spálení povrchu materiálu. Kontury textu jsou již slabě viditelné.

***Posuv 100%, výkon 20%***

Ani u 20% výkonu laseru nedošlo k dostatečnému odpaření povrchu materiálu. Text je stále spíše spálený, ale již lépe viditelný.

***Posuv 100%, výkon 40%***

Zde už došlo k odpaření slabé vrstvy materiálu. Text je dobře čitelný, avšak v důsledku spálení materiálu je jeho barva opět o málo tmavší než předchozí. Je zjistitelný i pohmatem. Toto nastavení se jeví jako optimální.

***Posuv 100%, výkon 80%***

Popsaný text má stejné parametry jako u předchozího výkonu laseru, avšak došlo zde k propálení materiálu až na jeho spodní vrstvu. Materiál je proti světlu lehce průsvitný.

***Posuv 100%, výkon 100%***

Parametry textu se opět nemění, ale intenzita laseru byla natolik vysoká, že došlo téměř k propálení materiálu. Jsou zde viditelné pouze slabé vlákna.

## 2.4 Optimální parametry laseru pro použité materiály

V tab. IX jsou uvedeny parametry laserového popisu, které byly shledány jako nejvhodnější pro zvolené druhy potahových materiálů. Hodnoty výkonu a posuvu jsou uvedeny v procentech.

Tabulka IX. Optimální parametry laserového systému pro dané materiály

| č. | Název materiálu | Optimální posuv | Optimální výkon | Poznámka                                                                       |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | BALADEK         | 100%            | 40 – 50%        | Malé rozmezí výkonu je způsobeno především vlastnostmi vrchní vrstvy materiálu |
| 2  | BALADEK         | 100%            | 40 – 80%        | Rozsah výkonu je z velké části závislí na požadované barvě textu               |
| 3  | IMPERIAL        | 100%            | 20 – 80%        | Text je čitelný i při výkonech pod 20%                                         |
| 4  | IMPERIAL        | 100%            | 20 – 80%        | Parametry písma jsou stejné jako u předchozího materiálu                       |
| 5  | POTAHOVÝ PAPÍR  | 100%            | 5 – 20%         | Vhodný spíše pro nižší výkony. Při výkonech nad 50% se materiál začal pálit    |
| 6  | NATURAL         | 100%            | 40 – 50%        | Vhodný pro vyšší výkony nad 50%                                                |

## 2.5 Shrnutí výsledků laserového popisu

Z výše uvedené tabulky je patrné, že není nutné používat při popisu potahových materiálů laserem menší posuv než je maximální. Je to z toho důvodu, že laser je schopný i při malých výkonech vytvořit na povrchu materiálu požadovaný popis. Z hlediska produktivity tedy není nutné rychlost posuvu laseru snižovat.

Dále bylo zjištěno, že největší vliv na vlastnosti a vzhled popisovaného textu má bezesporu výkon laseru a vlastnosti jednotlivých vrstev daného materiálu. Téměř u všech potahových materiálů by bylo možné použít optimálního nastavení výkonu laseru

v rozmezí 40 – 50% maximálního výkonu laseru. Výjimku tvořil pouze POTAHOVÝ PAPÍR, jehož vlastnosti se podobají spíše obyčejnému papíru než látce nebo kožence.

Posledním faktorem, který byl sledován, byl vliv barvy potahové látky na popis laseru. To bylo zjišťováno u červeného a zeleného materiálu IMPERIAL. Bylo zjištěno, že barva potahové látky nemá žádný vliv na konečný vzhled a vlastnosti popisovaného textu.

## **2.6 Ekonomické zhodnocení využití laserového popisu**

Cílem laserového popisu a obrábění je zvýšení kvality popisovaného a obráběného povrchu, zvýšení produktivity práce a její ekonomičnosti.

Většinou se laserové techniky využívá tam, kde nemůže být použito běžných konvenčních metod obrábění. U laserového systému se s výhodou uplatňuje rychlá změna pracovní činnosti. Je tedy možné rychlou změnou symbolu v programu Corel Draw docílit vysoké produktivity práce.

