	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Bakalářská práce představuje odbornou rešerši, třídění a popis různých druhů pasivních a aktivních podtlakových výstupních hlavic průmyslových robotů a princip jejich činnosti. Tato práce dále definuje základní parametry ejektorů a komponent k zajištění jejich funkce.

ABSTRACT





The work contains a competent recherche, sorting and description of different types of passive and active vacuum end-effectors of industrial robots and their's work principle. This work also defines basic parameters of ejectors and components for providing their functionality.





Klíčová slova: Průmyslový robot, podtlaková výstupní hlavice, vývěva

Key words: Industrial robot, vacuum end-effector, vacuum pump

Bibliografická citace mé práce:

PAČÍSKA, T. *Deskripce podtlakových manipulačních koncových efektorů průmyslových robotů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 46 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	





 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.





V Brně dne

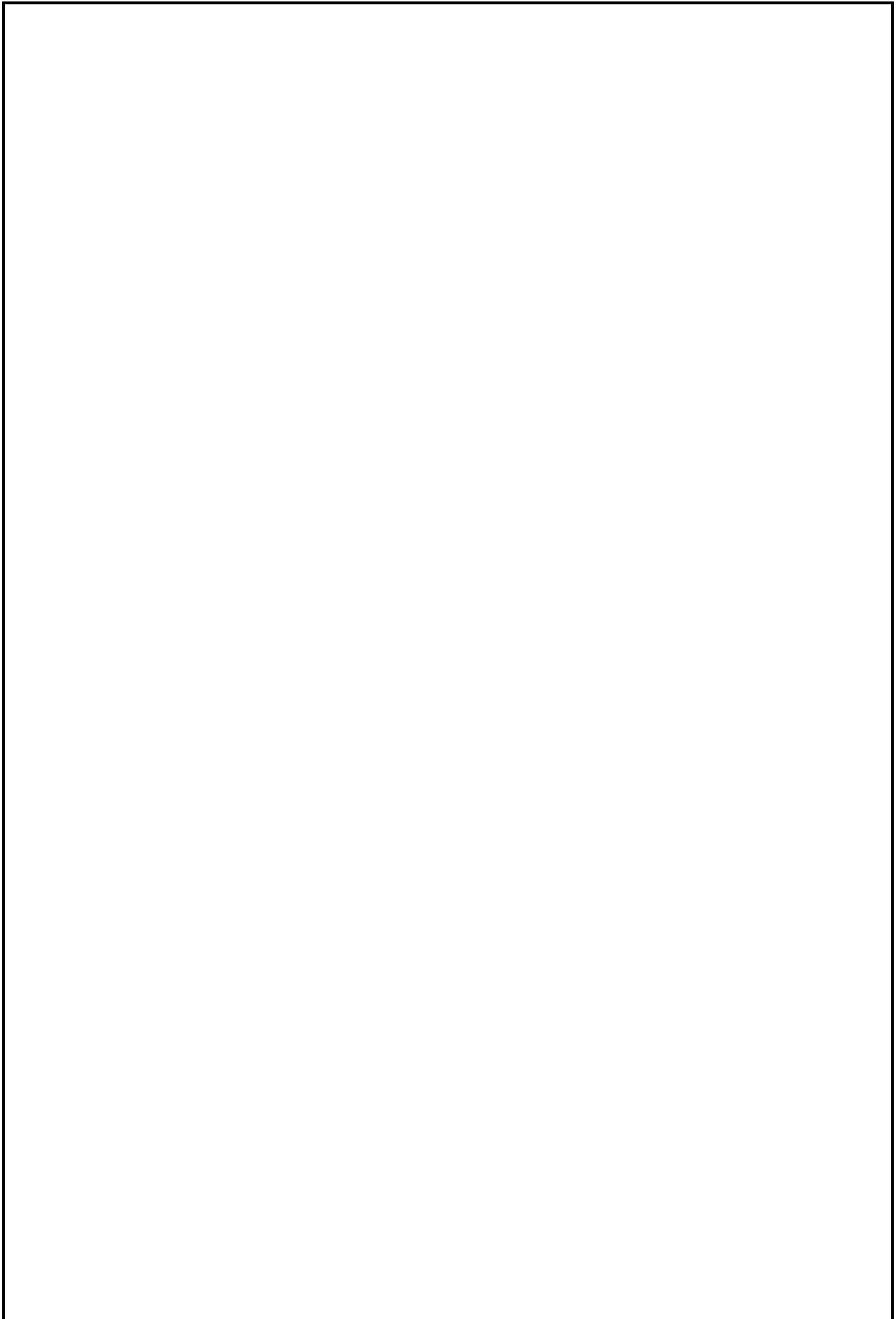
.....
podpis

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 9
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování:





Děkuji všem, kteří mi pomáhali při tvorbě této bakalářské práce. Zejména pak zástupcům firmy VAKUUM technik s.r.o. a SMC Industrial Automation za odborné konzultace a cenné podklady. Dále také vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Zdeňku Kolíbalovi, CSc.

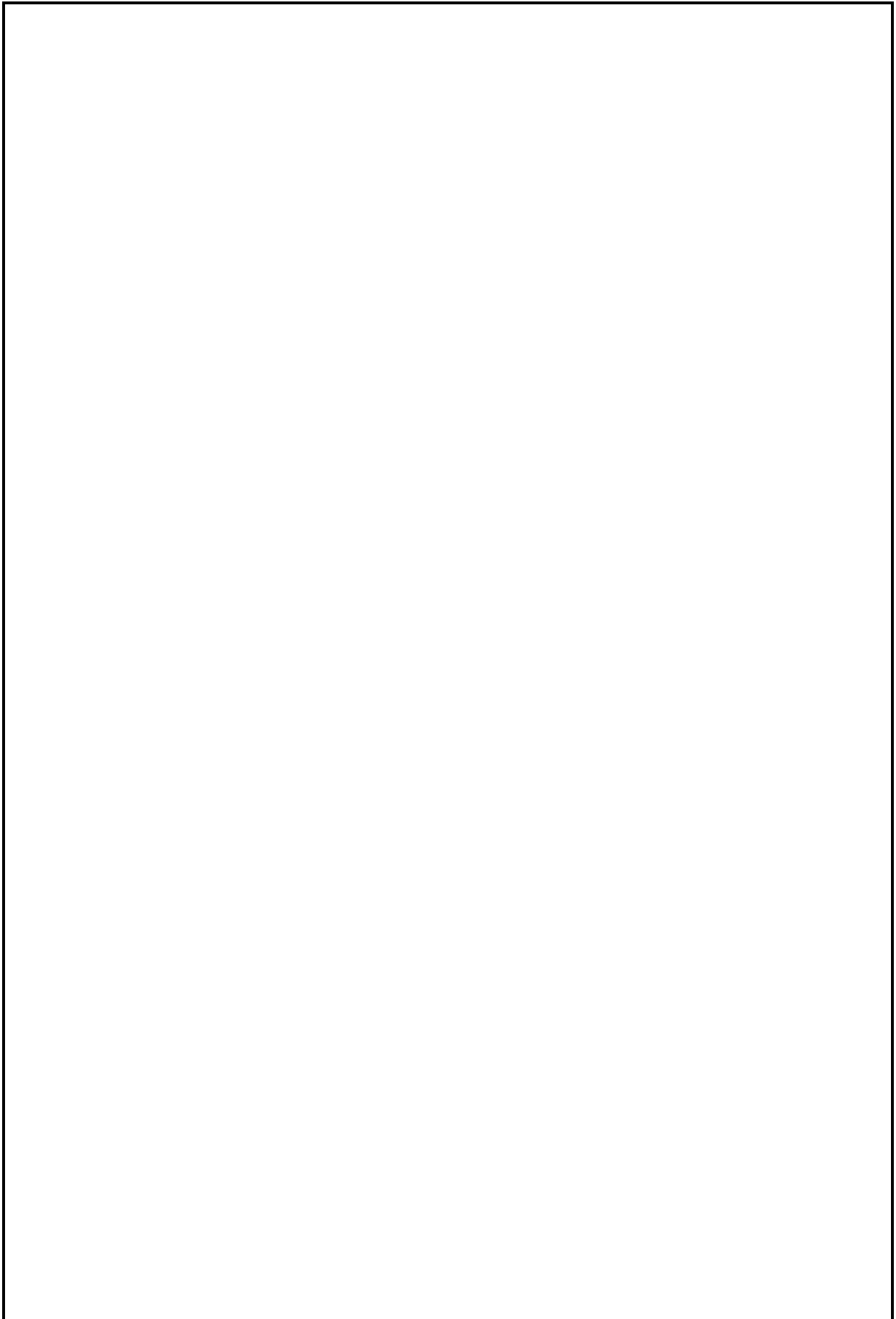
		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

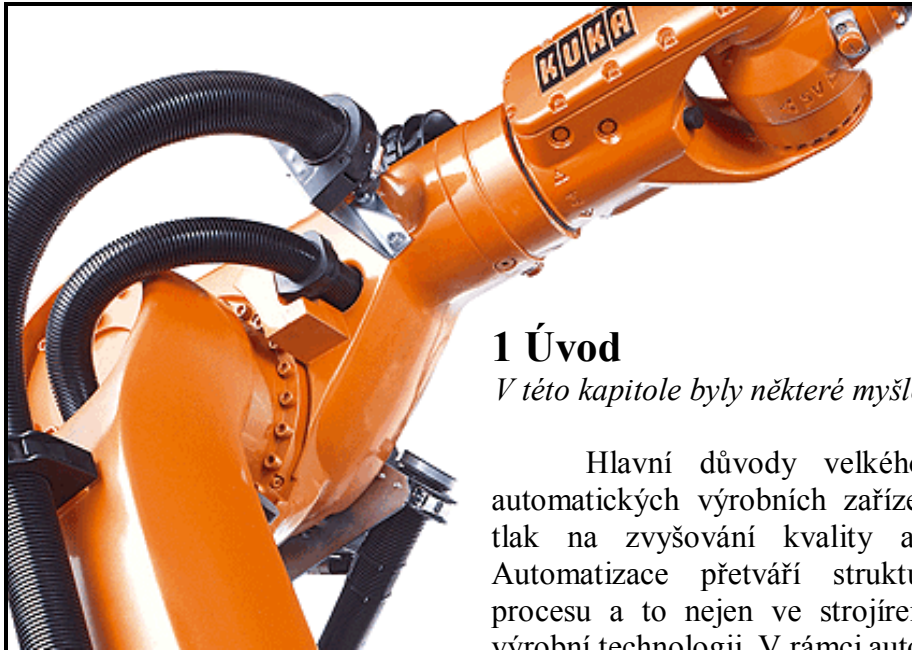
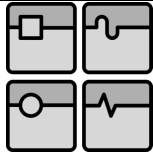


OBSAH

1 ÚVOD	13
2 VÝSTUPNÍ HLAVICE ROBOTŮ A MANIPULÁTORŮ	14
2.1 Úchopné (manipulační) výstupní hlavice PRaM	14
3 VAKUUM	16
3.1 Fyzikální základy (Atmosféra a atmosférický tlak)	16
3.2 Jednotky používané pro vyjádření velikosti a úrovně vakua	17
4 PODTLAKOVÉ HLAVICE	18
4.1 Pasivní úchopné prvky podtlakové	18
4.1.1 Příklad řešení z publikace Matička, Talácko - Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů	20
4.2 Aktivní úchopné prvky podtlakové	21
4.2.1 Mechanické vývěvy	21
4.2.1.1 Skladba a řízení zdrojů vakua - s mechanickou vývěvou a řízením vakua funkčním blokem řízení	23
4.2.2 Proudové vývěvy - ejektory	24
4.2.2.1 Jednostupňový ejektor	25
4.2.2.2 Vícestupňový ejektor	26
4.2.2.3 Základní parametry ejektorů	30
4.2.2.4 Skladba a řízení zdrojů vakua - ze samostatných prvků	31
4.2.2.5 Zdroj vakua sdružený do funkčního bloku	32
4.2.2.6 Skladba a řízení zdrojů vakua - z funkčního bloku s ejektorem	33
5 PŘÍSAVKY	34
5.1 Základní tvary přísavek	34
5.2 Materiál přísavek	36
5.3 Poloha přísavky na manipulovaném předmětu	37
6 VAKUOVÉ FILTRY	38
7 VAKUOVÉ SNÍMAČE	38
8 NÁVRH OBVODU S VYUŽITÍM VAKUA	39
8.1 Společný zdroj nebo samostatné zdroje vakua	39
8.2 Spotřeba energie	41
8.3 Určení průměru přísavky	42
9 ZÁVĚR	44

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	





1 Průmyslový robot KUKA [11]

1 Úvod

V této kapitole byly některé myšlenky převzaty z [1] [2]

Hlavní důvody velkého zájmu o využívání automatických výrobních zařízení je neustále rostoucí tlak na zvyšování kvality a produktivity výroby. Automatizace přetváří strukturu celého výrobního procesu a to nejen ve strojírenství. Navíc také mění výrobní technologii. V rámci automatizace celé řady **Obr.** operací i celých procesů se v různých odvětvích čím dál tím více prosazují **průmyslové roboty a manipulátory**.





Průmyslové roboty a manipulátory tvoří specifickou část výrobních strojů. Liší se svým vzhledem, typickou konstrukcí, ale především způsobem nasazení. Průmyslové roboty a manipulátory jsou konstruovány jako univerzální stroje, které lze přizpůsobit pro vykonávání různých technologických a **manipulačních operací**. Jejich primárním úkolem je tedy plně nahradit lidskou pracovní sílu.

