

Analýza nekonvenčních technologií

Milan Podola

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Milan PODOLA**

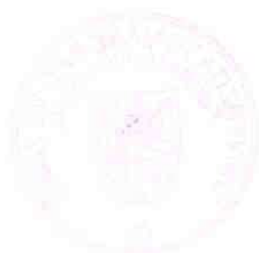
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Analýza nekonvekčních technologií**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rešerši se zaměřením na vybrané metody nekonvenčních technologií ve firmě MRB Sazovice.
2. Provedte experimentální obrábění na laserovém pracovišti, detailní rozbor strojního vybavení za účelem využití těchto podkladů ve výuce technických předmětů.



Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libuše Sýkorová, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **19. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2010**

Ve Zlíně dne 18. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Cílem této práce je především seznámení s oblastí nekonvenčních metod obrábění v oblasti zpracování kovových i nekovových materiálů ve firmě MRB Sazovice. Tyto technologie jsou v současné době hojně používány v oblasti konstrukce složitě tvarovaných součástí a tam, kde se klade důraz na rychlost a přesnost opracování materiálu.

Praktická část je zpracována v elektronické podobě ve formě prezentací, které mohou posloužit jako pomůcka lektorům pro výuku, tak i studentům při studiu.

Klíčová slova: nekonvenční technologie, zpracování, MRB Sazovice, podrobné rozvedení

ABSTRACT

The aim of this work is particularly to introduce unconventional methods of machining in the area of metaloid and non-metallic materials in MRB Sazovice company. Those technologies are widely used nowadays not only when constructing complex shaped components but also when speed and accuracy of processing of material is insisted on.

Practical part of this work is elaborated as presentations in electronic form. These presentations can serve as a study material for lecturers and also for students.

Keywords:unconventional technologies, machining, MRB Sazovice, elaboration

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří přispěli k dokončení mé bakalářské práce. Především děkuji své vedoucí Ing. Libuši Sýkorové, Ph.D. za její odborné vedení a rady při zpracování této práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 NEKONVENČNÍ PROCESY OBRÁBĚNÍ	11
1.1 ODLIŠNOSTI V POROVNÁNÍ S KLASICKÝMI TECHNOLOGIEMI	11
1.2 ROZDĚLENÍ NEKONVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ OBRÁBĚNÍ.....	12
1.3 SMĚRY VYUŽÍVÁNÍ NEKONVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ.....	13
2 LASER.....	14
2.1 HISTORIE LASERU	14
2.2 FYZIKÁLNÍ PRINCIP FUNKCE LASERU.....	16
2.3 LASEROVÝ PAPERSEK A JEHO VLASTNOSTI	19
2.4 KONSTRUKČNÍ SLOŽENÍ LASERU	22
2.5 VÝKON A ÚČINNOST LASERU	24
2.5.1 Výkon laseru.....	24
2.5.2 Účinnost laseru	24
2.6 DĚLENÍ ZÁKLADNÍCH DRUHŮ LASERŮ	24
2.6.1 Dělení laserů podle aktivního prostředí	25
2.6.2 Dělení laserů podle vlnové délky generovaného laserového paprsku.....	27
2.6.3 Dělení laserů podle způsobu čerpání energie	27
2.6.4 Dělení laserů podle režimu paprsku	27
2.6.5 Dělení laserů podle dosahovaného výkonu	29
2.6.6 Dělení laserů podle konstrukce zařízení.....	29
2.6.7 Dělení laserů podle jejich použití.....	30
2.7 CO ₂ LASER	31
2.8 POUŽITÍ LASEROVÉHO PAPERSKU PRO OPRACOVÁNÍ MATERIÁLŮ.....	36
3 TUBEMATIC (LASER NA TRUBKY A PROFILY).....	38
3.1 TECHNICKÉ ÚDAJE.....	39
3.2 ŘEZACÍ HLAVA	41
3.3 OTÁČECÍ A POSUNOVÁ STANICE.....	42
4 EUROLASER (LASER NA NEKOVY).....	43
4.1 PRINCIP LASERU	43
4.1.1 Uzavřená laserová hadice.....	43
4.1.2 Shutter	43
4.1.3 Režim vidu	44
4.1.4 Expander paprsku	44
4.1.5 Vychylovací zrcadla	44
4.1.6 Polarizace laserového světla.....	44
4.1.7 Univerzální systém čoček.....	44
4.1.8 Externí přídavný plyn.....	45

4.1.9	Kompresor	45
4.2	TECHNICKÉ ÚDAJE	45
5	RAPIDO (3D LASER)	47
5.1	TECHNICKÉ ÚDAJE	47
5.2	KONFIGURACE STROJE	49
5.2.1	Kabina Split	49
5.2.2	Jednotka hlavy	50
6	SYNCRONO CP 4000 (2D LASER)	52
6.1	TECHNICKÉ ÚDAJE	52
6.2	KAPACITNÍ SNÍMAČ	53
6.3	OHNISKOVÁ OSA	54
6.4	OPTICKÝ ŘETĚZEC	55
7	TRUMATIC 6000 L (LASER-DEROVADLO)	56
7.1	KONCEPCE STROJE	57
7.2	OBRÁBĚCÍ PRACOVNÍ MÍSTO	59
7.3	LISOVACÍ HLAVA	59
7.4	LASEROVÁ ŘEZACÍ HLAVA	61
7.5	PŘIDRŽOVAČ PRO ŘEZÁNÍ LASEREM	62
8	MECHANICKÝ ÚBĚR MATERIÁLU	63
8.1	OBRÁBĚNÍ VODNÍM PAPEREM (WJM, AWJM)	64
8.1.1	Jednotlivé komponenty vodního paprsku	65
8.1.2	Konstrukce dýzy	66
8.1.3	Princip obrábění	67
8.1.4	Samotný úběr materiálu	68
8.1.5	Oblasti použití vodních paprsků a jejich přednosti	69
9	VODNÍ PAPER	70
9.1	PNEUMATICKÁ DOPRAVA ABRAZIVA (TDJ 10T)	70
9.1.1	Technické parametry	71
9.1.2	Popis zařízení	71
9.2	MALÝ TLAKOVÝ DOPRAVNÍ SYSTÉM	72
9.2.1	Technická specifikace	73
9.3	DÁVKOVAČ ATD IV	73
	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	75
II	PRAKTICKÁ ČÁST	76
10	PREZENTACE	77
10.1	RAPIDO (3D LASER)	78

10.2	SYNCRONO (2D LASER)	82
10.3	TRUMATIC 6000L (LASER-DĚROVADLO).....	85
10.4	TUBEMATIC (LASER NA TRUBKY A PROFILY).....	88
10.5	EUROLASER (LASER NA NEKOVY)	91
10.6	VODNÍ PAPERSEK.....	94
	ZÁVĚR	97
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	98
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	99
	SEZNAM OBRÁZKŮ	100
	SEZNAM TABULEK.....	102

ÚVOD

Vznik firmy se datuje do roku 1990, kdy vzniklo sdružení čtyř fyzických osob podnikajících na základě živnostenského zákona v oblasti kovovýroby a zabývalo se zejména klempířskou a zámečnickou činností. V roce 1995, na základě neustále se rozrůstajících aktivit, založili členové sdružení společnost MRB Sazovice, spol. s r. o.. Sem převedli všechny své podnikatelské aktivity, postupně byl vybudován nový výrobní areál a zakoupena moderní technologie pro zpracování plechu, která zajišťovala výrazný náskok firmy před jejími konkurenty. Jde o ryze českou výrobní společnost. V počátcích činnosti se firma orientovala jen na zámečnickou výrobu, později rozšířila svou podnikatelskou činnost o výrobu bezpečnostních dveří s požární odolností. V roce 1996 došlo k dalšímu výraznému rozšíření nabídky služeb, a to v oblasti zpracování plechu, kovových i nekovových materiálů. V roce 2000 firma zahájila vývoj a výrobu UV vytvrzovacích zařízení (pro tiskařské linky a stroje). V září 2005 byla spuštěna moderní prášková lakovna. Firma MRB Sazovice, spol. s r. o. vyrábí pro tuzemské i zahraniční zákazníky. V současné době firma zaměstnává 126 pracovníků. Základní jmění společnosti je 5 627 tisíc Kč a v roce 2008 dosáhla obratu 313 138 120,- Kč. V roce 2008 byla otevřena nová provozovna v Kroměříži. V této pobočce se nachází dva nejnovější stroje firmy, 2D a 3D laser, kterým se také budu podrobněji věnovat níže v práci. MRB Sazovice je proto velmi zajímavou firmou, jak v oblasti vybavení strojového parku, díky kterému proběhne kompletní výroba dílu, tak novým nekonvenčním technologiím, které nahrazují starší technologie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 NEKONVENČNÍ PROCESY OBRÁBĚNÍ

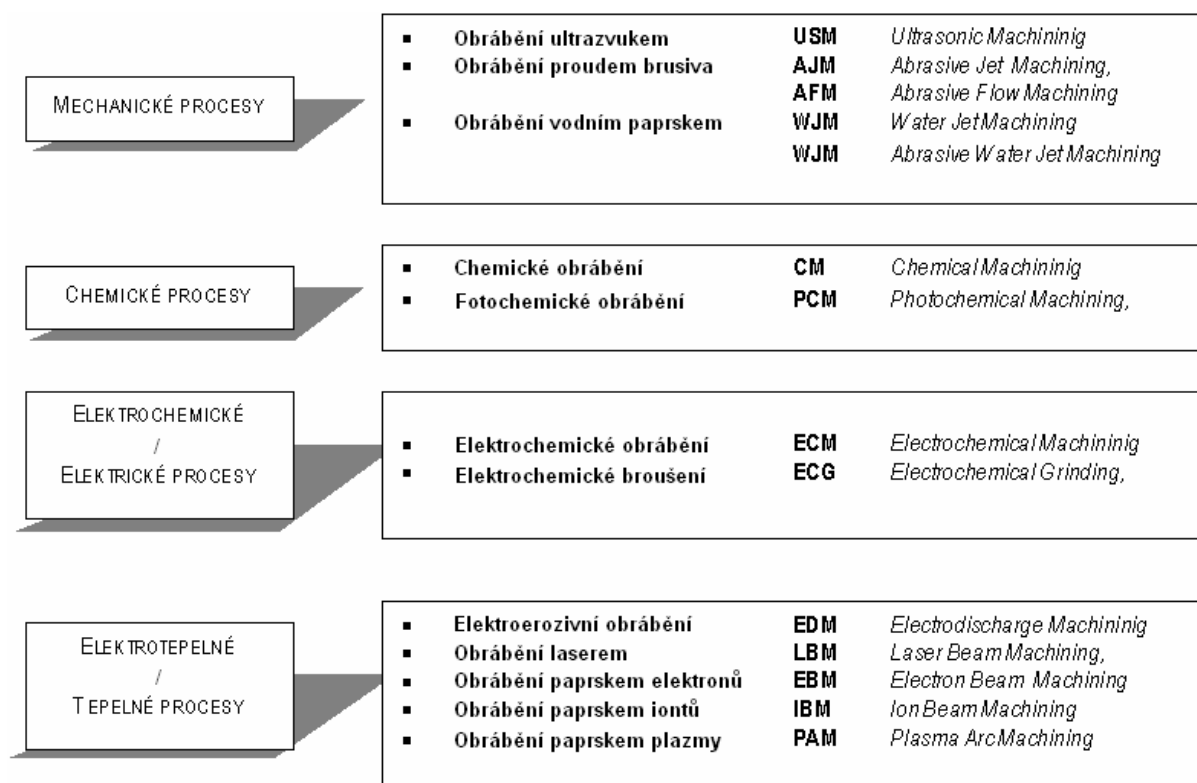
- Výrobní technologie, které využívají známé fyzikální a chemické jevy na úběr materiálu (akustické vlnění, vysokotlakový vodní paprsek, plazmu, tok fotonů – laser, elektrický výboj, elektrolýzu, tok elektronů a iontů). (4)
- Název progresivní způsoby úběru materiálu nebo progresivní způsoby obrábění se používá pro širokou škálu mechanických, elektrických tepelných a chemických procesů při úběru (odstraňování) materiálu, které byly vyvinuté převážně po roce 1940. (4)
- Stručnou definici progresivních (netradičních, nekonvenčních) technologií je těžké zavést, kvůli široce rozdílným procesům, které do této kategorie patří. V odborné literatuře panuje shoda v tom, že do této skupiny patří procesy zavedené za posledních 60 let 20. století, které používají běžné formy energie novým způsobem anebo používají energii, která nebyla nikdy předtím použita. (4)
- Původně byly tyto způsoby úběru určeny pro zvláštní použití, které nebylo extenzivně šířené. V současnosti je však toto konstatování zavádějící. I když většina těchto metod byla vyvinuta pro řešení speciálních úkolů v leteckém a kosmonautickém průmyslu v letech 1950 a 1960, dnes většina z nich nachází široké uplatnění v rozličných průmyslových odvětvích. (4)

1.1 Odlišnosti v porovnání s klasickými technologiemi

- V místě oddělování částic materiálu nevzniká řezný odpor, řezná síla, obrobky se nedeformují vlivem mechanického zatížení. (4)
- Úběr materiálu nezávisí na mechanických vlastnostech materiálů jako je třeba tvrdost, pevnost, houževnatost a klasický pojem obrobitelnost ztrácí svůj význam. (4)
- Úběr materiálu - oddělování částic je po čas jednoho cyklu (např. jeden impuls výboje při elektrojiskrovém opracování) a dochází k němu na velkém počtu lokalit současně. V závislosti na rozměrech odebíraných částic, může být úběr materiálu vyjádřen jedno, dvoj nebo trojrozměrnými hodnotami tj. délkou, plochou, průřezem nebo objemem. (4)

- Opracovává se celý povrch obrobku naráz.
- Maximální velikost obrobku je limitovaná energetickou základnou zařízení ($10^2 - 10^3$ kW).
- Možnost mikroobrábění a dosahování „nano“ 10^{-9} mm rozměrů.
- Z místa úběru materiálu přechází méně tepla do hmoty obrobku, protože:
 - oddělování částic je mikrorozměrové a dochází k němu na velkém počtu lokalit
 - frekvence elementárních úběrů je vysoká.
- Řeší problémy spojené s opotřebením nástroje při řezání a broušení.
- V porovnání s klasickými procesy vykazují vyšší spotřebu energie při úběru materiálu a o hodně nižší poměrný úběr.

1.2 Rozdělení nekonvenčních technologií obrábění



Obr. 1. Rozdělení nekonvenčních technologií obrábění

1.3 Směry využívání nekonvenčních technologií

- Využívání elektrické, tepelné, chemické a elektrochemické energie na podporu klasických procesů opracování s nástroji jako geometrickým tělesem, které snižují intenzitu jeho opotřebení. (4)
- Využívání mechanické, elektrické, tepelné, chemické a elektrochemické energie v soustředěném energetickém svazku na opracování materiálů bez použití nástroje jako geometrického tělesa, nebo s podporou nástroje jako geometrického tělesa bez jeho aktivní účasti na procese úběru materiálu. (4)
- Využívání progresivních technologií řeší požadavky na zpracování těžkoobrobitelných konstrukčních materiálů, kde jsou kladeny nároky na:
 - vysokou pevnost a tvrdost materiálů, obvykle nad 400 HB
 - opracování tenkostěnných a poddajných materiálů, kde působí řezné síly při mechanickém opracování (broušení, řezání, tváření) může mít za následek jejich deformaci.
 - složitost tvaru dílců, která způsobuje problémy při jejich upínání
 - přesnost a tolerance rozměrů, na drsnost dokončovaných povrchů (požadavek zrcadlově lesklých povrchů s optickou přesností),
 - integrita povrchů s cílem vyloučit nežádoucí tepelné ovlivnění povrchových vrstev a vznik zbytkových napětí pod povrchem.

2 LASER

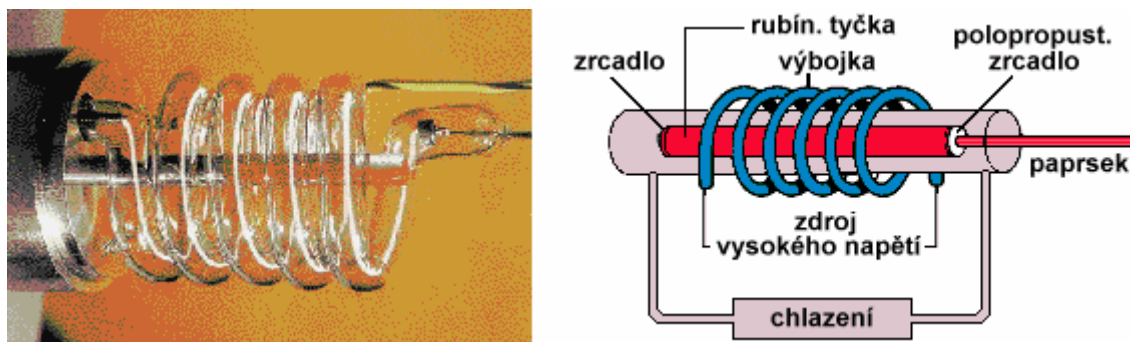
2.1 Historie laseru

- Název laser je akronym tvořený počátečními písmeny z anglického názvu „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“, což by se dalo přeložit jako „zesilování světla pomocí stimulované emise záření“. (2)
- Cesta, která vedla k sestrojení prvního přístroje, začala už před staletími. O světelný paprsek se zajímali už staří Řekové, ovšem znalosti o podstatě světla se až do 17. století nijak podstatně nezměnily. (2)
- Teprve až v 17. století se podařilo Isaacu Newtonovi rozložit bílé světlo skleněným hranolem na spektrum barev a ukázal, že se bílé světlo skládá z mnoha barev. Newton si tehdy představoval, že světlo má korpuskulární (částicový) charakter. Se svou teorií dokázal vysvětlit všechny tehdy známé vlastnosti světla, jako je odraz, lom a další. (2)
- Jeho současník Christian Huyghes však podstatu světla viděl ve vlnění, které se šíří prostorem stejnou rychlostí všemi směry z každého bodu na povrchu svítícího tělesa. Měl také pravdu. Spor rozhodl až v 19. století svými pokusy s ohybem a interferencí světla Thomas Young. Interference je záležitost čistě vlnová, je to vlastně interakce (vzájemné působení) dvou stejných světelných vln (stejnou frekvenci a amplitudu) v daném okamžiku a místě. Vlnové rozruchy se vzájemně sčítají. Setkají-li se ve fázi, je výsledkem zesílení, v proti fázi zase zeslabení. (2)
- Co se vlastně vlní? Na tuto otázku odpověděl na přelomu padesátých a šedesátých let 19. století svými výpočty James Clerk Maxwell. Svou teorií překlenul propast mezi optickými a elektromagnetickými jevy. Z jeho teorie vyplynulo, že světlo není nic jiného než vlnění elektromagnetického pole. (2)
- Se senzační hypotézou přišel v roce 1900 Max Planck. Prohlásil, že záření, světlo, je tvořeno malými částicami energie – „kvanty“. Energie každého kvanta je úměrná kmitočtu záření. Tak byly položeny základy kvantové fyziky. Podle ní má světlo charakter vlnový a korpuskulární (částicový). (2)

- Planckova kvanta energie byla později nazvána fotony. Fotony letí prostorem a při srážce s jinou částicí se chovají jako částice. Mezi sebou se však fotony interferují jako vlny. Planckova hypotéza však nevysvětlovala principy vyzářování a pohlcování záření atomy. To se povedlo v letech 1912 – 1913 dánskému fyzikovi Nielsnu Bohrovi. Ten vypracoval planetární model vodíku, podle něhož obíhají elektrony kolem jádra po vymezených drahách podobně jako planety kolem slunce. Přeskočí-li elektron z jedné dráhy na druhou, může atom získat nebo ztratit energii v podobě elektromagnetického záření. Energie atomu se změní právě o vyzářené nebo pohlcené kvantum. (2)
- Samotná historie laseru začíná v roce 1917, kdy Albert Einstein ukázal, že kromě jevů jako jsou spontánní emise a absorpce, musí existovat ještě stimulovaná emise. Následující krok směrem k vynálezu laseru udělal ruský fyzik V. A. Fabrikant, který v roce 1939 poukázal na možnost použití stimulované emise, k zesilování elektromagnetického záření procházejícího prostředím. Později v roce 1951, spolu s M. M. Vudynským a F. A. Butajevovou přihlásili patent na metodu zesilování elektromagnetického záření (ultrafialového, viditelného, infračerveného a pásma radiových vln) tím způsobem, že záření prochází prostředím, ve kterém je vytvořen nerovnovážený stav. Stav takového charakteru, že je preferováno obsazení horních energetických stavů atomů popř. jiných elementů prostředí. (2)
- Poprvé byla tato idea realizována pro zesilování záření v mikrovlnné oblasti. V roce 1952 moskevští fyzikové N. G. Basov a A. M. Prochorov na konferenci o radiospektroskopii referovali o molekulárním svazkovém generátoru – MASERU pracujícím se svazkem molekulárního čpavku. Prakticky současně byla vyjádřena myšlenka použití stimulované emise k zesílení a generaci milimetrových vln americkým fyzikem Ch. H. Townesem. V roce 1954 byl sestaven první molekulární generátor. Realizace maseru dala vznik novému vědnímu oboru – kvantové elektronice. Basov, Prochorov a Townes dostali společně za vynález maseru Nobelovu cenu v roce 1964. (2)
- Mezi realizací prvního maseru a prvního laseru uplynulo šest let. V roce 1955 Basov a Prochorov navrhli optické buzení a prostředek pro dosažení populační inverze. V roce 1957 pak Basov uvažoval o využití polovodičových materiálů pro kvantové oscilátory a realizoval optický rezonátor leštěnými planparalelními stěnami na polovodičovém čipu. V témže roce Fabrikant a Butajevová pozorovali zesílení optického záření v experimentu s elektrickým výbojem procházejícím směsí par rtuti, vodíku a helia. V roce 1958 Procho-

rov, Schawlow a Townes vyslovili nezávisle na sobě ideu, že jev stimulované emise, užitý v maseru, může být použit i v infračervené a optické oblasti spektra. R. H. Dicke (Princeton University) navrhl použití otevřeného rezonátoru pro realizaci kladné zpětné vazby v optické oblasti. V roce 1960 Theodore Maiman publikoval článek o generaci záření ve viditelné oblasti světla v rubínové tyči. Byl vynalezen rubínový laser. V témže roce (1960) A. Javan, W. R. Bennett a D. R. Herriott demonstrovali laserová akce ve směsi plynů helia a neonu. Od roku 1961 začal bouřlivý vývoj různých typů laserů zároveň s vývojem laserové technologie. (2)

- Pevnolátkový laser na bázi neodým (Nd)-sklo použil poprvé Snitzer také v roce 1961. Polovodičový laser byl objeven v roce 1962. V roce 1964 C. H. Patel experimentoval s plynovým CO₂ laserem, který našel v současnosti nejširší uplatnění v průmyslové výrobě. První zmínky o kapalinovém laseru jsou z roku 1966. (2)
- První praktické využití laseru bylo v roce 1966 pro vrtání otvorů do diamantových kalibrů pomocí rubínového laseru.



