

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

RACIONALIZACE MALOSÉRIOVÉ VÝROBY VÝPALKŮ V PODMÍNKÁCH FIRMY PARS NOVA a.s.

**RATIONALIZATION OF SMALL-LOT PRODUCTION OF SLOPS IN CONDITIONS OF COMPANY
PARS NOVA a.s.**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL JURKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA

BRNO 2008

Vložit zadání v elektronické formě 2 strana (scan)

Vložit Licenční smlouvu v elektronické formě 1 strana (scan)

Vložit Licenční smlouvu v elektronické formě 2 strana (scan)

ABSTRAKT

Rozbor technologických možností paprskových metod plazmy, laseru a vodního paprsku z hlediska potřeb firmy Pars Nova a.s.. Návrh konkrétní nekonvenční metody. Dispoziční řešení a provozní potřeby navržené metody. Bezpečnostní a ekologická rizika navržené metody. Technicko – ekonomické vyhodnocení přínosu navržené nekonvenční technologie.

Klíčová slova

řezání plazmou, nekonvenční technologie obrábění, řezání laserem, řezání vodním paprskem

ABSTRACT

Analysis of the technological possibility ray methods of protoplasm, laser and water jet on the part of needs company Pars Nova a.s.. Propsal concrete of unconventional method. Process layout and exigencies of working designed method. Security and ecological diversification of designed method. Technical – economics evaluation contribution designed of unconventional technology.

Key words

plasma arc cutting, unconventional technology cutting, laser cutting, water jet cutting

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JURKA, Pavel. *Racionalizace malosériové výroby výpalků v podmínkách firmy Pars Nova a.s.: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 65 s., 5 příloh. Vedoucí práce Ing. Karel Osička

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Racionalizace malosériové výroby výpalků v podmínkách firmy Pars Nova a.s.“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 21. 5. 2008

.....
Pavel Jurka

Poděkování

Děkuji tímto panu Davidu Chladovi, firmě AWAC spol. s r. o., Bc. Petru Schartelovi dále pak Ing. Karlu Osičkovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	9
1 FIRMA PARS NOVA a.s.....	10
1.1 Historie společnosti.....	10
1.2 V rámci uvedených činností se zde provádí	11
2 ROZDĚLENÍ NEKONVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ	13
2.1 Vysvětlení pojmu nekonvenční technologie obrábění.....	13
2.2 Rozdělení nekonvenčních metod obrábění	13
3 POPIS A CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE	14
3.1 Princip technologie řezání laserem.....	14
3.1.1 Druhy laserů.....	14
a) Plynové lasery	14
b) Pevnolátkové lasery.....	15
c) Polovodičové lasery.....	15
d) Lasery pracující na principu kovových par.....	16
e) Některé nové druhy laserů.....	16
3.1.2 Laserové technologie	17
a) Řezání laserem	18
b) Svařování laserem	18
c) Vrtání laserem	18
d) Značení, značkování a popis laserem	19
e) Tepelné zpracování	19
f) Gravírování (mikrofrézování) laserem	19
g) Texturování povrchů	19
h) Leštění povrchů	20
i) Využití laserů v obráběcích strojích	20
j) Kombinace laser a obráběcí stroj.....	20
3.2 Princip technologie řezání plazmou.....	21
3.2.1 Princip jemného plazmového paprsku.....	22
3.3 Princip technologie WJM a AWJ	29
3.3.1 Rozbor pracovního zařízení.....	30
a) Vysokotlaká vodní pumpa.....	30
b) Řezací hlavy s vodní a abrazivní tryskou.....	32
3.3.2 Oblasti využití AWJ A WJM.....	34
a) Potravinářský průmysl	34
b) Stavební průmysl.....	34
c) Automobilový průmysl	35
d) Moderní umění.....	35
3.4 Všeobecné přednosti a nevýhody jednotlivých způsobů dělení.....	35
3.4.1 Plazma – výhody	35
- nevýhody	35
3.4.2 Laser - výhody	36
- nevýhody	36

3.4.3 Vodní paprsek – výhody.....	36
- nevýhody	36
4 NÁVRH KONKRÉTNÍ NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE.....	38
4.1 Vybraný CNC stroj na řezání plazmou	38
4.1.1 Technický popis jednotlivých komponentů:	39
5 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ A PROVOZNÍ POTŘEBY NAVRŽENÉ METODY	49
6 BEZPEČNOSTNÍ A EKOLOGICKÁ RIZIKA NAVRŽENÉ METODY.....	51
7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ PŘÍNOSU NAVRŽENÉ NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE	54
Závěr	60
Seznam použitých zdrojů	61
Seznam použitých zkratek a symbolů.....	63
Seznam příloh	64

ÚVOD

Firma Pars Nova a.s. se již delší dobu potýká s nedostatkem výrobních kapacit, který nastal při navýšení počtu modernizovaných kolejových vozidel. Tento nedostatek firma řešila přesunutím části výroby polotovarů do kooperace. Jednalo se o výrobu součástí z plechu. Toto řešení se ukázalo jako ekonomicky nevýhodné. Proto firma začala uvažovat o zakoupení některé z nekonvenčních technologií obrábění.

Nekonvenční technologie obrábění jsou založeny na využití fyzikálního nebo chemického principu úběru materiálu. Jedná se většinou o bezsilové působení na obráběný materiál, bez vzniku klasických třísek, které známe z obrábění řeznými nástroji.

V podmínkách firmy Pars Nova a.s. bylo možné aplikovat pouze tři možné typy nekonvenčních technologií a to obrábění paprskem laseru, obrábění paprskem plazmy a obrábění vodním paprskem. U těchto metod obrábění nezávisí obrobitelnost materiálu na jeho mechanických vlastnostech (tj. na pevnosti, tvrdosti apod.), jako je tomu u klasického třískového obrábění.

V této práci bude u každé metody uvedena definice, podstata metody, oblasti použití, používané nástroje, obráběcí stroje a dosahované parametry, (tj. jakost obrobeného povrchu, přesnost rozměrů a tvaru). Obecně je použití fyzikálních technologií opodstatněné tam, kde z hlediska technického nebo ekonomického nelze použít obrábění klasickými řeznými nástroji.

Technologie dělení materiálů plazmou se v posledních letech prudce rozvíjí. Na trh přicházejí nové typy plazmových zdrojů umožňující dosáhnout podstatně kvalitnější řez, při čem se zároveň zvětšuje i rozsah hloubek řezaného materiálu, při kterých se tato kvalita dosahuje.

Plasma je tepelný vysoce žhavý, elektricky vodivý plyn, z pozitivních a negativních iontů, elektronů a také vybuzených a neutrálních atomů a molekul. Ve fyzice se často mluví o 4. skupenství. Jako plazmový plyn může být používán jednoatomový argon a nebo dvouatomové plyny vodíku, dusíku, kyslíku a vzduchu.

1 FIRMA PARS NOVA a.s.

1.1 Historie společnosti



Obr. 1.1 Sídlo společnosti (1)

Již v roce 1884 byly v Šumperku vybudovány ve své době největší a nejlépe vybavené státní dílny na území Rakousko-Uherska. Se vzrůstající modernizací železnic se již před druhou světovou válkou uvažovalo o rozšíření místního lokomotivního depa. Po válce bylo nutno se vyrovnat s jejími následky a s problematikou plynoucí z rozšířeného sortimentu lokomotivního a vozového parku. (1)

Samotná historie nynější firmy Pars nova a.s. v Šumperku se začala psát po II. světové válce, a to dne 8.12.1947, kdy byl položen základní kámen ke stavbě závodu na místě 22 ha pozemků bývalého statku Chiariho. Dne 1.6.1952 zde byl zahájen částečný provoz nových ČSD - Dílen. Roku 1960 tvořil šumperský podnik dva závody: Dílnu pro opravu vozidel Šumperk a Česká Třebová. V roce 1973 se změnil název podniku na ŽOS Šumperk. (1)

Dílna v Šumperku byla původně určena pro opravu kolejových motorových vozů. Brzy však byla tato zásada porušena a vytvořena zde jakási prototypová opravena, kde se opravovaly nejen motorové vozy, ale také lokotraktory všech druhů, elektrické lokomotivy prakticky všech řad a různá speciální vozidla pro údržbu trolejí aj. Během prvních 15ti let činnosti dílny bylo opraveno téměř 8.000 různých vozidel padesáti rozličných konstrukčních řad a typů. (1)

Roku 1993 se začala psát nová etapa v historii podniku, a to privatizací šumperských železničních opraven a strojíren ČSD společností Pars DMN s.r.o. Šumperk. V tomto období bylo také vedením rozhodnuto o rozšíření činností firmy o opravy dalších řad železničních vozidel a také tramvajů. (1)

Od 1. srpna 2000 byla založena akciová společnost s novým názvem Pars Nova a.s. Dnes se může v České republice z nejvýznamnějších firem v oboru Pars nova a.s. pochlubit širokým sortimentem prováděných oprav a modernizací jak železničních vozidel, tak i tramvajů a od r. 2000 i trolejbusů,

a to nejen pro zákazníky z ČR, ale také ze SR, Ukrajiny, Bosny a Hercegoviny a dalších evropských zemí. Firma s 800 zaměstnanci patří také mezi největší v regionu. Svými novinkami se firma Pars nova a.s. prezentuje každý rok i na některých významných veletrzích u nás i v zahraničí, kde rozhodně svými úspěšnými produkty dále šíří dobré jméno českého opravárenství. (1)

1.2 V rámci uvedených činností se zde provádí

- Odstranění lehčích i těžkých poškození vozidel
- Obnovu elektrických, vzduchových a topných rozvodů
- Obnovu interiérů vozidel
- Opravu a údržbu komponentů železničních vozidel
- Realizaci dílčích úprav
- Náhrady zastaralých komponentů

Provádí se zde opravy kolejových vozidel

- Motorové a řídící vozy
- Diesellové lokomotivy
- Elektrické lokomotivy
- Elektrické pantografové jednotky
- Speciální vozidla (měřicí vozy, fotogrammetrické vozy, vozy pro kontrolu a opravy trolejového vedení)
- Osobní vozy a přípojné vozy
- Motorová souprava Regionova řady 814 – 914
- Motorový vůz řady 854
- Třívozová motorová souprava RegionovaTrio
- Elektrický vůz řady 560
- Řídící vůz řady 954



Obr. 1.2 Elektrický vůz řady 560 (2)



Obr. 1.3 Motorová souprava Regionova řady 812 – 912 (3)

Dále nabízí:

- Modernizace tramvají
- Výrobu tramvají
- Výrobu skříní tramvajových vozidel
- Opravy tramvají po násilném poškození
- Tramvaj K2S
- Tramvaj K3R-N
- Tramvaj K3R-NT
- Tramvaj KT3UA
- Tramvaj KT8.N2
- Tramvaj RT6-N2
- Tramvaj SATRA II
- Tramvaj SATRA III



Obr. 1.4 Tramvaj SATRA III (4)



Obr. 1.5 Tramvaj SATRA III (4)

2 ROZDĚLENÍ NEKONVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ

2.1 Vysvětlení pojmu nekonvenční technologie obrábění

Nekonvenční metody obrábění představují soubor technologií, které nevyužívají pro obrábění a dělení materiálu klasických nástrojů, nýbrž procesů zakládajících se na přírodních zákonitostech o erozi materiálu. Při těchto metodách nikdy nedochází k přímému kontaktu „nástroje“, který bývá zpravidla zastoupen ve formě trysek, drátků, elektrod atd., s materiálem. Tyto nástroje pak mají za úkol produkovat formu energie, která podporuje v obráběném materiálu erozivní účinky, a tím dochází k obrušování nebo dělení materiálu. (5)

2.2 Rozdělení nekonvenčních metod obrábění

Všechny nekonvenční metody obrábění by se daly podle své podstaty obrábění rozdělit do třech skupin: (6)

a) oddělování materiálu tepelným účinkem

- elektroerozivní obrábění (Electro Discharge Machining – EDM)
- obrábění paprskem plazmy (Plasma Beam Machining – PBM)
- obrábění paprskem laseru (Laser Beam Machining – LBM)
- obrábění paprskem elektronů (Elektron Beam Machining – EBM)

b) oddělování materiálu elektrochemickým nebo chemickým účinkem

- elektrochemické obrábění (Electro Chemical Machining – ECM)
- chemické obrábění (Chemical Machining – CM)

c) oddělování materiálu mechanickým účinkem

- ultrazvukové obrábění (Ultrasonic Machining – USM)
- obrábění paprskem vody (Water Jet Machining – WJM)
- obrábění abrazivním vodním paprskem (Abrasive Waterjet Machining AWJ)

Tab.2.1 Výstupní technologické parametry (6)

Metoda	Drsnost Ra [μm]	Stupeň Přesnosti IT	Hloubka ovlivněné vrstvy [μm]	Úběr cm ³ .min ⁻¹	Měrná spotřeba energie kWh.cm ⁻³
Elektrojiskrové obrábění	50 – 0,2	6 – 12	10 – 300	10 ⁻⁴ – 0,6	0,1 – 1
Obrábění paprskem laseru	50 – 6,3	6 – 12	6 – 12	10 ⁻² – 0,4	8 – 12
Obrábění paprskem elektronů	50 – 6,3		Beze změn	10 ⁻² – 0,4	
Obrábění paprskem plazmy	50 – 6,3		500 – 800	100	
Elektrochemické obrábění	2,5 – 1,6	9 – 12	Beze změn	0,05 – 0,5	0,1 – 0,3
Elektrochemické broušení	0,8 – 0,2	6 – 9	Beze změn	2 – 10	0,04 – 0,08
Ultrazvukové obrábění	6,3 – 0,4	7 – 9	Beze změn	10 ⁻² – 10	0,07 – 0,8
Obrábění vodním paprskem	3,2	7 – 9	Beze změn		

3 POPIS A CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE

Kapitola se bude zabývat rozбором tří typů nekonvenčních technologií v podmínkách firmy Pars Nova a.s., které by bylo možné aplikovat. Jedná se o obrábění paprskem laseru, obrábění paprskem plazmy a obrábění vodním paprskem.

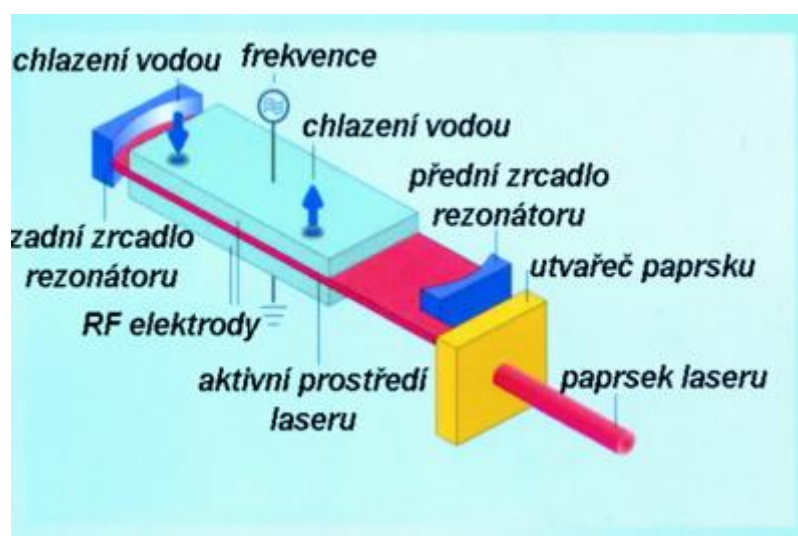
3.1 Princip technologie řezání laserem

Laser se za dobu od svého vzniku uplatnil v celé řadě oborů. Jako přístroj se dnes využívá v medicíně, technologii, astronomii, geodézii, metrologii, chemii, biologii, spektroskopii, energetice, ve výpočetní technice, v technice spojů, ve vojenské technice, v automatizaci a dálkovém řízení, ale i při studiu a vývoji termojaderné fúze jako nového zdroje energie. (7)

3.1.1 Druhy laserů

a) Plynové lasery

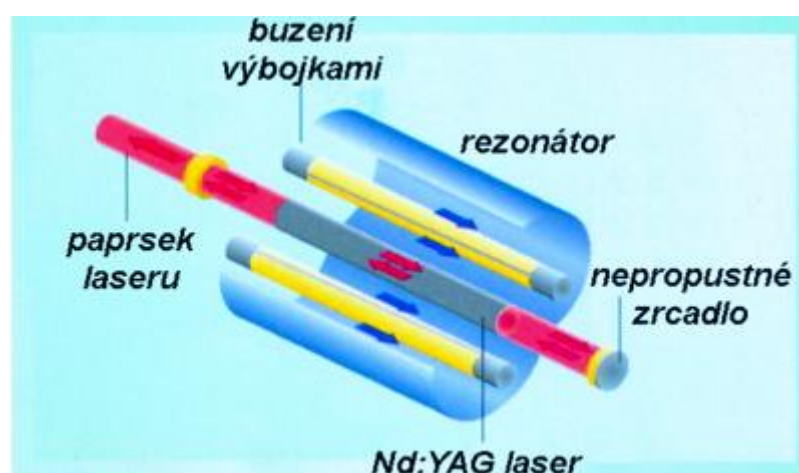
Aktivní prostředí plynového laseru je v plynné fázi, tyto lasery pracují v kontinuálním i pulzním režimu. Do této skupiny patří helium-neonový laser, měďný laser, jódový laser, argonový laser, helium-kadmiový laser, vodíkový laser, dusíkový laser, excimerové lasery a CO₂ lasery. Z uvedených laserů se helium-neonový laser používá např. v měřicí technice. V technologii opracování materiálů se používají především CO₂ lasery (Obr. 3.1) pro řezání a svařování a excimerové lasery pro popisování, mikroobrábění keramických materiálů, obrábění diamantu, čištění povrchů strojních součástí i uměleckých děl a vrtání děr od průměru 10 μm. (7)



