

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra materiálu a strojírenské technologie

**Návrh sestrojení systému pro hlídání vzdálenosti hořáku nad  
plechem**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Hrabě, Ph.D.

Autor práce: Bc. Jiří Šlemr

PRAHA 2014

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Šlemr Jiří

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Návrh sestrojení systému pro hlídání vzdálenosti hořáku nad plechem**

Anglický název

**Design of system for watching burner distance above metal sheet**

**Cíle práce**

Shromáždit literární podklady o řezání plamenem. Návrh systému pro hlídání vzdálenosti hořáku nad plechem.

**Metodika**

Současný stav řešeného problému (literární rešerše), cíle práce a metody jejího vypracování, výsledky experimentů a jejich diskuze, závěry a přínos práce.

**Osnova práce**

1. Úvod

2. Cíl práce a metodika

3. Současný stav problematiky

4. Návrh systému pro hlídání vzdálenosti hořáku nad plechem

5. Závěr

6. Seznam použité literatury

## **Rozsah textové části**

60

### **Klíčová slova**

**Rezáni plamenem, hořák, systém**

### **Doporučené zdroje informací**

BLONDELU, R.: Metallurgy and mechanics of welding, processes and industrial applications. London, ISTE, Hobojem, Wiley, 2008, 496 s.

KEATS, D.: Underwater wet welding. Leicester, Matador, 2004, 300 s.

KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, T.: Svařování I, Ostrava. VŠB, 2005, 133 s.

KŘÍŽ, V.: Přehled svařování : Souhrn nejvíce používaných způsobů svařování včetně pájení. Praha, NTL, 1986, 109 s.

NEUMANN, A., RICHTER, E.: Spravočnik po svarke, pajke, sklejke i rezke metallov i plastmass. Moskva, 1980, 462 s.

Časopisy: Strojírenská technologie, MM průmyslové spektrum, TM Svařování - dělení - spojování materiálů, Technik.

Firemní literatura: katalogy, prospekty.

### **Vedoucí práce**

Hrabě Petr, Ing., Ph.D.

### **Termín zadání**

listopad 2012

### **Termín odevzdání**

duben 2014

**prof. Ing. Milan Brožek, CSc.**

Vedoucí katedry

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

**V Praze dne 4.2.2013**

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svojí Diplomovou prací na téma: Návrh sestrojení systému pro hlídání vzdálenosti hořáku nad plechem, vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příloze.

V Praze dne 30. 3. 2014

.....

*podpis studenta*

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé Diplomové práce Ing. Petr Hrabě, Ph.D., který mi pomohl při vypracování cennými radami a korekcí Diplomové práce.

**Abstrakt:** Cílem této Diplomové práce bylo shromáždit literární poznatky o současné problematice dělení materiálu plamenem a navrhnout a zkonstruovat vlastní systém hlídání výšky hořáku nad plechem. V teoretické části jsou popsány základy řezání plamenem. V první kapitole této části je popsán princip řezání plamenem. Druhá kapitola se zabývá technologií řezání. Třetí kapitola se zabývá zařízeními pro řezání plamenem. Čtvrtá kapitola se zabývá běžně používanými CAD/CAM softwary. Pátá kapitola specifikuje vlastnosti technických plynů používaných při řezání plamenem. V šesté kapitole jsou specifikovány používané technické plyny. Sedmá kapitola teoretické části vysvětluje výpočet ceny výpalků a ekonomiku pálení. Poslední kapitola teoretické části popisuje některé jiné používané technologie dělení. V praktické části práce je návrh koncepce systému pro hlídání výšky hořáku nad plechem a jeho vlastní konstrukce včetně výsledků měření, se systémem dle vlastního návrhu.

**Klíčová slova:** Řezání plamenem, hořák, systém

## **Design of system for watching burner distance above metal sheet**

**Summary:** The aim of this thesis was to collect literary knowledge of current issues and flame cutting of material design and construct their own system of monitoring the height above the burner plate. The theoretical part describes the basics of cutting. In the first chapter of this section describes the principle of cutting. The second chapter deals with cutting technologies. The third chapter deals with devices for cutting. The fourth chapter deals with the commonly used CAD / CAM software. The fifth chapter specifies the characteristics of industrial gases used in cutting. In the sixth chapter are specified using technical gases. The seventh chapter explains the theoretical calculation of the price of burnouts and burning economy. The last chapter of theoretical part describes some of the other technologies used division. In the practical part of the thesis is the design concept of the system for monitoring the height above the burner plate and its own structure including the results of measurements with its own system according to the design.

**Key words:** Flame cutting, welding torch, system

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. CÍL PRÁCE A METODIKA</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. Cíl práce</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2. Metodika</b> .....	<b>2</b>
<b>3. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1. Princip řezání plamenem</b> .....	<b>3</b>
3.1.1. Řezací podmínky .....	5
<b>3.2. Parametry řezání</b> .....	<b>7</b>
3.2.1. Rychlost řezání [ $\text{mm}/\text{min}^{-1}$ ] .....	8
3.2.2. Tlaky plynů [MPa].....	9
3.2.3. Vzdálenost řezací hubice od povrchu řezaného materiálu .....	9
3.2.4. Šířka řezné spáry .....	10
3.2.5. Tepelně ovlivněná oblast .....	11
3.2.6. Tvar řezné mezery.....	11
<b>3.3. Zařízení pro řezání kyslíkem</b> .....	<b>11</b>
3.3.1. Ruční řezání .....	12
3.3.2. Strojní řezání.....	13
<b>3.4. CAD/CAM pálicí softwary</b> .....	<b>16</b>
3.4.1. SAPSproW.....	16
3.4.2. Wrykrys .....	18
3.4.3. MTC NESTING SOFTWARE.....	19
3.4.4. AsperWin.....	19
3.4.5. HORMA CAD .....	20
3.4.6. Lantek.....	21
<b>3.5. Technické plyny</b> .....	<b>23</b>
3.5.1. Kyslík .....	24
3.5.2. Acetylen.....	24

3.5.3. Propan .....	25
3.5.4. Etylen - Grieson .....	25
3.5.5. Zemní plyn.....	25
3.5.6. Propylene Apachi.....	26
3.5.7. Chemtane 2 .....	26
<b>3.6. Metodika výpočtu ceny pálení plamenem .....</b>	<b>26</b>
3.6.1. Množství spotřebovaného materiálu.....	26
3.6.2. Řez (Práce) .....	27
3.6.3. Šrot.....	28
<b>3.7. Jiné metody řezání .....</b>	<b>29</b>
3.7.1. Řezání plazmou .....	29
3.7.2. Řezání laserem.....	32
3.7.3. Řezání vodním paprskem .....	35
<b>4. NÁVRH SYSTÉMU PRO HLÍDÁNÍ VZDÁLENOSTI HOŘÁKU NAD PLECHEM .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Sensory pro měření vzdálenosti.....</b>	<b>38</b>
4.1.1. Kapacitní senzor .....	38
4.1.2. Indukční senzor .....	41
4.1.3. Laserový triangulační senzor.....	44
4.1.4. Optický difusní senzor.....	45
<b>4.2. Siemens LOGO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. Program regulace.....</b>	<b>48</b>
4.3.1. Regulační automatika .....	49
4.3.2. Ruční ovládání .....	50
<b>4.4. Elektrický obvod regulace výšky hořáku .....</b>	<b>50</b>
4.4.1. Obvod napájení motoru .....	51
4.4.2. Spínací obvod pohonu.....	52
4.4.3. Ovládací pult systému .....	53
<b>4.5. Měření .....</b>	<b>54</b>



4.5.1. Měření s optickým difusním senzorem.....	55
4.5.2. Měření s laserovým triangulačním senzorem.....	56
<b>5. ZÁVĚR.....</b>	<b>58</b>
<b>6. SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>59</b>
<b>7. SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>8. SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>65</b>
<b>9. SEZNAM VZORCŮ .....</b>	<b>66</b>
<b>10. SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>67</b>
<b>11. SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>68</b>

# 1. ÚVOD

Technologie řezání plamenem je v dnešní době velmi používaná, vychází z původní metody svařování kyslíko-acetylenovým plamenem. Tato metoda je oblíbená pro svou snadnou mobilitu, neboť lahve s plynem bývají v každém montážním voze. Metoda poskytuje velký výkon a rychlost řezání, ve srovnání s jinými metodami. Bývá často využívána k likvidaci starých ocelových konstrukcí a šrotu.

Řezání plamenem není využíváno pouze k "hrubé práci" ručním hořákem. Postupně se vyvinulo tzv. odvětví výroby výpalků, přesným strojním řezáním. Strojní řezání plamenem je velmi produktivní metoda výroby ocelových součástí, které se používají v celém strojírenském průmyslu. Přesné výpalky se uplatní v ocelových konstrukcích, kde jsou bez úprav svařovány ve větší celky, ale také jako polotovary ve strojním obrábění.

Výroba výpalků je obor, který se stále rozvíjí. Je to dáno vývojem nových technologií, které přicházejí na trh (laser, plazma, vodní paprsek), a které zvyšují přesnost řezaných výpalků. Ve velké řadě případů tyto technologie vytlačily konvenční metody obrábění jako je soustružení, frézování, atd.

Řezání plamenem můžeme zařadit mezi nekonvenční metody obrábění materiálu. Tyto nekonvenční technologie znamenají oproti konvenčním technologiím rozdíl ve způsobu obrábění. Na rozdíl od klasického třískového obrábění, kde se používá mechanického úběru třísek, se obrobení materiálu dosahuje využitím tepelných, elektrických, chemických, abrazivních a jiných fyzikálních jevů. Výhodou těchto technologií je, že mohou být použity, tam kde jsou použity materiály, které jsou klasickými mechanickými metodami těžko nebo vůbec obrobitelné.

Strojní řezání plamenem částečně ztratilo na významu, protože bylo v řadě průmyslových oborů nahrazeno produktivnějšími a přesnějšími řezacími metodami, které byly zmíněny výše. Přesto si však řezání plamenem udržuje svou pozici v řadě použití, např. pro vyřezávání otvorů v tlustostěnných nádobách, rourách a jiných konstrukcích ze stavební ocele. V budoucnosti bude nejefektivnější technologií - při které je dosaženo nejvyšší kvality zvláště u řezání materiálů větší tloušťky do 300 mm. Efektivita a ekonomičnost procesu se nadále zvyšuje využitím vícehořákových pálících strojů.

## **2. CÍL PRÁCE A METODIKA**

### **2.1. Cíl práce**

Cílem této diplomové práce je popsat současné možnosti výroby výpalků se zaměřením na řezání plamenem. Teoretická část popisuje řezání kovů kyslíkem, věnuje se potřebným základním zařízením a přístrojům, které jsou v tomto oboru používány. Práce vysvětluje technologii procesu řezání kyslíkem.

Praktická část je zaměřena na sestavení automatizovaného systému, sloužícího ke sledování výšky hořáku nad plechem. Tento systém bude sestaven a integrován do stávajícího pálícího stroje značky ESAB ve firmě FERROS PRAHA. Pokusně bude ověřeno využití laserového triangulačního senzoru a optického difusního senzoru, pro měření výšky hořáku v průběhu řezného procesu.

### **2.2. Metodika**

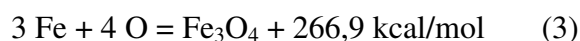
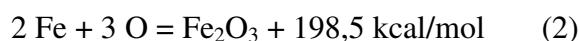
Základem systému bude logický modul siemens LOGO, který bude vyhodnocovat vstupní veličiny a dle nich řídit posuv výšky hořáku. Pro měření bude třeba sestavit ovládací obvod pohonu motoru a řídicí pult. Dále bude třeba naprogramovat řídicí program ve vývojovém prostředí LOGO!Soft Comfort. Pro měření výšky bude použit difusní senzor SHARP a laserový triangulační senzor. Celý systém bude namontován na stávající pálící stroj ESAB. Podle naměřených výsledků bude zvolen vhodný senzor a seřízen systém.

### 3. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

#### 3.1. Princip řezání plamenem

Řezání kyslíkem je založeno na spalování kovu v proudu kyslíku a na odstraňování vznikajících kysličníků. [7]

Spalování železa v kyslíku probíhá dle následujících reakcí:



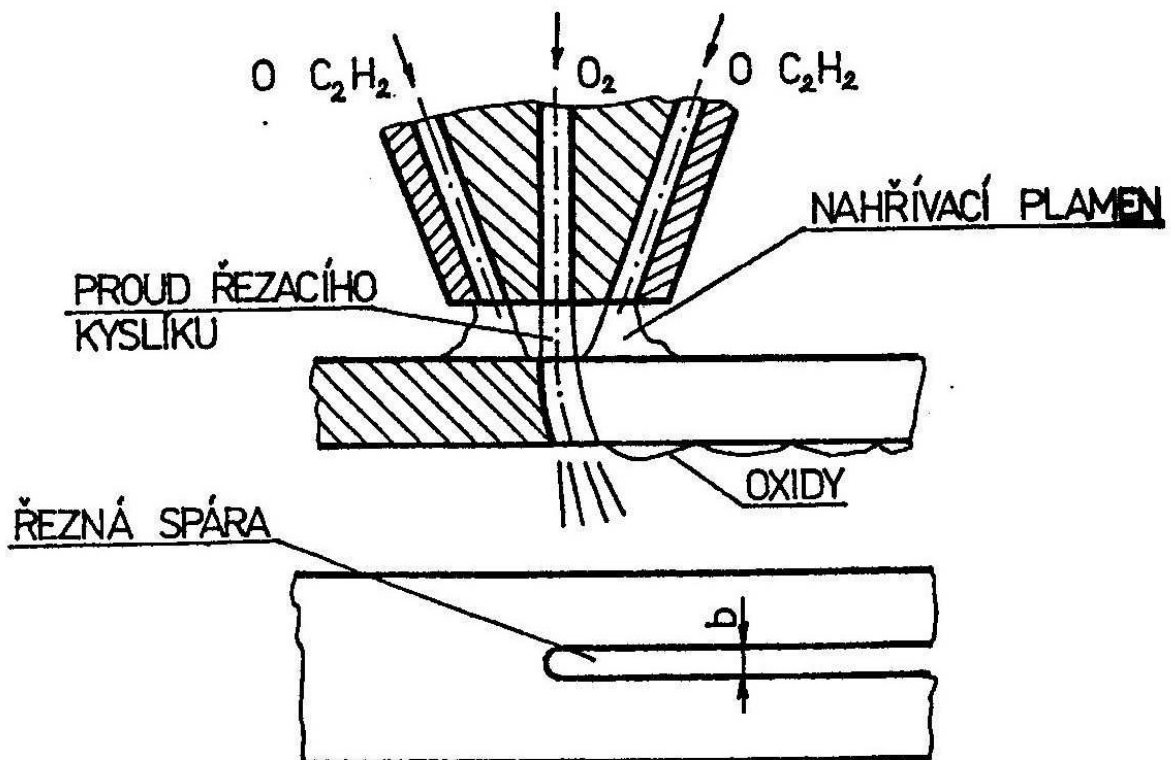
Za předpokladu, že je v oblasti vysoká teplota, vznikají všechny 3 kysličníky železa. V počátečním bodu řezu se kov ohřeje nahřívacím plamenem až na teplotu, která stačí k jeho zapálení kyslíkem. U oceli je tato teplota blízká teplotě tavení. Po dosažení této teploty, použijeme proud technicky čistého (98 až 99,7%) kyslíku, který proudí ve středu řezací trysky. [9, 3]

Řezaný materiál musí splňovat podmínku, že teplota spalování kovu musí být nižší, než je jeho teplota tavení - **podmínka řezatelnosti kyslíkem**. Uprostřed řezací hubice je přiváděn kyslík a nahřívací hubicí je přiváděna směs kyslíku a hořlavého plynu. Nahřívacím plamenem se materiál ohřeje na teplotu spalování - pro ocel cca. 1100 °C - a následně se pustí kyslík řezací, který spaluje přehřátý kov. [1, 2]

Proud řezacího kyslíku je směřován na nahřáté místo kovu, okamžitě okysličuje jeho horní vrstvy, spalováním se uvolňuje značné množství tepla, a tím se nahřívají na zápalnou teplotu další vrstvy řezaného materiálu, až se hoření rozšíří do celé tloušťky řezaného materiálu. Oxidy, které se při spalování vytvářejí, jsou v tekutém stavu a proud řezného kyslíku je unáší ven z řezu. Tyto kysličníky stékají po stěnách tvořícího se řezu, přicházejí

do styku s nižšími vrstvami kovu a předávají jim část svého tepla, čímž přispívají k nepřetržitému procesu řezání. [7, 6]

Teplota v oblasti reakce dosahuje nad teplotu tavení oceli, o čemž svědčí roztavené a nespálené železo ve strusce, která vytéká z řezu. Okysličování kovu může probíhat i částečně difuzí kyslíku tekutou vrstvou kysličníků, která místy pokrývá přední stěnu řezu. Pokud bychom uvažovali, že se proces zcela ustálí, což může nastat jen v ideálním případě, když se proud kyslíku nechvěje, a když se řezací hořák přemísťuje naprosto rovnoměrně, může být přední stěna řezu úplně pokryta tenkým povlakem tekutých kysličníků a v tom případě se bude kov okysličovat výhradně difuzí. [1, 2]



Obrázek 1 - Princip řezání plamenem [3]

### 3.1.1. Řezací podmínky

Kyslíkem můžeme řezat jen kovy, které splňují následující podmínky:

- *Teplota tavení kovu* musí být vyšší, než je jeho zápalná teplota v kyslíku. Zápalnou teplotu kovu v kyslíku definujeme jako teplotu jeho ohřevu, při které se kov začíná intenzivně oksyličovat v proudu kyslíku, který působí na jeho povrch. U nízkouhlíkové oceli, která má bod tavení 1500 °C, se udává zápalná teplota kolem 1350 °C. Obsah uhlíku velmi ovlivňuje velikost zápalné teploty, čím je obsah uhlíku vyšší, tím hůře se slitina řeže, protože teplota tavení klesá a zápalná teplota se zvyšuje. [7, 1]
- *Teplota tavení kysličníku kovu* musí být nižší, než teplota tavení kovu a než teplota, které lze při řezání daného kovu dosáhnout. Pokud je teplota tavení kysličníků vyšší, budou tyto kysličníky překážet dalšímu oksyličování a odstraňování tekutých frakcí z řezu. [7, 4]
- *Množství tepla*, které se uvolňuje při spalování kovu v proudu kyslíku, musí být takové, aby se udržel nepřetržitý proces řezání. Množství tepla, které se uvolňuje při spalování nízkouhlíkové oceli, činí 70% a množství tepla, které přivádíme do řezu kyslíko-acetylenovým plamenem je asi 30% z celkového množství uvolněného tepla z procesu. [7, 1, 2]
- *Tepelná vodivost kovu* nesmí být příliš vysoká, protože by teplo přiváděné nahřívacím plamenem a uvolňované při řezání bylo intenzivně odváděno a řezání by buď vůbec nezačalo, nebo by se přerušovalo. Příkladem je měď, hliník a jejich slitiny. [1, 8]

- *Vznikající kysličníky* musí být řídké tekuté, protože jinak proud kyslíku špatně vyfukuje strusku a ta brzdí řezací proces. Například struska vznikající při řezání litiny je pro značný obsah těžce tavitelného kysličníku křemičitého  $\text{SiO}_2$  velmi hustá a špatně se odstraňuje ze spáry. [8, 9]
- *Kov, který se řeže kyslíkem*, musí mít omezený obsah přísad, které brání řezání a které zvyšují kalitnost oceli (Mo, W, aj.). [5]

Výše uvedeným podmínkám nejlépe vyhovuje čisté železo a nízkouhlíková ocel. Vyšší obsah uhlíku v oceli zhoršuje řezatelnost materiálu. Při obsahu uhlíku vyšším než 0,7 % je řezání kyslíkem velmi obtížné a ocel je nutno předehtvat na 300 až 650 °C. Při obsahu uhlíku nad 1 až 1,2 % řezání není možné. [24, 3]

**Litina** se za běžných podmínek kyslíkem řezat nedá. Příčinou je jednak poměrně vysoká zápalná teplota litiny v kyslíku, vyšší, než je její teplota tavení, která je pro šedou litinu asi 1200°C, a také vysoká teplota tavení kysličníku křemičitého  $\text{SiO}_2$ , která brání jeho roztavení při řezání a činní strusku hustě tekutou. Řezání litiny zhoršují také CO a  $\text{CO}_2$ , které znečišťují řezací kyslík a snižují efektivnost okysličování. [3, 7]

**Vysokochrémové a chrómniklové oceli** se za běžných podmínek také řezat nedají. Vysoká teplota tavení kysličníku chromitého, znemožňuje okysličování níže položených vrstev řezu. [4, 7]

**Řezání barevných kovů**, zejména mědi, hliníku a jejich slitin, je omezeno vysokou teplotou tavení jejich kysličníků, značnou tepelnou vodivostí, která brání koncentraci potřebného tepla v místě řezu. [6, 9]

### 3.2. Parametry řezání

Volba správných parametrů řezání zásadně ovlivňuje celý technologický proces řezání kyslíkem a to včetně ekonomiky. Správné nastavení těchto parametrů je dáno výrobcem příslušného stroje a zejména hořáku, ale v konečné fázi je volí dělník obsluhující stroj.

Níže budou popisovány hlavní vybrané parametry. Na kvalitu řezu mají samozřejmě vliv i další vedlejší parametry, které se vzájemně ovlivňují. Dále se nastavují hodnoty, které závisí na typu stroje a jeho technologii. Pro představu je zde přiložena technologická tabulka pro hořák od firmy MESSER a vysvětleny některé další důležité hodnoty, které se sledují. Pro přesnější představu jsou v příloze další technologické tabulky.

