

Tvorba, úprava a využití vakua

Ke snížení tlaku atmosférického vzduchu, t.j. dosažení vakua, se používají buď mechanické nebo proudové vývěvy (ejektory).

Mechanické vývěvy

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. V tabulce 12.5 jsou uvedeny přednosti a nedostatky používaných mechanických vývěv.

zdroj podtlaku - vakua	přednosti	nedostatky
odsávací ventilátor - dmychadlo	- malý počet pohyblivých dílů - velký objem odsávaného vzduchu - malá spotřeba energie	- nízké vakuum (max. - 50 kPa) - dlouhý rozběh a doběh - velká hlučnost
pístová vývěva	- nízká pořizovací cena	- malý objem odsávaného vzduchu - velký vývin tepla
membránová vývěva	- nízká pořizovací cena - kompaktní tvar a rozměry	- vysoká hladina hluku
rotační vývěva s rotorem s výsuvnými lopatkami	- vysoké vakuum - velký objem odsávaného vzduchu - nízká hladina hluku	- citlivé na nečistoty ve vzduchu - vysoká pořizovací cena - velké nároky na údržbu - velký vývin tepla
Rootsovo dmychadlo	- velký objem odsávaného vzduchu - malé nároky na údržbu	- vysoká pořizovací cena - velký vývin tepla - vysoká hladina hluku

Tabulka 12.5 Mechanické vývěvy

Proudové vývěvy - ejektory

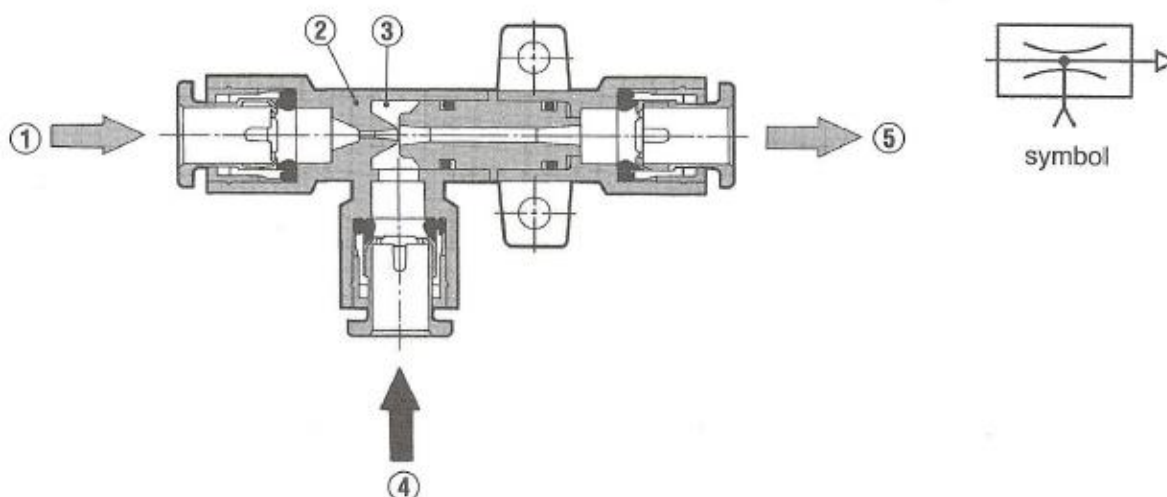
Alternativním řešením k mechanickým vývěvám jsou proudové vývěvy – ejektory. Pracují na principu Venturiho trubice. Jako zdroj primární energie slouží stlačený vzduch, přivedený do trysky ejektoru. Podle počtu Venturiho trubic dělíme ejektory na jednostupňové a vícestupňové. Při tlaku vzduchu 0,5 MPa v trysce ejektoru lze dosáhnout vakua až – 88 kPa.

Přednosti ejektorů proti mechanickým vývěvám jsou:

- pracují bez opotřebení, nepotřebují údržbu
- jednoduchá montáž a pracovní poloha
- při provozu se nezahřívají
- úspora energie (spotřeba energie jen při aktivaci)
- kompaktní rozměry a malá hmotnost
- lze použít i do výbušného prostředí (nutnost uzemnění jednotlivých prvků)
- přísavku lze spojit přímo s ejektorem – rychlé dosažení potřebného vakua
- hodnotu podtlaku – vakuum lze regulovat tlakem vzduchu, přiváděného do trysky ejektoru

