



# Az ipari automatizálás alapjai

A sűrített levegő és felhasználása



Expertise – Passion – Automation

Vákuum

## Előszó

Az ipari automatizálás különféle rendszereket és elemeket kombinál. A mechanizmusok mozgását és erő kifejtését általában a mechanikus, elektromos, hidraulikus és pneumatikus elemek biztosítják. A pneumatikus elemek egyszerű kialakításuk, gyakorlati felhasználásuk, kedvező ár-érték arányuk, biztonságos működésük és alacsony környezeti hatásuk miatt elterjedtek, szinte minden iparágban alkalmazhatóak.

A pneumatikus elemek használata elterjedt az új, progresszív iparágakban, de megtalálhatóak a már meglévő iparágakban is, mint például a gép-, élelmiszer-, autó- és elektrotechnikai iparban. A korszerű technológiákban való alkalmazás példája a félvezetők és az integrált áramkörök gyártása, ahol a pneumatikus elemeket minden gyártási szakaszban használják. Az SMC folyamatosan új elemeket fejleszt, hogy megfeleljen az iparágak növekvő és gyorsan változó igényeinek.

A műszaki tudományágak gyors fejlődése az új technológiai ismeretek folyamatos bővítését és elmélyítését igényli. A folyamatos képzés során szerzett megfelelő tudás előfeltétele a pneumatikus alkatrészek biztonságos és gazdaságos használatának.

Ez a könyv a pneumatikus elemek felépítésének és használatának alapjaival foglalkozik. A tananyag megfelel a technika mai állásának, és érthető módon magyarázza a pneumatikus rendszerek alapelveit és törvényeit. Áttekintést ad a használt szimbólumokról és azok használatáról a pneumatikus rendszerek ábráin. A könyv teljes tartalma függetlenül tanulmányozható az oktató magyarázata nélkül.

A szerzői kollektíva

# Tartalom

<b>12. Vákuum</b>	<b>263</b>
Fizikai alapok	263
<b>A vákuum definíciója</b>	<b>264</b>
A vákuum nagyságának kifejezéséhez használt mértékegységek	265
<b>A vákuum létrehozása, kezelése és használata</b>	<b>266</b>
Mechanikus vákuumszivattyúk	266
Sugárszivattyúk - ejektorok	267
Egyfokozatú vákuumejektor	267
Többfokozatú vákuumejektor	268
A vákuumejektor általános paraméterei	270
A vákuumforrás egy blokkszerelvénybe összeépítve	271
<b>Vákuumkorongok</b>	<b>273</b>
A vákuumkorongok formái	273
A vákuumkorongok rögzítése	275
A vákuumkorongok anyaga	276
<b>Vákuumszűrő</b>	<b>279</b>
<b>Vákuumérzékelő</b>	<b>279</b>
<b>A vákuumrendszerek felépítése és vezérlése</b>	<b>281</b>
<b>Vákuumrendszerek tervezése</b>	<b>284</b>
Közös vagy önálló vákuumforrások	284
<b>A vákuumkorong méretének meghatározása</b>	<b>287</b>
<b>A kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges idő kiszámítása</b>	<b>291</b>

## 12. Vákuum

### 12. Vákuum

A vákuumot olyan alkatrészek mozgatására használják, amelyeket nagyon körülményes vagy egyáltalán nem lehet mechanikus megfogókkal megfogni. A vákuum tulajdonságait fel lehet használni olyan tárgyak megfogására is, melyek más módszerek alkalmazása esetén megsérülhetnek. Elsősorban olyan alkatrészek megfogására használják, melyeknek szilárd, tömör szerkezetük van és a vákuumkoronggal érintkező felületük sima, valamint a vákuum alkalmazási lehetőségeinek megfelelő méretűek és súlyúak. Ezeknek a feltételeknek a teljesülése esetén számos iparágban használható a vákuumtechnológia, pl. az autóiparban, az orvostechikai eszközök gyártásában, a csomagológépekben, az elektronikai és élelmiszeriparban, és egyéb más ágazatokban egyaránt. A vákuumot néha légüres térnek vagy negatív nyomásnak is nevezik.

Ebben fejezetben a vákuum fizikai alapjait tárgyaljuk, ismertetjük a vákuum előállításának eszközeit, a vákuum ellenőrzésére és mérésére szolgáló műszereket, a vákuumkorongok különböző formáit és kiviteleit, méreteik meghatározását, valamint pneumatikus kapcsolásokban való alkalmazásukat.

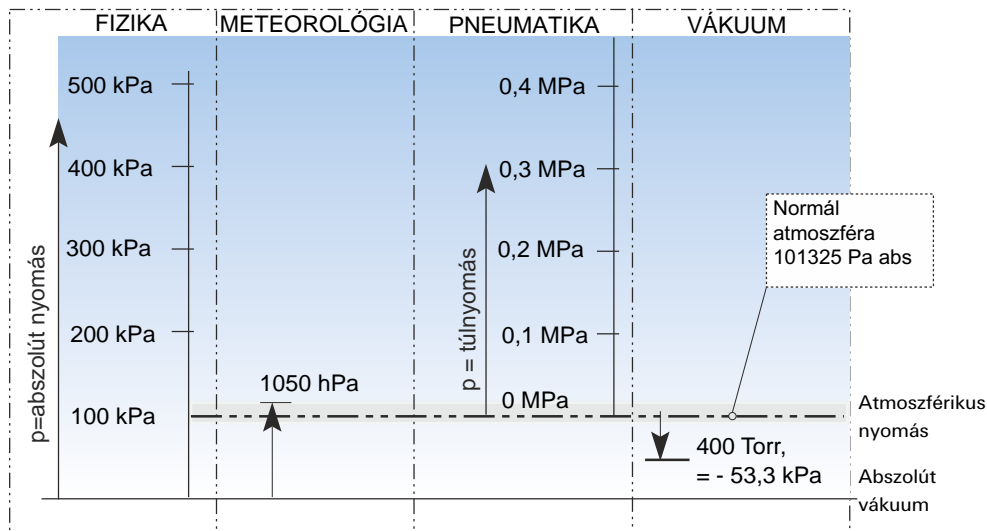
A fejezet nem foglalkozik azokkal az ágazatokkal, amelyek az abszolút nullához közeli, nagy vákuumot használnak. A nagyon nagy vákuumot (akár 10-13 Torr) elsősorban a kutatásban (pl. a genfi CERN intézet részecskegyorsítójában), felületkezelésre és az elektronikai iparban, pl. a chipgyártásban használják. Az általunk vizsgált vákuum az elméletileg elérhető vákuumérték legfeljebb 90%-át éri el, melynél vákuumkorongok segítségével, viszonylag kevés energiával lehet különböző tárgyakat megfogni és felemelni. Ezt a vákuumtartományt gyakran „ipari vákuumnak” nevezik.

### Fizikai alapok

A földgolyó felszínét egy gázkeverékből álló réteg veszi körül, amelyet atmoszférának vagy hétköznapi szóval levegőnek hívunk. A levegő nyomása (atmoszferikus nyomása) nem állandó. A tengerszint feletti magasság növekedésével csökken, és az időjárási hatások is befolyásolják (magasabb/alacsonyabb légnyomás). A légköri nyomás a körülöttünk lévő levegő tömege. Tengerszinten, normál körülmények között 101 325 Pa (1013,25 mbar). A tengerszint felett minden 100 méterrel, a légnyomás körülbelül 1%-kal csökken. Ez egészen 2000 m tengerszint feletti magasságig érvényes. A Mount Everest hegység csúcsán (8 848m) az atmoszferikus nyomás értéke körülbelül 33 000 Pa (330 mbar). 1000 km-es magasságban az atmoszferikus nyomás szinte egyenlő a nullával.

## 12. Vákuum

Abszolút nyomásnak ( $p_{abs}$ ) hívjuk azt az állapotot, amely az abszolút vákuum határához közeli. Vákuumnak hívjuk azt a nyomást, amelynek referenciapontja az atmoszferikus nyomás. A túlnyomástól való megkülönböztetéshez a vákuum értéke elé egy mínusz előjelet teszünk (pl. -53,3 kPa). A 12.1. ábra mutatja a különböző szakterületeket és a gyakorlatukban használt nyomásmérési egységeket. Mindegyik feltüntetett egység – az abszolút nyomáson kívül - az atmoszferikus nyomáshoz van viszonyítva  $p$  ( $p = 101\,325\text{ Pa}$ ;  $0,101325\text{ MPa}$ ).

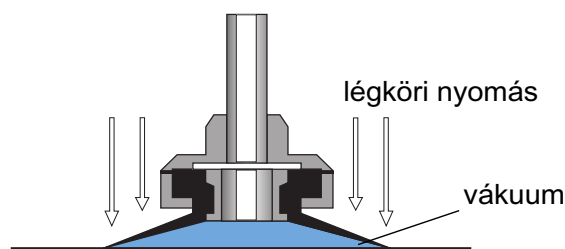


12.1 ábra A különböző területeken a nyomás mérésére használt egységek

### A vákuum definíciója

A DIN 28400-as szabvány szerint a vákuum meghatározása a következő: „A vákuum olyan gázállapot, amely kisebb sűrűségű, mint a földfelszíni légkör. Vákuumnak nevezhetjük azt a gázállapotot, amelynek nyomása kisebb, mint az atmoszferikus nyomás.”

Egy zárt edényben a légköri nyomás alá csökkentett nyomás (vákuum) ugyanolyan helyzeti energiával rendelkezik, mint az edényben ugyanarra az értékre, a légköri nyomás fölé emelt nyomás (túlnyomás). A vákuumkorongokat nem nyomják rá a felületre (a megfogandó tárgyra), hanem a légköri nyomás préseli őket hozzá.



12.2 ábra A vákuumkorong és a felület közötti kapcsolat

## 12. Vákuum

### A vákuum nagyságának kifejezésére használt mértékegységek

	név	jel	átváltás
a nyomás új mértékegységei	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m
	kilopascal	kPa	1 kPa = 1.000 Pa = 10 mbar
a nyomás régi mértékegységei	bar	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 0,1 MPa
	millibar	mbar	1 mbar = 10 <sup>-3</sup> bar = 100 Pa
	Torr vagy higanymilliméter	Torr vagy mm Hg	1 Torr = 133,3224 Pa (1 bar = 750 Torr)
	kilopond/négyzetcentiméter	kp/cm <sup>2</sup>	1 kp/cm <sup>2</sup> = 98.066 Pa = 0,981 bar
	vízoszlop méter	m H <sub>2</sub> O (mWS)	1 m H <sub>2</sub> O = 98.066 Pa = 0,981 bar

12.3 táblázat A vákuum nagyságának kifejezésére használt mértékegységek

Az alkatrészek mozgatása során használt vákuum értékét általában kPa, millibar vagy Torr egységekben fejezik ki, vagy vákuum százalékban van megadva. A 12.4-es ábra a legfontosabb mértékegységek összehasonlítását mutatja, melyek vagy a normál atmoszferikus légnyomásra (101,3 kPa) vagy az abszolút vákuumra vonatkoznak.

normál atmoszferikus	vákuum	kPa	mbar	Torr (mmHg)	Torr (mmHg)
nyomás	0%	0	0	0	760
	10%	- 10,1	- 101	- 76	684
	20%	- 20,3	- 203	- 152	608
	30%	- 30,4	- 304	- 228	532
	40%	- 40,5	- 405	- 304	456
	50%	- 50,7	- 507	- 380	380
	60%	- 60,8	- 608	- 456	304
	70%	- 70,9	- 709	- 532	228
	80%	- 81,1	- 811	- 608	152
	90%	- 91,2	- 912	- 684	76
abszolút vákuum	100%	- 101,3	- 1013	- 760	0

12.4 táblázat Különböző mértékegységek összehasonlítása

## 12. Vákuum

### A vákuum létrehozása, kezelése és használata

Az atmoszferikus levegő nyomásának csökkentéséhez, vagyis a vákuum eléréséhez mechanikus vákuumszivattyúkat vagy vákuumejektort használnak.