Tabulka na propal pro hubice Gricut 1230 Propan pro materiál ČSN 11 373															
číslo řádku	tl. mat	Rych. řez.	čas	1. průřez	2. průřez	Rych. prop	Kor. spr	Kor. spr	tlak. řez	tlak. nah	tlak. plyn	1. nah	2. nah	3. nah	tlak. plyn
mm	mm/min	0.5	0.1	100%	D01	D02	O2	O2	O2	O2	O2	O2	O2	O2	O2
TCH 1 16 21															
00: 0070 11373															
01:	7	670	12	6	3	100	0.8	0.8	5.0	2.5	0.2	1.0	2.0	0.0	3.5 0.2
02:	10	630	18	6	3	100	0.9	0.9	6.0	2.5	0.2	1.0	2.0	0.0	4.0 0.2
03:	15	560	22	10	5	100	1.0	1.0	7.0	2.5	0.2	1.0	2.0	0.0	4.0 0.2
04:	15	560	30	16	10	90	1.1	1.1	6.0	2.5	0.2	1.0	3.0	0.0	4.0 0.2
05:	20	510	35	20	10	90	1.2	1.1	6.5	2.5	0.2	1.0	3.5	0.0	4.0 0.2
06:	25	460	40	22	10	90	1.2	1.2	7.0	2.5	0.2	1.0	3.5	0.0	4.0 0.2
07:	25	460	40	25	10	85	1.2	1.2	6.0	2.5	0.2	1.0	3.0	0.0	4.0 0.2
08:	30	440	45	30	10	85	1.25	1.25	7.0	2.5	0.2	1.0	3.0	0.0	4.0 0.2
09:	40	400	50	40	15	85	1.4	1.4	7.5	2.5	0.2	1.0	3.5	0.0	4.0 0.2
10:	40	400	50	45	15	70	1.4	1.4	5.5	2.5	0.2	0.9	3.5	0.0	4.0 0.2
11:	50	360	50	50	20	70	1.5	1.5	6.5	2.5	0.2	0.9	3.5	0.0	4.0 0.2
12:	60	340	50	55	20	70	1.5	1.5	7.5	2.5	0.2	0.9	3.5	0.0	4.0 0.2
13:	60	340	50	60	20	70	1.7	1.7	6.0	2.5	0.2	0.8	3.5	0.0	4.0 0.2
14:	70	320	50	60	20	70	1.8	1.8	7.0	2.5	0.2	0.8	3.5	0.0	4.0 0.2
15:	80	300	55	65	20	70	1.8	1.8	7.5	2.5	0.2	0.8	4.0	0.0	4.0 0.2
16:	90	280	55	65	20	70	1.8	1.8	8.5	3.0	0.2	0.8	4.0	0.0	4.0 0.2
17:	100	270	60	70	25	70	1.8	1.8	8.5	3.0	0.2	0.8	4.0	0.0	4.0 0.2
18:	100	270	60	80	30	70	1.75	1.75	7.5	4.5	0.3	0.8	4.5	0.0	7.0 0.3
19:	120	250	65	85	30	70	1.8	1.8	7.5	4.5	0.3	0.8	4.5	0.0	7.0 0.3
20:	130	240	70	90	30	65	1.9	1.9	8.0	4.5	0.3	0.8	4.5	0.0	7.0 0.3

Tabulka 1 - Hodnoty pro hořák GRICUT 1230 [34]



Vysvětlivky k tabulce zleva – doprava:

- Tloušťka materiálu [mm]
- Řezná rychlost [ $\text{mm}/\text{min}^{-1}$ ]
- Nahřívací čas [s]
- Propalovací čas [s]
- Rychlost při propalování [%]
- Korekce řezné spáry vnější [mm]
- Korekce řezné spáry vnitřní [mm]
- Tlak řezného kyslíku v [MPa]
- Tlak nahřívacího kyslíku [MPa]
- Tlak propanu [MPa]
- Tlak řezacího kyslíku při propalování [MPa]
- Tlak nahřívacího kyslíku při propalování [MPa]
- Tlak propanu při propalování [MPa]

### ***3.2.1. Rychlost řezání [ $\text{mm}/\text{min}^{-1}$ ]***

Tato veličina je základem úspěchu, samozřejmě se správně nastavenými tlaky a dobře seřízeným plamenem. Přibližnou hodnotu najdeme v tabulkách dodávaných výrobcem používaného hořáku, tuto hodnotu upravuje obsluha stroje dle svého citu. U přímých řezů je nutno dodržet konstantní rychlost řezání, kdežto u tvarových výpalků je třeba rychlost v různých částech tvaru měnit, záleží na zkušenosti programátora. Příliš velká řezná rychlost způsobuje tzv. "vyskočení plamene" z řezu a zvýšenou tvorbu oxidů na spodní hraně. Naopak příliš malá rychlost má za následek natavování horních hran a přebytek kyslíku v

řezné mezeře. Řezná rychlost ovlivňuje výsledek řezání co do kvality řezu, tak i rozměry vlastního výpalku.

### **3.2.2. Tlaky plynů [MPa]**

Tlaky plynů vstupujících do řezného procesu jsou parametry, které jsou závislé na tloušťce řezaného materiálu. Nastavení správných tlaků někdy bývá skutečné umění a to i přesto, že výrobci tyto hodnoty dodávají v řezných tabulkách, to se zvláště projevuje u řezání a propalování materiálů větší tloušťky. Základními tlaky, které se nastavují, jsou:

- Tlak hořlavého plynu
- Tlak nahřívacího kyslíku
- Tlak řezacího kyslíku

Správná kombinace těchto plynů zaručí hladký čistý řez, ovšem po nastavení těchto tlaků se ještě seřizuje průtok ventily na samotném hořáku, kde již záleží jen na paliči. Špatné nastavení způsobuje, jak nadměrnou spotřebu plynů a špatnou ekonomiku výrobního procesu, tak i technologické problémy, zmetkové rozměry atd.

### **3.2.3. Vzdálenost řezací hubice od povrchu řezaného materiálu**

U kyslíko- acetylenového plamene se nejteplejší místo nachází 3 až 4 mm od konce jádra plamene. Dle velikosti nahřívacího plamene se mění délka jádra plamene, a tím vzdálenost nejteplejšího místa od řezáku. Příliš velká vzdálenost trysky od řezaného materiálu způsobuje nepřesnost hran řezu a vyskočení plamene. Naopak příliš malá vzdálenost způsobí zničení trysky vlivem vysoké teploty a natavení kysličníků na samotnou trysku. Zvláštním případem je propalování, kdy dochází k výronu materiálu proti směru řezu v horším případě do trysky, to bývá dnes ošetřeno na CNC strojích, kdy při

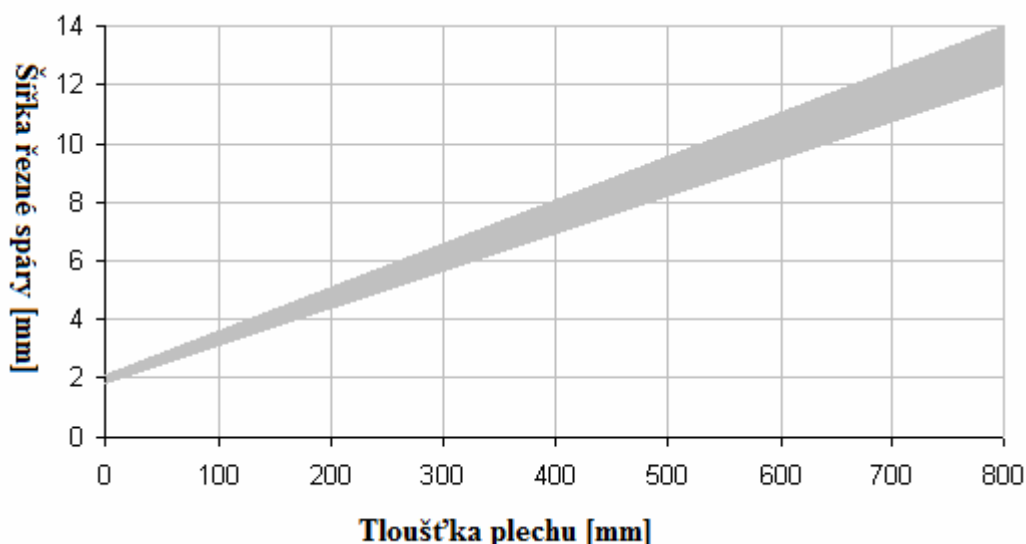
propalovacím cyklu stroje je hořák nadzvednut a umožní odchod natavenému materiálu mimo trysku. Níže je pro lepší představu přiložena tabulka vzdáleností.

Tloušťka řezaného materiálu [mm]	3-10	10-25	25-50	50-100	100-200	200-300	Nad 300
Vzdálenost hořáku od materiálu [mm]	2-5	3-6	3-7	4-8	5-10	7-12	8-15

*Tabulka 2 - Vzdálenosti ústí hořáku od povrchu řezaného plechu [30]*

### **3.2.4. Šířka řezné spáry**

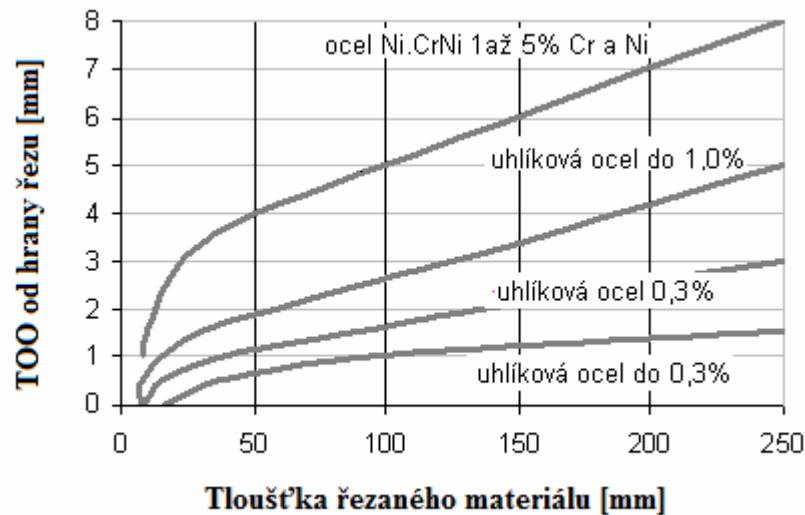
Šířka řezné spáry je odvislá od velikosti použité trysky, dále se musí uvažovat řezná rychlost a vzdálenost hořáku. Dle velikosti spáry se určuje technologický přídavek na pálení. Níže je přiložen graf, v kterém je zakreslena šířka řezné spáry v závislosti na tloušťce.



*Obrázek 2 - Graf závislosti tloušťky materiálu na šířce řezné spáry [31]*

### 3.2.5. Tepelně ovlivněná oblast

Problémem při řezání plamenem je vznik tepelně ovlivněné oblasti, dále TOO. TOO je důsledkem nestejnomyšného ohřívání a ochlazování kovu. TOO se zmírňuje optimálním nastavením stroje.



Obrázek 3 - Graf závislosti tloušťky materiálu na TOO [31]

### 3.2.6. Tvar řezné mezery

Řezná mezera má na počátku řezu velikost odpovídající průměru použité řezací trysky, dále dochází k zúžení mezery. Na přední hraně řezné mezery se tvoří vrstva strusky o tloušťce asi 0,03mm dle řezaného materiálu. Tato vrstva je důležitá z hlediska jejího povrchového napětí, které má vliv na tvorbu vln.

## 3.3. Zařízení pro řezání kyslíkem

Řezání plamenem je velmi univerzální metoda, která se pro svou dobrou mobilitu a relativně jednoduchou obsluhu používá v mnoha oborech. Lehké a přenosné ruční hořáky

používáme tam, kde je špatný přístup pro jiné techniky a je třeba rychle řezat. Oproti tomu přesné, počítačem řízené paličky využíváme k výrobě přesných dílů. [3]

### ***3.3.1. Ruční řezání***

Řezání plamenem ručním hořákem je to nejběžnější, co každý zná. Dosahovaná přesnost řezu je vhodná pouze pro velmi hrubé dělení. Často bývá používáno k rozpalování starých ocelových konstrukcí nebo rozpalování šrotu. Zlepšením může být nasazení tzv. "koleček", které vedou hořák, čímž dosáhneme poněkud kvalitnějšího řezu. Bývá často používáno pro dlouhé rovné řezy. [1, 2]

Ruční řezací hořáky dělíme dle druhu hořlavého plynu a dle použitelnosti.

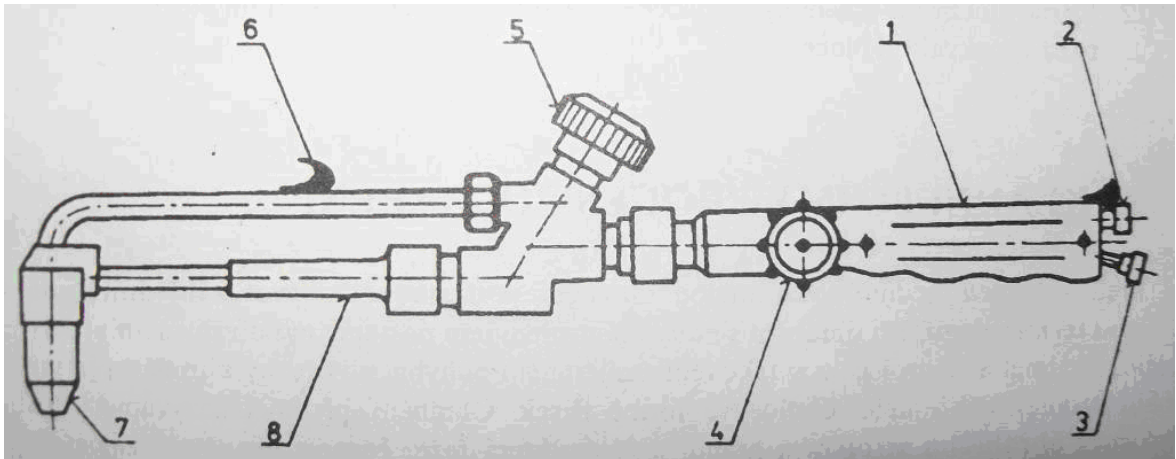
#### ***Dle druhu hořlavého plynu:***

- řezací hořáky kyslíko-acetylenové
- řezací hořáky na náhradní plyny (vodík, zemní plyny, propan- butan)
- řezací hořáky na kapalná paliva (petrolej, benzín)

#### ***Dle použitelnosti***

- univerzální, určené k řezání oceli o tloušťce do 300 mm v přímkových a zakřivených řezech
- speciální, určené k řezání oceli velké tloušťky, k řezání pod vodou, k vyřezávání otvorů

Stejně jako svařovací hořáky mají i řezací hořáky injektor a směšovací komoru, trubku pro řezací kyslík a ventil sloužící k pouštění a zavírání řezacího kyslíku. [7]

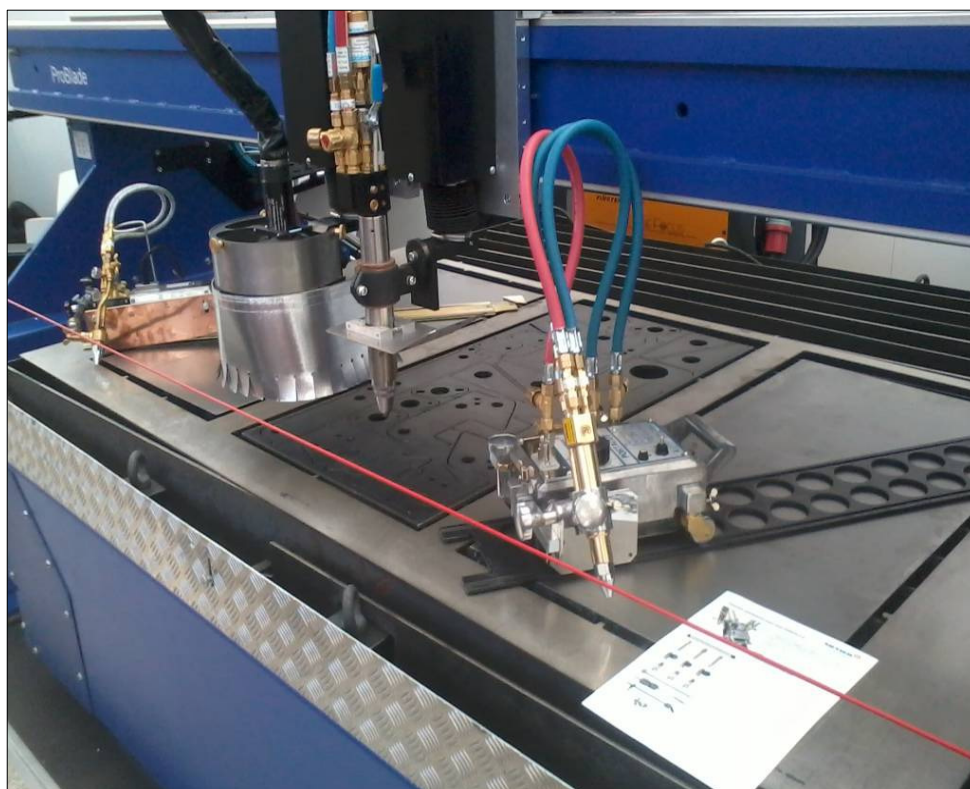


Obrázek 4 - Ruční hořák [2]

1. těleso hořáku
2. přívod kyslíku
3. přívod acetyleny
4. regulační ventil předehřívacího kyslíku
5. regulační ventil řezacího kyslíku
6. přívod řezacího kyslíku
7. řezací a předehřívací tryska
8. přívod plynů pro předehřívací plamen

### 3.3.2. Strojní řezání

Strojní řezání nám umožňuje udělat kvalitní a přesný řez, je používáno k výrobě přesných výpalků a k přesnému dělení. V dnešní době jsou používány CNC autogenní stroje řízené počítačem. V této kapitole budou zmíněny řezací strojky, které jsou používány k výrobě pásnic a jednoduchých geometrických tvarů.



*Obrázek 5 - Řezací strojek MESSER, moderní řezací strojek, v pozadí CNC stroj Messer v kombinaci s plazmovým řezáním, poříděno na Mezinárodním strojírenském veletrhu Brno 2013, stánek Messer [foto - autor]*

### **3.3.2.1. Řezací strojky**

Přenosné řezací stroje mají většinou elektrický pohon. Výhodou těchto strojků je jejich dobrá mobilita a vysoký řezací výkon. Strojky slouží především k dělení plechů, vyřezávání kruhů, výrobě pásnic a k výrobě součástí s rovnými i křivočarými obrysy s dostatečně velkými poloměry zakřivení. Pro přímé rovné řezy je řezací strojek opatřen vodící dráhou, po které pojíždí. [7]



548 900 061 108

*Obrázek 6 - Přenosný kyslíkový řezací stroj RS 131 – AC, Chotěboř [11]*

### **3.3.2.2. CNC pálicí stroje**

Stabilní řezací stroje - dnes převažuje portálová konstrukce a je jimi možno řezat jakékoli geometrické tvary při vysoké přesnosti řezu a kvalitě řezných ploch. Tyto stroje jsou řízeny vlastním řídicím počítačem, který je součástí každého takového stroje. Data jsou předem připravena v CAM systému a po síti nebo přenosným médiem nahrána do řídicího počítače stroje. Stroje bývají vícehořákové pro zvýšení produktivity. Dle určení se vyrábějí stroje, které kombinují různé technologie řezání, na portálu bývá plazmový i kyslíkový hořák.





*Obrázek 7 - Ukázka stroje pro CNC kyslíkové řezání [12]*

### **3.4. CAD/CAM pálicí softwary**

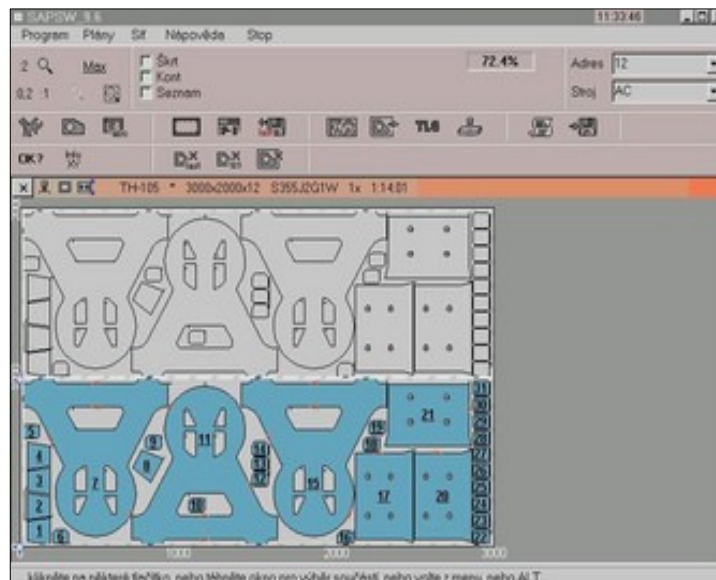
V této kapitole budou popsány běžně dostupné CAD/CAM systémy používané při pálení. Většina těchto systémů dokáže najednou dělat programy pro laser, plazmu i kyslíkové řezací stroje. Tyto systémy se programují pouze ve 2 osách a mají některá specifika oproti klasickým CAM používaným pro obrábění.

#### **3.4.1. SAPSproW**

SAPSproW je program od slovenského výrobce Antalsoftware, který slouží k programování NC - řezacích strojů. Je přeložen do 11 jazyků a je úspěšně používán po celém světě. Tento program lze provozovat na jednotlivých pracovních stanicích nebo síťově, a to i virtuálně na serveru. Toto ocení zejména větší firmy, kde je více programátorů, kteří si nemusejí data předávat, ale mají je okamžitě přístupná a aktualizovaná. [13]

Program je rozdělen do čtyř základních částí.

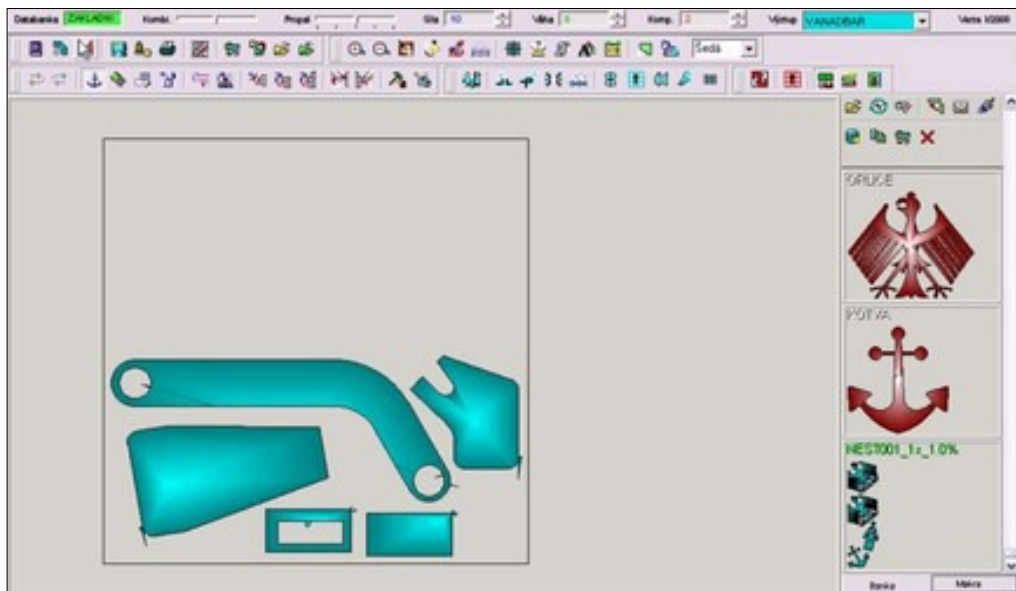
- SCADW je jednoduchý CAD systém a slouží ke konstruování základních křivek pálení. Umí do sebe importovat DWG a DXF soubory. [13]
- SAPSW nástroj pro tvorbu pálícího plánu, slouží k přehlednému skládání jednotlivých dílců do tabule, k tomu využívá zásobníku dílců. Součásti lze vkládat jak ručně, tak automaticky. V této části se do plánu vkládá tzv. "technologie"- pořadí, směr pálení, atd. [13]
- DATABANKY slouží k uložení systémových a uživatelských údajů, jako jsou zbytkové tabule, nastavení stroje, technologické tabulky, atd. [13]
- ZÁSOBNÍK je praktický pořadač součástí uložených v části SCADW, odtud vkládáme dílce do pálícího plánu. [13]



Obrázek 8 - Program SAPSproW [13]