Jednostupňový ejektor

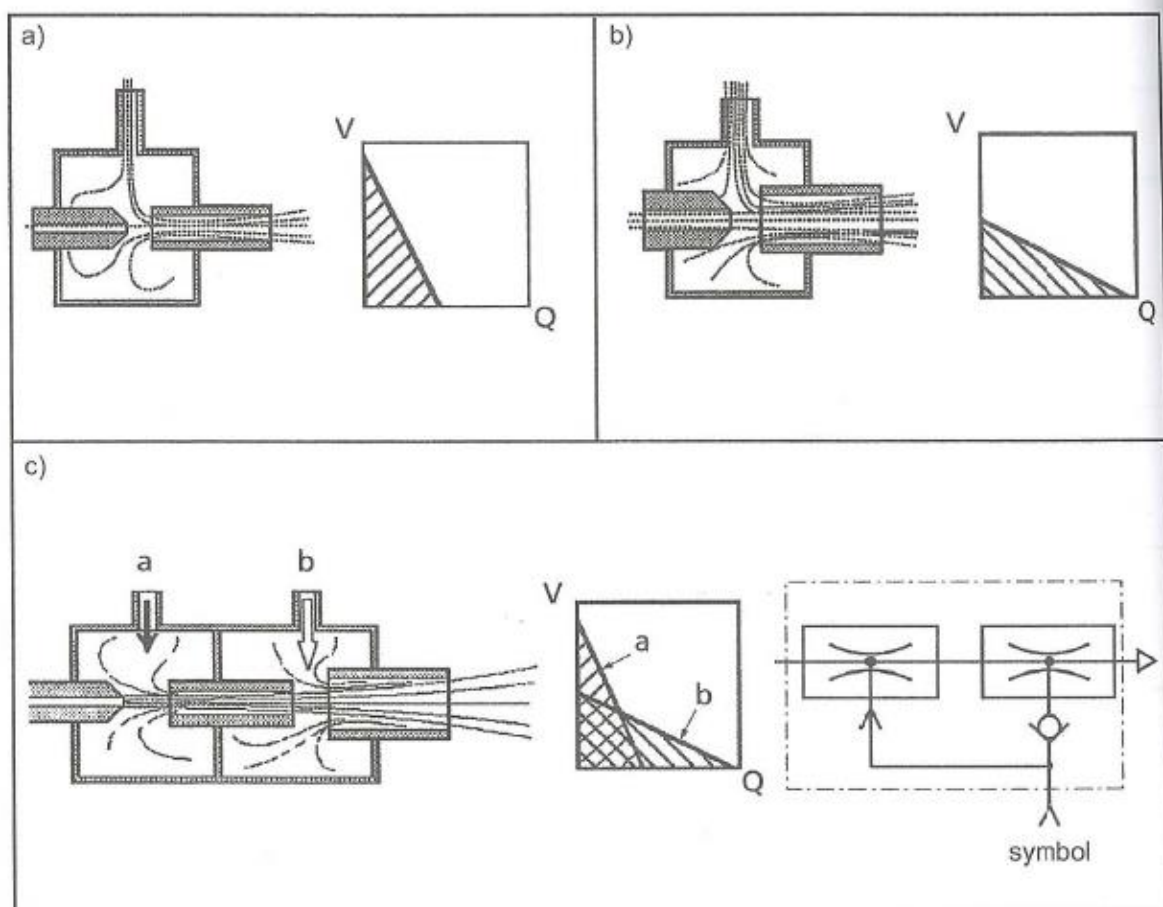
Stlačený vzduch je přiveden do vstupního hrdla ejektoru (1). V zúženém průřezu trysky (2) se zvýší rychlost proudu vzduchu, který na výstupu z trysky strhává částice vzduchu v prostoru (3) a unáší je s sebou. V prostoru (3) se sníží tlak a hrdlem (4) je do komory (3) přisáván vzduch. Proud vzduchu z trysky (1) spolu s přisátým vzduchem z hrdla (4) odchází hrdlem ejektoru (5) přímo nebo vestavěným tlumičem hluku (obr. 12.8b) do atmosféry.



Obr. 12.6 Jednostupňový ejektor

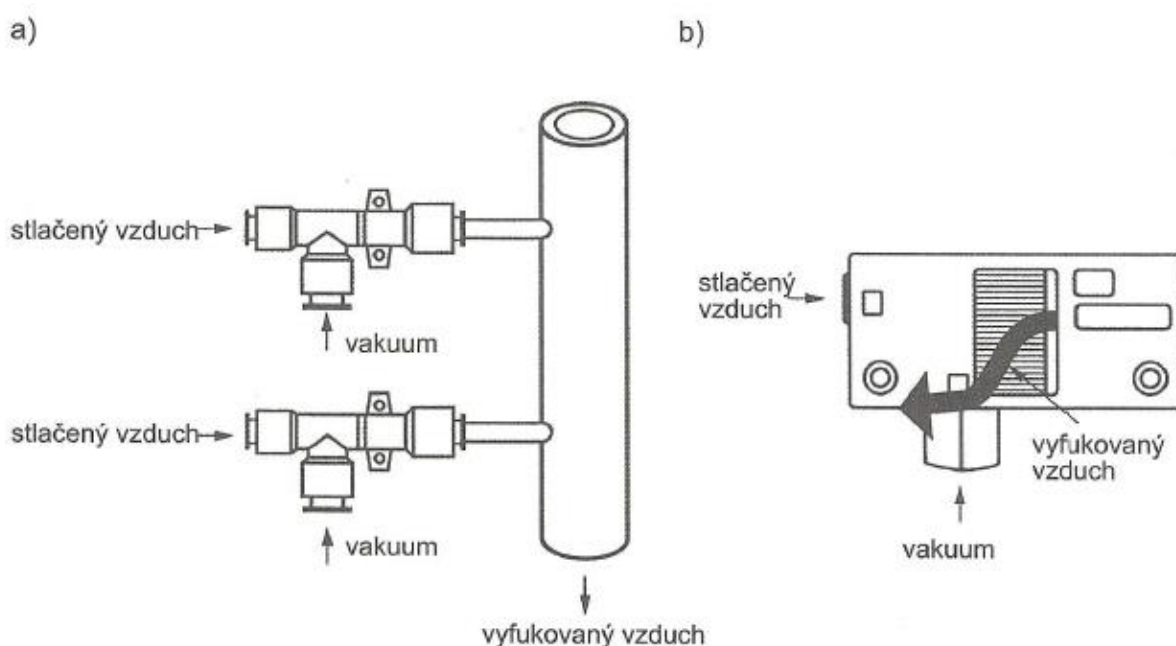
Vícestupňový ejektor

Vícestupňové ejektory mají dvě nebo tři Venturiho trubice, řazené za sebou. Každá z těchto Venturiho trubic má svůj specifický účel. Ejektor v uspořádání podle obr. 12.7a vyvine velký podtlak – vakuum (V), ale nasaje malý objem vzduchu (Q). Ejektor v uspořádání podle obr. 12.7b nasaje velký objem vzduchu (Q), ale vyvine malý podtlak – vakuum (V). U dvoustupňového ejektoru v obr. 12.7c jsou využity vlastnosti obou předcházejících ejektorů a objem nasávaného vzduchu se zvýšil o 40 %. U třístupňových ejektorů se objem nasávaného vzduchu zvýší až o 250 %. Přisavka rychle a spolehlivě přilne k podložce a dosáhne se velké síly.