#### Mechanikus vákuumszivattyúk

A legtöbb esetben a mechanikus szivattyúkat elektromos motorok hajtják, és ugyanazon a működési elven dolgoznak, mint a kompresszorok. A tér, amelyben vákuumot akarunk elérni, a szivattyú szívóoldalához kapcsolódik. Ebből a térből egy bizonyos mennyiségű levegőt elszívunk, és az a vákuumszivattyú kipufogóján keresztül az atmoszférába kerül. Ha a levegő nyomása az adott térben az atmoszferikus nyomás alá csökken, akkor azt vákuumnak hívjuk. A 12.5. táblázat felsorolja a használt mechanikus vákuumszivattyúk előnyeit és hátrányait.

vákuumforrás	előnyök	hátrányok
elszívó ventilátor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a mozgó részek kis száma</li> <li>- nagy mennyiségű kiszívott levegő</li> <li>- alacsony energiafogyasztás</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alacsony vákuum (max.-50 kPa)</li> <li>- hosszú felgyorsulás és lelassulás</li> <li>- magas zajszint</li> </ul>
dugattyús vákuumszivattyú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alacsony vételár</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kis mennyiségű kiszívott levegő</li> <li>- melegedés</li> </ul>
membrános vákuumszivattyú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alacsony vételár</li> <li>- kompakt forma és méretek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- magas zajszint</li> </ul>
csúszólapátos vákuumszivattyú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nagy vákuum</li> <li>- nagy mennyiségű kiszívott levegő</li> <li>- alacsony zajszint</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- érzékeny a levegőminőségre, szennyeződésekre</li> <li>- magas vételár</li> <li>- sok karbantartási igény</li> <li>- melegedés</li> </ul>
Roots vákuumszivattyú	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nagy mennyiségű kiszívott levegő</li> <li>- alacsony karbantartási igény</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- magas vételár</li> <li>- melegedés</li> <li>- magas zajszint</li> </ul>

12.5 táblázat Mechanikus vákuumszivattyúk tulajdonságai



## 12. Vákuum

### Sugárszivattyúk - ejektorok

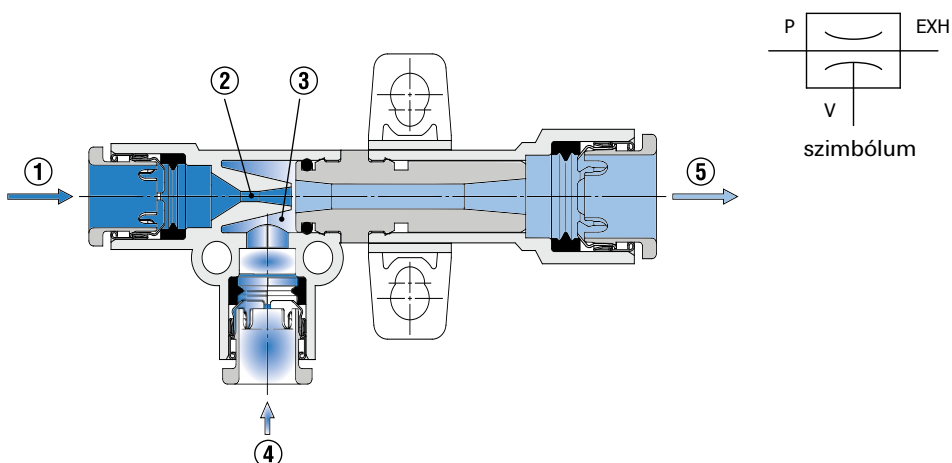
A mechanikus vákuumszivattyúk alternatív megoldásaként szolgálnak a sugárszivattyúk - ejektorok, melyek a Venturi-elv alapján működnek. Elsődleges energiaforrásuk a sűrített levegő, amely a vákuumejektor fúvókájába kerül bevezetésre. A Venturi-csövek száma szerint a vákuumejektorokat egy- és többfokozatú ejektorokra oszthatjuk. 0,5 Mpa légnyomás mellett a vákuumejektor fúvókájában akár – 88 kPa vákuum is elérhető.

A vákuumejektor előnyei a mechanikus vákuumszivattyúkkal szemben:

- nem igényelnek karbantartást
- egyszerű szerelés és variálhatóság
- üzemelés közben nem melegszik
- energiatakarékosság (csak aktív üzemi állapotban fogyaszt energiát)
- kompakt méret, kis tömeg
- akár robbanásveszélyes környezetben is használható (bizonyos elemeket földelni kell)
- a vákuumkorongot közvetlenül a vákuumejektorra is lehet csatlakoztatni – a szükséges vákuum gyors elérése érdekében
- a vákuum értéke az ejektorba vezetett levegő nyomásával szabályozható

### Egyfokozatú vákuumejektor

A sűrített levegő a vákuumejektor (1) bemeneti nyílásába van vezetve. A fúvóka (2) összehúzó keresztmetszetében megnövekszik a levegő áramlási sebessége, ami a fúvóka kimeneténél lévő térből (3) magával ragadja és magával viszi a légrézecskeket. A térben (3) lecsökken a nyomás és a nyíláson (4) keresztül levegő kerül a kamrába (3). A fúvókából (1) érkező légáram a torokból (4) származó levegővel együtt vagy közvetlenül, vagy egy beépített hangtompítón keresztül a légkörbe távozik az ejektor kimenetén (5). Az egyes ejektorokból származó levegő egy közös hangtompítóba, majd onnan a légkörbe vezethető (12.8 ábra).

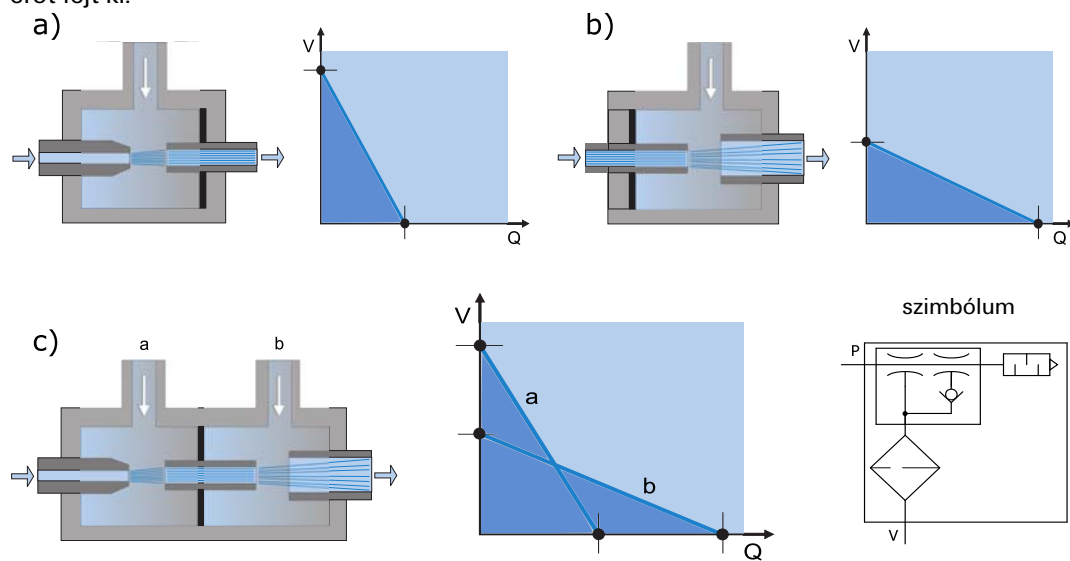


12.6 ábra Egyfokozatú vákuumejektor

## 12. Vákuum

### Többfokozatú vákuumejektor

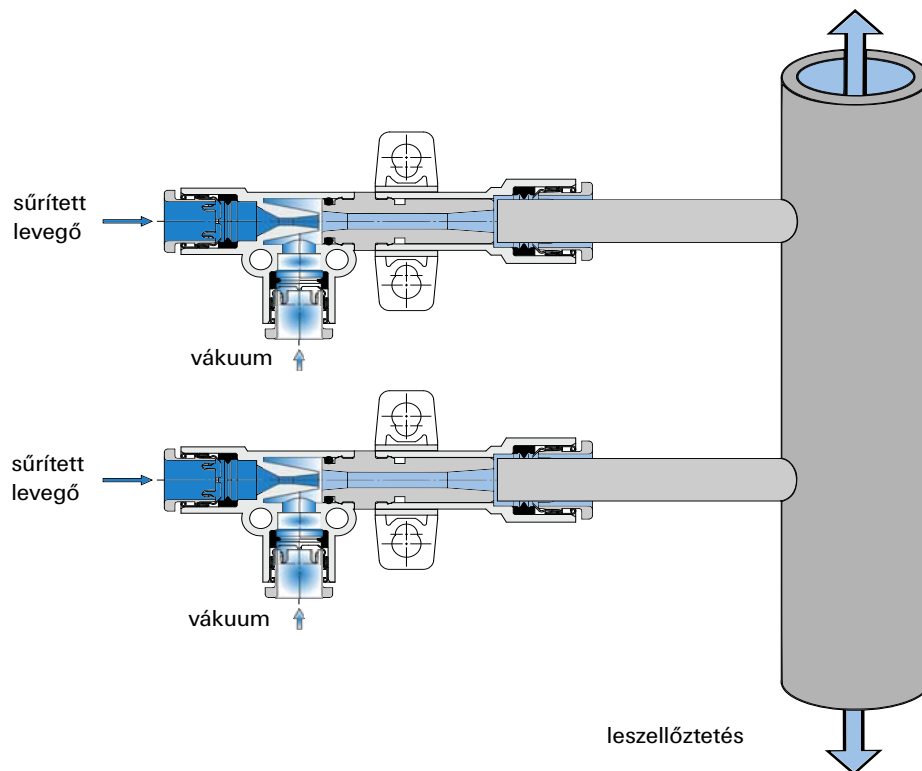
A többfokozatú vákuumejektorokban kettő vagy több Venturi-cső helyezkedik el egymás után. Mindegyik Venturi-csőnek megvan a maga, speciális funkciója. A 12.7a ábra szerint elrendezett vákuumejektor nagy vákuumot (V) épít fel, viszont kis mennyiségű levegőt (Q) szív be. A 12.7b ábra szerint elrendezett vákuumejektor nagy mennyiségű levegőt (Q) szív be, viszont kis vákuumot (V) alakít ki. A 12.7c ábrán látható kétfokozatú ejektor mindkét, előbb említett vákuumejektor tulajdonságait kihasználja, és a beszívott levegő térfogata 40 %-kal megnövekedett. A háromfokozatú vákuumejektoroknál a beszívott levegő térfogata akár 250 %-kal is megnőhet. A vákuumkorong gyorsan és biztonságosan az alkatrészhez tapad és nagy erőt fejt ki.



12.7 ábra Többfokozatú vákuumejektor

## 12. Vákuum

Az egy- vagy többfokozatú vákuumejektorból kiáramló levegőt egy közös csőbe lehet vezetni, vagy a vákuumejektor testében levő hangtompítón keresztül az atmoszférába fújni. Fontos, hogy a vákuumejektorból történő levegő kifúvásakor, a cső ellenállása következtében ne alakuljon ki ellennyomás, amely csökkentené az elért vákuumot és a beszívott levegő mennyiségének értékét. Biztosítani kell tehát, hogy a levegő elvezetésére használt csőnek vagy tömlőnek megfelelően nagy keresztmetszete legyen, és hogy a hangtompítók képesek legyenek a szükséges mennyiségű levegőt leszellőztetni.