Pracovníka je potřeba nahradit všude tam, kde se jedná o monotónní práci s vysokou přesností nebo práci ve škodlivém prostředí. Nahrazují lidské pracovníky v případech, kdy jsou lidé pro kvalitní provedení operace limitováni fyziologickými schopnostmi. Automatizace nahrazuje pracovníka i tam, kde zvýšená automatizace výroby přinese i zvýšenou kvalitu výroby.

Robotizace průmyslových procesů nachází uplatnění nejen v hromadných výrobach, jak se původně předpokládalo, ale i ve výrobach malosériových a kusových. Robotizace je významným činitelem kultivace lidské práce. Osvobozuje člověka od fyzicky namáhavé a monotónní práce, umožňuje mu vymanit se ze zdravotně škodlivých a rizikových pracovišť. Roboty a manipulátory zastávají v současné době ve výrobním průmyslu nenahraditelnou roli.

Bylo řečeno že roboty jsou navrhovány jako univerzální stroje, které se dále přizpůsobují pro vykonávání konkrétních operací. Otázka zní: Jak jsou přizpůsobovány? V čem tedy spočívá specifikum jednotlivých robotů, tak aby byli schopni vykonávat různé technologické a manipulační operace? Odpovědí jsou **výstupní hlavice**, kterými je každý robot opatřen a bez kterých by byl robot prakticky nepoužitelný. V této práci je věnována pozornost úchopným (manipulačním) hlavicím podtlakovým.

Cílem této práce je rešerše obsahující třídění a popis různých druhů pasivních, aktivních podtlakových výstupních hlavic průmyslových robotů a princip jejich činnosti.

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2 Výstupní hlavice robotů a manipulátorů

V této kapitole bylo čerpáno z [1] [3] [6]

Vlastní koncové ústrojí je pracovní částí manipulačních prostředků (výkonným orgánem - koncovým efektozem), který odpovídá způsobu nasazení. Průmyslové roboty a manipulátory jsou ve výrobě nasazeny pro realizaci níže uvedených základních funkcí:

- vkládání objektů do pracovního prostoru výrobních zařízení a jejich vyjímání
- mezioperační manipulace (přemísťování předmětů mezi jednotlivými pracovišti)
- technologické operace
- kontrolní operace

Je zřejmé, že jednotlivé pracovní operace které mají za úkol PRaM vyžadují celou množinu výstupních hlavic (koncových efektorů), zajišťujících uvedené činnosti. Samotná výstupní hlavice může být použita na různě koncipovaný robot, přičemž morfologickou stavbu (architekturu robotu) nijak výrazně neovlivňuje.

Výstupní hlavice průmyslových robotů a manipulátorů se z konstrukčního hlediska dělí na:

- úchopné (manipulační)
- technologické
- kombinované
- speciální

Předmětem zájmu téhle práce jsou úchopné (manipulační) výstupní hlavice PRaM.

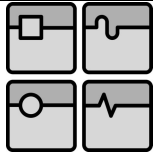
2.1 Úchopné (manipulační) výstupní hlavice PRaM

Na úchopné prvky PRaM je možno pohlížet dle dvou kritérií.

- **charakter styku s objekty při vyvození úchopné síly**
 - podtlakové
 - magnetické
 - mechanické
- **způsob vyvolané síly pro upnutí**
 - aktivní
 - pasivní

Úchopné prvky pasivní neumožňují ovládání úchopné síly. Umožňují uchopit objekt, ale následné uvolnění je proveditelné pouze vnějším zásahem, narozdíl od prvků aktivních, které umožňují nejen objekt uchopit, ale i uvolnit.

Předmětem zájmu téhle práce jsou úchopné (manipulační) výstupní hlavice - podtlakové.



Výhodou u těchto výstupních hlavice (efektorů) je dostupnost tlakového vzduchu rozváděného potrubím ve výrobních prostorách.

Podtlakové hlavice obecně pracují na základě žádoucího **podtlaku** neboli **vakua**, díky němuž dojde k vyvození úchopné síly mezi přísavkou výstupní hlavice a uchopovaným objektem.

Vzhledem k obecným požadavkům na konstrukci výstupních hlavice, kterými jsou minimální rozměry a minimální hmotnost mají vynikající předpoklady pro pohon **úchopných hlavice** právě pneumatické prvky.

Vakuem, které je tak charakteristické pro podtlakové hlavice se využívá pro manipulaci s takovými díly, které lze jen velmi těžko uchopit mechanickými upínači. Také je možno využít vlastností vakua pro uchopení předmětů, u kterých by při jiném způsobu uchopení mohlo dojít k poškození jejich povrchu. Využívá se především při manipulaci s díly, které mají pevnou a neprodyšnou strukturu, hladký povrch plochy pro styk s přísavkou, rozměry a hmotnost odpovídající možnostem využití vakua. Pokud jsou tyto předpoklady splněny, pak existuje celá řada možností využití v průmyslu a s sebou přinášejících výhod. Vakuum je někdy označováno jako podtlak.



Obr. 2 První veřejná prezentace účinků vakua s magdeburskými polokoulemi v roce 1654 [6]

3 Vakuum



První veřejnou prezentaci využití vakua uskutečnil již v roce 1654 německý fyzik Otto von Guericke (1602 - 1682). Jeho známé magdeburské polokoule, ve kterých bylo pomocí jedné z prvních vývěv vytvořeno vakuum, se neúspěšně snažilo odtrhnout osm párů koní. Právě na tomto principu, demonstrovaném již v 17. století, pracuje v současné době většina aplikací vakua v automatizační technice. Energie okolního tlaku vzduchu je zde využívána k vytvoření síly potřebné pro manipulaci s různými předměty nebo materiálem pomocí přísavek. [6]

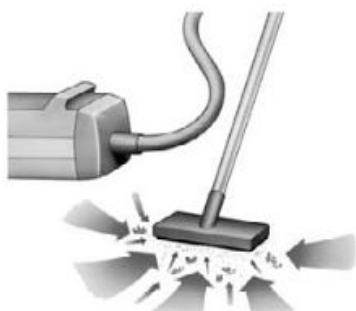
Obr. 3 První vývěva sestavená Otto von Guericke roku 1650 [6]

3.1 Fyzikální základy (Atmosféra a atmosférický tlak)

V této podkapitole bylo čerpáno z [5] [6] [9]

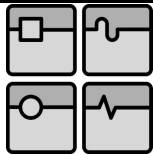
Povrch zeměkoule je obklopen vrstvou směsi plynů, které říkáme atmosféra nebo vzduch. Hodnota tlaku vzduchu (atmosférického tlaku) není stálá. Klesá s nadmořskou výškou a také ji ovlivňují povětrnostní vlivy (tlaková výše/tlaková níže). Atmosférický tlak tvoří hmotnost vzduchu kolem nás. Sloupec vzduchu o průřezu 1 m^2 vyvíjí na zemi tlak rovnající se hmotnosti přibližně 10 000 kg. U hladiny moře má za normálních podmínek hodnotu 101 325 Pa (1013,25 mbar). Se stoupající nadmořskou výškou vzduch řídne a snižuje se tak i atmosférický tlak vždy o 1 % na každých 100 m výšky a to platí až do nadmořské výšky 2 000 m. Na vrcholu hory Mount Everest (8 848 m) má atmosférický tlak hodnotu přibližně pouhých 33 000 Pa (330 mbar). Ve výšce 1 000 km je atmosférický tlak roven téměř nule.

Fyzikálně existuje pouze jeden druh "tlaku", který vychází z nuly, nebo-li z **absolutního vakua**. Tento tlak označujeme jako **absolutní tlak** (p_{abs}). Obvykle se však udávané tlaky vztahují k atmosférickému tlaku (101,3 kPa) a tyto relativní tlaky se označují jako **podtlak** a **přetlak**. Jako podtlak označujeme takový tlak, jehož referenční bod má menší hodnotu než tlak atmosférický. Pro rozlišení od přetlaku se k hodnotám podtlaku (vakua) přidává znaménko minus (např. -53,3 kPa). Na obr. 12.1 jsou uvedeny různé obory a v jejich praxi používané jednotky pro měření tlaku. Všechny uvedené jednotky se vztahují k referenčnímu bodu atmosférického tlaku vzduchu $p = 101\,325 \text{ Pa}$ (0,101325 MPa).



Obr. 4 Vysavač nevysává, ale vzduch a prach je do vysavače tlačěn vyšším atmosférickým tlakem v jeho okolí [6]

Při vytvoření podtlaku je atmosférický tlak potenciálním zdrojem energie. Například vysavač odsává vzduch a vytváří tak prostor s tlakem nižším než je tlak okolního vzduchu. Vysavač tedy nevysává, ale vzduch a prach je do vysavače vtlačován vyšším atmosférickým tlakem.



3.2 Jednotky používané pro vyjádření velikosti a úrovně vakua

V této podkapitole bylo čerpáno z [5] [6] [9]

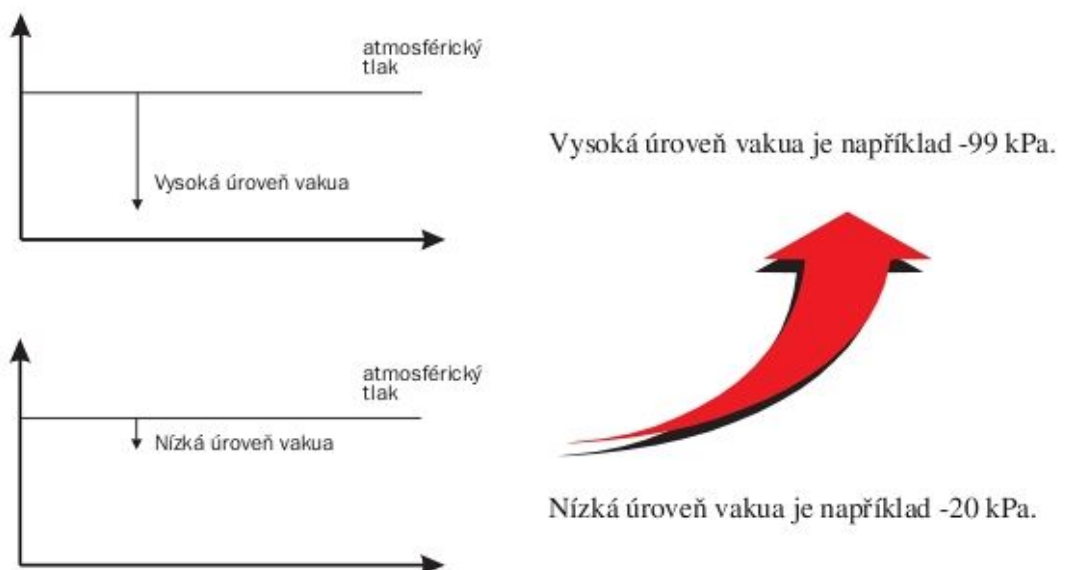
	název jednotky	značka	převod jednotek
SI jednotky tlaku	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
	kilopascal	kPa	1 kPa = 1 000 Pa ≈ 10 mbar*
staré jednotky tlaku	bar	bar	1 bar ≈ 10 ⁵ Pa = 0,1 MPa*
	milibar	mbar	1 mbar = 10 ⁻³ bar ≈ 100 Pa*
	Torr (mm rtuťového sloupce)	Torr (mm Hg)	1 Torr = 133,3224 Pa (1bar = 750 Torr)
	kilopond na čtverečný centimetr	kp/cm ²	1 kp/cm ² = 98 066 Pa = 0,981 bar
	metr vodního sloupce	m H ₂ O (m v.s.)	1 m H ₂ O = 98 066 Pa = 0,981 bar

* 1 MPa = 9,81 bar ≈ 10 bar

Obr. 5 Jednotky používané pro vyjádření velikosti podtlaku - vakua [5]

Velikost podtlaku - vakua, používaného při manipulaci s díly, se většinou vyjadřuje v jednotkách **kilopascal**, milibar nebo procenta vakua.

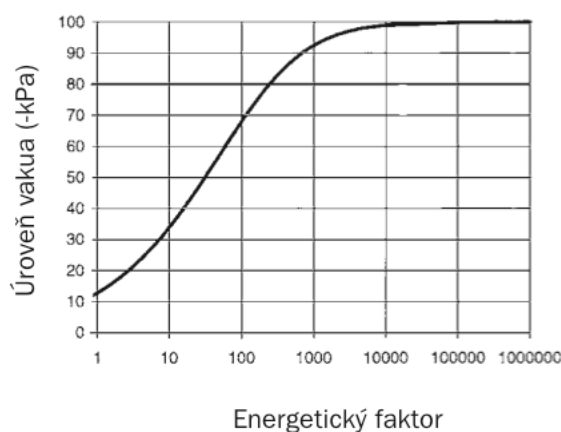
Poznámka: úroveň vakua -101,3 kPa je hodnota pro absolutní vakuum.



Obr. 6 Úroveň vakua [9]

Energetická náročnost při rostoucí úrovni vakua

Uvedený graf znázorňuje spotřebu energie v závislosti na úrovni vakua. Vyplývá z něho, že při úrovni nad -90 kPa vzrůstá spotřeba energie velmi prudce. Proto by měla být úroveň vakua pokud možno udržována pod touto hranicí. [9]



Obr. 7 Závislost mezi spotřebou energie a velikostí vakua [9]

4 Podtlakové hlavice

V této kapitole bylo čerpáno z [1] [2] [3] [4] [5] [6]

Ke snížení tlaku atmosférického vzduchu, t.j. dosažení vakua, se používají buď mechanické vývěvy nebo proudové vývěvy (ejektory). V takovém případě pak mluvíme o aktivních úchopných prvcích. Další možností je použít pasivní úchopné prvky, kam řadíme pružné deformační přísavky. Nejčastěji se generuje podtlak ejektorem.