### 3.4.2. Wrykrys

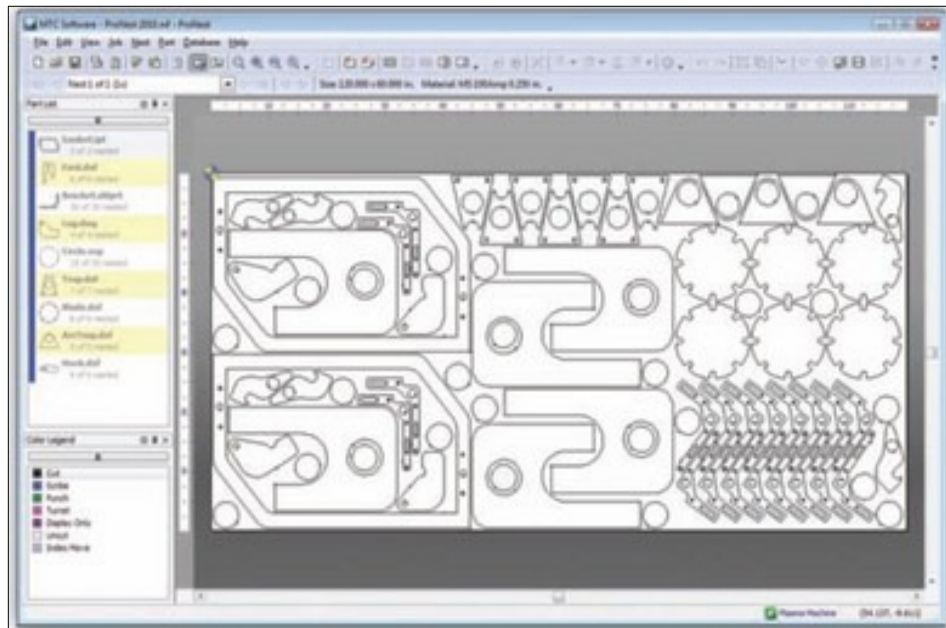
Tento program vznikl pro operační systém Windows. O vývoj se stará česká firma. Původně vznikl v jazyce C++ pro operační systém MS-DOS, při vývoji se vycházelo ze zkušeností, již dříve používaným systémem pracujícím na počítači PDP 11-70. Je koncipován tak, aby se snadno ovládal a jednoduše řešil všechny běžné případy z pálící praxe. Velmi urychluje přípravu programových dat a komunikaci s pálícími stroji. Systém disponuje databankou naprogramovaných výkresů, ze kterých sestavujeme finální řezací plán. [15]



Obrázek 9 - Program Wrykrys [14]

### 3.4.3. MTC NESTING SOFTWARE

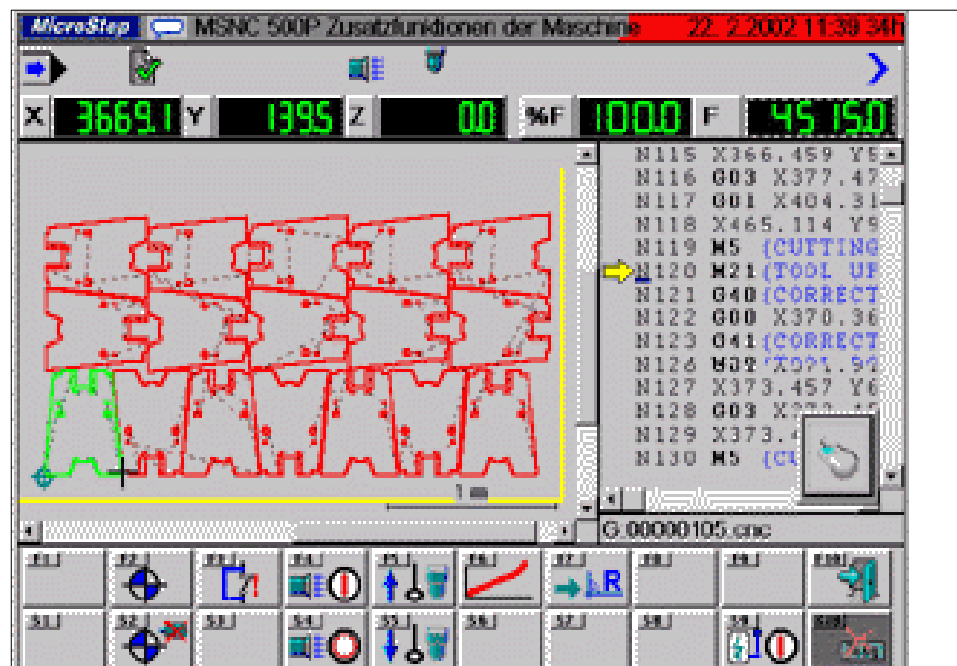
Je špičkový světově užívaný software pro vysekávací stroje, a to včetně dělení plazmou, laserem, vodním paprskem, kyslíkem, kombinace vysekávání a vrtání. Software poskytuje řešení pro všechny typy řezání. [18]



Obrázek 10 - MTC Nesting software [18]

### 3.4.4. AsperWin

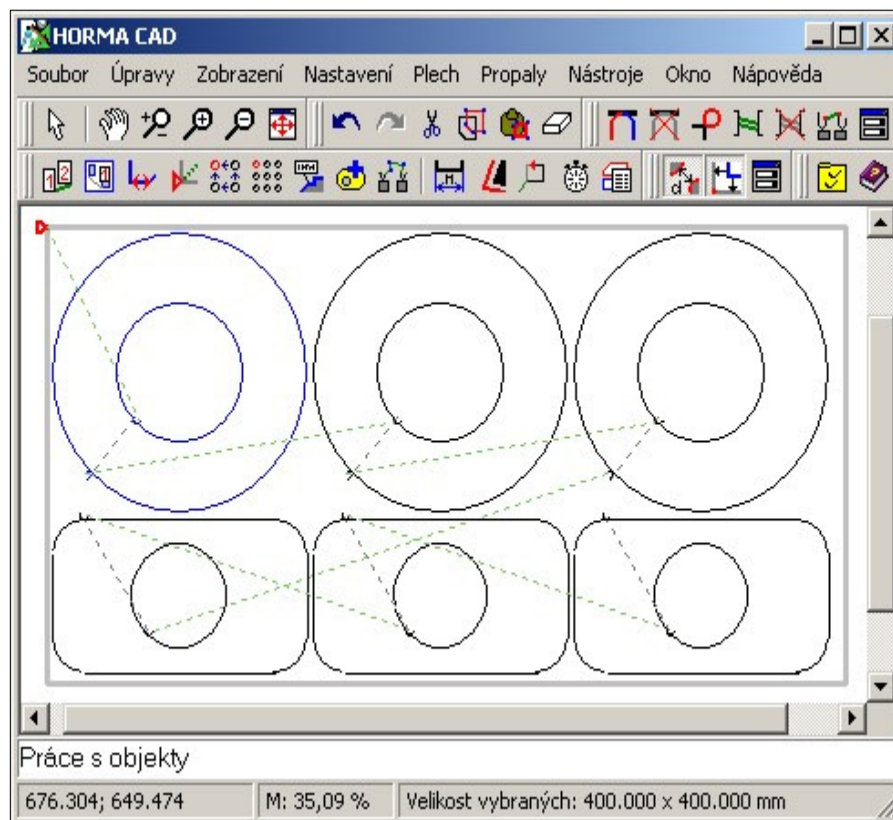
Program, který je schopen vytvářet řezací plány a následně tyto plány generovat do odpovídajícího strojového kódu pro řezací stroj. AsperWin není určen k tvorbě samotných dílců, předpokládá se, že vstupní data budou již připravena v některém ze standardních CAD programů. [19]



Obrázek 11 - Program AsperWin [19]

### 3.4.5. HORMA CAD

Jednoduchý CAD program, který disponuje pouze CAD částí, v které se pomocí rýsování řeší veškerá pálicí technologie a skládání dílců do tabule. Tento software vyvíjí česká firma. [20]



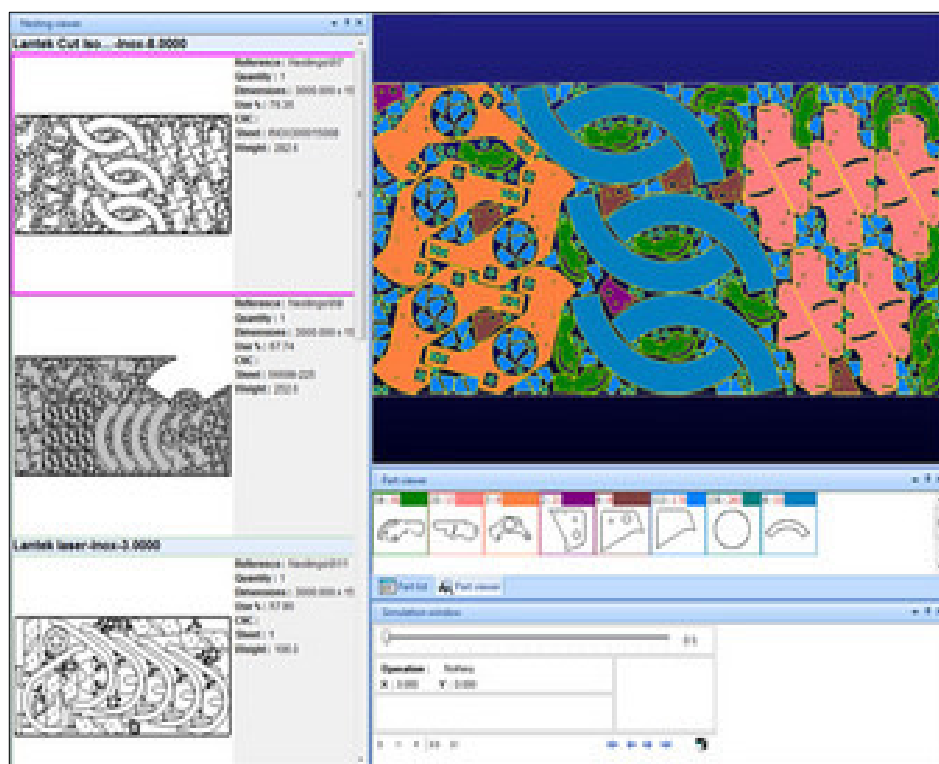
Obrázek 12 - Program Horma CAD [20]

### 3.4.6. Lantek

Je systém vhodný pro automatizaci programování plánů pro řezací stroje. Lantek je koncipován tak, aby uživatel pouze následoval kroky uvedené v systému. Vlastní program je složen z několika modulů:

- Modul pro tvorbu tvaru součástí (CAD modul) [16]
  - jednoduché kreslení tvarů výpalku
  - možnost práce s tvary převzatými z HLK databanky
  - jednoduché poloautomatické dělení velkých dílů
  - kotování a možnost

- Modul pro tvorbu rozvinů (HLK modul) [16]
  - automatická tvorba rozvinů
  - cca 160 základních předdefinovaných figur (maker)
  - jednoduché a rychlé zadávání rozměrů
  - používání nadefinovaných přírub a falců
  - možnost tisku seznamu použitých figur, přírub a falců v zakázce
  - práce s databankami zakázek
  - možnost vkládání uživatelsky definovaných větracích otvorů, přídatku pro izolaci a tzv. vodících plechů.
  
- Modul Skládání [16]
  - definice vlastního tvaru tabule plechu (nebo import z DATABANKY)
  - výkonné automatické skládání výpalků na plech s minimalizací odpadu
  - několik možností nastavení pro automatické skládání
  - automatická tvorba zbytkové tabule a její evidence v databance
  - možnost poloautomatického a manuálního skládání
  - tisk výsledného pálicího plánu a seznamu výpalků
  - možnost tisku na štítky pro označení výpalku
  - tvorba NC kódu (možnost přenosu NC kódu přímo do CNC řízení pálicího stroje MS 100 pomocí standardní počítačové sítě)



Obrázek 13 - Program Lantek [17]

### 3.5. Technické plyny

Klasickým plynem používaným pro řezání plamenem je acetylen v kombinaci s kyslíkem. Jak šel vývoj, byl acetylen nahrazován levnějšími variantami (propan, etylen-grieson, zemní plyn, atd.), které se začaly používat z ekonomických důvodů. Tyto plyny mohou přinést zajímavé úspory, protože jejich cena je nižší než cena acetyleny. Je ovšem nutné dávat pozor na spotřebu. Většina těchto produktů spadá do kategorie pomalu hořících plynů, včetně všech výhod a nevýhod. Jako hlavní výhody můžeme jmenovat větší bezpečnost, menší zatížení trysek, větší kvalita řezu. [6, 21]



### **3.5.1. Kyslík**

Je bezbarvý, průhledný plyn, bez chuti a zápachu. Poprvé byl zkapalněn v roce 1877. Stlačený kyslík se může při styku s minerálními tuky, kyselinami nebo hořlavým prachem vznítit a způsobit požár nebo výbuch. [7]

Kyslík se v průmyslovém měřítku vyrábí buď elektrolýzou vody, nebo frakční destilací kapalného vzduchu. [7]

Kyslík bývá klasicky dodáván v lahvích. Pro strojní řezání jsou používány kyslíkové svazky nebo nádoby s kapalným kyslíkem. Je to z důvodu množství kyslíku, jedna láhev je vhodná pro ruční řezání na montážích. Strojní výroba výpalků má větší spotřebu. [7]

### **Kapalný kyslík**

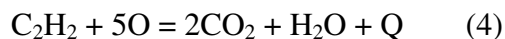
Je průhledná, namodralá kapalina. Při teplotě  $-218,4\text{ °C}$  se kapalný kyslík mění na tuhý v podobě krystalů namodralé barvy. Měrné teplo kapalného kyslíku je  $0,406\text{ kcal/kg °C}$ . Při skladování a přepravě je kyslík v tekutém stavu. [7]

### **3.5.2. Acetylen**

Acetylen je uhlovodík nenasyceného typu  $C_nH_{2n-2}$ , jeho chemický vzorec je  $C_2H_2$ . Za normálních podmínek je acetylen bezbarvý plyn. Technický acetylen má v důsledku řady příměsí, zejména fosforovodíku, pronikavý specifický zápach. [7]

Acetylen se vyrábí řízeným rozkladem karbidu vápníku v přebytku vody. Surový acetylen se poté chemicky čistí a plní do ocelových lahví a svazků, obsahujících porézní hmotu s rozpouštědlem, ve kterém je pod tlakem rozpuštěn. Stále zůstává nejvhodnějším plynem pro řezání plamenem, ale také nejdražším. [4]

Při ochlazení na  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  přechází acetylen do tuhého stavu. Tekutý a tuhý acetylen může za vhodných podmínek explodovat vlivem tření, úderu nebo rozbušky. Úplné shoření acetyleny probíhá dle následující rovnice. [3, 7]



Pro úplné shoření jednoho dílu acetyleny je třeba dodat 2,5 dílu kyslíku. Plamen acetyleny s kyslíkem dosahuje maximální teplotu  $3200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [3, 7]

### **3.5.3. Propan**

Je vedlejší produkt při těžbě a zpracování syntetických paliv a zemních olejů. Mají vysokou kritickou teplotu a mohou proto při poměrně nízkém tlaku a normální teplotě přejít do tekutého stavu. Tyto hořlavé plyny ve směsi s kyslíkem mohou dosáhnout teploty  $2750\text{ }^{\circ}\text{C}$ -  $2920\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V praxi je tento plyn velmi rozšířený a je plně srovnatelný s propylenem. Používá se hlavně tam, kde nevádí jeho pomalejší nahřívání oproti acetyleny. [3,7]

### **3.5.4. Etylen - Grieson**

Tento plyn s výhřevností  $48700\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , je asi o 10 % lehčí než vzduch. Získává se jako meziprodukt v chemickém průmyslu a plní se do lahví přímo, bez potřeby rozpuštění. V praxi se skladuje v podchlazeném stavu. V kapalném stavu v zásobnících při tlaku 1,5 MPa. Velmi výhodné je používat Grieson při řezání tenkých plechů. V principu jde o to dostat u tenkých plechů do řezu co nejméně tepla, abychom omezili tepelnou deformaci materiálu. Další výhodou je, že na rozdíl od acetyleny po Griesonu nezůstává na spodní hraně řezu pevně lpící struska. [21]

### **3.5.5. Zemní plyn**

Zemní plyn je svou podstatou metan s nižší čistotou, než jakou poskytují klasické technické plyny. Tento plyn je pro řezání dobře použitelný, ovšem špatně řeže tenké plechy a je nutno počítat s nižší reznou rychlostí. Výhodou je, že je velmi levný. Plyn se

dodává distribučním rozvodem. Jednou z vlastností metanu je, že je lehčí než vzduch, proto se používá tam, kde není odsávaný rošt. [21]

### ***3.5.6. Propylene Apachi***

Tento řezný plyn disponuje dostatečnou teplotou řezného plamene a svými vlastnostmi se nachází mezi etylenem a propanem. Plyn je těžší než vzduch. Dodává se v tlakových lahvích s náplní 11 nebo 33 kg. Distributorem je firma Air Products. [6]

### ***3.5.7. Chemtane 2***

Firma Linde musela reagovat na nový produkt APACHI od Air Products. Chemtane 2 je konkurenční odpovědí, vykazuje velmi dobré chování při řezání a nižší cenu než APACHI. Plyn má teplotu plamene 3315 °C, v důsledku toho je doba nahřívání výrazně kratší. Řezná rychlost je znatelně vyšší, což můžeme využít zejména u strojního řezání. [22]

## **3.6. Metodika výpočtu ceny pálení plamenem**

V této kapitole bude zmíněn postup výpočtu, podle kterého se stanovuje cena výpalku. Základem úspěšné výroby výpalků je jejich nízká cena. Toto téma musí zajímat jak výrobní firmy, kde se bude vyhodnocovat výše nákladů na pálení vlastních výpalků, ale ještě více firmy, u kterých je výroba a obchodování s výpalky jejich hlavní činností.

Metoda, která zde bude popisována je lety prověřená, a vychází ze zkušeností s výrobou výpalků v bývalém ČKD. Cena výpalku se skládá z následujících, níže popsanych prvků. Součtem těchto prvků je konečná prodejní cena výpalku.

### ***3.6.1. Množství spotřebovaného materiálu***

Množství spotřebovaného materiálu se určuje jako množství materiálu, které je třeba k vyřezání daného kusu výpalku. V praxi se určuje buď z řezného plánu anebo výpočtem.

Pokud se určuje množství spotřeby výpočtem, nejvíce záleží na zkušenostech člověka, který výpalky počítá (tvoří cenovou kalkulaci). Nejdříve se musí spočítat čistá hmotnost výpalku a potom se tato hmotnost násobí koeficientem.

### ***Koeficient množství spotřebovaného materiálu***

Jde o to, že čistá hmotnost výpalku neodpovídá množství, které je potřeba pro vypálení výpalku, je třeba započítat rámeček kolem. Výsledek správného výpočtu by měl být takový, že po vypálení všech výpalků z formátované tabule musí být odečteno celé kilové množství dané tabule. Samotný koeficient, kterým se násobí čistá hmotnost výpalku, vychází ze zkušenosti. Níže se budou vysvětleny přibližné hodnoty tohoto koeficientu.

- Malé výpalky do cca 200 x 200 mívají koeficient 1,4 - 1,5
- Středně velké výpalky cca do 800 x 800 mívají koeficient 1,3
- Velké výpalky nad 1000 x 1000 mívají koeficient 1,1

Zde je třeba uvažovat tvar výpalku, zda je možné je složit do sebe atd. Jde opravdu o zkušenost, proto se složitější tvary a součásti, které se těžko odhadují, skládají do plánu, z kterého je jasně vidět spotřebované množství. Výše popisovaný systém výpočtu a odhadovaných koeficientů se používá k urychlení práce při nabízení výpalků. Pokud chceme dát opravdu dobrou cenu výpalku, bývá většinou nutno skládat součásti do řezného plánu.

### **3.6.2. Řez (Práce)**

Určuje se dle níže uvedené tabulky, v prvním sloupci je tloušťka řezaného materiálu, v druhém sloupci je odpovídající cena za **jeden metr** řezu. V dalších sloupcích je procentní navýšení ceny, pro účely obchodování a licitování ceny. Tabulka se používá tak, že spočítáme obvod výpalku v metrech a ten vynásobíme příslušnou hodnotou v tabulce.

Většina CAM programů umožňuje výpočet délky řezu z plánu, tím cenu práce určíme naprosto přesně. Ceny v této tabulce jsou uvedeny bez DPH a včetně obroušení výpalku.

<b>Orientační přibližné ceny pálení za 1 metr</b>			
plech	cena	5%	8%
<b>PLAZMOVÉ ŘEZÁNÍ</b>			
2	30	31,5	32,4
2 až 8	40	42	43,2
10	45	47,25	48,6
12	50	52,5	54
15	60	63	64,8
20	65	68,25	70,2
<b>ŘEZÁNÍ PLAMENEM</b>			
25	70	73,5	75,6
30	85	89,25	91,8
40	92	96,6	99,36
45	100	105	108
50	110	115,5	118,8
60	115	120,75	124,2
70	125	131,25	135
80	150	157,5	162
90	170	178,5	183,6
100	195	204,75	210,6
120	250	262,5	270
150	300	315	324
200	370	388,5	399,6
je nutno počítat s přírůžkou za manipulaci a výpalky cca 5 - 8%			

*Tabulka 3 - Cena řezu [30]*

### 3.6.3. Šrot

Samostatnou kapitolou výpočtu je šrot, když je tabule zcela vypálena, zbude z ní tzv. sít'. Tato sít' může mít značnou váhu, až několik tun, pokud by se jednalo o plech větší tloušťky. Tato hmotnost je běžně započítána do výpalku - výše zmíněná spotřební hmotnost výpalku. Tyto vypálené plechy se samozřejmě prodávají zpět do firem, které se zabývají zpracováním kovového odpadu. Při současné ceně kolem 6 korun za kilogram šrotu se nejedná o zanedbatelnou částku. V praxi to vypadá tak, že firmy, které se zabývají výrobou výpalků, prodají zákazníkovi výpalky dle výše zmíněné metodiky výpočtu a ocelové sítě jim zbudou. Zisk z těchto sítí je bez jakýchkoliv nákladů!!!

Druhou stranou věci je, že pokud se ucházíme o lukrativní zakázku a chceme mít opravdu dobrou cenu, je možné z ceny zakázky tento šrot odečíst, čímž můžeme konečnou cenu značně srazit, samozřejmě záleží na objemu zakázky (celkové množství v tunách) a využití řezaných tabulí.

### **3.7. Jiné metody řezání**

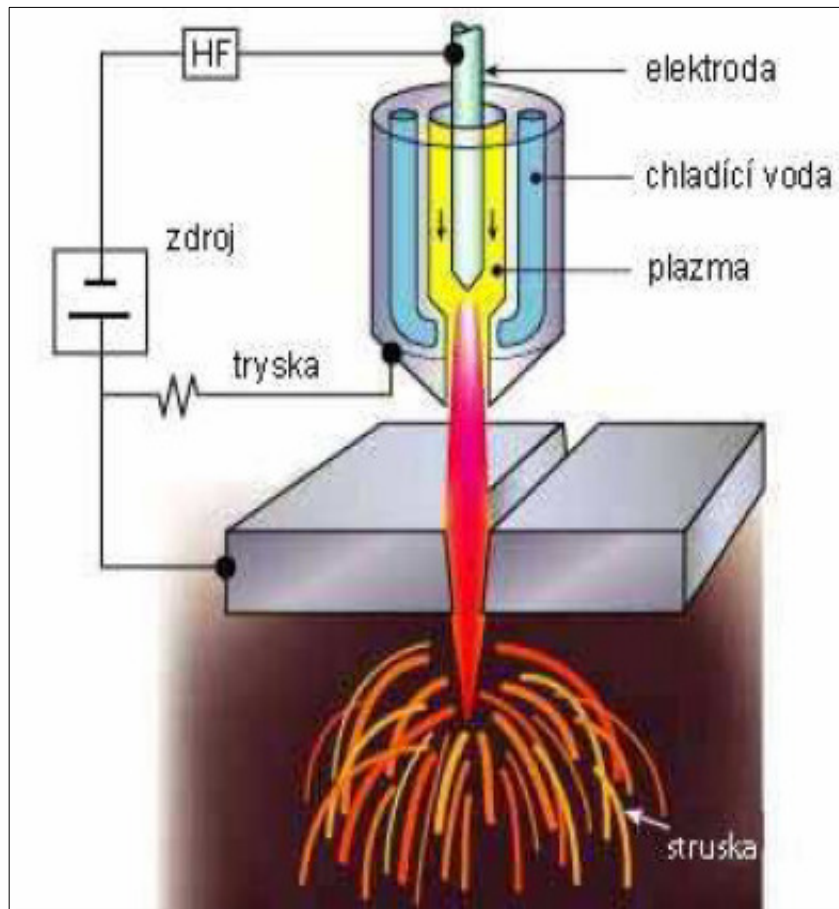
V této práci je třeba zmínit i jiné metody dělení materiálu, které v některých ohledech autogenní řezání nahradily. Následující metody při vhodném použití zvyšují produktivitu a snižují náklady na výrobu a další opracování materiálu.