Obr. 2. Obrázek a schéma prvního (rubínového) laseru zkonstruovaného T. H.

Maimanem

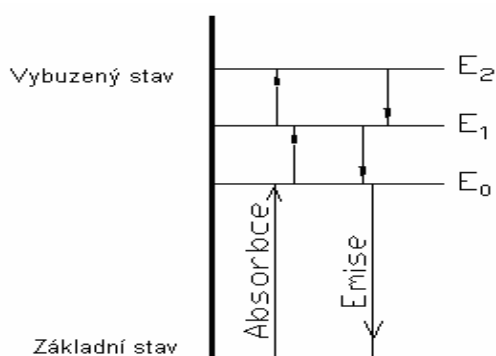
2.2 Fyzikální princip funkce laseru

Princip funkce laseru lze objasnit na základě pojmů kvantové fyziky. Vycházíme přitom ze zjednodušeného planetárního modelu atomu. Kolem kladně nabitého jádra (protonu) krouží po uzavřených drahách elektrony, které podléhají přitažlivým elektrostatickým silám. Přitom každé dráze přísluší přesně určené množství energie, zvané energetická hladina. Vzdálenější dráze elektronu přísluší větší množství energie, což je způsobeno nutností vykonat větší práci na překonání přitažlivé síly protonu. Čím je tato dráha elektronu bližší jádru tím je jeho energie menší. Za normálních podmínek se nachází atom v kvantovém stavu s nejmenší energií

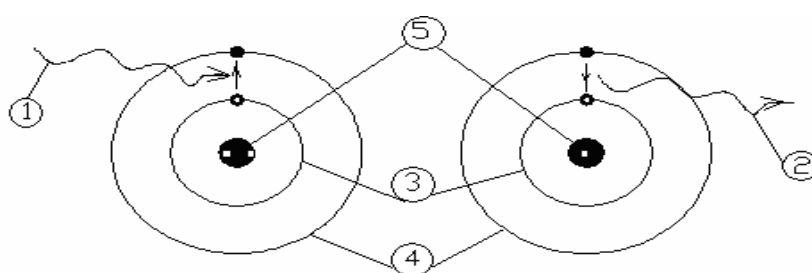
(tzv. základním stavu). Elektron se může nacházet pouze na vymezených energetických hladinách. To znamená, že změny energie elektronu nemohou probíhat plynule, nýbrž po skocích odpovídajících drahám, na kterých se může elektron nacházet. Hmotné prostředí může záření buď pohlcovat (absorbovat), anebo také vysílat (emitovat). (2)

Přechod elektronu ze základní energetické hladiny E_0 na vyšší energetickou hladinu E_1 je doprovázen absorpcí a zpětný přechod z hladiny vyšší na hladinu nižší je naopak doprovázen emisí přesně určené hodnoty energie. Tato hodnota energie, která je nazývána kvantem, je rovna rozdílu mezi energiemi sousedních hladin:

$$E = E_1 - E_0 \quad (1)$$



Obr. 3. Skokové změny hodnot energie mezi hladinami



Obr. 4. Model atomu (absorpce, emitace)

Popis obrázku 4:

1 – energie absorbovaná $E_1 - E_0$

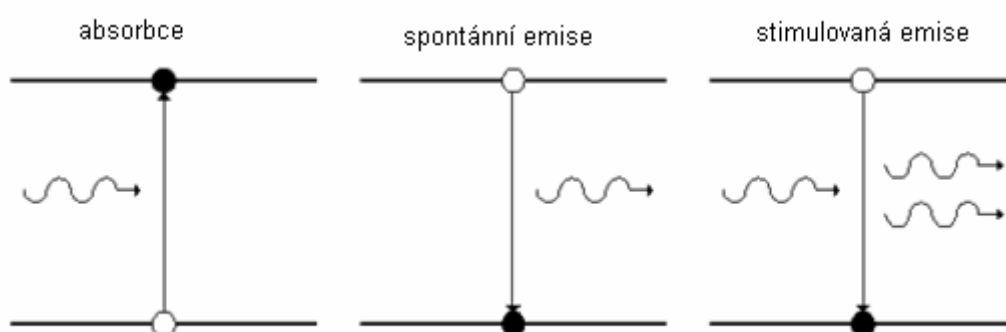
2 – energie emitovaná $E_0 - E_1$

3 – dráha, která odpovídá základní energetické hladině E_0

4 – dráha, která odpovídá základní energetické hladině E_1

5 – jádro atomu

Emise může být buď samovolná (spontánní), nebo vynucená (indukovaná či stimulovaná). Jak již bylo řečeno dříve, atom má určitou energii (je na určité energetické hladině) a částice přitom mění své energetické stavy (nabytím energie přecházejí do stavů vyšší energetické hladiny a naopak) a mohou v nich různě dlouho setrvat. U spontánní emise dříve nebo později atom vyšší hladinu opustí a vyzáří elektromagnetické kvantum, ovšem učiní tak sám od sebe, spontánně a proto hovoříme o spontánní emisi záření. U vynucené emise dopadá na atom kvantum elektromagnetického záření. Zastihne-li ho na spodní energetické hladině, může být atomem pohlceno a atom přeskóčí na horní energetickou hladinu, hovoříme tak o již zmiňované absorpci. Setká-li se naopak záření s atomem na horní energetické hladině, může ho donutit vyzářit další kvantum energie (elektromagnetického záření) a přejít na spodní hladinu, hovoříme o indukované emisi, tedy o fyzikálním jevu, na kterém je založena činnost laserů. (2)



Obr. 5. Absorbce, spontánní a stimulovaná emise

Laserové světlo tedy vzniká v prostředí určitého stimulujícího elektromagnetického záření potlačením spontánní emise na úkor vnitřní energie záření. Při spontánní (samovolné) emisi, která jak už bylo řečeno, vzniká, když vybuzené atomy s energetickou hladinou E_2 mají tendenci zaujmout hladinu s nižší energií E_1 a přitom emitují kvantum světelného záření s frekvencí f , která se určí z rovnice (2):

$$E = h \cdot f = E_2 - E_1 \quad (2)$$

kde:

h – Planckova konstanta ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s)

$E_2 - E_1$ – rozdíl energií hladin, mezi kterými nastal přechod.

Vlivem vnějšího podmětu se vybuzený atom vrací do základního stavu, přičemž emituje nový kvant se stejnou frekvencí, jako měl předcházející kvant. Tento způsob emise se nazývá stimulovaná (vynucená) emise záření, která zde už také byla popsána dříve.

V závislosti na rozdílu těchto hladin vzniká infračervené, ultrafialové anebo viditelné světelné záření.

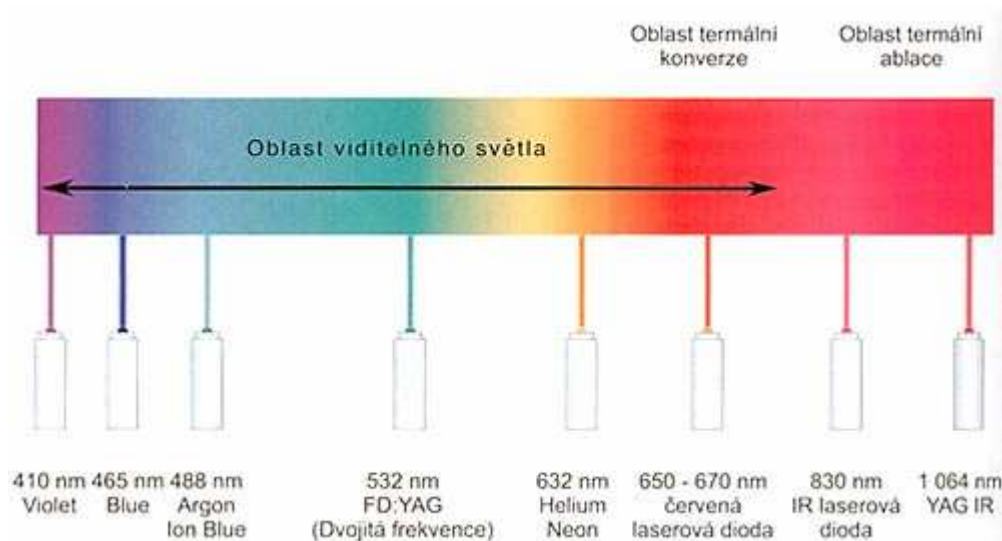
2.3 Laserový paprsek a jeho vlastnosti

Fyzikální princip vzniku laserového paprsku byl již popsán v předešlé kapitole (2.2). Bylo již uvedeno, že laser využívá tzv. stimulovanou emisi záření na produkci světelného paprsku, který má tyto základní vlastnosti:

- je vysoce monochromatické (jednobarevné) – světlo laserového paprsku má prakticky jen jednu vlnovou délku. (2)

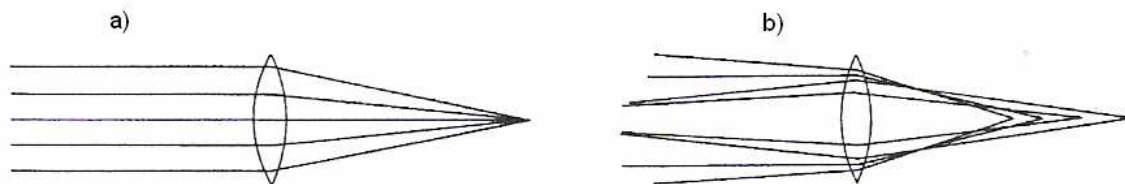
Vlnová délka (udávaná v nanometrech) určuje, v jaké části spektra se bude laserový paprsek pohybovat. Jak víme, vlnová délka je navíc důležitá i pro velikost stopy laseru. Podle vlnové délky se také dělí lasery na termální (IR), u kterých je vlnová délka vyšší než 630 nm, lasery pracující ve viditelném světle (380 – 630 nm) a lasery pracující v UV oblasti (pod 380 nm). (2)

Laserovým paprskem v současnosti s nejnižší vlnovou délkou v oblasti viditelného spektra je fialový laser (violet, 395 - 410 nm). Jde o laserovou diodu s velmi nízkou energetickou náročností (asi 5 mW). Druhou laserovou diodou s velmi nízkou vlnovou délkou a podobnou energetickou náročností je modrý laser (blue, 465 nm). Oba tyto druhy jsou žhavými favority v oblasti viditelného spektra. Nejnižší vlnovou délku mezi plynovými lasery má argonový laser (Argon Ion Blue 488 nm). Jedním z nejběžněji používaných laserů je krystalový Nd:YAG laser se zdvojenou frekvencí o vlnové délce 532 nm s energetickou náročností okolo 100 mW. Dalším používaným laserem je plynový, Helium Neon laser o vlnové délce 632 nm. Na vlnové délce 650 nm začíná skupina červených laserových diod, emitujících na vlnových délkách 650, 670, 680 nebo 780 nm. Následují výkonné laserové diody s vlnovou délkou 830 a 870 nm a Nd:YAG IR lasery s vlnovou délkou 1 064 nm. (2)



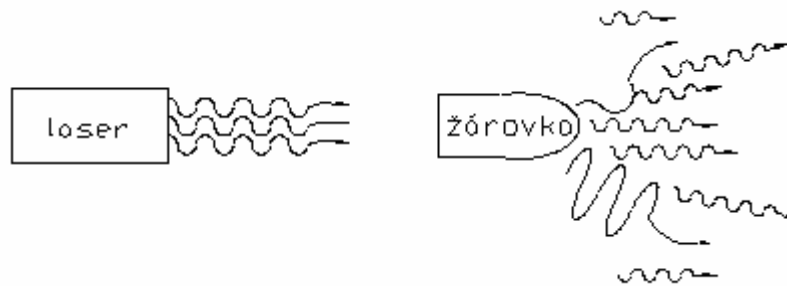
Obr. 6. Vlnové délky pro různé typy laserů

Díky tomu, že laserové světlo je monochromatické a rovnoběžné, lze ho soustředit do intenzivního úzkého bodového svazku. Na obr. 7 vidíme srovnání laserového světla (a) a fokusovaného neparalelního světla (b), kde ohnisková vzdálenost závisí na úhlu dopadu částic paprsku.



Obr. 7. Srovnání laserového světla (a) a fokusovaného neparalelního světla (b)

- má vysoký stupeň prostorové a časové koherence (uspořádanosti) - záření je prostorově koherentní (všechny částice světelné vlny kmitají se stejnou fází v rovině kolmé na směr šíření paprsku), záření je časově koherentní (všechny částice světelné vlny kmitají se stejnou fází ve směru šíření paprsku). (2)
- má minimální divergenci (rozbíhavost) - záření se v prostoru nešíří všemi směry, ale v úzkém svazku (Obr. 8) a fokusací na malou plochu (Obr. 7a) lze dosáhnout extrémně vysoké hustoty výkonu (až 10^{14} Wcm^{-2}). (2)



Obr. 8. Srovnání světla vyzařovaného laserem se světlem

žárovky

- má vysokou výstupní intenzitu I [$\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$], která není nijak limitována zákony záření absolutně černého tělesa a platí pro ni vztah:

$$I = I_0 \cdot \exp(-2r^2 / r_0^2) \quad (3)$$

kde I_0 je intenzita záření ve středu paprsku, r_0 je poloměr, ve kterém je intenzita redukována ze střední hodnoty faktorem e^2 .

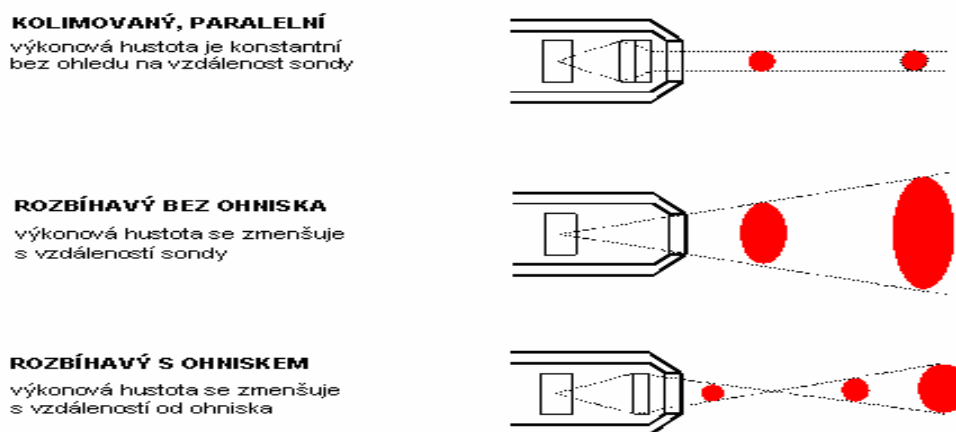
- má módovou strukturu (TEM – „transverse electromagnetic mode“) - tvar průřezu svazku záření je významně závislý nejen na vlnové délce fotonů, ale také na souososti, vzdálenosti a zakřivení zrcadel a na průměru laserové trubice (u CO_2 laserů výbojové trubice).

V příčném průřezu paprsek vytváří buď jen jednoduchou stopu – základní mód nebo složitější obrazce pravoúhle 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. Největší hustoty energie při dané výstupní energii laseru je možné dosáhnout lasery pracujícími v základním módu označovaném TEM_{00} (index charakterizuje symetrii elektromagnetického pole v rovině kolmé na směr šíření paprsku). Mód laseru určuje jeho vhodnost pro průmyslové použití, jako například pro řezání, svařování apod. (2)

Jak již bylo řečeno dříve, laserový paprsek díky jeho vlastnostem umožňuje jeho fokusaci (pomocí vhodné optické soustavy) do malého bodu s mimořádně vysokou hustotou energie v místě dopadu paprsku což má za následek natavení až odpaření materiálu, čímž se dosahuje výsledného efektu obrábění. Průměr nefokusovaného paprsku bývá řádově až několik milimetrů, takový paprsek není vhodný pro aplikace, kde je potřeba malá tepelně ovlivněná oblast jako třeba u řezání

a svařování, proto je nutné laserový paprsek soustředit do úzkého svazku. Například fokusovaný paprsek pro řezání CO₂ laserem s výkonem do 1kW má průměr okolo 0,3 mm a dosahuje energie až $1,4 \cdot 10^{10} \text{ Wcm}^{-2}$. (2)

Na obr. 9 můžeme vidět různé tvary paprsku laseru, které jsou určeny tvarem zrcadel rezonátoru, případně optickou soustavou na výstupu laseru. (2)



Obr. 9. Tvary paprsku laseru

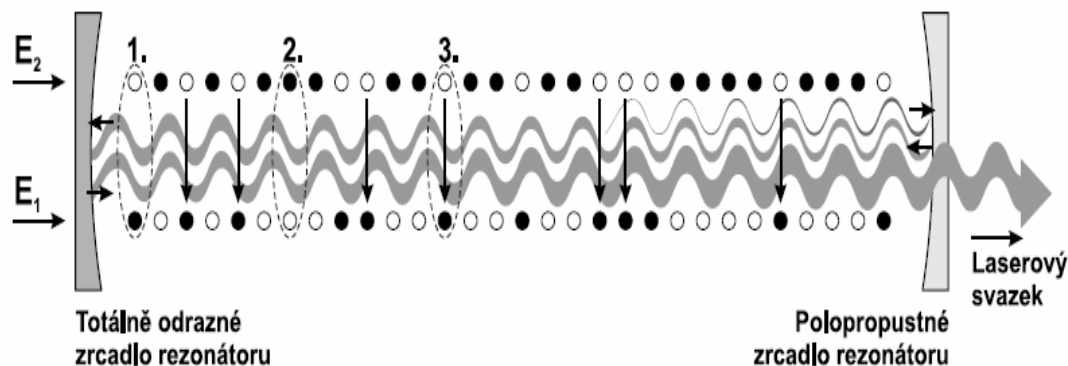
2.4 Konstrukční složení laseru

Každá struktura laseru se skládá ze tří hlavních částí: z aktivního prostředí (aktivní látka), z budícího zdroje (čerpání) a z rezonančního systému.

Vhodným čerpáním aktivní látky se docílí jevu zvaného inverze populace: Situace, při které je na vybuzené hladině více elektronů než na hladině základní. Inverze populace je uvnitř aktivního prostředí nutnou podmínkou pro to, aby docházelo k zesilování světla. Čerpání je tedy způsob, jakým je do aktivního prostředí dodávána excitační energie, přičemž excitace je děj, při kterém přechází kvantová soustava ze stavu s nižší energií do stavu s vyšší energií. K tomu, aby tento děj nastal, musí kvantová soustava přijmout zcela přesné množství tzv. excitační energie charakteristické pro daný přechod, odpovídající rozdílu energie kvantové soustavy před a po excitaci. Excitace (vzbuzení) kvantové soustavy lze dosáhnout různými prostředky. Způsob buzení závisí na použitém aktivním prostředí. Čerpání (buzení) může být optické (výbojka nebo dioda), elektrické (výboj nebo proud), chemické (chemické reakce vytvářející vhodné molekuly nebo ionty), čerpání jadernými reakcemi, expanzí plynu atd. Např. pro krystalový laser se jako zdroje buzení užívá výboje, pro plynový laser je zdrojem buzení vysokofrekvenční generátor, který ionizuje plyné prostředí. Zdroje buzení mohou pracovat buď kontinuálně, nebo pulzně. (2)

Aktivní prostředí je látka, ve které se elektrony nebo molekuly dají vhodným čerpáním (přívodem excitační energie) vybudit na požadovanou pracovní hladinu, ze které pak můžou emitovat záření. Aktivní prostředí je jedna z nejdůležitějších částí laseru, jelikož v něm vzniká stimulovaná emise. Pracovní látkou v aktivním prostředí může být plyn (He:Ne laser, oxid uhličitý), kapalina (Rhodamin-barvivo), krystal (rubín), polovodič, molekuly nebo plazma. (2)

Rezonátor (obr. 10) je dutina, do které se vkládá aktivní látka a která zajišťuje jev zpětné vazby. Většinou je tvořena dvěma zrcadly (naproti sobě umístěná rovinná či sférická zrcadla), 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. Při překročení prahové výkonné hustoty polopropustného zrcadla dojde k jeho otevření výstupu fotonů z rezonátoru a začne tedy emitovat záření na vlnové délce charakteristické pro dané aktivní laserové prostředí. Pro správnou 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)



Na obrázku jsou vyznačeny kvantové soustavy v základním (1.) a v excitovaném (2.) stavu, stimulovaná emise (3.) a energetické hladiny kvantových soustav E_1 a E_2 .

Obr. 10. Rezonátor

2.5 Výkon a účinnost laseru

2.5.1 Výkon laseru

Výkon laseru je množství vyzářené energie za určitý čas, označuje se ve wattech (W). Množství vyzářené energie se udává v jednotkách zvaných joule (J). Jestliže svítí laser nepřetržitě, většinou vystačíme s pouhým označením výkonu. Jestliže však laser pracuje v krátkých záblescích, které trvají milisekundy (ms) až pikosekundy (ps) a dokonce i femtosekundy (fs), je pro odborníky důležité vědět, jak kratičké jsou a jak je velká vyzářená energie. Čím kratší je doba trvání záblesku, tím větší je špičková energie a výkon. Tak je možné v nepatrném zlomku sekundy vyzářit veliké množství energie (nejen jednotky, desítky, stovky, ale i tisíce joulů). Výkony laserů se v takových případech pohybují nejen ve wattech (W), kilowattech (KW), ale i megawattech (MW), gigawattech (GW) a dokonce i v terawattech (TW). (2)

2.5.2 Účinnost laseru

Účinnost je poměr mezi množstvím energie dodané do zařízení a množstvím energie, které z něho vystupuje. V různých typech laserů totiž dochází k různě velkým ztrátám. Účinnost laserů, která se pohybuje v rozmezí od 0,1% do 80%, je často hlavním faktorem pro jejich použití. Významná je především v případech, kdy je důležitý vysoký výstupní výkon laserů, tj. při použití tzv. výkonových laserů. Do laseru musíme sice přivádět více energie, než jí získáme, ale vyplatí se to. (2) Laser totiž opouští paprsek zvláštních a pro nás výhodných vlastností, které již byly zmiňovány výše. Jsou to monochromaticnost (jednobarevnost), koherence (uspořádanost) a malá divergence (rozbíhavost). Díky těmto charakteristickým vlastnostem potom nacházejí lasery stále větší uplatnění v nejrůznějších oborech. (2)

2.6 Dělení základních druhů laserů

Od doby spuštění prvního laseru uběhlo více než čtyřicet let. Během této doby, zejména v šedesátých letech, se začaly objevovat další nové typy laserů, lišící se aktivním prostředím, nebo konstrukčním uspořádáním. Vznikaly ovšem také lasery s dalšími vlnovými délkami v oblasti viditelného, infračerveného, ultrafialového a dokonce i rentgenového záření. Každý z těchto laserů si našel uplatnění v jiné oblasti použití. Při sváření a vrtání je určující charakteristikou především výkon laseru, proto se zde uplatňují hlavně impulsní lasery. Zvyšování výkonu laseru se ovšem nedělo zvyšováním energie vyzářené laserem. Neexistuje univerzální laser, který by vyhověl

všem podmínkám širokého spektra použití. Laserů je tedy velké množství a každý něčím vyniká a je vhodný k určitému použití. Postupem času se jednotlivé typy zdokonalovaly a vylepšovaly se tak jejich parametry. (2)

Tedy vzhledem rozmanitosti dostupných laserů, rozdílnosti vlastností, dosahovaných výkonů, oblasti použití, je potřebné dělení laseru do určitých kategorií, které může být následující:

Lasery je možné dělit podle:

- aktivního prostředí
- vlnové délky
- podle způsobu čerpání energie
- druhu paprsku, resp. režimu paprsku
- výkonu
- konstrukce laserového zařízení
- použití.