Obr. 3.1 Princip CO₂ laseru (7)

b) Pevnolátkové lasery

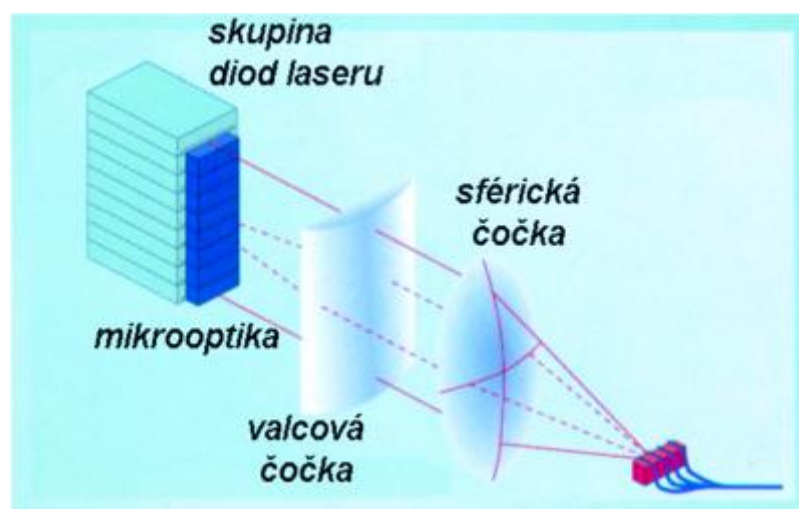
Aktivním prostředím v pevnolátkovém laseru je pevná opticky propustná látka - krystaly, oxidy, granáty, alumináty, fluoridy, oxysulfidy, fosfáty, silikáty, tungstáty, molybdáty, vanadáty, beryláty, sklo a keramika. Do této skupiny patří rubínový laser, neodymový laser, Nd:YAG laser, Nd:YLF laser, Er:YAG laser a Ho/CTH:YAG laser. Dnes nejvíce používaným typem pevnolátkového laseru je Nd:YAG laser (Obr. 3.2). Laser pracuje jak v pulzním, tak kontinuálním režimu. Paprsek pevnolátkových laserů má vlnovou délku $1,06\text{ }\mu\text{m}$. Je vhodný pro vrtání, sváření, řezání a popisování. V lékařství se používá kontinuální Nd:YAG laser jako skalpel v chirurgii a pulzní Nd:YAG laser v oční mikrochirurgii. Dále se používá v radarové technice a ve spektroskopii. (7)



Obr. 3.2 Princip Nd:YAG laseru (7)

c) Polovodičové lasery

Aktivním prostředím polovodičových laserů je polovodičový materiál, ve kterém jsou aktivními částicemi nerovnovážné elektrony a díry, tj. volné nosiče náboje, které mohou být injektovány. Hlavní předností polovodičových laserů je jejich kompaktnost, velká účinnost (až 50 %), možnost spektrálního přeladění v širokém spektrálním pásmu a pomocí výběru aktivního prostředí generace záření různých vlnových délek. Typickými představiteli polovodičových laserů jsou: polovodičový laser buzený svazkem elektronů a injekční polovodičový laser, kde je buzení prováděno elektrickým polem. Polovodičové lasery mohou mít výstupní výkon 30 W až 6 kW. U vysoce výkonných diodových laserů má vystupující paprsek tvar obdélníkové plochy. Laser o výstupním výkonu 150 W má po zaostření rozměr stopy $0,6 \times 1,2\text{ mm}$. Lze jej však zaostřit i na $1,3 \times 1,3\text{ mm}$ nebo na stopu ve tvaru kruhu o průměru 1,5 mm. Polovodičové lasery (Obr. 3.3) se používají především pro svařování, tepelné zpracování a nanášení povlaků. (7)



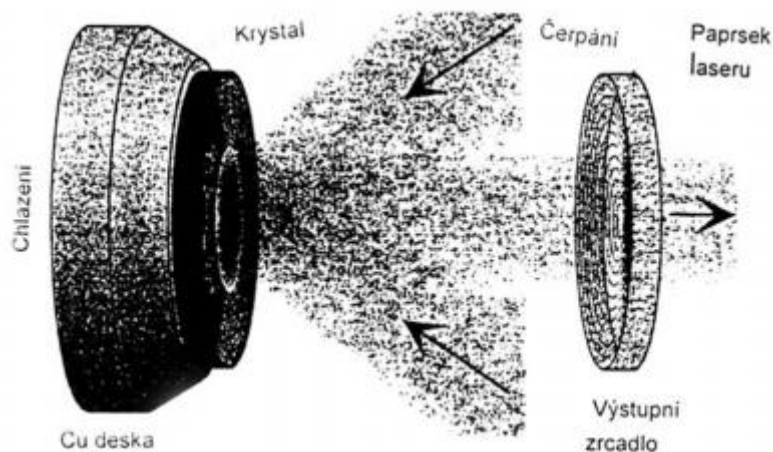
Obr. 3.3 Konstrukce polovodičového laseru (7)

d) Lasery pracující na principu kovových par

V průmyslu se používají také lasery pracující na principu kovových par vzácných prvků. Jde např. o lasery pracující na principu Cu par. Produkují záření o výstupním výkonu 120 W, o vlnové délce 510,6 a 578,2 nm, frekvence pulzů je 30 kHz, délka pulzu 20 až 50 ns, špičkový výkon v pulzu nad 100 kW. Typické aplikace použití laserů pracujících na principu kovových par jsou: vrtání děr o průměru 50 až 200 μm , řezání fólií, křemíkových desek a vytváření hustých mřížek. Drsnost stěn vyvrtané díry je 1 až 2 μm , rychlost vrtání velká a tepelné ovlivnění okolního materiálu díry malé. (7)

e) Některé nové druhy laserů

Prudký rozvoj zaznamenávají diodami čerpané pevnolátkové lasery. Jsou to především Nd:YAG lasery, u nichž jsou pro čerpání energie z krystalu dosud používané výbojky nahrazeny laserovými diodami, příp. diodovými lasery. Výhodami těchto laserů jsou vyšší účinnost, menší spotřeba elektrické energie, menší celkové rozměry, delší trvanlivost diod oproti výbojkám (životnost diod je cca 10 000 hodin) a menší provozní náklady. Dalším vývojovým stádiem diodami čerpaných pevnolátkových laserů jsou kotoučové lasery (Obr. 3.4). (7)



Obr. 3.4 Princip kotoučového laseru (7)

U tohoto typu laserů je krystal, používaný dosud ve tvaru válce nebo desky, nahrazen kotoučem o tloušťce 0,3 mm a průměru 7 mm. Kotouč lze vyrobit z krystalu Yb:YAG, čímž se oproti krystalu z Nd:YAG zvýší účinnost čerpání ze 76 % na 91 %. Současné výkony kotoučových laserů jsou do 350 W. Kotoučové lasery mají možnost dobrého zaostření paprsku, pracují v kontinuálním i pulzním režimu s délkou pulzu v rozsahu femtosekund. Konstrukce laseru je kompaktní. V poslední době se začínají v technologii používat vláknové lasery s výstupním výkonem 2 až 30 W a vlnovou délkou záření 1,06 μm . Používají se pro značení, popisování, vrtání mikrootvorů, mikrořezání a svařování. (7)

3.1.2 Laserové technologie

Mezi základní oblasti, ve kterých se uplatňuje laser v průmyslu, patří: (7)

- zpracování plechů - řezání, svařování, vrtání a ohýbání
- obrábění - řezání drážek, obrábění dutin, vrtání, obrábění s předehřevem, popisování, dělení třísek, odhroťování, soustružení, frézování a mikrofrézování
- tepelné zpracování - kalení, žíhání, popouštění, zpevnění s natavením, amorfizace povrchu a rázové zpevnění
- povrchové úpravy - nanášení různých druhů povlaků a sycení povrchu legujícími prvky, leštění povrchů, vytváření textur
- technologie Rapid Prototyping
- měření - délek, tvaru, polohy obrobku, počítání počtu vyrobených kusů, měření jakosti povrchu
- renovace opotřebovaných součástí a nástrojů - navařování
- vyvažování součástí - úběr materiálu součásti v předem daném místě
- měření stavu napjatosti součástí - holografie
- dálkové řízení strojů
- měření stavu opotřebení činné části nástroje
- analýza chemického složení materiálů
- vytváření textů na nedabovaných filmech
- vytváření dekorací na a ve skleněných předmětech
- renovace starých uměleckých děl - čištění
- výzkum termojaderné fúze vyvolané laserem.

Základní předností laserových technologických operací je možnost opracování bez mechanického kontaktu s výrobkem, možnost opracování obtížně přístupných částí obrobku a technologické zpracování těžkoobrobitelných materiálů. V technologii se laser používá pro řezání, svařování, vrtání, značení a gravírování, povrchové úpravy, povlakování, renovaci součástí, tvorbu modelů a prototypů (Rapid Prototyping) a na laserovou podporu konvenčního obrábění. Každá z těchto oblastí má svá specifika, pokud jde o typ laseru a způsoby jeho užití. (7)

a) Řezání laserem

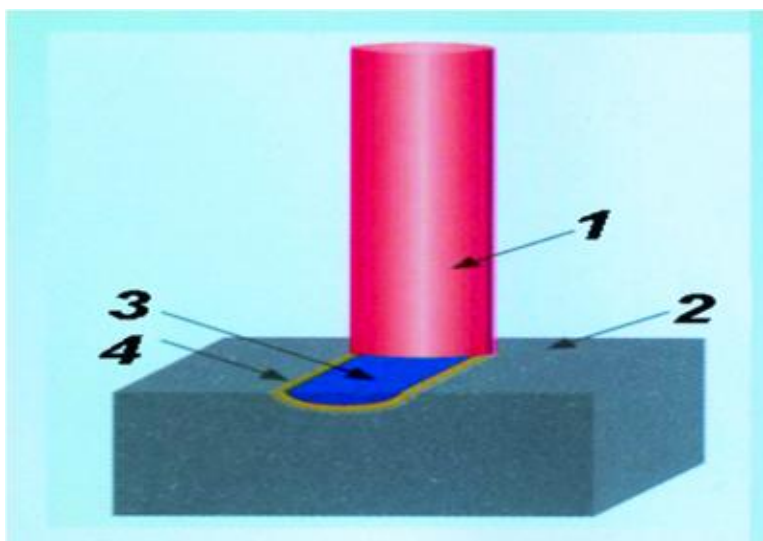
Nejpoužívanější lasery v tomto oboru jsou kontinuální CO₂ lasery se středním výkonem do 15 kW, kterými je možné řezat konstrukční oceli do tloušťky až 20 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 10 mm a slitiny hliníku do tloušťky 5 mm. Pro přesnější řezy s menší šířkou řezné spáry se používají Nd:YAG lasery o výkonu 100 až 1000 W, kterými lze řezat konstrukční oceli do tloušťky 6 mm, korozivzdorné oceli do tloušťky 3 mm a slitiny hliníku do tloušťky 2 mm. Laserem lze řezat např. titan, oceli s nízkým obsahem uhlíku a korozivzdorné oceli. (7)

b) Svařování laserem

Svařování laserem má řadu výhod, kterých nelze dosáhnout žádnou jinou technikou. Mezi výhody svařování laserem patří vysoká rychlost svařování, malé tepelné ovlivnění místa svaru, možnost provedení svaru i při přístupu pouze z jedné strany, malé nároky na jakostní povrch svařovaných součástí, vysoká pevnost svaru. Laserem je možné svařovat jinými metodami obtížně svařitelné materiály, jako titan a jeho slitiny, hliníkové slitiny (např. dnes v letectví a kosmonautice používanou slitinu hliníku a lithia), sendvičových hliníkových konstrukcí, niob, zlato apod. Ke svařování se používají Nd:YAG a CO₂ lasery. Svařování ve srovnání s dalšími aplikacemi vyžaduje menší intenzitu záření optického svazku a větší délku laserového pulzu. (7)

c) Vrtání laserem

Pro vrtání laserem platí, že čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie, což je způsobeno rozdělením energie paprsku. Předností laserového vrtání je vytváření malých otvorů o průměru 10 µm až 100 µm i v místech, kde je to pomocí jiných metod obtížné nebo nemožné. Díry mohou být kruhové i tvarové. Délka vrtané díry může být až 50 mm. Vrtat lze kovy, plasty, textilie, dřevo, sklo, papír, keramiku a jiné přírodní materiály. Tato technologie se používá pro vrtání kamenů do hodinek, filtrů, vstřikovacích trysek, lopatek proudových motorů apod. (7)



Obr. 3.5 Princip kalení laserem (7)

(1- paprsek laseru, 2 – neovlivněný povrch, 3 - zakalený materiál, 4 - tepelně ovlivněná oblast)

Pro vrtání se používají:

- CO₂ lasery - vyřezávání (kruhových i tvarových) otvorů, nejmenší průměr vyřezávaného otvoru je 5 mm, nejmenší průměr vrtané díry je 0,2 mm,
- Nd:YAG lasery - vrtání děr o menším průměru, nejmenší průměr vrtané díry je 0,025 mm,
- excimerové lasery - vrtání děr do keramiky.

V průmyslu se pro vrtání děr používají především Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 100 až 500 W.

d) Značení, značkování a popis laserem

Laser na povrchu materiálu s vysokou přesností vytváří stálý, mechanicky odolný a velmi kontrastní popis. Laserem je možné označovat všechny materiály, jako kalené i nekalené oceli a litiny, titan, mosaz, bronz, hliník a jeho slitiny, slitiny karbidu, zlato, keramiku, drahé kameny, plasty, dřevo, sklo, gumu, papír, kůži atd. Popisovaný povrch může být broušený, pískovaný, lakovaný, černěný, smaltovaný, opatřený povlakem chromu, zinku, titankarbidu, titannitridu, keramickým povlakem apod. Laserem lze popisovat rovinné, válcové i jinak zakřivené plochy, a to i na málo přístupných místech. Pro popisování se používají především Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 50 W, dále CO₂ lasery a excimerové lasery. Nově se pro popisování používají lasery vláknové. (7)

e) Tepelné zpracování

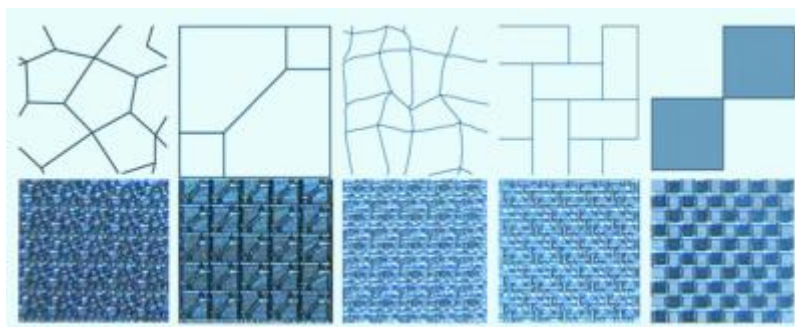
Tepelné zpracování materiálů laserem je charakterizováno krátkou dobou ohřevu a malým objemem ohřátého materiálu. Metody tepelného zpracování jsou založeny na: ohřevu materiálu - žíhání, kalení a popouštění; tavení materiálu povrchu součásti - tepelné zpevnění s natavením a amorfizace povrchu; odpařování materiálu - rázové zpevnění založené na mechanismu vypařování. Zpravidla se používá kontinuálních CO₂ laserů o výkonu několika tisíc wattů. Velmi výhodné je použití vysoce výkonových diodových laserů, které mají obdélníkovou stopu paprsku na opracovávaném materiálu. Kalit lze vnější plochy, ale také např. drážku v díře, vnitřní dosedací plochy apod. (7)

f) Gravírování (mikrofrézování) laserem

Gravírování se používá pro vytváření jednoduchých i velmi složitých reliéfů, především do kalených ocelí (např. do forem pro stříkání plastů a zápustek), keramických materiálů, dřeva, gumy apod. Podstatou metody je odpařování materiálu v místě, kde působí paprsek laseru. Gravírování může být v rovině, v několika různých hloubkách nebo lze vytvářet prostorové reliéfy. Pro gravírování do kovových a keramických materiálů se používají především Nd:YAG lasery, pro gravírování do dřeva a gumy jsou vhodné CO₂ lasery. (7)

g) Texturování povrchů

Do gravírování je možné zahrnout rovněž vytváření různých druhů textur. Texturování povrchů se používá například u tiskařských válců, k dekoraci předmětů nebo u ohybadel s cílem zvýšení jejich trvanlivosti. Rovněž touto technologií se zabývá výše uvedené výzkumné centrum. (7)



Obr. 3.6 Vzory a příslušné texturey (ocel 19 436) (7)

h) Leštění povrchů

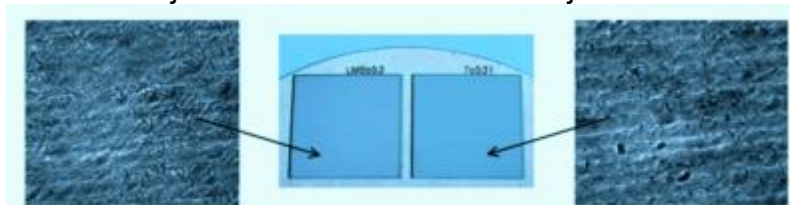
Další technologií, kterou vyvíjí Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, je leštění povrchů. Leštění paprskem laseru má výrobcům forem umožnit náhradu ruční práce automaticky pracujícím strojem. Zkoumanými materiály byly: nástrojová ocel 19 436, konstrukční ocel 14 220, mosaz a měď. Nejnižší hodnoty drsnosti povrchu ($R_{\text{apod}} = 0,24 \mu\text{m}$, $R_{\text{ypod}} = 1,67 \mu\text{m}$, $R_{\text{apr}} = 0,37 \mu\text{m}$, $R_{\text{ypr}} = 2,9 \mu\text{m}$) byly dosaženy u nástrojové oceli 19 436. Paprskem laseru lze také zpřesňovat rozměry a tvar obrobku. Jde například o vytváření ostrých vnitřních rohů, které nelze vyrobit frézováním. (7)

i) Využití laserů v obráběcích strojích

V oblasti aplikace laserových technologií na obráběcích strojích jsou zřejmé tři přístupy: využití stávajícího obráběcího stroje a jeho doplnění vhodným laserem - tato kombinace umožňuje provádět operace třískového obrábění i laserové technologie na jednom stroji, tedy na jedno upnutí obrobku; využití podstatné části obráběcího stroje (rámu a pracovních stolů, včetně řízení a pohonů) a doplnění laserem - toto uspořádání umožňuje provádění pouze laserových technologií; zařazení laseru do výrobní linky. Trendy v laserových strojích a technologiích směřují k získání možnosti provádět jedním laserem více technologií, např. mikrofrézování, leštění, kalení, vrtání malých děr atd. (7)

j) Kombinace laser a obráběcí stroj

V současné době je možné realizovat následující kombinace:



Obr. 3.7 Plochy leštěné laserem (skutečná velikost plochy a při zvětšení 100x) (7)

- soustruh - obrábění s předehřevem (obrábění keramiky a ostatních těžkoobrobitelných materiálů)
- soustruh - kalení, popisování, gravírování
- soustruh - výroba úzkých drážek, kalení, popis, odstraňování otřepů
- soustruh - nanášení materiálu metodou Rapid Prototyping (např. výroba osazeného pouzdra z polotovaru ve tvaru trubky)
- frézka - kalení, mikrofrézování, popisování

- frézka - mikrofrézování, odstraňování otřepů, leštění, kalení
- frézka - frézování úzkých drážek, vrtání děr malého průměru
- frézka – popisování