#### **3.7.1. Řezání plazmou**

Tento proces používá koncentrovaný oblouk, který taví materiál pomocí vysokoteplotního plazmového svazku. Řezat lze všechny vodivé materiály. Plazmový plyn je stlačený vzduch, dusík, kyslík nebo argon/vodík, používající se k řezání nízkolegovaných a vysocelegovaných ocelí. Používá se tloušťka 0,5- 60 mm. [5]

Plazmový paprsek dosahuje vysokých teplot (až 20000 K) a vysoké hustoty proudu ionizovaného plynu, přičemž kinetická energie při vysokých rychlostech podporuje dynamický účinek plazmy v řezu. Rychlost plazmového paprsku se blíží až  $2300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V teoretické rovině můžeme úplnou ionizací plynu dosáhnout teploty až 100000 K, nicméně pro svařování a řezání vystačíme s teplotami uvedenými výše, zbytek nevyužitá energie ionizovaného plynu je využit ke stabilizaci paprsku. Plazma se nesmí dotknout samotné trysky. [23]

Řezání plazmou, pro něž se používá stejného principu jako pro svařování, umožňuje rychle dělit vysokolegované neželezné kovy. Tepelné namáhání materiálu je při něm značně menší a kromě toho odpadá znečištění řezaných ploch struskou. Proto se nemusí nechávat přídavky na dodatečné opracování výpalku.



*Obrázek 14 - Plazmová řezací hlava [10]*

Proces řezání plazmou je ovlivněn výkonem generátoru plazmy (125 A, 300 A, 600 A), konstrukcí hořáku, typem technologie procesu a druhem plazmového fokusačního plynu. Dle používaných plynů můžeme plazmy rozdělit takto:

- vzduchové
- plynové
- kyslíkové
- dusíkové kombinované s vodou

- HD - High definition plazma

Technologie vzduchové plazmy je nejvíce rozšířená, používá se hlavně při řezání nízko a středně legovaných ocelí, protože provoz těchto strojů má nízké náklady. Kvalita řezu této technologie je trochu horší, přičemž je zachována vysoká řezná rychlost, bývá používána do tloušťky materiálu 40 mm. [23, 10]

Plynové plazmy se používají k řezání vysoce legované oceli, slitiny mědi, slitiny hliníku niklu, molybdenu a dalších kovů k čemuž se používá směsí plynů argonu a vodíku. Trendem posledních let je použití směsi Ar, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, přičemž tato metoda je nákladnější, zato podstatně rychlejší než plazma kyslíková. [23]

Kyslíkové plazmy jsou výhodnější z hlediska produktivity a rychlosti řezu, a to zejména u řezání nízkolegovaných ocelí, kdy je využíváno exotermické reakce kyslíku s řezaným materiálem. [23, 10]

Pro řezání vysoce legovaných materiálů a plechů větších tloušťek jsou využívány plazmy dusíkové, většinou s injektáží vody, dodávanou v tangenciálním směru k okrajovým vrstvám plazmového paprsku. Touto technologií je tvořen vír, sloužící k ochlazení vnější vrstvy plazmového paprsku, tímto je také docíleno zúžení paprsku a zvýšení jeho teploty. Tento druh plazmy je také kombinován s vodní sprchou, vodní mlhou, případně je celá tryska zanořena do vody. Řezání pod vodou zajišťuje odstínění celého procesu včetně snížení radiace, emisí škodlivých zplodin a snížení hlučnosti. Výhodou je také rychlé odvádění tepla z procesu, čímž se eliminují případné deformace způsobené teplem. [23, 10, 9]

Poslední z technologií představuje HD Plazma, která zaručuje velmi intenzivní zúžení plazmového paprsku. Tento zúžený paprsek má až trojnásobné zvýšení hustoty energie při současném zvýšení výstupní rychlosti a dosahované teploty. Tato technologie dosahuje vyšších řezných rychlostí ve srovnání s předchozími a při použití čistého kyslíku dokonce dosahuje obdobných parametrů kvality řezu jako laser. Toto vše při nižších provozních nákladech a nižší pořizovací ceně. [23, 10]



### 3.7.2. Řezání laserem

Technologie laserového řezání zažívá na přelomu tisíciletí obrovský rozmach, přičemž se laser uplatňuje ve všech oborech lidské činnosti. Možnosti použití předpověděl Albert Einstein již v roce 1917. První pokusné laserové zařízení sestavil T. H. Maiman roku 1960. Následně se vyvinulo mnoho různých typů laserových zařízení. Podle použitého prostředí dělíme lasery na: [23,24]

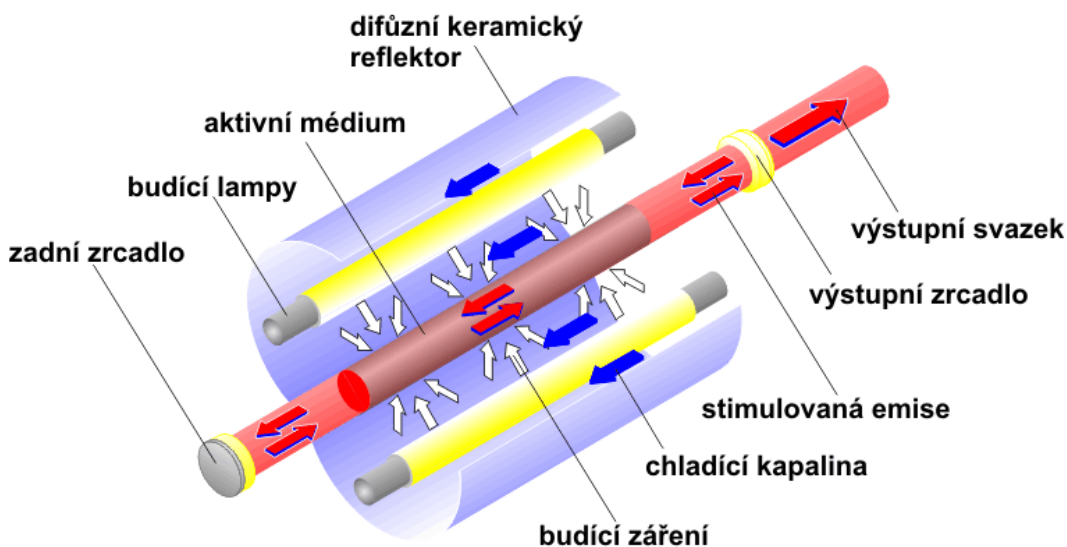
- pevnolátkové
- kapalinové
- plynové
- polovodičové

Ve strojírenství se používají pouze dva tyto typy a to, pevnolátkový Nd: YAG laser a laser plynový CO<sub>2</sub>. [23, 24]

#### 3.7.2.1. Nd: YAG laser

Je definován jako pevnolátkový laser, jehož aktivním materiálem je izotropní krystal Ytrium Aluminium Granátu (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>), dopovaný ionty neodymu (Nd<sup>3+</sup>). Výkon těchto strojů dosahuje až 4000W, v praxi se používá 1,5kW, což stačí na řezání ocelových plechu menších tloušťek. [25, 12]

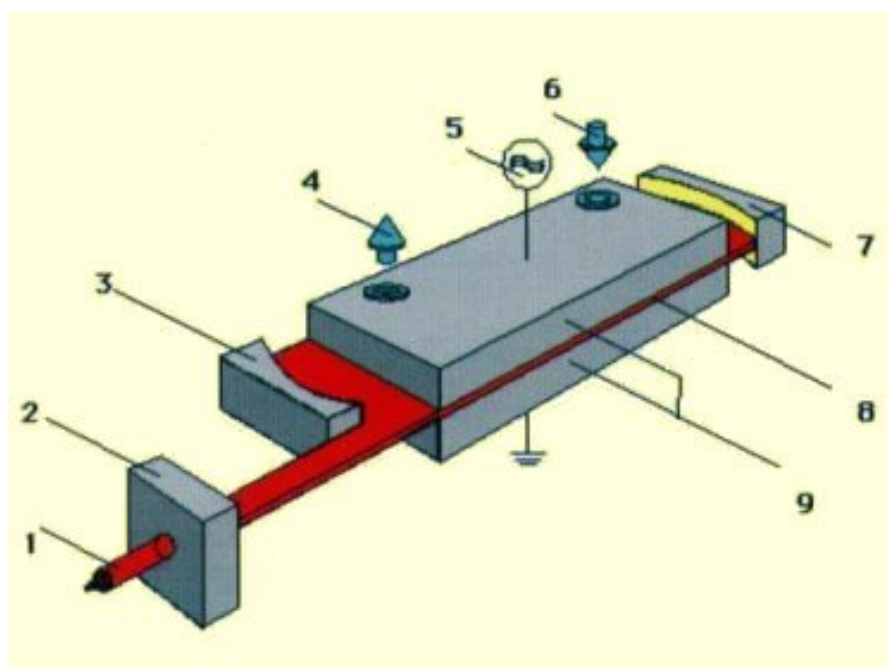
Nd:YAG lasery mají nízkou účinnost přeměny elektrické energie na světelnou, protože velká část energie výbojky se nevyužije a přemění se na teplo (je nutné chlazení vodou). Výhodou pevnolátkových laserů je, že díky kratší vlnové délce, mohou k přenosu světelné energie využívat optických vláken. Tento typ laserů má menší spotřebu elektrické energie ve srovnání s CO<sub>2</sub> a menší nároky na prostor. [25, 12]



Obrázek 15 - Lampami buzený Nd:YAG Laser [26]

### 3.7.2.2. CO<sub>2</sub> Laser

Řadí se do skupiny laserů, kde aktivní prostředí je směs plynů obsahující CO<sub>2</sub>. V rezonátoru je generováno infračervené záření, je v neviditelné oblasti spektra. Tato technologie dosahuje výkonu až 50kW, ovšem ve strojírenství se můžeme setkat s výkony do 6 kW. S těmito lasery je možné řezat plechy z konstrukční oceli až do tloušťky 30 mm. Tato tloušťka je ovšem limitní a další zvýšení výkonu již neumožní řezat větší tloušťky. Při použití tohoto typu může být limitujícím faktorem prostorová náročnost celého systému. Sestava se skládá z rezonátoru, elektro\_vybavení stroje, chladící jednotky a samotného stroje. Navíc je nutné mít filtrační jednotku. Při řezání některých druhů kovů laser produkuje zdraví škodlivé spaliny. Toto zařízení je možno používat jako čistě stacionární bez možnosti mobilního použití. Plynové hospodářství u tohoto typu laseru může být jistou komplikací, laser má velkou spotřebu asistenčních plynů, jimiž jsou převážně kyslík a dusík. [25, 26]



*Obrázek 16 - Princip CO2 laseru[ 26]*

1. svazek laseru
2. tvarovač svazku
3. výstupní zrcadlo
4. chladicí kapalina
5. RF buzení
6. chladicí kapalina
7. zadní zrcadlo
8. excitační RF výboj
9. vlnovodné elektrody

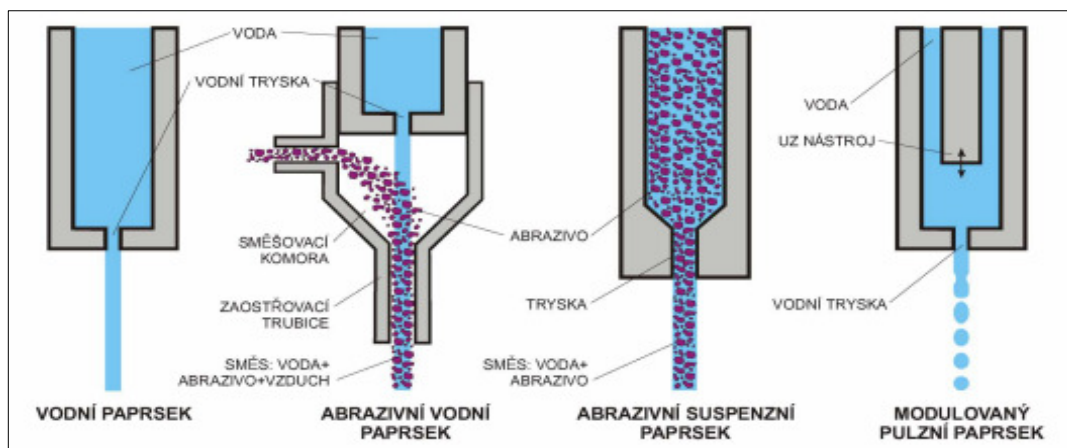
### 3.7.3. Řezání vodním paprskem

Řezání vodním paprskem je užitečnou alternativou ke konvenčním termickým způsobům řezání.

S přidáním abrazivní složky je možno tímto způsobem přesně řezat široké spektrum kovových i nekovových materiálů, jako uhlíkové a vysoce legované oceli, titan, hliník, kámen, sklo, keramiku, plněné a neplněné plasty a kompozity. [5]

K dělení materiálu je využito vysokotlakého vodního paprsku v čisté formě nebo s příměsí abraziva. Tlak v systému bývá 50 až 450 MPa. Existují také systémy s tlaky až 650 MPa. Dle vlastností řezaného materiálu je do paprsku přidáváno abrazivo, čímž se zvyšuje výkon vodního paprsku. Dnes rozeznáváme dva základní typy řezání s přídatným abrazivem, a to dle způsobu míchání vody a abraziva. [27]

- *Abrazivní vodní paprsek (AWJ)*- abrazivum je ve směsné komoře strháváno paprskem vody až za tryskou vlivem podtlaku, který se v komoře generuje. Dále potom zrna písku smíšená s vodou vstupují do tzv. zaostřovací trubice, která slouží k usměrnění abrazivního paprsku. [28]
- *Abrazivní suspenzní paprsek (ASJ)*- Při této technologii proženeme již smíšené abrazivo s vodou do speciální trysky, která slouží k vytvoření abrazivního suspenzního paprsku. [28]



Obrázek 17 - Schéma generování vodního paprsku [29]

Výhodou technologie vodního paprsku je jeho univerzálnost, můžeme ho použít k dělení téměř jakéhokoliv materiálu, a to zejména materiálu, který bychom jinými technologiemi řezat nemohli. Měkčí materiály je možno řezat až v několika vrstvách, čímž dosáhneme vysoké produktivity. [28]

Pokud bychom uvažovali rychlost řezání, musíme vzít v potaz vlastnosti řezaného materiálu a kvalitu řezu, kterou chceme dosáhnout. Při srovnání řezání laserem vychází vodní paprsek dražší a pomalejší, ovšem na rozdíl od laseru je vodní paprsek schopen řezat téměř jakýkoliv materiál. [28]

Výhodou je, že při řezání vodním paprskem dosahujeme maximálních teplot kolem 70°C, což vylučuje tepelné ovlivnění materiálu. Při použití této technologie je nutno vzít v úvahu, že se řezaný materiál dostává do styku s vodou, hrozí tedy koroze, atd. Řezná spára bývá mezi 0,2 až 1,2 mm podle toho, zda je užíváno abrazivo a v jakém množství. Nevýhodou může být vysoká pořizovací cena stroje a dražší provoz. Jednou z nepříjemných věcí na celém procesu je vysoká hluchnost, běžně 100 dB. [28,29]

## **4. NÁVRH SYSTÉMU PRO HLÍDÁNÍ VZDÁLENOSTI HOŘÁKU NAD PLECHEM**

System bude navržen tak, aby automaticky reguloval předem nastavenou vzdálenost hořáku nad plechem. Tento systém má za cíl zlepšit komfort obsluhování pálícího stroje ESAB Picorex ve firmě FERROS PRAHA. System bude řídit programovatelné relé SIEMENS LOGO OBA5. Pro měření vzdálenosti jako hlavní vstupní veličinu budou zkoušeny difusní senzor SHARP a laserový triangulační senzor.

Pro měření bude nutno sestavit obvod pro ovládání stejnosměrného pohonu na 190V, včetně usměrni a snížení napětí z 220V. Tento obvod bude řídit modul LOGO dle vytvořeného programu. Dále bude třeba navrhnout a vyrobit ovládací panel a držák pro čidlo vzdálenosti na hořáku.

Celý systém bude namontován na stroj ESAB, vyladěn a zkoušen. V závěru bude provedeno měření výstupních veličin senzorů a porovnána použitelnost laserového triangulačního a optického difusního senzoru.



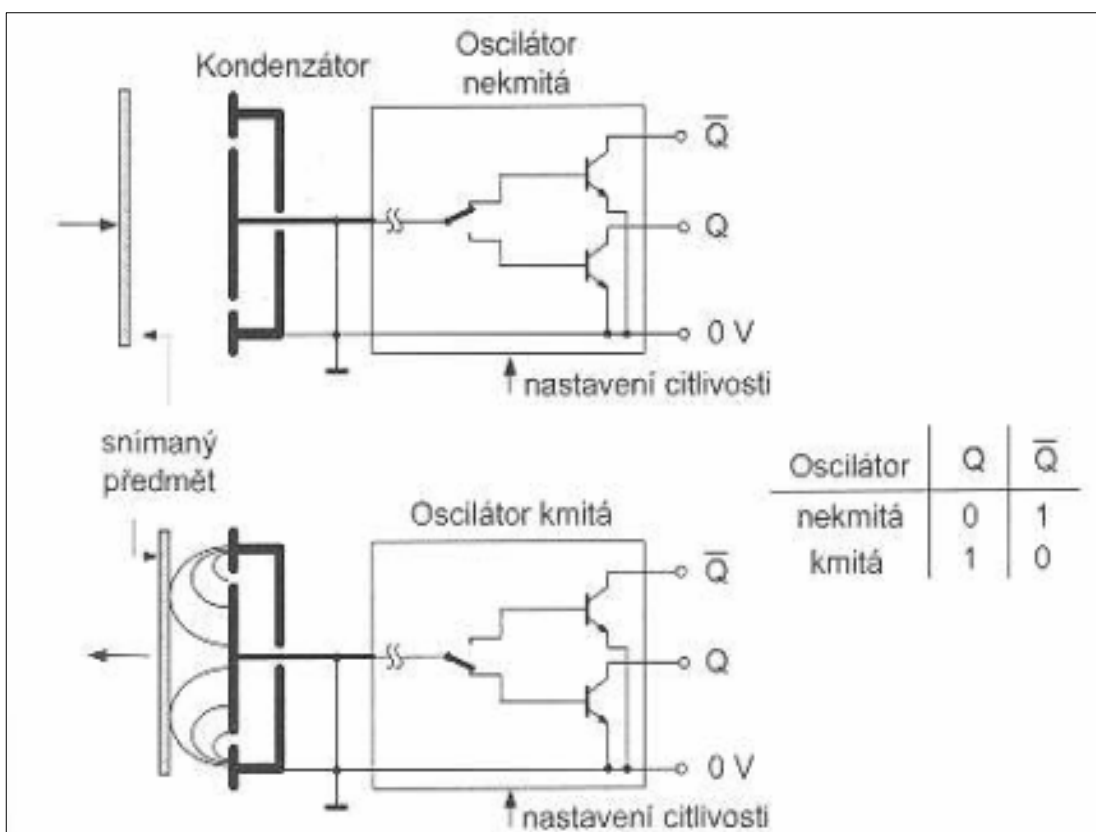
*Obrázek 18 - Autogenní řezací stroj ESAB Picorex [foto - autor]*

#### **4.1. Senzory pro měření vzdálenosti**

Měření vzdálenosti je velmi častý požadavek v automatizaci. Právě v aplikaci této diplomové práce je třeba měřit vzdálenost bezdotykově. V následujících kapitolách budou popsány základní metody, které jsou používány při řezání kyslíkem nebo budou používány při měření.

##### **4.1.1. Kapacitní senzor**

S těmito senzory se nechají detekovat nevodivé i vodivé materiály. Většinou se používají jako senzory přiblížení, vyrábějí se také s analogovým výstupem. [32]



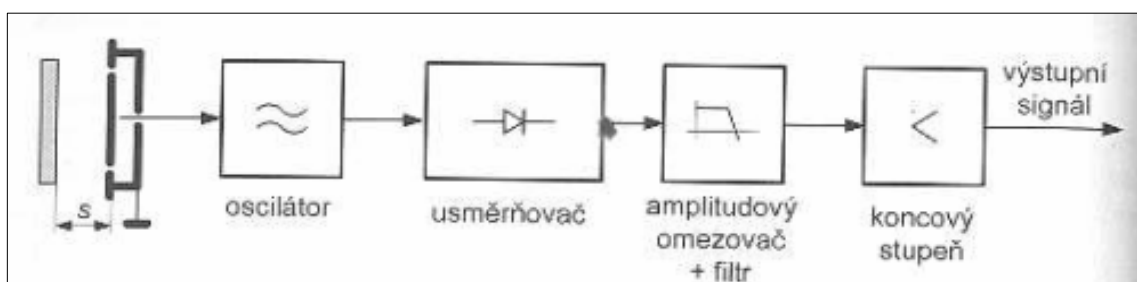
Obrázek 19 - Princip kapacitního senzoru [32]

#### Typické aplikace

- snímání nekovových předmětů
- hlídání hladin kapalin a sypkých hmot

Aktivním prvkem kapacitního senzoru je kotoučová elektroda uvnitř válcového pouzdra, které působí jako stínění. Obě tyto elektrody vytvářejí kondenzátor se základní kapacitou  $C_z$ . Pokud přiblížíme clonku k ploše senzoru, kapacita se změní o hodnotu  $\Delta C$ . Kondenzátor je součástí RC oscilátoru, přičemž napětí na výstupu je závislé na aktivní kapacitě mezi elektrodou senzoru a stíněním  $C_v = C_z + \Delta C$ . Napětí na výstupu oscilátoru je usměrněno, vyfiltrováno a přivedeno do obvodu, který potlačí případné poruchy signálu. Takto dosahujeme řídicí signál pro koncový stupeň. [32]





*Obrázek 20 - Blokové schéma kapacitního senzoru [32]*

Tyto senzory jsou jedny z prvních a stále užívaných při pálení plamenem. Problémem těchto senzorů je, že snímací kroužek se nachází blízko řezu a ulpívá na něm struska při propalování. Při výměně trysky se musí tento kroužek sejmout. Pro různé tloušťky materiálu je třeba kroužek měnit.