2.6.1 Dělení laserů podle aktivního prostředí

Lasery se v tomto způsobu dělí podle skupenství materiálů, které se používají na generování záření, tedy podle skupenství aktivní látky a to na:

- pevné (pevnolátkové) - (rubín, yttrium aluminium granát, skla, keramika)
- plynové - (atomární, molekulové, iontové)
- kapalinové
- polovodičové (laserové diody)
- plazmatické

Tab. 1. Vybrané typy laserů (základní informace)

Aktivní médium:	Vlnová délka	Barva / spektrální oblast	Příklady použití	Poznámky
Plynové excimerové lasery:				Pulsní, výkon 20W až 250W
ArF	193 nm	UV	oční lékařství, fotolitografie	
KrCl	222 nm	UV	oční lékařství, laserová ablace	
KrF	248 nm	UV	oční lékařství	
XeCl	308 nm	UV	oční lékařství	
XeF	351 nm	UV	oční lékařství	
Ostatní plynové lasery:				
Argonový	488 nm, 514 nm	modrá, zelená	oční lékařství, spektroskopie	Kontinuální nebo pulsní, výkon 1 až 5000W
dusíkový	337 nm	UV		Pulsní
fluorovodíkový	2,7 μ m	IR	nedestruktivní testování	Kontinuální, střední výkon 10KW
hélium-neonový	543 nm, 633 nm	zelená, červená	zaměřování polohy	Kontinuální, stř. výkon 0,05W
hélium-kadmiový	325 nm, 442 nm	UV, modrá		Kontinuální, stř. výkon 0,1W
kryptonový	476 nm, 528 nm, 568 nm, 647 nm	modrá, zelená, žlutá, červená	světelné show, oční lékařství	
CO ₂	10,6 μ m	IR	svaření, řezání, zubní lékařství, strojírenství	vysoký výkon až 15 000W, kontinuální či pulsní
Barvivové (kapalinové) lasery:				
Rhodamin 6G	570-650 nm	Žlutá, oranžová, červená	dermatologie	Laditelný
Kumarin C30	504 nm	zelená	oční lékařství, chirurgie	
Pevnolátkové lasery:				
rubínový	694 nm	červená	holografie, odstraňování tetování	Výkon 5W, pulsní
Nd:YAG	1064 nm	IR	litografie, chirurgie, pájení, spektroskopie, strojírenství	Kontinuální, výkon až 1200W
Ho:YAG	2,1 μ m	IR	chirurgie, zubní lékařství	pulsní
Er:YAG	2,94 μ m	IR	chirurgie, zubní lékařství	pulsní
Ti:safir	690 - 1000 nm	červená, IR	spektroskopie	laditelný
Polovodičové lasery:				
GaAs	650 nm, 840 nm	červená, IR	laserová ukazovátka, tiskárny	Výkon 2 až 10mW, pulsní
GaAlAs	670-830 nm	červená	telekomunikace, přehrávače CD, displeje	barva závisí na složení, střední výkon 1W
AlGaInP	650 nm	červená	přehrávače DVD	
GaN	405 nm	modrá	Blu-ray disky	
InGaAlP	630-685 nm	červená	lékařství	

poznámka k tabulce 1.: UV - ultraviolet (ultrafialová), IR - infrared (infračervená)

2.6.2 Dělení laserů podle vlnové délky generovaného laserového paprsku

Podle vlnových délek optického záření, které vysílají, se tedy dělí na:

- submilimetrové
- infračervené lasery
- lasery viditelného pásma
- ultrafialové lasery
- rentgenové lasery

2.6.3 Dělení laserů podle způsobu čerpání energie

Podle typu buzení se lasery tedy dělí na buzení:

- opticky - (výbojkou, jiným laserem, slunečním světlem a radioaktivním zářením)
- elektricky - (srážkami v elektrickém výboji, svazkem nabitých částic, injektáží elektronů, interakcí elektromagnetického pole se shluky nabitých částic)
- chemicky - (energií chemické vazby, fotochemickou disociací, výměnou energie mezi molekulami a atomy)
- tepelnými změnami (termodynamicky) - (zahřáním a ochlazením plynu)
- jadernou energií - (reaktorem, jaderným výbuchem)

2.6.4 Dělení laserů podle režimu paprsku

Lasery můžou pracovat v rozdílných časově závislých režimech a to v:

- kontinuálním režimu (continuous wave – CW)
- pulsním režimu (pulsed wave – PW)
- tzv. Q režimu (switched – Q_S)

V kontinuálním provozu pracují převážně plynové lasery. V plynu je kontinuální záření vyvoláno pomocí srážek s elektrony. Tento způsob buzení je nejnáze realizovatelný elektrickým výbojem v plynu, při kterém vznikají ionty a volné elektrony. Volné elektrony přebírají energii zdroje a předávají ji atomům při srážkách. Získání kontinuálního provozu v pevnolátkových laserech je

obtížné, je nutné použít dostatečně silný zdroj energie a odvádět velké množství vzniklého tepla. Dobré výkony laseru v kontinuálním režimu jsou řádově $10^4 - 10^5$ W. (2)

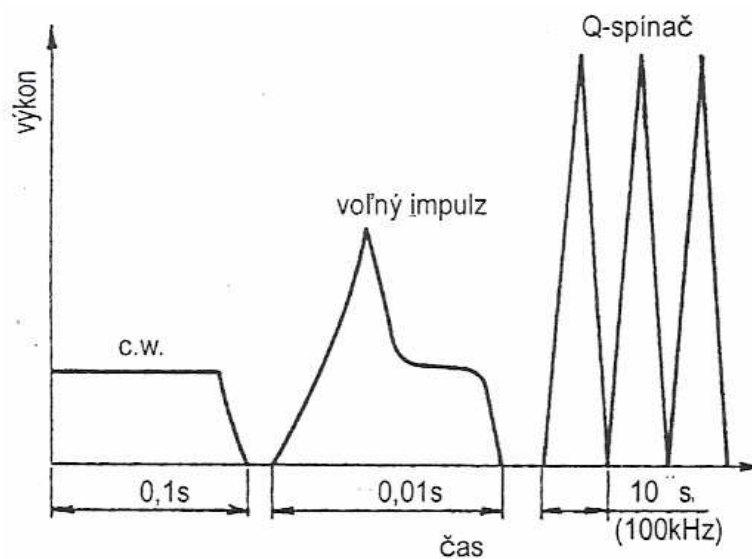
Pulsní vzniká režim přerušováním budícího elektrického výboje v dutině laseru. Dobré výkony laseru v pulsním režimu jsou řádově $10^{12} - 10^{13}$ W. (2)

V Q - switched režimu pracují nejčastěji pevnolátkové lasery s kontinuálním čerpáním. Průběh, velikost a tvar pulsu je řízen světelným modulátorem. Obvykle se frekvence pulsů pohybují od desítek do stovek kHz. Světelný modulátor je umístěn v dutině rezonátoru v dráze stimulovaného laserového paprsku a tento laserový paprsek pulsně přerušuje. Přerušení může trvat i stomiliontinu sekundy. Výsledkem je okamžitý výstupní výkon o vysoké hustotě energie. (2)

Pulsní a hlavně Q - switched provoz umožňuje:

- využití vysoké hustoty pulsu pro zvýšení absorpce záření v materiálu s vysokou odrazivostí,
- snížení objemového ohřevu materiálu při jeho zpracování laserem v důsledku krátké doby interakce laserového svazku s materiálem,
- provedení řady vysokorychlostních operací v důsledku schopnosti rychlého zažhání a zhasínání svazku. (2)

Na obr. 11 jsou znázorněny časové závislosti jednotlivých režimů laseru.



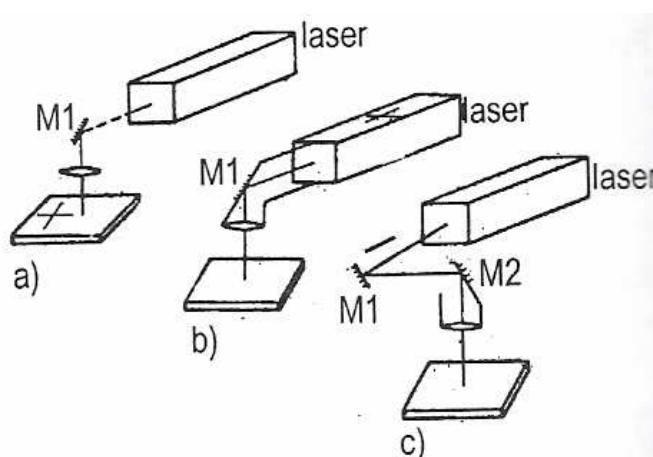
Obr. 11. Druhy režimu laserového paprsku

2.6.5 Dělení laserů podle dosahovaného výkonu

- nízkovýkonové - desetiny W až stovky W (doporučené použití je pro řezání a vrtání keramiky, vrtání rubínů, plastických hmot)
- vysokovýkonné -1 kW až 30 kW (hlavní oblasti použití jsou sváření, tepelné zpracování klikových hřídelů, skříní převodovek atd.)

2.6.6 Dělení laserů podle konstrukce zařízení

Z hlediska konstrukce laserového zařízení má velmi důležitou úlohu přenos laserového paprsku k pracovnímu stolu a také zabezpečení vzájemného relativního pohybu mezi paprskem a dílcem. Budeme vycházet za tří základních konstrukčních typů laserových zařízení, zobrazených na obr.18. Přitom výběr typu záleží na velikosti obráběného předmětu, kvalitě a rychlosti paprsku a také na požadované přesnosti. (2)



Obr. 12. Základní typy konstrukčního řešení

vzájemného pohybu paprsku a obrobku

Popis k obr. 12:

- a) Systém pevného laseru a pohyblivého stolu, na kterém je upnutý obrobek. Omezujícím parametrem používání je tvar, velikost a hmotnost obrobku.
- b) Pohyblivý laserový systém a nepohyblivý obrobek. Při tomto systému se používá malá a lehká laserová hlava s nízkým výkonem a poměrně nízkou řeznou rychlostí. Výhodou systému je minimální omezení tvaru a hmotnosti obrobku.
- c) Systém pohyblivého paprsku, který je zabezpečen zrcadly, když laserové hlava a obrobek jsou stacionární. Tento systém je vysoko flexibilní. Využívá se při požadavku na vysoké

řezné rychlosti a úsporu prostoru. Nevýhodou je vysoká citlivost na vibrace a přesnost nastavení, což může způsobovat větší rozdíl paprsku.

V současnosti jsou vyvinuté systémy řízení pohybu paprsku pomocí CNC systémů a také laserová hlava může být součástí chapadla robota, které zabezpečí pohyb paprsku v pěti osách. Tyto systémy se používají přednostně pro řezání a vyřezávání složitých tvarů a při svařování. Nejnověji se přenos laserového paprsku zabezpečuje optickými vlákny. Použití optických kabelů je velmi vhodné při požadavku na rozdělení laserového paprsku a jeho odeslání do více pracovních stanic, které můžou pracovat současně.

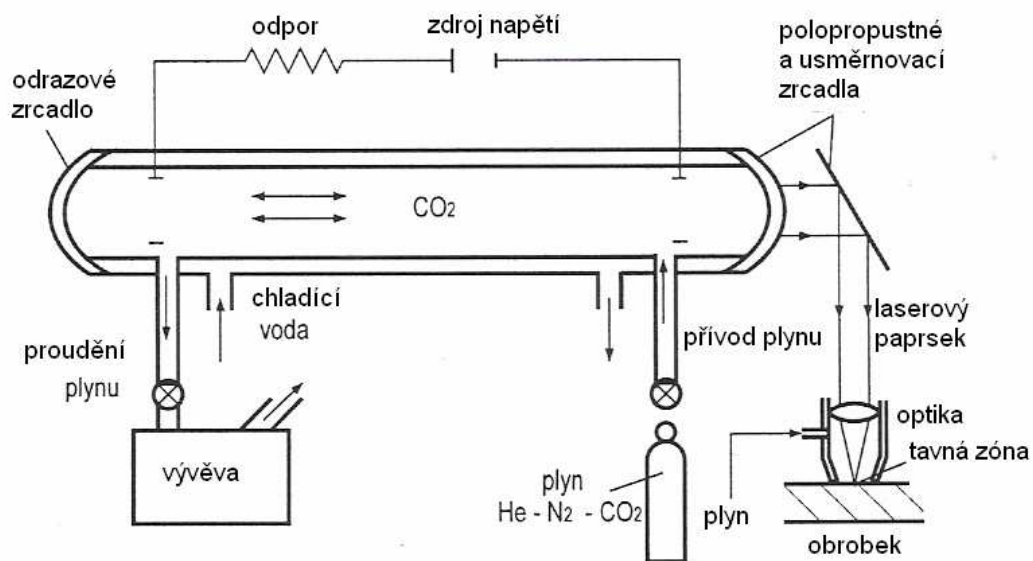
2.6.7 Dělení laserů podle jejich použití

Oblasti v použití laseru jsou velmi široké a zasahují do nejrůznějších odvětví. Dle použití můžeme lasery rámcově dělit na:

- výzkumné
- měřicí
- lékařské
- technologické
- energetické
- vojenské

2.7 CO₂ laser

CO₂ laser na vznik stimulované emise záření využívá kvantovo – energetické přechody související s oscilací molekul CO₂ a dusíku (N₂). Hlavní součástí laseru obr. 13 je laserová trubice, ve které se nachází směs plynů CO₂, N₂ a hélia (He). Energie potřebná pro excitaci je vytvářena ve formě doutnavého výboje mezi elektrodami, na které se přivádí vysoké napětí z generátoru vysokého napětí.



Obr. 13. Princip CO₂ laseru

Trubice má většinou průměr několik centimetrů, je na bázi křemene a naplněná již zmiňovanou směsí plynů, o velmi nízkém tlaku, aby mohl snáze nastat výboj. Prostor této trubice, která je zakončena zrcadly, tvoří tedy rezonanční dutinu. V takto vzniklém rezonátoru jsou světelné vlny (stimulovaná emise) reflektovány tak dlouho, až se vytvoří kontinuální světelná vlna, která následně polopropustným zrcadlem opouští rezonátor. (2)

V doutnavém výboji jsou molekuli dusíku N₂ srážkami s elektrony excitované ze svého základního energetického stavu E₀ do prvního vibračního stavu na určité energetické hladině E₁, která se blíží k energii asymetrických vibrací molekul oxidu uhličitého E₂. Proto se může nepružnými srážkami excitovaných molekul N₂ s molekulami CO₂ velmi rychle a účelně měnit vibrační energie molekul. Molekuly CO₂ přecházejí ze svých asymetrických vibrací na symetrické vibrace energetickým přeskokem z energetické hladiny E₂ na nižší hladinu, což je provázené vyzářením kvanta energie s vlnovou délkou 10,6 μm. Aby byla v CO₂ laseru trvale zajištěná inverze populace na horní hladině E₂, je potřebné ji jednak neustále doplňovat (čerpat do systému energii ve

formě doutnavého výboje) a jednak je potřebné depopulovat dolní laserovou úroveň, což je zajišťované srážkami s molekulami helia, které přijatou energii odvádí do systému ve formě tepla. Hélium je pro tento účel zvlášť vhodné pro velký koeficient tepelné vodivosti. (2)

Nejdůležitějším faktorem, ovlivňující výstupní výkon je asi jako u každého laseru rychlost odvádění tepla z trubice. Teplo je ze systému odváděno chladícím médiem kterým bývá nejčastěji voda, či pro menší výkony laserů vzduch. Průmyslové lasery využívají olejového chlazení se sekundárním olej-voda výměníkem pro lepší stabilitu a jednodušší údržbu. Chlazení musí být přitom natolik účinné, aby teplota v dutině nepřekročila asi 400°K. Potřebný nízký tlak plynu zaručující vznik doutnavého výboje v laserové trubici je udržovaný pomocí vývěvy.

Důležitost chlazení lze prezentovat např. na CO₂ laseru o výkonu 10 kW a účinností 25%, který vygeneruje každou sekundu 7500 J parazitní tepelné energie. Tento tepelný výkon ohřeje za 1 hodinu 80 litrů vody k varu. Ohřev způsobuje zejména pokles účinnosti laseru. (2)

V současnosti je technicky možné provádět u CO₂ laserů tyto způsoby buzení:

- doutnavý výboj - je nejčastější a dochází při něm k dobrému rozložení hustoty náboje
- proudem elektronů - dosahuje se intenzivní inverzní populace
- adiabatickou expanzí - prudké ochl. horkého plynu vede k dosažení inverzní populace
- optické buzení - principiálně je možné buzení světlem, ale je málo účinné. Používá se ale buzení CO₂ laserů např. pomocí výkonných infračervených laserů.

CO₂ laser, jak již bylo zmíněno, patří do skupiny tzv. plynový molekulárních laserů, které jsou charakteristické zejména těmito parametry:

- vysoká účinnost - až 50%
- velký kontinuální výkon záření - až 1 MW
- možnost vyzařování v širokém pásmu - 5 až 700 μm
- velká stabilita frekvence - až 10-13 Hz

Jednou z předností těchto laserů je možnost získání vysoce monochromatického světla. U CO₂ laseru se k zesilování využívá již zmiňovaného přechodu mezi vibračními hladinami molekuly, takže laser generuje záření v infračervené oblasti spektra. CO₂ lasery zastávají jedno z předních míst v oblasti technologických aplikací. (2)

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

- lasery s výbojkou - mají malé rozměry, výkon je asi do 100 W, výbojka má průměr asi 20 mm a délku do 200 mm, většinou mají vodní chlazení, vlivem rozpadu CO₂ na CO mají malou životnost (asi 10000 h),
 - lasery s pomalým průtokem plynu - průtok aktivního plynu znamená na jedné straně více odvádět teplo a dosahovat vyšších výkonů, ale na druhé straně znamená složitější konstrukci. Rychlost plynu je kolem 1 m.s⁻¹, výkon je asi 50-70 W/m (na délku laseru),
 - lasery s rychlým průtokem plynu - dovolují ještě intenzivnější odvod tepla a dosahují tak 3 - 4krát vyššího výkonu než-li lasery s pomalým průtokem plynu, neobejdou se již bez výměníku tepla, místo vývěvy se používá kompresor,
 - TEA CO₂ laser (z anglického názvu „Transversal Excitation at Atmospheric Pressure“, což znamená: příčná excitace při atmosférickém tlaku) - výhodou je, že nevyžadují náročnou evakuační techniku, doutnavý výboj je možné uskutečnit pouze při nižších tlacích.
- (2)

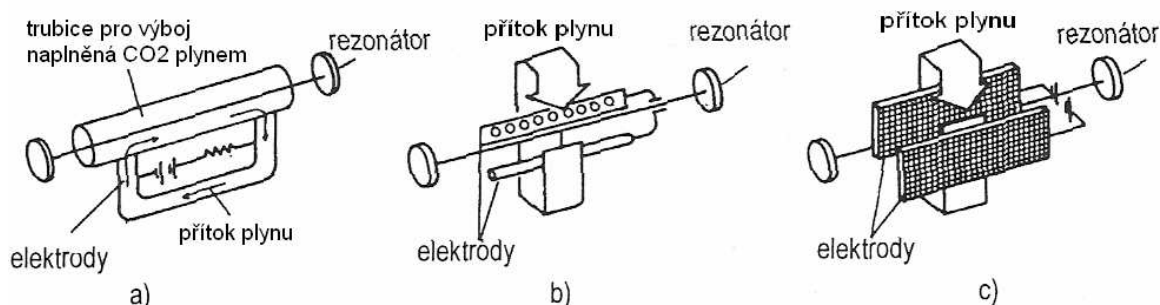
Běžné parametry nejpoužívanějších současných CO₂ laserů jsou následující:

- vlnová délky: 10,6 μm nebo 9,6 μm,
- opakovací frekvence: 0,1 až 50 Hz,
- délka pulsu: 100 ps až 1 ms, energie impulsu: 10⁻⁷ J až 250 kJ,
- účinnost: 20 - 40 %,
- střední výkon: 10⁻⁴ - 10⁵ W.