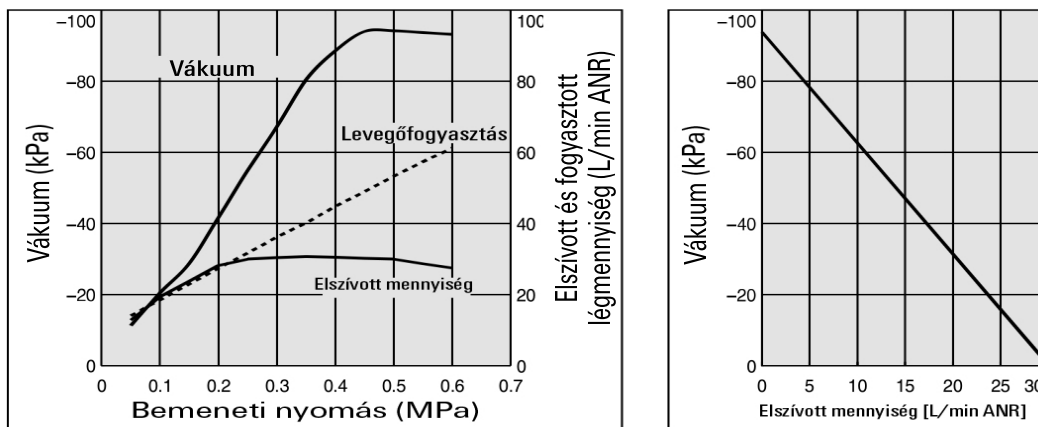
**12.8 ábra** A kifújt levegő közös elvezetése az ejektorokból

## 12. Vákuum

### A vákuumejektor általános paraméterei

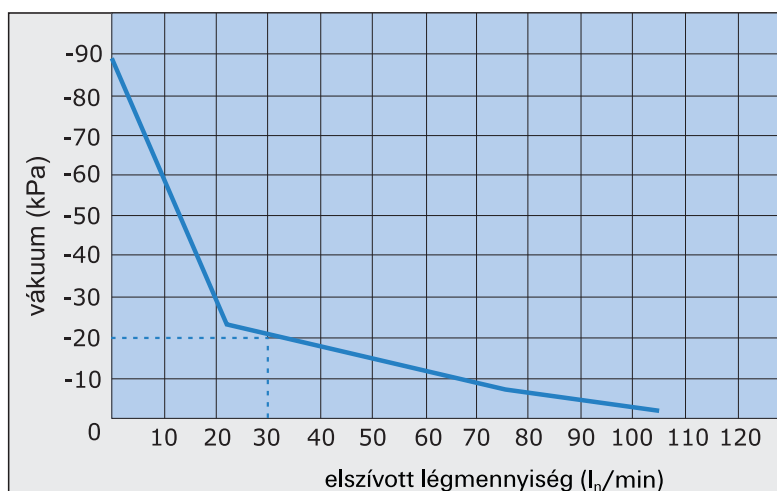
A műszaki dokumentáció megadja az ejektorok alapvető paramétereit, azaz az elérhető vákuum, a fúvókában lévő légnyomás és a beszívott levegő mennyisége közötti összefüggéseket, diagramokban kifejezve. A vákuumejektor, melynek paraméterei a 12.9-es diagramon vannak feltüntetve, a fúvókában 0,2 – 0,6 MPa közötti légnyomással üzemel és az optimális üzemi nyomása 0,45 MPa.

A vákuumejektor fúvókájának légnyomásával vezérelni tudjuk az elérni kívánt vákuum értékét. Ha a levegő nyomása nagyobb, mint 0,6 MPa, akkor megszakad a levegő áramlása, a vákuumejektor abbahagyja a levegő beszívását és ezzel a vákuum előállítását.



12.9 ábra A  $d=1,0$  mm átmérőjű fúvókával rendelkező vákuumejektor paramétereinek jellemzői

A 12.10-es ábrán az elért vákuum értéke látható a többfokozatú vákuumejektor által beszívott levegő mennyiségének függvényében. Ha megnövekszik a beszívott levegő mennyisége (pl. a vákuumkorongok nem megfelelő tapadásakor vagy érdes anyagokkal történő érintkezéskor), akkor csökken az elért vákuum értéke.



12.10 ábra A többfokozatú vákuumejektor jellemzői,  $p = 0,4$  MPa állandó légnyomásnál

## 12. Vákuum

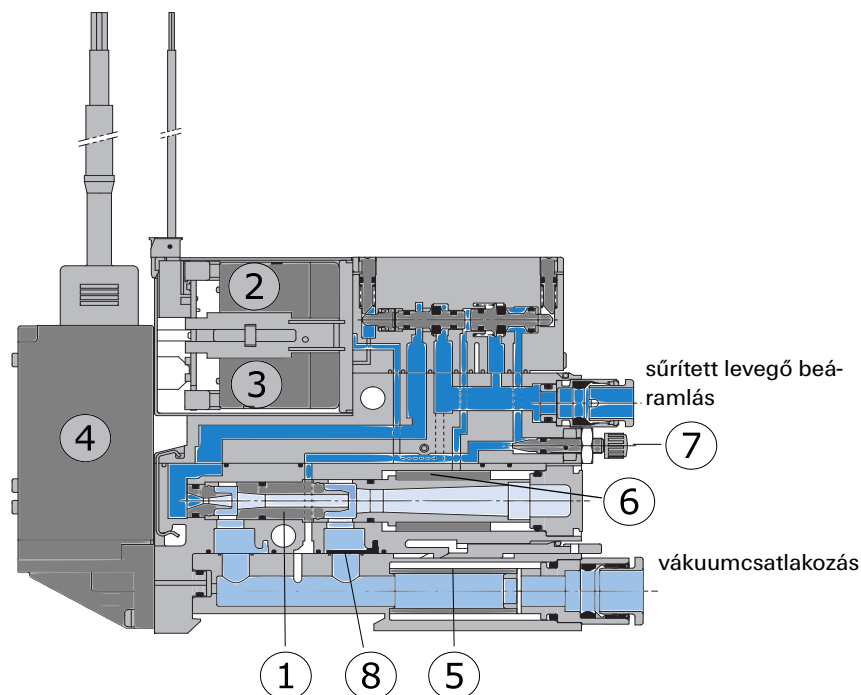
### A vákuumforrás egy blokkszerelvénybe összeépítve

A vákuumejektoroknak viszonylag magas az energiafogyasztásuk (sűrített levegő). Ha megfelelő teljesítményű vákuumejektort választunk, és a sűrített levegő a fúvókába csak akkor van beengedve, amikor az szükséges, akkor a vákuumejektor átlag energiafogyasztása nem magasabb, mint a folyamatosan leterhelt, mechanikus vákuumszivattyúké.

Léteznek olyan vákuumforrások, melyek moduljai egy blokkba vannak összeépítve. A 12.11-es ábrán olyan moduláris ejektor metszete látható, amelyet a következő részek alkotnak: kétfokozatú vákuumejektor (1), levegőbevezető mágnesszelep az ejektorfúvókához (2), tárgykioldó szelep (3), vákuumérzékelő (4), amely a kívánt vákuum elérésekor jelet ad, a beszívott levegő szűrője (5) és egy hangtompító (6) ahhoz a légmennyiséghez, ami a vákuumejektoron keresztül a rendszerből távozik.

A blokk részét képezi továbbá egy fojtószelep (7), a tárgyak lefújásához szükséges levegőmennyiség beállításához. A vákuumejektor fokozatai között levő visszacsapó szelep (8) rugalmas anyagból készül. A vákuumejektor mindkét fokozatán keresztül nagy mennyiségű levegőt szív be. Amint a vákuumszűrő kamrájában a vákuum nagyobb, mint az ejektor második fokozatának kamrájában, ez a szelep bezár.

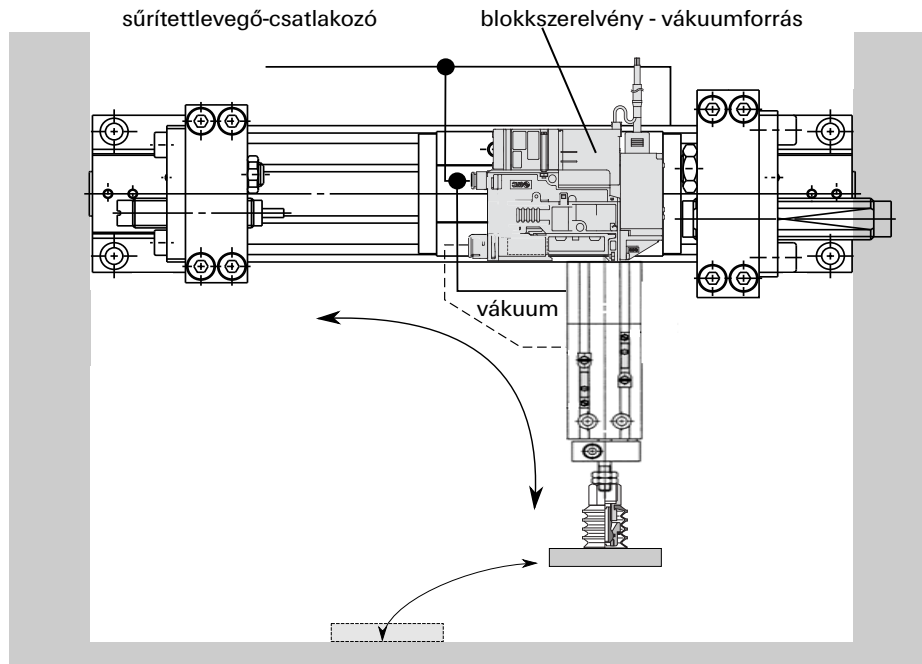
A maximális vákuumszint eléréséhez csak az első, kisebb átmérőjű Venturi-csővel ellátott fokozat marad üzemben.



12.11 ábra A vákuumforrás blokkszerelvénye, beépített vákuumkapcsolóval

## 12. Vákuum

A kompakt forma, a kis méret és súly lehetővé teszi, hogy ezeket a funkcióblokkokat vákuumforrásként a felhasználási helyhez, azaz a vákuumkoronghoz a lehető legközelebb szereljék fel. Ez biztosítja a rövid reakcióidőt mind a szívás, mind a teher elengedése esetén.



12.12 ábra A vákuumforrás blokk szerelvénye manipulációs rendszerbe integrálva

## 12. Vákuum

### Vákuumkorongok

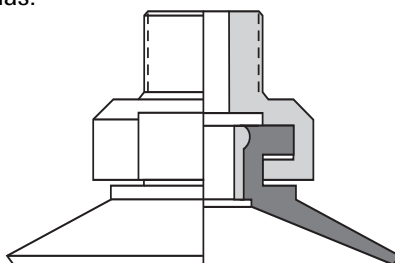
A tárgyak megfogására használt vákuumkorongoknak különböző formái, méretei érhetőek el, és különböző anyagokból készülhetnek.

#### A vákuumkorongok formái

A manipulált tárgytól függően a vákuumkorongok négy, általános formája közül választhatunk.

#### Lapos vákuumkorong

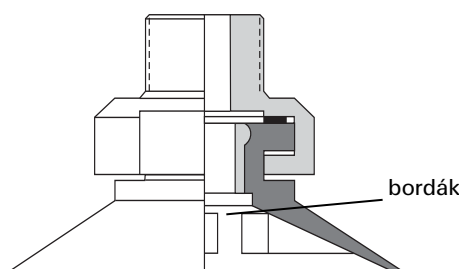
A lapos vákuumkorong a szilárd anyagból készült, sima és egyenes felülettel rendelkező tárgyak megfogására alkalmas.



12.13 ábra Lapos vákuumkorong

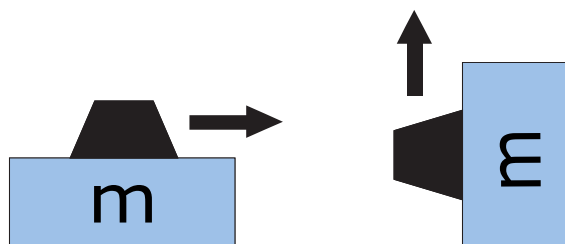
#### Lapos, bordázott vákuumkorong

Olyan hajlékony anyagokból készült tárgyak (papír, különböző fóliák) megfogásához ajánlott, amelyeket a lapos vákuumkorongban lévő vákuum deformálhat (beszívja és meggyűri).



12.14 ábra Lapos, bordázott vákuumkorong

A lapos, bordákkal ellátott vákuumkorong használata akkor is ajánlott, ha az erőt a vákuumkorong tengelyére merőlegesen (a tapadókorong felületével párhuzamosan) kell alkalmazni. A vákuumkorong belsejében lévő támasztó bordák merevek, és növelik az erő átviteléhez szükséges felületet a korong és a tárgy között.

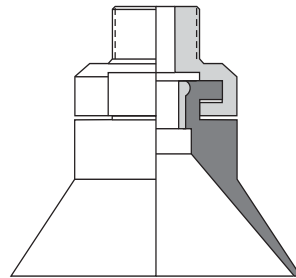


12.15 ábra Erőhatás a vákuumkorong tengelyére merőlegesen

## 12. Vákuum

### Mély vákuumkorong

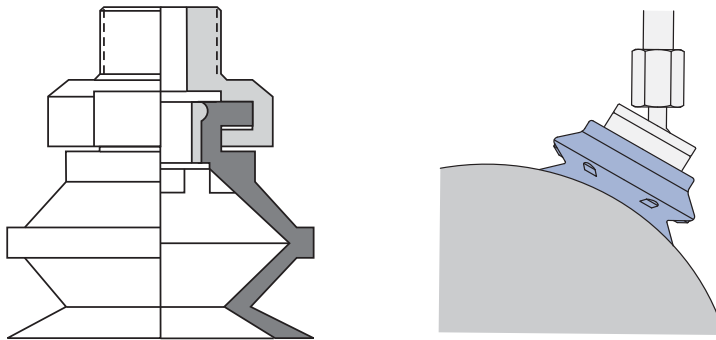
A mély vákuumkorong alkalmas lekerekített felületű (íves, gömb alakú) tárgyak megfogására.