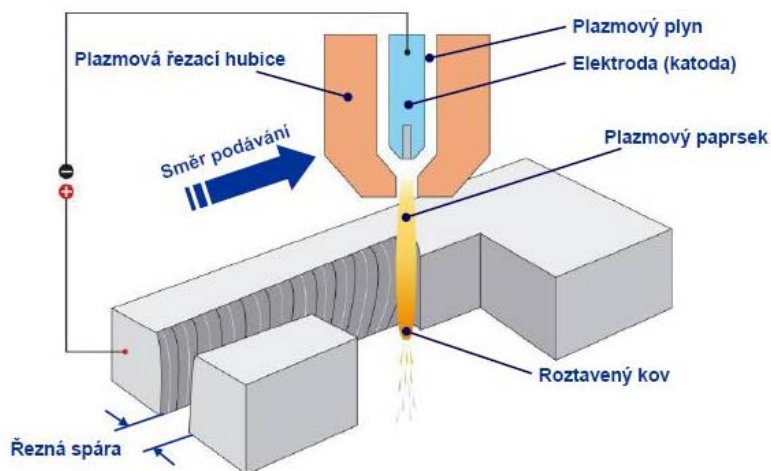
Obr. 3.8 Obráběcí centrum MCVL 1000 Laser s vestavěným laserem o výstupním výkonu 50 W (7)

3.2 Princip technologie řezání plazmou

Řezání plazmou je moderní technologie, která umožňuje dělení materiálů tenkým paprskem plazmy. Tato technologie byla vyvinuta v padesátých letech minulého století pro dělení materiálů, které není možné řezat technologií kyslík – hořlavý plyn. Plazma je tepelný vysoce žhavý, elektricky vodivý plyn, z pozitivních a negativních iontů, elektronů a také vybuzených a neutrálních atomů a molekul. Ve fyzice se často mluví o 4. skupenství. Jako plazmový plyn může být používán jednoatomový argon a nebo dvouatomové plyny vodíku, dusíku, kyslíku a vzduchu. Tento plazmový plyn se ionizuje a disociuje energií plazmového oblouku. Rekombinací atomů a molekul mimo plazmovou trysku systém plazma prudce uvolní přijatou energii a umocňuje tepelný účinek paprsku plazmatu na obráběný předmět. Zpravidla je plazmová tryska dodatečně chlazená vodou. Díky tomu může hustota energie v paprsku plazmatu dosáhnout hodnoty až $2 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. Díky vysoké teplotě plazma expanduje a proudí s nadzvukovou rychlostí ve směru obráběného předmětu. V plazmovém oblouku vznikají teploty až $30\,000 \text{ }^\circ\text{C}$, ve spojení s vysokou kinetickou energií paprsku plazmatu může být použita velmi vysoká řezná rychlost v závislosti na materiálu a tloušťce u všech elektricky vodivých materiálů. (8)

Pro řezací proces je nejdříve zapálen pilotní oblouk mezi tryskou a katodou prostřednictvím vysokého napětí. Tento energeticky slabší pilotní

oblouk připraví částečně ionizací dráhu mezi plazmovým hořákem a obráběným předmětem. Dotykem pilotního oblouku s obráběným předmětem (letmé naříznutí, letmý propich) je automaticky zvýšen výkon hlavního oblouku. (8)



Obr. 3.9 Princip plazmového řezání (8)

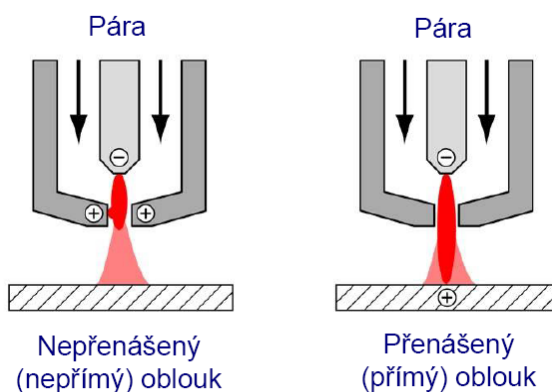
3.2.1 Princip jemného plazmového paprsku

- Výroba úzké řezné mezery s malým vyměřeným plazmovým paprskem a vysoká tepelná hustota proudu plazmatu $2 \cdot 10^6 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$. Technologie využití obou řezných ploch.
- Bezprostředně u otvoru trysky a přímo na katodě účinné vodní chlazení pro až pětikrát vyšší životnost.
- Neopotřebovávající zapalování vysokým napětím pro všechny plazmové plyny a také delší přívody k hořáku (do 25 m)
- Letmé naříznutí a letmé propálení (není potřeba žádná vztažná hrana materiálu pro náběh hlavního oblouku)
- Nastavení Soft-startu při nařezávání a propalování pro další zvýšení životnosti namáhaných dílů
- Kontrola chladicího okruhu a plazmového plynu pro vysokou bezpečnost práce
- Ochrana proti nebezpečnému dotyku s bezpečnostním obvodem pro plazmový hořák
- Vyčnívající zaúhlená hlava hořáku vhodná pro propalování a srážení hran (přípravu svaru)
- Výborná kvalita řezu u všech materiálů použitím optimálního složení plazmového plynu (vzduch, O_2 , Ar/H_2 , $\text{Ar}/\text{H}_2/\text{N}_2$, Ar/N_2)
- Rychlá a bezproblémová výměna plazmového hořáku, chemické působení řezání, drážkování
- Rozsáhlé příslušenství zvýší technologickou flexibilitu (zařízení na kolečkách, výbava pro vyřezávání kruhových tvarů, pojezdové zařízení, distanční držáky, buben pro odvíjení dlouhého přívodu hořáku, vyměnitelná tryska,)
- Modifikace plazmových hořáků pro zvláštní použití:

Hořák s úhlem 90° (řezání trubek)
 Hořák s úhlem 45° (plochý profil)
 Hořák s úhlem 60° (Srážení hran) (8)

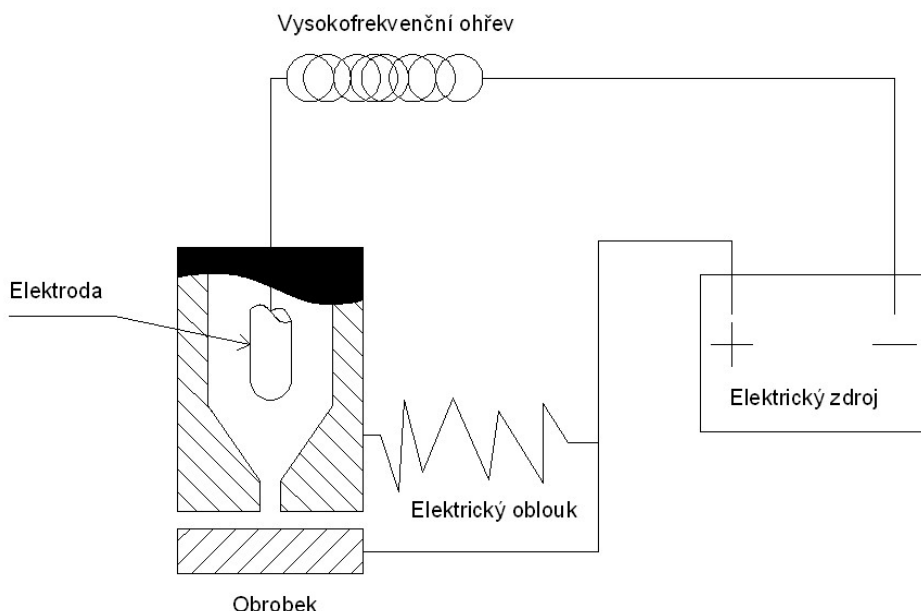
Plazmové Zařízení:

Skládá se ze zdroje energie, ionizátoru, plazmového hořáku a řídicí jednotky (CNC řízení). Plazmové zařízení se dělí na dva základní typy, které používají přenášený (přímý) a nepřenášený (nepřímý) oblouk. (9)



Obr. 3.10 Vedení oblouku PBM a PAM (8)

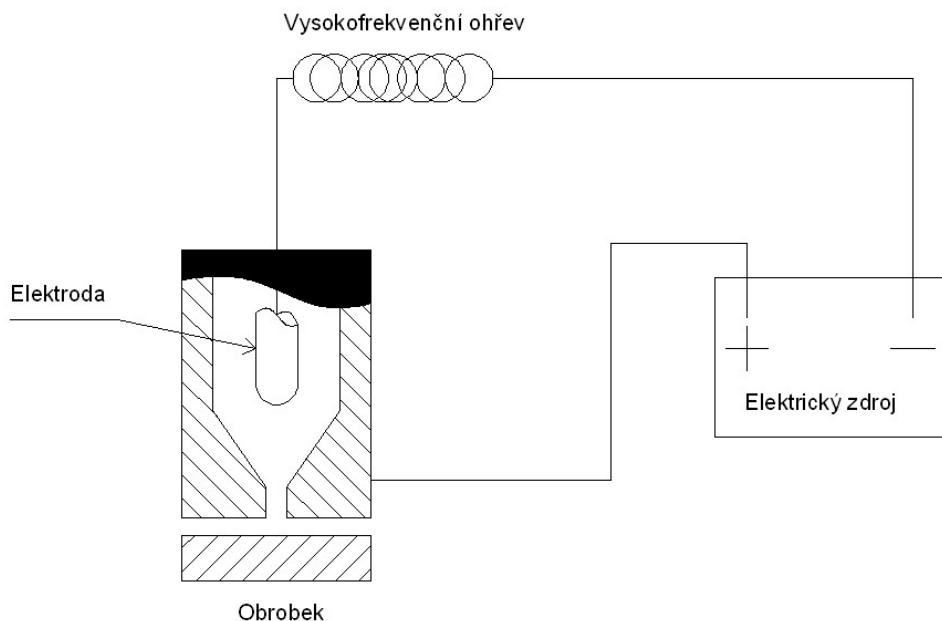
Přímý oblouk – se tvoří mezi elektrodou uvnitř plazmového hořáku a materiálem. Takovýto plazmový paprsek se označuje plazmový oblouk (plasma arc). Obvykle se pro plazmové obrábění používá v tomto případě označení PAM (Plasma Arc Machining). Používá se pro vodivé materiály. V tomto plazmovém hořáku je dýza méně tepelně namáhána. (9)



Obr. 3.11 Přímý plazmový oblouk (9)

Nepřímý oblouk – se tvoří pouze v samotném plazmovém hořáku mezi dvěma elektrodami. Pro ionizovaný plyn resp. plazmu se začalo užívat označení plazmový paprsek (Plasma Jet), mezinárodní zkratka pro plazmový

paprsek je PBM (Plasma Beam Machining). Používá se pro nevodivé materiály.
(9)



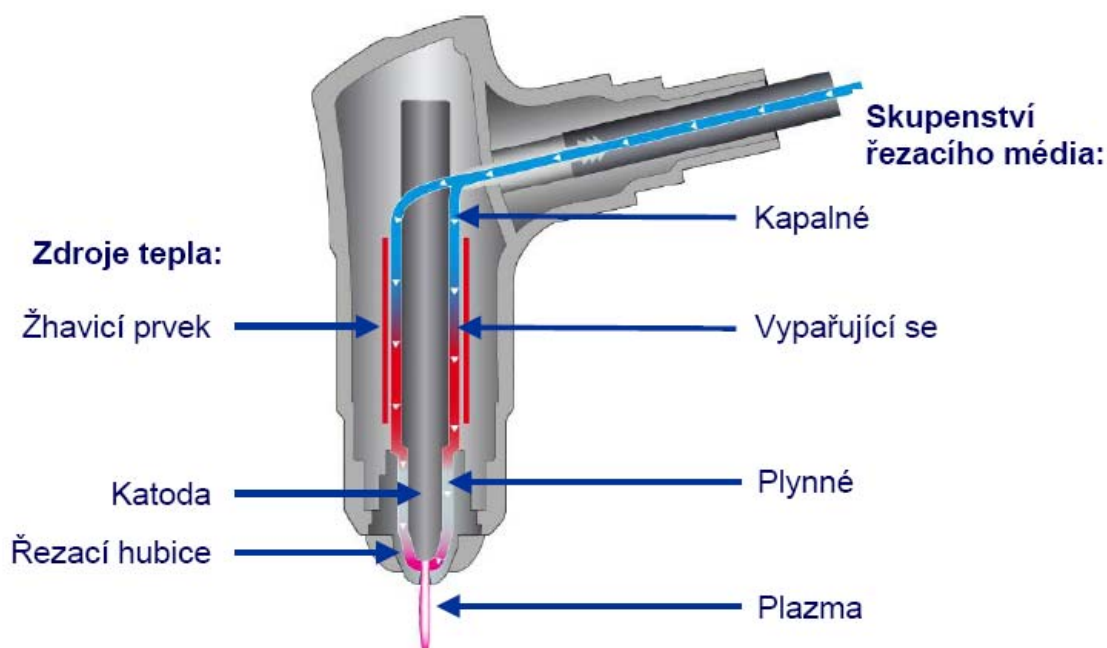
Obr. 3.12 Nepřímý plazmový oblouk (9)

Důležitou částí plazmového zařízení jsou plazmové hořáky, které musí zabezpečovat:

- Přívod proudu na elektrodu (obvyčně wolframová)
- Přívod pracovních plynů tj. plazmového, ochranného a fokusačního
- Tvarování plazmového oblouku
- Usměrnění paprsku na místo řezání

Plazmové hořáky je možno rozdělit podle:

- Výkonu (výkon je daný součinem proudu a napětí oblouku)
- Způsobem chlazení (přímé chlazení vodou, nepřímé chlazení vodou, chlazení plynem)
- Složení plazmového plynu (oxidační, neoxidační)
- Druh materiálu katody (wolfram, zirkon)
- Použití – ruční nebo strojní

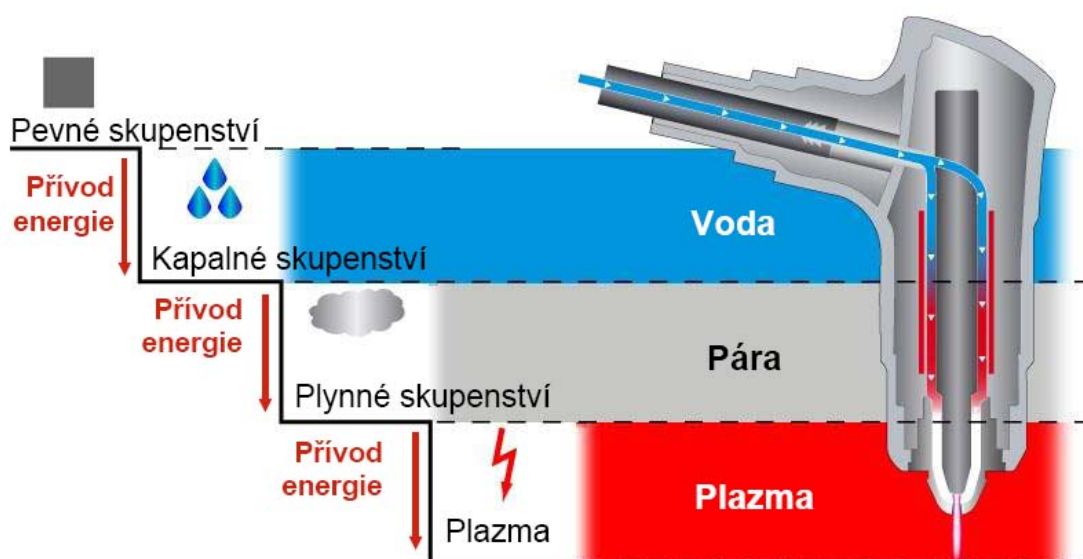


Obr. 3.13 Použití kapaliny místo plynu (8)

Na dosáhnutí úzkého svazku plazmy s vysokou teplotou je nezbytné intenzivní chlazení, které je zabezpečené konstrukcí plazmových hořáků. Hořák je chlazený chladicí kapalinou obvykle vodou, a nebo chladícím plynem. Výtoková dýza je odizolovaná od vodivých částí hořáku. (9)

Pro plazmové řezání se používají plazmové oblouky stabilizované vodou (starší konstrukce) anebo směsí plynů. Současné řezací plazmové zařízení pracují na principu plynové stabilizace. Nejčastěji používaný plazmový plyn je směs argonu, dusíku, vodíku a stlačeného vzduchu. (9)

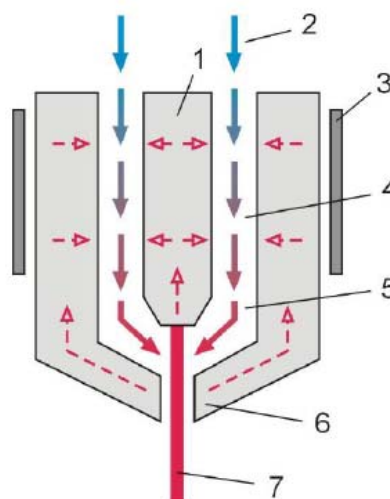
Řezání pomocí plynem stabilizované plazmy je často spojeno se vznikem dýmu, prachu, hluku a UV záření. Dochází ke vzniku velkého množství zdraví škodlivých oxidů dusíku, které musí být odsávané. Tyto zařízení umožňují řezat oceli až do hloubky 150 mm. Řezání plynem stabilizovanou plazmou je ekonomicky nákladné (používání inertních plynů) a doporučuje se při řezání materiálů jako jsou korozi-vzdorná ocel, hliník a neželezné kovy. (9)



Obr. 3.14 Základní čtyři skupenství (8)

V dnešní době se do popředí zájmu dostává plazmové řezání se stlačeným vzduchem (Air plasma systém) a plazmové hořáky se vstřikováním vody (water – injected plasma), které jsou ekonomicky méně nákladné a jsou vhodné i pro řezání nízkolegovaných ocelí. (9)

- 1 – Katoda
- 2 – Kapalina
- 3 – Žhavicí prvek
- 4 – Směs páry s kapalinou
- 5 – Pára
- 6 – Řezací hubice
- 7 – Plazmový paprsek



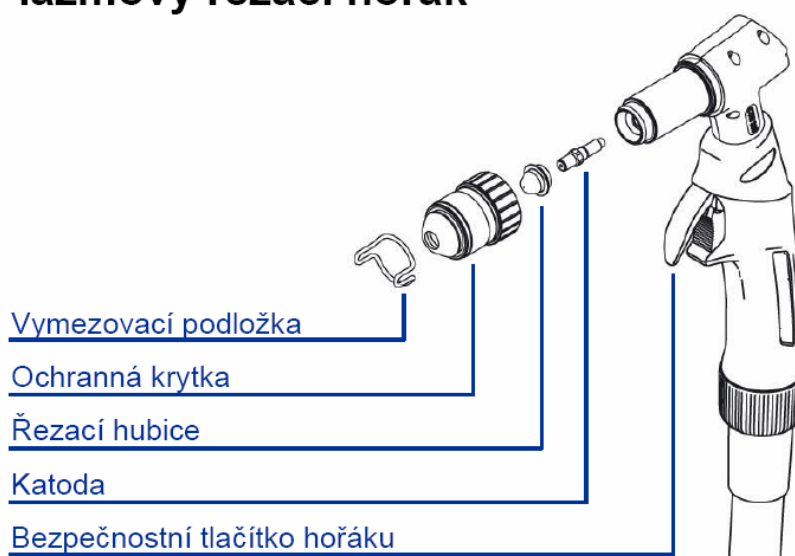
Obr. 3.15 Regenerativní chlazení (8)

Hrotový tvar plazmového hořáku pro ruční a automatizované řezání plazmou u všech elektricky vodivých materiálů je znamenitě vhodný pro:

- Přímé řezy
- Řezání hran do 60°
- Vícenásobné řezání (použití až 3 plazmových hořáků)
- Řezání obrysů
- Vícenásobné řezání kontur (použití až 2 plazmových hořáků)

- Letmé nařezávání
- Letmé propalování
- Řezání otvorů
- Přerušované řezání
- Drážkování
- Řezání odpadu

Plazmový řezací hořák



Obr. 3.16 Ruční plazmový hořák (8)



Obr. 3.17 Řez tělem hořáku (10)

2. Krytka 200,260Amp; 7. Krytka 260Amp; 11. Válcový uzávěr 260Amp; 16. Tryska 260Amp; 20. Vířivý kroužek 260Amp; 25. Elektroda 260Amp; 29. Elektroda 260Amp; 30. Chladicí trubička; 31. Tělo hořáku; 32. Držák hořáku



Obr. 3.18 Řezání plazmou pod vodou (8)

Oproti jiným metodám má řezání plazmou několik předností:

Plazmovým obloukem lze řezat jakýkoli plošný kovový materiál, zejména všechny druhy ocelí, mosaz, hliník, měď, nerez a další kovové slitiny - obecně lze říci: "veškeré elektricky vodivé materiály." vysokou rychlost řezání kvalitní řez s minimální oblastí změněné struktury materiálu menší tepelné deformace řezaného materiálu menší provozní náklady.