Obr. 12.7 Jednostupňový ejektor

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 snižuje 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.

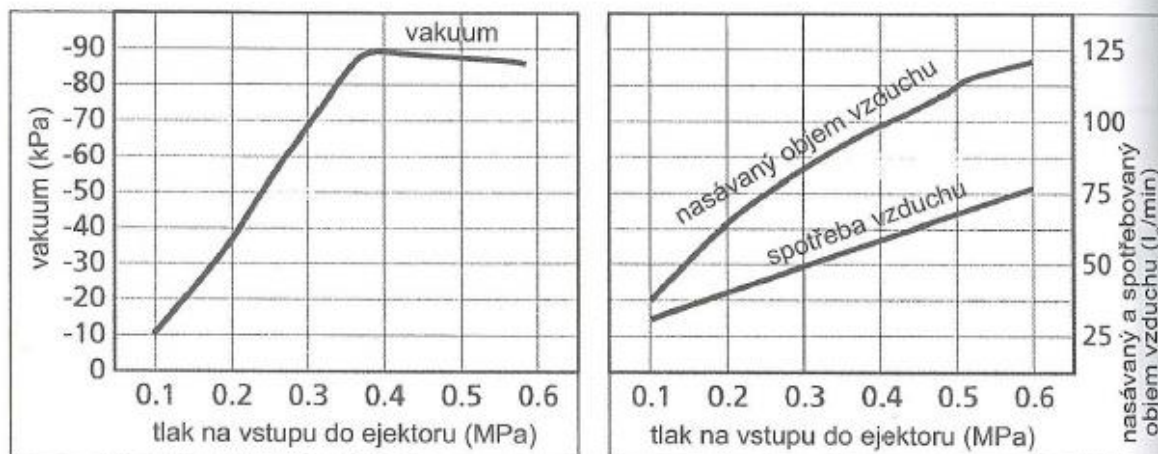


Obr. 12.8 a) společný odvod vyfukovaného vzduchu
b) ejektor s vestavěným tlumičem hluku

Základní parametry ejektorů

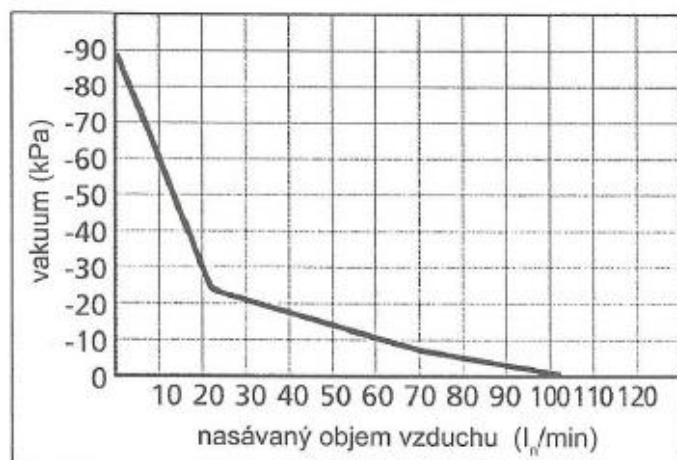
V technické dokumentaci jsou základní parametry ejektorů, tj. vztahy mezi dosažitelným vakuem, tlakem vzduchu v trysce a objemem nasávaného vzduchu, vyjádřeny diagramy. Ejektor, jehož parametry jsou uvedeny v diagramech na obr. 12.9, pracuje s tlakem vzduchu v trysce od 0,2 až do 0,6 MPa a optimální 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. 12.9 Typické charakteristiky parametrů vícestupňového ejektoru s průměrem trysky $d = 1,2 \text{ mm}$

Na obr. 12.10 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. 12.10 Typická charakteristika vícestupňového ejektoru při stálém tlaku vzduchu $p = 0,4 \text{ MPa}$

Přísavky

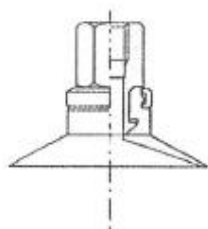
Přísavky používané pro uchopení předmětů při manipulaci mají různé tvary, rozměry a jsou zhotoveny z různých materiálů.

Základní tvary přísavek

Podle manipulovaného předmětu zvolíme jeden ze čtyř základních tvarů přísavky.

Plochá přísavka

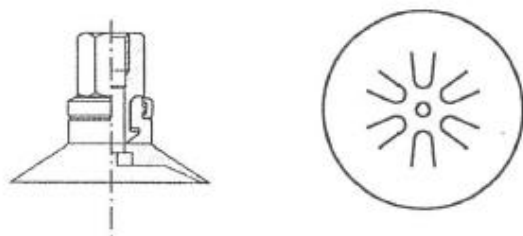
Plochá přísavka je vhodná pro uchopení předmětů z pevného materiálu s hladkou a rovnou plochou.