### **2.6.1 Výhody použití laserového systému**

- dobré pracovní podmínky pro obsluhu stroje
- nehlučný provoz
- lepší bezpečnost práce než při klasickém obrábění
- úspora pracovních sil a výrobních ploch
- bezsilový způsob obrábění
- nenáročný na obsluhu

### **2.6.2 Nevýhody použití laserového systému**

- vysoká pořizovací cena stroje
- nutné odsávání odpařeného materiálu
- náročná oprava při poškození přístroje

### 2.6.3 Náklady na jednu hodinu práce stroje s obsluhou

Vstupní parametry:

- pořizovací cena stroje 750 000,- Kč (odpisová skupina 1)
- mzda pracovníka 100,- Kč/h
- výrobní režie 40,- Kč/h
- zisk 5 %
- pracovní dny za rok 253
- dvousměnný provoz, tj. 16 hodin
- paušální částka za návrh Kč 500,-
- použití rovnoměrného odpisování

Tabulka X. Sazby pro rovnoměrné odpisování

| Odpisová skupina | Sazba v prvním roce odpisování | Sazba v dalších letech odpisování |
|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1                | 20                             | 40                                |

#### Výpočet:

Odpis v 1. roce.....  $(750\,000/100)20 = 150\,000,-$  Kč

Odpis v 2. roce.....  $(750\,000/100)40 = 300\,000,-$  Kč

Odpis ve 3. roce.....  $(750\,000/100)40 = 300\,000,-$  Kč

#### Výpočet hodinové práce stroje s obsluhou v 1. roce:

Odpis v 1. roce/pracovní dny za rok =  $150\,000/253 = 593$  Kč/den

Hodinová práce stroje za den/hodiny ve dvousměnném provozu + hodinová mzda zaměstnance =  $593/16 + 100 = 137$  Kč/h

#### Výpočet hodinové práce stroje s obsluhou ve 2. roce:

Odpis ve 2. roce/pracovní dny za rok =  $300\,000/253 = 1186$  Kč/den

Hodinová práce stroje za den/hodiny ve dvousměnném provozu + hodinová mzda zaměstnance =  $1186/16 + 100 = 174$  Kč/h

***Výpočet hodinové práce stroje s obsluhou ve 3. roce:***

Odpis ve 2. roce/pracovní dny za rok =  $300\,000/253 = 1186$  Kč/den

Hodinová práce stroje za den/hodiny ve dvousměnném provozu + hodinová mzda zaměstnance =  $1186/16 + 100 = 174$  Kč/h

Průměrná hodnota hodinové práce stroje s obsluhou: 162 Kč/h

***Celková hodinová práce (průměrná hodinová práce stroje, tj. stroj + obsluha, výrobní režie, zisk)***

Průměrná hodinová práce stroje + výrobní režie =  $162 + 40 = 202$  Kč/h

Zisk (5 %) z hodnoty 202 = 10 Kč

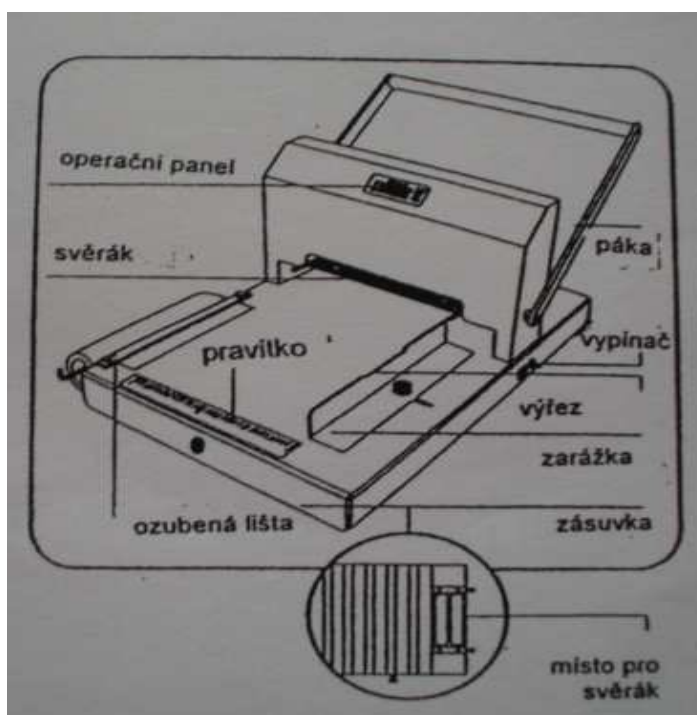
Celková hodinová práce (bez materiálu) =  $202 + 10 = 212$  Kč

## **2.7 Ražení lisem ( zlatičkou )**

### **2.7.1 Použité experimentální zařízení**

Pro porovnání technologie zlacení a laserového popisu byl použit lisovací stroj na zlacení OPUS GOLDPRESS 4.