Tloušťka řezaného materiálu: **1 až 45 mm**

Druhy plynů použitých u jednotlivých druhů materiálu:

Konstrukční ocel: kyslík, vzduch

Vysoce legovaná ocel: argon/vodík, argon/vodík/dusík, argon/dusík, vzduch, dusík

Lehké kovy: argon/vodík, vzduch

Barevné kovy: argon/vodík

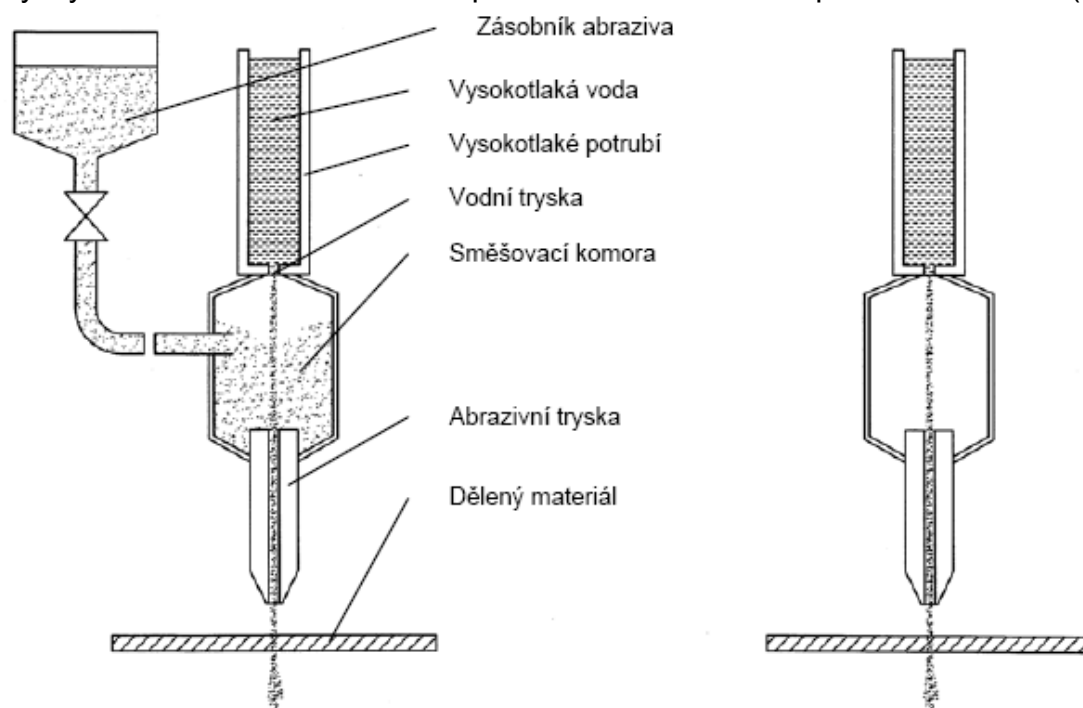
Kompozitní materiály: argon/vodík, argon/vodík/dusík, vzduch, kyslík



Obr. 3.19 Vhodnost použití jednotlivých metod (8)

3.3 Princip technologie WJM a AWJ

Princip této technologie spočívá v distribuci vody pomocí vysokotlakého vodního čerpadla z nádrže nebo stálého přívodu do trysky, kterou je usměrňován a zesílen vodní paprsek. Ten pak dopadá na obráběný materiál a následkem erozivních vlastností vody je unášen a vyplavován z řezu. Vysokotlaká voda přitéká tlustostěnným potrubím z čerpadla do řezací hlavy. Voda prochází primární (vodní) tryskou a vytváří se paprsek o průměru 0,2–0,4 mm. Průměr vodního paprsku je odvozen od průměru použité trysky. Proud vstupuje do směšovací komůrky (obr. 3.20), kde se obaluje abrazivem. Abrazivo je nasáváno do komůrky podtlakem vody, a to principem, který je znám například z fixírky. Jako abrazivo se používá převážně mletý olivín nebo granát. Paprsek vody obalený abrazivem prochází sekundární (abrazivní) tryskou a vzniká řezací "nástroj". S tímto paprskem lze řezat všechny běžné materiály o tloušťkách 0–600 mm (dle materiálu). Měkké materiály (molitan, guma, tenké plasty, kůže...) lze řezat pouze vodou. V tomto případě se pak již nejedná o obrábění vodním paprskem s abrazivem (AJW), nýbrž o obrábění čistým vodním paprskem (WJM). Zde pak odpadá použitý princip sekundární trysky se směšovací komůrkou v praxi řešené uzavřením přívodu abraziva. (9)



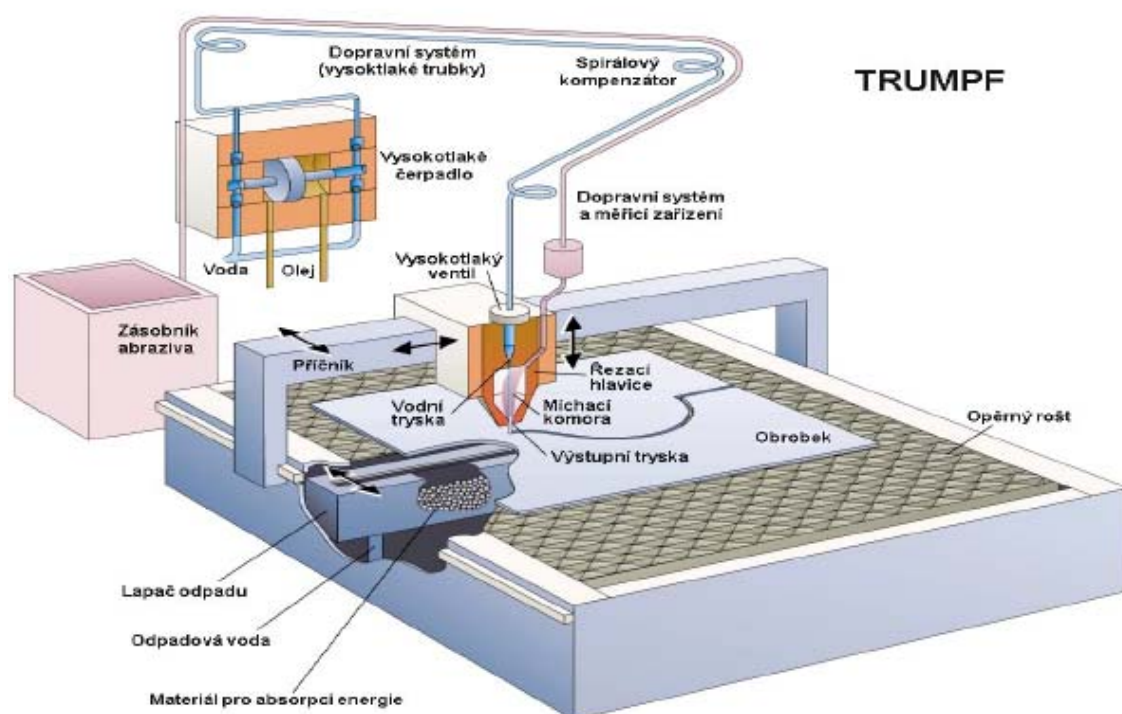
Obr. 3.20 Směšovací komůrky (9)

Při řezání je třeba důsledně dodržovat stejnou vzdálenost mezi tryskou a řezaným materiálem. Když je tryska příliš nízko, hrozí uražení trysky. Když je tryska příliš vysoko, paprsek řeže nekvalitně, dochází k rozptýlu abraziva a k otryskování povrchu krajů řezaných částí. Dalším kritériem určujícím kvalitu řezu je rychlost posuvu řezací hlavy. Kvalitního povrchu řezu se dá dosáhnout nižší rychlostí, ale důsledkem toho je narůstání nákladů na prováděný řez. Naopak se dá ušetřit na úkor kvality řezu zvýšením rychlosti posuvu (cenou za řezání se budeme zabývat v dalších částech práce). Pro průmyslové účely se používají pevná pracoviště. Tato pracoviště se skládají z vysokotlaké pumpy

a CNC stolu. Výhodou pracovišť je velká přesnost (běžně okolo $\pm 0,1$ mm) a kvalita. Díky tomu také často odpadá následné opracování polotovaru nebo výrobku. Protože se jedná o počítačově řízený proces, může být hotový polotovar obecného tvaru. Předností takového druhu pracovišť je především přesnost a kvalita řezu, a proto jej využívají mnohdy i stavební firmy při vytváření různých ornamentů a firemních log do dlažby (u této práce je vodní paprsek prakticky nenahraditelný). Nevýhodou je, že zařízení nejsou mobilní. (9)

3.3.1 Rozbor pracovního zařízení

Zařízení pro WJM i AJW je složeno z jednotlivých prvků, které jsou v rámci jedné značky vzájemně zaměnitelné a kombinovatelné. To je důsledek požadavku na flexibilitu systému, kterou určuje spektrum výrobků. Je vždy třeba volit jednotlivé komponenty s ohledem na předpoklad cílové skupiny zakázek, které lze uvažovat, a celý systém konstruovat tak, aby byl schopen vždy pojmout minimálně o 30 % náročnější zakázku než jaký je předpoklad. Tedy například při použití jednoho souřadnicového stolu je možné do soustavy zařadit hned několik druhů vysokotlakých vodních čerpadel, které zajistí potřebný tlak pro řezání při daných požadavcích (obr. 3.21). (9)

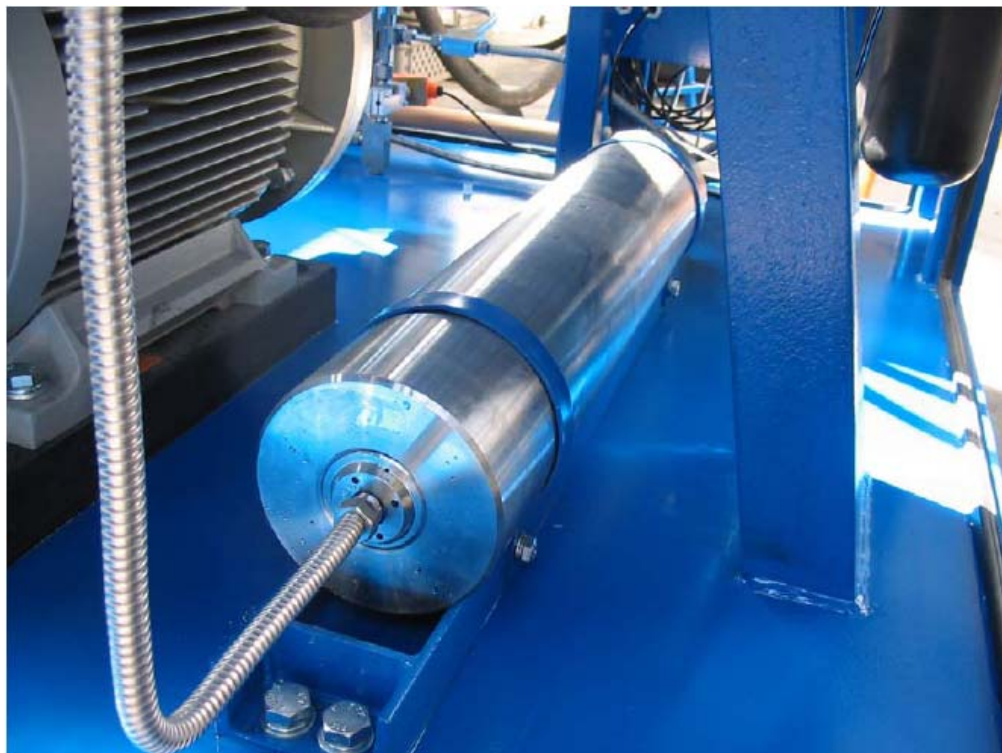


Obr. 3.21 Schéma Soustavy stroje (11)

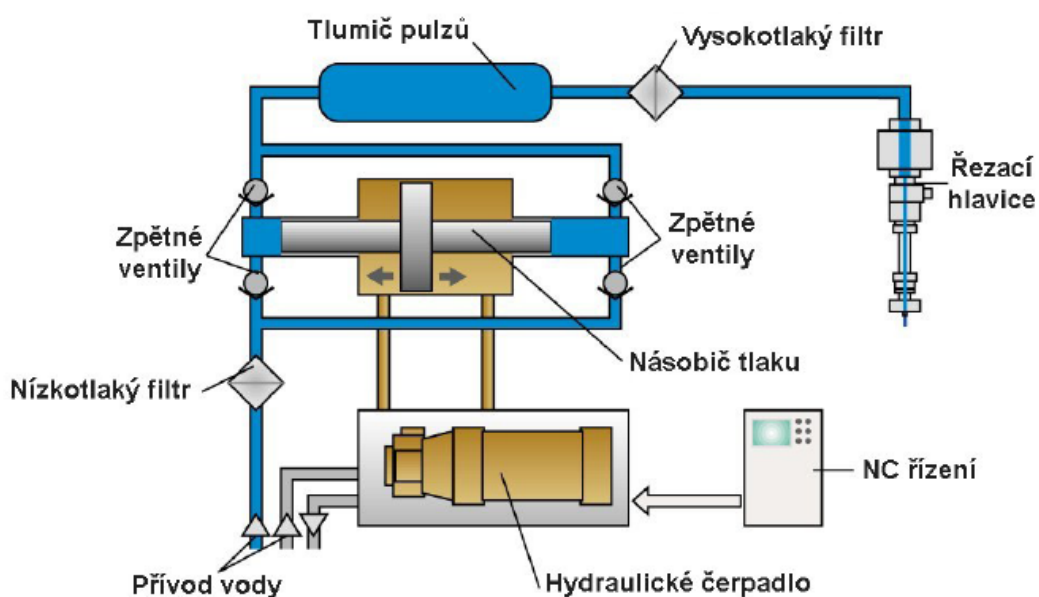
a) Vysokotlaká vodní pumpa

Toto zařízení slouží k vyvinutí vysokého tlaku vody. Pomocí čerpadel je tlakový olej dopravován do multiplikátoru nebo triplexového plunžru, pomocí kterého je pak nízký tlak oleje transformován na vysoký tlak vody. Druh konstrukce pak závisí na výrobci. Vysokotlaké vodní pumpy jsou dodávány podle požadavků zákazníka s ohledem na množství spotřeby vody a především

na maximální dodávaný tlak. Spotřeba vody a maximální tlak jsou hlavními kritérii hodnocení pro vhodnost použití pro AWJ nebo WJM, potažmo pak pro možnost použití dvou a více trysek současně. Toto rozmezí spotřeby vody se pak pohybuje od 2 do 9 litrů za minutu a tlak až do 700 MPa. Dalšími komponenty, které jsou obsaženy ve vysokotlaké vodní pumpě, jsou elektromotor pohánějící olejové čerpadlo a za multiplikátorem zařazený akumulátor, což je vysokotlaká nádoba (Obr. 3.22), která má za úkol tlumit rázy vyvolané vznikem pulsace paprsku jako důsledku stlačení vody. (9)



Obr. 3.22 Schéma vysokotlaké vodní pumpy je znázorněno na obrázku (11)



Obr. 3.23 Vysokotlaká vodní pumpa SL-V50 (11)



Obr. 3.24 Vysokotlaká pumpa (12)