Obr. 12.13 Plochá přísavka

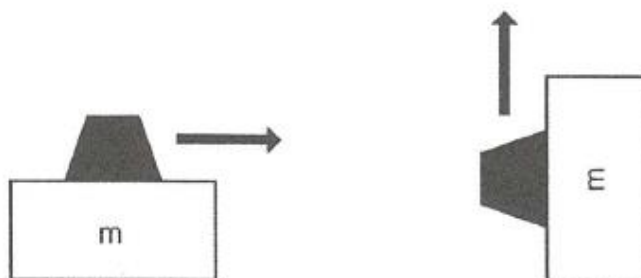
Plochá přísavka s opěrnými žebry

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



Obr. 12.14 Plochá přísavka s opěrnými žebry

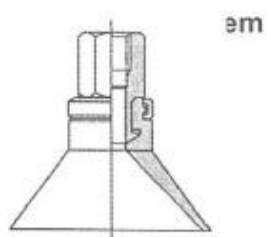
Použití ploché přísavky s opěrnými žebry se doporučuje také v případech, kdy síla působí kolmo na osu přísavky (rovnoběžně s plochou přísavky). Opěrná žebra uvnitř přísavky jsou tuhá a zvětšují plochu, potřebnou k přenosu síly třením mezi přísavkou a předmětem.



Obr. 12.15 Působení síly kolmo na osu přísavky

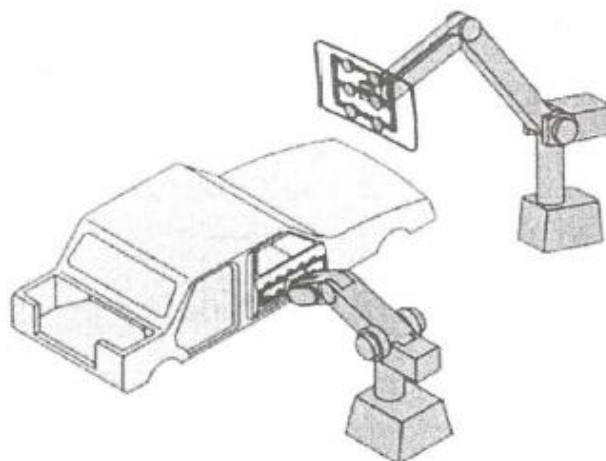
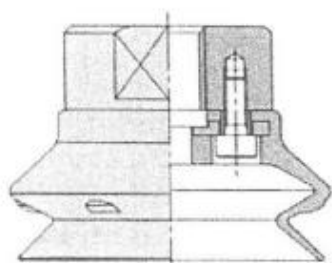
Hluboká přísavka

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



Obr. 12.16 Hluboká přísavka

Přísavky s měchem se přizpůsobí různým nerovnostem nebo menším výškovým rozdílům povrchu manipulovaného předmětu. Po dosažení potřebného vakua předmět mírně nadzvednou. Tento axiální zdvih do určité míry nahrazuje uchycení přísavky pomocí odpruženého držáku. Nehodí se pro ukládání předmětů do přesně určené polohy, protože mají malou boční tuhost.



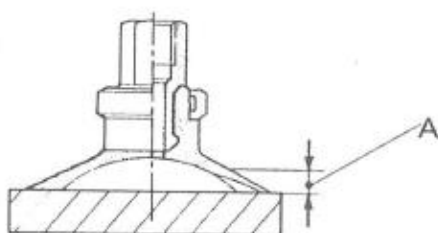
Obr. 12.17 Přísavka s měchem

Upevnění přísavek

Pevný držák

Přísavka upevněná v pevném držáku uchopí manipulovaný předmět v přesně definované poloze a zase jej v přesně definované poloze uvolní. Jednoduchá konstrukce držáku představuje nejlevnější upevnění přísavky.

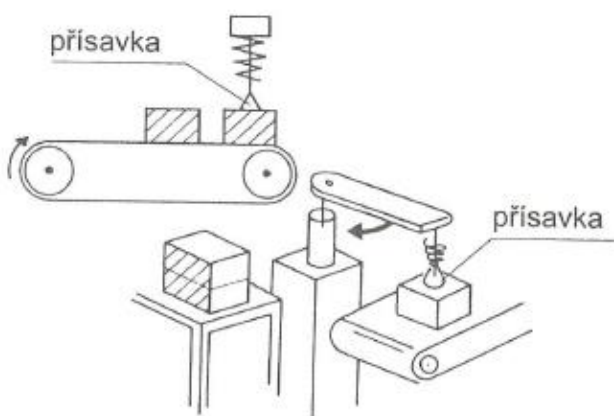
Přísavka se má před aktivaci vakua lehce dotýkat povrchu manipulovaného předmětu. Větší zdvih osy manipulátoru nebo výškové rozdíly plochy manipulovaného předmětu deformují těsnicí hrany přísavky, což se projeví jejich nadměrným opotřebením a podstatně zkracuje jejich předpokládanou životnost.



Obr. 12.18 Přísavka s pevným držákem: vyhněte se nadměrné deformaci těsnicí hrany A

Odpružený držák

Upevnění přísavky v odpruženém držáku umožňuje kompenzovat výškové rozdíly plochy manipulovaného předmětu. Manipulátor nemusí mít přesně definovanou koncovou polohu. Přitlačení přísavky na povrch stejnou silou snižuje její opotřebení a zvyšuje její životnost. Odpružené držáky s polohou zajištěnou proti pootočení zaručují přesnou polohu manipulovaného předmětu při jeho uchopení a uvolnění.