Plyn může být po přechodu trubcí vedený na regeneraci a případně znovu použit v okruhu. Plyn se totiž v průběhu procesu v laserové dutině znehodnocuje, tím že CO₂ se částečně rozkládá na CO (oxid uhelnatý) a kyslík (O₂), což vede k poklesu výkonu laseru. CO₂ lasery se podle uspořádání toky plynu v laseru dělí na:

- axiální - plyn proudí ve směru optické osy laseru (obr. 14a), nejčastěji používaný typ,
- transversální - plyn proudí kolmo na směr optické osy laseru a většinou také kolmo na směr elektrického výboje v dutině, (obr.14b a obr.14c), tento druh oscilátorů (zdrojů bu-

zení) se dělí na dvou osový a troj osový podle vztahu mezi přítokem plynu a výbojem mezi elektrodami, dosahují se jimi nejvyšší výkony na jednotku objemu dutiny. (2)



Obr. 14. Typy oscilátorů pro CO₂ lasery (a-axiální, b-ortogonální dvoj osový, c-ortogonální troj osový)

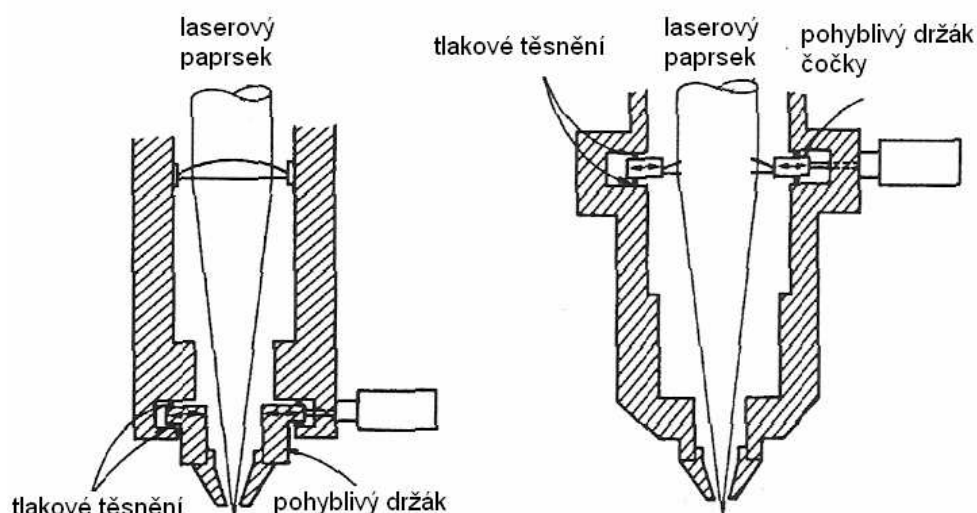
Výkon všech axiálních laserů je dán délkou laserové trubice (obvyčejně 60 - 70 W na 1m délky), vysoko-výkonové axiální lasery mají délku trubice až 10 m.

Generovaný laserový paprsek u většiny CO₂ laserů vystupuje z rezonátoru polopropustným zrcadlem a do laserové hlavice je přiváděn systémem zrcadel. V hlavici se nachází fokusační čočka, která je chlazená chladícím prstencem. Optika těchto laserů je upravována různými příměsi jako ZnSe (zinek/selen), GaAs (gálium/arsen), Ge (germánium), NaCl (chlorid sodný). Podrobněji bude o optice CO₂ laserů pojednáno v závěru téhle kapitoly. (2)

Do laserové hlavice je většinou zaváděn také pomocný plyn, který z něj vystupuje spolu s fokusovaným paprskem. Pomocný plyn má následující funkce:

- chránit optiku před produkty rozkladu materiálu opracovaného laserem,
- může vytvářet v dopadu laserového paprsku na materiál ochranou, anebo naopak oxidační či jinak vhodně agresivní atmosféru,
- odstraňuje z obráběného materiálu ohřevem vznikající taveninu a nebo páry, čímž přispívá k čistějšímu a rychlejšímu průběhu opracování materiálu.

Např. pro řezání pomocí laseru se využívá laserová hlavice, jejímž hlavním účelem je přivádět pomocný plyn do zóny řezání. Laserová hlavice má různou konstrukci podle uspořádání a uložení přívody stlačeného plynu. Obr. 15 ukazuje dva typy nejčastěji používaných uspořádání. (2)



Obr. 15. Základní uspořádání hlavy u CO_2 laserů

Jak již bylo napsáno dříve pro CO_2 lasery se používají pro fokusační čočky příměsi různých materiálů. V tab. 2 je uveden přehled těchto základních materiálů příměsí.

Tab. 2. Charakteristiky materiálu

Materiál	Absorpce pro $10,6 \mu\text{m}$ [cm^{-1}]	Tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Relativní cena
Ge	0,032	0,59	3,5
GaAs	0,02	0,48	6
ZnSe	0,005	0,18	5
Si	-	1,63	2

Germanium nejpoužívanější výstupní vazební člen pro nízko výkonové lasery (<100 W) protože je relativně levné. Jeho použití pro vyšší výstupní výkony znemožňuje fakt, že pohlcuje část záření, následkem čehož se zahřívá. To vede k ještě větší absorpci a následnému přehřátí. Následuje znehodnocení materiálu. (2)

Arsenid galia a Selenid zinku se používají pro vysoko výkonové lasery. Arsenid galia má větší optickou propustnost než Galium a snáší vyšší teploty bez poškození. Nevadí mu ani obří impulsy a proto je pro lasery s vyšším výkonem nejpoužívanější. Obou materiálů se hojně využívá, ale ZnSe má větší zastoupení pro kontinuální CO_2 lasery. (2)

Křemík (Si) nepropouští vlnové délky 10,6 μm , ale má vynikající tepelné vlastnosti a proti ostatním nízkou cenu. Výroba sférických dílů je také jednodušší než u jiných materiálů. Stal se nejpoužívanější pro nízkovýkonové lasery jako vysoce odrazné zrcadlo, ale je nahrazován kovy (Cu, atd.) (2)

Běžné uspořádání zrcadel rezonátoru ukazuje tab. 4. Kulová zrcadla s velkým rádiusem efektivně využívá trubici a usnadňují jejich nastavení. Planparalelní zrcadla využívají aktivní medium nejlépe, ale problémy vznikají při jejich seřizování. Tyto varianty se aplikují na lasery, jejichž výkon se pohybuje kolem 1 kilowatu. Jako kompromis mezi nimi jsou zrcadla, z nichž jedno je rovinné a jedno sférické. Tato varianta se uplatňuje ve většině systémů. U laserů s vyššími výstupními výkony (>150 W) se používají kovová zrcadla, chlazená vodou. (2)

Tab. 3. Konfigurace zrcadel rezonátoru

Výstupní výkon [W]	Výstupní zrcadlo - rádius [m] / odrazivost [%]	Rádius vysoce odrazivého zrcadla [m]	Konfigurace dutiny
50	∞ / 85	10	Planárně sférický
100	∞ / 85	10	Sférický s velkým rádiusem
250	∞ / 65	10	Planárně sférický
1000	∞ / 27	∞	Planparalelní

2.8 Použití laserového paprsku pro opracování materiálů

Při opracování materiálů pomocí laseru se především využívá následujících specifických možností a předností této technologie:

- tepelnou energii je možno do velmi malé plochy bez požití mechanických sil, což dává možnost opracovávat i velmi křehké materiály bez mechanického namáhání,
- možnost opracovávat místa, která by byla jinými nástroji nedostupná,

- průměr ohniska laserového svazku lze vhodnou optikou měnit a to v širokém rozsahu, což umožňuje ovládat výkonnou hustotu paprsku,
- použití fokusovaného laserového paprsku umožňuje vytvářet velmi úzkou stopu řezu, což má za následek jednak úsporu materiálu ale také poškození či ovlivnění okolního materiálu,
- možností laserového svazku je jeho zapínání či vypínání vysokými rychlostmi a velkými přesnostmi,
- řezný účinek laserové svazku je v rovině kolmé k ose svazku izotropní, což umožňuje řezání všemi směry, a také změnu směru řezu o libovolný úhel,
- opracování laserovým paprskem může být vysoko produktivní, pokud je spojeno s numerickým řízením,
- možností laserového obrábění je započat řez bez předvrtání
- paprsek je jako nástroj chemicky čistý a umožňuje opracování bez znečištění materiálu.

V současnosti se laserové technologie v procesech úběru materiálu, tedy obrábění, dělí do dvou základních skupin:

- laserové obrábění – opracování (LM – Laser Machining), které představuje alternativu k tradičnímu obrábění a používá se pro řezání, vrtání, a tvarové opracování různých materiálů,
- laserem podporované obrábění (LAM – Laser Assisted Machining), které představuje alternativu k procesu řezání a broušení tvrdých a kalených materiálů a keramiky. Při obrábění s podporou laseru slouží laserový paprsek k ohřevu povrchu obrobku a jeho následné řezání či broušení v plastickém stavu. Při této technologii není materiál nataven a následně odpařen, ale laser pouze slouží jako intenzivní zdroj na změnu deformačního chování materiálu a jeho přeměnu z křehkého na tvárný. (2)

V dalších kapitolách se již budu věnovat popisu jednotlivých laserových zařízení nacházejících se ve firmě MRB Sazovice.

3 TUBEMATIC (LASER NA TRUBKY A PROFILY)

TUBEMATIC je laserové řezací zařízení ke zpracování trubek a profilů. Jako nástroj slouží laserový paprsek. Stroj má čtyři programovatelné osy. Kapacitní výšková regulace udržuje konstantní vzdálenost mezi hrotem řezací hlavy a obrobkem.

Použitím laseru se zásadním způsobem zvyšuje produktivita výroby při zpracování trubek a profilů z konstrukční a nerezové oceli i hliníku a jeho slitin.

Zásobník laseru na vstupní materiál pojme 4 tuny v tyčích o délce až 6500 mm. Automatický podavač pak plynule zásobuje vlastní laser.

Při jediném výrobním kroku jsou laserem velmi přesně vyřezány do trubky nebo profilu všechny libovolné otvory, vytvarováno čelo podle libovolné kontury a upravena délka hotového dílu na požadovaný rozměr. Tak jsou výrazně snižovány výrobní náklady ušetřením dalších operací jako je řezání, vrtání, frézování, vysekávání a mezioperační manipulace.

Další výhody :

- Vysoká přesnost řezu, tolerance 0,2 mm
- Čistý řez bez otřepů
- U jacklových profilů otvory i přes hranu profilu
- V porovnání s děrováním zcela odpadají náklady na nástroje
- Vzájemné průniky a napojování stejných nebo různých profilů do tvarů: L, T, U, V, X
- Efektivita i u malosériových zakázek nebo výrobě prototypů a vzorků
- Možnost optimalizace skladby výrobků na jednotlivé tyči s ohledem na min. zbytek
- V oblasti zpracování nerezových materiálů je laserová technologie prakticky jedinou efektivní možností realizace profilových dílců a prostorových konstrukcí.

3.1 Technické údaje

Laser: TRUMPF TUBEMATIC 3kW



Obr. 16. Laserové zařízení Tubematic

Tab. 4. Základní údaje pro zpracovávaný materiál

max. délka zpracovávaného materiálu	až 6 500
Trubky : minimální vnější průměr – maximální vnější průměr	15 až 155mm
Čtvercové, obdélníkové, plochooválné, C, D profily	min. délka hrany 15 mm max. diagonála 155 mm
rozměrová a geometrická přesnost ře- zaných tvarů	až 0,2mm

Tab. 5. Tloušťky stěn profilů, které lze zpracovat

ocelové profily	0,8 až 6mm
nerezové profily	0,8 až 5mm
hliníkové profily	0,8 až 4mm

Délka výchozího materiálu:

- při manuálním nakládání >141 - 6500 mm
- při automatickém nakládání 3000 - 6500 mm
- max. délka hotových dílů 2000 mm (volitelně 3000 mm)
- min. délka zbytkové trubky 141 mm

Průřez:

- Kulatý $\varnothing 20$ mm - $\varnothing 150$ mm
- Čtverec 20 x 20 mm - 120 x 120 mm
- Obdélník 20 x 20 mm - max. obvod. kružnice- $\varnothing 150$ mm

Hmotnosti nástrojů:

- max. hmotnost obrobku (výchozí materiál lože stroje) 120 kg
- max. hmotnost obrobku (hotový díl vylučovací stanice) 40 kg
- max. hmotnost svazku 4000 kg

Rychlosti:

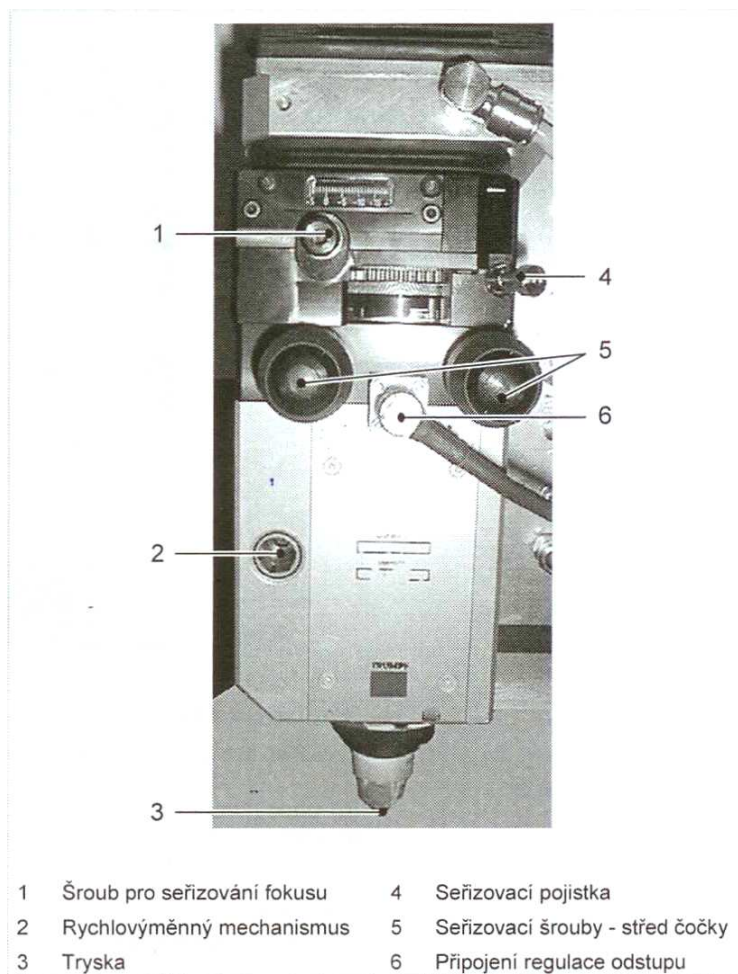
- Osa X 100 m/min
- Osa Y 40 m/min
- Osa Z 40 m/min

Přesnost:

- Polohová odchylka $\pm 0-2$ mm
- Střední šířka polohového rozptylu ± 0.06 mm

3.2 Řezací hlava

Laserová řezací hlava je jako centrální konstrukční součástka zařízení upevněna na ose Z. Je poháněna ve směru Z a ve směru Y prostřednictvím kuličkových tažných šroubů digitálních trojfázových servomotorů. Důležité komponenty laserové řezací hlavy jsou tubus pro upevnění čočky s optickými komponentami a plášť řezací hlavy s řezací tryskou, regulace odstupu a nastavovací šrouby. (11)



Obr. 17. Řezací hlava

Funkční stavba:

- Dobře přístupné a snadno obsluhovatelné nastavovací prvky.
- Chlazení čočky: řezací plyn je veden kolem uchycení čočky a čočku přitom chladí.
- Integrovaná senzorová elektronika pro regulaci odstupu DIAS.

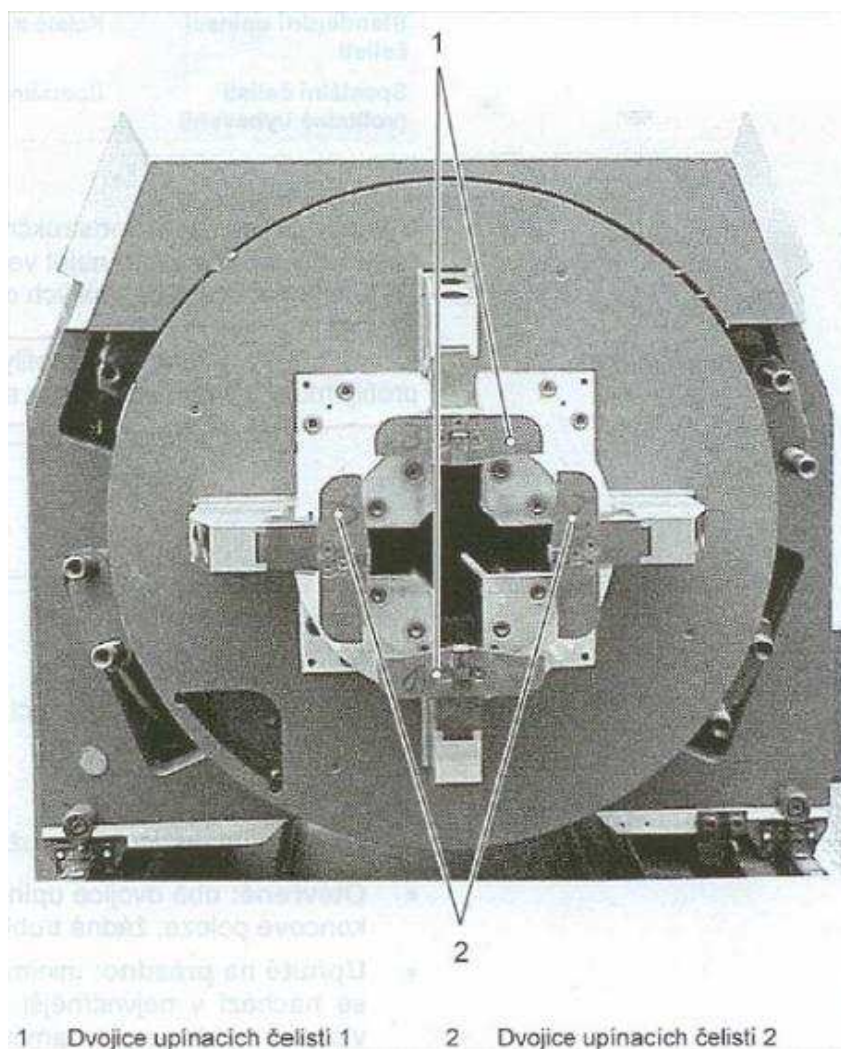
3.3 Otáčecí a posuvová stanice

Otáčecí- a posuvová stanice má za úkol upínat trubku a přivádět ji k obráběcí stanici. Skládá se ze základního tělesa s pohony pro:

- osu X (posuvová osa pro trubky ve směru X).
- osu A1 (osa otáčení kolem osy X).

Osa X je vedena v lineárních vedeních a je poháněna prostřednictvím zubového tyčového pastorkového pohonu digitálním trojfázovým servomotorem.

Kruhová osa je poháněna rovněž digitálním trojfázovým servomotorem.



Obr. 18. Otáčecí a posuvná stanice

4 EUROLASER (LASER NA NEKOVOY)

4.1 Princip laseru

Integrovaný zdroj laseru je bezúdržbový, hermeticky uzavřený CO₂ laser, který emituje neviditelné, čisté záření rozsahu 10,6 nm. Nejsou zde žádné další přídavné plyny podporující laser. Rezonátor je vybuzený vysokofrekvenčním vysíláním, generovaném integrovanou RF jednotkou. Vlnová délka tohoto záření je umístěna v neviditelném infračerveném spektru a je pokládána za tepelný energetický paprsek. Laserové záření je produkováno uvnitř laserového rezonátoru. Je vedeno paralelním směrem šíření přes 90° odrazecí zrcadla do zaostřovací optiky, přímo nad zpracovávaný materiál. Základní systém obsahuje 5 vedoucích zrcadel a je také nazýván "flying optic". Rezonátor je pevně přišroubován. Optika se pohybuje v osách X, Y na určené místo vzhledem k dané řezané či gravírované kontuře. Výsledná energie vychází ze zaostřeného paprsku o vysokém výkonu a dopadá kolmo na materiál.

4.1.1 Uzavřená laserová hadice

CO₂ lasery jsou atmosféricky uzavřené systémy, jednou naplněny speciálním plynem. Rezonátor nemusí být vyprázdněn ani před a ani po sestavení a naplnění plynem. Tímto je bezúdržbový, zapínání a vypínání je ukončeno v několika sekundách. Životnost plynu je kolem 10.000 hodin práce, poté může být opět vyměněn u výrobce. Citlivý a extrémně rychlá odezva bez jakékoliv procedury zahřívání je charakteristická pro tento princip laseru. Rezonátor taktéž potřebuje být připojen na externí chladicí jednotku pro udržení teploty v hodnotě + 20 ° až do max. 25 °C. (10)

4.1.2 Shutter

Zdroj laserového paprsku vyžaduje zamykatelné uzavírání paprsku na výchozím bodě laserového rezonátoru. Tato bezpečnostní jednotka se nazývá "Shutter". Při vzdálené kontrole otevírání shutteru je cesta pro paprsek volná. Při on-line módu a práci je shutter otevřen. V ostatních případech je zavřen a tím je znemožněno jakékoliv nekontrolované vyzařování. Pro servis a údržbu je možné shutter otevřít (v servisním módu).

4.1.3 Režim vidu

Vyzařovaný světelný paprsek je vždy individuálně dle charakteristiky rozptýlen. Část energie koncentrované v paprsku se rozptyluje podél paprsku - jsou to tzv. špatné vidy které se potřebují vyfiltrovat. Tyto satelitní paprsky mohou být škodlivé při řezacím procesu a je potřeba je izolovat od užitečného paprsku. To se děje na cestě kudy vede paprsek, v ústí z karbonu kde se energie promění v teplo. Tato část je připojena a integrována do chladicího okruhu pro kompenzaci teploty.

4.1.4 Expander paprsku

Laserový paprsek opouští ústí rezonátoru s přibližnou souběžností. Odchylka základního paprsku v úhlu několika *mrad* zůstává a je potřeba ji kompenzovat pro systém. Na zadní straně plochy nebo ve větší vzdálenosti od optické hlavy k zdroji laseru průměr paprsku může být stabilní pro produkci s konstantními výsledky po celé prac. ploše. Dodatečně, relativně malý průměr paprsku bude expandován 1,25x až 3,3x. Nastavení expanderu provádí servisní technik.

4.1.5 Vychylovací zrcadla

Roztažený a upravený paprsek je veden přes 5 jednoduchých zrcadel odrážející v 90° úhlu do ohniska čočky. Každé zrcadlo je nastavitelné a umožňuje paprsku kolmě a osově symetricky vést paprsek do čočky. Tyto vysoce reflektivní a leštěné citlivé zrcadla jsou předmět každoroční údržby a jsou také vyměnitelné.

4.1.6 Polarizace laserového světla

Charakteristika dlouhovlnného světla (10.600 nm) je obvykle lineárně polarizovaná. Pokud tato forma světla dopadne na materiál uspořádaný v jeho oscilačním směru, poté dojde k částečnému odražení a částečné absorpci záření. Pokud je podíl absorbovaného záření vyšší, dojde více či méně k fúzi materiálu a světelné energie.

4.1.7 Univerzální systém čoček

Optická hlava obsahuje vyměnitelnou vložku zvanou univerzální systém čoček. Tento systém se zásadně skládá sací trysky s vodíci piny, držáku čočky, adaptace řezací hadice, měděnou řezací vložkou a připojení pro plyn. Jednoduše vyměnitelné čočky o ohniskové vzdálenosti (1,5"; 2,5"; 5,0"; 7,5") jsou k dispozici.

4.1.8 Externí přídavný plyn

Proces řezání může být ovlivněn přidáním suchého a čistého stlačeného vzduchu nebo jinými specifickými technickými plyny. Ve většině aplikací stačí stlačený vzduch pro podporu tavného materiálu nebo pro udržení čistého povrchu materiálu.