4.1 Pasivní úchopné prvky podtlakové

U pasivního způsobu vytvoření podtlaku se používají pružné deformační přísavky v kombinaci s pohybem ramen příslušných robotů. Vyvození úchopné síly (uchopení) se provede přitlačením přísavky na povrch uchopovaného objektu, následnou deformací přísavky o povrch uchopovaného objektu, tím zmenšení jejího vnitřního prostoru, což má za následek vytlačení odpovídajícího množství vzduchu do okolí. Následným zpětným pohybem ramene robota se deformační přísavka vlivem pružnosti materiálu stěn ze kterého je vyrobena vrací do mezipolohy. Vnitřní prostor se zpětně do určité míry zvětší. Výsledkem je celkové zmenšení vnitřního objemu pod přísavkou z původního objemu V_0 na konečnou hodnotu objemu V . Současně dochází k poklesu tlaku, z původně atmosférického p_a na hodnotu p . Takto vznikne podtlakový přísávací efekt.

Nosná síla přísavky je daná nejen účinnou plochou přísavky a vakuem v prostoru přísavky, ale též tvarem a tuhostí přísavky.

Rozlišujeme

- nosná síla teoretická
- nosná síla skutečná

Teoretická nosná síla přísavky je daná účinnou plochou přísavky a vakuem v prostoru přísavky.

Teoretická nosná síla = tlak (podtlak) × funkční plocha přísavky

Teoretická nosná síla přísavky kruhového průřezu s vertikální osou je vyjádřena vztahem:

$$F_H = D^2 \times \pi / 4 \times p \times 0,001$$

F_H - teoretická nosná síla (N)

D - průměr přísavky (mm)

p - vakuum (kPa)

K určení skutečné nosné síly přísavky je třeba teoretickou nosnou sílu vynásobit součinitelem bezpečnosti a zavést tzv. korekci na tuhost přísavky, která se zavádí z důvodu poměrů, kdy v okamžiku přitlačení přísavky na objekt je v uzavíraném objemu tlak menší než atmosférický.

$$F = \frac{D^2 \times \pi / 4 \times \varepsilon \times p \times 0,001}{s}$$

F - skutečná nosná síla (N)

ε - parametr charakterizující tuhost přísavky ($\varepsilon = 0,6 \div 0,8$)

s - součinitel bezpečnosti

Hodnoty úchopné síly jsou ovlivněny kvalitou povrchu, materiálovými vlastnostmi přísavky a závisí rovněž na době držení. Přesnější stanovení úchopné síly se tudíž neobejde bez experimentu, pokud nejsou k dispozici údaje výrobce.

Jestliže jsou potřeba větší úchopné síly, tak se používají přísavky tužší. Větší tuhost přísavky vyžaduje větší přitlačnou sílu pro její deformaci, tím vzrůstá i nebezpečí poškození uchopovaných objektů.

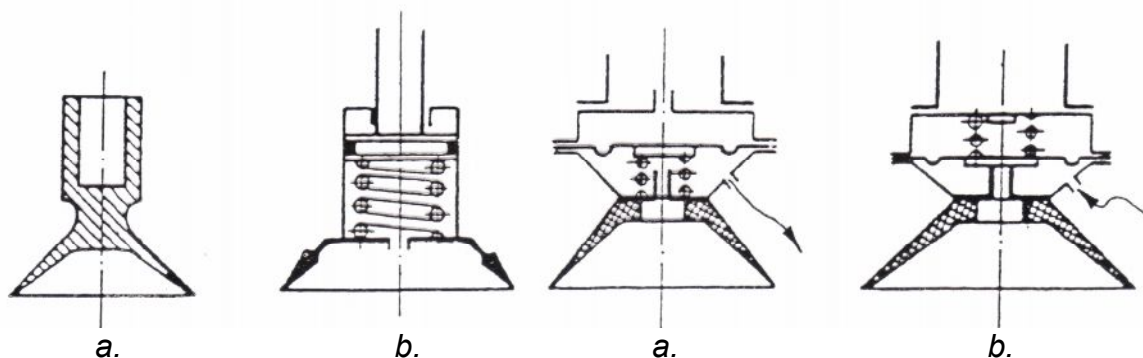
Z hlediska bezpečnosti uchopení daného objektu je vyžadovaná vysoká těsnost mechanického styku s objektem. Ta je podmíněna především hladkým a kvalitním povrchem. Tento požadavek předurčuje využití deformačních přísavek u úchopných hlavíc při manipulaci s předměty, které mají rovný a hladký povrch. Může se jednat například o skleněné či plechové tabule a pod. Objekty uchopené pasivním způsobem jsou uvolňované převážně při zpětných pohybech ramen robotů zachycením objektů jinými zařízeními interaktivního okolí.

4.1.1 Příklad řešení z publikace

Matička, Talácko - Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů

V této publikaci jsou uvedeny příklady provedení deformačních přísavek.

Používají se dvě základní provedení deformačních přísavek. Na obr. 6a je uveden příklad řešení pryžové deformační přísavky s uchycením na čep. Delší poddajná válcová část umožňuje přizpůsobení i mírně zakřivenému povrchu objektu.



Obr. 8 Základní provedení deformačních přísavek:

- a) Pryžová deformační přísavka s uchycením na čep
- b) Příklad přísavky s odpruženým pístem

Obr. 9 Deformační přísavky s pomocnými ventily:

- a) Uvolnění objektu zrušením ovládacího signálu
- b) Uvolnění objektu přivedením ovládacího signálu

Není-li zaručen dostatečně hladký povrch objektu, je možné použít provedení podle obr. 6b. Proměnný vnitřní objem je vytvořen jako válec s odpruženým pístem. V závislosti na velikosti proměnného objemu je možné udržovat podtlak i při určitých netěsnostech styku pryžové manžety s povrchem objektu. Velikost úchopné síly se dá nastavit při stejné činné ploše manžety změnou tuhosti pružiny. Uvolňování objektů z přísavek se provádí stejným způsobem jako u ostatních typů pasivních úchopných prvků, tj. stržením při zpětném pohybu po zachycení objektu nějakým jiným zařízením. U deformačních přísavek je možné řešit uvolnění objektu i některým ze způsobů naznačených na obr. 7. Na obr. 7a je přísavka doplněna pomocným ventilem ovládaným pneumaticky prostřednictvím miniaturní membrány. Při zrušení pneumatického signálu nad membránou se přes otevřený ventil vyrovná tlak uvnitř přísavky s okolím a dojde ke zrušení úchopné síly. Obdobným způsobem

může být proveden ventil ovládaný elektromagnetem. U provedení podle obr. 7b se při uvolňování objektu zavede pneumatický tlakový impuls pod membránu. Kromě zrušení podtlaku uvnitř přísavky se zároveň dosáhne stržení zejména lehčích předmětů, které mohou jinak zůstat přilepeny. Velkou výhodou úchopných hlavíc s deformačními přísavkami je jejich jednoduchost. Přitom mohou pracovat jak v plynném, tak v kapalném prostředí.

4.2 Aktivní úchopné prvky podtlakové

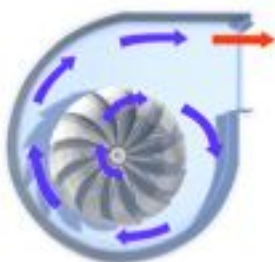
- **Mechanické vývěvy**
 - Dmychadla (dmychadlové vývěvy)
 - Objemové vývěvy
- **Ejektory**
 - Jednostupňové ejektory
 - Vícetupňové ejektory

4.2.1 Mechanické vývěvy

Hlavním znakem všech mechanických vývěv je, že určitým způsobem přepravují dané množství vzduchu ze sací strany (vakuová strana) k výfukové straně, a tím vyrábějí podtlak. Mechanické vývěvy jsou ve většině případů poháněny elektromotory a pracují na stejném funkčním principu jako kompresory. Prostor, ve kterém chceme získat podtlak, je připojen na stranu sání vývěvy. Určitý objem vzduchu je z tohoto prostoru odsáván a na straně výfuku vývěvy vypouštěn do atmosféry. Tlak vzduchu se v daném prostoru sníží pod hodnotu atmosférického tlaku a označujeme jej jako vakuum. Mechanické vývěvy nacházejí uplatnění tam, kde je potřeba odvést co nejrychleji velké množství vzduchu. To je ovšem na úkor velikosti vakua (velký průtok, menší maximální vakuum). Výhodou velkého průtoku je rychlejší dosažení potřebného vakua. Společnou a zároveň typickou nevýhodou všech mechanických vývěv je, že obsahují pohyblivé části které způsobují opotřebení.

Dmychadla (dmychadlové vývěvy)

Odstředivé dmychadlo



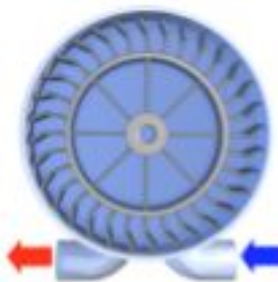
Výhody

- málo pohyblivých dílů
- velké nasávané množství
- nízká spotřeba energie

Nevýhody

- malé maximální vakuum
- dlouhý startovací a vypínací čas
- vysoká hlučnost

Dmychadlo s postranním kanálem



Výhody

- málo pohyblivých dílů
- velké nasávané množství
- robustnost

Nevýhody

- malé maximální vakuum
- dlouhý startovací a vypínací čas
- vysoká hlučnost

Objemové vývěvy

Pístová vývěva



Výhody

- relativně nízké pořizovací náklady

Nevýhody

- velké zahřívání
- potřeba časté údržby

Membránová vývěva



Výhody

- málo pohyblivých dílů
- kompaktní rozměry
- relativně nízké pořizovací náklady

Nevýhody

- malé nasávané množství

Lopatková vývěva



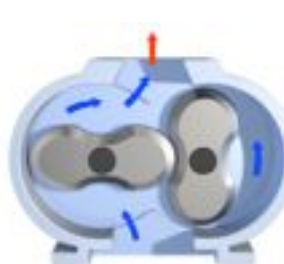
Výhody

- vysoké vakuum a průtok
- nižší hlučnost

Nevýhody

- citlivá na nečistoty
- relativně velké pořizovací náklady
- potřeba časté údržby
- velké zahřívání

Rotační vývěva



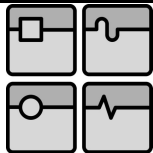
Výhody

- velký průtok
- menší potřeba údržby

Nevýhody

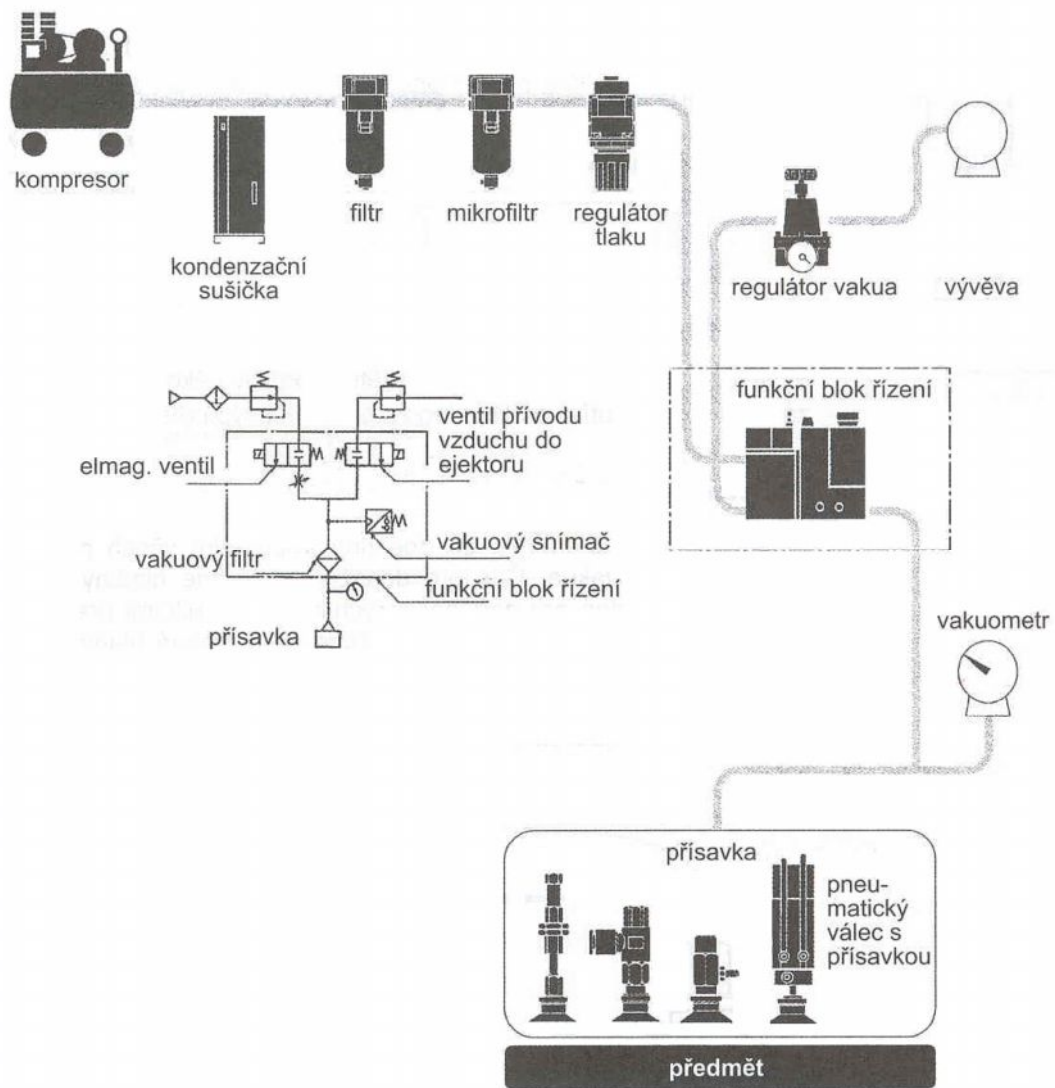
- velké pořizovací náklady
- velké zahřívání
- vysoká hlučnost