Vhodnost použití

- pro vícehlavé řezání čistým vodním paprskem
- pro abrazivní řezání s jednou vodní tryskou velikosti 20 a nebo s dvěma vodními tryskami velikosti 14 (4 × 10)
- špičkový model vybavený elektronickým řízením
- nízké kolísání tlaku
- vysoká hladina řezného tlaku
- integrovaný vzduchový chladič
- integrovaný elektrorozvaděč
- plně elektronické ovládání
- snadná a rychlá instalace u zákazníka

b) Řezací hlavy s vodní a abrazivní tryskou

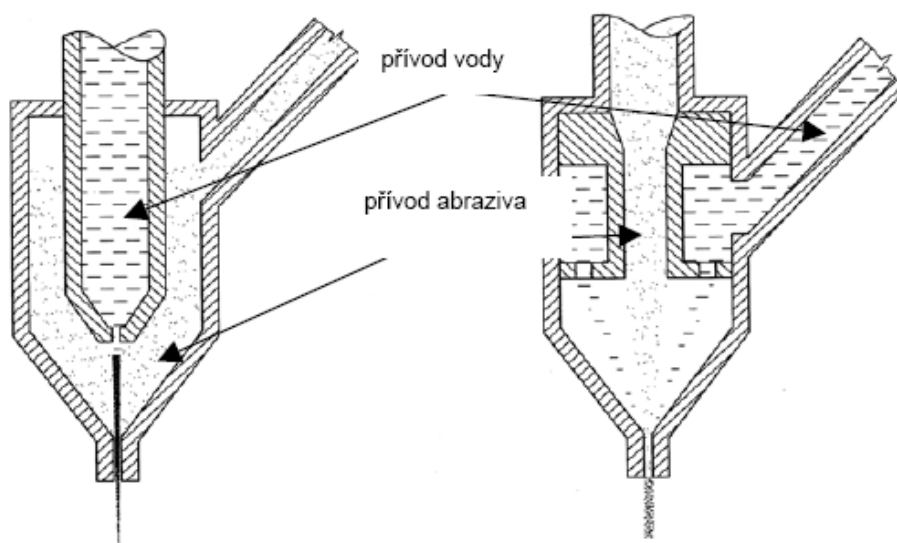
Řezací hlava s tryskou je vlastní pracovní „nástroj“ celého zařízení. Je to nejdůležitější, nedílná součást celého systému. Konstrukce řezacích hlav se zpravidla vyrábějí pro jednoduchou montáž s bajonetovým uzávěrem pro jednodušší, rychlejší a celkově efektivnější upínání „nástroje“. Tím odpadá také kalibrace jednotlivých trysek při vyměňování z důvodu samostředícího systému uchycení, která je dána konstrukcí řezací hlavy. Zapínání a vypínání proudu paprsku se provádí pomocí pneumatického on/off ventilu. Pro řezání se velice často využívá více řezacích hlav najednou, a proto se při výrobě hledí na jejich hmotnost, aby nadměrně nezatěžovali řezací rameno, a tím nesnižovali jeho přesnost. Pro řezání čistým vodním paprskem u měkkých materiálů, jako jsou například tvrzený papír, molitany, plasty, koberce, kůže, klingerit a další, se používá řezacích hlav bez směšovací komůrky. Druhá konstrukce se skládá z vodní trysky, na které je již zmiňovaná směšovací komůrka, v níž následkem proudící vody dochází k podtlaku, a tím ke strhávání abraziva. Takto obohacený paprsek je distribuován abrazivní tryskou k obráběnému materiálu. Vodní trysky se vyrábí s geometrií zužující se dýzy a výstupní otvor se pohybuje od průměr 0,075 po 1,5 mm. Materiály používané na vodní trysky jsou safír, karbid nitridu bóru, korozivzdorné oceli, nebo slinutý karbid. V současnosti se safírové části dýzy nahrazují diamantem, který má až 10násobně delší životnost, což je velká výhoda z hlediska údržby. Není třeba tak často měnit řezací hlavu. Průměrná doba práce safírové trysky se pohybuje okolo 200 hodin. Po uplynutí této doby

se otvor dýzy zaneše nečistotami a minerálními usazeninami z vody a je nutné ji vyměnit za novou. Další výhodou diamantové dýzy je možnost opakovaného čištění otvoru, přitom po vyčištění je schopna produkovat opět koherentní vysokotlaký paprsek. Nevýhodou zde pak zůstává pouze cena, která je u diamantu 7–10násobně vyšší než u safíru. (13)



Obr. 3.25 Řezací hlava (13)

U abrazivních trysek je pak přizpůsobena konstrukčnímu řešení dýz s ohledem na způsob přiměšování abraziva k vodě. Metody přívodu jsou dvě: axiální nebo radiální přísuvem abraziva. Každá metoda má pak své výhody a nevýhody. Tryska s konstrukcí radiálního přísunu má značnou výhodu v jednoduché výrobě a v použití stejné trysky pro řezání jak s abrazivem, tak při vypnutí přívodu pouze čistým vodním paprskem. Nevýhoda spočívá v rychlejší opotřebení abrazivní trysky a tím prodražování výroby. Výhodou při použití trysky s axiálním přísuvem abraziva je především lepší mísení s vodou, čímž se snižuje opotřebení obvodu abrazivní dýzy. (14)



Obr. 3.26 Konstrukce trysek (15)

3.3.2 Oblasti využití AWJ A WJM

a) Potravinářský průmysl

V potravinářském průmyslu se VTV začalo využívat především k dělení potravin v zamraženém stavu. Dříve používané metody sekání nebyly příliš produktivní a velkou nevýhodou zde byla nutnost odstavení dělicích automatizovaných linek z důvodu celkového vyčištění a výměny nožů nebo jejich přebroušení. Tato odstávka pak obnášela minimálně jednu směnu potřebnou na všechny tyto úkony. Zavedení VTV do procesu dělení potravin se ukázalo jako vysoce produktivní nejen z hlediska rychlosti, ale odpadly také dlouhé prostoje na údržbu, které při použití nožů byly nevyhnutelné. Další výhodou narozdíl od staré metody je zde ustavičné vymývání řezacího prostoru vodou, a tím i vyšší čistota prostředí. Také produktivita tak mohla vzrůst při současném použití více řezacích hlav. Dodavatelé vysokotlakých řezacích zařízení doporučují pak do výroby uvádět dvě multiplikátorová čerpadla. Při odstavení jednoho pro nutnou údržbu jako je přetěsnění a pravidelná kontrola se do provozu uvede záložní, a tak je možné řezat neustále i ve třísměnném provozu. I zde se pro dělení zamražených potravin používá abrazivních částic. Nejedná se zde samozřejmě již o abraziva, ale své uplatnění zde našla krystalická sůl. I tato má pro tento účel dostatečná abrazivní účinky a zároveň dochází k žádoucímu prosolení potravin, a tím i jejich nakonzervování. V potravinářství se využívá technologie VTV na řezání tatranek ve firmě Nestlé.

b) Stavební průmysl

Této technologie se také již řadu let velice hojně využívá ve stavebnictví. Erozivní schopnosti VTV jsou zde nenahraditelné například při obnažování železobetonových konstrukcí, rozřezávání zdiva, podvrtávání komunikací (tzv. mikrotunelování), oddělování překladu a podobně. Tato technologie pro každou danou metodu představuje mnoho výhod oproti jiným metodám.

Sanace zdiva a překladů: Při sanaci zdiva a překladů v objektu určeném pro přestavbu by mohlo být nebezpečné používání pneumatických kladiv a bouracích zařízení. Při použití těchto nástrojů dochází ke značným otřesům půdy, a může tak být narušená statika budovy. Další nevýhodou použití konvenčních metod je nízká přesnost sanačních prací a vysoká prašnost. Tyto všechny nepříznivé faktory odpadají při použití VTV. Prašnost je eliminována a transformována na aerosol, který se zachytává ve sběrném zařízení na kalovou vodu, vibrace jsou zcela potlačeny, díky konstrukčním pojezdům dochází k tenkému a velice přesnému řezu.

Mikrotunelování: technologie, která se velice často používá pro podvrtávání komunikací a vytváření kanálů pro kabelové vedení. Výhodou technologie mikrotunelování je že tyto kanály lze prorážet za plného provozu na komunikaci a není zapotřebí výkopu a tím omezování dopravy. V těchto případech lze vytvářet kanály v délkách až několik metrů díky snadnému narušování zeminy.

Čištění: Čištění povrchů všeho druhu – nátěrových hmot, prachu ale i všech ostatních nánosů, se dnes prosazuje čištění pomocí VTV. Jedná se o velice moderní a progresivní metodu. Za pomocí VTV je možné odstraňovat i silné nánosy barev z vozovky, z travers a dalšího stavebního materiálu, v neposlední řadě také například kaučukové usazeniny od přistávajících letadel na letištních plochách, které jsou jinak velice obtížně odstranitelné.

c) Automobilový průmysl

V automobilovém průmyslu našly uplatnění obě metody. Jak přesné řezání na CNC stolech tak i mobilní zařízení. Přesné vyřezávání bychom ve výrobě mohli najít například na pracovištích, na kterých se vyrábí střešní obložení do vozů. Zpravidla se jedná o robotizované buňky, ve kterých pracuje několik robotických ramen, na jejichž konci jsou uchyceny řezací hlavice. Dále se pak přesné řezání používá na vyřezávání čelních skel a výrobu klingeritových těsnění.

d) Moderní umění

Technologie VTV je využívána pouze jako doplňkový proces. V moderním umění můžeme najít vodní paprsek při pracích jako je například gravírování. Reliéf je vodním paprskem přibližně vytvářen a práce umělce pak již spočívá v dobroušení tvaru a detailů. Metoda gravírování je specifický proces obrábění vodním paprskem, kdy nedochází k prořezání celého průřezu, ale pouze k odstranění povrchové vrstvy do určité hloubky.

3.4 Všeobecné přednosti a nevýhody jednotlivých způsobů dělení

3.4.1 Plazma – výhody

- Provoz jednoho a více hořáků podle série
- Řezání všech elektricky vodivých materiálů
- Bez alternativy při řezání vysokolegované oceli a hliníkových materiálů ve střední a větší tloušťce
- Vynikající schopnost u slabých a středních tloušťek konstrukční oceli (do 30 mm)
- Řezání vysoce pevné konstrukční oceli s menším tepelným příkonem
- Vysoká řezná rychlost (až 10x vyšší než autogenní)
- Libovolné zpracování kvalitního řezu u středních a silných rozměrů plechů s technologií vířivého plynu ve spojení s technickými plyny
- Velmi dobrá automatizace
- Řezání plazmou pod vodou pro velmi malé tepelné ovlivnění řezaného materiálu a malou hladinu hluku v okolí pracoviště

- nevýhody

- Omezení použití do 160 mm (180 mm) u suchého řezání a 120 mm u řezání pod vodou

- Poněkud širší řezná spára (8)

3.4.2 Laser - výhody

- Vysoká přesnost řezaných dílů u slabých a středních tloušťek materiálu
- Řezání velmi malých otvorů, úzkých pásků, ostroúhlých tvarů; výroba komplexních obrysových dílů
- Pravoúhlá řezná hrana
- Velmi dobrá automatizace
- Velmi malé přivedené teplo, žádné deformace obráběného předmětu
- Velmi malá šířka řezné spáry (0,2 - 0,4 mm)
- Vysoká řezná rychlost u tenkých materiálů

- nevýhody

- Vysoké investiční a provozní náklady (vysoká spotřeba plynů)
- Omezení tloušťky materiálu:
- Konstrukční ocel: 20 (25) mm Vysokolegovaná ocel: 15 mm Hliník: 10 mm
- U středně tlustých materiálů žádná přímá hladká řezná plocha
- Nutné přesné řízení vzdálenosti k povrchu obrobku
- Omezení stability paprsku u řezání konstrukční oceli s normálním Si a P obsahem
- Snížení stability procesu u řezání lesknoucích se povrchů materiálu
- Menší účinnost (CO₂-laser max. 10%) (8)

3.4.3 Vodní paprsek – výhody

- Řezání od kovových, nekovových a kompozitních materiál; velkých materiálů a tloušťek
- Žádné metalurgické změny na řezné ploše; žádný přívod tepla
- Úzká řezná spára, vertikální řezání, vysoká rozměrová stálost obráběných předmětů, vynikající kvality řezu
- Dobrá Automatizace průběhu řezání
- Podle druhu také provoz s více řezacími hlavami
- Propojení vzduchové mezery

- nevýhody

- Vysoké investiční a provozní náklady (ve srovnání s plazmou: provozní náklady 1:5 až 1:20 podle materiálu a tloušťky)
- Relativně malá řezná rychlost u "tvrdých" materiálů
- Hlučný a mokřý způsob řezání
- Nemožnost použití pro ruční řezání a jen omezeně v 3-D rozměrech (8)

Tab. 3.1 Srovnání postupů: Laser - Vodní paprsek – Plazma (8)

Požadavek	Tolerance	Laser	Vodní paprsek	Plazma
Konstrukční ocel < 5 mm	do $\pm 0,5$ mm	2	4	1
Konstrukční ocel < 5 mm	do $\pm 0,1$ mm	1	2	2
Konstrukční ocel 5 - 20 mm	do $\pm 0,5$ mm	3	4	1
Konstrukční ocel 5 - 15 mm	do $\pm 0,2$ mm	1	3	1
Konstrukční ocel 15 - 25 mm	do $\pm 0,5$ mm	3	3	1
Konstrukční ocel 25 - 45 mm		ne	3	1 (O ₂)
Konstrukční ocel > 45 mm		ne	2	2
Vysocelegované oceli		ano	ano	ano
Hliník		(ano)	ano	ano
Umělé hmoty		ano	ano	ne

Možnosti využití způsobu dělení při hodnocení kvality, produktivity a hospodárnosti(1 = nejlepší způsob, 4 = nevhodný způsob)

4 NÁVRH KONKRÉTNÍ NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE

Kapitola se bude zabývat vybranou nekonvenční technologií v podmínkách firmy Pars Nova a.s.. Jedná se o obrábění paprskem plazmy.

4.1 Vybraný CNC stroj na řezání plazmou

Jedná se o CNC stroj pro plazmové tvarové řezání, vrtání a závitování
NVHB8005 - HS 4001.20 PB



Obr. 4.1 CNC řezací stroj NVHB8005 - HS 4001.20 PB (16)

HS Přesný vysokovýkonový pálicí stroj

CNC řezací stroj HS je velmi dynamické a precizní CNC zařízení v portálovém provedení vyvinuté speciálně pro plazmové a jemné plazmové řezání. Stroje typu HS splňují prostřednictvím High Definition - plazmové techniky nejvyšší požadavky na plazmové řezání s vysokými nároky na přesnost řezu. Vysoká přesnost a dynamika zařízení je dosažena pomocí nízko osazeného portálu, digitálních DC-servomotoru s bezvůlovou převodovkou a precizními lineárními vedeními, velmi moderním průmyslovým řízením na bázi Windows® XP™. Tato koncepce stroje poskytuje nejen velmi vysokou kvalitu řezu a zachování kontur, ale i jednoduchost obsluhy. Kvalita řezu dosažená plazmovým hořákem (HyDefinition Plasma) je porovnatelná kvalitě dělení materiálu laserem do tloušťky 12 mm dle normy DIN 2310. Zařízení je určeno pro provozy s vysokou produkcí dělení materiálu. Základní jednotka stroje je modulárně koncipovaná a umožňuje i pozdější jednoduché rozšíření a modernizaci stroje. Dle požadavku zákazníka je možné stroj vybavit také autogenními hořáky, polohovadlem pro řezání trubek, vrtací jednotkou nebo značící plazmou. (19)

Zařízení zaručuje:

- velmi dobrou kvalitu řezu, ostré úhly a rohy, jako i přesné zachování kontur řezaných dílů díky oboustranně poháněnému a přesně vedenému portálu přes ozubené hřebeny se šikmými zuby, předepjaté dělené pastorky a planetové převodovky, lineární vedení ve všech osách
- možnost pálení vícero hořáky souběžně, protiběžně

- adaptivní řízení výšky hořáku při pálení, vyhledání počáteční výšky při pálení
- volbu řezacího hořáku+parametru z databáze, vizualizaci řezných režimů pod Windows® XP™ na barevném monitoru
- rychlý CNC řídící systém MSNC 500 pod Windows® XP™ s integrovanou síťovou a ISDN kartou
- možnost vytváření pálicích plánů a jejich editaci přímo na CNC řídícím systému stroje nebo na programátorském PC
- přenos řezných plánů přes Flash Disk drive USB2.0 nebo po síti
- rychlou korekci parametru přes klávesnici a displej
- dálkovou diagnostiku pomocí MicroStep FDS-500 Win softwaru a komunikačního softwaru pcAnywhere 9.2, dálkové ovládání a řízení pro Help-Desk a uživatelský servis
- jednoduchou obsluhu jako záruku rychlého zaškolení obsluhy
- převzetí dat přes DXF-formáty, případně další formáty z jakéhokoli libovolného Auto - CAD/CAM-systému
- vysokou provozní bezpečnost a čistotu provozu zabezpečenou sekčním odsáváním pracovního stolu (19)

Oblast využití: precizní řezání plazmou a vrtání vrtacím vřetenem

Pracovní plocha: od 3.000 × 1.500 mm do max. 18.000 × 5.000 mm

Přípustná tloušťka plechu: plazma podle typu plazmového zdroje autogen do 80 mm

Vedení / pohony: oboustranné, bezvůlové, ozubený hřeben s přímými zuby, předepjaté dělené pastorky, planetové převodovky, lineární vedení ve všech osách

Nastavení os: digitální, výkonné DC-serva s IRC

Způsob nastavení výšky: pomocí napětí el. oblouku pro plazmu IHT kapacitní snímání výšky pro autogen IHS systém (indukční měření vzdálenosti povrchu plechu od nástroje) pro vrtací vřeteno

Měřicí systém: IRC (inkrementální snímač)

Přesnost polohování: ± 0,05 mm podle DIN 28 206

Opakovaná přesnost najetí: ± 0,025 mm podle DIN 28 206

Maximální rychlost polohování portálu v ose X: až do 50.000 mm·min⁻¹

Rychlost řezání: podle typu plazmy a tloušťky řezaného materiálu Max. optimální řezná rychlost pro dodržení optimální kvality řezu pro HPR a HiFocus plazmy: až 7 m·min⁻¹

Energetické parametry: 220 V, 50 Hz, 16 A, stlačený vzduch: 6 bar

4.1.1 Technický popis jednotlivých komponentů:

Portál stroje s oboustranným pohonem

Stroje typu HS mají portál s oddělenými bočními vedeními od materiálového stolu. Portál má oboustranný pohon s elektronickou synchronizací a kontrolou proti zkřížení. Všechny náhony pracují pomocí digitálních DC-servomotorů s IRC s možností eliminace mechanické vůle. Rotační pohyby v podélném, příčném i svislém směru (v ose X,Y a Z) jsou realizované přes předepjaté dělené pastorky a precizní ozubené hrbeny

s přímými zuby, bezvůlovými planetovými převodovkami a precizním lineárním vedením. Všechny energetické a pro řízení chodu stroje určené kabelové vedení jsou šetrně vedené v kabelových vlečných nosičích. (19)



Obr. 4.2 Standardní portál – plazma – plazma + autogen (19)

Obslužná (řídící) jednotka s LCD displejem a průmyslovou klávesnicí

Na obou stranách portálu - pravé i levé se nachází obslužná jednotka s LCD displejem a vodě odolnou klávesnicí. Přehledná a obsluhou nenáročná uživatelská plocha obslužné jednotky zaručuje jednoduchou obsluhu zazení. Mimo množství základních funkcí, nabízí možnost přerušit řezání a následně nato pokračovat v libovolně zvoleném bodě, napojit se na různé referenční body, zpětný chod nebo zkušební chod a Jog-režim (volné přesouvání os pomocí obslužné (řídící) jednotky. Obslužná (řídící) jednotka při řezání s autogenem je dodatečně rozšířená všemi pro autogen nevyhnutelnými funkcemi (zapálení plamene, předehtívání, propalování) pro manuální jako i pro automatický provoz. (19)



Obr. 4.3 Obslužná jednotka (16)

CNC suport pro plazmový hořák s automatickým řízením výšky

Plnoautomaticky polohovaný suport s hořákem je poháněný digitálními DC- servy s IRC (ve směru os X,Y a Z). Regulace výšky plazmového hořáku je na základě odměřování napětí el. oblouku plazmy. Vzdálenost hořáku od řezaného materiálu je zabezpečena motoricky na základe THC systému. Každý support je vybavený pasivní proti havarijní ochranou, která minimalizuje škodu při nárazu mezi tělem hořáku a materiálem případ. stolem. Energetické

kabelové vedení jsou šetrně vedené ve vlečných kabelových nosičích. Podle potřeby použití může být zařízení vybavené požadovaným příp. držákem hořáku (supportem). (19)



Obr. 4.4 CNC suport (19)

Automatická regulace výšky – plazma

Pomocí bezdotykového řízení vzdálenosti osy Z je dodržena konstantní vzdálenost mezi tryskou a materiálem, díky čemuž nemá plazmový hořák při řezání žádný kontakt s materiálem. Tím se dosahuje lepší kvalita řezu a prodlužuje životnost trysky. Bezdotyková regulace vzdálenosti pracuje automaticky na základě odměřování napětí el. oblouku plazmy. Plazmový hořák je elektronicky naváděný na základě snímaných a následně zpracovaných signálů. Servomotor zabezpečuje zdvih hořáku v ose Z potřebnou dynamiku. Díky zabezpečení hořákového suportu bezpečnostním držákem s proti kolizní ochranou hořáku se redukuje poruchovost a prostoje zařízení.