4.1.9 Kompresor

Kompresor (PG-1) produkuje čistý a suchý filtrovaný stlačený vzduch. Tento nezbytný vzduch udržuje citlivé optické komponenty čisté proti zanesení prachem a nečistotami. Tlak musí být nastaven tak aby nebyl příliš malý ale ani velký. (10)

4.2 Technické údaje

Laser: EUROLASER XL-1600



Obr. 19. Eurolaser XL-1600

Laserové řezání je vysoce efektivní technologie na dělení materiálů a má tudíž oproti běžným způsobům obrábění následující přednosti:

- Umožňuje obrábění bez přímého kontaktu, bez upínání materiálu a tudíž bez deformací a porušení výrobku
- Obrábění je velice precizní rychlé a levné
- Je možné obrábět velice široké spektrum nekovových materiálů
- Řez je hladký a čistý, obvykle není třeba dodatečných úprav
- Možnost výroby i komplikovaných tvarů

Parametry stroje:

- CO₂ laser
- Výkon 300 W
- Rozměr pracovního stolu 1600x2200 mm
- Tloušťka řezaného materiálu až 25 mm

Materiály vhodné pro laserové řezání, gravírování, možné aplikace:

Akryláty (PMMA)-výroba reklamních nápisů, PP-polypropylen, komůrkový polypropylen, POM, HDPE, pěnový polyethylen, mirelon, poreten, PE-textil, HPS, polystyrén, nalepovací pěna, nalepovací folie-3M, syntetická vlákna, potažený textil, filtrační materiály, izolační a technické tkaniny, těsnění, textil, lepenka, papír, karton – výroba kartonů, korek, sádrovláknité desky... (5)

5 RAPIDO (3D LASER)

Laser Rapido používá technologii trojrozměrného řezání plechu, novinkou a výhodou je další přídatná osa, která slouží k vyrovnání tvarových odlišností výrobků. Ta umožňuje rychlejší a přesnější řezání daného výrobku. Výsledkem je snížení času pálení a ceny. Možnost vyřezání otvorů i přes hrany do hotových výrobků.

5.1 Technické údaje



Obr. 20. 3D laser Rapido

- zrychlení na 60rad/s
- rychlejší pohyby os zrychlení až 1,4g (1,5 otáčky za sekundu)
- nová osa c (slouží k vyrovnání tvarové odlišnosti výrobku)
- konstrukce v programu CATIA V5
- pro programování lze použít výkresy ve formátu *.IGS = operativnost a přesnost

Stroj je schopen vyřezat jakýkoliv tvar do:

- výlisků (výfuky, kryty, kabel, kanály, dřezy, trapéz plechy a jiné)
- svařenců (bedny, kryty, vrata, vyrovnávací nádrže a jiné)
- hutních profilů (trubka, jäckl, L, T, U a jiné)

Max. formát zpracovávaného polotovaru jsou:

- délka 4080mm
- šířka 1530mm
- výška 765mm
- rozměrová a geometrická přesnost řezaných tvarů až 0,1mm
- výkon laseru 3 kW

Materiál, který 7,5“ hlava přeřeže:

- ocelový plech 0,5 až 15mm
- plech z hliníkových slitin 0,5 až 12mm
- nerez plech 0,5 až 8mm

Dráhy rotačních os:

- osa A 360° plynule (bez omezení)
- osa B 135° vůči vertikále

Dráha adaptační osy:

- osa C ± 10 mm

Hlavní vlastnosti:

- Maximální rychlost lineárních os X, Y, Z 80 m/min

- Maximální kombinovaná rychlost lineárních os 140 m/min
- Maximální rychlost rotačních os A, B 540°/s
- Zrychlení rotačních os A, B 60 rad / sec²

5.2 Konfigurace stroje

Stroj RAPIDO je k dispozici v těchto hlavních konfiguracích:

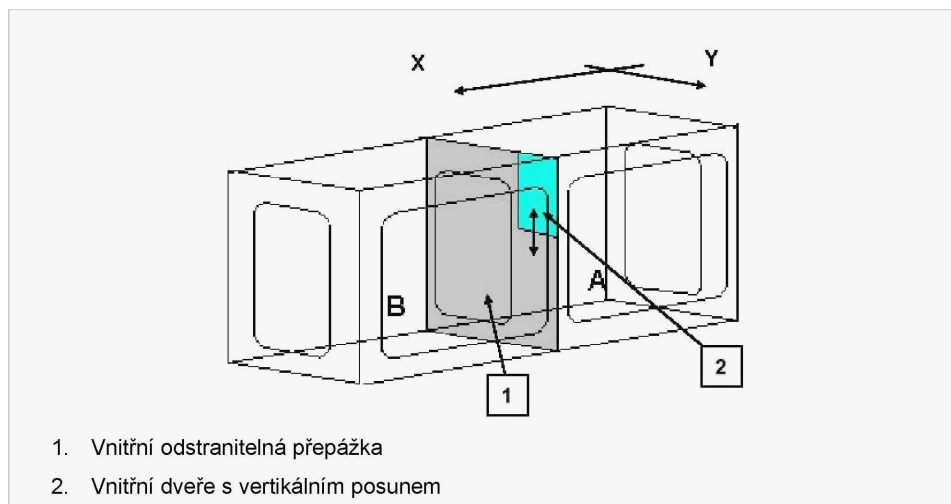
- se standardní kabinou
- s kabinou split (nachází se ve firmě MRB Sazovice)
- s otočným stolem

5.2.1 Kabina Split

Stroj může být vybaven dvojitou kabinou, nazývanou „kabina split“, která umožňuje rozdělit pracovní prostor stroje na dvě části.

Tento stroj se může používat pro řezání malých kusů a umožňuje naložení jednoho obrobku během řezání druhého nebo se může používat spojená pro velké kusy, protože pak je stejná jako standardní kabina.

Kabina split je tvořena dvěma částmi se samostatným ovládním a pohyblivou přepážkou, která je uprostřed dráhy osy X, která umožňuje úplné uzavření právě používaného pracovního prostoru. Tato přepážka má dveře s vertikálním posuvem, které umožní průchod os stroje v obou pracovních oblastech. (8)



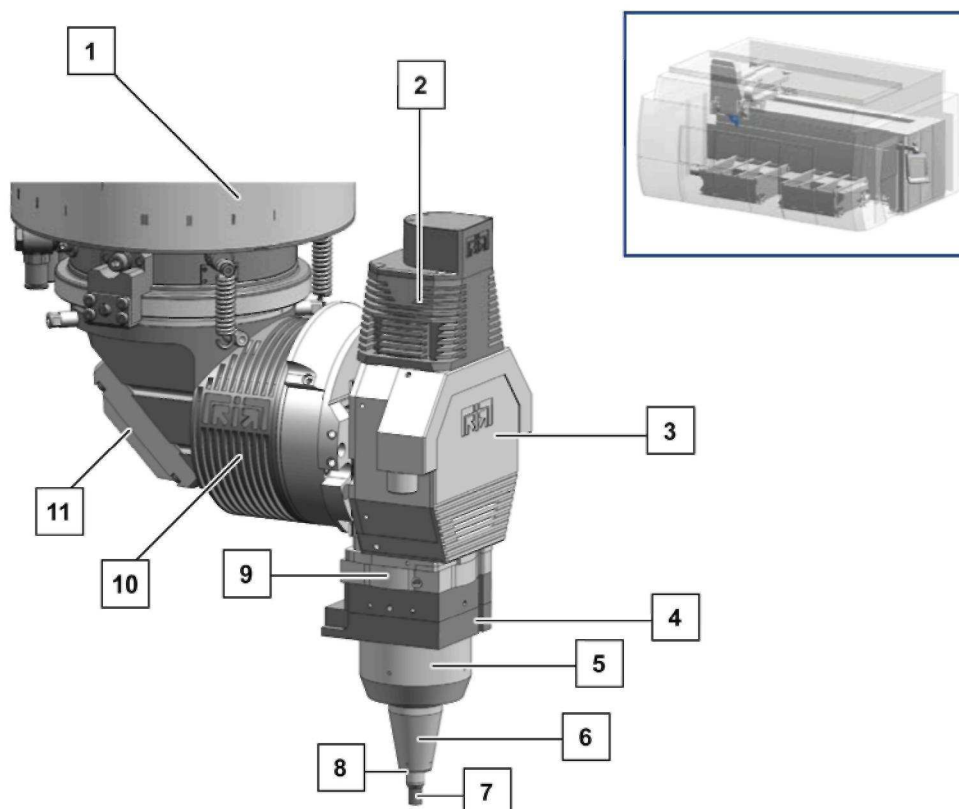
Obr. 21. Pracovní kabina stroje

5.2.2 Jednotka hlavy

Hlava je velmi důležitá součást stroje. Koncová část hlavy je část, která je nejbliže k bodu, v němž se odehrává laserový proces. Obvykle se hlava používá pro dvourozměrný/třírozměrný řez materiálů o malé tloušťce. Standardně disponuje stroj Rapido 5“ hlavou, která má využití pro tenké plechy do tloušťky materiálu 5mm. V současné době byla pořízena i 7,5“ hlava, která zvládá řezat oceli až o tloušťce 15mm.

Hlava má tyto vlastnosti:

- otáčení osy A 360° (plynule)
- otáčení osy B ± 135°
- dráha osy C ± 10 mm
- ohniskové vzdálenosti 5” a 7.5”
- kapacitní snímač-udržuje konstantní vzdálenost mezi tip a povrchem obrobku.



Obr. 22. Standardní hlava stroje

Popis k obr. 22:

1. Jednotka osy A
2. Motor osy C
3. Těleso osy B
4. Držák čočky
5. Ochranný kryt
6. Ochranný kužel snímače
7. Tip
8. Ochranný kroužek snímače
9. Bezpečnostní spojka
10. Jednotka osy B
11. Zrcadlo osy A

6 SYNCRONO CP 4000 (2D LASER)

Plošné řezání do plechu laserem na stroji od firmy Prima Industrie. Nabízí technologii nové generace, která má přednosti v řezání menších a složitých dílců z tenkých materiálů a tímto je jednoznačně nejrychlejší stroj v dané třídě (zrychlení přes 6g během pálení), podstatně kratší doba pálení a tím odpovídající cena. Firma MRB Sazovice disponuje konfigurací s automatickou výměnou palet a automatickým nakládáním/vykládáním. Díky této konfiguraci je možná kontinuální výroba. Podstavec laseru je vytvořen ze syntetického granitu, který zaručuje vynikající pohlcování vibrací a optimální tepelnou stabilitu.



Obr. 23. 2D laser Sincrono

6.1 Technické údaje

Tab. 6. Hlavní technické parametry

Vlastnosti pracovní oblasti hlavních os	
Dráha osy X	3 000 mm
Dráha osy Y	1 500 mm
Dráha osy Z	130 mm
Vlastnosti pracovní oblasti lokálních os	

Dráha osy U	100 mm
Dráha osy V	100 mm
Vlastnosti hlavních os	
Rychlost os (X, Y)	100 m/min
Maximální kombinovaná rychlost	140 m/min
Zrychlení hlavních os (X, Y)	0,8 g (jednotlivá osa)
Rozlišení os	0,001 mm
Vlastnosti místních os	
Rychlost os (U, V)	150 m/min
Maximální kombinovaná rychlost	210 m/min
Rychlení místních os (U, V)	6 g (jednotlivá osa)
Rozlišení os	0,001 mm
Přesnost hlavních os (X, Y)	
Posunutí polohy Pa	0,03 mm
Přesnost místních os (U, V)	
Posunutí polohy Pa	0,02 mm
Vlastnosti stlačeného vzduchu	
Tlak vzduchu	7,5 bar >
Spotřeba vzduchu ³	34 Nm ³ /h
Elektrické vlastnosti	
Napětí 3F + T (standard)	400 V (± 10%)
Kmitočet (standard)	50 Hz (± 0.01%)
Celkový instalovaný výkon	
LI: 400V (± 10%), 50Hz, 3P + PE	4000W

6.2 Kapacitní snímač

Používání kapacitního snímače představuje důležitou evoluci z hlediska výkonů během obrábění. Momentálně proces řezání plechu vyžaduje pečlivé zaostření laserového paprsku na obráběný obrobek. Pro udržení dobré kvality řezu bez mechanického kontaktu s obrobkem (hlavně pro vyloučení rýh, škrábanců na nerezové oceli) je přídatné zařízení nutné pro seřízení ohniskového bodu vzhledem ke "skutečné" poloze plechu. Tato adaptivita se dosáhne použitím snímače montovaného na jednotku trysky, která se pohybuje axiálně podél osy Z pro udržení ohniskového bodu vůči povrchu obrobku. (9)

Fyzicky se zařízení skládá z:

- snímače uvnitř trysky zaostřovací hlavy
- propojovacích kabelů mezi tryskou a příslušnou elektronickou kartou
- elektronické karty umístěné v ohniskové hlavě

Pracovní rozsah adaptivního pohybu je roven dráze osy Z: 130 mm

6.3 Ohnisková osa

Hlava stroje Synchrono má kapacitní snímač a ohniskovou osu. Pohyb ohniskové osy je úplně nezávislý na ose Z a závisí pouze na požadované poloze a na vzdálenosti snímače.

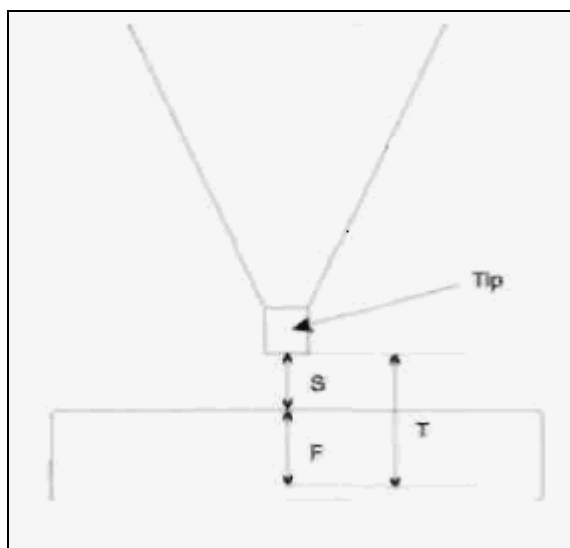
Ohniskové polohy se vždy vztahují na povrch plechu a jsou vyjádřené v mm. Kladná hodnota označuje, že ohnisko je nad materiálem, záporná hodnota označuje, že ohnisko je pod materiálem.

Nulová poloha ohniskové osy souhlasí s ohniskem laseru na tipu. To umožňuje ovládat ohniskovou polohu vztahující se na materiál s ohledem na vzdálenost snímače.

F = ohnisko vzhledem k povrchu plechu

S = vzdálenost snímače od tipu k povrchu plechu

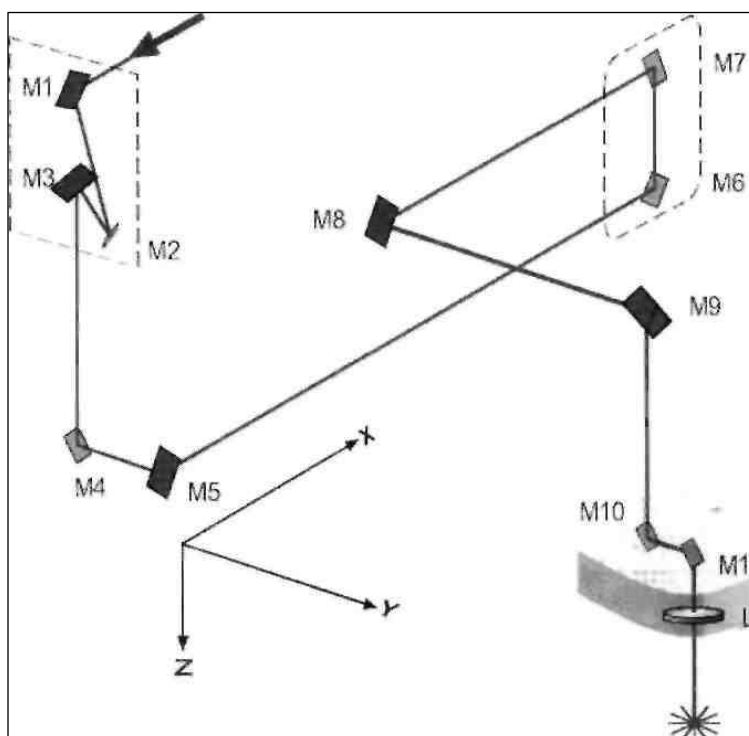
T = poloha ohniskové osy vzhledem k nule



Obr. 24. Popis os

6.4 Optický řetězec

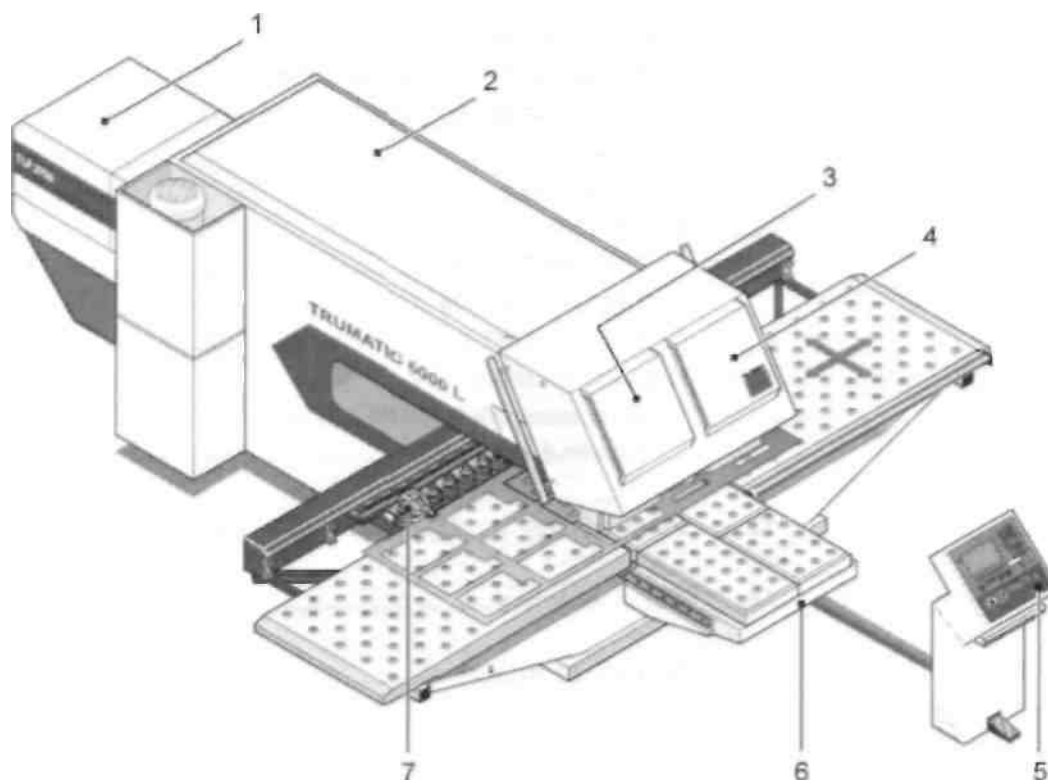
Optický řetězec je důležitou součástí vedení paprsku, který je uskutečněn 11 zrcadly, ať už propustnými nebo polopropustnými. Zrcadla vedou od rezonátoru, kde se vybuzuje paprsek, až po čočku v řezací hlavě. Zajímavostí je změna polohy vzdálenosti zrcátek vůči sobě v posuvném rameni podle polohy řezací hlavy. Důvodem je stálý průměr paprsku, který je třeba zachovat po celou dobu vedení.



Obr. 25. Optický řetězec

7 TRUMATIC 6000 L (LASER-DEROVADLO)

TRUMATIC 6000 LASERPRESS je „kombinovaný stroj“, který v jednom zařízení spojuje lisování, tváření a řezání laserem. „Jeden stroj pro všechno“ zní motto. TC 6000 L se uplatní vždy tam, kde je požadováno kompletní obrobení na jedno upnutí.



Obr. 26. Popis stroje

Popis k Obr. 26:

1. TLF-laser
2. C-rám
3. pracoviště pro řezání laserem
4. pracoviště pro lisování
5. ovládači pult
6. vyhazování součástí
7. lineární zásobník

7.1 Koncepce stroje

Používá dvojí zpracování:

- Laser jako multifunkční nástroj: řezání komplexních vnitřních a vnějších kontur
- Opracování lisováním: rychlé opracování standardních kontur spojené s nejrůznějšími možnostmi tváření (závity, větrací otvory, zpevňující žlábký, průchody, speciální tvary)

Obě obráběcí pracoviště, lisovací hlava a laserová řezací hlava, jsou od sebe prostorově oddělena. Díky tomu lze rychle a snadno střídat způsoby opracování lisováním a laserem.

Vyrobené obrobky jsou přímo na obráběcím pracovišti vyhazovány programovatelnou klapkou. Krátké dráhy urychlují vyhazování součástí. Tento proces kontrolují světelné závory.

TC 6000 L je vybaven CO₂ laserem TRUMPF. Výkonné lasery TRUMPF TLF turbo jsou vysokofrekvenčně buzené plynové lasery a díky vynikající kvalitě paprsku dávají velmi přesné a spolehlivé výsledky řezání při nepatrné spotřebě plynu. U TC 6000 L se používá nová generace laserů se zvýšeným výkonem.

Tab. 7. Technické parametry

Pracovní prostor X x Y bez dodatečného posunutí	
kombinovaný provoz	2585 x 1650 mm
lisování	3085 x 1740 mm
řezání laserem	3085 x 1650 mm
Výkony	
maximální tloušťka plechu	8 mm
maximální lisovací síla (vč. 20kN přidržovače)	220kN
aktivní přidržovač (programovatelný po stupních)	4.5-20kN
maximální hmotnost obrobku	230 kg

Maximální průchozí výška	
při lisování	35 mm
při řezání laserem	22 mm
Rychlosti	
osa X	90 m/min
osa Y	60 m/min
simultánně	108 m/min
Počet zdvihů	
lisování	900 min ⁻¹
značkování	2800 min ⁻¹
Osa C	
lisování	60 otáček/min
vytváření závitů	330 otáček/min
Nástroje	
Místa pro nástroje na lineárním zásobníku	18 při 3 upínacích lištách
Počet nástrojů při použití	18 až 180 nástrojů
Multitool	
Rotace všech nástrojů	360° kolem osy otáčení
Doba na výměnu nástroje	1.5-5 s
Jednotlivý zdvih	76.2 mm na všech místech pro nástroje
Standard-Multicut	200 mm
Maximální výška ohranění	25 mm
Programovatelné skluzy pro součásti	2
Maximální velikost součásti	500 x 500 mm

Přesnosti	
Odchylka polohy	± 0.1 mm
Střední rozptyl šířky	± 0.03 mm
Pohony	
osy X/Y/C	digitální střídavé servomotory
	(bez údržby)
Lisovací hlava	elektrohydraulický pohon

7.2 Obráběcí pracoviště

Na čelní straně C-rámu se nachází obě obráběcí pracoviště;

pracoviště pro lisování a pracoviště pro řezání laserem. Obě pracoviště jsou vzájemně od sebe prostorově oddělena:

- ve směru X 500 mm
- ve směru Y 90 mm

Prostorové oddělení má následující výhody:

- lisovací hlava a laserová řezací hlava jsou kdykoliv připravené k použití.
- rychlá změna mezi způsoby opracování.
- maximální využití pracovního prostoru.