Obr. 10 Mechanické vývěvy [6]



4.2.2 Skladba a řízení zdrojů vakua

- s mechanickou vývěvou a řízením vakua funkčním blokem řízení



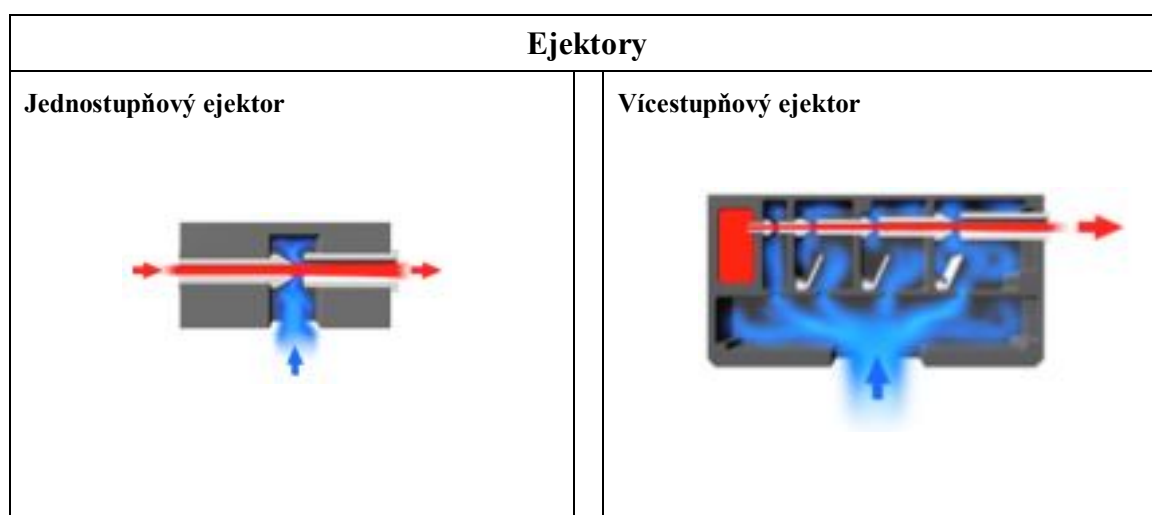
Obr. 11 Obvod s mechanickou vývěvou a řízením vakua funkčním blokem [5]

4.3 Proudové vývěvy - ejektory

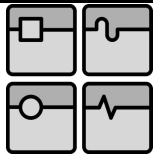
Alternativním řešením k mechanickým vývěvám jsou proudové vývěvy - ejektory. Pracují na principu Venturiho trubice. Jako zdroj primární energie slouží stlačený vzduch. Ten je přiveden do ejektoru a v jedné nebo několika ejektorových tryskách se rozpíná. Při tom se energie v něm uložená (tlak a teplo) přeměňuje v pohybovou energii. Proudění stlačeného vzduchu se prudce zrychluje (tlak a teplota klesá), přičemž s sebou strhává i vzduch ze sacího přívodu, kde se vytváří podtlak. Podle počtu Venturiho trubic dělíme ejektory na jednostupňové a vícestupňové.

Přednosti ejektorů proti mechanickým vývěvám jsou:

- nižší pořizovací náklady
- pracují bez opotřebení, nepotřebují údržbu
- jednoduchá montáž a pracovní poloha
- při provozu se nezahřívají
- kompaktní rozměry a malá hmotnost
- přísavku lze spojit přímo s ejektorem - částečné urychlení dosažení potřebného vakua
- hodnotu podtlaku - vakuum lze regulovat tlakem vzduchu, přiváděného do trysky ejektoru

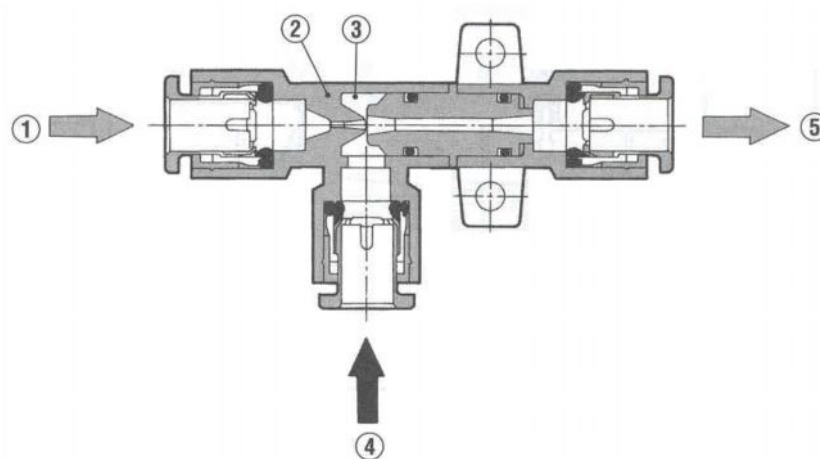


Obr. 12 Proudové vývěvy - ejektory [6]



4.3.1 Jednostupňový ejektor

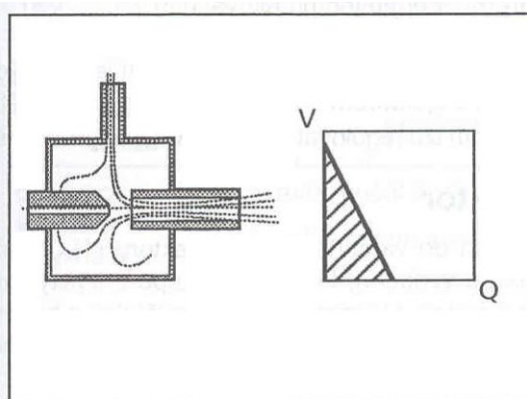
Stlačený vzduch je přiveden do vstupního hrdla ejektoru (1). V zúženém průřezu trysky (2) se zvýší rychlost proudu vzduchu, který na výstupu z trysky strhává částice vzduchu v prostoru (3) a unáší je s sebou. V prostoru (3) se sníží tlak a hrdlem (4) je do komory (3) přísáván vzduch. Proud vzduchu z trysky (1) spolu s přísátým vzduchem z hrdla (4) odchází hrdlem ejektoru (5) přímo nebo vestavěným tlumičem hluku do atmosféry.



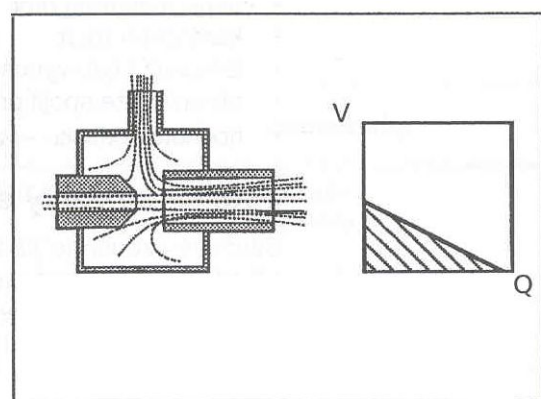
Obr. 13 Jednostupňový ejektor [5]

Jednostupňový ejektor je buď dimenzován k rychlému odsátí vzduchu (velký průtok) a vytvoření menšího vakua (menší maximální vakuum) a nebo naopak k pomalejšímu odsátí vzduchu (malý průtok) a vytvoření většího vakua (větší maximální vakuum).

Ejektor v uspořádání podle obr. 12a vyvine velký podtlak - vakuum (V), ale odsaje malý objem vzduchu (Q). Ejektor v uspořádání podle obr. 12b vyvine malý podtlak - vakuum (V), ale odsaje velký objem vzduchu (Q).



Obr. 14a Jednostupňový ejektor pro velký podtlak [5]



Obr. 14b Jednostupňový ejektor pro malý podtlak [5]

Jednostupňový ejektor využívá energie stlačeného vzduchu velmi neefektivně, což znamená vysokou spotřebu vzduchu a slabý výkon (malá účinnost). Navíc jsou poměrně hlučné.

4.3.2 Vícestupňový ejektor

Princip vícestupňových ejektorů je stejný jako u jednostupňových ejektorů. Vícestupňové ejektory mají však oproti jednostupňovým ejektorům dvě nebo více Venturiho trubic, řazené za sebou. Každá z těchto Venturiho trubic má svůj specifický účel. Trysky jsou odstupňovány tak, aby se nejdříve docílilo rychlého odsátí vzduchu (velký průtok), což má za následek rychlou reakci (vytvoření vakua) a následně postupné prohlubování vakua až na požadovanou hodnotu.

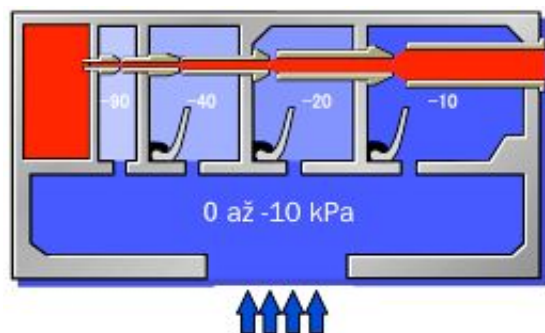
Tryska o velké světlosti (vnitřním průměru) způsobuje velký průtok a velmi malé vakuum. Tryska o malé světlosti způsobuje hluboké vakuum a velmi malý průtok.

Popis činnosti vícestupňového ejektoru dle principu uvedeném výše:
(Hodnoty zde použity jsou hodnoty obecné, sloužící k pochopení činnosti)

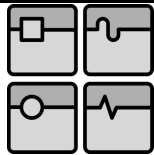
Uvažujme odsávání z uzavřeného objemu (dále uváděno jako "vakuová komora"), např. přísavky na daném objektu.

Dále budeme vycházet z předpokladu, že největší tryška je svou světlostí dimenzována na vakuum -10 kPa a odsává z komory 1. Postupně jsou světlosti trysek odstupňovány, přičemž nejmenší tryška je svou světlostí dimenzována na vakuum -90 kPa a k odsávání dochází z komory 4.

- Ze začátku odsávají všechny komory. Tím dosáhneme velký objem odsávaného vzduchu. Při dosažení -10 ÷ -12 kPa bude ve vakuové komoře hlubší vakuum než v komoře 1, která je dimenzována na -10 kPa a dojde k jejímu uzavření pomocí klapky. Klapka je umístěna volně a k přitlačení dojde rozdílem tlaků mezi vakuovou komorou a komorou 1, potřebný rozdíl tlaků činí právě ≈ -2 kPa. Kdyby nedošlo k uzavření komory 1, tak by nebylo umožněno vytvořit hlubší vakuum než pro které je komora 1 nadimenzována.

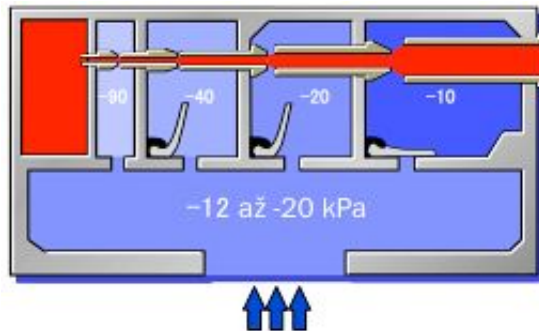


Obr. 15a Vícestupňový ejektor, stav 1 [6]



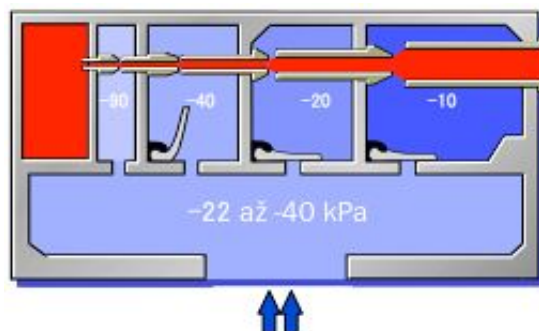
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

- Uzavření komory 1 klapkou tedy umožňuje vytvořit hlubší vakuum a to konkrétně na hodnotu $-20 \div -22$ kPa, protože právě na hodnotu -20 kPa je dimenzována komora 2, a opět potřebné ≈ 2 kPa k uzavření komory klapkou.



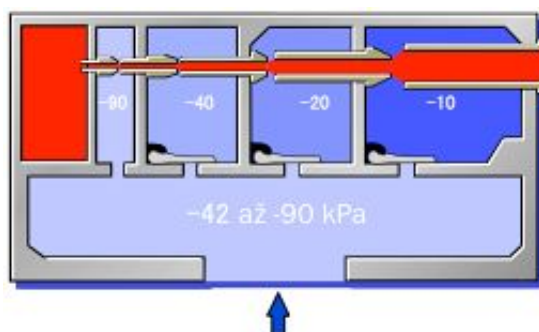
Obr. 15b Vícestupňový ejektor, stav 2 [6]

- Opět dojde k vytvoření hlubšího vakua, tentokrát na hodnotu $-40 \div -42$ kPa a uzavření klapky v komoře 3.