Tento přístroj slouží ke zlacení a slepotisku na různé povrchy materiálů. Jednotlivé části přístroje jsou : operační panel, svěrák, pravítko, ozubena lišta, páka, vypínač, výřez, zarážka, zásuvka.



Obr. 25. Zlatící lis OPUS GOLDPRESS 4

### 2.7.2 Postup práce na zlatícím lisu OPUS GOLDPRESS 4

- vysunutí svěráku z ohřívací drážky
- vsazení písma do svěráku dle požadovaného textu
- upevnění obou stran textu pomocí zarážek ve svěráku
- zasunutí svěráku s písmem do ohřívací drážky na dobu asi 1 minuty než se ohřeje
- vystředění desek pomocí pravítka (vpředu na desce stroje), určení přesné vzdálenosti od spodní hrany kde se bude tisknout
- odříznutí fólie pomocí pruhu folie (o něco širší než tisknutý text) vedené pod ozubenou lištou.
- stisk tlačítka lišty a odtrhnutí fólie
- vložení PVC a plechové vložky správné síly do desek
- umístění fólie na desky v místě tisku
- posunutí desek pod ohřívací drážku, jejich urovnání a přidržení u zarážky vpravo na desce zlatičky
- stlačení páky zlatičky dolů a přidržení přibližně 2 sekundy
- zvednutí páky zlatičky
- vyndání desek a sundání fólie

### 2.7.3 Příklady zlacení na lisu OPUS GOLDPRESS 4



Obr. 26. Zlacení na kanálek knihy



Obr. 27. Zlacení na desky knihy

### 2.7.4 Výhody použití zlacení na lisu

- nižší pořizovací náklady stroje než u laseru
- nízké pořizovací náklady používaných materiálů a pomůcek
- možnost různé barvy textu pouze výměnou použité fólie
- nenáročná obsluha stroje
- nehlukný provoz

### 2.7.5 Nevýhody použití zlacení na lisu

- delší pracovní doba než při použití laseru
- nebezpečí popálení při manipulaci s částmi stroje
- možnost popisu jen určitými velikostmi písma

### 2.7.6 Pořizovací náklady zlatícího lisu OPUS GOLDPRESS 4

- pořizovací cena stroje 30 000,- Kč
- pořizovací cena sady písmen 2 400,- Kč
- pořizovací cena rámečků na písmena 1 350,- Kč
- pořizovací cena zlaté fólie 120m – 750,- Kč
- celkové pořizovací náklady asi 35 000,- Kč

## 2.8 Porovnání laserového popisu a zlacení na lisu při popisu přední strany bakalářské práce

Z experimentu bylo zjištěno, že popis přední strany bakalářské práce na laserovém přístroji by trval asi stejně dlouho, jako popis jednoho ze zkoumaných potahových materiálů. Tento popis by tedy trval asi 4 min. Z předchozích výpočtů ceny celkové hodinové práce na laserovém přístroji vyplývá, že náklady na 4 minutovou práci činí asi 15 Kč.

Dále bylo zjištěno, že doba na popis této strany pomocí technologie zlacení na lisu by byla asi 60 min. Je tedy zřejmé, že technologie využívající laserového paprsku je několikanásobně rychlejší než zlacení na lisu. Největší podíl na dlouhé pracovní době při použití zlatícího lisu má bezesporu dlouhá příprava a poskládání jednotlivých písmen do požadovaného textu. Zatímco u laserového popisu je tato doba kratší díky práci v programu Corel Draw.

### 3 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Přestože technologie zlacení na lisu nebyla prozkoumána tak podrobně jako laserový popis, může být konstatováno, že náklady na popis knižních vazeb zlacením na lisu nebo laserovým popisem budou podobné nebo se budou jen málo lišit.

Je patrné, že ve prospěch technologie zlacení na lisu hovoří bezesporu nízké pořizovací náklady přístroje a všech pomůcek pro popis. Dalším faktorem, který může být rozhodující při volbě jedné z technologií, je barva popisu. Laserové zařízení není schopné provést popis požadované barvy. Barevnost popisu ovlivňuje pouze charakter některé z vrstev daného materiálu. Pokud je tedy požadován zlatý text, je nutné provést popis na zlatícím lisu.