*Obrázek 21 - Kapacitní snímač pro řezání plamenem. [14]*

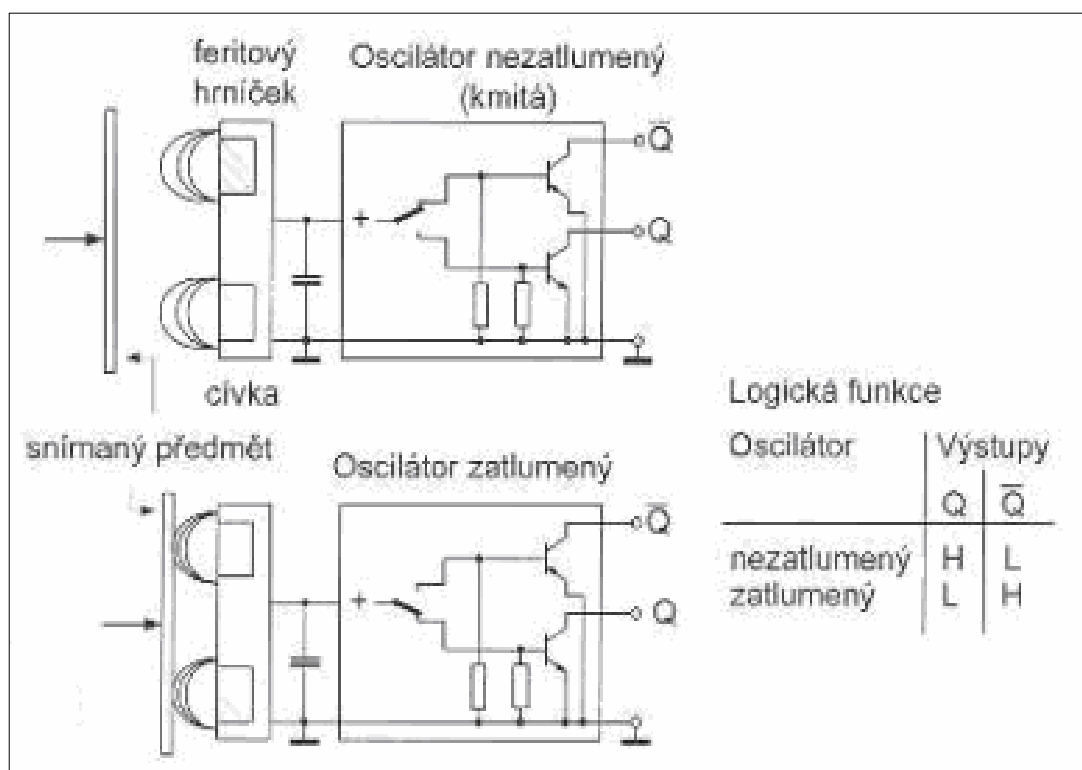
#### **4.1.2. Indukční senzor**

Tento druh senzorů má široké využití zejména v automatizaci, tam kde je třeba řešit přiblížení předmětů. Sensory jsou bezdotykové bez zpětného působení a vyznačují se vysokou odolností vůči vnějšímu prostředí a to díky uzavřenému pouzdru. Indukční senzor je výhradně polovodičovým prvkem, pracuje na vysoké spínací frekvenci, a pokud není mechanicky poškozen, má vysokou životnost. [32]

Využití indukčního senzoru:

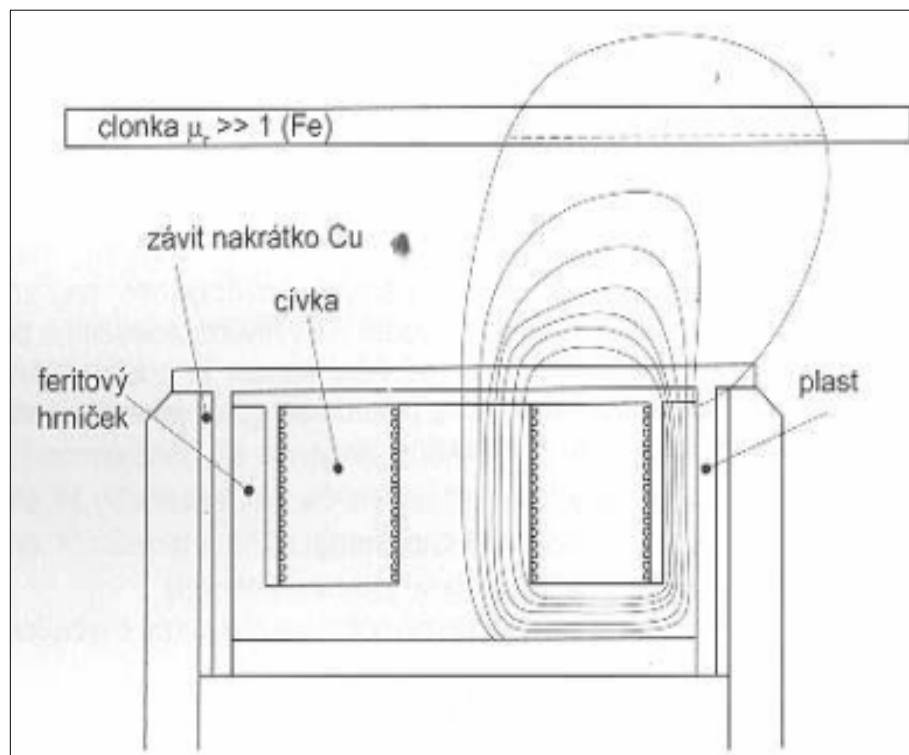
- náhrada mechanických koncových spínačů
- zpětné hlášení polohy akčního členu (ventilu, pohonu)
- inspekční úloha- přítomnost, zjištění polohy
- čítač kusů
- regulace (poloha, rychlost)

Aktivním prvkem indukčního senzoru je cívka umístěná na jádru poloviny feritového hrníčku. Střídavý proud o vysoké frekvenci je generovaný oscilátorem, dále protéká cívkou a vytváří magnetické pole, které vystupuje z otevřené strany hrníčku. To je také aktivní plocha senzoru. [32]



Obrázek 22 - Princip indukčního senzoru [32]

Pokud se do aktivní plochy senzoru přiblíží nějaký předmět z elektricky vodivého materiálu, naruší se tok siločar a deformuje se magnetické pole. Na obr. 23 je tento jev zakreslen. Vzhledem k přehlednosti je zakreslena pouze polovina symetrického pole. [32]

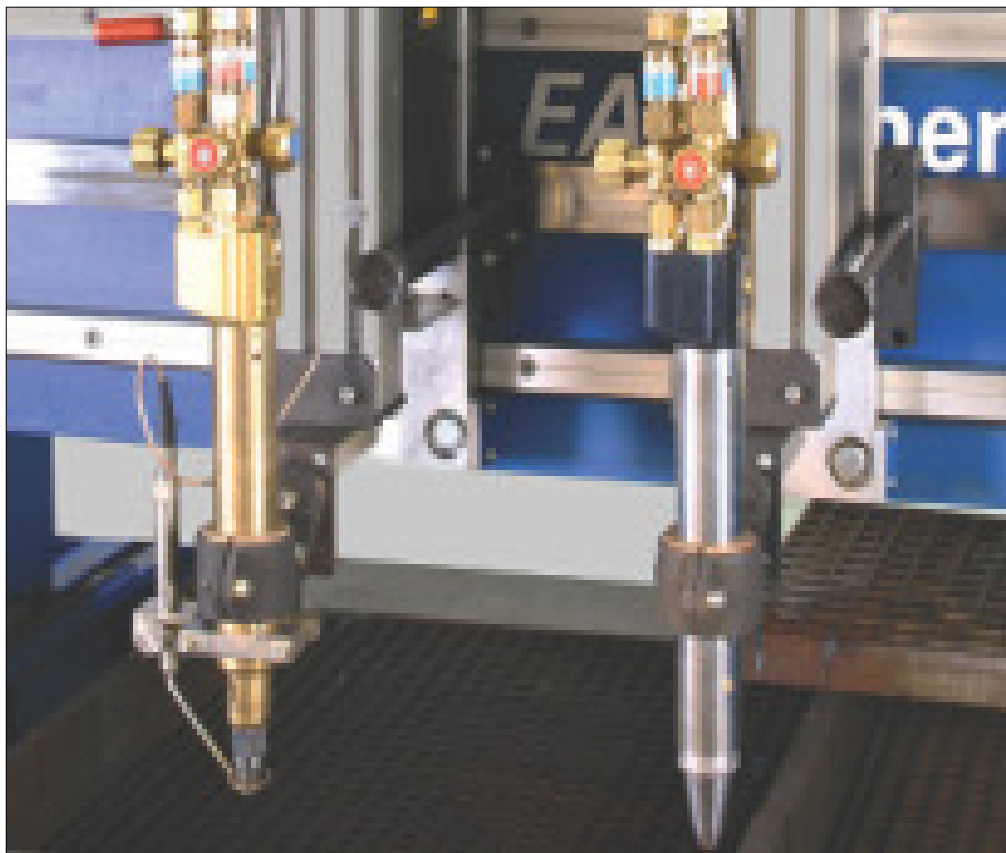


Obrázek 23- Průběh magnetických siločar bez clonky a s clonkou (přerušovaná čára) [32]

V přibližovaném předmětu (clonka) se indukují vířivé proudy, čímž se mění magnetické pole vlivem vířivých proudů. Toto působí zpět na cívku tak, že změní její elektrickou impedanci. Samotná změna impedance je vyhodnocována elektronikou senzoru a po následném zesílení převedena na výstupní signál. [32]

#### 4.1.2.1. Messer ALFA hořák

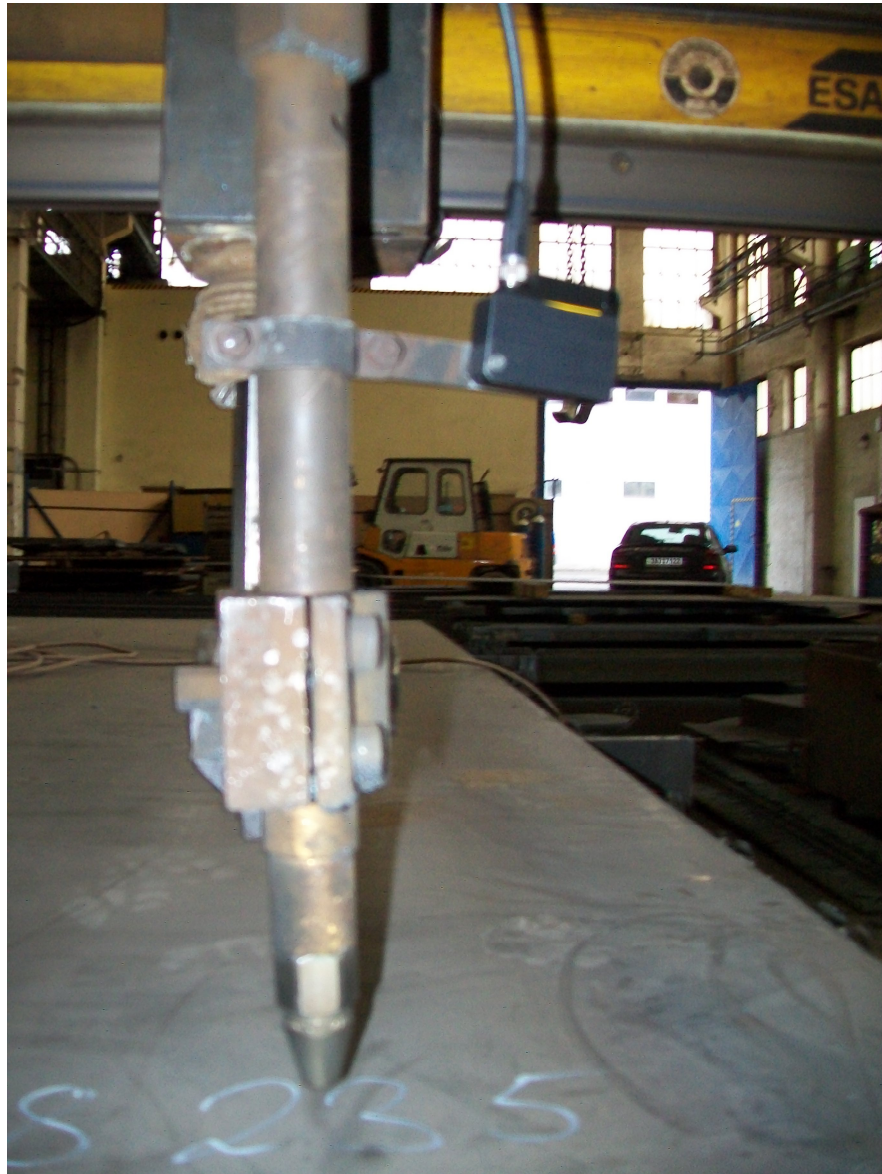
Messer ALFA hořák je třeba zmínit, protože se jedná o nejnovější technologii v oblasti řezání kyslíkem. Tento hořák je první, který využívá indukční senzor k nastavení svojí výšky nad plechem. Toto čidlo je přímo vestavěno do hořáku a není tudíž nutné další překážející příslušenství kolem. Na obr. 24 níže můžeme vidět srovnání starého provedení a nový ALFA hořák. [34]



*Obrázek 24 - ALFA hořák v porovnání se starším provedením [34]*

#### ***4.1.3. Laserový triangulační senzor***

Laserové triangulační senzory určují vzdálenost cíle pomocí odraženého paprsku laseru od měřené plochy. Vysílač (laserová dioda) emituje laserový paprsek, který se odráží pod úhlem od předmětu a vrací se zpět na polohově citlivý detektor (prvek PSD nebo řádek CCD). Světelný paprsek, který dopadne na PSD prvek vyvolá proud fotonů, který se větví k oběma koncům polovodičové destičky. Při stejných zátěžích na obou koncích se z poměru proudů vypočítá poloha dopadajícího světelného paprsku. [32, 33]



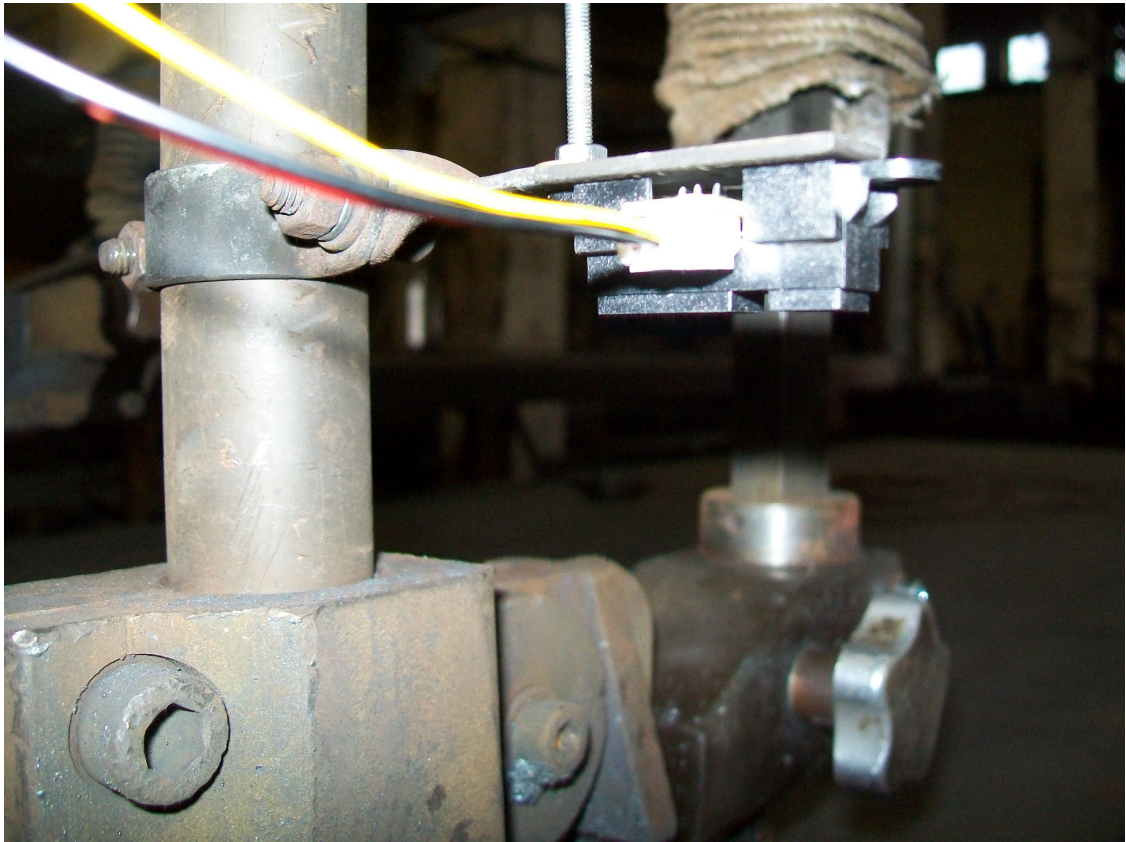
*Obrázek 25 – Montáž měřeného laserového triangulačního senzoru BAUMER  
[foto - autor]*

#### **4.1.4. Optický difusní senzor**

Tyto snímače měří světelný výkon a porovnávají jej s nastavenou požadovanou hodnotou. Difuzní senzory bývají provedeny tak, že vysílač a přijímač je umístěn ve stejném pouzdru. Vysílač vyzařuje světlo, které je difúzně odraženo (reflexe) zpět od předmětu k přijímači. V případě jednoduchého systému je snímací vzdálenost závislá na



odrazivosti objektu a na citlivosti senzoru. To znamená, že u světlých objektů je delší spínací vzdálenost než u tmavých. [32]



*Obrázek 26 – Montáž měřeného optického difusního senzoru [ foto - autor]*

#### **4.2. Siemens LOGO**

Celý systém regulace je založen na PLC Siemens LOGO! OBA5. Tento PLC je navržen jako univerzální modul. Najde uplatnění v mnoha úlohách, jako je spínání a řízení aplikací v průmyslu (např. systémy ventilace, malé vodní elektrárny, řízení motorů apod.). Další možné využití je v infrastruktuře (např. ovládání osvětlení, stahování rolet, řízení prostředí ve skleníku). Hodí se pro instalaci v mechanických přístrojích a rozvaděčích. [35]

Řídicí program se naprogramuje ručně pomocí předdefinovaných funkcí přímo na vstupním terminálu. To se týká jednoduchých programů. V případě složitějších programů se program připraví v softwaru dodávaném s přístrojem LOGO!Soft Comfort. Tento

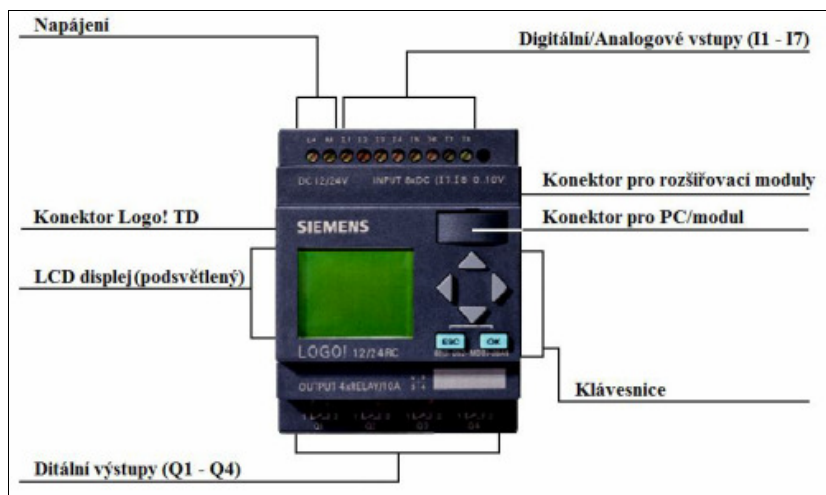
software umožňuje intuitivní programování jednoduchým skládáním a propojováním logických funkcí. Připravený program se potom otestuje a nahraje přes kabel do PLC. [35]

#### Vybrané vlastnosti LOGO! OBA5 [35]

- 8 integrovaných vstupů
  - 2 vstupy je možné využít jako analogové 0-10V, 0-20mA u verzí 12/24 a 24V DC
- Zobrazení až 50 textových zpráv s aktuálními hodnotami, nastaveními a jednoduchými texty. Nově od verze OBA6 podporuje sloupcové grafy a přiřazení textu jednotlivým stavům digitálních vstupů a výstupů
- Různá napájecí napětí: 12 V DC, 24 V AC/DC
- Paměť na 200 bloků uživatelského programu
- 39 integrovaných funkcí
- Automatický přechod na zimní/letní čas
- Ochrana uživatelského programu heslem
- Uložení hodnot všech parametrů i po výpadku napájení
- Programování přímo na klávesnici nebo pomocí software LOGO! Soft Comfort
- Možnost rozšíření na 24 DI, 16 DO, 8 AI, 2 AO

Na obr. 27 je vyobrazen základní modul LOGO! Na vrchním panelu je umístěna zeleně podsvětlená obrazovka, sloužící k zobrazování provozních veličin nebo funkční bloky v průběhu programování. Dále se na vrchním panelu nachází klávesnice, která slouží k programování nebo změně parametrů. Nakonec zde najdeme speciální konektor, který slouží k propojení s PC. Na horní straně najdeme dvě šroubové svorky pro připojení napájení modulu a 8 svorek pro připojení digitálních vstupů, z čehož 2 můžeme využít jako analogové vstupy. V dolní části se nachází 4 spínací kontakty. Na pravé straně modulu najdeme pod krytkou konektor pro připojení rozšiřovacích modulů. [35]





Obrázek 27 - Základní popis modulu PLC Siemens LOGO! [35]

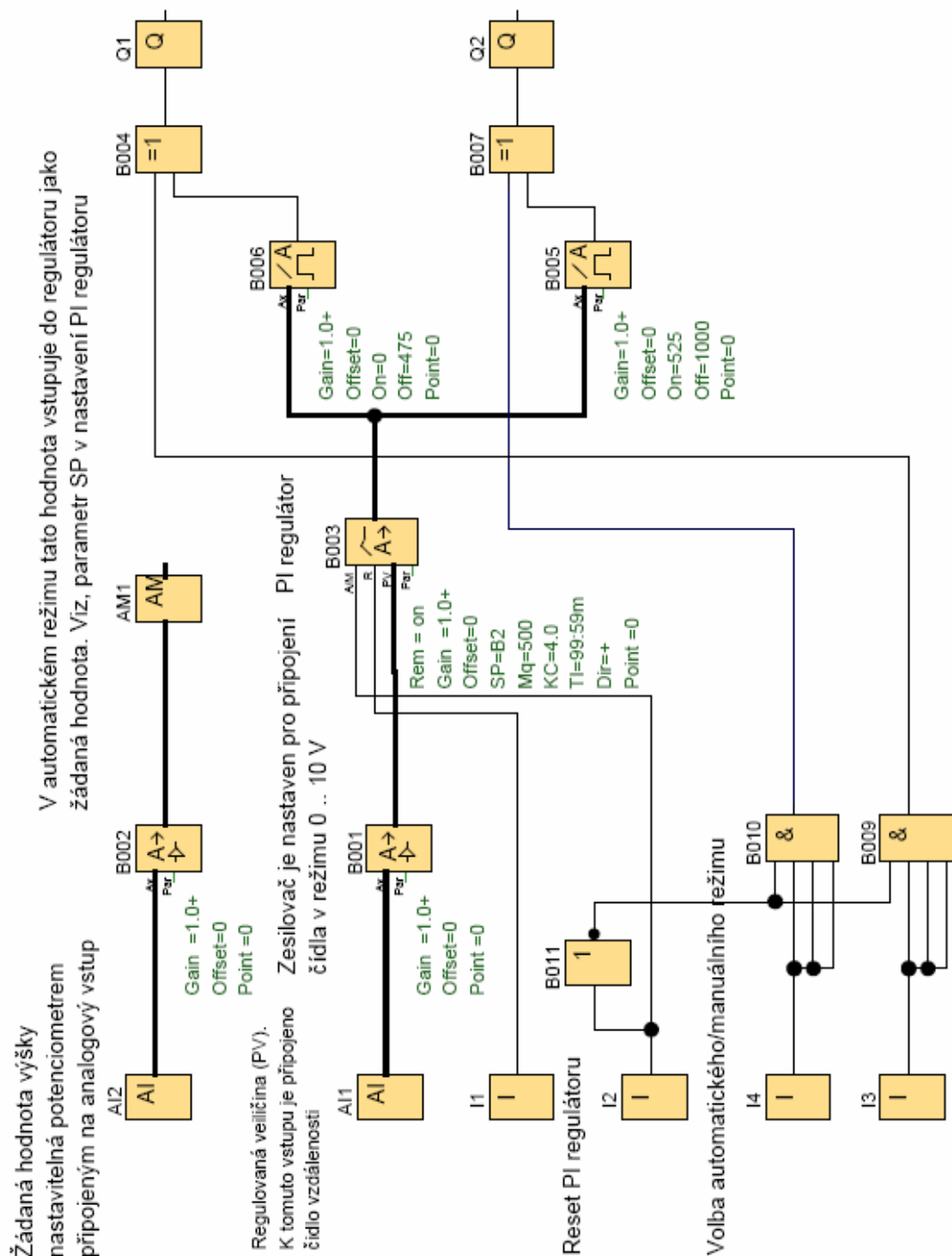
### 4.3. Program regulace

Program má obsazeny 4 digitální vstupy I1- I4 a 2 vstupy analogové. Na konci jsou obsazeny dva spínací výstupy pro pohyb nahoru a dolů. V programu můžeme volit mezi automatickým a manuálním režimem. Manuální režim je ovládán dvěma digitálními vstupy nahoru/dolů. Automatický režim má na vstupu potenciometr a čidlo vzdálenosti. Potenciometrem nastavíme požadovanou výšku a program automaticky vyrovná výšku dle signálu z čidla vzdálenosti. V případě zaseknutí je možno celý program resetovat digitálním vstupem I1.