12.16 ábra Mély vákuumkorong

### Harmonikás vákuumkorong

A harmonikás vákuumkorongok alkalmazkodnak a kezelendő tárgy felületének különböző ferdeségéhez vagy kisebb magasságkülönbségeihez. A szükséges vákuum elérésekor a tárgy felemelkedik. Ez a tengelyirányú elmozdulás bizonyos alkalmazásokban helyettesítheti a rugózott szárú vákuumkorong-adaptereket. Nem alkalmasak ugyanakkor tárgyak pontos elhelyezésére, mivel kis oldalirányú merevséggel rendelkeznek.



12.17 ábra Harmonikás vákuumkorong



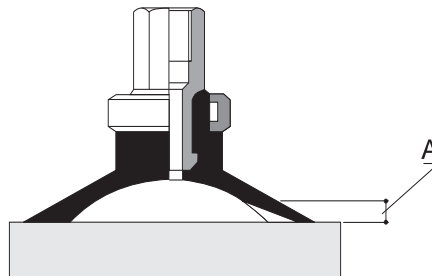
## 12. Vákuum

### A vákuumkorongok rögzítése

#### Vákuumkorong merev szárral

A merev felfogatású vákuumkorong a manipulált tárgyat egy pontosan meghatározott helyzetben fogja meg és ugyancsak egy pontosan meghatározott helyzetben engedi el. A szár egyszerű szerkezetéből kifolyólag ez a vákuumkorongok legolcsóbb rögzítési módját jelenti.

A vákuumkorongnak a vákuum aktiválása előtt finoman hozzá kell érnie a manipulált tárgy felszínéhez. Ha a manipulátor tengelye hosszabb vagy a manipulált tárgy felületén magasságkülönbségek vannak („A” méret a 12.18. ábra szerint), akkor ezek deformálják a vákuumkorong éleit, túlzott elhasználódáshoz vezetnek és lényegesen csökkentik az élettartamát.

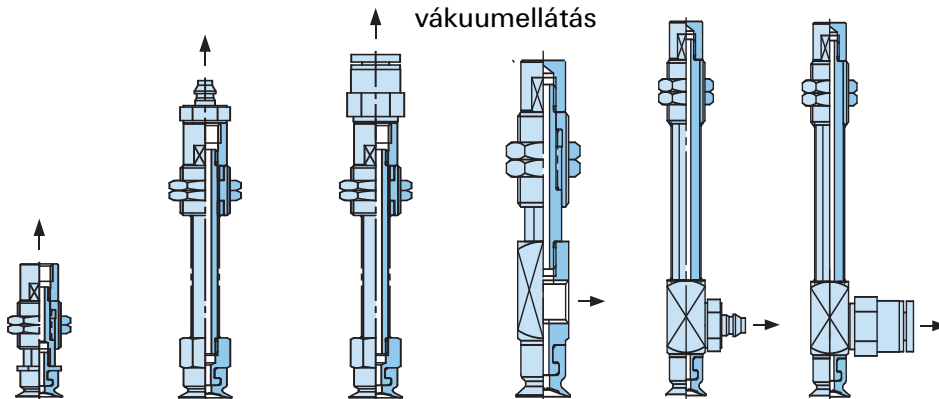


12.18 ábra Vákuumkorong merev tartóval

#### Vákuumkorong rugózott szárral

A vákuumkorongnak rugózott szárral történő rögzítése lehetővé teszi a manipulált tárgy felületi magasságkülönbségeinek kompenzálását. A manipulátornak nem szükséges előre meghatározott vég helyzettel rendelkeznie. A vákuumkorongoknak a felülethez állandó erővel történő hozzányomása csökkenti az elhasználódást, így növelve az élettartamot. Az elfordulás elleni védelemmel ellátott rugózott szár biztosítja a manipulált tárgy pontos helyzetét annak megfogásakor és elengedésekor is.

vákuumellátás tengelyirányban      a vákuumkorong tengelyére merőleges  
vákuumellátás



12.19 ábra Példák a rugózott szárú vákuumkorong használatára

## 12. Vákuum

### A vákuumkorongok anyaga

A vákuumkorongokhoz leggyakrabban NBR anyagot használnak (NBR – nitrilbutadien kaucsuk), mely árát tekintve kedvező és minden követelménynek megfelel. A poliuretánból (PU) készült vákuumkorongoknak hasonló tulajdonságaik vannak, mint az NBR-ből készült vákuumkorongoknak és kisebb az elhasználódásuk is. Félig átlátszó, tejes színezettségű anyag a szilikonkaucsuk (SI). Gyakran használják az élelmiszeriparban és a nagyon finom felületű alkatrészek manipulációjánál, pl. a CD lemezeknél. A viton (FKM vagy FPM) olyan anyag, amely ellenáll a hőnek és az olajnak. Az elektronikai alkatrészek gyártásánál rendelkezésre állnak olyan vákuumkorongok, amelyeknek anyaga vezeti az elektromos áramot. Ez lehetővé teszi a nagyon érzékeny elektronikai alkatrészekkel történő manipulációt anélkül, hogy elektrosztatikus töltés hatna rájuk.

megjegyzés a táblázathoz: „OK” - az anyag ellenálló, meghatározott feltételek mellett

tulajdonság ► ▼ anyag	keménység Shore HS (+/- 5°)	üzemi hőmérséklet- tartomány (°C)	olajállóság (benzin)	olajállóság (benzol)	lúgállóság	savállóság
NBR	50°	0 - 120	OK	NEM	IGEN	IGEN
szilikon	40°	-30 - 200	NEM	NEM	IGEN	NEM
uretán	60°	0 - 60	OK	NEM	NEM	NEM
viton	60°	0 - 250	OK	OK	NEM	OK
vezető NBR	50°	0 - 100	IGEN	NEM	IGEN	NEM
vezető szilikon	50°	-10 - 200	NEM	NEM	IGEN	NEM

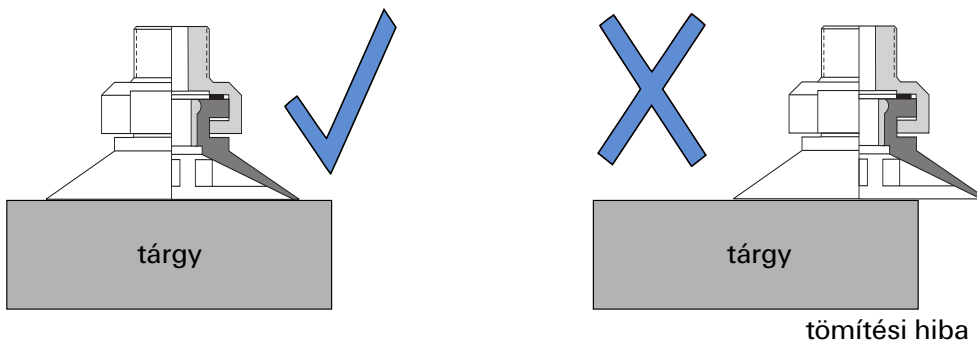
tulajdonság ► ▼ anyag	Időjárás-állóság	ózonállóság	kopásállóság	vízállóság	oldószerállóság (benzol / toluol)
NBR	IGEN	NEM	OK	IGEN	NEM
szilikon	OK	OK	NEM	IGEN	NEM
uretán	IGEN	OK	OK	NEM	NEM
viton	OK	OK	IGEN	OK	OK
vezető NBR	IGEN	NEM	IGEN	IGEN	NEM
vezető szilikon	OK	OK	NEM	IGEN	NEM

12.20 táblázat A vákuumkorongok leggyakoribb anyagai és azok tulajdonságai

## 12. Vákuum

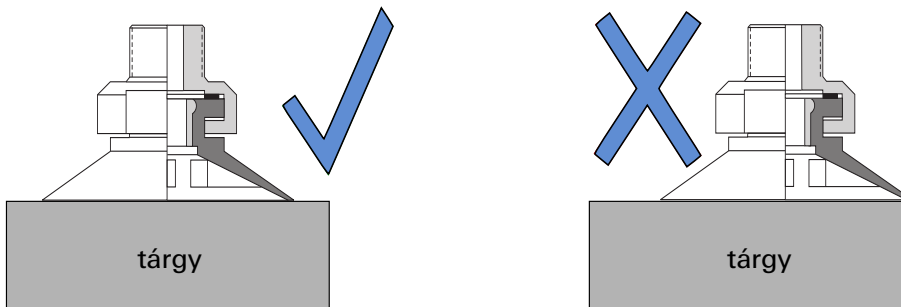
### A vákuumkorongok elhelyezkedése a manipulált tárgyon

A vákuumkorongnak teljes működési felületével le kell fednie a manipulált tárgyat. A legkisebb tömítési hiba azt okozhatja, hogy a vákuumkorongba levegő áramlik, így nem lehet elérni a szükséges vákuumot és a tárgy megfogásához szükséges erőt sem.



12.21 ábra A vákuumkorongok elhelyezkedése

A vákuumkorong erejének (a vákuumkorong tengelye), amennyiben lehetséges, a manipulált tárgy súlypontjában kell hatnia. Ha ez nem történik meg, olyan nyomaték keletkezik, amely a tárgy tehetetlenségének következtében a mozgatáskor annyira megnő, hogy a belőle kialakuló erő nagyobb lesz, mint a vákuumkorong ereje és ennek következtében megszűnhet a tárgy-korong közti erőkapcsolat, ami a tárgy elejtéséhez vezethet.

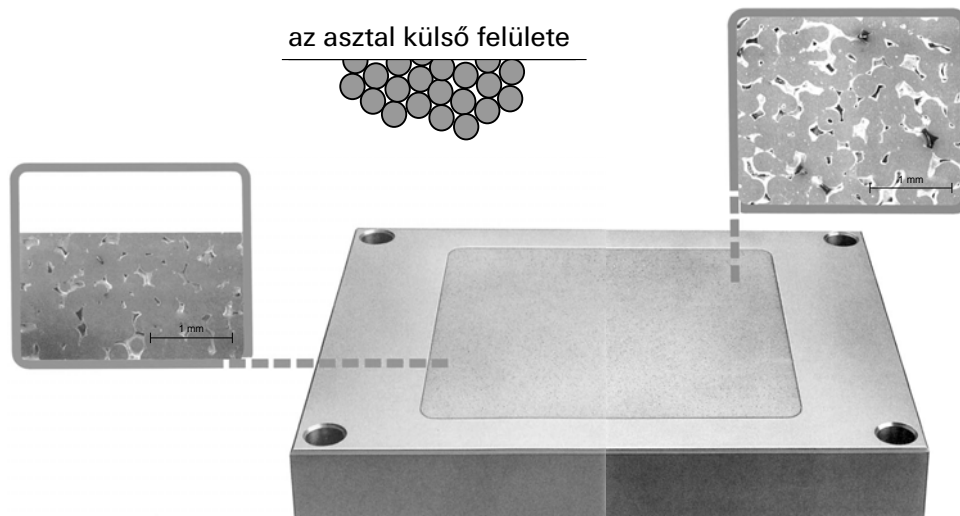


12.22 ábra A vákuumkorong tengelyének és a tárgy súlypontjának kölcsönös helyzete

## 12. Vákuum

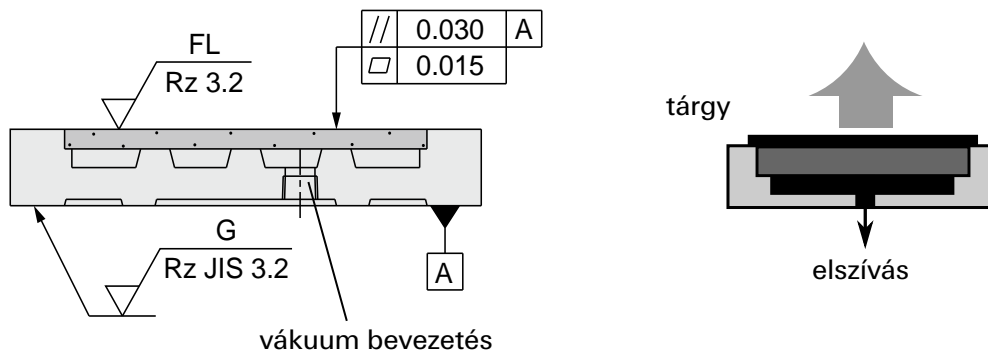
### Rögzítőasztal

A vékony, hajlékony anyagból készült tárgyakat a manipuláció során nagyon nehezen lehet úgy megfogni, hogy azok valamilyen mértékben ne deformálódjának. Biztonságosabb, ha felhelyezzük őket egy rögzítőasztalra, amely szinterezett fémből (bronzból) készül és porózus (kb. 1300 nyílás minden  $\text{cm}^2$ -en). A rögzített tárgyaknak sima, sík felülettel kell rendelkezniük, hogy a lehető legalacsonyabb legyen a nem megfelelő tömítettségéből adódó veszteség.