Výhodou laserového zařízení oproti zlatícímu lisu jsou mnohonásobně kratší pracovní cykly. Odpadá zdlouhavá příprava popisovaného textu. Vhodnou volbou výkonů a posuvů lze docílit různých parametrů tohoto textu. Laserového popisu lze tedy použít pro jakýkoliv druh knižní vazby nebo jejího potahu.

Je tedy spousta faktorů, které ovlivňují výběr z těchto dvou technologií pro popis desek knižních vazeb.

Jednou z nesporných výhod použití laserového systému je jeho široké využití v oblasti popisu do jakéhokoliv materiálu. Touto oblastí využití se zabývá právě firma MECHANIKA PROSTĚJOV. Firma se specializuje na výrobu reklamních předmětů jako jsou různé odznaky, znaky měst, firemní loga, všechny druhy přívěšků, popis keramických per, medailí, pohárů atd. V tomto směru je laserový systém nenahraditelný.

Je tedy jasné, že použití laserového systému pro popis materiálů je z hlediska širokého využití výhodnější volbou, než použití jakékoliv jiné technologie popisu nebo zařízení.

## ZÁVĚR

Z dosažených výsledků vyplývá, že optimální vstupní podmínky pro popis desek knižních vazeb se budou materiál od materiálu lišit.

I přes toto zjištění je možné říct, že hodnota jednoho ze vstupních parametrů bude u všech potahových materiálů vždy stejná. Je to maximální posunová rychlost laseru (1066 mm/s). Bylo totiž zjištěno, že pro téměř všechny velikosti výkonů laseru, není nutné z hlediska produktivity posuvovou rychlost laseru snižovat.

Dále bylo zjištěno, že asi pro 80% zkoumaných materiálů, se jeví jako vhodné nastavení výkonu laseru 40 – 50% maximálního výkonu laseru.

Při ekonomickém srovnání technologií laserového popisu a zlacení na lisu se dospělo k závěru, že nelze jednoznačně říct, která z těchto dvou metod popisu je výhodnější.

Pokud je ale využito široké škály použití laserového systému je bezesporu nenahraditelný. I přes vysoké pořizovací náklady je použití laserových technologií z hlediska ekonomického i praktického výhodnější.

Je tedy možné říct, že v budoucnosti, kdy budou laserové systémy schopny vytvořit popis jakékoliv barvy, bude použití jiných technologií jako např. zlacení na lisu zcela bezvýznamné.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Růžička V.: Kvantová elektronika , Praha , SNTL 1975
- (2) Voříšek M. a Navrátil Z.: Optoelektronika , Praha , SNTL 1975
- (3) Sochor V.: Lasery a koherentní svazky , Praha , ČSAV 1990
- (4) Engst P. a Horák M.: Aplikace laserů , Praha , SNTL 1989
- (5) Král J.: Moderní knihařství , Brno , SURSUM 1999
- (6) Hamar J. a Thomka V.: Polygrafické materiály , Praha , SPN 1990
- (7) <http://www.laser.-tech.cz>
- (8) [http://www.lao.cz/upload/info\\_prumysl/laoinfo\\_i\\_02\\_03.html](http://www.lao.cz/upload/info_prumysl/laoinfo_i_02_03.html)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|                                  |                                                                                             |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$          | oxid hlinitý                                                                                |
| $\text{Cr}_2\text{O}_3$          | oxid hlinitý                                                                                |
| Ne                               | neon                                                                                        |
| Kr                               | krypton                                                                                     |
| Ar                               | argon                                                                                       |
| Xe                               | xenon                                                                                       |
| $\text{O} = \text{C} = \text{O}$ | tříatomová molekula oxidu uhličitého                                                        |
| $\text{CO}_2$                    | oxid uhličitý                                                                               |
| He – Ne laser                    | helium neodymový laser                                                                      |
| Laser                            | Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation                                     |
| Nd:YAG                           | neodymem ( $\text{Nd}^{+3}$ ) dopovaný yttrito-hlinitým granátem                            |
| $\lambda$                        | vlnová délka záření                                                                         |
| $\nu_B$                          | Brewsterův úhel                                                                             |
| TEA $\text{CO}_2$ laserů         | Transversálky Excited Atmospheric Pressure<br>(příčně buzený laser za atmosférického tlaku) |
| TEM                              | Transverse Electromagnetic Mode (laserový operační mód)                                     |
| CAD/CAM                          | computer-aided design/computer-aided manufacturing                                          |
| q                                | hustota energetického toku [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]                                        |