Obr. 4.5 Standardní support – Plazma; Plazma Dvojitý support; Plazma Dvojitý support; Plazma + ArcWriter (19)

Laserové ukazovátko

Pro lehčí a rychlejší zaměřování začátku řezu je možné použít laserové ukazovátko, které zanechává červenou tečku na plechu. Operátor vidí místo, kde začne plazma řezat.



Obr. 4.6 Laserové ukazovátko (19)

Vysokovýkonné vrtací vřeteno s možností automatické výměny nástrojů

Suport pro vrtací vřeteno je vybaven přítlačným talířem pro fixaci portálu a vrtaného materiálu při činnosti vřetena. Zásobník nástrojů je umístěný na předním okraji technologického stolu. Standardně je určený pro 8 nástrojů. Vrtání na stroji HS je možné do průměru 16 mm, řezání závitu je možné do M 12. Řídicí systém zabezpečuje automatickou výměnu vrtacího nástroje a automatický vrtací cyklus s nastavenými parametry. (19)

Ø 3 – Ø 16 mm ; M3 – M12



Obr. 4.7 Automatická výměna nástrojů (19)



Obr. 4.8 Vrtací vřeteno (19)

CNC-řídicí systém MSNC-500 Windows® XP™ s integrovanou síťovou a ISDN kartou

Řídicí systém MSNC-500 je vybudovaný na bázi průmyslového - PC. Jako základní jednotka jsou použity dva rychlé PC moduly s: Intel 1,3 GHz, HDD 20GB, 512 MB RAM, 8 MB VGA, jedním USB portem, myší, průmyslovou klávesnicí, jedním 15" TFT - barevným monitorem (jako i 17"/CRT) s Touch Screen (nejnovější technika) funkcí. Řízení je umístěné v řídicí skříni a s monitorem může být variabilně přemísťované. Na portálu se vpravo i vlevo nachází obslužná jednotka s LCD displayem a vodě odolnou klávesnicí. Přehledný a jednoduše ovladatelný display je zárukou rychlého zaškolení obsluhy. Mimo množství základních funkcí, nabízí možnost dodatečně, po přerušení řezání zvolit libovolný bod pokračování řezu pro opětovné řezání, grafické znázornění uložených údajů, zvětšení, zoom, zpětný chod, testovací

chod a Jog - režim. (volné přesouvání os pomocí obslužné (řídící) jednotky s LCD displejem a průmyslovou klávesnicí)

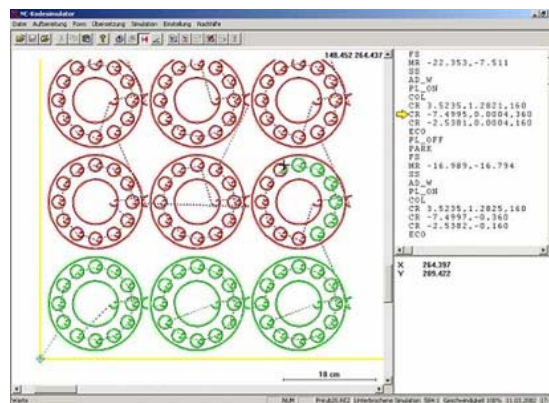
- zpracování DXF - dat, NC-dat (ESSI, ISO DIN,), jako i dílu z knihovny
- obsáhlý " nástroj" knihovna s daty parametru přímo v CNC-řídícím systému
- načítání zpracovávaného programu podle DIN 66025
- opakování zpracovávaného programu, grafické zobrazení zpracování
- zastavení a pokračování procesu řezání
- minimální prostoje díky extrémně krátkému načítání a přípravy NC-programu
- schopnost připojení na síť (včetně integrované síťové karty) (19)

CAD/CAM software "AsperWin" pro tvorbu řezných programů, Programový systém "AsperWin" přímo v CNC - řídícím systému stroje

Řídící systém MSNC-500 nabízí uživateli dokonalý nástroj na jednoduché a rychlé zpracování NC-programu a vedle základních funkcí umožňuje programovat v programu AsperWin pod Windows® XP™ přímo na řídícím systému stroje a to i po dobu řezání. S programem „AsperWin“ můžete standardní díly v libovolných formátech (DXF, ESI, IGES, CNC.DC2...) přes síť nebo USB drive načítat a ihned v CNC programe měnit. K základním funkcím „AsperWin“ patří mimo mnohých technologických funkcí např. automatická kontrola vzdálenosti, ukládání dílu s nízkým odpadem, zpracování kalkulace nákladu, nebo kontrola DXF-dat - uzavřené resp. dvojité kontury, taktéž technologická databanka pro různé plazmové zdroje. O jednoduchou obsluhu se stará 15" TFT barevný monitor s Touch Screen (nejnovější technika) v propojení s průmyslovou klávesnicí a myší. (19)



Obr. 4.9 Programování stroje (19)



Obr. 4.10 Ukázka knihovny (16)

Knihovna "Select" přímo v CNC-řídícím systému.

Doplněk k mnohým programovacím možnostem v MicroStep MSNC-500 řídícím systému nabízí integrovaná knihovna „AsperWin Select“ s více než 80 různými standardními tvary jako např. příruby, lichoběžníky, pravé úhly. Se "Select"-em si můžete vaše standardní díly vybírat z knihovny tvaru a libovolně měnit jejich rozměry a konvertovat je do libovolného pálicího plánu. Kromě toho můžete pomocí programu "AsperWin" převzít požadované díly ze všech příslušných AutoCAD programu přes DXF jednotku. Po jejich převzetí do

programového systému "AsperWin" je můžete velmi rychle přesouvat do řezného plánu a začít s řezáním. (19)

CAD software „AsperWin Nesting“

Modul automatického ukládání slouží k zefektivnění práce při tvorbě řezných programů z většího množství dílců. Uživatel vytvoří seznam dílců, které je potřeba vyřezat a specifikuje seznam použitelných polotovarů. Proces ukládání je možné kdykoliv přerušit upravit jeho výsledky manuálně.

Možnosti modulu automatického ukládání:

- libovolný počet dílců všech formátů podporovaných Adlerem (DXF, DSTV, IGES, PLA)
- libovolný počet pravoúhlých polotovarů různých rozměrů
- možnost ukládání dílců do děr
- různé metody ukládání
 - 1) pravoúhlé ukládání – dílec se nahradí opsaným obdélníkem
 - 2) rozšířené pravoúhlé – pozice dílu získaná pravoúhlým algoritmem je následně vylepšená podle skutečného tvaru dílu. Program tvoří skupiny dílců, které ukládá jako obdélníky.
 - 3) polygonální ukládání – dílec je při hledání pozice nahrazený polygonem
- možnost změny zadání (počet dílců, počet a velikost polotovarů) kdykoliv
- možnost ukládání na částečně zaplněné polotovary (19)

Modul „plazmové popisování“

Speciální funkce v CNC řídícím systému MSNC 500 umožňuje použití požadovaného plazmového zdroje k automatickému plazmovému popisování přímo přes softwarové programování. Díky tomu se může realizovat např.: označení pro vrtání nebo jiné montáže. Toto jednoduché ale spolehlivé plazmové markování popisuje i vlhké, rezavé a olejové plechy a tímto předstihuje práškové a atramentové popisování. Kvalita popisování závisí na plazmovém zdroji. Preciznost je samozřejmostí. K popisování alternativně je nabízeno plnoautomatické plazmové popisovací zařízení ArcWriter od firmy HYPER THERM®, pneumatické popisovací zařízení nebo InkJet-systém. (19)



Obr. 4.11 Popisování plechu (19)

Plazma Kjellberg HiFocus 160i s PLUS technologií

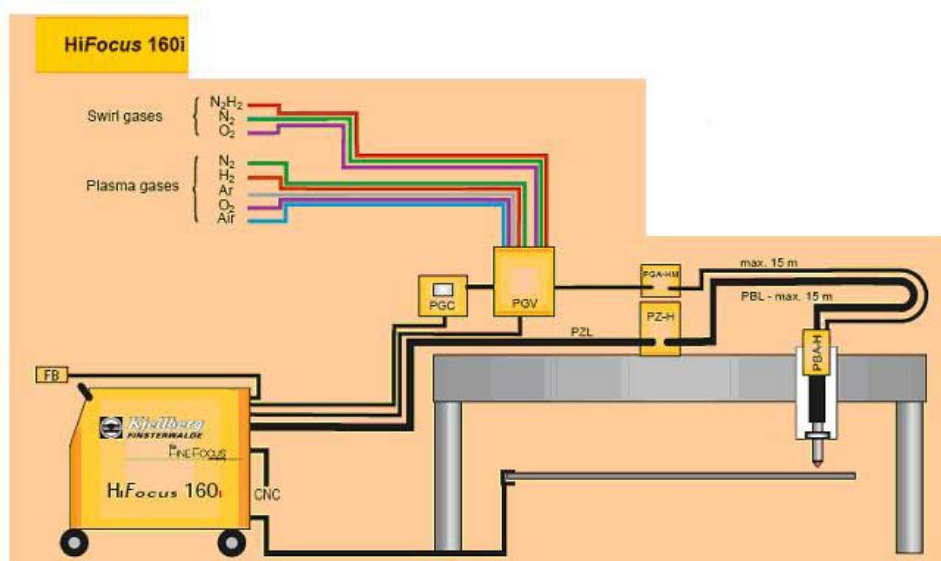
Od prvního výkonu HiFocus technologie v roce 2000 svět řezu plazmy byl obohacený o novou dimenzi produktivity, kvality a různorodosti aplikace, založený na wellknown a schválené FineFocus technologii. Výjimečná kvalita na řezných plochách, velmi malá přímost a tolerance sklonu stejně jako nízká hrubost je v souvislosti s vysokou precizností v řádu tolerance +/- 0.2 mm

a vysoká část reprodukovatelnosti ve vztahu s vynikající produktivitou parametrů, na které celosvětová reputace HiFocus technologie je založena. Nově vyvinutá plazma HiFocus 160i je určena pro značení a řez měkkých ocelích, nerezových ocelích, hliníku a dalších elektricky vodivých materiálů v řadě 0.5 - 50 mm. V kombinaci s jedinečnou inovací regulace průtoku plazma plynů představuje HiFocus 160i nejvyšší úroveň technologie plazmy na světě. (19)



Obr. 4.12 Plazmový zdroj HiFocus 160i (17)

- automatická plynová konzola
- plazmové značení a popisování
- připojení hořáku přímé
- plazmový plyn O₂, N₂, H₂, Ar, vířivý plyn O₂, N₂, F₅
- hořák PerCut 160-2, pro strojní řezání, plynulá regulace 4 -160A, 100% zatížení při 160 A, plynulá regulace 4 – 25 A pro popisování vodou chlazený hořák s jemným paprskem, 10 m nebo 15 m délka
- propal s napětovou regulací výšky 30 mm, řezací tloušťka 0,5 -30 mm, dělicí řez 0,5 -40 mm



Obr. 4.13 Konfigurace stroje (17)

(PGC – kontrola plazma plynů, PGV – ventil plazma plynů, PGA-HM spojovací jednotka, PZ-H – spínací skříň, PBA-H – plazmový hořák (spojovací jednotka), FB – dálkové ovládání, PLZ – kabel pro spínací skříň, PBL – kabel pro plazmový hořák

Odsávaný pracovní stůl se sekčním odsáváním

Odsávaný stůl je velmi stabilní, pevné konstrukce a oddělený od vedení, čím jsou minimalizované vysokofrekvenční rušící impulsy světelného oblouku, které mohou ovlivnit řízení stroje a je dosažena maximální kvalita řezu. Způsob a konstrukce stolu jsou koncipované tak, že zabezpečí odsávání nejenom celé pracovní plochy, ale může snášet i největší zátěže (až do 80 mm tloušťky tabule plechu) aniž by došlo k deformaci. Odsávání vede do kanálového systému, na kterém může být napojeno filtrační nebo ventilační zařízení. Dokonalá modulární konstrukce s 500 mm sekciemi, kvalitní pneumatika s elektronickým řízením a kontrolou pomocí CNC-řídícího systému zabezpečuje čisté pracovní prostředí, vysokou provozní bezpečnost a vysoký sací výkon při nízké spotřebě energie. Příslušný mřížový rošt pod lamelami zabraňuje propadu malých dílů. (19)



Obr. 4.14 Odsávaný pracovní stůl (19)

Filtrační jednotka Donaldson Torit DFPRO 8; ART501/9kW; 6000 m³/h

Pro tento pálicí stroj se hodí filtrační jednotka DFPRO 8 Cyclopeel. Filtrační jednotka s automatickým čištěním filtračních patron zabezpečuje spolehlivé odsávání zplodin vznikajících v procesu řezání. Jednotka splňuje ekologická kritéria požadovaná pro provoz zařízení. Maximální odsávané množství vzduchu je 6 000 m³·hod⁻¹. Číslo po typu zařízení signalizuje množství plniče filtru.

- filtr DFPRO-8 vč. řídící skříň TCB
- předseparátor Cyclopeel
- filtrační vložky Ultra Web Flame Retardant (UW-FR -zpožděný propal jiskrou nebo okují)
- ventilátor ART 501/9 kW vč. příslušných klapek průtoku vzduchu startér pro motor 9 kW
- 2 nádoby na odprašky (zavěšené pod filtrem a předseparátorem)
- přechodový díl průměr 315 mm na vstupu do předseparátoru cyclopeel
- odlučovač vody a oleje 1/2"

Nejvyšší provozní účinnosti je 99,999 % 0,5 μ m složky je poskytnutý použitím vlastních filtračních vložek, trvanlivost nábojnic je asi 3000 - 4000 pracovních hodin. Systém filtrování v prostorovém uspořádání může být nainstalován vevnitř objektu nebo mimo objektu a to podle velikosti odčerpávajícího stolu, druhu řezaného materiálu a využívané technologie (plazma, laser...) (19)



Obr. 4.15 Filtrační jednotka

Další možnosti stroje HS - Suport pro autogen

Hlavní suport s hořákem (plazmový suport v případě kombinovaného stroje) je plnoautomaticky polohovaný a poháněný přes digitální DC-serva. Můžou se pohybovat souběžně anebo protiběžně s hnací jednotkou (hnacím suportem). Tyto suporty mohou být plnoautomaticky polohovatelné (i ve směru osy Y poháněné vlastním motorem) - příklad využití – strojní nastavení roztečí hořáků pro řezání pásů s přesností $\pm 0,05$ mm podle DIN 28 206. Supporty na řezání plamenem jsou dodávány v závislosti od řezného plynu, kterým může být acetylen, propan, zemní plyn nebo směsné plyny. Na portálu stroje typu HS může být umístěn max. 1 standardní suport pro plazmový hořák (1 $\times$ plazma) nebo 1 duální suport((1 $\times$ plazma +1 $\times$ autogen) nebo (1 $\times$ plazma + 1 $\times$ plazma)). Na supportech je instalovaná plynotechnika. Každý support je vybavený automatickým zapalováním plamene a IHT kapacitním snímačem řezné výšky, které jsou ovládané řídicím systémem MSNC-500. Energetické kabelové vedení jsou šetrně vedené ve vlečných kabelových nosičích. (19)

Šachta pro řezání trubek a profilů

Podle volby může být řezací stůl rozšířený o tzv. šachtu, která jednoznačně ulehčuje zpracování dílů jako např. profilů nebo trubek. Šířka šachty umožňuje řezat otvory do trubek od 30 mm do 500 mm (do maximální hmotnosti 5 t) a s lamelovým krytem může být též použita na řezání plochých materiálů. Odsávání plazmového prachu v šachtě nastává taktéž pomocí odsávacího systému. (19)



Obr. 4.17 Šachta pro řezání trubek a profilů (19)

Zařízení na řezání trubek - polohovadlo MR

CNC -polohovadlo MR na řezání trubek, řízené řídicím systémem MSNC 500, umožňuje uchycení trubek a jejich otáčení a tím zpracování trubek o průměru max. 500 mm. Rotační pohyb je řízený integrovaným servomodulem. Trubka je umístěná ve stole, kde je pro ni připravený speciální prostor - šachta pro řezání trubek a profilů. Výškové nastavení trubek je podpořené mechanicky nastavitelným, jednoúčelovým polohovadlem, ve směru délky dráhy pálicího stroje. Aby se při řezání profilů mohla využít celá šířka šachty, může být polohovadlo odstraněné. Odsávání plazmového prachu v šachtě nastavává taktéž pomocí odsávacího systému. Typ stroje HS v současné době neumožňuje kombinaci s 3D rotátorem. (19)

Vnější rozměry trubek:

Ø 30 – 125 mm

Ø 30 – 300 mm

Ø 100 – 500 mm



Obr. 4.18 Zařízení na řezání trubek - polohovadlo MR (19)



Obr. 4.19 Zařízení na řezání trubek (16)

5 DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ A PROVOZNÍ POTŘEBY NAVRŽENÉ METODY

Dispoziční řešení bylo zvoleno tak aby maximálně vyhovovalo jak provozním potřebám stroje (přívod el. energie, plynů a tlakového vzduchu) tak i manipulaci s materiálem a jeho další pohyb ve výrobě. Pro zvolený stroj je dále nutné zajistit stavební úpravy. Jedná se o podlahu, která musí splňovat parametry dané výrobcem stroje, aby nedošlo k poškození stroje při jeho montáži.