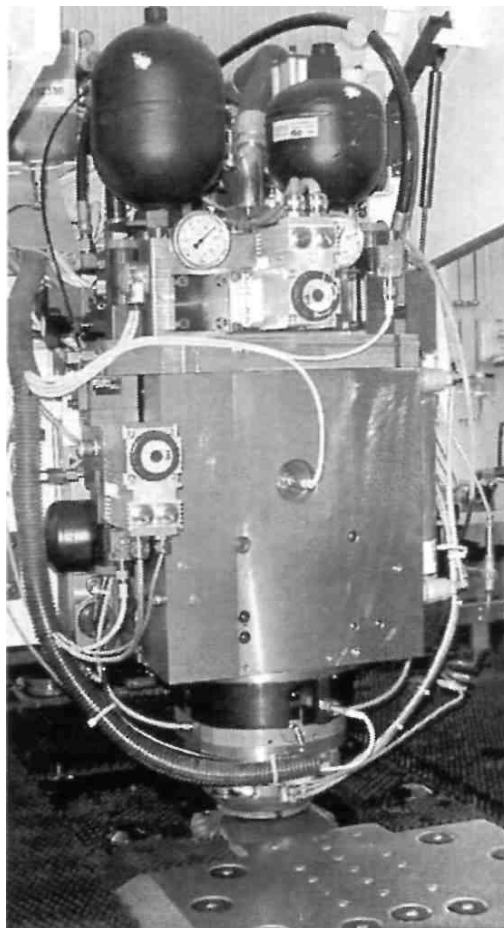
7.3 Lisovací hlava

Elektrohydraulický pohon beranu lisu dovoluje 900 zdvihů/minutu. Dráha zdvihu a lisovací síla jsou variabilní. Obě veličiny jsou v závislosti na nástroji a materiálu optimalizovány řídičí technikou popř. automaticky hydraulicky:

- potřebná lisovací síla je automaticky nastavena již při prvním zdvihu v závislosti na tloušťce plechu a na nástroji.

Beran lisu má k dispozici vlastní číslicově řízenou osu, která automaticky přizpůsobuje počáteční bod a bod návratu pohybu beranu lisu tloušťce plechu. Rozměr lisovníku po přebroušení je kom-

penzován délkou nástroje. Dlouhé hydraulické vedení beranu lisu zaručuje vysokou rozměrovou přesnost. Mono-upínání lisovacích nástrojů dovoluje excentrické opracovávání bez opotřebení ve vedení beranu lisu. (11)



Obr. 27. Hydraulická lisovací hlava

Rotace upínání nástrojů v lisovací hlavě dovoluje plynulé otáčení všech nástrojů o 360°. Každý nástroj může být použit pod libovolným úhlem. Výhodou je:

- minimalizace počtu nástrojů a druhů nástrojů a tím redukované náklady na vybavení.
- minimalizace výměn nástrojů a tím i vyšší rychlost opracování.

Upínání nástrojů se do požadované polohy zásadně otáčí po nejkratší dráze. Osa rotace je zároveň pohonem pro závitník a složené nástroje (Multitool).

Upínání nástrojů se skládá ze 2 částí. Do horního upínání (beran lisu) je upnut lisovník a stěrač, do spodního upínání matrice. Nástroje jsou upínány hydraulicky. Obě upínání jsou otočná a jsou vzájemně vůči sobě velmi přesně osově ustavena a vycentrována.

7.4 Laserová řezací hlava

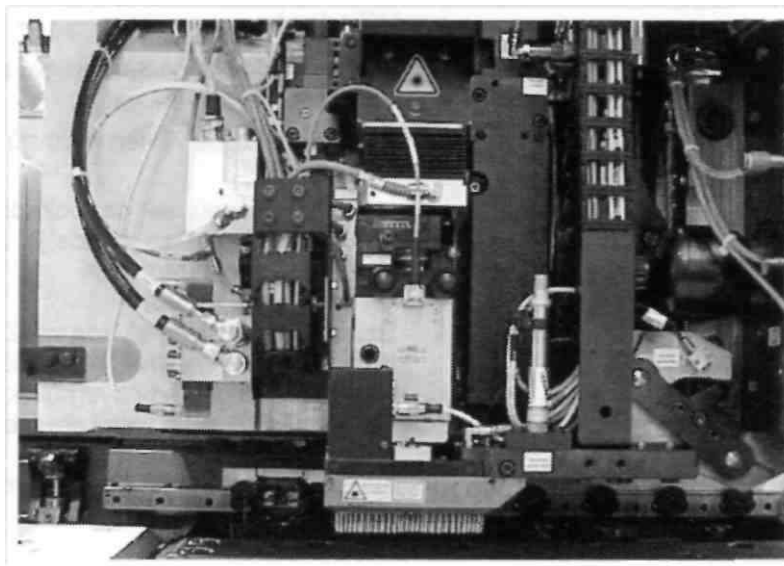
Řezací hlavu lze rychle a bez problémů vyměnit jedním pohybem ruky pomocí mechanismu pro rychlou výměnu. Laserová řezací hlava je centrálním konstrukčním prvkem zařízení. Důležitými částmi laserové řezací hlavy jsou:

- trubice pro umístění čočky s optickými prvky,
- pouzdro řezací hlavy s řezací tryskou,
- udržování vzdálenosti DIAS III,
- nastavovací šrouby.

Celá řezací hlava je upevněna na ose Z, která je poháněna motorem pro pohon osy Z.

Čočka (ZnSe) láme paralelní paprsky laseru a soustřeďuje je v ohnisku (fokus), kde záření dosahuje své největší proudové hustoty energie. Podle použitého typu čočky je ohnisková vzdálenost čočky 5", 7.5" nebo 9". Používají se vysokotlaké čočky s velkou životností. (11)

Pro optimální výsledky práce musí být ohnisko nastaveno na definovaný bod povrchu obrobku. Čočka je chlazená proudem řezacího plynu, který je veden koaxiálně k paprsku laseru do dutého prostoru pod čočkou.



Obr. 28. Laserová řezací hlava

7.5 Přidržovač pro řezání laserem

Přidržovač pro řezání laserem se skládá z kartáčového přidržovače a přidržovače plechů. V přidržovačích je integrována kombinovaná ochrana proti působení záření a odstříkávání strusky. Během řezání laserem přidržovač obklopuje řezací trysku a tím zamezuje tomu, aby se do okolí stroje dostávalo nekontrolované rozptýlené nebo odražené záření. Přidržovač plechů přitlačuje plech, aby se nedoformoval, a zabraňuje jeho vibracím. (11)

Nasazení přidržovače pro řezání laserem na plech je indikováno senzorem a je podmínkou, která musí být předem splněna, aby bylo možné laser zapnout. (11)



Obr. 29. Přidržovač laserové hlavy

8 MECHANICKÝ ÚBĚR MATERIÁLU

Toto označení se může zdát do jisté míry zavádějící, protože s mechanickým úběrem materiálu se setkáváme i u tzv. klasických nebo tradičních způsobů obrábění, kde se jako primárního zdroje užívá mechanická energie. Do mechanických úběrů materiálu spadají následující technologie:

- **Obrábění vodním paprskem** (WJM, AWJM – z angl. Water Jet Machining, Abrasive Water Jet Machining) – založeno na přeměně kinetické energie molekul kapaliny (případně směsy kapaliny a zrn brousícího materiálu) na mechanickou práci, za současného působení kavitační koroze. (3)
- **Obrábění proudem brusiva** (AJM, AFM – z angl. Abrasive Jet Machining, Abrasive Flow Machining) – patří k procesům opracování nárazovým účinkem částic na povrch.
- **Obrábění ultrazvukem** (USM – z angl. Ultrasonic Machining) – řízené rozrušování materiálu obrobku účinkem pohybu zrn abrazivního materiálu a působením kavitační eroze. U tohoto druhu obrábění se můžeme setkat s původním názvem, a to – broušení nárazovým účinkem. (3)

Při všech těchto třech způsobech obrábíme materiál přímým mechanickým účinkem volných brusných částí, které dopadají za určité kinetické energie na povrch materiálu. Vodní paprsek se mezi mechanické úběry materiálu řadí z toho důvodu, že úběr materiálu je způsoben erozí materiálu, ale k tomu je potřeba hydromechanická energie. (3)

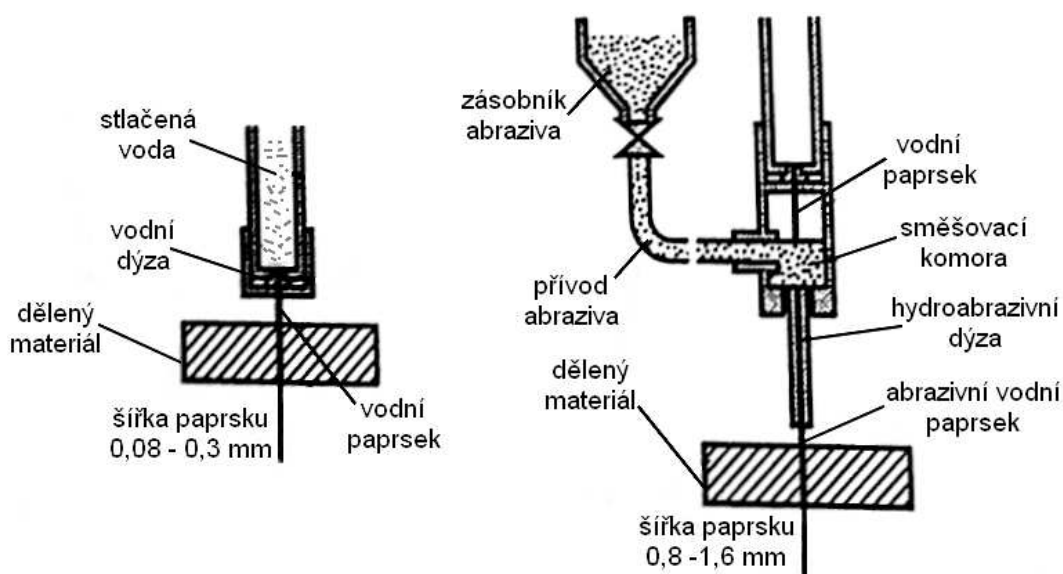
Mechanické procesy úběru materiálu se nejčastěji používají k obrábění velmi tvrdých materiálů, které mívají větší nad 35 HRC, a nedají se obrábět klasickými třískovými metodami (např. kvůli tvrdosti, houževnatosti, křehkosti apod.).

8.1 Obrábění vodním paprskem (WJM, AWJM)

Tato technologie, která se začala používat začátkem roku 1970, bývá často označována jako hydrodynamické obrábění. Původně používalo na dělení dřeva popř. plastů. Využívá se pro řezání různých materiálů, kde je rezným nástrojem úzký vysokotlaký (až 400 MPa), vysokorychlostní proud vody. Časem se do rezné kapaliny začaly přidávat příměsi ve formě jemného brusiva a tím se rozšířilo použití i samotný výkon vodního paprsku. Tato technologie se v roce 1983 začala využívat převážně k řezání skla. Obrábění vodním paprskem lze rozdělit do dvou základních skupin:

- **Čistý vodní paprsek (WJM)** – zejména pro řezání nekovových materiálů, jako jsou lamináty, grafitové kompozity, sklotextil, gumotextil.
- **Vodní paprsek s abrazivní příměsí (AWJM)** – pro řezání tvrdých a velmi tvrdých materiálů jako jsou titan, kobalt, sklo, hliník.

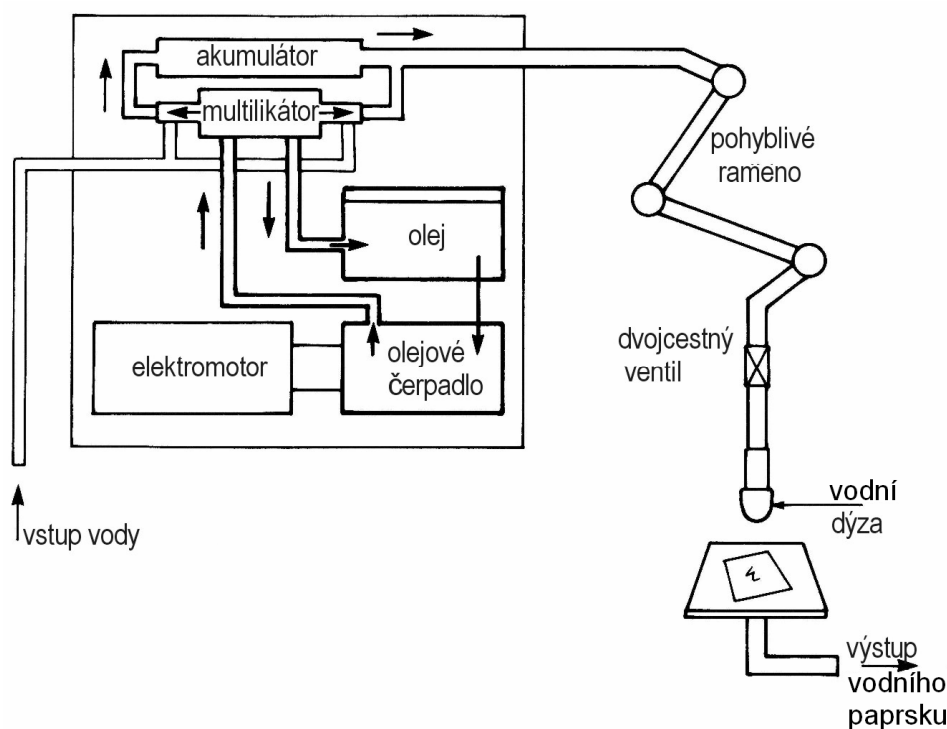
Principiální rozdíly mezi čistým vodním paprskem a vodním paprskem s příměsí abraziva je patrné na obrázku (Obr. 30). (3)



Obr. 30. Schéma vysokotlakého vodního paprsku čistého a s příměsí abraziva

8.1.1 Jednotlivé komponenty vodního paprsku

Hlavními komponenty zařízení pro obrábění vodním paprskem jsou hydraulická jednotka, akumulátor, multiplikátor, filtry, rozvodové potrubí, dvojcestný přepouštěcí ventil, dýza, nádoba na zachytávání vody a přísady na úpravu vody.



Obr. 31. Hlavní komponenty zařízení pro obrábění vodním paprskem

Popis jednotlivých částí:

- **Hydraulická jednotka** – pomocí hydraulických pump vyvozuje velký tlak vodního paprsku. Druh konstrukce závisí na výrobci.
- **Akumulátor** – vysokotlaká nádoba, jejíž účelem je tlumit rázy v kapalině, které vznikají při pulsaci paprsku v důsledku stlačení vody. Jeho úkolem je udržovat stejný tlak proudící vody.
- **Multiplikátor** – bývá částí hydraulické jednotky a jeho účelem je zvyšování tlaku vody na 380 MPa.
- **Filtry** – jejich úkolem je přefiltrovávat kapalinu a odstraňovat nečistoty velikosti 1,2 až 0,5 μm . Chrání též štěrbinu dýzy před poškozením cizími příměšmi.

- **Rozvodové potrubí** – skládá se z různých druhů armatur a spojovacích elementů (nerez. ocel) většinou o \varnothing 6 až 14 mm. V současné době je toto potrubí normalizováno.
- **Dvojcestný ventil** – řídí proces řezání. Jeho pomocí pouštíme popř. zastavujeme přívod kapaliny.
- **Dýza** – nejdůležitější komponent samotného zařízení. Část dýzy, ve kterém je výtokový otvor o průměru 0,075 mm, bývá nejčastěji vyroben ze spékaného karbidu. V současné době se nahrazuje diamantem, který má až 10x větší životnost.
- **Úprava vody** – provádíme za účelem menšího zanášení otvoru dýzy. Nejvýhodnější jsou vody demineralizované a deionizované. Dodržení kvality kapaliny ovlivňuje životnost dýzy, těsnění a ventilů. Kvalita a úprava vody ovlivňuje mj. také rychlost samotného řezání a kvalitu konečného opracování.
- **Nádoba na zachytávání vody** – slouží k zachycení vodního paprsku, který projde materiálem. Nezachytává však jenom kapalinu, ale také třísky po obrábění a částečně i hluk, protože při obrábění vodním paprskem vzniká velký hluk. Nádoba by měla být dostatečně hluboká, požadovaná hloubka je 300 až 600 mm. V případě nedostatku prostoru lze použít nádobu menší, musí se však do ní vsypat kovové kuličky.

8.1.2 Konstrukce dýzy

Základní rozdíl mezi čistým a abrazivním vodním paprskem spočívá v přidávání jemného brusiva do proudu vody přes různé systémy přívodních mechanismů, k čemuž je přizpůsobena i konstrukce jednotlivých dýz. (3)

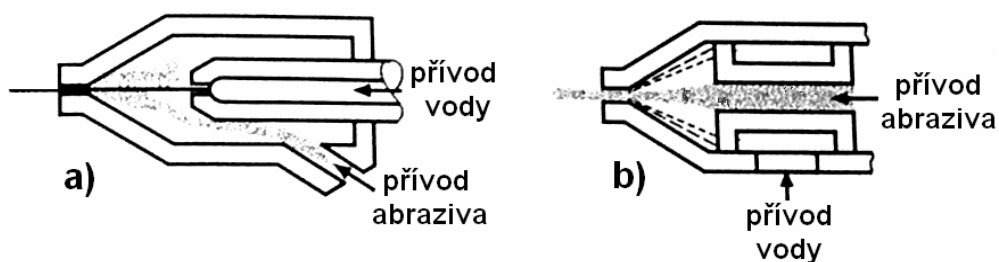
Podle konstrukce dýzy se rozlišují i způsoby řezání vodním paprskem s příměsí brusiva. Používané jsou dva základní technologie:

- **systém s přímým přívodem brusiva** – brusivo je vedené ze zásobníku do směšovací komory. Tento systém využívá vysokotlaký vodní paprsek na směšování a následné tvoření abrazivního paprsku. Tlak bývá v rozmezí 7 až 400 MPa, průtok brusiva v rozmezí 1 - 20 kg/min.
- **systém s přímým vstříkáváním brusiva** – do dýzy se přivádí stlačená suspenze smíchaná s vodou v tlakové nádobě. Použitý tlak je v rozmezí do 100 MPa a průtok suspenze kolem 20 kg/min.

Z kvalitativního hodnocení obou systémů abrazivního paprsku vychází, že systém s přímým vstřikováním brusiva má vyšší účinnost a taky vyšší proudovou hustotu než systém s přímým přívodem brusiva a zároveň systém s přímým vstřikováním brusiva umožňuje použití užšího paprsku.

Konstrukce dýzy pro abrazivní vodní paprsek může mít dvě různá konstrukční řešení:

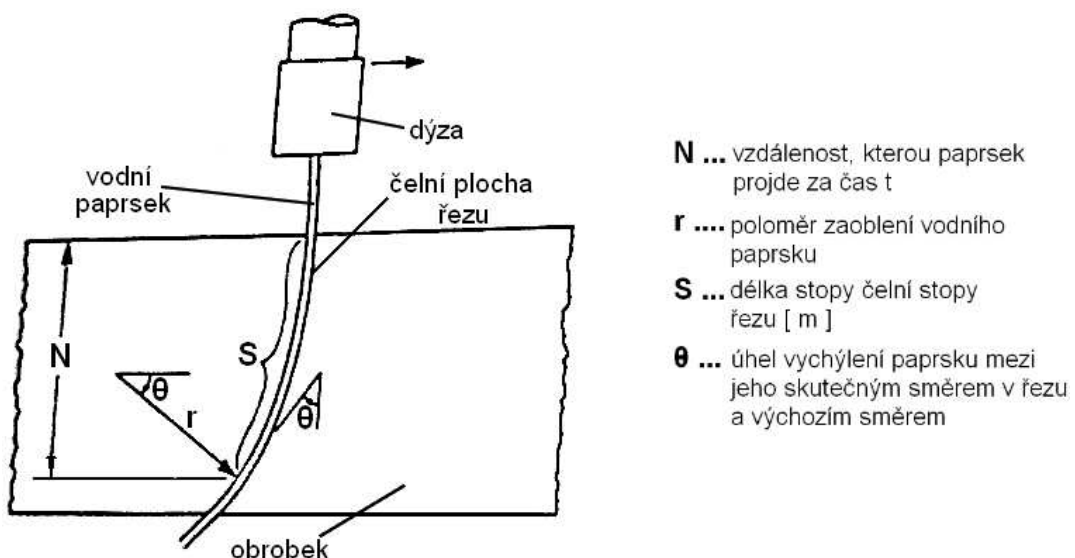
- dýza s jednoduchým vodním paprskem a radiálním přísuvem brusiva
- dýza se směšovacím vodním paprskem a axiálním přísuvem brusiva



Obr. 32. Konstrukční řešení dýzy pro abrazivní vodní paprsek

8.1.3 Princip obrábění

Materiál odebíráme působením mechanického účinku, kdy velmi tenký proud vody dopadá s velkou rychlostí a určitou kinetickou energií na plochu obráběného materiálu. Proud vody, který do obrobku proniká postupně tuto ztrácí a vychyluje svůj směr. (3)



Obr. 33. Schéma procesu řezání a dráhy paprsku

8.1.4 Samotný úběr materiálu

Ovlivňujícími charakteristikami na úběr materiálu, kvalitu obrobené plochy účinnost:

- druh a velikost brusiva
- rychlost proudění a tlak vody
- rozměry vnitřního otvoru dýzy
- úhel sklonu vodního paprsku
- vzdálenost mezi obrobkem a dýzou

Tlak kapaliny můžeme spočítat pomocí Bernoulliho rovnice pro proudění (nestlačené kapaliny):

$$v^2 = \frac{2p}{\rho} \quad (4)$$

kde: v ... rychlost proudící kapaliny [m/s]

p ... tlak kapaliny [MPa]

ρ ... hustota kapaliny [kg/m^3]

Z této rovnice vyplývá, že tlak čistého vodního paprsku pro řezání se musí zvyšovat se zvyšováním tvrdosti obráběného materiálu. V současné době se u čistého vodního paprsku dosahuje tlaku vody při řezání kovových materiálů až 690 MPa.