Obr. 12.19 Příklad použití přísavky s odpruženým držákem

Materiál přísavek

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. Poloprůhledný, mléčně zabarvený materiál je silikonový kaučuk (SI). Často se používá v potravinářském průmyslu a při manipulaci s díly s velmi náročným povrchem, např. s kompaktními disky. Viton (FPM) představuje materiál odolný teplotám a olejům. Pro použití ve výrobě elektronických součástek jsou k dispozici přísavky z elektricky vodivých materiálů. Ty umožňují manipulaci s citlivými elektronickými součástkami, aniž by na ně přenášely náboj statické elektřiny.

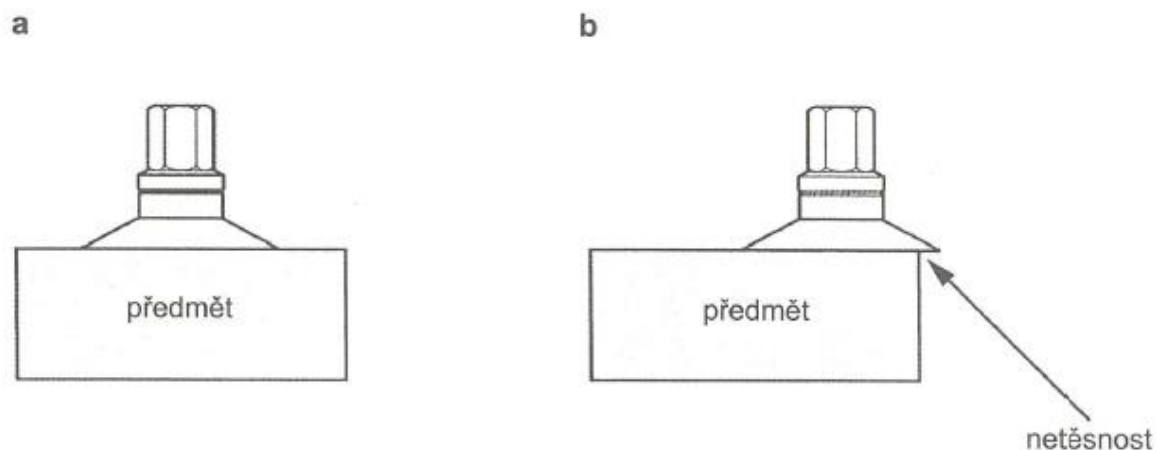
☒ : malý nebo žádný vliv ☐ : lze použít X : nelze použít

Materiál	Maximální HS (±5°)	Rozsah provoz- ních teplot (°C)	Odolnost vůči olejům (benzín)	Odolnost vůči olejům (benzol)	Odolnost vůči zásadám	Odolnost vůči kyselinám	Odolnost vůči klimatu	Odolnost vůči ozonu	Otěru- vzdornost	Odolnost vůči vodě	Odolnost vůči redukcím (benzen/toluol)
NBR	50°	0 až 120	☒	X	☐	☐	☐	X	☒	☐	X
silikon	40°	-30 až 200	X	X	☐	X	☒	☒	X	☐	X
uretan	60°	0 až 60	☒	X	X	X	☐	☒	☒	X	X
viton	60°	0 až 250	☒	☒	X	☒	☒	☒	☐	☒	☒
vodivý NBR	50°	0 až 100	☐	X	☐	X	☐	X	☐	☐	X
vodivý silikon	50°	-10 až 200	X	X	☐	X	☒	☒	X	☐	X

Tabulka 12.20 Nejběžnější materiály přísavek a jejich vlastnosti

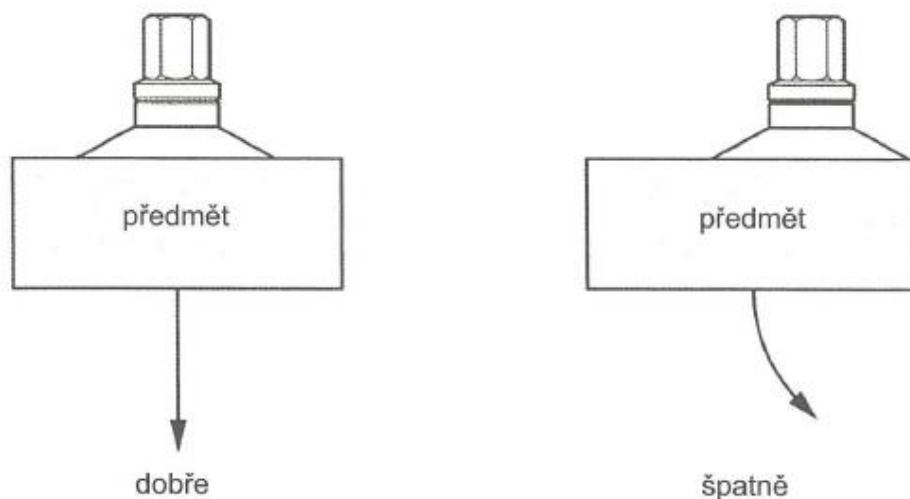
Poloha přísavky na manipulovaném předmětu