Podlaha musí být betonová, opatřená nátěrem na zpevnění povrchu, v minimální tloušťce 150 mm z důvodu kotvení stroje. Nosnost podlahy by měla být $2500 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-2}$ rovinnost – zvlněnost maximálně $10 \text{ mm}\cdot\text{m}^{-2}$. Celková výšková odchylka v rozsahu délky dráhy do 20 mm. Dále se jedná o pracovní prostředí, ve kterém se bude stroj nacházet. Teplota by se měla pohybovat v rozsahu (+7 °C až +40 °C), maximální vlhkost 80 %. Pracoviště musí být chráněné před povětrnostními vlivy a bez otřesů. (20)

Přívod elektrické energie 400V kabelem o průřezu 4Gx35 mm² s jištěním 100A/D nastavitelným jističem až k rozvaděči, který je umístěn vedle stroje.

Přívody plynů:

Pro plazmový zdroj Formica ForCut 203W

Plyny je možné přivádět z lahví, nebo z rozvodu plynů. Přívody plynů pro plazmu musí být ukončeny redukčními ventily. Přívod kyslíku bude ukončen ukončen redukčním ventilem, antiexplosivní ochranou a microfiltrem. Trasa od přípojných míst k plazmě nesmí být delší než 6 m. (20)

Tab. 5.1 Tabulka plynů (18)

Plyn	Kyslík	Dusík	Vzduch	H35
Fitynka	G 1/4	G 1/4	G 1/4	G 3/8L
Čistota	99,50%	99,99%	suchý a zbavený olejových nečistot (třída kvality č. 2 dle ISO 8573-1)	99,995%
Množství	4250 l/hod	7080 l/hod	7080 l/hod	4250 l/hod
Tlak	(8 bar)	(8 bar)	(8 bar)	(8 bar)

H35 = 35% H, 65% Ar

Pro všechny plyny platí: suchý, čistý – bez mechanických nečistot, vody a oleje

Čištění vzduchu před vstupem do plazmy

Čištění vzduchu se provádí pomocí sušičky vzduchu a submikrofiltru s automatickým odpouštěčem kondenzátu, stupeň odloučení 99,999%, pevné částice 0,01 mikrometrů, obsah zbytkového oleje: $0,01 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. V případě nedostatečné úpravy vzduchu se snižuje kvalita řezu, životnost spotřebních dílů a hrozí poškození plazmového hořáku. (20)

Pro filtrační jednotku Torit DCE DFPPRO 8 Cyclopeel, ART501/9 kW

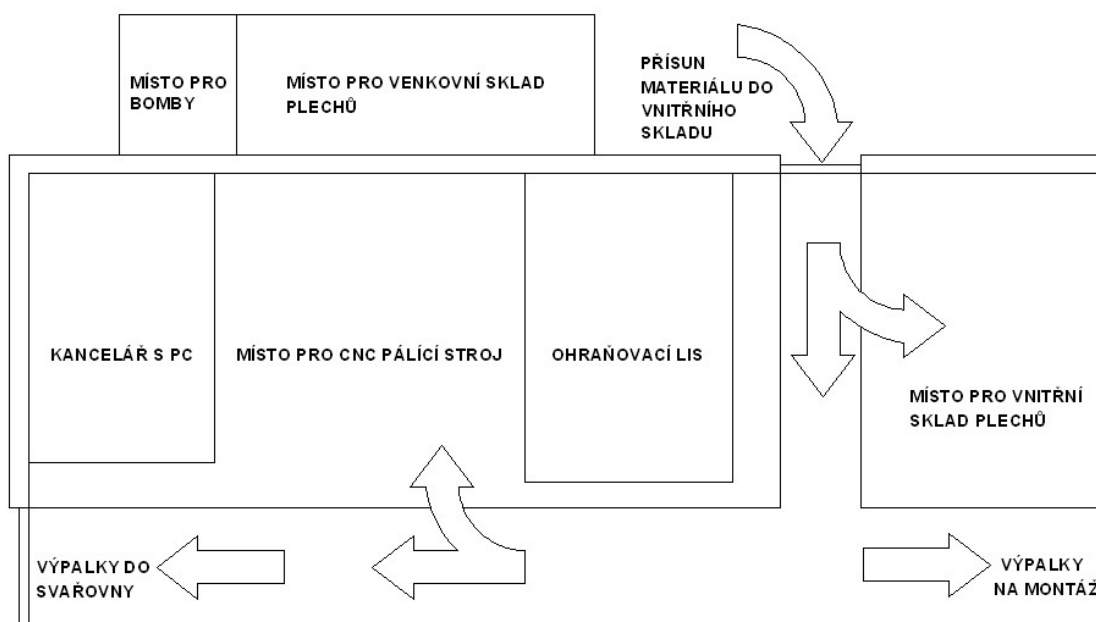
Přívod tlakového vzduchu 6-7 bar, $270 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Vzduch musí být suchý a zbavený olejových nečistot. Přípojně místo ukončeno redukčním ventilem a nátrubkem na hadici o vnějším průměru 10 mm. Vzduch je nutné upravovat sušičkou vzduchu a submikrofiltrem. Vysoušení vzduchu před vstupem do filtrační jednotky je doporučeno z důvodů prodloužení životnosti filtračních patron. (20)

Pro odsávání stůl

Přívod tlakového vzduchu 6 bar, $10 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ pro ovládání klapky stolu a plazmové vidličky. Přípojně místo ukončeno redukčním ventilem a nátrubkem na hadici o vnějším průměru 10 mm. (20)

Další přívody

PC síť – propojení PC programátora řídicího systému MSNC pro přenos řezacích programů a pro dálkovou diagnostiku závad po internetu.



Obr. 5.1 Dispoziční řešení pro umístění stroje v hale

Návrh pálícího pracoviště je jako výkres A2 umístěn v příloze pod číslem 5.

6 BEZPEČNOSTNÍ A EKOLOGICKÁ RIZIKA NAVRŽENÉ METODY

Tato kapitola se bude zabývat bezpečnostními riziky při používání stroje a jejich prevencí aby nedošlo k poškození stroje nebo dokonce k ublížení na zdraví či smrti. Proto je tahle kapitola velmi důležitá a to nejen pro obsluhu stroje ale i pro ostatní osoby, které budou v kontaktu se strojem.

Ekologie pracoviště bude zaručena odsáváním a filtrací par a zplodin vznikajících při řezání. Filtrační zařízení lze uzpůsobit pro možnost vrácení přefiltrovaného vzduchu zpět do haly, čímž dochází k úsporám na vytápění a tudíž ke zrychlení návratnosti zařízení. Všechny filtrační jednotky je možné ovládat přímo z řídicího systému stroje, což přispívá ke komfortu obsluhy.

1. Nebezpečí vzniku požáru nebo výbuchu při řezání
 - V okolí 10 m od místa řezání musí být odstraněny všechny hořlaviny a mějte po ruce hasicí přístroj.
 - Prudce ochladit horký kov nebo ho nechat vychladnout před tím, než s ním bude manipulováno.
 - Nikdy neřežte nádoby, uvnitř kterých se nachází potenciálně hořlavé materiály – tyto je nutno nejdříve vypustit a nádobu vyčistit.
 - Před řezáním odvětrejte potenciálně hořlavé atmosféry.
 - Nepoužívejte plazmový systém v případě, že mohou být vprostřed přítomny výbušné prachy nebo páry.
 - Vodík a metan jsou hořlavé plyny, které představují riziko výbuchu. Udržujte plameny mimo bomby a hadice obsahující směsi metanu nebo vodíku. (21)
2. Nebezpečí úderu elektrickým proudem
 - Dotyk s elektrickými díly pod proudem může vést ke smrtelnému zranění nebo vážným popáleninám.
 - Provozováním plazmového systému se uzavírá elektrický obvod mezi hořákem a obrobkem. Obrobek a jakýkoliv předmět dotýkající se ho je součástí elektrického obvodu.
 - Nikdy se nedotýkat tělesa hořáku, obrobku nebo vody při provozu plazmového systému.
 - Při používání plazmového systému nikdo nesmí stát, sedět ani ležet – ani se nedotýkat – jakéhokoliv vlhkého povrchu.
 - V blízkosti zdroje napájení umístit vypínač s náležitě dimenzovanými pojistkami. Tento vypínač umožní operátorovi vypnout rychle napájení v případě nouze.
 - Před kontrolou, čištěním nebo výměnou dílů hořáku odpojit hlavní vypínač nebo zařízení odpojit od zdroje napájení.
 - Nikdy neprovozovat plazmový systém pokud nejsou namontovány kryty zdroje napájení. Obnažená připojení přívodu proudu představují vážné nebezpečí. (21)

3. Nebezpečí vzniku jedovatých plynů

- Při řezání mohou vznikat jedovaté výpary a plyny, které vyčerpávají kyslík a způsobují zranění či smrt.
- Udržujte místo řezání dobře větrané nebo používejte schválený dýchací přístroj.
- Neřežte s blízkosti odmašťovacích, čistících nebo postřikovacích zařízení. Výpary z určitých chlorovaných rozpouštědel se mohou rozložit a při vystavení ultrafialovému záření mohou vytvořit plynný fosgen.
- Neřezat kov obsahující nebo mající povrchovou úpravu s toxickými materiály, jako je například zinek (pozinkování), olovo, kadmium, nebo berylium, pokud není prostor dobře odvětrán a pracovník používá dýchací přístroj. Povrchové úpravy a kovy obsahující tyto prvky mohou vytvářet toxické plyny.
- Nikdy neřezat nádoby, které mohou obsahovat potenciálně toxické materiály – tyto je nutno nejdříve vypustit a náležitě vyčistit.
- Tento výrobek, je-li používán pro svařování nebo řezání, generuje výpary nebo plyny obsahující chemikálie, o kterých je známo, že v některých případech způsobují rakovinu. (21)

4. Nebezpečí popálenin očí a pokožky

- Paprsky plazmového oblouku produkují intenzivní viditelné a neviditelné (ultrafialové a infračervené) světlo, které může poškodit vaše oči a pokožku.
- Používat ochranu očí v souladu s platnými národními a místními směrnici.
- Nosit ochranu očí (bezpečnostní brýle s boční ochranou a svařovací přilba) s příslušným zabarvením čoček, které ochrání vaše oči před ultrafialovým a infračerveným světlem.
- **Odstín čoček**

Proud oblouku	AWS (USA)	ISO 4850
Až 100 A	č. 8	č. 11
100-200 A	č. 10	č. 11-12
200-400 A	č. 12	č. 13
Nad 400 A	č. 14	č. 14
- Nosit ochranný oděv, který zajistí vaši ochranu před popáleninami způsobenými ultrafialovým světlem, jiskrami a horkým kovem.
- Samozhášecí oděv k pokrytí všech exponovaných oblastí.
- Připravit místo řezání tak, aby se omezilo odražení a přenos ultrafialového světla.
- Používat ochranné síta nebo přehrady k ochraně osob před záblesky a září. (22)

5. Nebezpečí pneumatických zařízení

- Nikdy nemazat ventily bomby nebo regulátor olejem nebo mazivem.
- Používat pouze správné plynové bomby, regulátory, hadice a armatury navržené ke specifické aplikaci.
- Udržovat veškerá pneumatická zařízení a díly v dobrém stavu.

- Označit a barevně odlišit všechny plynové hadice. Identifikovat typ plynu v každé hadici. Konzultovat příslušné národní a místní směrnice. (22)
- 6. Nebezpečí výbuchu plynových bomb**
- Plynové bomby obsahují plyn pod vysokým tlakem. V případě poškození mohou vybuchnout.
 - Manipulovat a používat bomby se stlačeným plynem v souladu s platnými národními a místními směrnicemi.
 - Nikdy nepoužívat bombu, která není umístěna ve vzpřímené poloze a není zajištěna na místě.
 - Udržovat ochranné víčko na ventilu když je bomba používána nebo připojena k použití.
 - Nikdy neumožnit elektrický kontakt mezi plazmovým obloukem a bombou.
 - Nikdy nevystavovat bomby nadměrnému teplu, jiskrám, strusce nebo otevřenému plameni.
 - Nikdy nepoužívat k otevření zablokovaného ventilu bomby kladivo, klíč nebo jiný nástroj. (22)
- 7. Nebezpečí poškození sluchu**
- Prodloužená expozice hluku vznikajícímu při řezání nebo vyřezávání drážek může poškodit sluch.
 - Při práci s plazmovým systéme používejte schválenou ochranu sluchu. (23)
- 8. Nebezpečí při používání kardiostimulátoru a sluchadel**
- Magnetická pole generovaná vysokými proudy mohou ovlivňovat funkci kardiostimulátorů a sluchadel.
 - Osoby používající kardiostimulátor a sluchadlo by měli kontaktovat svého lékaře před tím, než se budou pohybovat v blízkosti míst, kde probíhá plazmové řezání nebo vyřezávání drážek.
 - Omezit riziko spojené s magnetickým polem
 - Udržovat pracovní kabel i vedení hořáku na jedné straně mimo své tělo.
 - Umístit vedení hořáku co nejbližší pracovnímu kabelu.
 - Pohybovat se co nejdále od zdroje napájení. (23)

7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ PŘÍNOSU NAVRŽENÉ NEKONVENČNÍ TECHNOLOGIE

Tato kapitola se bude zabývat technicko – ekonomickým vyhodnocením navržené nekonvenční technologie. Pro srovnání bylo použito dvou metod paprskových nekonvenčních technologií. Technologie řezání plazmou a technologie řezání laserem. Kapitola je důležitou součástí diplomové práce, protože dokazuje že vybraná technologie byla zvolena jako nejlepší co se týče nákladů pořizovacích tak i nákladů na provoz stroje.

Pro přehled strojních nákladů byla použita tabulka od firmy AWAC spol. s r.o., která byla upravena dle nabídky pro firmu Pars Nova a.s. a splňuje tak požadovaná kritéria.

Tab. 7.1 Přehled strojních nákladů (19)

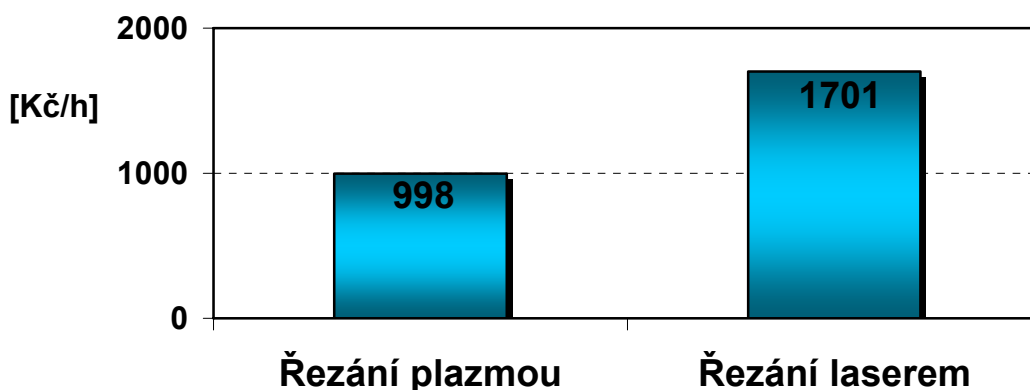
PŘEHLED STROJNÍCH NÁKLADŮ				
		Řezání plazmou (Plasma HT 1070)	Řezání laserem (Laser 3000 W)	
Investiční náklady				
Řezací stroj vč. základu a elektrické přípojky	Kč	3 039 419	12 000 000	
Zdroj (plazma, laser)	Kč	1 431 426		
Hořák a řídicí systém výšky hořáku nad materiálem	Kč			
Optická část stroje	Kč			
Chladicí jednotka (vodní chlazení)	Kč			
Odsávací systém	Kč	350 000		
Celkové investiční náklady	Kč	4 820 845	12 000 000	
Odpisové období	rok	6	6	
Meziroční nárůst nákladů	%	5	5	
Meziroční nárůst nákladů		1,150	1,150	
Roční odpisy	Kč/rok	923 995	2 300 000	
Úroková míra	%	3	3	
Roční úrok	Kč/rok	72 313	150 000	
Roční fixní náklady na údržbu (5%)	Kč/rok	241 042	150 000	
Roční pronájem výrobních prostor	Kč/rok	0	0	
Roční fixní náklady na investici	Kč/rok	1 237 350	2 600 000	
Počet pracovních hodin za rok	hod/rok	2300	2300	
Počet směn		1	1	
Procento využití	%	90	90	
Druhotné provozní náklady	Kč/h	50,00	50,00	
Počet výrobních hodin za rok	hod/rok	2070	2070	
Fixní náklady na hodinu provozu stroje	Kč/h	597,75	1256,04	
Náklady na energii - řezací stroj	Kč/h	65,00	150,00	
- chladicí jednotka	Kč/h	15,00	10,00	
- odsávací systém	Kč/h	45,00	10,00	
Náklady na strojní vybavenost	Kč/h	15,00	15,00	
Náklady na manipulaci	Kč/h	5,00	5,00	
Náklady na NC-programování	Kč/h	50,00	50,00	
Strojní náklady	Kč/h	842,75	1546,04	

Mzdové náklady	Kč/h	100,00	100,00
Sociální a zdravotní pojištění (35%)	Kč/h	35,00	35,00
Režijní mzdové náklady	Kč/h	20,00	20,00
Hodinové náklady řezacího pracoviště	Kč/h	997,75	1 701,04

Tabulka byla přejata z firemního materiálu firmy AWAC spol. s r.o. pro firmu Pars Nova a.s.

Z dané tabulky je patrné že řezání plazmou vychází mnohem ekonomičtěji nežli řezání laserem. Pro firmu Pars Nova a.s. tak byla vybrána technologie, která nejen splňuje technické parametry (předepsaná přesnost řezání a drsnost povrchu) ale také po ekonomické stránce vychází jako nejvhodnější volba.

Hodinové náklady řezacího pracoviště



Obr. 7.1 Hodinové náklady řezacího pracoviště (19)

Jako další rozhodující faktor mezi jednotlivými nekonvenčními technologiemi jsou náklady na jeden metr řezání. Srovnání bylo provedeno u konstrukční oceli (11373 St37) tloušťky 12 mm. Jednoznačně vyšlo, že náklady na jeden metr řezu při použití laseru oproti použití plasmy jsou víc jak dvojnásobné.