I1	reset PI regulátoru	B006	analog	treshold
I2	volba automatického/ manuálního režimu	B005	analog	treshold
I3	manuální režim nahoru	B004	XOR	
I4	manuální režim dolů	B007	XOR	
AI1	analogový vstup senzoru vzdálenosti	Q1	výstup	
AI2	analogový vstup potenciometru	Q2	výstup	
B002	analogový zesilovač vstupu potenciometru	B011	NOT	
B001	analogový zesilovač vstupu čidla vzdálenosti	B010	AND	
B003	PI regulátor	B009	AND	

Tabulka 4 - Použitých funkcí v programu regulace [autor]

Obráz



### 4.3.1. Regulační automatika

Automatická regulace je koncipována tak, že potenciometrem nastavíme napětí od 0 do 10 V, které je následně převedeno analogovým zesilovačem na hodnotu od 0 do 1000. Tato hodnota vstupuje do PI regulátoru, jako nastavená hodnota. Druhou hodnotou je analogový

výstup ze senzoru, kdy v našem případě budeme zkoušet difuzní (napěťový výstup) a laserový triangulační (proudový výstup). Analogové hodnoty senzoru převede zesilovač na hodnotu od 0 do 1000. Pro proudový či napěťový vstup hodnoty je třeba změnit konfiguraci zesilovače.

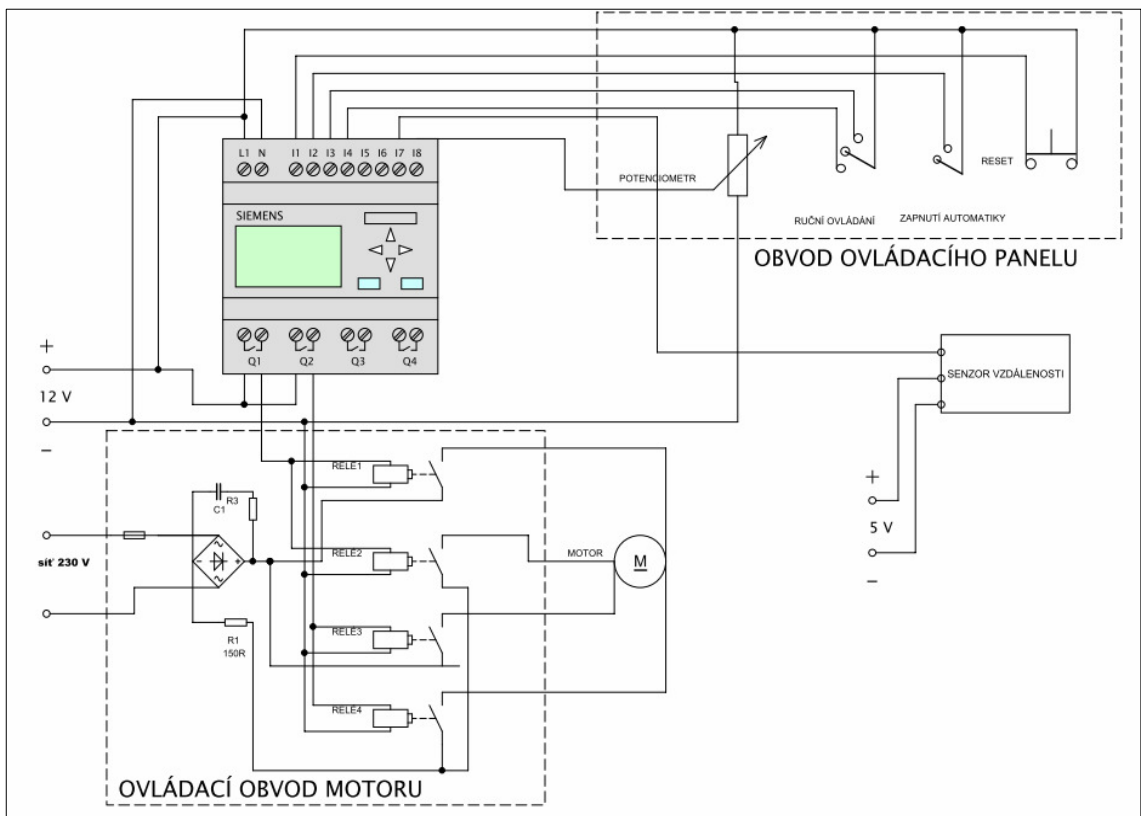
Tyto dvě hodnoty porovná PI regulátor a na výstupu dostaneme hodnotu od 0 do 1000. Tato hodnota je poslána na dva prvky analog treshold trigger, přičemž první je nastaven na spínání od 0 do 475 a druhý je nastaven od 525 do 1000. Prázdná hodnota mezi prvky je tolerance samotné regulace, kdy motor není sepnut. Impuls sepnutí poté putuje do XOR, který zamezuje ručnímu a automatickému sepnutí najednou. Nakonec je signál přiveden na výstupní spínač, který sepne ovládací napětí pohonu.

#### ***4.3.2. Ruční ovládání***

Používá se při vypnuté automatické regulaci na vstupech I4 a I3, kdy jeden ovládá pohon na jednu stranu, druhý na druhou. Ovládání je jištěno proti současnému pohybu obou výstupů dvěma AND a NOT, který je připojen na spínání automatického režimu.

#### **4.4. Elektrický obvod regulace výšky hořáku**

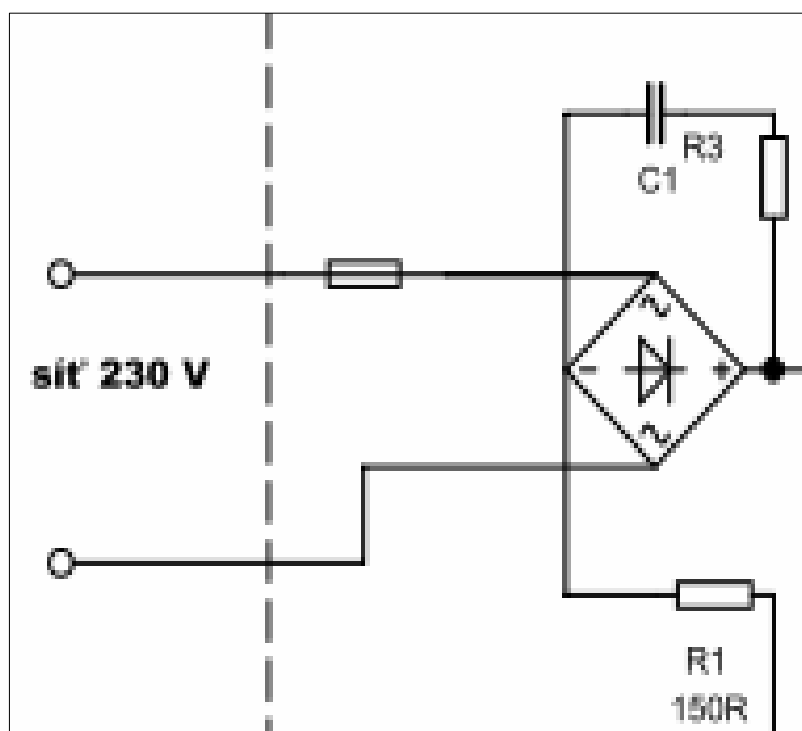
Pro praktické zapojení byl zkonstruován elektrický obvod regulace výšky hořáku. Jeho schéma je možno najít v příloze. Obvod se skládá z krabice, ve které se nachází zdroj napětí, PLC LOGO a integrovaný obvod, na kterém je obvod napájení motoru a spínací obvod pohonu. K této krabici je kabelem připojen ovládací panel, který má vlastní integrovaný obvod. Dále je na PLC kabelem připojen snímač vzdálenosti, který je napájen z výše zmiňovaného zdroje.



Obrázek 29- Schéma obvodu regulace výšky hořáku [autor]

#### 4.4.1. Obvod napájení motoru

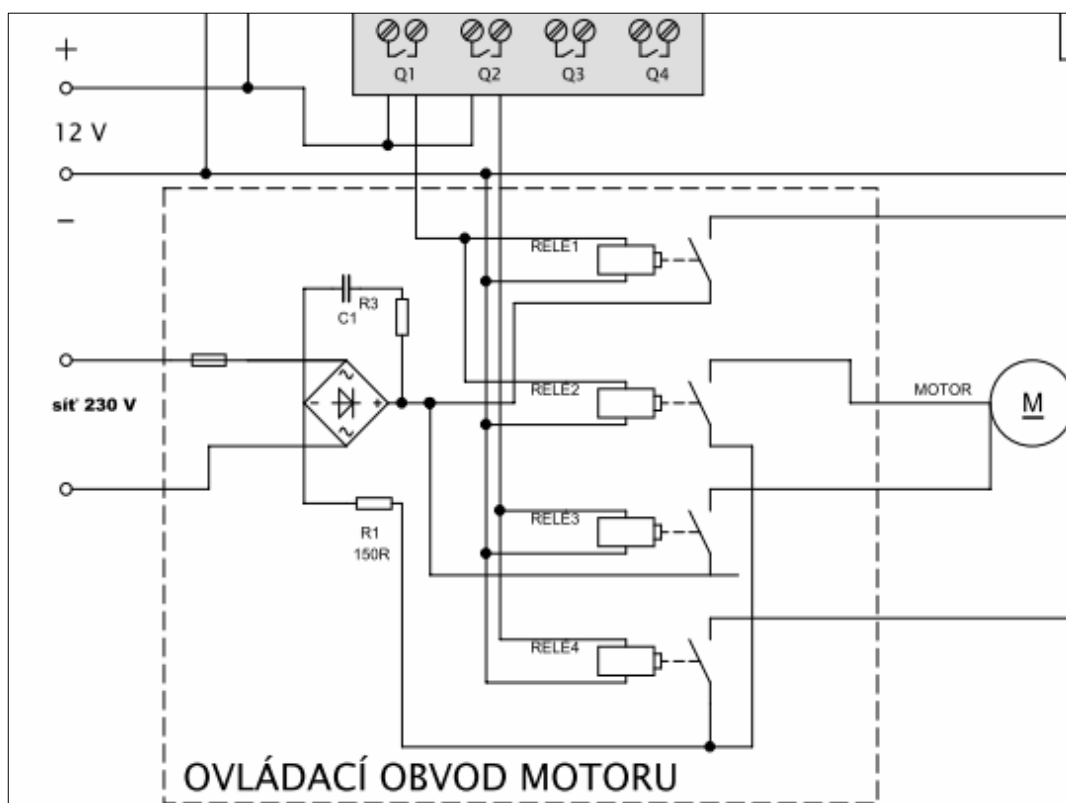
Obvod napájení motoru se nachází na destičce integrovaného spoje spolu se spínacím obvodem motoru. Jelikož pro stejnosměrný motor pohonu je třeba modifikovat síťové napětí 230V, byl navrhnut obvod na obrázku níže. Střídavé napětí je usměrněno diodovým můstkem a následně sníženo odporem R1 150  $\Omega$  na 190 V. Pro stabilizaci napětí je obvod vybaven paralelně zapojeným kondenzátorem C1.



Obrázek 30 - Obvod napájení motoru [autor]

#### 4.4.2. Spínací obvod pohonu

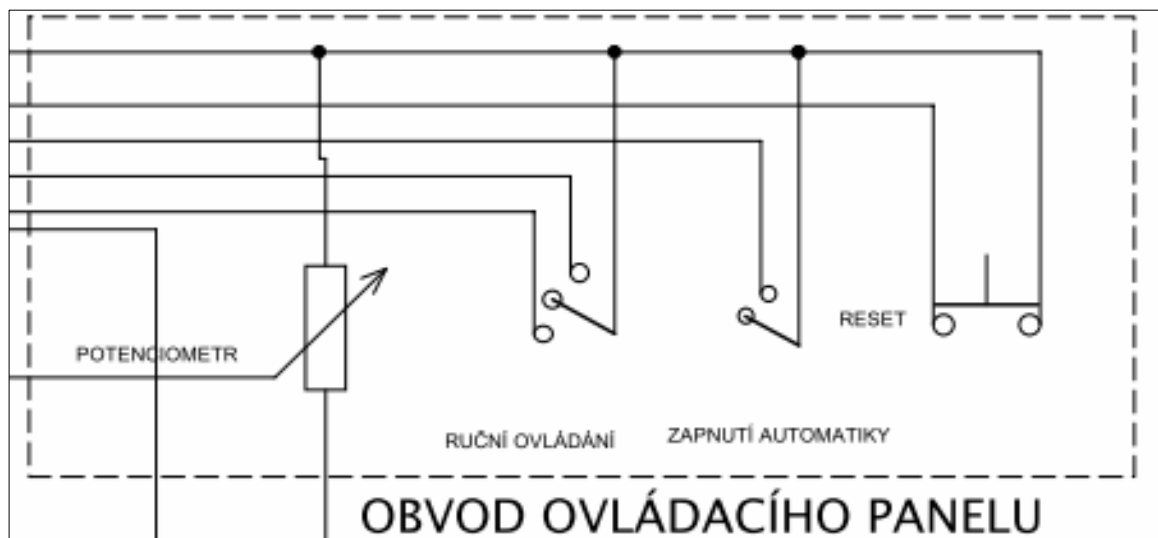
Spínání motoru je řešeno přes soustavu 4 relé. Relé jsou ovládána napětím 12 V, výstupy SIEMENS LOGO Q1 a Q2. Zbylé výstupy Q3 a Q4 jsou ponechány volné pro montáž ovládání druhého hořáku. Výstup vždy sepne dvojici relé, které sepnou napájení motoru 190V. Pokud chceme motor reverzovat, sepne se druhý výstup, který aktivuje druhou dvojici relé a přepóluje motor.



Obrázek 31 Ovládací obvod motoru [autor]

#### 4.4.3. Ovládací pult systému

Integrovaný obvod ovládacího pultu se skládá z potenciometru, resetovacího tlačítka, 2- pólového přepínače a 3- pólového přepínače. Vše je připojeno přes 7- pinový konektor, SIEMENS LOGO. Potenciometrem regulujeme napětí 0- 10V a tím dáváme řídicí signál programu pro regulaci výšky. Potenciometr je víceotáčkový pro přesnější rozdělení. Automatická regulace je ovládána přepínačem zapnuto/vypnuto a v případě zaseknutí resetovacím tlačítkem. Posledním prvkem je vratný 3- polohový páčkový přepínač pro ruční zdvihání.



Obrázek 32- Obvod ovládacího panelu [autor]

#### 4.5. Měření

Celý systém byl sestaven a namontován na pálící stroj. Nejdříve byl regulační systém odzkoušen bez plamene, potom v řezu. Po prvé byl systém zkoušen s optickým difusním senzorem, jako druhý byl použit laserový triangulační senzor. Samotný program fungoval velmi dobře, při výměně senzoru bylo třeba jen změnit analogový napěťový vstup na proudový, protože difuzní senzor má napěťový výstup a laserový senzor výstup proudový. Sensory byly umístěny 200 mm nad plechem, zde již nehrozí poškození teplem od řezného procesu.

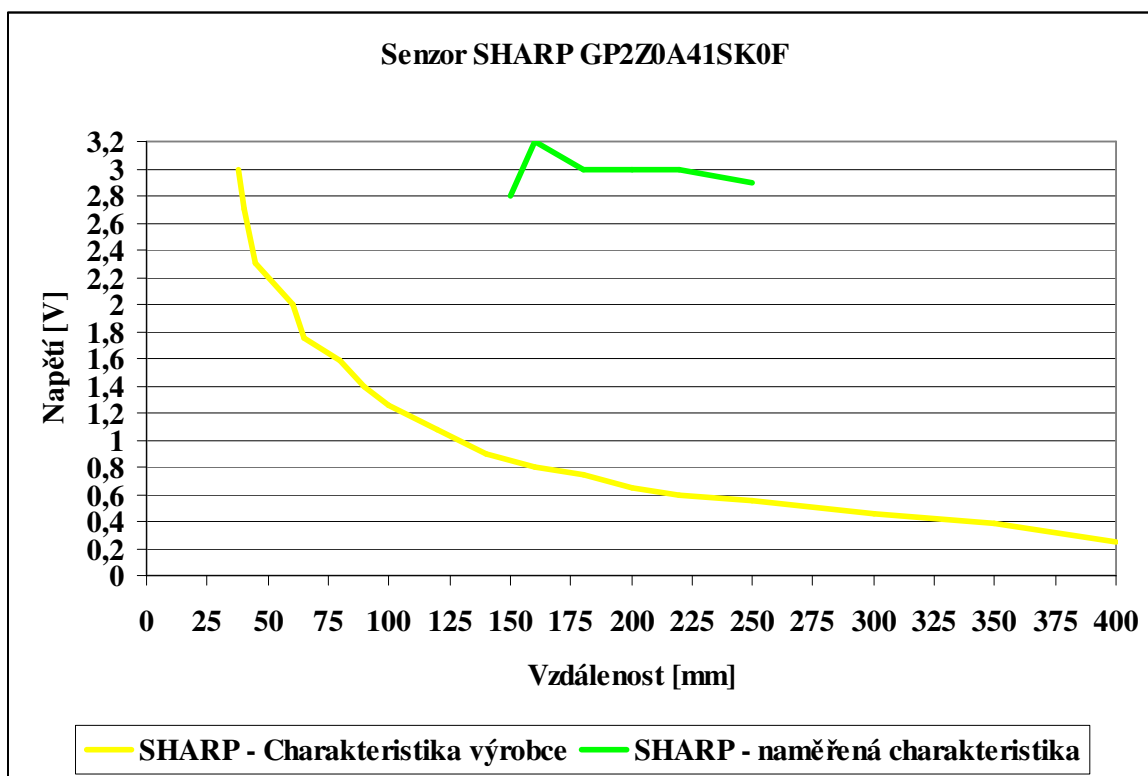


Obrázek 33- Montáž ovládacího panelu [foto - autor]

#### 4.5.1. Měření s optickým difusním senzorem

Měření bylo provedeno optickým difusním senzorem SHARP GP2Y0A41SK0F, tento senzor má rozsah měření 40 – 300 mm. Jak je patrné z grafu níže, bez zažehnutí plamene fungoval tento senzor výborně, ovšem při řezání byl senzor oslňován plamenem a vykazoval vysoké hodnoty napětí, což způsobovalo zvedání hořáku a vypadnutí z řezu. Tento senzor se ukázal nevhodným pro tento druh aplikace. Žlutá křivka zobrazuje charakteristiku danou výrobcem, kterou můžeme naměřit „bez plamene“, zelená křivka ukazuje výstupní napětí po zažehnutí plamene. Napětí prudce stoupl v důsledku oslnění senzoru a nebylo možné dále řezat. Pro účely práce byla měřena pouze vzdálenost 150 až 250 mm. V praxi je potřebný rozsah vzdálenosti 0 až 15mm, v této vzdálenosti se pohybuje špička řezné trysky.

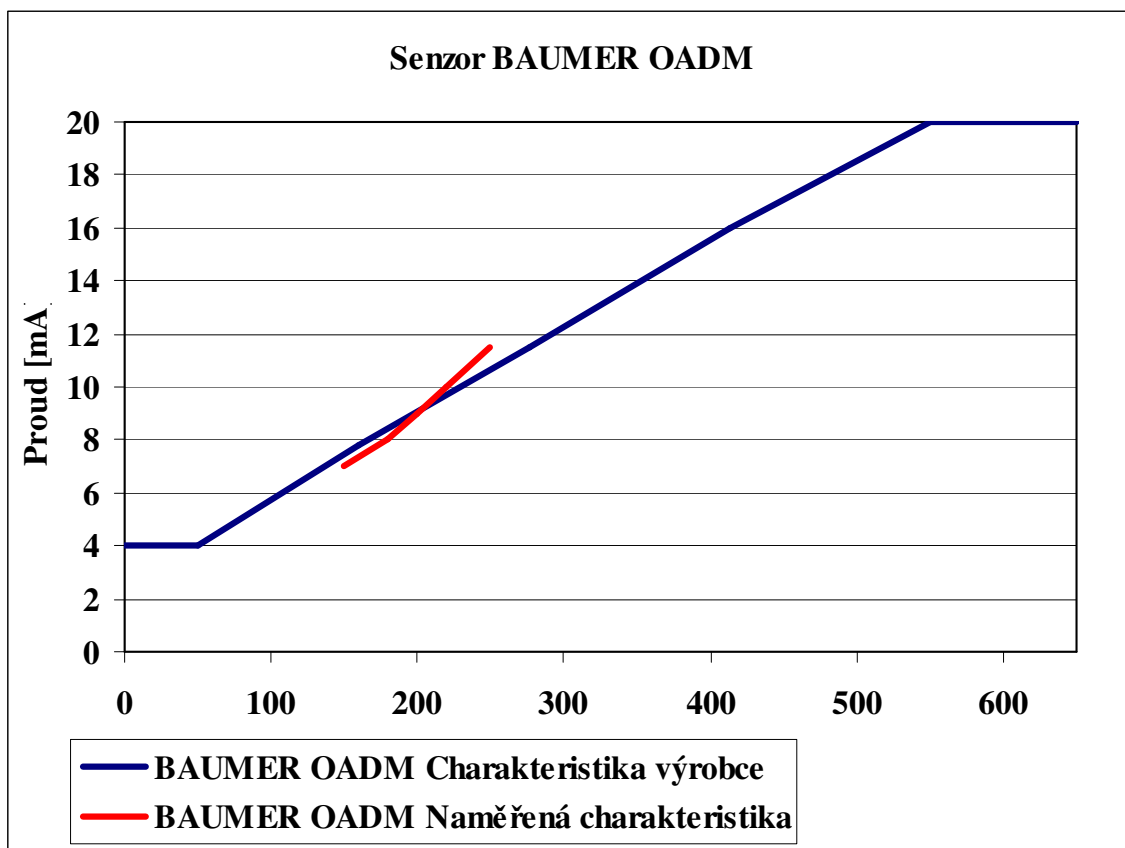




*Graf 1- Charakteristika SHARP GP2Z0A41SK0F*

#### **4.5.2. Měření s laserovým triangulačním senzorem**

Měření bylo provedeno laserovým triangulačním senzorem firmy BAUMER typ OADM 13I7580/S35A. Pro měření bylo třeba překonfigurovat napěťový vstup SIEMENS LOGO na proudový. Výrobce udává měřicí rozsah od 50 do 550 mm. Výstupní proud je 4 až 20 mA. S tímto senzorem byly zaznamenány dobré výsledky v průběhu řezání a zdá se být vhodným pro tuto aplikaci. Do obvodu na výstupu ze senzoru byl vložen ampérmetr, kterým byla měřena charakteristika v oblasti zdvihu hořáku. Modrá křivka představuje charakteristiku danou výrobcem a červená charakteristiku naměřenou v průběhu řezání. Pokusně byla měřena pouze malá část rozsahu senzoru, z důvodu konstrukčního omezení daného držákem senzoru.