12.23 ábra Rögzítőasztalok kétféle porozitással

A vákuum az asztal alsó részébe kerül bevezetésre. A vákuum értéke meghatározza a kiváltott erő nagyságát, amely elérheti akár az  $F = 4,5 \text{ N/cm}^2$  értéket is,  $p = -90 \text{ kPa}$  mellett. A rögzítőasztalok működési felületét nagy pontossággal kell kidolgozni, a párhuzamosság tűrése kisebb, mint  $0,03 \text{ mm}$ , a sík tűrése pedig kisebb, mint  $0,015 \text{ mm}$ .



12.24 ábra Rögzítőasztal a vékony tárgyak pontos és biztonságos megfogásához

## 12. Vákuum

### Vákuumszűrő

A vákuumszűrő a vákuumkorong és a vákuumejektor között helyezkedik el. A beszívott levegőt megtisztítja a mechanikus szennyeződésektől, amelyek csökkenhetnek vagy esetenként akár teljesen korlátozhatják a levegő áramlását a fúvókán keresztül, és ezzel lecsökkenthetik a vákuumejektor teljesítményét vagy akár meg is szüntethetik annak működését. Ugyanúgy, mint a sűrítettlevegős-szűrőknél, a vákuumszűrőknél is olyan szűrőt kell választani, amelynél a lehető legalacsonyabb a nyomásvesztés.



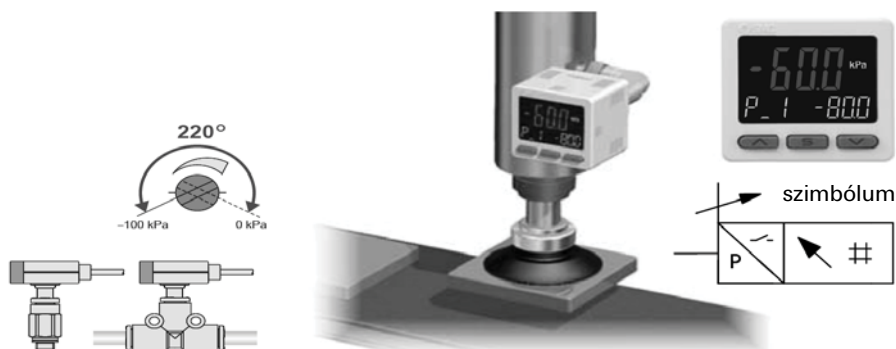
12.25 ábra Vákuumszűrők különböző elszívott légmennyiséghez

### Vákuumérzékelő

A vákuumérzékelő kimenő jele a beállított értékű vákuum elérésekor aktiválódik. A vákuumérzékelő a következő esetekben nem kapcsol be:

- alacsony vákuumszint (nem megfelelően tömítő vákuumkorongok, eldugult fúvóka, a vákuumejektor fúvókájában alacsony a nyomás stb.)
- nem alakult még ki a vákuum (hiányzik a manipulát tárgy).

A legtöbb vákuumérzékelő működését elektronikus áramkörök biztosítják. Ezek az érzékelők kicsi hiszterézissel, a beállított pontnál történő pontos bekapcsolással és hosszú élettartammal jellemezhetőek. A bekapcsolás állítható hiszterézise a különböző sűrűségű, porózus anyagokkal történő manipulációnál előnyös. Vákuumérték-kijelzővel vagy anélkül is kaphatók. Kijelzőként általában egy (többszínű, többsoros) LED-kijelzőt használnak.



12.26 ábra A vákuumérzékelők különböző kivitelei

## 12. Vákuum

### **Átmenőfuratos, dugattyúrudas munkahenger**

Ezeknek a pneumatikus munkahengereknek üreges, csőszerű dugattyúrúdjuk van. A munkahenger hátsó végére egy modult csavaroznak, amit hozzá lehet csatlakoztatni a vákuumforráshoz. A munkahenger és a modul érintkezési felülete között tömítés van. A dugattyúrúd külső menetére egy merev szárat csavaroznak rá a kiválasztott vákuumkoronggal. A dugattyúrúd kitolásakor a vákuumkorong hozzáér a manipulált tárgy felszínéhez és ezután aktiválhatják a vákuumforrást. A kívánt vákuum kialakulásához hosszabb idővel szükséges számolnunk, mivel a vákuumkorong térfogatán kívül még a dugattyúrúd és a modul térfogatát is ki kell szívni. A kívánt értékű vákuum elérése után a munkahenger dugattyúrúdja behúzódik és a manipulált tárgy abba a magasságba emelkedik, amely a pneumatikus munkahenger lökete által adott. A vákuumkoronghoz nem vezet cső, amely vele együtt mozogna. A pneumatikus hengertest hornyaiba szerelt helyzetérzékelők jelentik a jelforrást az elektronikus vezérlőegység számára. A pneumatikus munkahenger ebben a kivitelben gyakorlatilag a manipulátor tengelyét alkotja.



12.27 ábra A pneumatikus munkahenger átmenőfuratos dugattyúrúddal

## 12. Vákuum

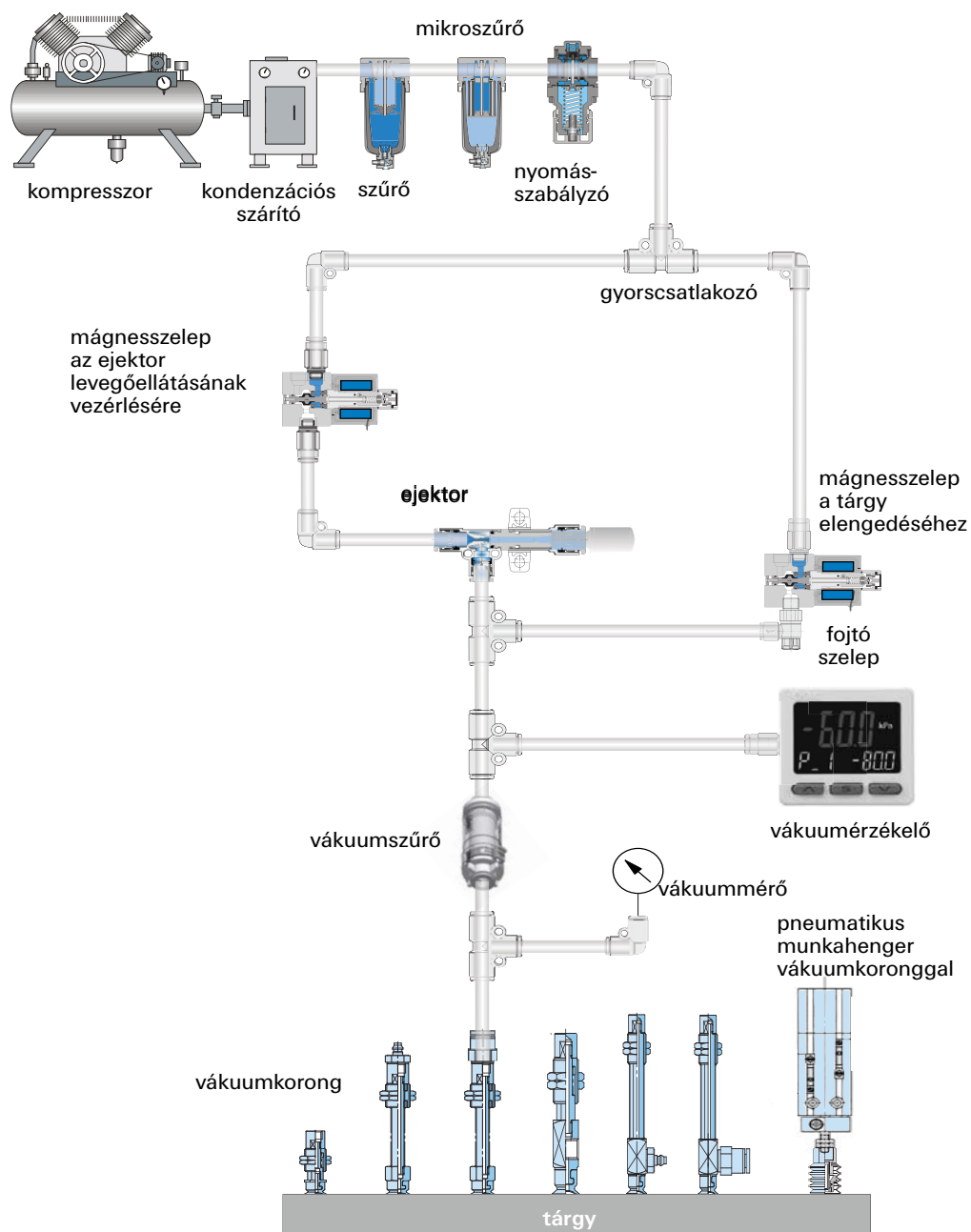
### A vákuumrendszerek felépítése és vezérlése

A vákuumrendszer tervezésekor a gyakorlatban három általános megoldás közül lehet választani:

- **A vákuumrendszer felépítése különálló elemekből**

előnyök: az önálló elemek szabad elrendezése a térben

hátrányok: a szerelés időigényessége, térigényes megoldások



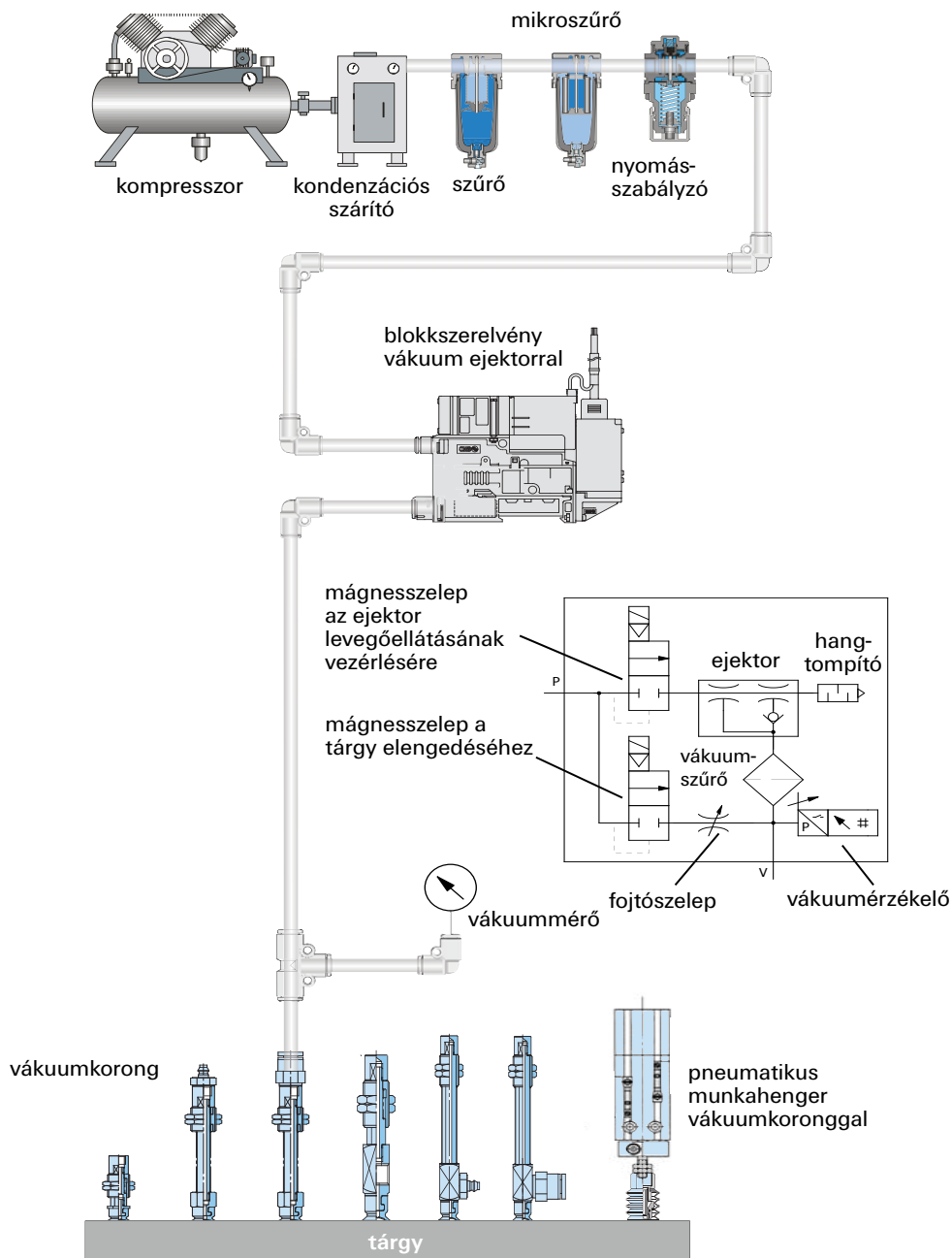
12.28 ábra A vákuum önálló elemekből összeállított rendszere