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



Obr. 12.21 Poloha přísavky - (a) správná; (b) nesprávná

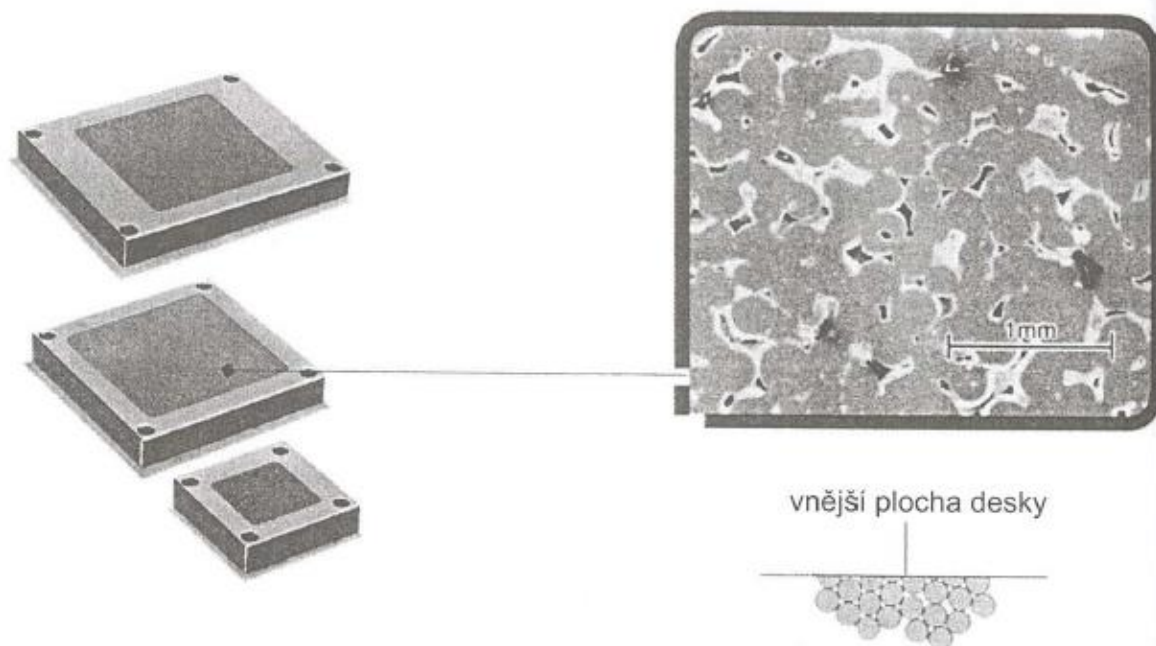
Síla přísavky (osa přísavky) by měla působit, pokud je to možné, v těžišti manipulovaného předmětu. Pokud tomu tak není, vznikají momenty, které se při manipulačních pohybech mohou vlivem setrvačnosti předmětu zvětšit tak, že z nich vyplývající síla bude větší než síla přísavky a dojde k přerušení spojení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



Obr. 12.22 Vzájemná poloha osy přísavky a těžiště předmětu

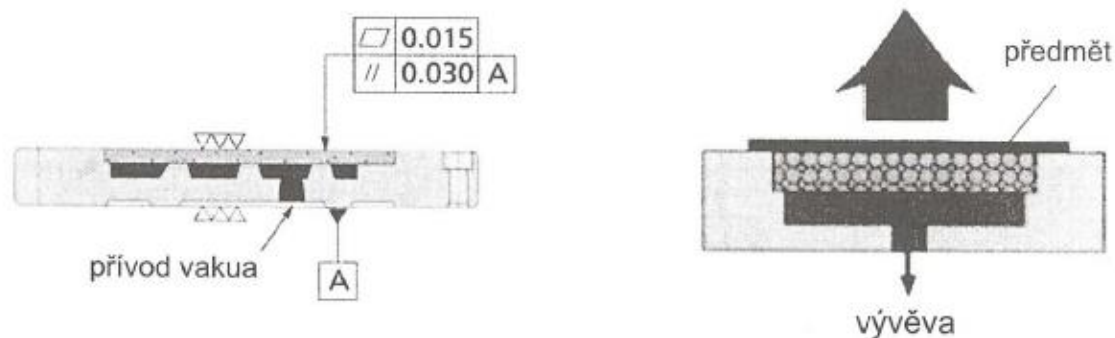
Upínací deska

Tenké předměty malé tloušťky, z tvarově poddajných materiálů, lze při jejich zpracování obtížně upnout tak, aby nedošlo k jejich částečné deformaci. Bezpečně je lze upnout na upínací desku, vyrobenou ze spékaného kovu (bronzu), která je porézní (cca 1 300 malých otvorů na cm^2). Upínané předměty by měly mít hladkou rovnou plochu, aby byly co nejmenší ztráty způsobené netěsnostmi.



Obr. 12.23 Upínací desky se dodávají v několika velikostech

Vakuum se přivádí do spodní části desky. Hodnota vakua určuje velikost vyvozené síly a může dosáhnout až hodnoty $F = 4,5 \text{ N/cm}^2$ při vakuu $p = -90 \text{ kPa}$. Funkční plocha upínací desky je velmi přesně obrobena. Tolerance rovnoběžnosti je menší než $0,03 \text{ mm}$, tolerance rovinnosti menší než $0,015 \text{ mm}$.