Obr. 15c Vícestupňový ejektor, stav 3 [6]

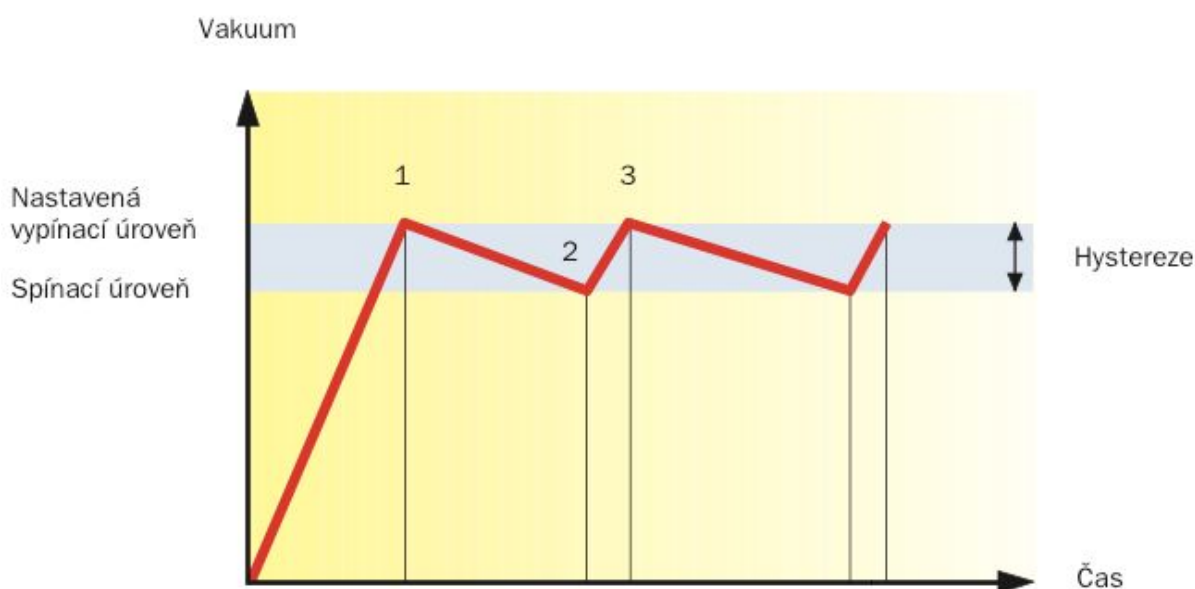
- V posledním kroku se vakuum prohlubuje na požadovanou hodnotu -90 kPa.



Obr. 15d Vícestupňový ejektor, stav 4 [6]

Poslední komora je neustále otevřená. Uzavírací klapka se do ní dává jen v případě potřeby úspory přiváděného vzduchu při manipulaci s objektem po delší dobu a přitom

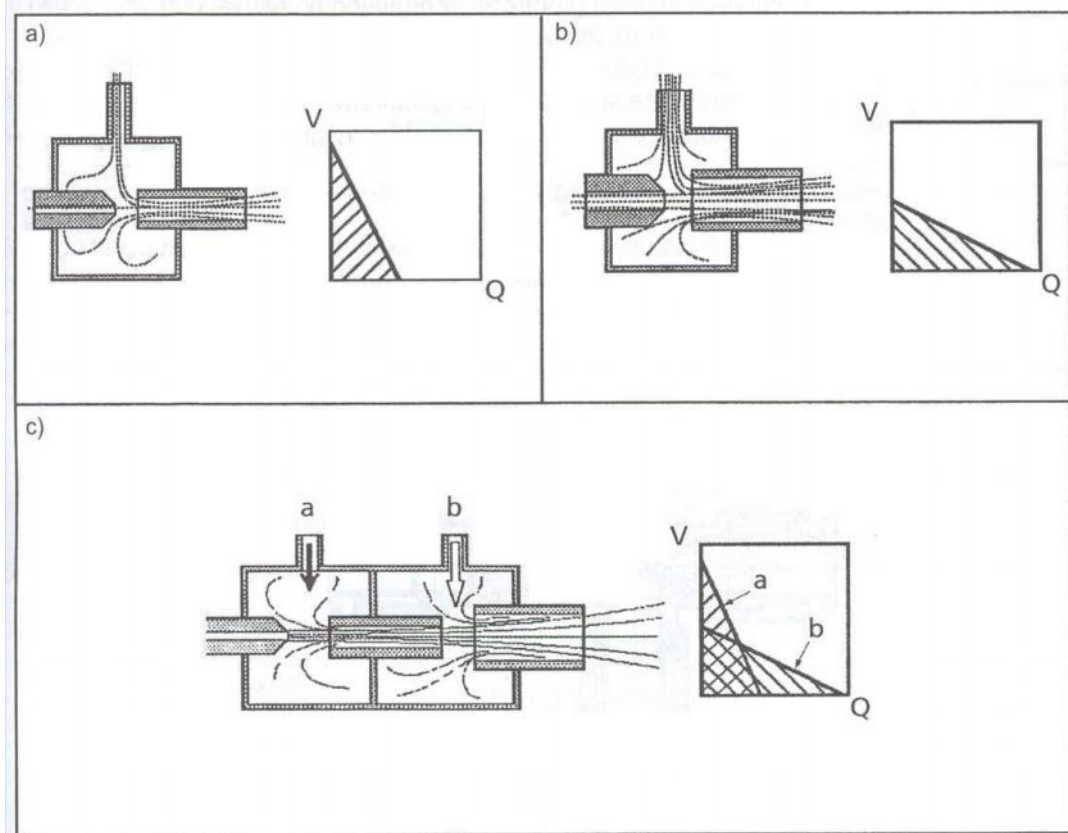
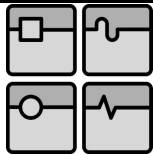
je zajištěna dostatečná těsnost mezi objektem a přísavkou. Pak se jedná o ejektor se pětým ventilem. Funkce ejektoru se zpětným ventilem spočívá v uzavření přívodu stlačeného vzduchu do ejektoru při dosažení nastavené úrovně vakua (1) ve vakuové komoře. Ta tam zůstává díky klapce umístěné v poslední komoře, která je přitlačena vlivem podtlaku ve vakuové komoře vůči prostoru nad ní, kde se po uzavření přívodu stlačeného vzduchu tlak vyrovná na hodnotu atmosférického tlaku vzduchu. Vlivem určitých netěsností ve vakuovém obvodu poklesne za určitý čas úroveň vakua na spínací úroveň (2), dochází k otevření přívodu stlačeného vzduchu a ejektor opět pracuje až do opětovného dosažení nastavené vypínací úrovně (3). Snímání úrovně vakua ve vakuové komoře je zajištěna vakuovým snímačem s nastavitelnou hysterezí.



Obr. 16 Závislost velikosti vakua na čase [9]

Vicestupňový ejektor odstraňuje nevýhodu jednostupňového ejektoru, který je dimenzován buď na velký průtok / menší maximální vakuum nebo malý průtok / větší maximální vakuum. Vicestupňový ejektor dosahuje velkého průtoku a zároveň velkého maximálního vakua.

Ejektor v uspořádání podle obr. 15a vyvine velký podtlak - vakuum (V), ale nasaje malý objem vzduchu (Q). Ejektor v uspořádání podle obr. 15b nasaje velký objem vzduchu (Q), ale vyvine malý podtlak - vakuum (V). U dvoustupňového ejektoru v obr. 15c jsou využity vlastnosti obou předcházejících ejektorů a objem nasávaného vzduchu se zvýšil zhruba o 40%. U třístupňových ejektorů se objem nasávaného vzduchu zvýší až o 250 %. Přísavka rychle a spolehlivě přilne k podložce a dosáhne se velké síly.



Obr. 17a Jednostupňový ejektor pro velký podtlak [5]

Obr. 17b Jednostupňový ejektor pro malý podtlak [5]

Obr. 17c Vícestupňový ejektor [5]

Rozhodujícími faktory při výběru vakuové pumpy (ať už mechanické vývěvy nebo ejektoru) je právě úroveň vakua, množství nasávaného vzduchu a poměr mezi těmito hodnotami. Schématické znázornění těchto charakteristik je součástí obr. (nad tímhle textem)

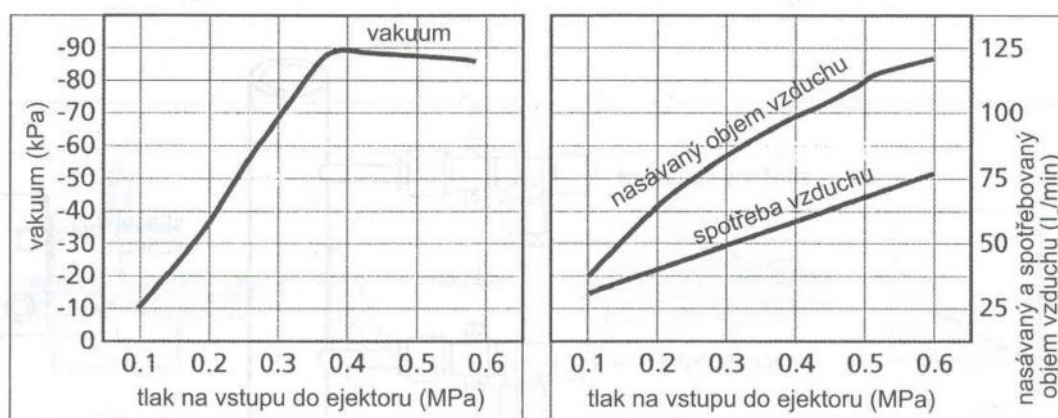
Vícestupňový ejektor využívá energii stlačeného vzduchu velmi efektivně, což znamená nízkou spotřebu vzduchu a vysoký výkon (velká účinnost).

Vzduch vyfukovaný z jednostupňových nebo vícestupňových ejektorů je možné svést do společného potrubí (hadice) nebo z tlumiče hluku v tělese ejektoru vyfukovat do atmosféry. Důležité je, aby se na výfuku vzduchu z ejektoru, v důsledku odporu potrubí (hadice), nevytvářel protitlak, který by snižoval hodnotu dosažitelného vakua a objem nasávaného vzduchu. Proto je třeba zajistit, aby potrubí nebo hadice pro odvod vzduchu vyfukovaného ejektory měly dostatečně velký průřez, a aby tlumiče hluku byly schopny propustit potřebný objem vzduchu.

4.3.3 Základní parametry ejektorů

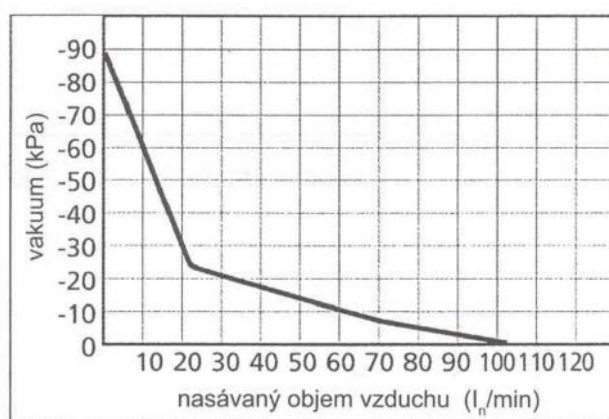
V technické dokumentaci jsou základní parametry ejektorů, tj. vztahy mezi úrovní vakua, tlakem vzduchu v trysce a objemem nasávaného vzduchu, vyjádřeny diagramy. Ejektor, jehož parametry jsou uvedeny v diagramech na obr. 16, pracuje s tlakem vzduchu v trysce od 0,2 až do 0,6 MPa a optimální provozní tlak odpovídá 0,4 MPa.

Tlakem vzduchu v trysce ejektoru můžeme ovládat hodnotu dosažitelného vakua. Bude-li tlak vzduchu vyšší jak 0,6 MPa, dojde k odtržení vzduchového proudu, ejektor přestane nasávat vzduch a tím přestane vytvářet vakuum.



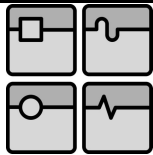
Obr. 18 Typické charakteristiky parametrů vícestupňového ejektoru s průměrem trysky $d=1,2$ mm [5]

Na obr. 17 je znázorněná závislost dosaženého vakua na nasávaném objemu vzduchu vícestupňového ejektoru. Zvětší-li se objem nasávaného vzduchu (např. netěsností přísavky nebo při manipulaci s předměty z porézních materiálů), klesne současně hodnota dosaženého vakua.