## 12. Vákuum

### • Vákuumrendszer blokszerelévennyel

előnyök: rövidebb szerelési idő, a felülettel és térrel történő takarékoság, mivel minden elem (vákuumejektör, szelepek, vákuumszűrő, vákuumérzékelő) a moduláris elektorba van beépítve.

hátrányok: ha az elszívott levegő mennyisége nagyobb, mint 80-90 l/min, akkor a blokk helyett önálló elemeket kell alkalmazni.



12.29 ábra Vákuumrendszer blokszerelévennyel

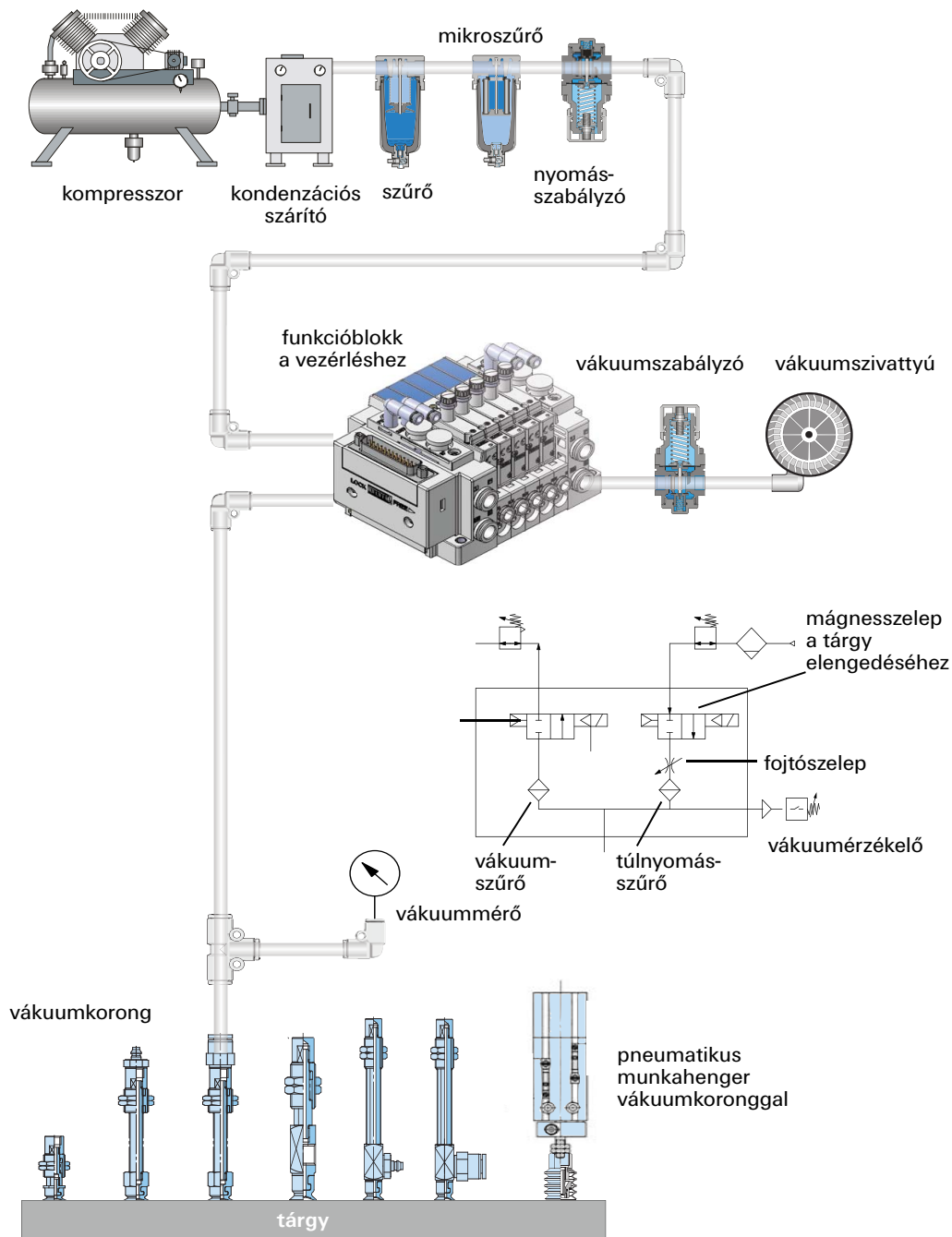


## 12. Vákuum

- **Vákuumrendszer mechanikus vákuumszivattyúval és funkcióblokkal a vákuum vezérléséhez**

előnyök: rövidebb szerelési idő, a felülettel és térrel történő takarékoság, mivel minden elem (szelepek, vákuumszűrő, vákuummérző) olyan modulokként van kialakítva, amelyek alkalmasak egy funkcióblokkba történő összeszerelésre.

hátrányok: ha egy csoportnál levő elszívott levegő mennyisége nagyobb, mint 80-90 l<sub>n</sub>/min, akkor a funkcióblokk helyett önálló elemek használata ajánlott.



12.30 ábra Vákuumrendszer mechanikus vákuumszivattyúval és funkcióblokkal, a vákuum vezérléséhez

## 12. Vákuum

### Vákuumrendszerek tervezése

A sűrített levegő és a vákuum ipari felhasználása alapján véve két pontban különbözik:

- **az áramlás fordított irányában**
- **a felhasználható nyomáskülönbség korlátozott terjedelmében.**

A nyomás, az áramlás (térfogat) és az erő közötti összefüggések, amelyek a sűrített levegő alkalmazásánál is ismertek, érvényesek a vákuum használatánál is. Különleges figyelmet a következőknek kell szentelnünk:

- **az áramlás ellenállásának (pl. a tömlők hosszának stb.)**
- **az elszívott mennyiségeknek (pl. a tömlők térfogatának stb.)**

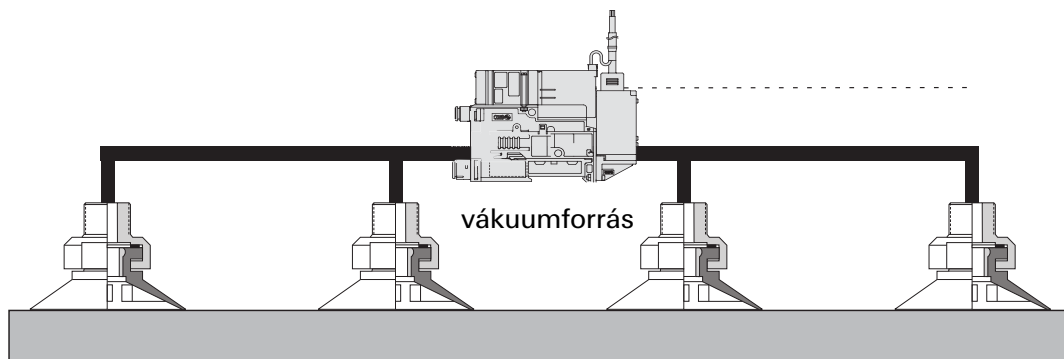
A vákuum alkalmazásánál korlátozott nyomásterjedelemmel dolgozunk (0 - kb. -100 kPa). Ez megköveteli, hogy az áramlásnál létrejövő ellenállás minimalizációjához nagyobb keresztmetszetű – átmérőjű tömlőket, csöveket használjunk. Ugyanakkor csak a legszükségesebb munkatérfogatokkal szabad dolgozni, mivel ezek hatással vannak a kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges időre és energiára.

### Közös vagy önálló vákuumforrások

Ha a tárggyal történő manipulációkor több vákuumkoronggal kell dolgoznunk, akkor dönteni kell a két lehetséges vákuumforrás-megoldás között:

#### Közös vákuumforrás

Az energiafelhasználás legjobb hatásfokát akkor érjük el, ha az összes használt vákuumkorongot egy, közös vákuumforrásra csatlakoztatjuk. A kívánt vákuum eléréséhez szükséges idő hosszabb, ezért ez a megoldás nem megfelelő az olyan berendezésekhez, amelyeknél a munkaciklusok gyorsan ismétlődnek. Ha a vákuumkorongok közül akár csak egy nem tömít rendesen, nem érhető el a szükséges vákuum és ezáltal az erő. Ennek következtében a tárgyat vagy nem lehet megemelni, vagy a manipuláció közben elenged, ami a tárgy sérüléséhez vezethet. Ez a hátrány kiküszöbölhető különálló vákuumforrások használatával, az egyes vákuumkorongok vákuumszintjének ellenőrzésével, vagy beépített visszacsapó szeleppel ellátott vákuumkorongok használatával.

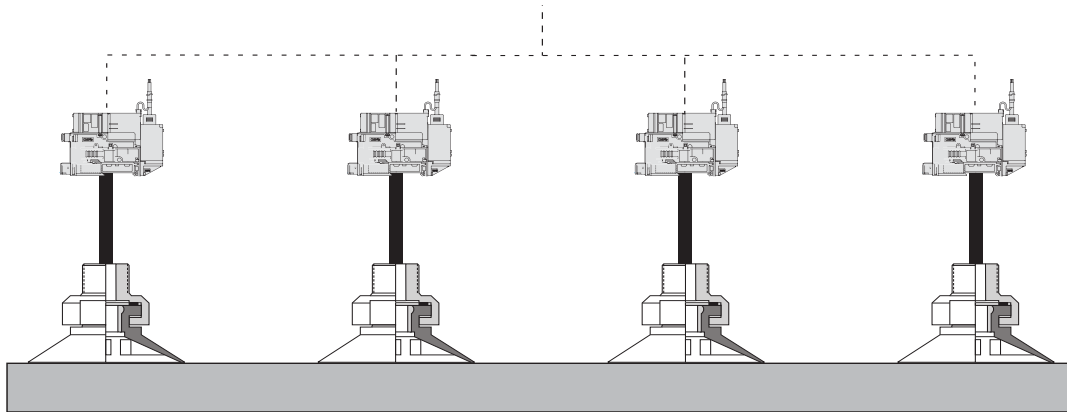


12.31 ábra A vákuumkorongok csatlakoztatása közös vákuumforrásra

## 12. Vákuum

### Önálló vákuumforrás

Minden egyes vákuumkorong önálló vákuumforrással – vákuumejektórral rendelkezik. Az összes ejektort közös sűrített levegőellátásból táplálják. Ennek a megoldásnak az előnye, hogy rövid idő alatt eléri a kívánt vákuumszintet és minimális vákuumvesztést okoz az elosztórendszerben. A tárgy megfogásához szükséges erő még akkor is biztosítva van, ha a szívókorongok közül az egyik nem megfelelően tömít.