Graf 2- Charakteristika BAUMER OADM

## 5. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá technologií řezání plamenem a jejími možnostmi použití. Řezání plamenem je stará metoda, která ovšem má své stálé místo ve výrobě. Tato metoda je stále široce využívána pro svou jednoduchost, výkonnost a mobilitu. Dnes jsou pro výrobu výpalků používány i jiné moderní technologie, jako je laser, plazma, vodní paprsek. Je třeba si uvědomit, že správná volba technologie řezání ovlivní konečnou kvalitu výrobku, náročnost výrobního procesu a především konečnou cenu.

Praktická část práce se zabývá návrhem systému pro hlídání výšky hořáku nad plechem, při návrhu systému byl kladen důraz na jeho univerzálnost a nízkou výrobní cenu. Systém se při měření osvědčil, problémem nadále zůstává použitý senzor. Laserový triangulační senzor vykazuje dobré vlastnosti pro tuto aplikaci. Senzor je v dostatečné vzdálenosti od řezného procesu, nezanáší se struskou a v důsledku jeho značné vzdálenosti nehrozí destrukce vysokou teplotou. Tento senzor je ovšem příliš drahý, cena kolem 28000 bez DPH za tento senzor, činní tento systém špatně aplikovatelný v praxi. Proto bude třeba použít buď jiný druh senzoru, nebo najít levnější laserový triangulační senzor. Zajímavou možností může být sestavení vlastního laserového triangulačního senzoru, zde by bylo možno použít „modrého laseru“, který by mohl lépe odolávat rušení od ohně hořáku.

Levný univerzální systém by mohl být dobře aplikovatelný na široké spektrum strojů, které řezou plamenem. Z hlediska praktického použití by bylo dobré vylepšit systém ovládání automatického režimu tak, aby držel nastavenou výšku pouze při zapnutí spínače a dále by se výška nastavovala přepínačem pro ruční ovládání, přičemž by výška byla držena automaticky.

## 6. SEZNAM LITERATURY

- [1] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: Tepelné dělení - Klasifikace tepelných řezů - Geometrické požadavky na výrobky a úchytky jakosti řezu, ČSN EN ISO 9013, Říjen 2003
- [2] M. Brožek.: Dílenská praxe, Praha 2001, Česká zemědělská univerzita v Praze, ISBN 80-213-0742-0
- [3] D. Hrdličková.: Strojírenská technologie III., Praha 2000 5. vydání, Sobotáles, ISBN 80-85920-67-0
- [4] MESSER, *Autogenní technika* [online]. [cit. 2013-18-12]. Dostupné z WWW<[http://www.messergroup.com/cz/Produkty\\_a\\_reseni/Autogenni\\_technika/index.html](http://www.messergroup.com/cz/Produkty_a_reseni/Autogenni_technika/index.html)>
- [5] ESAB, *Řezání plamenem* [online]. [cit. 2013-19-12]. Dostupné z WWW <<http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes-oxy-fuel.cfm> >
- [6] AIR PRODUCTS, *Svařování a tepelné dělení plamenem* [online]. [cit. 2013-27-12]. Dostupné z WWW <[http://www.airproducts.cz/metalfabrication/svarovani/rezani\\_apachi.htm](http://www.airproducts.cz/metalfabrication/svarovani/rezani_apachi.htm) >
- [7] GLIZMANĚNKO D. L., JEVSEJEV G. B.: *Svařování a řezání plamenem*. Státní nakladatelství technické literatury, 1. vydání Praha 1963. ISBN 04-209-63
- [8] KŘÍŽ V.: *Přehled svařování*. SNTL, 7 vydání, Praha 1986. ISBN 04-202-86
- [9] KEATS D.: *Underwater wet welding*. Leicester, Matador, 2004. ISBN 1 89929399X
- [10] ELECTRICALFUN, *Plasma cutting diagram* [online]. 2013 [cit. 2013-03-11]. Dostupné z WWW: <[http://www.electricalfun.com/plasma\\_cutting\\_diagram.htm](http://www.electricalfun.com/plasma_cutting_diagram.htm)>

- [11] WELDPOINT, *Přenosný kyslíkový řezací stroj RS 131 - AC* [online]. 2014 [cit. 2014-24-02]. Dostupné z WWW:  
<[http://www.electricalfun.com/plasma\\_cutting\\_diagram.htm](http://www.electricalfun.com/plasma_cutting_diagram.htm)>
- [12] Vanad-kyslíkové a plazmové CNC řezací stroje [online]. 2000, 2014 [cit. 2014-24-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.vanad.com/stroje.asp?lang=cz>>.
- [13] ANTALSOFTWARE, *SAPSprow* [online]. [cit. 2014-24-02]. Dostupné z WWW:  
< <http://www.antalsoftware.sk/saps-cz/saps-cz.html> >.
- [14] VANAD, *Wrykrys* [online]. [cit. 2014-24-02].  
Dostupné z WWW: < <http://www.vanad.cz/wrykrys>>.
- [15] WRYKRYSS[online]. [cit. 2014-24-02].  
Dostupné z WWW: < <http://77.48.47.250/Index.aspx>>.
- [16] MGM-TÁBOR, *Lantek* [online]. [cit. 2014-24-02].  
Dostupné z WWW: <[http://www.mgm-tabor.eu/program\\_lantek\\_cz.php](http://www.mgm-tabor.eu/program_lantek_cz.php)>.
- [17] LANTEK, *Lantek Expert Cut* [online]. [cit. 2014-24-02].  
Dostupné z WWW: < <http://www.lanteksms.com/us/lantek-expert-cut-oxycut-plasma-laser-water-jet>>.
- [18] HYPERTHERM, *MTC Nesting software* [online]. [cit. 2014-26-02].  
Dostupné z WWW: <<http://www.hyperthermcam.com/en-us/>>.
- [19] AWAC, *AsperWin software* [online]. [cit. 2014-26-02].  
Dostupné z WWW: <<http://www.awac.cz/cz/3-Prodej-a-servis-br-CNC-delicich-stroju/7-Prodej-delicich-stroju/15-Ridici-systemy/0/51> >.

- [20] GAMA Control, *Horma CAD*[online]. [cit. 2014-26-02].  
Dostupné z WWW: <<http://www.gamacontrol.cz/cad.html> >.
- [21] HÁJEK J.: *Praktické zkušenosti s využitím etylenu při řezání*[online]. [cit. 2014-26-02].  
Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/prakticke-zkusenosti-s-vyuzitim-etylenu-pri-rezani.html>>.
- [22] PROFER GROUP.: *Chemtane 2*[online]. [cit. 2014-27-02].  
Dostupné z WWW: <<http://www.proferplyn.cz/?m=6> >.
- [23] ROUBÍČEK M.: *Kritéria volby metody a trendy tepelného dělení materiálu* [online]. [cit. 2014-01-03]. Dostupný z  
WWW: <<http://www.airliquide.cz/file/otherlelment/pj/roubicek49122.pdf>>.
- [24] DVOŘÁK M. a kolektiv.: *Technologie II*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- [25] CUTTECH.: *Možnosti pálení laserem* [online]. [cit. 2014-01-03]. Dostupný z  
WWW: <<http://www.cuttech.com/file/otherpages/ds/laser897567.pdf>>.
- [26] MEGA-BLOG.: *Hlavní typy Laserů používaných v průmyslu*[online]. [cit. 2014-01-03]. Dostupný z WWW:  
<<http://www.mega-blog.cz/lasery/hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu/>>.
- [27] FLOW.: *Vodní paprsek* [online]. [cit. 2014-01-03]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.chps.cz/vodni-paprsek/technologie.html>>
- [28] FLOW CORPORATION.: *Technologie řezání vodním paprskem* [online]. [cit. 2014-01-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.flowcorp.cz/technologie-rezani-vodnim-paprskem-26/>>.

- [29] SITEK L., FOLDYNA J. a ŠVEHLA B.: *Vodní paprsek ve strojírenství*.  
Strojárstvo-strojírenství, 2004, Roč. 8, č. 5, s. 100-101. ISSN 1335-2938
- [30] LINDE GAS a.s.: *Interní technologické materiály*
- [31] KRŇÁK R.: *Kapesní příručka svařování, řezání, pájení 2.vyd.* Praha: Nakladatelství technické literatury, 1973.
- [32] MARTÍNEK R.: *Senzory v průmyslové praxi*. BEN- Technická literatura, 1. vydání Praha 2004. ISBN 80-7300-114-4
- [33] SENSORLAND.: *Laser triangulation Sensors* [online]. [cit. 2014-08-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.sensorland.com/HowPage056.html>>.
- [34] MESSER CUTTING SYSTEMS.: *ALFA Oxyfuel Cutting Torch* [online]. [cit. 2014-08-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.messer-cw.co.uk/Products/Consumables/OxyFuel-ALFA.htm>>.
- [35] SIEMENS.: *Logický modul LOGO!* [online]. [cit. 2014-09-03]. Dostupné z WWW: <<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=3dc1f5a3fc&ctxp=home>>.

## 7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Princip řezání plamenem [3].....	4
Obrázek 2 - Graf závislosti tloušťky materiálu na šířce řezné spáry [31] .....	10
Obrázek 3 - Graf závislosti tloušťky materiálu na TOO [31].....	11
Obrázek 4 - Ruční hořák [2] .....	13
Obrázek 5 - Řezací strojek MESSER, moderní řezací strojek, v pozadí CNC stroj Messer v kombinaci s plazmovým řezáním, pořízeno na Mezinárodním strojírenském veletrhu Brno 2013, stánek Messer [foto - autor] .....	14
Obrázek 6 - Přenosný kyslíkový řezací stroj RS 131 – AC, Chotěboř [11] .....	15
Obrázek 7 - Ukázka stroje pro CNC kyslíkové řezání [12].....	16
Obrázek 8 - Program SAPSproW [13] .....	17
Obrázek 9 - Program Wrykrys [14] .....	18
Obrázek 10 - MTC Nesting software [18] .....	19
Obrázek 11 - Program AsperWin [19].....	20
Obrázek 12 - Program Horma CAD [20].....	21
Obrázek 13 - Program Lantek [17] .....	23
Obrázek 14 - Plazmová řezací hlava [10].....	30
Obrázek 15 - Lampami buzený Nd:YAG Laser [26] .....	33
Obrázek 16 - Princip CO2 laseru[ 26] .....	34
Obrázek 17 - Schéma generování vodního paprsku [29].....	36
Obrázek 18 - Autogenní řezací stroj ESAB Picorex [foto - autor].....	38



Obrázek 19 - Princip kapacitního senzoru [32] .....	39
Obrázek 20 - Blokové schéma kapacitního senzoru [32] .....	40
Obrázek 21 - Kapacitní snímač pro řezání plamenem. [14] .....	40
Obrázek 22 - Princip indukčního senzoru [32].....	42
Obrázek 23- Průběh magnetických siločar bez clonky a s clonkou (přerušovaná čára) [32] .....	43
Obrázek 24 - ALFA hořák v porovnání se starším provedením [34] .....	44
Obrázek 25 – Montáž měřeného laserového triangulačního senzoru BAUMER [foto - autor].....	45
Obrázek 26 – Montáž měřeného optického difusního senzoru [ foto - autor].....	46
Obrázek 27 - Základní popis modulu PLC Siemens LOGO! [35] .....	48
Obrázek 28 – Program vytvořený k regulaci výšky hořáku [autor] .....	49
Obrázek 29- Schéma obvodu regulace výšky hořáku [autor].....	51
Obrázek 30 - Obvod napájení motoru [autor].....	52
Obrázek 31 Ovládací obvod motoru [autor] .....	53
Obrázek 32- Obvod ovládacího panelu [autor].....	54

## **8. SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Hodnot pro hořák GRICUT 1230 [34] .....	7
Tabulka 2 - Vzdálenosti ústí hořáku od povrchu řezaného plechu [30] .....	10
Tabulka 3 - Cena řezu [30] .....	28
Tabulka 4 - Použitých funkcí v programu regulace [autor] .....	48

## 9. SEZNAM VZORCŮ

Rovnice 1- Chemická reakce vzniku FeO

Rovnice 2- Chemická reakce vzniku Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Rovnice 3- Chemická reakce vzniku Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Rovnice 4- Hoření acetylenu a kyslíku

## **10. SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1- Charakteristika SHARP GP2Z0A41SK0F.....	56
Graf 2- Charakteristika BAUMER OADM.....	57

## **11. SEZNAM PŘÍLOH**

I. Technologické tabulky řezání kyslíkem

II. Schéma elektrického obvodu regulace výšky hořáku

III. Schéma programu regulace výšky hořáku

## 00 T 0022/1

## Parametry pro řezací trysky A-RS, topný plyn acetylen

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetylenu (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetylenu (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Celková spotřeba kyslíku (m <sup>3</sup> /h)
3				2,0	2,0	730	5	1,5	0,30	0,39	1,3	1,69
5	3-10			2,0	2,0	690	5	1,5	0,30	0,39	1,3	1,69
8				2,0	2,5	640	5	1,5	0,30	0,39	1,5	1,89
10				2,0	3,0	600	5	1,5	0,30	0,39	1,7	2,09
10				2,5	4,0	620	5	1,8	0,35	0,46	2,3	2,76
15	10-25			2,5	4,3	520	5	1,8	0,35	0,46	2,5	2,96
20				2,5	4,5	450	5	1,8	0,35	0,46	2,6	3,06
25				2,5	5,0	410	5	1,8	0,35	0,46	2,8	3,26
25		2-100	min.0,5	2,5	4,0	410	5	2,0	0,35	0,46	2,3	2,76
30	25-40			2,5	4,3	380	5	2,0	0,35	0,46	2,5	2,96
35				2,5	4,5	360	5	2,0	0,35	0,46	2,6	3,06
40				2,5	5,0	340	5	2,0	0,35	0,46	2,8	3,26
40				2,5	4,0	340	5	2,2	0,35	0,46	4,1	4,56
50	40-60			2,5	4,5	320	5	2,2	0,35	0,46	4,6	5,06
60				2,5	5,0	310	5	2,2	0,35	0,46	5,1	5,56
60				3,0	5,0	320	6	3,5	0,41	0,53	8,1	8,63
80	60-100			3,0	5,5	280	6	3,5	0,41	0,53	8,8	9,33
100				3,0	6,0	250	6	4,0	0,41	0,53	9,5	10,03

Při tloušce materiálu přes 100 mm použijte řezací trysky VADURA 1215.

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosahováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Uvedené rychlosti se snižují pro tvarové řezy s malými radiusy o cca 10 %, pro úkosové řezy od 30° o cca 25 %, pro úkosové řezy od 45° o 45%. Velikosti trysek a nastavené hodnoty musí odpovídat skutečné tloušce řezu. Pro Y-řezy (tvar spáry Y dle DIN 8551) a K-řezy (tvar spáry DHY dle DIN 8551) platí tabulky Aydím. č.00 T 0022/3 popř. Akdm č. 00 T 0022/4. Uvedené tlaky jsou přítlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m<sup>3</sup>/h jsou udány dle normy DIN 1343.

00T0022/2

Parametry pro propalování s řezacími tryskami A-RS, plyn acetylen

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetylenu (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při propalování (bar)	Nahřívací čas (sec)	Tlak řezacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak řezacího kyslíku při propalování (bar)	Propalovací čas (sec)	Řezná rychlost (mm/min)		Odstup trysky
										Propalování	Řezání	
10				2,5	5,0	8	4,0	0,0	0	620		5-7
15	10-25			2,5	5,0	8	4,3	0,5	1	520		5-7
20				2,5	5,0	10	4,5	0,5	1	450		5-7
25				2,5	5,0	10	5,0	0,5	1	410		5-7
25				2,5	5,0	10	4,0	0,5	1	410		5-7
30	25-40			2,5	5,0	10	4,3	0,5	1	380		5-7
40				2,5	5,0	10	5,0	0,5	1	340		5-7
40				2,5	5,0	12	4,0	0,5	1	340		5-7
50	40-60		min.0,5	2,5	5,0	12	4,5	0,5	1	320		5-7
60		2-100		2,5	5,0	12	5,0	0,5	1	310		5-7
60				3,0	5,0	12	5,0	0,5	2	320		6-8
70				3,0	5,0	12	5,5	0,5	2	300		6-8
80	60-100			3,0	5,0	12	5,5	0,5	2	280		6-8
90				3,0	5,0	12	6,0	0,5	2	260		6-8
100				3,0	5,0	12	6,0	0,5	2	250		6-8
100	VADURA			3,5	6,0	12	6,5	0,5	2	280	270	7-10
120	1215-A			3,5	6,0	12	7,0	0,5	2	280	240	7-10
130	100-150			3,5	6,0	12	7,0	0,5	2	280	230	7-10

Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku.

Nastavené hodnoty jsou platné pro propalovací automatiku s pneumatickým systémem regulace tlaku na páčících strojích MESSER GRIESHEIM.

Více tabulka Parametrů Adm č. 00 T 022/1

**Parametry pro propalování s řezacími tryskami VADURA 1210-A, plyn acetylen 00T0022/7**

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetylenu (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při propalování (bar)	Nahřívací čas (sec)	Tlak řezacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak řezacího kyslíku při propalování (bar)	Propalovací čas (sec)	Řezná rychlost (mm/min)		Odstup trysky
										Propalování	Řezání	
10				3,0	5,0	8	8,0	0	0	725		5-7
15	10-25			3,0	5,0	8	8,5	0,5	1	645		5-7
20				3,0	5,0	10	10,0	0,5	1	590		5-7
25				3,0	5,0	10	11,0	0,5	1	530		5-7
25				3,0	5,0	10	8,5	0,5	1	530		5-7
30	25-40			3,0	5,0	10	9,0	0,5	1	510		5-7
40				3,0	5,0	10	10,0	0,5	1	460		5-7
40				3,0	5,0	12	11,0	0,5	1	415		5-7
50		2-150	min.0,5	3,0	5,0	12	9,0	0,5	1	415		5-7
60	40-80			3,0	5,0	12	10,0	0,5	2	375		5-7
70				3,0	5,0	12	11,0	0,5	2	350		5-7
80				3,0	5,0	12	12,0	0,5	2	330		5-7
80				3,0	6,0	12	9,5	0,5	2	330		7-10
90	80-100			3,0	6,0	12	10,0	0,5	2	300		7-10
100				3,0	6,0	12	11,0	0,5	2	280		7-10
100				4,0	6,0	12	6,5	0,5	2	280	270	7-10
120	100-150			4,0	6,0	12	7,0	0,5	2	280	240	7-10
130				4,0	6,0	12	7,0	0,5	2	280	230	7-10

Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku.

Nastavené hodnoty jsou platné pro propalovací automatiku s pneumatickým systémem regulace tlaku na pálcích strojích MESSER GRIESHEIM.

Více tabulka Parametrů Adm č. 00 T 022/6



**Parametry pro řezací trysky VADURA 1210-A, topný plyn acetylen (tryska na tenké plechy) 00T0022/10**

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetylenu (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Tlak stlačeného vzduchu	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetylenu (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba kyslíku celkem (m <sup>3</sup> /h)
2,0					2,0-2,5		750					0,30-0,35	0,61-0,66
2,5					2,5-3,0		750					0,35-0,40	0,66-0,71
3,0					2,5-3,0		700					0,35-0,40	0,66-0,71
3,5	3-5	2-100	0,5	0,8	3,0-3,5	1,0	675	10-20	0,5	0,24	0,31	0,40-0,45	0,71-0,76
4,0					4,0-4,5		650					0,50-0,55	0,81-0,86
4,5					4,0-4,5		600					0,50-0,55	0,81-0,86
5,0					4,0-4,5		550					0,50-0,55	0,81-0,86

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosahováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Při použití trysek na tenké plechy je zapotřebí přidavného zařízení pro tlakový vzduch na pálicích strojích. Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m<sup>3</sup>/h jsou udány dle normy DIN 1343-A152

**Parametry pro propalování s řezacími tryskami A-CID, plyn acetylen 00T0022/12**

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Tlak Acetylen (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při propalování (bar)	Nahřívací čas (sec)	Tlak řezacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak řezacího kyslíku při propalování (bar)	Propalovací čas (sec)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)
10			1,0	2,5	5	6,0	1,0	1	630	8
15	10-25		1,5	2,5	5	6,5	1,0	1	560	10
20			1,5	2,5	5	7,0	1,0	1	520	10
25			1,5	2,5	10	7,0	1,0	1	450	10
25			1,5	2,5	10	6,0	1,0	1	450	10
30	25-40		1,5	2,5	10	7,0	1,0	2	420	10
40		0,3	1,5	2,5	10	7,0	1,0	3	390	10
40			1,5	2,5	10	5,5	1,0	3	390	10
50	40-60		1,5	2,5	10	6,5	1,0	3	340	10
60			1,5	2,5	15	7,0	1,0	3	320	10
60			1,5	2,5	15	5,5	1,5	3	320	10
70	60-80		1,5	2,5	15	6,5	1,5	3	290	10
80			1,5	2,5	15	7,0	1,5	3	260	10
80			2,0	3,0	15	5,0	1,5	3	260	12
90	80-100	0,4	2,0	3,0	15	5,5	1,5	3	240	12
100			2,0	3,0	15	6,0	1,5	4	220	12
100			1,0	2,0	15	3,0	0,5	4	270	12
120	100-130	0,6	2,0	2,5	15	3,5	0,5	5	250	15
130			2,0	2,5	15	4,0	0,5	5	230	15

Uvedené tlaky jsou přibližky měřené na vstupu hořáku.

Nastavené hodnoty jsou platné pro propalovací automatiku s pneumatickým systémem regulace tlaku na pálcích strojích MESSER GRIESHEIM.