Obr. 19 Typická charakteristika vícestupňového ejektoru při stálém tlaku vzduchu $p=0,4$ MPa [5]

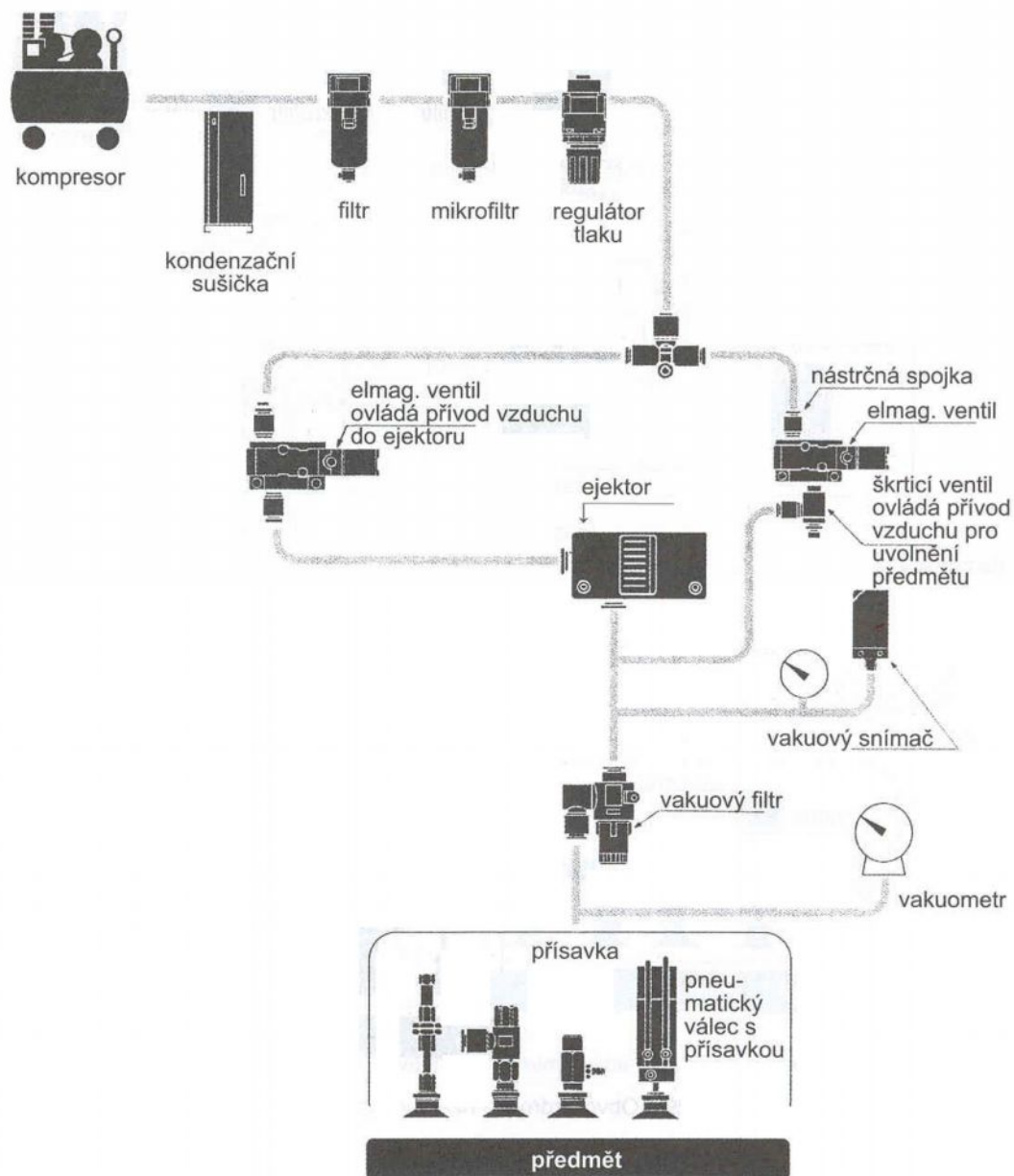
Poznámka: Často se zde setkáváme s pojmem "nasávaný objem vzduchu", nebo-li také jinak řečeno "objemový průtok vzduchu". Pro vytvoření určitého vakua musí být odsáto určité množství vzduchu. Toto množství, které je vakuovou pumpou



odsáto za časovou jednotku, se nazývá objemový průtok vzduchu, a je měřítkem pro **rychlost vakuové pumpy**. Je potřeba si uvědomit, že objemový průtok vzduchu nebude konstantní během celého procesu. Je to proto, že vzduch ve vakuové komoře se stává postupně řidší, a tím je postupně odsáváno menší a menší množství vzduchu. Po dosažení maximální hodnoty vakua se objemový průtok vzduchu rovná nule.

4.3.4 Skladba a řízení zdrojů vakua

- ze samostatných prvků



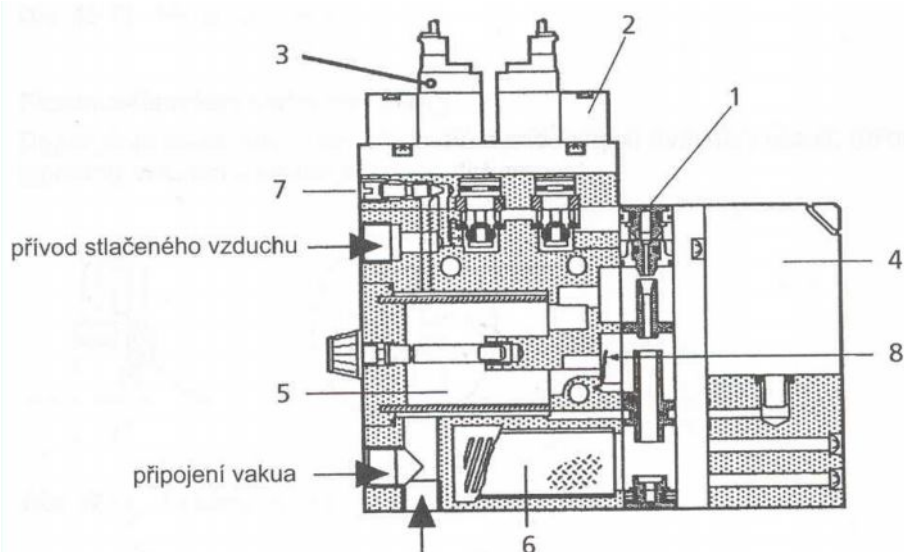
Obr. 20 Obvod se zdrojem a řízením vakua, sestavený ze samostatných prvků [5]

4.3.5 Zdroj vakua sdružený do funkčního bloku

K dispozici jsou zdroje vakua, složené z jednotlivých modulů do funkčních bloků. Na obr. 19 je podélný řez takovým funkčním blokem, který tvoří dvoustupňový ejektor (1), elektromagneticky ovládaný ventil přívodu vzduchu do trysky ejektoru (2) a ventil uvolnění předmětu (3), vakuový snímač (4) jako zdroj signálu po dosažení potřebného vakua, filtr nasávaného vzduchu (5) a tlumič hluku (6) expandujícího proudu vzduchu, vyfukovaného z ejektoru.

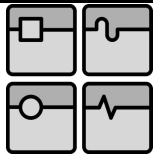
Součástí bloku je také škrtící ventil (7) pro nastavení množství protékajícího vzduchu pro uvolnění předmětu. Zpětný ventil mezi stupni ejektoru (8) je tvořen pružnou klapkou. Ejektor nasává oběma stupni velký objem vzduchu. Jakmile je v komoře sacího filtru vyšší vakuum než v komoře druhého stupně ejektoru, klapka se uzavře.

V činnosti zůstane pouze první stupeň s menší Venturiho trubicí, kterým se dosáhne maximální hladiny vakua.



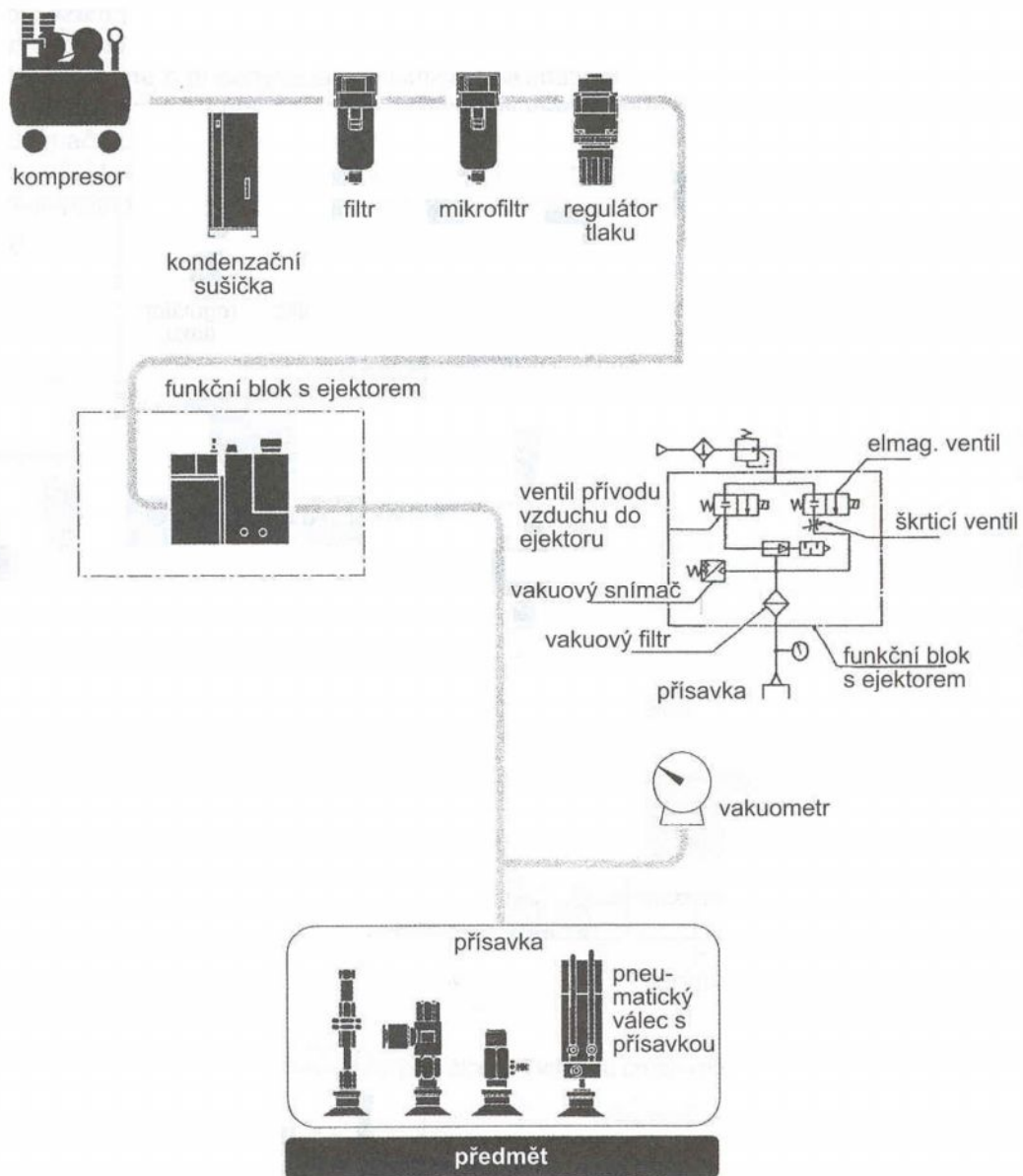
Obr. 21 Funkční blok zdroje vakua s vestavěným spínačem vakua [5]

Kompaktní tvar a rozměry a malá hmotnost umožňující montovat tyto funkční bloky jako zdroj vakua co nejbližší k místu jejich použití, tj. k přísavce. Tím jsou umožněny krátké reakční doby pro přísátí i uvolnění předmětu.



4.3.6 Skladba a řízení zdrojů vakua

- z funkčního bloku s ejektorem



Obr. 22 Obvod zdroje a řízení vakua, sestavený z funkčního bloku s ejektorem [5]

5 Přísavky

V této kapitole bylo čerpáno z [5] [6] [9]

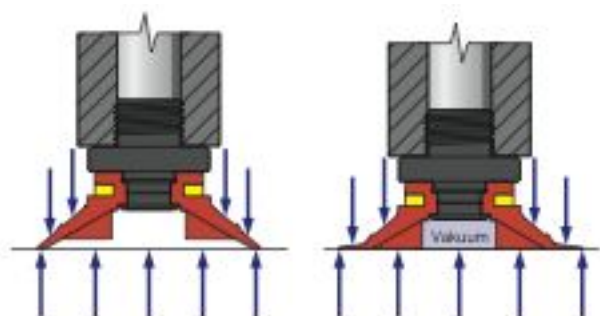
Manipulace s materiálem pomocí přísavek je velmi jednoduchá a provozně spolehlivá technika. Měla by být první variantou při řešení daného problému před zvolením jiných komplikovaných metod. Přísavkami lze zdvihnout, přepravovat a přidržovat různé předměty z různých materiálů s hmotností od několika gramů až do stovek kiligramů.

Přísavky používané pro uchopení předmětů při manipulaci mají různé tvary, rozměry a jsou zhotoveny z různých materiálů.

Jak pracuje přísavka?

Přísavka se přichytí k dané ploše, je-li okolní tlak (atmosférický) vyšší než tlak mezi přísavkou a touto plochou. Pro vytvoření nižšího tlaku je přísavka připojena na vakuovou pumpu. Čím nižší je tento tlak (hlubší podtlak), tím větší je síla, která přitlačuje přísavku na manipulovaný předmět.

Poznámka: Prostor uvnitř přísavky je v této práci nazýván vakuová komora. (viz. dříve)



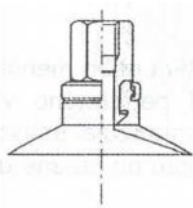
Obr. 23 Spojení přísavky s podložkou [9]

5.1 Základní tvary přísavek

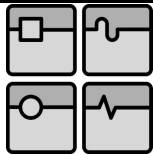
Podle manipulovaného předmětu zvolíme jeden ze čtyř základních tvarů přísavky.

Plochá přísavka

Plochá přísavka je vhodná pro uchopení předmětů z pevného materiálu s hladkou a rovnou plochou.

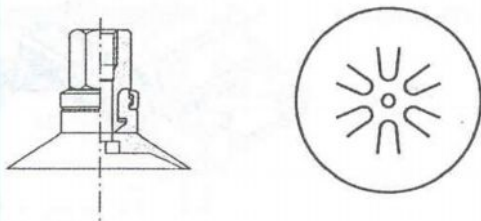


Obr. 24 Plochá přísavka [5]



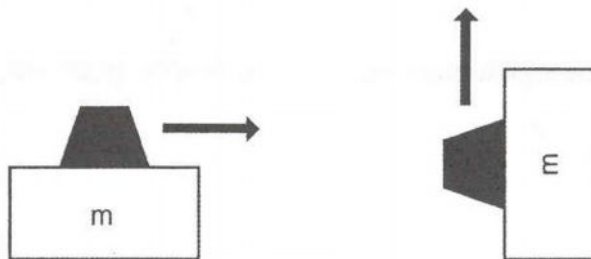
Plochá přísavka s opěrnými žebry

Doporučuje se pro uchopení předmětů z poddajných materiálů (papír, různé fólie), které by se mohly vakuem v ploché přísavce deformovat.