Obr. 12.24 Upínací deska pro přesné a spolehlivé upnutí tenkých předmětů

Vakuové filtry

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. 12.25 Vakuové filtry pro různý objem průtoku nasávaného vzduchu

Vakuové snímače

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)

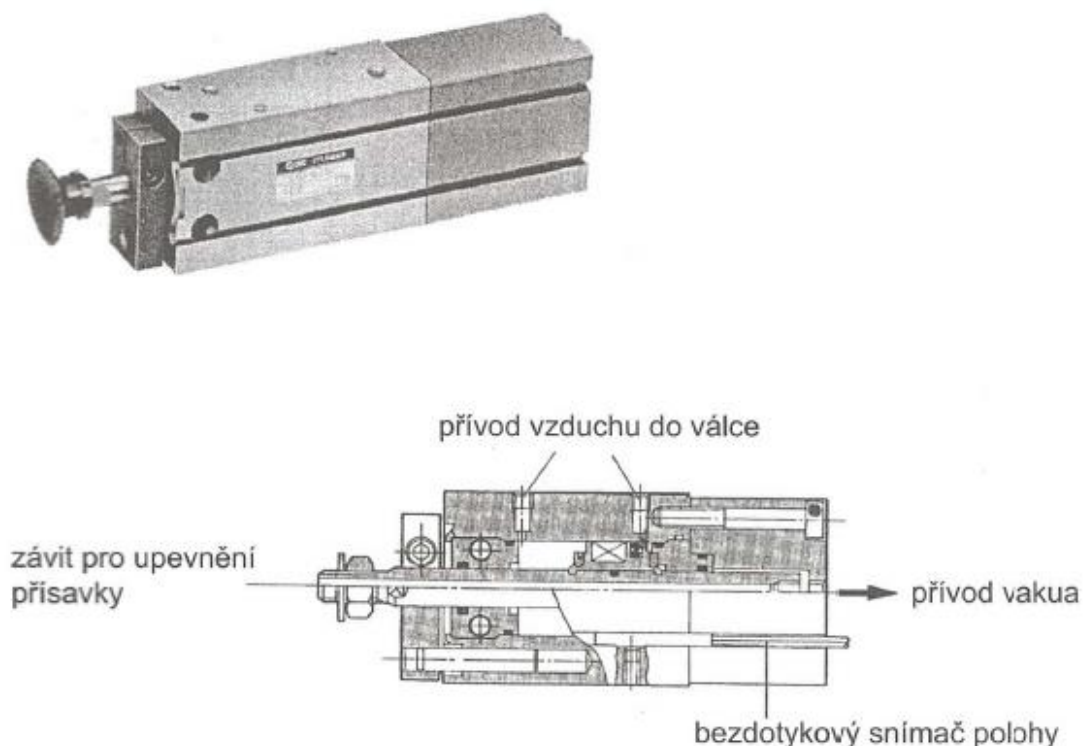
Funkce většiny vakuových snímačů je zajištěna elektronickými obvody. Tyto snímače mají malou, často nastavitelnou hysterezi, velkou přesnost sepnutí v nastaveném bodu a dlouhou životnost. Nastavitelná hystereze sepnutí je výhodná zejména při manipulaci s porézními materiály různé hustoty. Existují v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



Obr. 12.26 Různá provedení vakuových snímačů

Pneumatický válec s průchozí dutou pístnicí

Tyto pneumatické válce mají vrtanou průchozí pístnici. Na zadní víko válce je přišroubován nástavec s otvorem se závitem pro připojení na zdroj vakua. Mezi styčné plochy válce a nástavce je vloženo těsnění. Na vnější závít pístnice se našroubuje pevný držák se zvolenou přísavkou. Po vysunutí pístnice se přísavka dotkne povrchu manipulovaného předmětu a aktivuje se zdroj vakua. Musí se počítat s delším časem pro dosažení potřebného vakua, protože se musí kromě objemu přísavky také odsát objem pístnice a nástavce. Po dosažení potřebné hodnoty vakua se pístnice válce zasune a manipulovaný předmět se zvedne do výšky, dané zdvihem pneumatického válce. K přísavce nevede hadice, která by se současně s ní pohybovala. Pístnice pneumatického válce je zajištěna proti pootočení, takže je zaručena přesná poloha manipulovaného předmětu při jeho uchopení a uvolnění. Snímače polohy upevněné v drážkách tělesa pneumatického válce jsou zdrojem signálu pro elektronickou řídicí jednotku. Pneumatický válec v tomto provedení tvoří prakticky osu manipulátoru.