Více tabulka Parametrů Adm č. 00 T 022/6

**Parametry pro řezací trysky VADURA 8310-A, topný plyn acetylen 00T0022/16.1**

Tloušťka materiálu	Řezací tryska (mm)	Tlak Acetyleny (bar)*	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetyleny (m3/h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m3/h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m3/h)	Celková spotřeba kyslíku (m3/h)
3			0,8	2,0	850	5	0,8	0,50	0,65	0,40	1,05
4	3-5		1,0	2,5	800	5	0,8	0,52	0,70	0,46	1,16
5			1,0	3,0	750	5	0,9	0,52	0,70	0,52	1,22
6	6-10		1,0	4,0	750	7	1,5	0,52	0,70	1,0	1,70
8			1,0	4,5	735	7	1,5	0,52	0,70	1,1	1,80
10			1,0	5,0	700	7	1,5	0,52	0,70	1,2	1,90
10			1,0	8,0	725	8	2,2	0,52	0,70	2,7	3,40
15	10-25		1,0	8,5	645	8	2,2	0,52	0,70	2,8	3,50
20			1,0	10,0	530	8	2,2	0,52	0,70	3,3	4,00
25		0,3	1,0	11,0	530	8	2,2	0,52	0,70	3,6	4,30
25			1,0	8,5	530	8	2,5	0,52	0,70	3,6	4,30
30			1,0	9,0	510	8	2,5	0,52	0,70	3,8	4,50
35	25-50		1,0	9,5	485	8	2,5	0,52	0,70	4,0	4,70
40			1,0	10,0	460	8	2,5	0,52	0,70	4,2	4,90
50			1,0	11,0	415	10	2,5	0,52	0,70	4,6	5,30
50			1,0	9,0	415	10	3,0	0,52	0,70	6,7	7,40
60	50-80		1,0	10,0	375	10	3,0	0,52	0,70	7,4	8,10
70			1,0	11,0	350	10	3,0	0,52	0,70	8,0	8,70
80			1,0	12,0	330	10	3,0	0,52	0,70	8,6	9,30
80			1,5	9,5	330	12	3,3	0,72	0,95	8,9	8,85
90	80-100	0,4	1,5	1,5	300	12	3,3	0,72	0,95	9,3	10,25
100			1,5	11,0	270	12	3,3	0,72	0,95	10,1	11,05
100			1,0	3,0	270	12	5,0	1,12	1,46	11,9	13,36
150	100-200		2,0	5,0	230	12	7,0	1,70	2,21	18,3	20,51
200		0,6	3,0	6,0	170	12	7,0	2,29	2,98	21,4	24,38
200			3,0	4,0	170	15	8,0	2,29	2,98	21,2	24,18
250	200-300		3,0	5,0	130	15	9,0	2,29	2,98	25,4	28,38
300			3,5	6,0	90	15	12,0	2,62	3,40	29,6	33,00

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosahováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Uvedené rychlosti se snižují pro tvarové řezy s malými radii o cca 10 %, pro úkosové řezy od 30° o cca 20 %, pro úkosové řezy od 45° o 40%. Velikosti trysek a nastavené hodnoty musí odpovídat skutečné tloušťce řezu. Pro Y-řezy (tvar spáry Y dle DIN 8551) a K-řezy (tvar spáry K dle DIN 8551) platí tabulky Ay dm. č.00 T 0022/13 popř. Ak dm č. 00 T 0022/14a Akn dm č. 00 T 0022/15. Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m3/h jsou udány dle normy DIN 1343.

\* Tlak nahřívacího kyslíku pro šikmé řezy zvýšit o 0,5 baru.

**Parametry pro propalování s řezacími tryskami VADURA 8310-A, plyn acetylen 00T0022/16.2**

Typ materiálu	Řezací tryska (mm)	Tlak Acetylen (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při řezání (bar)*	Tlak nahřívacího kyslíku při propalování (bar)	Nahřívací čas (sec)	Tlak řezacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak řezacího kyslíku při propalování (bar)	Propalovací čas (sec)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)
10			1,0	2,5	5	8,0	1,0	1	630	8
15	10-25		1,0	2,5	5	8,5	1,0	1	560	8
20			1,0	2,5	5	10,0	1,0	1	520	8
25			1,0	2,5	10	11,0	1,0	1	450	8
25			1,0	2,5	10	8,5	1,0	1	450	8
30		0,3	1,0	2,5	10	9,0	1,0	2	420	8
40	25-50		1,0	2,5	10	10,0	1,0	2	390	8
50			1,0	2,5	10	11,0	1,0	2	340	10
50			1,0	2,5	15	9,0	1,0	3	320	10
60	50-80		1,0	2,5	15	10,0	1,0	3	320	10
70			1,0	2,5	15	11,0	1,0	3	290	10
80			1,0	2,5	15	12,0	1,0	3	260	10
80			1,5	2,5	15	9,5	1,0	3	260	12
90	60-80	0,4	1,5	2,5	15	10,5	1,0	3	240	12
100			1,5	2,5	15	11,0	1,5	4	220	12
100			1,0	2,0	15	3,0	0,5	4	270	12
120	100-130	0,6	2,0	2,5	15	3,5	0,5	5	250	12
130			2,0	2,5	15	4,0	0,5	5	230	12

Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku.

Nastavené hodnoty jsou platné pro propalovací automatiku s pneumatickým systémem regulace tlaku na pálicích strojích MESSER GRIESHEIM.

Více tabulka Parametrů Adm č. 00 T 022

\* Tlak nahřívacího kyslíku pro šikmé řezy zvýšit o 0,5 baru.

## 00T0022/11

## Parametry pro řezací trysky A-CID, topný plyn acetylen

Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Tlak Acetyleny (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetyleny (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m <sup>3</sup> /h)	Celková spotřeba kyslíku (m <sup>3</sup> /h)
3			0,8	2,0	850	5	0,8	0,52	0,68	0,40	1,08
4	3-5		1,0	2,5	800	5	0,8	0,58	0,76	0,46	1,22
5			1,0	3,0	750	5	0,9	0,58	0,76	0,52	1,28
6	6-10		1,0	4,0	750	7	1,5	0,58	0,76	1,0	1,76
8			1,0	4,5	735	7	1,5	0,58	0,76	1,1	1,86
10			1,0	5,0	700	7	1,5	0,58	0,76	1,2	1,96
10		0,3	1,0	6,0	630	8	2,5	0,58	0,76	2,3	3,06
15	10-25		1,5	6,5	560	8	2,5	0,73	0,95	2,5	3,45
20			1,5	7,0	520	8	2,5	0,73	0,95	2,7	3,65
25			1,5	7,0	450	8	2,5	0,73	0,53	2,7	3,65
25			1,5	6,0	450	8	2,8	0,73	0,95	3,9	4,85
30	25-40		1,5	7,0	420	8	2,8	0,73	0,95	4,4	5,35
35			1,5	7,0	400	8	2,8	0,73	0,95	4,4	5,35
40			1,5	7,0	390	8	2,8	0,73	0,95	4,4	5,35
40			1,5	5,5	390	10	3,4	0,73	0,95	4,3	5,25
50	40-60		1,5	6,5	340	10	3,4	0,73	0,95	5,0	5,95
60			1,5	7,0	320	10	3,4	0,73	0,95	5,4	6,35
60			1,5	5,5	320	10	3,6	0,73	0,95	6,8	7,75
70	60-80		1,5	6,5	290	10	3,6	0,73	0,95	7,9	8,85
80			1,5	7,0	260	10	3,6	0,73	0,95	8,3	9,25
80			2,0	5,0	260	12	4,2	0,87	1,13	9,3	10,43
90	80-100	0,4	2,0	5,5	240	12	4,2	0,87	1,13	10,1	11,23
100			2,0	6,0	220	12	4,2	0,87	1,13	10,7	11,83
100			1,0	3,0	270	12	5,0	1,12	1,46	11,9	13,36
150	100-200		2,0	5,0	230	12	7,0	1,70	2,21	18,3	20,51
200		0,6	3,0	6,0	170	12	7,0	2,29	2,98	21,4	24,38
200			3,0	4,0	170	15	8,0	2,29	2,98	21,2	24,18
250	200-300		3,0	5,0	130	15	9,0	2,29	2,98	25,4	28,38
300			3,5	6,0	90	15	12,0	2,62	3,40	29,6	33,00

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosahováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Uvedené rychlosti se snižují pro tvarové řezy s malými radii o cca 10 %, pro úkosové řezy od 30° o cca 25 %, pro úkosové řezy od 45° o 45%. Velikosti trysek a nastavené hodnoty musí odpovídat skutečné tloušťce řezu. Pro Y-řezy (tvar spáry Y dle DIN 8551) a K-řezy (tvar spáry K dle DIN 8551) platí tabulky Ay dm. č.00 T 0022/13 popř. Ak dm č. 00 T 0022/14 a Akn dm Nr. 00 T 0022/15. Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m<sup>3</sup>/h jsou udány dle normy DIN 1343.

00T0022/17

## Parametry pro řezací trysky VADURA 1215-A, topný plyn acetylen

Tloušťka materiálu	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetylenu (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetylenu (m3/h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m3/h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m3/h)	Celková spotřeba kyslíku (m3/h)
3				2,0	2,0	850	4-6	0,8	0,29	0,38	0,41	0,79
4	3-5			2,0	2,5	800	4-6	0,8	0,29	0,38	0,48	0,86
5				2,5	3,0	750	4-6	0,9	0,36	0,47	0,55	1,02
6	6-10			2,5	4,0	750	4-6	1,5	0,36	0,47	1,23	1,70
8				2,5	4,5	735	4-6	1,5	0,36	0,47	1,35	1,82
10				2,5	5,0	700	4-6	1,7	0,36	0,47	1,48	1,95
10				2,5	6,0	700	5-7	2,1	0,36	0,47	3,25	3,72
15	10-25			2,5	6,5	600	5-7	2,1	0,36	0,47	3,25	3,72
20				2,5	7,0	550	5-7	2,1	0,36	0,47	3,50	3,97
25				2,5	7,5	500	5-7	2,1	0,36	0,47	3,70	4,17
25		2-150		2,5	6,5	500	5-7	2,5	0,36	0,47	4,60	5,07
30	25-40			2,5	7,5	480	5-7	2,7	0,36	0,47	5,20	5,67
35				2,5	7,5	450	5-7	2,7	0,36	0,47	5,20	5,67
40				2,5	8,0	420	5-7	2,7	0,36	0,47	5,50	5,67
40			min. 0,5	2,5	6,5	420	5-7	2,8	0,36	0,47	5,60	6,07
50	40-60			2,5	7,0	390	5-7	3,0	0,36	0,47	6,00	6,47
60				2,5	8,5	360	5-7	3,0	0,36	0,47	7,10	7,57
60				2,5	6,5	360	5-7	3,0	0,36	0,47	9,10	9,57
80	60-100			2,5	7,5	300	5-7	3,0	0,36	0,47	10,40	10,87
100				2,5	8,0	270	5-7	3,0	0,36	0,47	11,00	11,47
100				3,5	6,5	270	7-10	3,6	0,48	0,62	12,10	12,72
130	100-150			3,5	7,0	230	7-10	3,6	0,48	0,62	12,90	13,52
150				3,5	7,0	210	7-10	3,6	0,48	0,62	12,90	13,52
150				6,5	6,5	210	20	5,0	0,82	1,06	19,40	20,46
200	150-230			7,0	7,0	180	20	5,0	0,85	1,10	20,80	21,90
230		150-300		7,5	7,5	140	20	5,0	0,88	1,14	22,00	23,14
230				6,5	6,5	150	25	6,0	0,83	1,08	28,50	29,58
250	230-300			7,0	7,0	130	25	6,0	0,85	1,10	30,00	31,10
300				7,5	7,5	110	25	6,0	0,88	1,14	32,50	33,64

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosahováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Uvedené rychlosti se snižují pro tvarové řezy s malými radii o cca 10 %, pro úkosové řezy od 30° o cca 25 %, pro úkosové řezy od 45° o 45%. Velikosti trysek a nastavené hodnoty musí odpovídat skutečné tloušťce řezu. Pro Y-řezy (tvar spáry Y dle DIN 8551) a K-řezy (tvar spáry K dle DIN 8551) platí tabulky Aydm. č.00 T 0022/19 popř. Akdm č. 00 T 0022/20. Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m3/h jsou udány dle normy DIN 1343.

**Parametry pro propalování s řezacími tryskami VADURA 1215-A, plyn acetylen 00T0022/18**

Tloušťka materiálu	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetyleny (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku při propalování (bar)	Nahřívací čas (sec)	Tlak řezacího kyslíku při řezání (bar)	Tlak řezacího kyslíku při propalování (bar)	Propalovací čas (sec)	Řezná rychlost (mm/min)		Odstup trysky
										Propalování	Řezání	
10				2,5	5,0	8	6,5	0,0	0	700		5-7
15	10-25			2,5	5,0	8	6,5	0,5	1	600		5-7
20				2,5	5,0	10	7,0	0,5	1	550		5-7
25				2,5	5,0	10	7,5	0,5	1	500		5-7
25				2,5	5,0	10	36,5	0,5	1	500		5-7
30	25-40			2,5	5,0	10	7,5	0,5	1	480		5-7
40				2,5	5,0	10	8,0	0,5	1	420		5-7
40				2,5	5,0	12	6,5	0,5	1	420		5-7
50	40-60		min.0,5	2,5	5,0	12	7,0	0,5	1	390		5-7
60		2-150		2,5	5,0	12	8,5	0,5	1	360		5-7
60				2,5	5,0	12	6,5	0,5	2	360		6-8
70				2,5	5,0	12	7,0	0,5	2	330		6-8
80	60-100			2,5	5,0	12	7,5	0,5	2	300		6-8
90				2,5	5,0	12	8,0	0,5	2	285		6-8
100				2,5	5,0	12	8,0	0,5	2	270		6-8
100				3,5	6,0	12	6,5	0,5	2	280	270	7-10
120	100-150			3,5	6,0	12	7,0	0,5	2	280	240	7-10
130				3,5	6,0	12	7,0	0,5	2	280	230	7-10

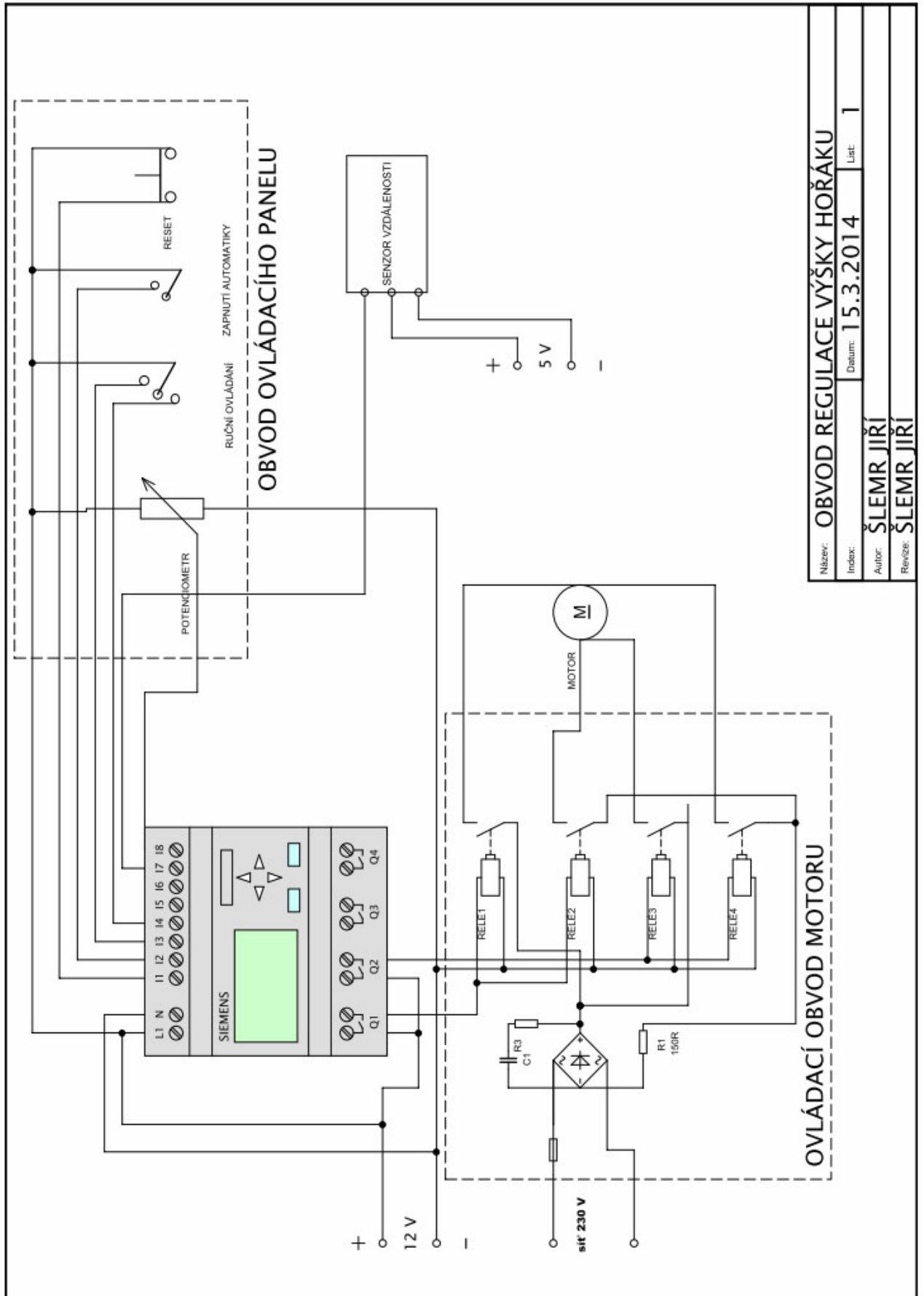
Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku.  
 Nastavené hodnoty jsou platné pro propalovací automatiku s pneumatickým systémem regulace tlaku na pálících strojích MESSER GRIESHEIM.

**Parametry pro řezací trysky VADURA 1210-A, topný plyn acetylen 00T0022/6**

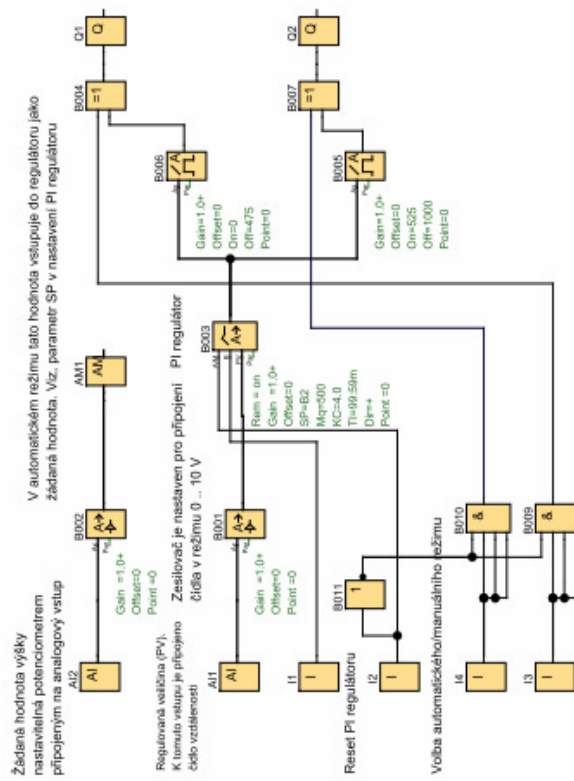
Tloušťka materiálu (mm)	Řezací tryska (mm)	Nahřívací tryska	Tlak Acetyleny (bar)	Tlak nahřívacího kyslíku (bar)	Tlak řezacího kyslíku (bar)	Řezná rychlost (mm/min)	Odstup trysky (mm)	Šířka řezné spáry (mm)	Spotřeba acetyleny (m3/h)	Spotřeba nahřívacího kyslíku (m3/h)	Spotřeba řezacího kyslíku (m3/h)	Celková spotřeba kyslíku (m3/h)
3				2,5	2,0	850	3-4	0,8	0,36	0,47	0,40	0,87
4	3-5			2,5	2,5	800	3-4	0,8	0,36	0,47	0,46	0,93
5				2,5	3,0	750	3-4	0,9	0,36	0,47	0,52	0,99
6				3,0	4,0	750	4-5	1,5	0,41	0,53	1,0	1,53
8	6-10			3,0	4,5	735	4-5	1,5	0,41	0,53	1,1	1,63
10				3,0	5,0	700	4-5	1,5	0,41	0,53	1,2	1,73
10				3,0	8,0	725	5-7	2,0	0,41	0,53	2,7	3,23
15				3,0	8,5	645	5-7	2,0	0,41	0,53	2,8	3,33
20	10-25			3,0	10,0	590	5-7	2,1	0,41	0,53	3,3	3,83
25				3,0	11,0	530	5-7	2,1	0,41	0,53	3,6	4,13
25				3,0	8,5	530	5-7	2,1	0,41	0,53	3,6	4,13
30		2-100		3,0	9,0	510	5-7	2,1	0,41	0,53	3,8	4,33
35	25-50			3,0	9,5	485	5-7	2,2	0,41	0,53	4,0	4,53
40				3,0	10,0	460	5-7	2,3	0,41	0,53	4,2	4,73
50				3,0	11,0	415	5-7	2,3	0,41	0,53	4,6	5,13
50			min.0,5	3,0	9,0	415	5-7	2,4	0,41	0,53	6,7	7,23
60	50-80			3,0	10,0	375	5-7	2,4	0,41	0,53	7,4	7,93
80				3,0	12,0	330	5-7	2,4	0,41	0,53	8,6	9,13
80				3,0	9,5	330	7-10	2,7	0,41	0,53	8,9	9,43
90	80-100			3,0	10,0	300	7-10	2,7	0,41	0,53	9,3	9,83
100				3,0	11,0	280	7-10	2,7	0,41	0,53	10,1	10,63
100				4,0	6,5	280	7-10	3,6	0,52	0,68	12,10	12,78
130	100-150			4,0	7,0	230	7-10	3,6	0,52	0,68	12,90	13,58
150				4,0	7,0	210	7-10	3,6	0,52	0,68	12,90	13,58
150				6,5	6,5	210	20	5,0	0,82	1,06	19,40	20,46
200	150-230			7,0	7,0	180	20	5,0	0,85	1,10	20,80	21,90
230		150-300		7,5	7,5	140	20	5,0	0,88	1,14	22,00	23,14
230				6,5	6,5	150	25	6,0	0,83	1,08	28,50	29,58
250	230-300			7,0	7,0	130	25	6,0	0,85	1,10	30,00	31,10
300				7,5	7,5	110	25	6,0	0,88	1,14	32,50	33,64

Tabulka udává hodnoty pro nelegovanou ocel do 0,3 % C při použití kyslíku s min. čistotou 99,5 %. Bezvadné řezy na čistých a zákl. barvou neošetřených plochách mohou být dosaženy jen při nepoškozených tryskách. S uvedenými řeznými rychlostmi, za dodržení ostatních parametrů je dosažováno jakosti řezných ploch třídy I dle DIN 2310. Uvedené rychlosti se snižují pro tvarové řezy s malými i radiusy o cca 10 %, pro úkosové řezy od 30° o cca 25 %, pro úkosové řezy od 45° o 45%. Velikosti trysek a nastavené hodnoty musí odpovídat skutečné tloušťce řezu. Pro Y-řezy (tvar spáry Y dle DIN 8551) a K-řezy (tvar spáry DHY dle DIN 8551) platí tabulky Aymd. č.00 T 0022/8 popř. Akdm č. 00 T 0022/9. Uvedené tlaky jsou přetlaky měřené na vstupu hořáku. Údaje o spotřebě m3/h jsou udány dle normy DIN 1343.





Název:	OBVOD REGULACE VÝŠKY HOŘÁKU	
Index:	Datum:	15.3.2014
Autorem:	ŠLEMR JIŘÍ	
Revize:	ŠLEMR JIŘÍ	
	Strana:	1



Creator:	Jiří Štěrnr	Project:	Regulace výšky hořáku	Customer:	
Checked:	1/22/06 11:08 AM/3/15/14 11:09 AM	Installation:		Diagram No.:	
Created/Changed:		File:	rzeni_vysky_horaku.lsc	Page:	1 / 1