Obr. 25 Plochá přísavka s opěrnými žebry [5]

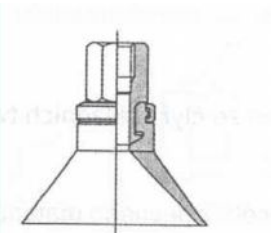
Použití ploché přísavky s opěrnými žebry se doporučuje také v případech, kdy síla působí kolmo na osu přísavky (rovnoběžně s plochou přísavky). Opěrná žebra uvnitř přísavky jsou tuhá a zvětšují plochu, potřebnou k přenosu síly třením mezi přísavkou a předmětem.



Obr. 26 Působení síly kolmo na osu přísavky [5]

Hluboká přísavka

Hluboká přísavka je vhodná pro uchopení předmětů se zaoblenými plochami (kulovými).



Obr. 27 Hluboká přísavka [5]

5.2 Materiál přísavek

Materiál pro přísavku je vybírán podle druhu použití s ohledem na pracovní teplotu, odolnost proti oleji, odolnost proti opotřebení a různá další kritéria.

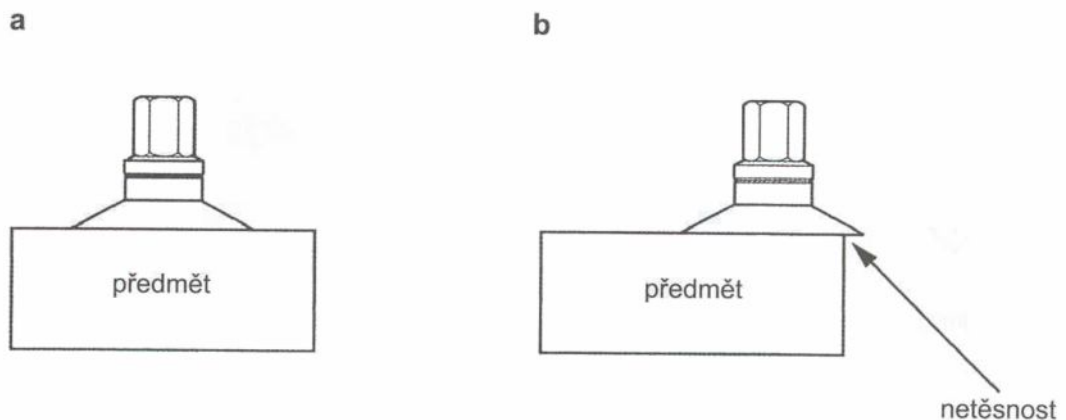
Často se pro přísavky používá perbunan (NBR - nitrilbutadienový kaučuk). Je cenově výhodný a vyhovuje většině požadavků. Přísavky z polyuretanu (PU) mají stejné vlastnosti jako přísavky z NBR a mají větší odolnost proti opotřebení.

Zde jsou vybrané materiály uváděné firmou PIAB:

materiál	vlastnosti
nitril	vysoká odolnost proti oleji, rychleji stárne
silikon	velmi dobrý při vysokých a nízkých teplotách
chloropren	vysoká odolnost proti opotřebení, malá odolnost proti oleji
TWO	směs chloroprenu s velkou odolností proti opotřebení, odolný proti ozónu
NPV	směs nitridu a plastu s velkou odolností proti opotřebení, oleji a ozónu
speciální směsi	mohou vyhovovat náročným požadavkům, ale jsou relativně drahé

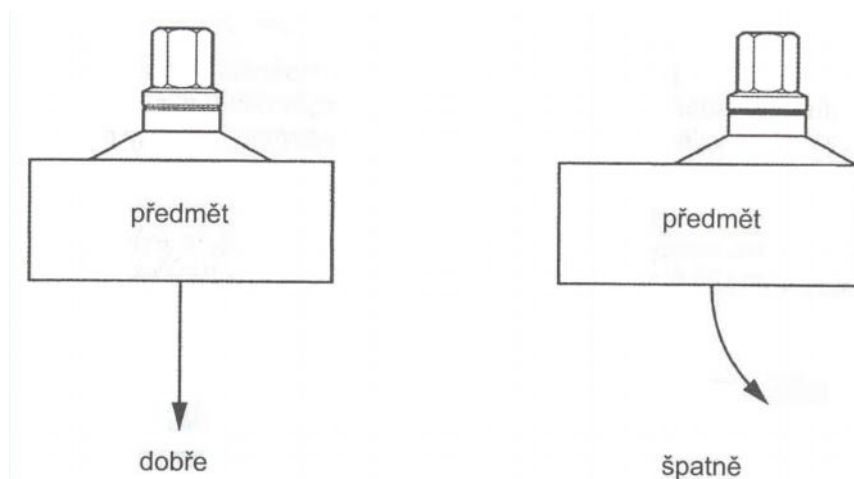
5.3 Poloha přísavky na manipulovaném předmětu

Celá funkční plocha přísavky musí být zakryta manipulovaným předmětem. Sebemenší netěsnosti proudí po přivedení vakua do přísavky vzduch. Nelze dosáhnout potřebného vakua a tedy i síly potřebné k upnutí předmětu.



Obr. 28 Poloha přísavky - (a) správná; (b) nesprávná [5]

Síla přísavky (osa přísavky) by měla působit, pokud je to možné, v těžišti manipulovaného předmětu. Pokud tomu tak není, vznikají momenty, které se při manipulačních pohybech mohou vlivem setrvačnosti předmětu zvětšit tak, že z nich vyplývající síla bude větší než síla přísavky a dojde k přerušení spojení manipulovaného předmětu a přísavky.



Obr. 29 Vzájemná poloha osy přísavky a těžiště předmětu [5]

6 Vakuové filtry

V této kapitole bylo čerpáno z [5]

Vakuové filtry se řadí do obvodu mezi přísavku a ejektor. Zbavují nasávaný vzduch mechanických nečistot, které by mohly snížit, případně úplně zamezit průtok vzduchu tryskou, a tak snížit výkon ejektoru nebo jej dokonce vyřadit z činnosti. Stejně jako u filtrů pro přetlak je třeba u vakuových filtrů volit filtry s co nejmenší tlakovou ztrátou.



Obr. 30 Vakuové filtry pro různý objem průtoku nasávaného vzduchu [5]

7 Vakuové snímače

V této kapitole bylo čerpáno z [5]

Výstupní signál vakuového snímače je generován dosažením nastavené hodnoty vakua. Nedojde-li k sepnutí kontaktů vakuového snímače, pak je to způsobeno:

- nízkou úrovní vakua (netěsné přísavky, ucpaná tryska ejektoru, malý tlak vzduchu v trysce ejektoru apod.)
- nedosažením vakua (chybí manipulovaný předmět)

Funkce většiny vakuových snímačů je zajištěna elektronickými obvody. Tyto snímače mají malou, často nastavitelnou hysterezi, velkou přesnost sepnutí v nastaveném bodu a dlouhou životnost. Nastavitelná hystereze sepnutí je výhodná zejména při manipulaci s porézními materiály různé hustoty. Existují v provedení bez ukazatele hodnoty vakua nebo s ukazatelem. Jako ukazatel se většinou používá displej s LED diodami (může být i vícebarevný).



Obr. 31 Digitální provedení vakuového snímače [5]

8 Návrh obvodu s využitím vakua

V této kapitole bylo čerpáno z [5]

Použití stlačeného vzduchu a vakua se zásadně liší ve dvou bodech:

- v opačném směru proudění
- v omezeném rozsahu použitelného rozdílu tlaků

Souvislosti mezi tlakem, prouděním (objemem) a silou, tak jak je známe z aplikací stlačeného vzduchu, platí také i pro vakuum. Zvláštní pozornost je třeba věnovat:

- odporům proudění (např. délkám hadic apod.)
- odsávaným objemům (např. objemům hadic apod.)

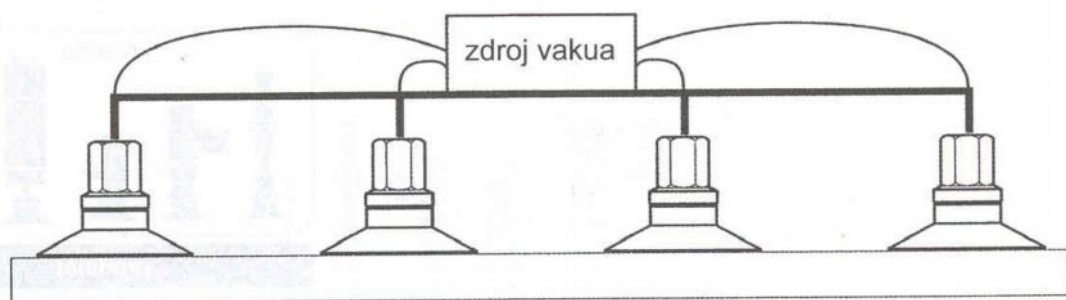
Při aplikaci vakua pracujeme s omezeným rozsahem tlaků (0 až cca -100kPa). To vyžaduje pro minimalizaci odporů při proudění používat větší průřezy - průměry vedení (hadic, trubek). Na druhé straně je třeba pracovat jen s nejnужnějšími pracovními objemy, protože mají vliv na čas a na spotřebu energie pro dosažení potřebné hladiny vakua.

8.1 Společný zdroj nebo samostatné zdroje vakua

Musí-li se pro manipulaci s předmětem použít několika přísavek, pak je třeba provést zásadní rozhodnutí a zvolit jedno ze dvou možných řešení zdroje vakua:

Společný zdroj vakua

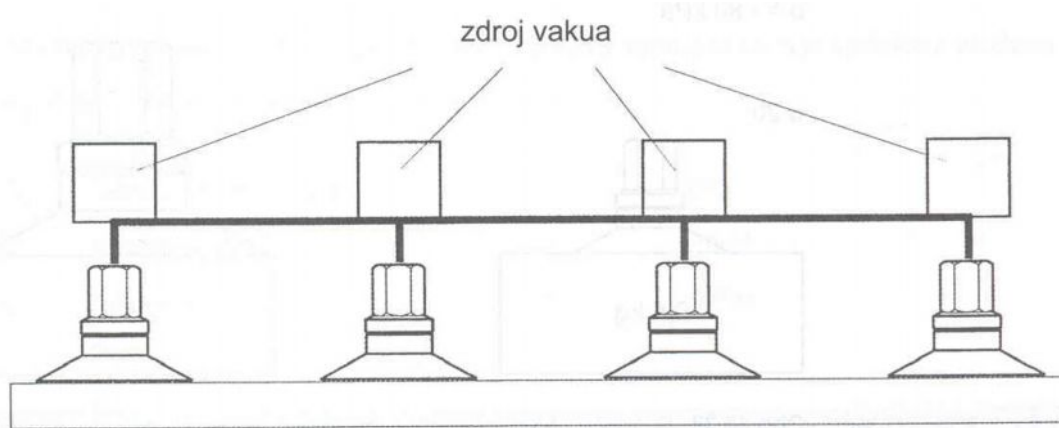
Nejlepšího využití energie se dosáhne připojením všech použitých přísavek na jeden společný zdroj vakua. Čas pro dosažení potřebné hladiny vakua je delší, proto není toto řešení vhodné pro zařízení s rychle se opakujícími pracovními cykly. Pokud jedna z přísavek částečně netěsní, nedosáhne se potřebné hladiny vakua a tím i síly, a buď předmět nezvedneme nebo se může při manipulaci uvolnit a poškodit. Tuto nevýhodu lze odstranit použitím samostatných zdrojů vakua, hlídáním hladiny vakua každé z přísavek nebo použitím přísavek s vestavěným zpětným ventilem.



Obr. 32 Společný zdroj vakua [5]

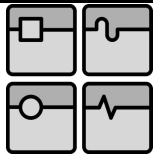
Samostatné zdroje vakua

Každá z použitých přísavek má samostatný zdroj vakua - ejektor. Všechny použité ejektory jsou napájeny ze společného přívodu stlačeného vzduchu. Výhodou tohoto řešení je krátký čas nutný pro dosažení potřebné hladiny vakua a minimální ztráty vakua v rozvodu. Při dostatečné rezervě je zaručená síla pro upnutí předmětu i při částečné netěsnosti jedné z přísavek.



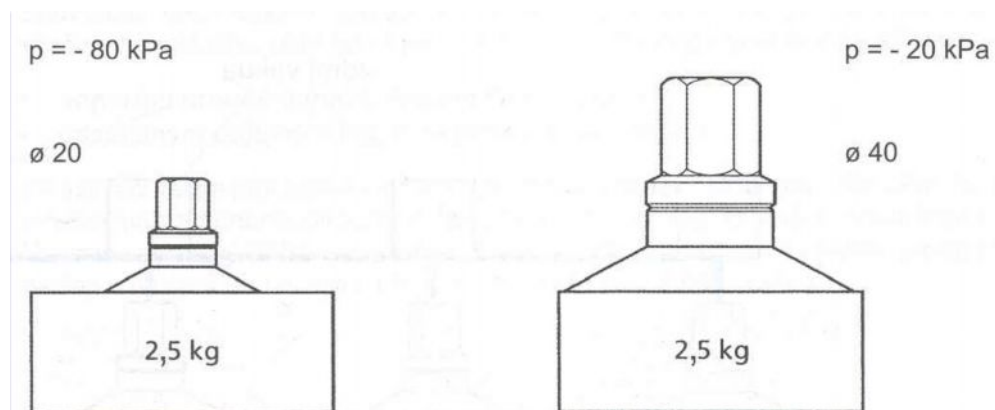
Obr. 33 Samostatné zdroje vakua [5]

Poznámka: Jestliže použijeme více přísavek, tak je potřeba aby přísavky byly rozmístěny symetricky k těžišti manipulovaného předmětu.

