



Vákuumszivattyú és vákuumrendszerek

BIZTONSÁGI KÉZIKÖNYV

Szerzői jogi nyilatkozat

©Edwards Limited 2019. Minden jog fenntartva.

Tartalom

| | |
|---|-----------|
| 1. Bevezetés. | 5 |
| 1.1 Az itt leírtak hatásköre. | 5 |
| 1.2 Robbanásveszély. | 5 |
| 2. Kockázati tényezők lehetősége. | 7 |
| 2.1 Tervezés. | 7 |
| 2.2 Felépítés. | 7 |
| 2.3 Üzemeltetés / Üzembe helyezés. | 8 |
| 2.4 Karbantartás/Használatból történő kivonás. | 8 |
| 3. Kémiai eredetű veszélyek. | 9 |
| 3.1 Kémiai reakciók és robbanások. | 9 |
| 3.1.1 Homogén reakciók. | 9 |
| 3.1.2 Heterogén reakciók. | 9 |
| 3.2 Problémák a rendellenes reakciókkal. | 9 |
| 3.3 Robbanásveszély. | 10 |
| 3.3.1 Oxidáns. | 10 |
| 3.3.2 Gyúlékony/robbanásveszélyes anyagok. | 11 |
| 3.3.3 Piroforos anyagok. | 11 |
| 3.3.4 Nátrium-azid. | 12 |
| 3.4 Mérgező vagy korrodáló anyagok. | 12 |
| 3.4.1 Mérgező anyagok. | 12 |
| 3.4.2 Korrodáló anyagok. | 13 |
| 3.5 Összefoglaló – kémiai veszélyforrások. | 14 |
| 4. Fizikai veszélyforrások. | 15 |
| 4.1 Túlnyomás okozta veszélyek típusai. | 15 |
| 4.2 Túlnyomás alatt lévő szivattyúkimenet. | 15 |
| 4.3 Kimeneti túlnyomás elleni védelem. | 15 |
| 4.4 Bemeneti túlnyomás. | 16 |
| 4.4.1 Sűrítettgáz-ellátás és ellennyomás. | 16 |
| 4.4.2 A szivattyú helytelen működése. | 17 |
| 4.5 Összefoglaló – fizikai veszélyforrások. | 17 |
| 5. Kockázatelemzés. | 18 |
| 6. A rendszer kialakítása. | 19 |
| 6.1 A rendszer nyomástűrési tartományai. | 19 |
| 6.2 Pangó tér megszüntetése. | 19 |
| 6.3 Kivezető rendszerek. | 20 |
| 6.4 Robbanásveszélyes gázok vagy gőzelegyek forrásai. | 20 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.5 | A gyúlékony zóna elkerülése. | 21 |
| 6.6 | A rendszer-megbízhatóság szintjei. | 23 |
| 6.7 | Lángfogó védőrendszerek használata. | 24 |
| 6.8 | Gyújtóforrások. | 24 |
| 6.9 | Összegzés – rendszertervezés. | 26 |
| 7. | Az eszközök helyes megválasztása. | 27 |
| 7.1 | Olajtömítésű forgólapátos és dugattyús szivattyúk. | 27 |
| 7.2 | Edwards száraz szivattyúk. | 28 |
| 7.3 | Csővezetékek kialakítása. | 28 |
| 7.3.1 | Csőrugók. | 28 |
| 7.3.2 | Hajlékony csővezetékek. | 29 |
| 7.3.3 | Rögzítési pontok. | 29 |
| 7.3.4 | Tömítések. | 29 |
| 7.4 | Fizikai túlnyomásvédelem. | 29 |
| 7.4.1 | Nyomáscsökkentés. | 29 |
| 7.4.2 | Riasztás vagy leállítás túlnyomás esetén. | 30 |
| 7.4.3 | Nyomásszabályozók. | 30 |
| 7.4.4 | Lángfogók. | 30 |
| 7.5 | Öblítőrendszerek. | 31 |
| 7.6 | Összefoglalás – az eszközök helyes megválasztása. | 31 |
| 8. | Működési folyamatok és oktatás. | 32 |
| 9. | Összefoglalás. | 33 |

Az Edwards Ltd. kijelenti, hogy nem vállal semmilyen felelősséget vagy garanciát az itt leírt folyamatokkal, alkalmazásokkal vagy az információk pontosságával, gyakorlatával, biztonságosságával és az eredményeivel kapcsolatban. Az Edwards Ltd. nem vállal felelősséget semmilyen, az ebben a prezentációban leírt információkból adódó károkért vagy elszenvedett veszteségért, ahogy az itt biztosított információk pontatlanságáért vagy azok hiányosságáért sem. Felhívjuk figyelmét arra, hogy az itt leírt információk csupán tájékoztató jellegűek, és ugyan az Edwards nyújthat tájékoztatást a veszélyes anyagok használatának veszélyeit illetően, a felhasználó felelőssége felbecsülni az általa végzett munka veszélyeit környezetére nézve, és betartani a hatályban lévő törvényeket.