8.1.5 Oblasti použití vodních paprsků a jejich přednosti

Vysokotlaký vodní paprsek a vodní paprsek s abrazivní příměsí nacházejí stále větší uplatnění v různých strojírenských odvětvích.

Použití vodních paprsků v různých průmyslových odvětvích:

- gumářský průmysl – řezání pryže, plastů a kevlarových vláken
- strojírenský průmysl – dělení titanu, wolframu, extrémně tvrdých a těžkoobrobitelných materiálů, kompozitů, skel, řezání vláknitých materiálů a mnoho dalších
- chemický průmysl – dělení výbušných látek (např. dynamit)
- papírenský průmysl – dělení papíru, fólií (bezprašné pracoviště)
- stavební průmysl – dělení polyuretanů, polystyrenů, keramiky, dlaždic, apod.

Přednosti technologie obrábění vodním paprskem:

V porovnání s jinými nekonvenčními metodami dostáváme následující parametry. Energetická účinnost je až 80%, což je asi 8x více než u obrábění laserem. Dalšími výhodami jsou:

- v řezech nevznikají napětí
- bezprašný proces (nevznikají nežádoucí plyny a páry)
- není třeba pevné upnutí obrobku
- vrtání i řezání jedním nástrojem
- řezat je možné ve všech směrech, obrysech a tvarech bez omezení
- jednoduchá obsluha
- velmi malé ztráty materiálu v řezu
- řezání problémových materiálů, jakým je např. vata
- přesné leštění a čištění povrchů těžkoobrobitelných materiálů
- ideální pro automatizaci pohybu vodního paprsku

9 VODNÍ PAPERSEK

Tato technologie je obzvláště vhodná pro řezání materiálu, které nelze řezat laserem.

Řez je prováděn " za studena" = materiál není v místě řezu tepelně namáhán. Vysoké kvality řezu se dosahuje např. u hliníkových slitin, skla nebo keramických desek. Pro programování lze použít výkresy vytvořené v AutoCADu = operativnost a přesnost (formát souboru *.dxf, verze 2000, jedna hladina, bílá barva, bez kót).

Řezání vodním paprskem – metoda vhodná pro řezání plošných materiálů jako jsou:

- keramické desky, mramor, žula
- sklo
- plasty, lamináty, pryž, polyuretan
- barevné kovy a všechny druhy ocelí



Obr. 34. Vodní paprsek

9.1 Pneumatická doprava abraziva (TDJ 10T)

Zařízení TDJ 10T je určeno pro dopravu sypkých materiálu pomocí stlačeného, upraveného vzduchu. Na jeden pracovní cyklus zařízení přepraví 8 dm³ materiálu. Hladina plnění je indikována kapacitním snímačem. Dolní mez vyprázdnění je závislá na koncovém průtoku a času dopravy. Koncepčně zařízení vychází z modelu TDJ 10 u kterého je dolní hladina kontrolována kapacitním snímačem. (13)

9.1.1 Technické parametry

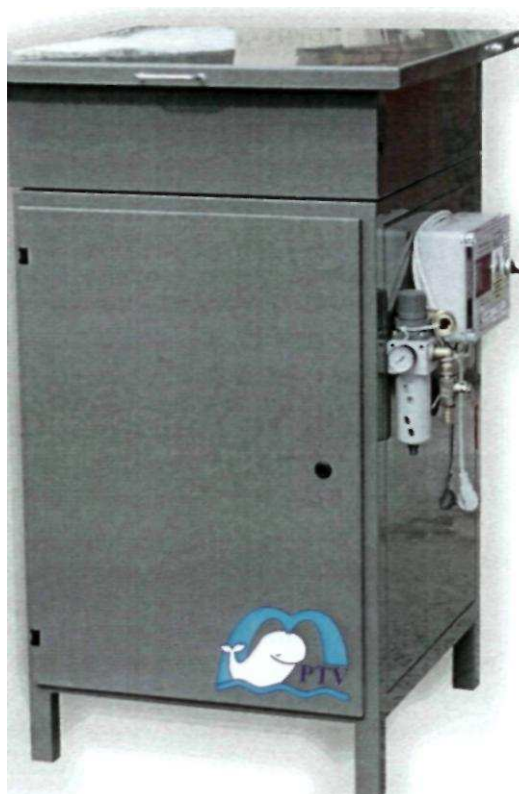
Maximální provozní tlak:	10 bar
Minimální provozní tlak v režimu PRESS:	5 bar
Minimální provozní tlak v režimu JET:	2 bar
Spotřeba vzduchu orientační:	do 40m ³ /hod.
Jmenovitý objem tlakové nádoby:	10 dm ³
Efektivní (plnicí) objem tlakové nádoby:	8 dm ³
Čas plnění:	cca 20 sec
Dopravní časy zařízení – volitelné:	7-13 min (krok/min.)
Kapacita dopravy:	1,5 - 2,8 kg/min
Objem zásobníku:	95 dm ³ (225 kg - granát GMA)
Hmotnost prázdného zařízení:	75 kg
Rozměry zařízení d x š x v:	700 x 800 x 1250mm

9.1.2 Popis zařízení

Na kostře zařízení je v horní části umístěn zásobník abraziva. Pod zásobníkem je osazená dávkovačí klapka pro přepouštění abraziva do tlakové nádoby. Klapka je otevíraná pneumatickým pístem. Na ovládací klapku je připojená tlaková nádoba o jmenovitém objemu 10L. Tlaková nádoba je osazena odvzdušňovacím ventilem, kapacitním snímačem hladiny abraziva a vstupními a výstupními armaturami. V tlakové nádobě je do přívodní trubky stlačeného vzduchu nasunuta uzavírací kuželka, která při vpuštění tlakového vzduchu dosedne na O kroužek v samostatném víku tlakové nádoby. Teprve po uzavření nádoby kuželkou je možné natlakování systému a vytlačení abraziva z nádoby. (13)

9.2 Malý tlakový dopravní systém

Dopravní systém je řešen jedním zásobníkem o objemu 10 litrů. Zapojení a ovládání zásobníku neumožňuje kontinuální dopravu materiálu. Vždy se čeká na dosypání materiálu. Limitní stavy jsou snímány kapacitními snímači. Materiál je doplňován z horní násypky přes ovládací klapku. Zásobník je zavírán pomocí pryžové kuželky těsnící do pryžového sedla. Kuželka zavírá tlakový vzduch vstupující do zásobníku přes elektromagnetický ventil. Pracovní režim a jeho stav řídí a kontroluje procesorová jednotka. V systému je použita redukováná řídicí jednotka CDX2002/B-R se speciálním programem Program vyhodnocuje pomocí dvou kapacitních snímačů hladinu náplně v tlakové nádobě. Dále se programem ovládají elektromagnetické vzduchové ventily pro vlastní dopravu materiálu. Jako doplňková výbava je možno použít další snímač pro hlídání stavu násypky a výstup pro ovládání odsavače prachu. (13)



Obr. 35. Tlakový dopravník

9.2.1 Technická specifikace

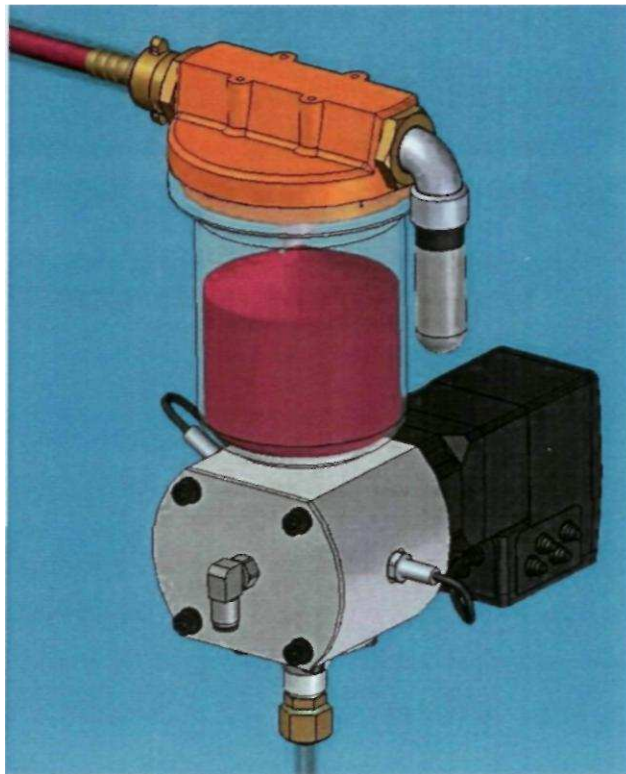
Provozní napětí:	230V/50Hz
Příkon :	32 VA
Krytí:	IP 43
Rozsah provozních teplot:	+5°C až +40°C
Max povolená vlhkost prostředí:	80% relativní
Provozní doba:	nepřetržitá
Provozní napětí vstupních obvodů:	12VDC
Provozní napětí výstupních obvodů	24VAC
Jištění zařízení:	tavnou pojistkou 800mA
Bezpečnostní třída:	I
Zařízení pro prostředí:	normální; AA5, BA4
Provozní tlak vzduchu:	0,3-0,5 MPa
Čistota vzduchu:	doporučeno-olej do 0,5 µg/m ³
Vlhkost vzduchu:	doporučeno do 0,2 g/m
Průřez přívodní hadice:	¼"
Spotřeba vzduchu:	5-70 m ³

9.3 Dávkovač ATD IV

Dávkovač byl navržen pro řízené dávkování abraziva. Pracuje pouze po digitální sběrnici CEN BUS. Umožňuje měnit průtok abraziva během řezacího procesu což má vliv na:

- snížení spotřeby abraziva
- zvýšení rychlosti řezání

- snižuje možnost ucpání abrazivní trysky při prostřelování materiálů
- zvýšení kvality řezu
- prodloužení životnosti abrazivní trysky



Obr. 36. Dávkoč ATD IV

STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ze zadání bakalářské práce plynou tyto následující úkoly:

- a) Zpracovat rešerši se zaměřením na téma „Analýza nekonvenčních technologií ve firmě MRB Sazovice“.
- b) Provést experimentální obrábění na laserovém pracovišti, detailní rozbor strojního vybavení za účelem využití těchto podkladů ve výuce technických předmětů.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 PREZENTACE

Úkolem praktické části této bakalářské práce bylo vypracovat podklady pro možnou výuku v předmětu „nekonvenční technologie“ ve formě prezentací, se zaměřením na nekonvenční technologie ve firmě MRB Sazovice. Tyto prezentace mají sloužit studentům 5. ročníku k bližšímu seznámení s jednotlivými technologiemi. Jedná se o prezentace zaměřené na laserová zařízení a vodní paprsek:


- Eurolaser (laser na nekovy)
- Rapido (3D laser)
- Sincrono (2D laser)
- Tubematic(laser na trubky a profily)
- Trumatic 6000L(laser-děrovadlo)
- Vodní paprsek

Tyto prezentace obsahují popis jednotlivých zařízení, jejich specifikaci a parametry. Dále jsou doplněny o ukázky výrobků a videí.

10.1 RAPIDO (3D LASER)

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

RAPIDO - 3D LASER



VYBRANÉ PRÁČNÍ

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

RAPIDO – 3D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE

- zrychlení na 60rad/s
- rychlosti pohybů ve rychlosti až 1,4g (1,5 milióny za sekundu)
- největší c. částička vyrobená bratřemi odlišností výrobky
- Kromě toho v programu CATIA V5
- pro přímou montáž lze použít výkresy ve formátu *IGES = operaci nastavit a přizpůsobit



RAPIDO – 3D LASER

ÚVOD

Řezání 3D laserem o tvrdosti větší než uvolněná tvrdost materiálu je možná především proto, že laserem lze vytvořit vysokou rychlostí 3D laserem, spojením s optickým měřičem, na což vzniká laserem dostatečně je do volného světelného úhlu, takže se technologie je to naprosto odlišná od tradiční technologie o zpracování kovů.

Velikost rozměrově přesnosti 3D laserem, minimální tloušťka do formace plochových dílů a vysoká rychlost zpracování jsou hlavními přednostmi 3D laserem, což umožňuje výrobu oproti tradičnímu způsobu výroby 3D laserem.



RAPIDO – 3D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE

Stroj je vybaven vřetevní a řezací hlavou.

- výška (výšky, kryty, kotel, kuby, díry, např. plechy a jiné)
- světelné (bežné, kryty, vřetev, vřetevní světlá a jiné)
- laserové (vrtání, řezání, žebří, L, T, U a jiné)

Množství možností a geometrií je omezeno pouze kvalitou a 0,1mm

- výkon laseru 3 kW

RAPIDO – 3D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE

Materiál laseru 7,5" hlava materiálu:

- 0,5 až 15mm
- 0,5 až 12mm
- 0,5 až 8mm

První sloučenosti:

- Materiál byl vyroběn li metalizace X, Y, Z
- Materiál byl kombinován rychlostí li metalizace os
- Materiál byl vyroběn metalizace os A, B
- Zrychlení metalizace os A, B

RAPIDO – 3D LASER

LASEROVÁ HLAVA

Hlava je velmi důležitá součást stroje. Koncová část hlavy je ústí, která je naplněna k bedra, v němž se odvíjí laserový proces. Dvě řady se hlava pohybuje přes dvojnásobně rychlostí laseru, která má výšku pro lepší přesnost a 0,1mm.

V současnosti hlava byla pojistena 17,5" hlava, která zvládá teplotu až 0,1mm a 1mm.

Hlava má tyto sloučenosti:

- odklopení osy A
- odklopení osy B
- odklopení osy C
- otáčivé vřetevní
- kapaliny li metalizace

30° (přímě)

± 13°

± 10mm

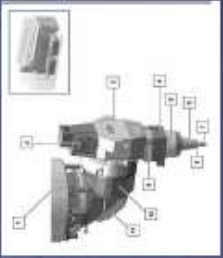
5° ± 7,5°

úhlopříčka hlavy vřetevní vřetevní musí být a povrchem obrobku.

RAPIDO – 3D LASER

LASEROVÁ HLAVA

Hlava laseru – popis



- Jednotka osy A
- Mater osy C
- Tělo osy B
- Držák čepky
- Ochanný kryt
- Ochanný kotel metalizace
- Typ
- Ochanný kotel metalizace
- Bezpečnostní spínač
- Jednotka osy B
- Zrcadlo osy A

RAPIDO – 3D LASER
UKÁZKA VÝROBKŮ



RAPIDO – 3D LASER
POSTUP PŘI VÝROBĚ DÍLCE

V programu CATIA V5 s nástrojovou sadou FASTTRM vytváříme pomocí několika parametrů přírůbek dílce.

Přírůbek včetně odlebovací výsekování automaticky. Důležitými aspekty jsou pevnost a minimální spotřeba materiálu.



RAPIDO – 3D LASER
UKÁZKA VÝROBKŮ



RAPIDO – 3D LASER
POSTUP PŘI VÝROBĚ DÍLCE

Módel dílce vytváříme v programu CATIA V5 ve formátu IGS

Skutečný model, jedná se o usazku modelování automaticky vyrobeného z nerezové oceli.



RAPIDO – 3D LASER

POSTUP PŘI VÝROBĚ DÍLCE

Výchozí přídržvací dílec je také automaticky rozdělen na jednodušší části a ty vykládány na tabuli plechu.

Pro jednodušší orientaci v prostředí FASTRIMU je celý stroj RAPIDO vyveden v programu CATIA. Umožní vše usazovat dílec a ověřením simulace.




RAPIDO – 3D LASER

POSTUP PŘI VÝROBĚ DÍLCE

Dílec je na stole srovnán a sazou pomocí přídržvacího. Přídržvací je lze otáčet sečtyřmi mechanismy s vrcholami. Díky tomu roli záložky mohou být součástí.

Ukazka hotového dílce.




RAPIDO – 3D LASER

POSTUP PŘI VÝROBĚ DÍLCE

Vnitřní díl světlometu složek ověřen přesností a polohy otvorů.

Po kompletaci a ověření správnosti je dílec připraven k expedici.



RAPIDO – 3D LASER


UKÁZKA VIDEO



10.2 SYNCRONO (2D LASER)

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

SYNCRONO - 2D LASER



VYBRÁDIL: MILAN POKORÁ

SYNCRONO – 2D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE



- > stroj je určen do plechárny a sádkářské tvor
- > rychlost a kvalita čtení je závislá na výkonu a přesnosti vedení výrobků
- > vnitřní délka v čtení a šířka čtení 1000 (délka čtení)
- > pro programování lze použít výškový výkonnost v ACADe
- > max. formát zpracování a délka plechu 1500x1000mm
- > rozlišení a geometrie čtení přesnost čtení 0,1mm
- > CO₂ laser a výkonem 4 kW

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

SYNCRONO – 2D LASER

ÚVOD



Předně řešení do plechu a sádkářské tvor. Nabízí technologii nové generace. Kvalita čtení závisí na přesnosti vedení výrobků a rychlosti čtení. Čtení závisí na výkonu a přesnosti vedení výrobků. Vnitřní délka v čtení a šířka čtení 1000 (délka čtení). Pro programování lze použít výškový výkonnost v ACADe. Max. formát zpracování a délka plechu 1500x1000mm. Rozlišení a geometrie čtení přesnost čtení 0,1mm. CO₂ laser a výkonem 4 kW.

SYNCRONO – 2D LASER

KONFIGURACE STROJE



3.1.1. 3.1.1.1. Synchronizace, dimenzní vyjádření hlavních konfigurací:

1. s povrchovým měřicím systémem (fázická lož)
2. s automatizovaným výměnou palet
3. s automatizovaným výměnou palet a s automatickým nastavením vykládkou (MRB Sincrono)

SYNCRONO – 2D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE

Vlastnosti pracovního obvodu hlavních os:

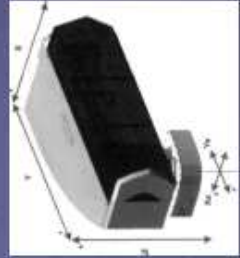
- > délka os X: 3000 mm
- > délka os Y: 1500 mm
- > délka os Z: 130 mm

Vlastnosti hlavních os:

- > rychlost os (X, Y): 100 mm/min
- > maximální konstantní rychlost: 140 mm/min
- > rychlost hlavních os (X, Y): 0,2 g (přidruhá osa)
- > rozlišení os: 0,001 mm

SYNCRONO – 2D LASER

HLAVNÍ SOUČÁSTI



Prostředí je tvořeno prvky konstrukce nosce a umožňuje nezbytné spojení mezi různými funkčními jednotkami stroje. Umožňuje konstruktivní řešení potřebou pro provádění údržby.

Hlavní součásti zahrnují i tyto části:

Komponenty:

- > pŕíslušenství X
- > pŕíslušenství Y
- > pŕíslušenství Z
- > oprádky nos
- > hlava (osy X, Y)

SYNCRONO – 2D LASER

TECHNICKÉ ÚDAJE

Vlastnosti pracovního obvodu hlavních os:

- > délka os Y: 300 mm
- > délka os X: 300 mm

Vlastnosti hlavních os:

- > rychlost os (X, Y): 150 mm/min
- > maximální konstantní rychlost: 210 mm/min
- > rychlost hlavních os (X, Y): 0,2 g (přidruhá osa)
- > rozlišení os: 0,001 mm

Material: kategorie 7-2- hlava, materiál:

- > ocelový plech: 0,5 x 20 mm
- > plech z hliníkových slitin: 0,5 x 25 mm
- > nerez plech: 0,5 x 10 mm



10.3 TRUMATIC 6000L (LASER-DĚROVADLO)

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)



VYBRÁDIL: MARI POČKA

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

ÚVOD

TRUMATIC 6000 LASERPRESS je „kombinovaný stroj“, který v jednom zařízení spojuje řezání, tvárění a leštění laserem. „Jedním strojem pro všechny“ – tak zní motto. TC 6000 L se uplatní vždy tam, kde je potřeba kompletní obrábění na jedno upnutí.

Různá činná rozložení:

- Laser jako multifunkční nástroj: řezání, tvarování, leštění a vnitřní a vnější kování
- Opracování laserem: rychlé opracování standardních tvarů a spojů a nejvyššími rychlostmi tvárění (závit, vrtání otvorů, speciální zářky, průběhy, speciální tvary)

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

POPIS STROJE



1. TLF laser
2. Črtník
3. Pracovník po řezání laserem
4. Pracovník po leštění
5. Ovládací pult
6. Vybavení nástrojů
7. Lístovní zbraň

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

TECHNICKÉ PARAMETRY

Pracovní rozsah, X, Y bez dvojitáhuho posunutí:

- 2383 x 1650 mm
- 3053 x 1740 mm
- 3083 x 1650 mm

Rotace:

- osa X: 90 minut
- osa Y: 60 minut
- Si nad ústředí: 108 minut

Maximální průřezová rychlost:

- při laseru: 35 mm
- při hraně laserem: 22 mm

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

TECHNICKÉ PARAMETRY

Pracovní rychlosti:

- Laserem: 900 mm²/l
- Začínáním: 2800 mm²/l

Měřítko:


- Rotace vlnění: 360° kolem osy otáčení
- Držák na výměnu nástroje: 1,5-5 *
- Teplota vřezání: 76,2 mm na všech místech pro nástroje

Pracovní hloubka:

- Odlišná poloha: ±0,1 mm
- Střední reciproční hloubka: ±0,03 mm

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

LISOVACÍ HLAVA



- Výsledná rozměrová přesnost
- El. detekce uložení polohy během řezu dovoluje 500 20000 mm/min
- Má si malozáklad počtu nástrojů a drážek nástrojů a tím redukovat náklady na výrobu
- Má si malozáklad výměny nástrojů a tím i vyšší rychlost opracování
- Přesně ořezání všech nástrojů o 360°

TRUMATIC 6000 L (LASER – DĚROVADLO)

LASEROVÁ HLAVA



Řezací hlava lze vykládat bez problémů v případě jakéhokoli pohybu ruky pomocí mechanizmu pro rychlou výměnu. Laserová hlava je ovládána konstrukčním programem. Děkujeme Vám za zájem o naše řešení. Kontaktujte nás.

- Pro více informací, prosíme, kontaktujte nás.
- Pro více informací, prosíme, kontaktujte nás.
- Pro více informací, prosíme, kontaktujte nás.
- Pro více informací, prosíme, kontaktujte nás.