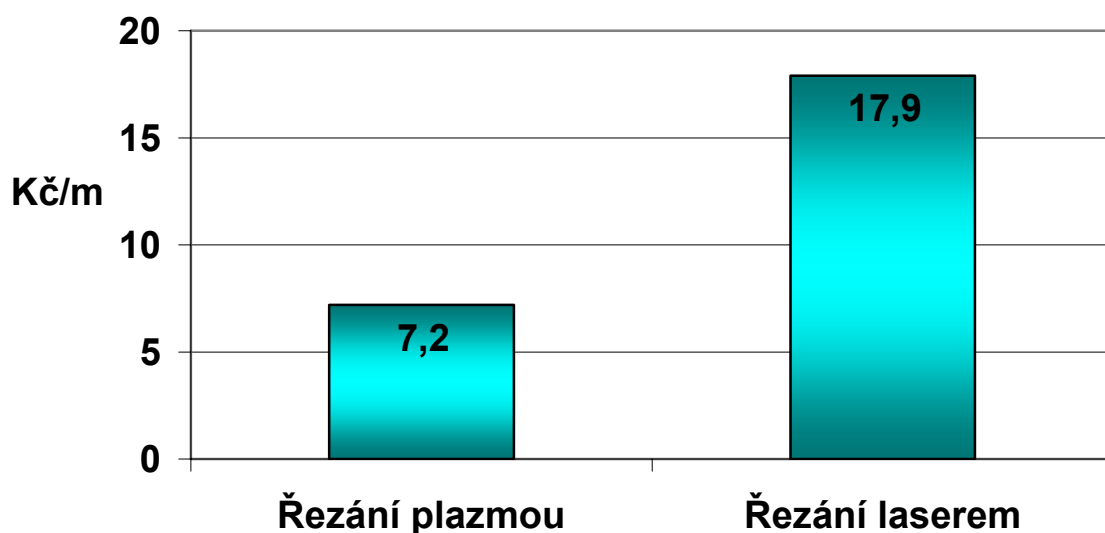
Tab. 7.2 Celkové náklady na jednotkovou délku řezu pro plazmu (24)

Ř E Z Á N Í P L A Z M O U		
Základní údaje		
Druh řezu		bez úkosu
Tloušťka materiálu	mm	12,00
Materiál		St 37
Počet hořáků		1
Plazmový proces		HPR 260
Údaje o spotřebách		
Plazmový plyn	l/min	39
Ochranný plyn	l/min	48
Elektrická energie	kW	46
Řezná rychlost	m/min	3,060
Řezná rychlost	m/h	183,60
Životnost trysky	h	10
Životnost elektrody	h	10
Délka řezu na jednu trysku	m/tryska	1 836
Délka řezu na jednu elektrodu	m/elektroda	1 836
Údaje o spotřebách na jednotkovou délku řezu		
Plazmový plyn	l/m	13
Ochranný plyn	l/m	16
Elektrická energie	kWh/m	0,25
Nákladové položky		
Plazmový plyn	Kč/m ³	5,68
Ochranný plyn	Kč/m ³	1,00
Elektrická energie	Kč/kWh	4,60
Tryska	Kč	567,00
Elektroda	Kč	404,00
Fixní náklady na hodinu provozu stroje	Kč/h	998,00
Nákladové položky na jednotkovou délku řezu		
Plazmový plyn	Kč/m	0,07
Ochranný plyn	Kč/m	0,02
Elektrická energie	Kč/m	1,14
Tryska	Kč/m	0,31
Elektroda	Kč/m	0,22
Variabilní náklady celkem	Kč/m	1,76
Strojní náklady na délku řezu	Kč/m	5,44
Celkové náklady na jednotkovou délku řezu	Kč/m	7,19

Tab. 7.3 Celkové náklady na jednotkovou délku řezu pro laser (24)

Ř E Z Á N Í L A S E R E M		
Základní údaje		
Druh řezu		bez úkosu
Tloušťka materiálu	mm	12,00
Materiál		St 37
Laser proces		CO ₂ , cw
Údaje o spotřebách		
Laserové plyny	l/h	20
Řezný plyn	l/min	100
Elektrická energie	kW	30
Řezná rychlost	m/min	1,80
Řezná rychlost	m/h	108,00
Životnost optiky	h	2 000
Životnost čočky	h	1 000
Délka řezu jednou čočkou	m/čočka	216 000
Cutting length per nozzle	m/tryska	108 000
Údaje o spotřebách na jednotkovou délku řezu		
Laserové plyny	l/m	0,2
Řezný plyn	l/m	55,6
Elektrická energie	kWh/m	0,3
Nákladové položky		
Laserové plyny	Kč/m ³	619,80
Řezný plyn	Kč/m ³	12,00
Elektrická energie	Kč/kWh	4,60
Optika	Kč	19 125,00
Tryska	Kč	450,00
Fixní náklady na hodinu provozu stroje	Kč/h	1 702,00
Nákladové položky na jednotkovou délku řezu		
Laserové plyny	Kč/m	0,11
Řezný plyn	Kč/m	0,67
Elektrická energie	Kč/m	1,28
Optika	Kč/m	0,09
Tryska	Kč/m	0,00
Variabilní náklady celkem	Kč/m	2,15
Strojní náklady na délku řezu	Kč/m	15,76
Celkové náklady na jednotkovou délku řezu	Kč/m	17,91

Celkové náklady na jednotkovou délku řezu



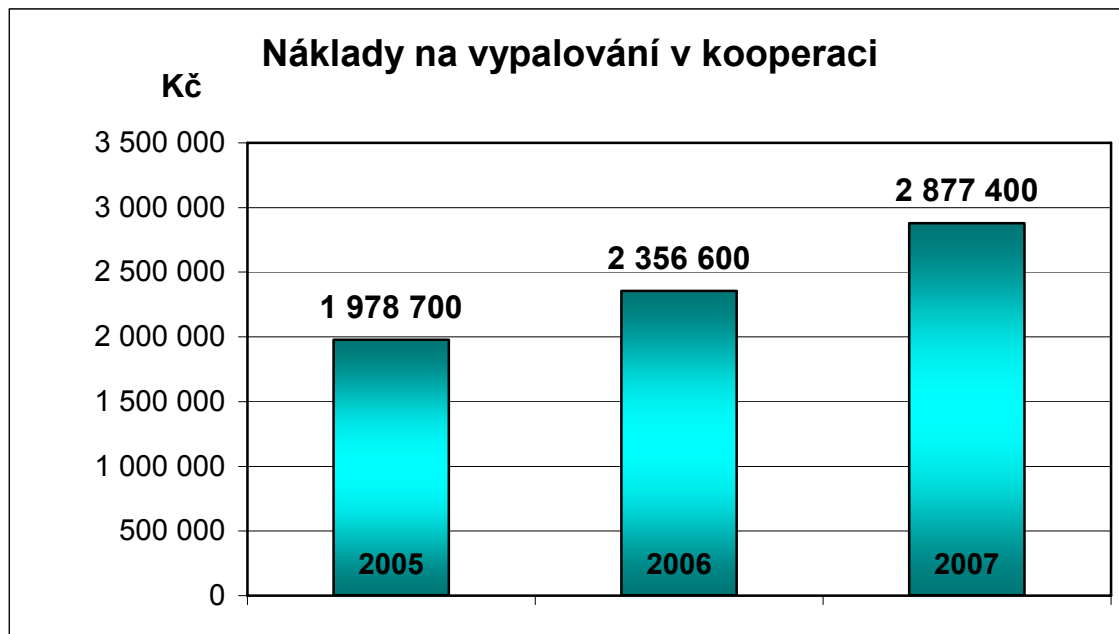
Obr. 7.2 Celkové náklady na jednotkovou délku řezu (24)

Tab. 7.4 Porovnání parametru technologií (19)

technologie	plyny	Výkon	nerez 2 mm	konstrukční ocel 12 mm	hliník 10 mm
Plazma HPR 260	F5/N2	45 A	3 175 mm·min ⁻¹		
	O2/vzduch	80 A		1 410 mm·min ⁻¹	
	O2/vzduch	130 A		2 200 mm·min ⁻¹	
	O2/vzduch	200 A		3 060 mm·min ⁻¹	
	O2/vzduch	260 A		3 850 mm·min ⁻¹	
	vzduch/vzduch	130 A			1 465 mm·min ⁻¹
	H35/N2	130 A			1 615 mm·min ⁻¹
	H35/N2	200 A			4 400 mm·min ⁻¹
	N2/N2	200 A			4 750 mm·min ⁻¹
	H35/N2	260 A			6 120 mm·min ⁻¹
	N2/vzduch	260 A			4 930 mm·min ⁻¹
Laser PRC 4 KW	O2	1 kW	2 000 mm·min ⁻¹		
	O2	1,5 kW	4 500 mm·min ⁻¹		
	O2	1,5 kW		750 mm·min ⁻¹	
	O2	2 kW		1 000 mm·min ⁻¹	
	O2	3,5 kW		1 500 mm·min ⁻¹	
	N2	1,5 kW	2 500 mm·min ⁻¹		
T	N2	2,2 kW	3 750 mm·min ⁻¹		
	N2	3,2 kW	6 000 mm·min ⁻¹		
t	vzduch/N2	3,5 kW			350 mm·min ⁻¹

Tabulka vystihuje pro jaké výkony a u jakého materiálu jsou použity řezné rychlosti, které jsou uvedeny v tabulce a jsou udávány v mm·min⁻¹

Firma Pars Nova a.s. zaplatila za vypalování za loňský rok částku 2 877 400 Kč, což představuje velkou zátěž ohledně nákladů na výrobu a oproti letům předešlým se tento trend neustále zvyšuje. Proto investice za pořízení nového stroje, která je 4 820 845 Kč se sice z počátku promítne do nákladu na výrobu ale po splacení stroje naopak budou náklady na výrobu podstatně nižší než kdyby se dále vypalovalo v kooperaci. (20)



Obr. 7.3 Náklady na vypalování v kooperaci (20)

Výkresy pálených součástí z plechu jsou umístěny v příloze pod čísly 1 až 4.

ZÁVĚR

Technologie dělení materiálů plazmou se v posledních letech prudce rozvíjí. Na trh přichází nové typy plazmových zdrojů umožňující dosažení podstatně kvalitnějšího řezu, přičemž se zároveň zvětšují i hloubky řezaného materiálu, při kterých se tato kvalita dosahuje. Navzdory rostoucí kvalitě plazmových zdrojů existují omezení spočívající v tom, že není možné s nimi řezat kvalitně malé otvory resp. složité jemné kontury. Aby bylo možné v požadující kvalitě vyřezat otvor musí platit, že jeho průměr je minimálně 1,5 násobku hloubky řezaného materiálu. Eliminace těchto nedostatků se dá efektivně odstranit kombinací vrtací a plazmové řezací hlavy. Tato kombinace se stále častěji objevuje v požadavcích zákazníků, přičemž významně roste i zájem o řezací hlavy schopné řezat materiál pod úhlem. Jde zejména o přípravu na svařování, kde obvykle vyžadují řezy typu Y.

Mezi náročné požadavky patří řezání velkého rozsahu tloušťek materiálu, řezání pod úhlem, vrtání, řezání závitů, kromě řezání plechů i řezání rour a profilů, tohle všechno vede ke vzniku velmi komplikovaných strojů, které se nazývají CNC řezací centra. Tyto stroje jsou v poslední době velmi oblíbeným zbožím u firem, které se dostaly do stejného problému jako firma Pars Nova a.s., která v této práci posloužila jako vzorový případ.

V této práci bylo prokázáno, že se dá zvolit lepší varianta, než jen přesunout výrobu do kooperace, která je sice také řešením, ale pouze jen dočasné řešení. Ve většině firem dochází k nárůstu výroby a to se negativně projevuje v nákladech vynaložených za výrobu zhotovenou v kooperaci. Proto volba CNC pálicího stroje byla nejlepší možnou volbou, která se prokáže během jednoho roku chodu stroje.

Nejdůležitější částí při volbě CNC pálicího stroje je stanovit si určitá kritéria. Mezi ně patří, co se bude řezat a kolik se toho bude řezat. Je to velmi důležité pro rozhodování mezi jednotlivými nekonvenčními technologiemi, kterými řezací centra disponují. Pro tuhle práci bylo zvoleno CNC pálicí centrum, které jako řezný mechanismus používá paprsek plazmy. Ve firmě Pars Nova a.s. se plazma ukázala jako nejvhodnější nekonvenční technologie oproti ostatním nekonvenčním technologiím, které jsou v této práci zmíněny. Hlavní výrobou stroje budou výpalky, které budou převážně z konstrukční oceli. Ty budou dále upravovány pro danou výrobu, kterou jsou modernizace konstrukcí kolejových vozidel pro ČD.

Nekonvenční technologie jsou v posledních letech velmi vyhledávány a to nejen v průmyslu, ale i v jiných odvětvích. Tento vysoký zájem se samozřejmě promítá i v počtu výrobců a dodavatelů dané technologie. Ale to nejdůležitější je vývoj a pokrok, kterým tyto technologie prošly od jejich počátku až po dnešní vysoce výkonné a moderní řezací centra.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Pars Nova a.s. *Historie společnosti*. [online]. [cit. 12.11.2007]. Dostupné na: <<http://www.parsnova.cz/index.php?im=10&lang=cz>>.
2. Pars Nova a.s. *Profil společnosti*. [online]. [cit. 12.11.2007]. Dostupné na: <<http://www.parsnova.cz/index.php?im=106&lang=cz&gallery=560>>.
3. Pars Nova a.s. *Profil společnosti*. [online]. [cit. 12.11.2007]. Dostupné na: <http://www.parsnova.cz/index.php?im=106&lang=cz&gallery=812_912>.
4. Pars Nova a.s. *Profil společnosti*. [online]. [cit. 12.11.2007]. Dostupné na: <<http://www.parsnova.cz/index.php?im=104&lang=cz&gallery=SATRAIII>>.
5. SLANÝ, M. *Systém řízení procesu obrábění vodním paprskem s abrazivem*. Bakalářská práce v oboru „Strojírenská technologie – obrábění“. Brno VUT–FSI, Ústav strojírenské technologie. 2003. 58 s.
6. KOČMAN, K. A PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno, Akademické nakladatelství CERM 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
7. MM Průmyslové spektrum. *Strojírenský měsíčník*. [online]. [cit. 22.1.2008]. Dostupné na: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/lasery-laserove-technologie-a-stroje-s-laserem>>.
8. AWAC. *Podklady ze společnosti AWAC spol. s r.o., Česká republika*. Únor. 2008.
9. MAŇKOVÁ, I. *Progresívne technológie*. Technická univerzita Košice, Strojnícká fakulta. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. Vienaľa, vydavateľstvo a tlačiareň Košice, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.
10. THERMACUT., *Dodavatel spotřebního zboží pro řezání plasmou*. [online]. [cit. 12.3.2008]. Dostupné na: <<http://www.thermacut.info/frameset.asp?refer=sub&lng=2&ctr=neu>>.
11. SLANÝ, M. *Obrábění vodním paprskem. Diplomová práce v oboru „Strojírenská technologie – obrábění“*. Brno VUT–FSI, Ústav strojírenské technologie. 2006. 68 s.
12. MM Průmyslové spektrum. *Strojírenský měsíčník*. [online]. [cit. 22.1.2008]. Dostupné na: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/31/3168_big>.
13. SNOEYS, R. STAENLENS, F. DEKKYSER, W. *Current Trends in Non-Conventional Material Removal Processes, Annals of the CIRP* Vol.35/2 (1986), pp. 467-480.
14. URBÁNEK, J. *Automatizace výrobních procesů – skripta*, PC DIR, Brno, 1994.
15. VAN LUTTERVELT, C.A. *On the Selection of Manufacturing Methods Illustrated by an Overview of Separation Techniques for Sheet Materials, Annals of the CIRP* Vol. 39/2 (1989), pp. 587-607.
16. MICROSTEP., *Dodavatel strojů pro řezání plasmou*. [online]. [cit. 12.3.2008]. Dostupné na: <http://www.microstep-group.com/Group/en/00_startseite/ie_startseite1.html>.
17. MICROSTEP., *Dodavatel strojů pro řezání plasmou*. [online]. [cit. 12.3.2008]. Dostupné na: <http://www.microstep-group.com/images/03_cnc_anlagen/PDF/hf160_en.pdf>.

18. AWAC. *Podklady ze společnosti AWAC spol. s r.o., Česká republika.* Duben. 2008.
19. AWAC. *Podklady ze společnosti AWAC spol. s r.o., Česká republika.* Květen. 2008.
20. Pars Nova. *Podklady ze společnosti Pars Nova a.s., Česká republika.* Květen. 2008.
21. Norma ANSI Z49.1, *Safety in Welding and Cutting*, American Welding Society, USA. Květen. 2008
22. Norma ANSI Z49.2, *Fire Prevention in the Use of Cutting and Welding Processes*, American National Standards Institute, USA. Květen 2008
23. Norma ANSI Z87.1, *Safe Practices for Occupation and Educational Eye and Face Protection*, American National Standards Institute, USA. Květen 2008
24. AGA GAS. *Podklady ze společnosti AGA GAS spol. s r.o., Česká republika.* Duben. 2008.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CNC	[-]	číslicově řízený systém
NMO	[-]	nekonvenční metody obrábění
WJM	[-]	obrábění paprskem vody
PAM	[-]	plazmové obrábění
AJM	[-]	obrábění proudem abraziva
AWJ	[-]	obrábění abrazivním vodním paprskem
CM	[-]	chemické obrábění
EBM	[-]	obrábění paprskem elektronů
ECM	[-]	elektrochemické obrábění
EDM	[-]	elektrojiskrové obrábění
LBM	[-]	obrábění paprskem laseru
PBM	[-]	obrábění paprskem plazmy
USM	[-]	ultrazvukové obrábění
VTV	[-]	vysokotlaká voda
PGC	[-]	kontrola plazma plynů
PGV	[-]	ventil plazma plynů
PGA-HM	[-]	spojovací jednotka
PZ-H	[-]	spínací skříň
PBA-H	[-]	plazmový hořák (spojovací jednotka)
FB	[-]	dálkové ovládání
PLZ	[-]	kabel pro spínací skříň
PBL	[-]	kabel pro plazmový hořák

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres výpalku A4 – Příruba narážky
- Příloha 2 Výkres výpalku A4 – Krycí kroužek
- Příloha 3 Výkres výpalku A4 – Podložka
- Příloha 4 Výkres výpalku A4 – Příruba mezikusu výfuku
- Příloha 5 Výkres A2 – Plán pracoviště

Příloha 1