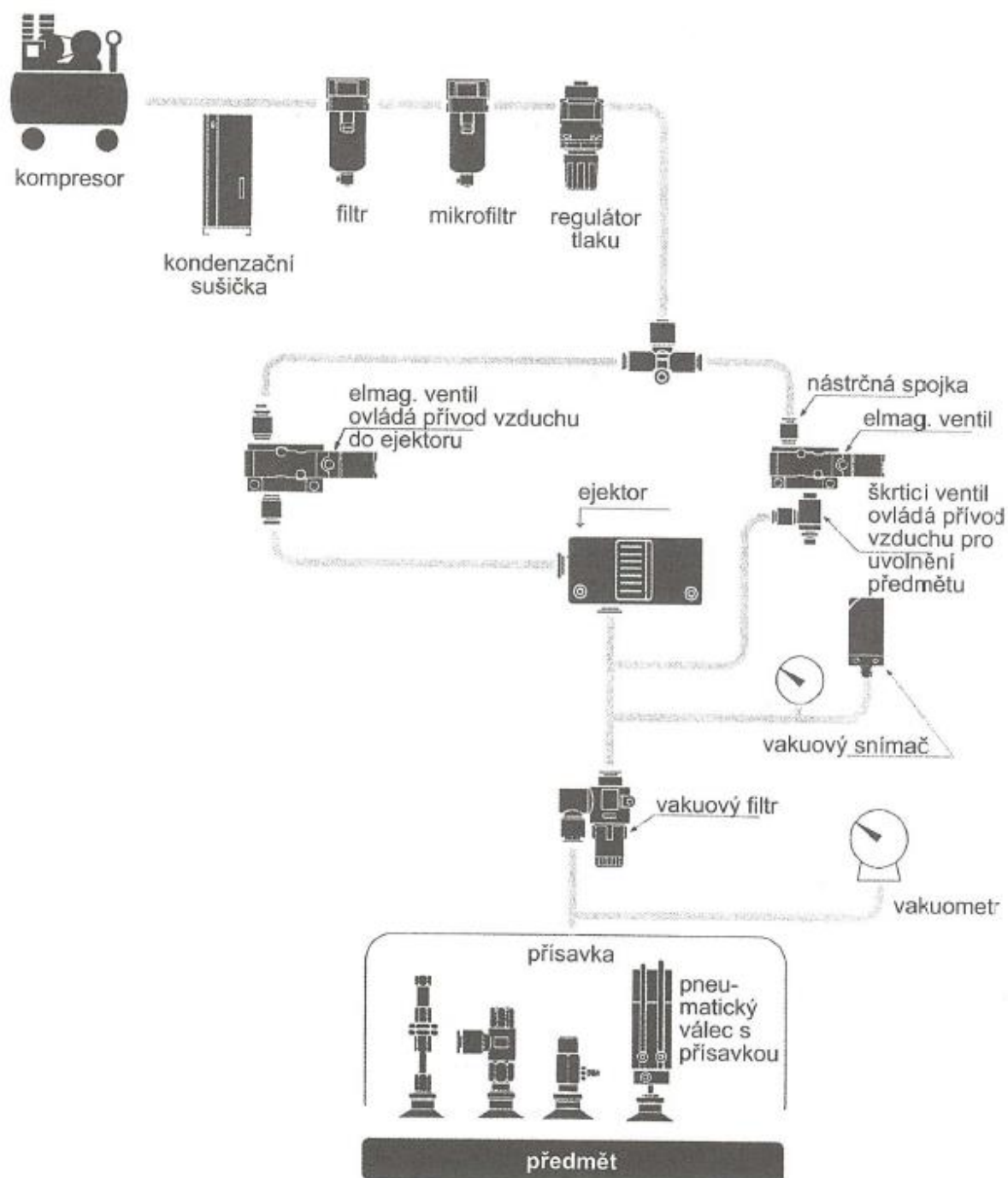


Obr. 12.27 Podélný řez pneumatickým válcem s vrtanou průchozí pístnicí

Skladba a řízení zdroje vakua

Při projektování obvodů zdrojů a řízení vakua je v praxi možné zvolit jedno ze tří základních řešení:

- **projekt a realizace zdroje a řízení vakua ze samostatných prvků**
 klady: volnost při plošném a prostorovém uspořádání samostatných prvků
 zápory: časová náročnost montáže, prostorově náročné řešení



Obr. 12.28 Obvod se zdrojem a řízením vakua, sestavený ze samostatných prvků

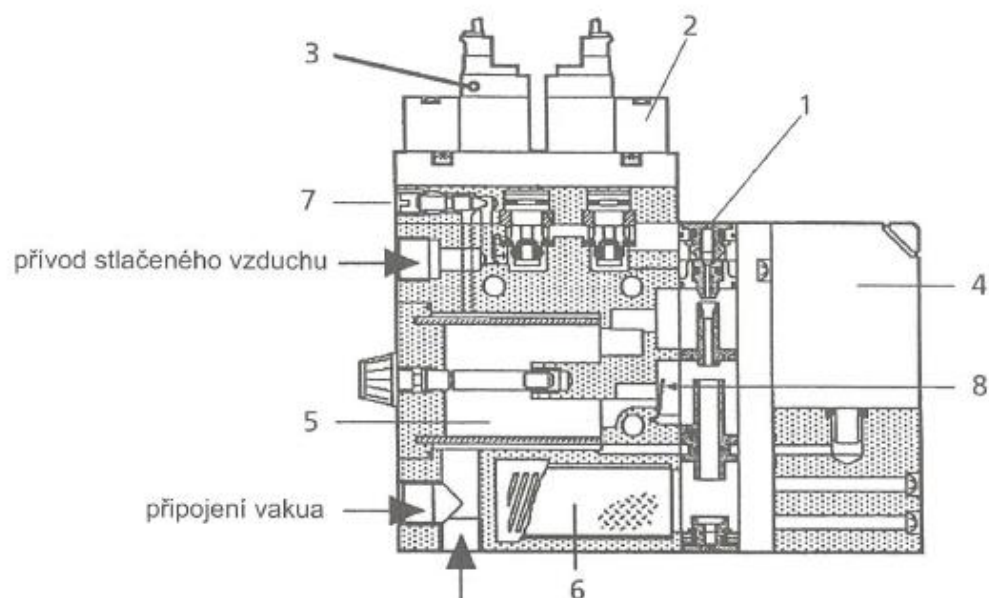
Zdroj vakua sdružený do funkčního bloku

Ejektory mají poměrně vysokou spotřebu energie - stlačeného vzduchu. Je-li zvolen správný výkon ejektoru a stlačený vzduch je do jeho trysky pouštěn jen při jeho potřebě, není průměrná spotřeba energie ejektoru vyšší než spotřeba trvale poháněné mechanické vývěvy.

K dispozici jsou zdroje vakua, složené z jednotlivých modulů do funkčních bloků. Na obr. 12.11 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 škrticí 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. 12.11 Funkční blok zdroje vakua s vestavěným spínačem vakua