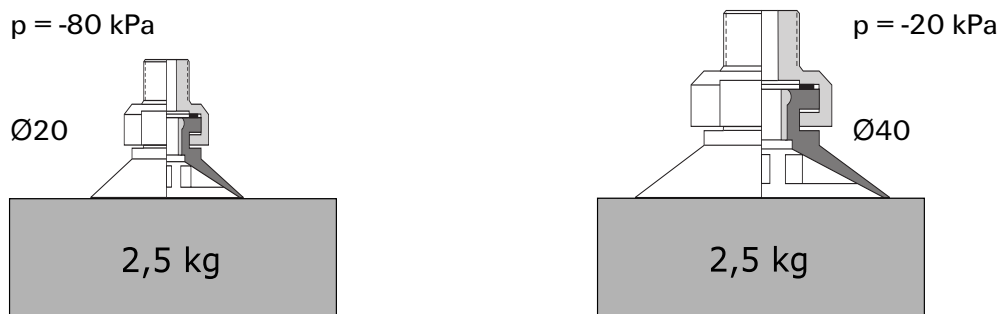


12.32 ábra A vákuumkorongok csatlakoztatása önálló vákuumforrásra

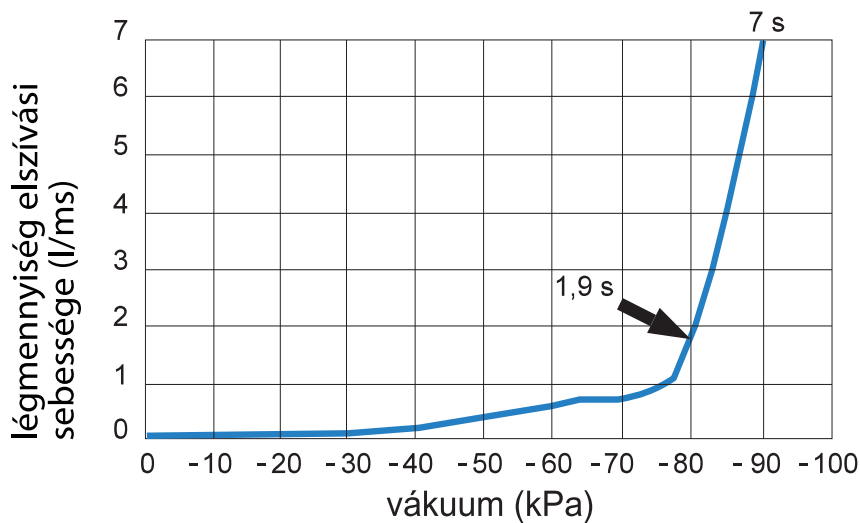
## 12. Vákuum

### Energiafelhasználás

A vákuumforrások energiafelhasználása a vákuum nagyságával exponenciálisan növekszik. Ha a vákuum értékét -60 kPa-ról -90 kPa-ra növeljük, a vákuumkorong ereje kb. 1,5-szörösére növekszik. Ezzel egyidőben azonban 10-szeresére nő az energiafogyasztás, illetve felgyorsul a vákuumkorongok elhasználódása, így csökken az élettartamuk. Éppen ezért a gyakorlatban praktikusabb megoldás nagyobb átmérőjű vákuumkorongokat és gyengébb vákuumot használni, mint kisebb méretű vákuumkorongokat és erősebb vákuumot.



12.33 ábra A vákuum értékeinek összehasonlítása kis és nagy átmérőjű vákuumkorongok használatakor, ha a tárgy tömege állandó



12.34 ábra A légmennyiség elszívási sebessége és a vákuum nagysága közötti kapcsolat

**Ne feledje!:**

**Minél nagyobb a vákuum értéke, annál nagyobb az eléréséhez szükséges energiafogyasztás.**

## 12. Vákuum

### A vákuumkorong méretének meghatározása

A vákuumkorong tartóerejét a korong hasznos felülete és a benne levő vákuum értéke határozza meg.

Tartóerő = nyomás (vákuum) × vákuumkorong hasznos felülete

A kör keresztmetszetű, vertikális tengelyű vákuumkorong elméleti tartóereje a következő képlettel fejezhető ki:

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

$F_H$  - elméleti tartóerő (N)

D - a vákuumkorong átmérője (mm)

p - vákuum (kPa)

vákuumkorong Ø (mm)	2	4	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	
vákuumkorong felülete (cm <sup>2</sup> )	0,031	0,126	0,283	0,503	0,785	1,33	2,01	3,14	4,91	8,04	12,6	19,6	
vákuum (kPa)	- 85	0,264	1,07	2,41	4,28	6,67	11,3	17,1	26,7	41,7	68,3	107	167
	- 80	0,248	1,01	2,26	4,02	6,28	10,6	16,1	25,1	39,3	64,3	101	157
	- 75	0,233	0,945	2,12	3,77	5,89	9,98	15,1	23,6	36,8	60,3	94,5	147
	- 70	0,217	0,882	1,98	3,52	5,5	9,31	14,1	22	34,4	56,3	88,2	137
	- 65	0,202	0,819	1,84	3,27	5,1	8,65	13,1	20,4	31,9	52,3	81,9	127
	- 60	0,186	0,756	1,7	3,02	4,71	7,98	12,1	18,8	29,5	48,2	75,6	118
	- 55	0,171	0,693	1,56	2,77	4,32	7,32	11,1	17,3	27	44,2	69,3	108
	- 50	0,155	0,63	1,42	2,52	3,93	6,65	10,1	15,7	24,6	40,2	63	98
	- 45	0,14	0,567	1,27	2,26	3,53	5,99	9,05	14,1	22,1	36,2	56,7	88,2
	- 40	0,124	0,504	1,13	2,01	3,14	5,32	8,04	12,6	19,6	32,2	50,4	78,4

12.35 táblázat A vákuumkorongok elméleti tartóereje (N)

A vákuumkorongok valós tartóerejének meghatározásához a táblázatban szereplő adatokat be kell szorozni a biztonsági tényezővel (lásd 12.36 ábra).

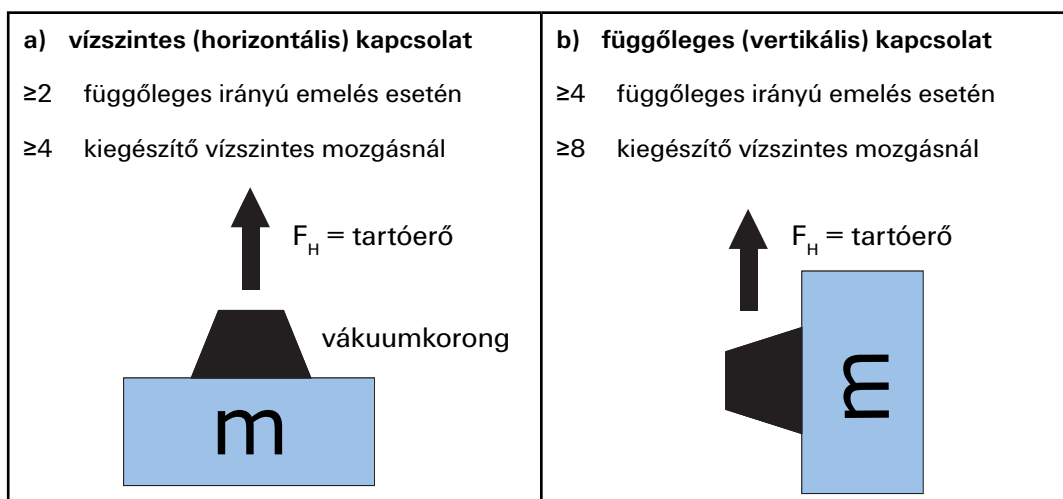
## 12. Vákuum

Ha az előbbi egyenletbe behelyettesítjük a használt vákuumkorongok számát (**n**) és a biztonsági tényezőt (**s**), akkor kiszámolhatjuk az alkalmazandó vákuumkorongok **D** átmérőjét:

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

D	- vákuumkorong átmérője	(mm)
p	- vákuum	(kPa)
m	- tömeg	(kg)
g	- nehézségi gyorsulás	(g = 9,81 m/s <sup>2</sup> )
n	- vákuumkorongok száma	(db)
s	- biztonsági tényező	(lásd 12.36 ábra)

**Az s biztonsági tényező meghatározása:**



12.36 ábra Az s biztonsági tényező meghatározása

## 12. Vákuum

### A biztonsági tényező értékét befolyásoló hatások

Ha a tárgyak mozgatása során a következő hatások közül bármelyik előfordul, a 12.36 ábrán látható ajánlásnál nagyobb, s biztonsági tényezővel kell számolni.

- **Légellenállás hatása**

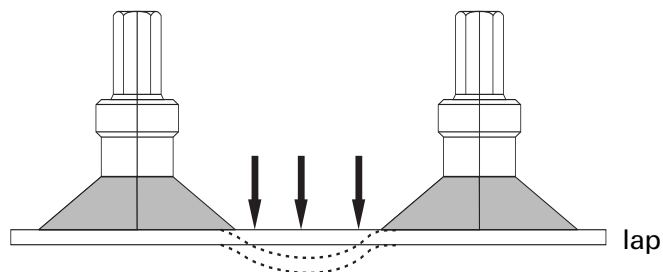
Nagy felületű alkatrészek (rétegelt lemezek, fémlamezek, üvegtáblák stb.) gyorsabb mozgáskor a tárgy felületére ható légnyomás vagy a szél (huzat) letépheti az alkatrészt a vákuumkorongokról. Ez veszélyt jelenthet a dolgozók illetve az alkatrész épségére.

- **Rezgések, ütések**

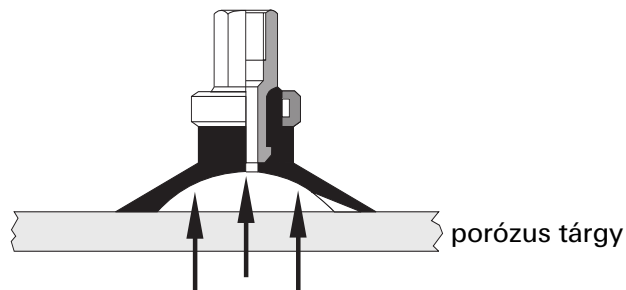
Nagyobb táblák (fém, karton, rétegelt lemez stb.) emelésénél figyelembe kell venni a táblák közötti tapadás megbontása által okozott esetleges ütések, rezgéseket (pl.: fémlamezek olajos, zsíros táblái között, stb.).

- **Porózus anyagokból készült tárgyak**

A porózus anyagokból (papír, polisztirol stb.) készült tárgyak mozgatása során kis átmérőjű vákuumkorongokat kell használnunk, hogy minél alacsonyabb legyen a nem megfelelő tömítésből adódó szivárgás. A veszteségek ellensúlyozására nagyobb teljesítményű szivattyút vagy ejektort, nagyobb számú vákuumkorongot és megfelelő csőátmérőt kell használni. Sok esetben a szívási veszteségek nem számíthatók ki. A legjobb megoldás egy gyakorlati teszt elvégzése a követelménynek megfelelő elemek kiválasztásához.



12.37 ábra Nagy felülettel rendelkező tárgyak emelése

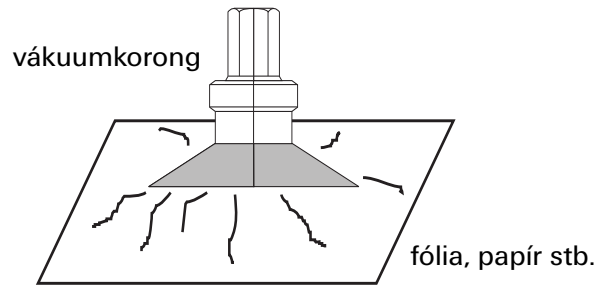


12.38 ábra Porózus anyagból készült tárgy emelése

## 12. Vákuum

- **Lágy, hajlékony anyagból készült tárgyak**

A lágy, hajlítható anyagból készült tárgyak (vékony papír, fólia stb.) mozgatásakor ajánlott nagyobb számú, kisebb átmérőjű vákuumkorongot és alacsonyabb vákuumszintet használni. A legmegfelelőbbek a lapos, bordázott kivitelű vákuumkorongok.



12.39 ábra Lágy, hajlékony anyagból készült tárgyak

### Példa:

Az  $m = 20$  kg tömegű acélemezt fel kell emelni és vízszintesen áthelyezni. A vákuumejektorral tartósan elérhető vákuum értéke  $p = -66$  kPa. A vákuumkorongok száma  $n = 4$ . Mekkora lesz a vákuumkorongok szükséges átmérője ( $D$ )?