## SEZNAM OBRÁZKŮ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1. Schéma laseru .....                                                                            | 9  |
| Obr. 2. Schéma rezonátoru .....                                                                        | 10 |
| Obr. 3. Schéma energetických hladin CO <sub>2</sub> -laseru s vyznačením vibračních hladin dusíku..... | 13 |
| Obr. 4. Příčné struktury svazků zachycené CCD kamerou.....                                             | 14 |
| Obr. 5. Vybrané módy TEM s a) osou, b) středovou symetrií .....                                        | 15 |
| Obr. 6. Laserové značení dárkových předmětů: dřevo, popsáno a vyříznuto laserem (8) ..                 | 19 |
| Obr. 7. Hluboké gravírování laserem: 3D-ocelová forma (8).....                                         | 20 |
| Obr. 8. Hluboké gravírování laserem: Plast (8).....                                                    | 20 |
| Obr. 9. Laserové značení dárkových předmětů: dřevo, popsáno laserem (8).....                           | 20 |
| Obr. 10. Hluboké gravírování laserem: 2D-gumové razítko (8) .....                                      | 21 |
| Obr. 11. Laserové značení dárkových předmětů: kov, vektorový motiv (kresba) (8).....                   | 21 |
| Obr. 12. CO <sub>2</sub> laser MERCURY L-30 .....                                                      | 30 |
| Obr. 13. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 31 |
| Obr. 14. Materiál č. 1 – BALADEK.....                                                                  | 32 |
| Obr. 15. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 34 |
| Obr. 16. Materiál č. 2 – BALADEK.....                                                                  | 34 |
| Obr. 17. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 36 |
| Obr. 18. Materiál č. 3 – IMPERIAL .....                                                                | 36 |
| Obr. 19. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 38 |
| Obr. 20. Materiál č. 4 – IMPERIAL .....                                                                | 38 |
| Obr. 21. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 40 |
| Obr. 22. Materiál č. 5 – POTAHOVÝ PAPÍR.....                                                           | 40 |
| Obr. 23. Příklad nastavení velikosti výkonu a posuvu laseru.....                                       | 42 |
| Obr. 24. Materiál č.6 – NATURAL.....                                                                   | 42 |
| Obr. 25. Zlatící lis OPUS GOLDPRESS 4.....                                                             | 48 |
| Obr. 26. Zlacení na kanálek knihy .....                                                                | 49 |
| Obr. 27. Zlacení na desky knihy .....                                                                  | 49 |

**SEZNAM TABULEK**

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka I. Potahové materiály použité pro experimenty .....                   | 28 |
| Tabulka II. Technické parametry CO <sub>2</sub> laseru, typ MERCURY L-30..... | 29 |
| Tabulka III. Nastavené parametry u materiálu č. 1 .....                       | 31 |
| Tabulka IV. Nastavené parametry u materiálu č. 2 .....                        | 33 |
| Tabulka V. Nastavené parametry u materiálu č. 3.....                          | 35 |
| Tabulka VI. Nastavené parametry u materiálu č. 4 .....                        | 37 |
| Tabulka VII. Nastavené parametry u materiálu č. 5.....                        | 39 |
| Tabulka VIII. Nastavené parametry u materiálu č. 6.....                       | 41 |
| Tabulka IX. Optimální parametry laserového systému pro dané materiály .....   | 44 |
| Tabulka X. Sazby pro rovnoměrné odpisování .....                              | 46 |

## SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 : Potahový materiál č.1 BALADEK - imitace kůže – tmavě modrá
- P 2 : Potahový materiál č.2 BALADEK – imitace kůže – vínově červená
- P 3 : Potahový materiál č.3 IMPERIAL – přírodní plátno – zelené
- P 4 : Potahový materiál č.4 IMPERIAL – přírodní plátno – červené
- P 5 : Potahový materiál č.5 POTAHOVÝ PAPÍR – papír – modrý
- P 6 : Potahový materiál č.6 NATURAL – režné plátno – bílo-šedá
- P 7 : Zlatící fólie pro práci na ručním lisu
- P 8 : Stříbrná fólie pro práci na ručním lisu