10.4 TUBEMATIC (LASER NA TRUBKY A PROFILY)

1

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY



VYBRÁNOVÉ BILAN POCODÁ

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

VÝHODY STROJE

- > Vysoká přesnost řezu, tolerance 0,2 mm
- > Časý řez bez odpadu
- > Ujděkových profilů otvory i jako hranu profilu
- > V porovnání s děrovačem zcela odpovídají i náklady na nástroje
- > Vyšší míra přesnosti a napojování střípných nebo zbitých profilů do tvarů L, U, V
- > Efektivita i u malých výrobních zakázek nebo výrobní prototypů a vzorků
- > Možnost opti měřicího skříně výrobků na jednotlivé díly a obdelnata min. zbytok
- > V oblasti zpracování nerezových materiálů je laserová technologie patřičky jedinec efektivní možností realizace profilových dílů a průmyslových konstrukcí.

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

ÚVOD

TUBEMATIC je laserové řešení zvládnutí laserového řezání trubek a profilů, jakož i výroby otvorů v laserových profích. Stroj má čtyři programovatelné osy. Kapacitní výřezová rychlost současně kompenzuje velikost otvorů i velikost řezání a obrábění.

Povolení laseru se stává zvláště výhodou v oblasti výroby při zpracování trubek a profilů z kování a nerezové oceli i litiny a jako silná automatizovaný podívá při jeho zvláště výhodě v řezání laseru.

Přijetí laseru v průmyslu je velmi výhodou, protože umožňuje výrobu dílů a tvarů, jakož i výrobu otvorů v laserových profích, jakož i výrobu otvorů v laserových profích. Stroj má čtyři programovatelné osy. Kapacitní výřezová rychlost současně kompenzuje velikost otvorů i velikost řezání a obrábění.

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

ÚVOD

TUBEMATIC je laserové řešení zvládnutí laserového řezání trubek a profilů, jakož i výroby otvorů v laserových profích. Stroj má čtyři programovatelné osy. Kapacitní výřezová rychlost současně kompenzuje velikost otvorů i velikost řezání a obrábění.

Povolení laseru se stává zvláště výhodou v oblasti výroby při zpracování trubek a profilů z kování a nerezové oceli i litiny a jako silná automatizovaný podívá při jeho zvláště výhodě v řezání laseru.

Přijetí laseru v průmyslu je velmi výhodou, protože umožňuje výrobu dílů a tvarů, jakož i výrobu otvorů v laserových profích, jakož i výrobu otvorů v laserových profích. Stroj má čtyři programovatelné osy. Kapacitní výřezová rychlost současně kompenzuje velikost otvorů i velikost řezání a obrábění.

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

PARAMETRY ŘEZANÝCH MATERIÁLŮ

Max. délka zpracovaného materiálu	až 6500mm
Trubky: minimální vnější průměr – maximální vnější průměr	15 až 155mm
Čvarovskéobalové, průhledové, CD profily	min. délka trasy 15mm max. délka diagonála 155mm
Rozměrová a geometrická přesnost řezaných tvarů	až 0,2 mm
odměřené profily	0,8 až 6mm
mercové profily	0,8 až 5mm
hliníkové profily	0,8 až 4mm

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

TECHNICKÉ ÚDAJE

Délka vychybové měřicího:

- >141 - 6500 m
- 3000 - 6500 mm
- 2000 mm (včetně 3000 mm)
- 141 mm

Rozměry:

- osa X 100 mm
- osa Y 40 mm
- osa Z 40 mm
- osy A 7207 a

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

TECHNICKÉ ÚDAJE

Hmotnost dílců:

- max. hmotnost obrobku (včetně materiálu přepravy) 120 kg
- max. hmotnost obrobku (bez materiálu přepravy) 40 kg
- max. hmotnost vázky 4000 kg

Parametry:

- pod obrobek odvětvka ± 0,2 mm
- vnitřní dílka průhledového rozptylu ± 0,05 mm

Délka:

- kolový 620 mm - až 150 mm
- obrobek 20 x 20 mm - 120 x 120 mm

TUBEMATIC – LASER NA TRUBKY A PROFILY

ŘEZACÍ HLAVA



Laserní řezací hlava je jako kontrolní konstrukční součástka na řízení upravená na ose Z.

Je poháněna ve směru Z a ve směru Y prostřednictvím kulových ložisek a čtyř řezací rovinných a guňových součástí servomotorů.


Dělejší komponenty laserové hlavy jsou: těleso pro upnutí obrobku a optický komponenty a pláň řezací hlavy a těleso řezání, mezikarabina a nastavení hlavy.



10.5 EUROLASER (LASER NA NEKOVOVY)

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

EUROLASER – LASER NA NEKOVOVY



VYPRACOVANÉ: MARI POČINA

EUROLASER – LASER NA NEKOVOVY

TECHNICKÉ PARAMETRY

Parametry lasera:

- Typ laseru CO₂ laser
- Výkon lasera 300 W
- Rozměr pracovního stolu 1600x2200 mm
- Tloušťka zpracovávaného materiálu až 25 mm
- Výsledná přesnost řezu, toleranco 0,2mm

Materiály, vhodné pro laserové řezání, gravírování, svařování, aplikace:

Akrylát (PMMA)-výrobky veškeré materiály plastů, PP-polypropylen, kompozitový podlahový PVC, HDPE, plechový podlahový, nerezová, pozinkovaná, PE-4 cestní, IFR, potiskovaný, nerezová plech, nerezová fólie-3M, syntetická vlákna, potiskovaný textil, filtrační materiály, nehořlavé a technické tkaniny, tkaniny, textil, lepenka, papír, kůže – výroba karotáž, korekt, oděvní šité dílky, ...

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

EUROLASER – LASER NA NEKOVOVY

ÚVOD

Laserové řezání laserem je nejmodernější a nejúčinnější způsob řezání materiálů. Vlastnosti laserového řezání jsou:

- > Účinnost řezání laserem je velmi vysoká, bez přímého kontaktu, bez úpravy materiálu a tudíž bez deformací a porušení výrobků
- > Ostré okraje vřed laserem, precizní ryvnice a kování
- > Je možná obsluha velkých a těžkých spektrálních měřicích nástrojů
- > Řez je hlubší a čistší, obrábění není třeba dodatečných úprav
- > Možnost výroby i kromě řezaných materiálů

EUROLASER – LASER NA NEKOVY

SCHEMA LASERU



1. Optická hlava
2. Zrcadlo od laseru
3. Zrcadlo od laseru
4. Čistič vzdušné dílny
5. Ventil exhaustního plynu
6. Kontrolní tlak a separátor vzduchu
7. Hlava výtlačná
8. Nový výstřel
9. Uzávěrky pístu
10. Největší jednotka laseru
11. Řízení
12. Kryt pro rezanák a osový
13. Kryt pro osu Y
14. Spínač pracovní plochy
15. Pomocné zařízení

EUROLASER – LASER NA NEKOVY

PRINCIP LASERU

Lasery generují zářivý laserem je hezadřivkový, kmenový soustředěný CO₂ laser, který má délku vlnové délky, která je zhruba rovna 10,6 mm.

Nápravu zde má dle dle přídavné plochy podporující laser. Rozsah laser je vykazovaný vlnově od 10,6 mm do 10,6 mm, generováním integrovanou RF jednotkou.

Vlnová délka vlnové zářivosti je umístěna vlnově od 10,6 mm do 10,6 mm, generováním integrovanou RF jednotkou.

Lasery zářivý laserem je hezadřivkový, kmenový soustředěný CO₂ laser, který má délku vlnové délky, která je zhruba rovna 10,6 mm.

Lasery zářivý laserem je hezadřivkový, kmenový soustředěný CO₂ laser, který má délku vlnové délky, která je zhruba rovna 10,6 mm.

Opět se používá vlnová X, Y má vlnově od 10,6 mm do 10,6 mm, generováním integrovanou RF jednotkou.

EUROLASER – LASER NA NEKOVY

UKÁZKA VÝROBKŮ

AKRYL

- > Vytváří se z něj například desky, nástroje na výrobu a jiné předměty z kategorie akrylových
- > Běžně se využívá pro gravírování
- > Díky jeho vlastnostem používá výroba květin a možností tvorby až do tloušťky 25 mm, patří k nejčastěji zpracovávaným materiálům na EUROLASERU



EUROLASER – LASER NA NEKOVY

UKÁZKA VÝROBKŮ

DREVO

- > Je široce zpracovává laserem není nutná fixace materiálů, potřebují k tomu i deformace ve výrobě
- > Možnost vytvářet detailní a hluboké zářivky
- > Součástí výrobků vlnových zářivých a hlubokých detailů a gravírování
- > Použití: puzzle, hračky, umělecké



EUROLASER – LASER NA NEKOVY
UKÁZKA VÝROBKŮ

OBALOVÝ PRŮMYSL

- > V kombinaci s optickým kamerovým systémem se laser zřezává v digitální síťce
- > Umožňuje všechny formy řezání jako je například, uzavírání, uzavírání, potažování atd.
- > Výroba výškových desek, vnitřních



EUROLASER – LASER NA NEKOVY
UKÁZKA VIDEO



EUROLASER – LASER NA NEKOVY
UKÁZKA VÝROBKŮ

PRŮMYSLOVÝ TEXTIL

- > Většina průmyslových textilií lze zpracovat. Jde o například textilní materiál, filtry, vzdušné rozsovy atd. a příměsí nebo umělých vláken
- > Možnost tenit velice rychle i ve vrstvách
- > Při tenění pevných materiálů dochází díky vysokotlakému zpracování k deformacím




EUROLASER – LASER NA NEKOVY
UKÁZKA VIDEO



10.6 VODNÍ PAPERSEK

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
VODNÍ PAPERSEK



VYPRÁZDŇOVÁNÍ MARIPOSOVA

VODNÍ PAPERSEK

UVOD

Tato metoda je obvyklé vhodné pro řezání materiálů, kterých lze řezat laserem.

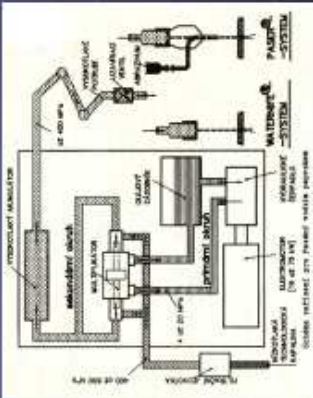
Řez je prováděn "na studna" - materiál se řezí v místě bez tepelné zóny. Vysoké kvalitní řezání odstraňuje například u litinových síťek, sítek a uho keramických desek. Pro programování lze použít výkresový software v A/CADu - operativně a přesně (formát robocut - d.ř.č. verze 2.000, jedna hladina, bílá barva, bez kódy).

Tato metoda je vhodná pro řezání spojovacích materiálů jako jsou:

- keramické desky, mramor, žula
- sklo
- plasty, lamináty, pryč, polyuretan
- barevné kovy a vstříchný drátový ocel

VODNÍ PAPERSEK

PRINCIP OBRÁBĚNÍ VODNÍM PAPERSEKEM



Číslo: 14121001-011
Ústav: 14121001-011
Měřítko: 1:1
Vytvořeno: 14.12.2011 10:00:00
Autor: J. Štěrba

VODNÍ PAPERSEK POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ

- Hydraulická jednotka – pomocí hydraulických pump vytvoří velký tlak vodního paprsku.
- Akumulátor – vysokotlaká nádrž s tlumičím tlaku v kapalině, která vzniká při práci paprsku při silném vlnění vody. Udržuje stejný tlak proudící vody.
- Multiplikátor – bývalé čláskové nádrže, jedná se o jeho úkolem je zvýšit tlak vody na 300 MPa.
- Filtry – jejich úkolem je filtrovat kapalinu a odebírat na odstraňování velkých částí 1,2 až 0,5 μm. Čistí se škrábáním dýzou před použitím celou příměsí.
- Rozvaděč potrubí – skládá se z různých druhů armatur a spojovacích prvků (tržec, ocel) v 80 mm o 6 až 14 mm.

VODNÍ PAPERSEK POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ

- Dvojitý ventl – používá se pro uzavření a otevírání otvorů dýz.
- Dýza – nejdůležitější komponenta samotného zařízení. Část dýzy, ve které je výstředný otvor o průměru 0,075 mm, bývalé nejbližší výroba ze speciálního kovu (v současnosti se používá titan).
• Úprava vody – používá se úkolem snížení znečištění otvorů dýz. Nejvíce používanými jsou vody demineralizované a deionizované. Aditiva.
• Nádrž na zadržování vody – slouží k zadržování vody o paprsku, který prošel akumulátorem. Nádrž by měla být domněle kladná, pokud ovšem kapacita je 300 až 600 mm. V případě nedostatečné protlačení lze použít nádrž menší, musí se však do ní vyprázdnit ověření.

VODNÍ PAPERSEK OBLASTI POUŽITÍ VODNÍHO PAPERSKU

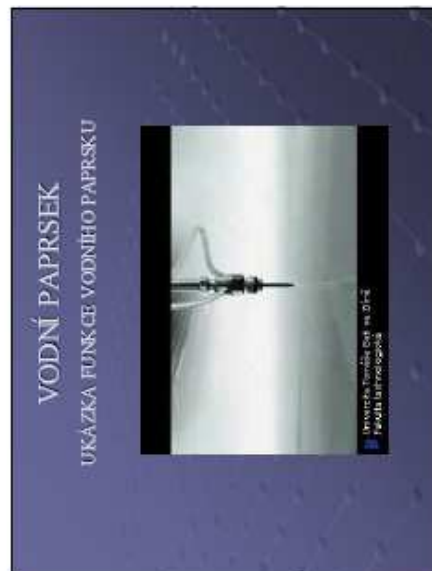
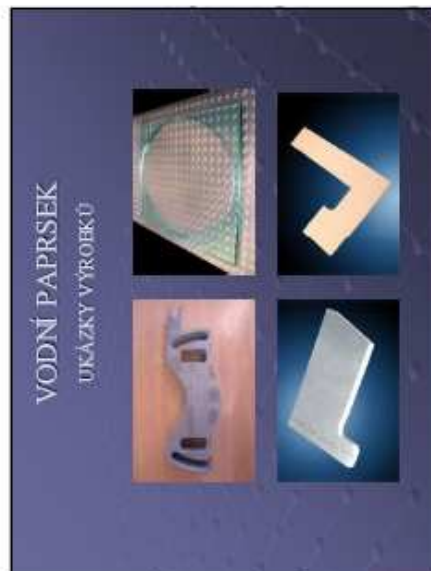
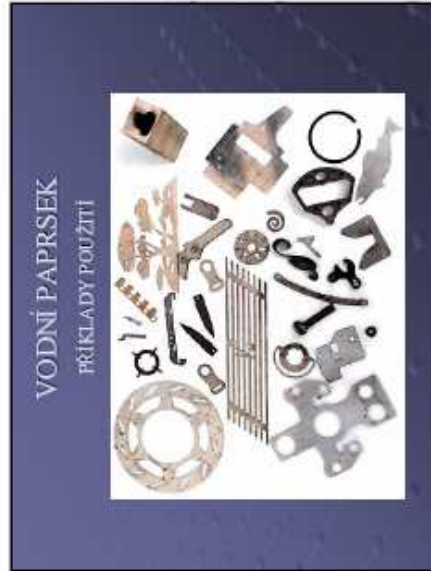
Vysokotlaký vodní paprsek a vodní paprsek s tržním příměsí používají různé oblasti uplatnění v různých strojírenských odvětvích:

- gumárenský průmysl – řezání pryže, plastů a kevlarových vláken
- strojírenský průmysl – dělení titanu, wolframu, exotické tvrdých a těžkých materiálů, řezání vláknitých materiálů
- chemický průmysl – dělení vysochtých látek (např. dynamit)
- papírenský průmysl – dělení papíru, fólie (bezpečnostní prvky)
- stavební průmysl – dělení polystyrenu, polyuretanu, kování, kování, apod.

VODNÍ PAPERSEK VÝHODY VODNÍHO PAPERSKU



- energetická účinnost až 80% (80 % je až a laser)
- jednodušší obsluha
- vysoká rychlost řezání
- vysoká přesnost
- studený řez (bez tepelného ovlivnění)
- řezání těžkoobsluhitelných materiálů
- bezpečný provoz
- není třeba pevně upnuté obrábě



ZÁVĚR

V této práci jsem se zaměřil na nekonvenční technologie zpracování materiálu. Jelikož tento pojem zahrnuje velké množství technologií, mým úkolem bylo zpracovat rešerši na téma: nekonvenční technologie ve firmě MRB Sazovice. Zabýval jsem se především laserovým obráběním pomocí CO₂ laserů a mechanickým úběrem materiálu a to konkrétně pomocí vodního paprsku. U laserového obrábění jsem se zaměřil na historii a vznik této technologie, rozdělení typů laserů a výhody a nevýhody, které tato technologie má. Dále jsem věnoval již podrobněji CO₂ laseru, u kterého jsem uvedl příklady strojního vybavení ve firmě MRB Sazovice a jejich popis. Další technologií byl již zmíněný mechanický úběr materiálu, kde jsem se zabýval základním rozdělením, funkcí a popisem vodního paprsku.

V praktické části práce jsem se snažil zprostředkovat i mé osobní zkušenosti s prací u jednotlivých strojních zařízeních, neboť jsem v této firmě již delší dobu brigádnicky zaměstnán. Jsou zde přiblíženy jednotlivé stroje, které se firmě MRB Sazovice nachází, a to pomocí stručného popisu s použitím videí a ukázek výrobků.

U těchto prezentací jsem kladl důraz jak na obsahovou, tak grafickou stránku, aby byly srozumitelné a přínosem pro výuku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Monografie:

- [1] MAŇKOVÁ, I.: *Progresivní technologie, Vienala, Košice 2000*
- [2] BRIMUS, J.: *Vliv koncentrované energie laserového paprsku na různé polymerní materiály*, UTB Zlín 2007
- [3] JANDÍK, L.: *Analýza nekonvenčních technologií se zaměřením na mechanický, chemický a elektrochemický úběr materiálu*, UTB Zlín 2008
- [4] KUDĚLKA, J.: *Analýza nekonvenčních technologií se zaměřením na elektrotepelné principy*, UTB Zlín 2008

Internetové zdroje:

- [5] <http://www.mrb.cz>
- [6] <http://www.primaindustrie.com>
- [7] <http://www.cz.trumpf.com>

Interní materiály:

- [8] PRIMA INDUSTRIE, *Rapido-návod k použití, programování a údržbě*, 01/2009
- [9] PRIMA INDUSTRIE, *Syncrono-návod k obsluze, programování a údržbě*, 01/2007
- [10] HAWE SYSTEMS, *Eurolaser*
- [11] TRUMPF, *Tubematic- návod k obsluze, programování a údržbě*
- [12] TRUMPF, *TC 6000 L-návod k obsluze, programování a údržbě*
- [13] Interní materiály k zařízení Vodní paprsek

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LAM	Laser Assisted Machining.
LM	Laser Machining.
Nd-YAG	Neodym-Yttrium Aluminium Granát.
IR	infračervené záření.
UV	ultrafialové záření.
RTG	rentgenové záření.
cw	Kontinuální režim (continuous wave).
pw	Pulzní režim (pulsed wave).
Qs	Q - switched režim (zvláštní kontinuální režim s vysokou energií).
TEM	transverse electromagnetic mode.
v	rychlost proudící kapaliny [m/s].
p	tlak kapaliny [MPa].
ρ	hustota kapaliny [kg/m ³].
E_F	Fermiho energie.
WJM	Čistý vodní paprsek (Water Jet Machining).
AWJM	Vodní paprsek s abrazivní příměsí (Abrasive Water Jet Machining).
AJM	Opracování abrazivním paprskem (Abrasive Jet Machining).
AFM	Opracování proudem brusiva (Abrasive Flow Machining).
USM	Ultrazvukové obrábění (Ultrasonic Machining).
DIAS	Funkce udržování stálé vzdálenosti od plechu.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Rozdělení nekonvenčních technologií obrábění</i>	12
<i>Obr. 2. Obrázek a schéma prvního (rubínového) laseru zkonstruovaného T. H.</i>	16
<i>Obr. 3. Skokové změny hodnot energie mezi.....</i>	17
<i>Obr. 4. Model atomu (absorpce, emitace)</i>	17
<i>Obr. 5. Absorpce, spontánní a stimulovaná emise</i>	18
<i>Obr. 6. Vlnové délky pro různé typy laserů</i>	20
<i>Obr. 7. Srovnání laserového světla (a) a fokusovaného neparalelního světla (b).....</i>	20
<i>Obr. 8. Srovnání světla vyzařovaného laserem se světlem</i>	21
<i>Obr. 9. Tvary paprsku laseru</i>	22
<i>Obr. 10. Rezonátor.....</i>	23
<i>Obr. 11. Druhy režimu laserového paprsku.....</i>	28
<i>Obr. 12. Základní typy konstrukčního řešení.....</i>	29
<i>Obr. 13. Princip CO₂ laseru</i>	31
<i>Obr. 14. Typy oscilátorů pro CO₂ lasery (a-axiální, b-ortogonální dvoj osový,</i>	34
<i>Obr. 15. Základní uspořádání hlavy u CO₂ laserů.....</i>	35
<i>Obr. 16. Laserové zařízení Tubematic</i>	39
<i>Obr. 17. Řezací hlava</i>	41
<i>Obr. 18. Otáčecí a posuvná stanice</i>	42
<i>Obr. 19. Eurolaser XL-1600</i>	45
<i>Obr. 20. 3D laser Rapido.....</i>	47
<i>Obr. 21. Pracovní kabina stroje</i>	50
<i>Obr. 22. Standardní hlava stroje</i>	51
<i>Obr. 23. 2D laser Sincrono</i>	52
<i>Obr. 24. Popis os</i>	54
<i>Obr. 25. Optický řetězec</i>	55
<i>Obr. 26. Popis stroje.....</i>	56
<i>Obr. 27. Hydraulická lisovací hlava</i>	60
<i>Obr. 28. Laserová řezací hlava</i>	61
<i>Obr. 29. Přidržovač laserové hlavy</i>	62
<i>Obr. 30. Schéma vysokotlakého vodního paprsku čistého a s příměsí abraziva</i>	64
<i>Obr. 31. Hlavní komponenty zařízení pro obrábění vodním paprskem.....</i>	65

<i>Obr. 32. Konstrukční řešení dýzy pro abrazivní vodní paprsek</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 33. Schéma procesu řezání a dráhy paprsku.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 34. Vodní paprsek.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 35. Tlakový dopravník</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 36. Dávkoč ATD IV.....</i>	<i>74</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Vybrané typy laserů (základní informace).....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 2. Charakteristiky materiálu.....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 3. Konfigurace zrcadel rezonátoru.....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 4. Základní údaje pro zpracovávaný materiál.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 5. Tloušťky stěn profilů, které lze zpracovat.....</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 6. Hlavní technické parametry.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 7. Technické parametry.....</i>	<i>57</i>