Először is meg kell határoznunk a biztonsági tényezőt. A megadott példához a következőt választjuk:  $s = 4$ . Minden további adat már rendelkezésünkre áll, ezért ezeket behelyettesítjük az itt látható egyenletbe:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times m \times g \times s \times 1000}{\pi \times p \times n}} = \sqrt{\frac{4 \times 20 \times 9,81 \times 4 \times 1000}{\pi \times 66 \times 4}} = 61,5 \text{ mm}$$

A katalógusból kiválasztjuk az ehhez legközelebb eső, nagyobb átmérőjű vákuumkorongot, ami  $D = 63$  mm.



## 12. Vákuum

### A kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges idő kiszámítása

Ha a vákuumrendszerrel rendelkező berendezés gyors munkaciklust követel meg, akkor ismerni kell a kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges időt a vákuumkorong és a vákuumforrás közötti körben. A szükséges  $T$  idő függ a vákuumszivattyú vagy ejektor által beszívott  $Q_{\max}$  légmennyiségtől, a szükséges  $p_v$  vákuumszinttől és a megfelelő csövek  $V$  térfogatától, beleértve a vákuumkorongokat is.

### A számítás menete

#### ① A vákuumforrás átlagosan elszívott térfogatának ( $Q_1$ ) kiszámítása

$$Q_1 = (1/3 \text{ vagy } 1/2) \times Q_{\max}$$

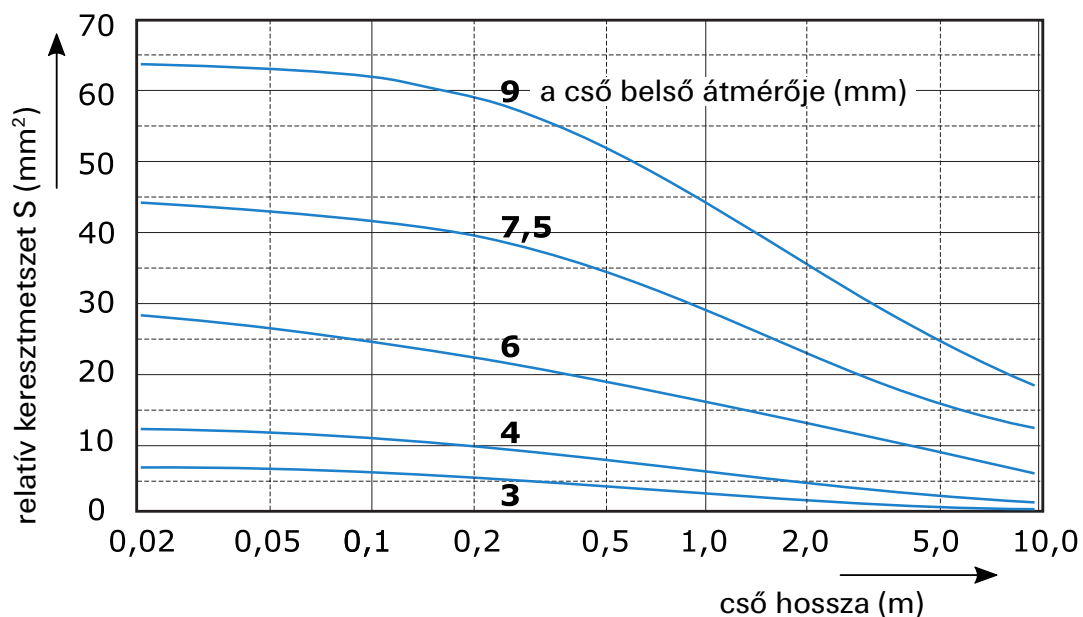
$Q_{\max}$  - a vákuumszivattyú vagy vákuumejektor maximális szívóteljesítménye ( $l_n/\text{min}$ )

1/3 - korrekciós hányados a 40 mm-nél nagyobb átmérővel rendelkező vákuumkorongokhoz, vagy a porózus anyagból készült tárgyak emeléséhez

1/2 - korrekciós hányados a 40 mm vagy kisebb átmérőjű vákuumkorongokhoz

#### ② A vákuumkorong és a vákuumforrás közötti vezeték relatív keresztmetszetének ( $S$ ) meghatározása

Az egyenes, műanyag tömlők relatív keresztmetszetét ( $S$ ) az alábbi diagramból olvashatjuk le. A félkövér betűkkel irt számok, melyek a görbék felett láthatók, a megfelelő cső belső átmérőit mutatják.



12.40 ábra

Az  $S$  keresztmetszet függése a csövek hosszától

## 12. Vákuum

### ③ A cső maximális áramlási térfogatának ( $Q_2$ ) meghatározása

$$Q_2 = S \times 54,44$$

$Q_2$  - áramlási térfogat (l<sub>n</sub>/min)

S - a műanyag csövek relatív keresztmetszete (mm<sup>2</sup>)

54,44 - koefficiens az S relatív keresztmetszet átalakításához, l<sub>n</sub>/min-re

### ④ A $Q_1$ áramlási térfogat összehasonlítása a $Q_2$ áramlási térfogattal

Az eljárás 6. pontjában leírt vákuum eléréséhez szükséges idő megállapításához a két áramlási térfogat közül a kisebb áramlási térfogatot használjuk. A kisebb érték felel meg a valós áramlási térfogatnak, illetve a szívóteljesítménynek, és meghatározza a kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges időt.

### ⑤ A vákuumkorong és a vákuumforrás közötti vezeték térfogatának (V) meghatározása

$$V = d^2 \times \pi/4 \times L \times 0,001$$

V - a vezeték térfogata (tömlő, cső) (dm<sup>3</sup> = liter)

d - a vezeték belső átmérője (mm)

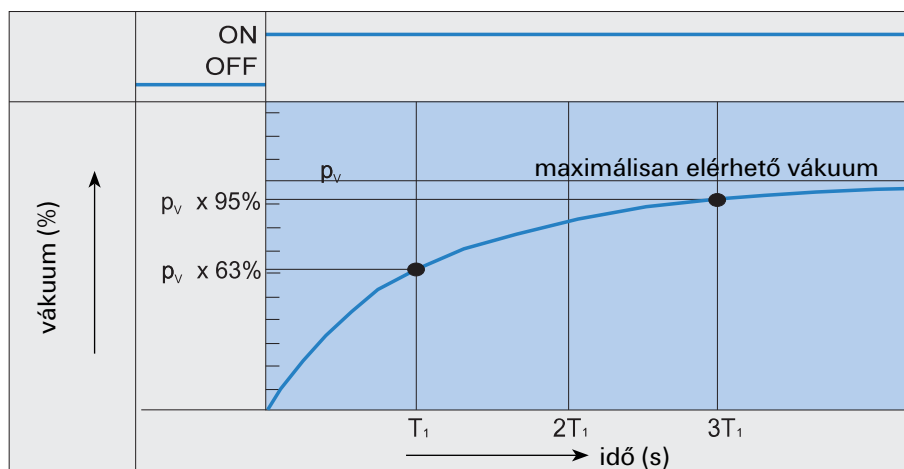
L - a vezeték hossza (m)

## 12. Vákuum

### ⑥ A vákuum eléréséhez szükséges $T_1$ és $T_2$ idő meghatározása

A kívánt vákuum eléréséhez szükséges időt csak a pórusmentes anyagoknál lehet meghatározni. A porózus anyagok mozgásához szükséges idő csak teszt során határozható meg.

Az alábbi diagramon látható, hogy a vákuum viszonylag rövid idő alatt ( $T_1$ ) eléri maximumának 63%-át. Az maximum érték 95%-ának eléréséhez körülbelül háromszor annyi idő szükséges ( $T_2$ ).



12.41 ábra A vákuumszint az ejektor bekapcsolása óta eltelt idő függvényében

$$T_1 = V \times \frac{60}{Q}$$

$$T_2 = 3 \times T_1$$

$T_1$  - maximálisan elérhető vákuum ( $p_v$ ) 63 %-nak eléréséhez szükséges idő (s)

$T_2$  - maximálisan elérhető vákuum ( $p_v$ ) 95 %-nak eléréséhez szükséges idő (s)

$V$  - a vákuumforrás és a vákuumkorong közötti vezeték térfogata ( $\text{dm}^3$ )

$Q$  - az áramlási térfogatok közül a kisebb ( $Q_1$  vagy  $Q_2$ ) ( $\text{l}_n/\text{min}$ )

## 12. Vákuum

Ha a kívánt vákuumszint eléréséhez szükséges idő túl hosszú, akkor megnövelhetjük a szívóteljesítményt, csökkenthetjük a vezeték térfogatát vagy lerövidíthetjük a vákuumforrás és a vákuumkorong közötti vezeték hosszát. További lehetőség a vákuumkorong átmérőjének megnövelése úgy, hogy már a vákuum 63 %-ának elérésekor kifejtse a kívánt erőt.

Ha a vákuumszint eléréséhez szükséges idő túl rövid, akkor ajánlatos kisebb szívóteljesítménnyel rendelkező vákuumforrást használni. Ennek a vákuumejektor használatánál van nagy jelentősége, mivel a szívóteljesítménnyel exponenciálisan növekszik a sűrített levegő fogyasztása. Ebben az esetben kisebb vákuumejektor használatát javasoljuk és annak kezdeti adataival a számítás megismétlését.

### Példa:

A kiválasztott vákuumejektor 0,4 MPa nyomás mellett  $Q = 24 \text{ l}_n/\text{min}$  szívóteljesítményt és  $p_v = -87 \text{ kPa}$  vákuumot ér el. A használt vákuumkorong átmérője  $D = 25 \text{ mm}$ . A vákuumkorong és a vákuumejektor közti cső hossza  $L = 1 \text{ m}$ , a cső belső átmérője  $d_h = 4 \text{ mm}$ . A manipulált tárgy nem porózus. Hány másodperc szükséges a maximálisan elérhető vákuum 95 %-ának eléréséhez?

#### 1. A vákuumforrás átlag elszívási térfogatának ( $Q_1$ ) kiszámolása

$$Q_1 = 1/2 \times Q_{\max} = 1/2 \times 24 = 12 \text{ l}_n/\text{min}$$

#### 2. A vákuumkorong és a vákuumforrás közötti cső relatív keresztmetszetének (S) meghatározása

Az  $L = 1 \text{ m}$  hosszúságú,  $d_h = 4 \text{ mm}$  belső átmérővel rendelkező cső átlag keresztmetszetének a 12.40 ábra alapján kb.  $S = 7 \text{ mm}^2$  felel meg.

#### 3. A vezeték maximális áramlási térfogatának ( $Q_2$ ) meghatározása

$$Q_2 = S \times 54,44 = 7 \times 54,44 = 381 \text{ l}_n/\text{min}$$

#### 4. A $Q_1$ és $Q_2$ áramlási térfogat összehasonlítása

$$Q_1 = 12 \text{ l}_n/\text{min} < Q_2 = 381 \text{ l}_n/\text{min} \rightarrow Q = 12 \text{ l}_n/\text{min}$$

#### 5. A vákuumkorong és a vákuumforrás közötti cső térfogatának (V) meghatározása

$$V = d_h^2 \times \pi/4 \times L \times 0,001 = 16 \times \pi/4 \times 1 \times 0,001 = 0,0125 \text{ l}$$

#### 6. A vákuum eléréséhez szükséges $T_1$ és $T_2$ idő meghatározása

$$T_1 = V \times 60/Q = 0,0125 \times 60/12 = 0,0625 \text{ s}$$

A maximálisan elérhető vákuum 63 %-át körülbelül 0,07 másodperc alatt éri el,

$$p_{v1} = -87 \text{ kPa} \times 0,63 = -54,8 \text{ kPa.}$$

$$T_2 = 3 \times T_1 = 3 \times 0,0625 = 0,1875 \text{ s}$$

A maximálisan elérhető vákuum 95 %-át körülbelül 0,19 másodperc alatt éri el,

$$p_{v2} = -87 \text{ kPa} \times 0,95 = -82,7 \text{ kPa.}$$



Expertise – Passion – Automation

[www.smc.hu](http://www.smc.hu)

 SMC Hungary Kft.

SMC Hungary Kft.  
2045 Törökbálint, Torbágy u. 15-19.  
Tel.: +36 23 513 000  
[office@smc.hu](mailto:office@smc.hu)