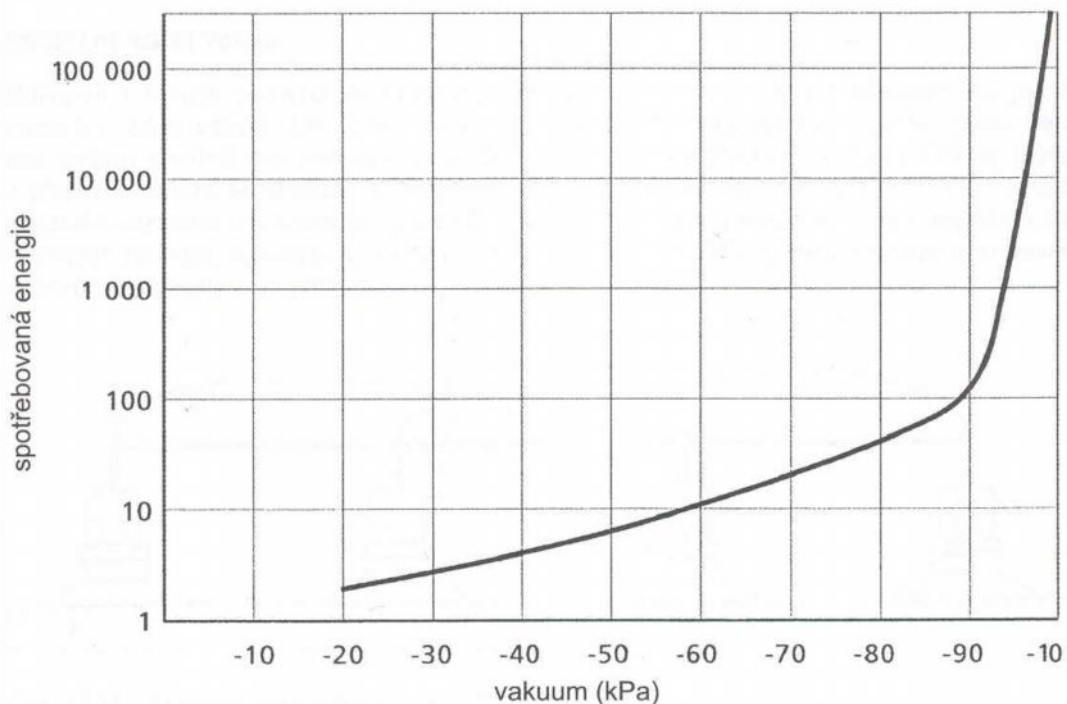


8.2 Spotřeba energie

Spotřeba energie zdroje vakua roste exponenciálně k velikosti vakua. Zvýšíme-li hodnotu vakua z - 60 kPa na hodnotu - 90 kPa, zvýšíme 1,5 krát sílu přísavky. Současně ale stoupne 10 krát spotřeba energie, zvýší se opotřebení přísavky a tím se zkrátí její životnost. Proto je výhodnější používat v praxi větší rozměry přísavek a nižší hodnoty vakua, než malé rozměry přísavek a vyšší hodnoty vakua.



Obr. 34 Porovnání hodnot vakua při použití přísavky malého a velkého průměru při stejné hmotnosti předmětu [5]



Obr. 35 Závislost mezi spotřebou energie a velikostí vakua [5]

Platí:

Čím vyšší hodnota vakua, tím vyšší spotřeba energie pro jeho dosažení.

8.3 Určení průměru přísavky

Nosná síla přísavky je daná účinnou plochou přísavky a vakuem v prostoru přísavky.

Nosná síla = tlak (podtlak) × funkční plocha přísavky

Teoretická nosná síla přísavky kruhového průřezu s vertikální osou je vyjádřena vztahem:

$$F_H = D^2 \times \pi / 4 \times p \times 0,001$$

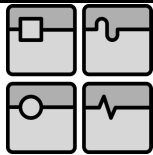
- F_H - teoretická nosná síla (N)
 D - průměr přísavky (mm)
 p - vakuum (kPa)

K určení skutečné nosné síly přísavek je třeba údaje z tabulky vynásobit součinitelem bezpečnosti.

Zavedením počtu použitých přísavek n a součinitele bezpečnosti s do předcházející rovnice můžeme po její úpravě vypočítat průměr použité přísavky D :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times m \times g \times s \times 1000}{\pi \times p \times n}}$$

- D - průměr přísavky (mm)
 p - vakuum (kPa)
 m - hmotnost (kg)
 g - gravitační zrychlení ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)
 n - počet přísavek (ks)
 s - součinitel bezpečnosti (viz obr. 34)



Určení součinitele bezpečnosti s :

a) vodorovný (horizontální) styk	b) svislý (vertikální) styk
≥ 2 při svislém pohybu při zvedání	≥ 4 při svislém pohybu při zvedání
≥ 4 při přidavném vodorovném pohybu	≥ 8 při přidavném vodorovném pohybu

--	--

Obr.36 Určení součinitele bezpečnosti s [5]

Vlivy působící na hodnotu součinitele bezpečnosti

Vyskytne-li se při manipulaci s předměty některý z následujících vlivů, je třeba použít proti doporučení vyšší součinitel bezpečnosti s , než je doporučeno.

- **Působení větru**





Při manipulaci s díly, které mají velkou plochu (desky, překližky, plechy, tabule skla apod.), může tlak vzduchu na plochu předmětu při rychlejším pohybu nebo vítr (průvan) odtrhnout díl od přísavky. Kromě poškození dílu hrozí i nebezpečí úrazu pracovníků.

- **Rázy**

Při zvedání větších desek (kovových, lepenkových, překližkových apod.) je třeba počítat s možnými rázy, které vznikají přerušením přilnavosti mezi deskami (mastné tabule plechu apod.).

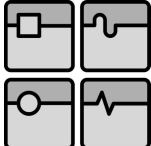
- **Předměty z porézních materiálů**

Pro manipulaci s porézními materiály (papír, polystyren apod.) je třeba použít malý průměr přísavky, aby byla pokud možno co nejmenší netěsnost. K vyrovnání ztrát je třeba použít výkonnější vývěvu nebo ejektor, větší počet přísavek a odpovídající průměry hadic a potrubí. V řadě případů není možné ztráty přísáváním spočítat. Nejlepším řešením je provedení praktické zkoušky, která umožní vybrat vhodné prvky pro daný požadavek.

 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
 	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

9 Závěr

Vakuové ejektory představují jednoduchou možnost pro uchopování předmětů jak pomocí výstupních hlavic robotů tak i jednoduchých víceosých manipulátorů. Mezi jejich hlavní výhody patří mechanická jednoduchost, bezporuchovost a nízká hmotnost, která předurčuje pro použití právě na koncových ramenech robotů a manipulátorů. Nezanedbatelnou vlastností jsou také nízké pořizovací náklady v porovnání s dalšími možnostmi tvorby vakua. Při návrhu obvodu s vakuovým ejektorem je vždy nutné dbát zásad pro tvorbu vakuových systémů a také je potřeba vzít v úvahu kvalitu a poréznost povrchu materiálu přenášených objektů. Vzhledem k velké závislosti hodnoty tlaku vzduchu na vstupu ejektoru a výstupního vakua je vždy nutné před ejektor předřadit regulátor tlaku nastavený na správnou hodnotu pro požadovanou hodnotu vakua. Důležitým faktorem pro průmyslovou výrobu současné doby jsou náklady spojené s jednotlivými aplikacemi. Vakuové obvody obecně patří mezi jedny z energeticky nejnáročnějších aplikací v obvodech stlačeného vzduchu. Je tedy velmi důležité klást maximální zřetel na způsob řízení vakuových systémů, dobu, po jakou je vakuum generováno a použitou hodnotu vakua. Z tohoto důvodu se jeví jako nutnost využití snímačů vakua a zpracování jejich výstupního signálu pro efektivnost sekvencí vzniku vakua. Pomocí kombinace snímačů vakua a vhodného řídicího systému a programu je možné dosáhnout aplikací, které lze označit jako energeticky úsporné. Vzhledem k výše uvedeným vlastnostem je zřejmé, že vakuové ejektory patří mezi prvky, se kterými se jistě budeme setkávat v průmyslových aplikacích i nadále.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 45
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

LITERATURA

- [1] CHVÁLA, B., MATIČKA, R., TALÁCKO, J., *Průmyslové roboty a manipulátory*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990, ISBN 80-03-00361-X
- [2] MATIČKA, R., TALÁCKO, J., *Mechanismy manipulátorů a průmyslových robotů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991, ISBN 80-03-00567-1
- [3] KOLÍBAL, Z., *Průmyslové roboty II - konstrukce výstupních hlavic a periférií*. VUT Brno, 1993
- [4] PALKO, A., SMRČEK, J., *Koncové efektoři pre priemyselné a servisné roboty*. TU Košice, 2004, ISBN 80-8073-218-3

Jiné zdroje:

- [5] SMC Industrial Automation. *SMC Training - Stlačený vzduch a jeho využití*.
- [6] VAKUUM technik s.r.o.: Reklamní a propagační materiály.

Poznámka: Firma VAKUUM technik s.r.o. představuje české zastoupení firmy PIAB Innovators in Vacuum Technology

Internet:

- [7] <http://www.mmspektrum.com/>, MM Průmyslové spektrum
- [8] <http://www.smc.cz/>, SMC Industrial Automation CZ s.r.o.: Katalogy
- [9] <http://www.vakuumtechnik.cz/>, VAKUUM technik s.r.o.: Katalogy
- [10] <http://www.piab.com/>, PIAB Innovators in Vacuum Technology: Reklamní a propagační materiály.
- [11] http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/, KUKA průmyslové roboty: Reklamní a propagační materiály

Při tvorbě této práce bylo vycházeno především z:

- [5] KOLEKTIV AUTORŮ, SMC Industrial Automation. *SMC Training - Stlačený vzduch a jeho využití*.
- [9] <http://www.vakuumtechnik.cz/>, VAKUUM technik s.r.o.: Katalogy

a odborných konzultací se zástupci těchto firem (SMC Industrial Automation / PIAB Innovators in Vacuum Technology).

Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Průmyslový robot KUKA</i>	13
<i>Obr. 2 První veřejná prezentace účinků vakua s magdeburskými polokoulemi v roce 1654</i>	15
<i>Obr. 3 První vývěva sestavená Otto von Guericke roku 1650</i>	16
<i>Obr. 4 Vysavač nevysává, ale vzduch a prach je do vysavače tlačěn vyšším atmosferickým tlakem v jeho okolí</i>	16
<i>Obr. 5 Jednotky používané pro vyjádření velikosti podtlaku - vakua</i>	17
<i>Obr. 6 Úroveň vakua</i>	17
<i>Obr. 7 Závislost mezi spotřebou energie a velikostí vakua</i>	18
<i>Obr. 8 Základní provedení deformačních přísavek</i>	20
<i>Obr. 9 Deformační přísavky s pomocnými ventily</i>	20
<i>Obr. 10 Mechanické vývěvy</i>	22
<i>Obr. 11 Obvod s mechanikou vývěvou a řízením vakua funkčním blokem</i>	23
<i>Obr. 12 Proudové vývěvy - ejektory</i>	24
<i>Obr. 13 Jednostupňový ejektor</i>	25
<i>Obr. 14a Jednostupňový ejektor pro velký podtlak</i>	25
<i>Obr. 14b Jednostupňový ejektor pro malý podtlak</i>	25
<i>Obr. 15a Vícestupňový ejektor, stav 1</i>	26
<i>Obr. 15b Vícestupňový ejektor, stav 2</i>	27
<i>Obr. 15c Vícestupňový ejektor, stav 3</i>	27
<i>Obr. 15d Vícestupňový ejektor, stav 4</i>	27
<i>Obr. 16 Závislost velikosti vakua na čase</i>	28
<i>Obr. 17a Jednostupňový ejektor pro velký podtlak</i>	29
<i>Obr. 17b Jednostupňový ejektor pro malý podtlak</i>	29
<i>Obr. 17c Vícestupňový ejektor</i>	29
<i>Obr. 18 Typické charakteristiky parametrů vícestupňového ejektoru s průměrem trysky $d=1,2$ mm</i>	30
<i>Obr. 19 Typická charakteristika vícestupňového ejektoru při stálém tlaku vzduchu $p=0,4$ MPa</i>	30
<i>Obr. 20 Obvod se zdrojem a řízením vakua, sestavený ze samostatných prvků</i>	31
<i>Obr. 21 Funkční blok zdroje vakua s vestavěným spínačem vakua</i>	32
<i>Obr. 22 Obvod zdroje a řízení vakua, sestavený z funkčního bloku s ejektorem</i>	33
<i>Obr. 23 Spojení přísavky s podložkou</i>	34
<i>Obr. 24 Plochá přísavka</i>	34
<i>Obr. 25 Plochá přísavka s opěrnými žebry</i>	35
<i>Obr. 26 Působení síly kolmo na osu přísavky</i>	35
<i>Obr. 27 Hluboká přísavka</i>	35
<i>Obr. 28 Poloha přísavky - (a) správná; (b) nesprávná</i>	37
<i>Obr. 29 Vzájemná poloha osy přísavky a těžiště předmětu</i>	37
<i>Obr. 30 Vakuové filtry pro různý objem průtoku nasávaného vzduchu</i>	38
<i>Obr. 31 Digitální provedení vakuového snímače</i>	38
<i>Obr. 32 Společný zdroj vakua</i>	39
<i>Obr. 33 Samostatné zdroje vakua</i>	40
<i>Obr. 34 Porovnání hodnot vakua při použití přísavky malého a velkého průměru při stejné hmotnosti předmětu</i>	41
<i>Obr. 35 Závislost mezi spotřebou energie a velikostí vakua</i>	41
<i>Obr. 36 Určení součinitele bezpečnosti s</i>	43