1. Bevezetés

1.1 Az itt leírtak hatásköre

Ez a dokumentum biztonsági információkat tartalmaz a vákuumszivattyúk és a vákuumrendszerek specifikációit, kialakítását, használatát és karbantartását illetően.

A dokumentum felhívja a figyelmet néhány esetlegesen felmerülő veszélyre, és utasításokat ad azok elkerülésére vagy kezelésére.

Ennek a dokumentumnak az elolvasása ajánlott minden olyan személy számára, aki tervez, használ, összeszerel vagy karbantart vákuumszivattyúkat és/vagy vákuumrendszereket. Azt javasoljuk, vegye figyelembe a következőket ennek a dokumentumnak az olvasásakor:

- A berendezéshez mellékelte kezelési útmutatót
- Az Önt technológiai gázokkal és vegyszerekkel ellátó vállalat által biztosított információkat
- Az ön biztonsági részlege által biztosított információkat.



FIGYELMEZTETÉS:

Az ebben az útmutatóban, illetve az ön által használt szivattyú kezelési útmutatójában leírt biztonsági utasítások figyelmen kívül hagyása súlyos sérülésekkel vagy akár halállal is járhat.

Amennyiben további információra van szüksége az Ön felhasználási folyamatait illetően az Edwards termékekről, vagy az Ön által használt vákuumszivattyúk és/vagy vákuumrendszerek biztonsági előírásaival kapcsolatban lenne kérdése, kérjük vegye fel a kapcsolatot az Edwards-képviseléssel.

1.2 Robbanásveszély

Megjegyzés:

Biztosítunk olyan Edwards szivattyúkat, amelyek megfelelnek a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben használt eszközökre vonatkozó európai ATEX irányelveknek.

A váratlan robbanásokat minden esetben a biztonsági előírásoktól történő eltérés okozza. Mindazonáltal, egyes robbanásos incidensek kiemelkedően veszélyesnek bizonyulnak, és súlyos sérüléseket, illetve halált is okozhatnak.

A vákuumrendszer részeinek robbanása gyakran gyúlékony anyagoknak vagy a szivattyúkimenet eltömődésének az eredménye. A veszélyek elkerülése érdekében vegye figyelembe a következőket a vákuumszivattyúk és a vákuumrendszerek biztonságos használatának biztosításához.

- Amennyiben az ön rendszere nem anyagok olyan koncentrációban történő szivattyúzására készült, ahol azok begyulladhatnak a vákuumszivattyúban, biztosítsa, hogy a gyúlékony anyagok és az oxidánsok keverékei a gyúlékonysági tartományon kívül essenek. Ennek egyik módja a nemesgázos öblítés használata. Lásd Gyúlékony zóna elkerüléseA gyúlékony zóna elkerülése [A gyúlékony zóna elkerülése](#) a(z) . oldalon 21.
- Ügyeljen rá, hogy használat közben a kiömlőnyílás ne tömődhesen el, sem a mechanikus alkatrészek által (szelepek, sapkák), sem pedig a folyamat anyagainak

vagy melléktermékeinek csővezetékben, szűrőkben és egyéb kimeneti részegységekben történő lerakódása miatt.

- A szivattyú olyan szerkezeteinek kenéséhez, melyek nagy koncentrációjú oxigénnek, vagy egyéb oxidálóanyagnak vannak kitéve, csak PFPE (perfluorpoliéter) olajat használjon. Egyéb, „nem gyúlékonyként” árusított olajak csak olyan használatra lehetnek alkalmasak, ahol az oxidálószer aránya legfeljebb 30 térfogatszázalék.
- Ügyeljen rá, hogy a szándékosan lezárt és leválasztott vákuumrendszerben véletlen túlnyomás ne alakulhasson ki, például a nyomásszabályozó vagy az öblítésvezérlő rendszer hibája miatt.
- Ha a szivattyúzott anyag vízzel heves reakcióba léphet, a hűtőkörben a víz helyett más hűtőfolyadékot (például hővezető folyadékot) ajánlott használni. Tanácsért forduljon az Edwards vállalathoz.

2. Kockázati tényezők lehetősége

A rendszer élettartamának minden fázisa kockázati tényezőket rejt. Ezek a fázisok a következők:

- Tervezés
- Felépítés
- Üzemeltetés / Üzembe helyezés
- Karbantartás / Használatból történő kivonás

Az egyes szakaszokban felmerülő problémátípusok összegzése alább olvasható. Minden esetben igaz, hogy a kockázat csak úgy csökkenthető, ha a rendszer berendezéseiről és a folyamatról/alkalmazásról részletes ismeretekkel rendelkezik. Ha kétségei vannak, információért vagy tanácsért forduljon a beszállítóhoz.

2.1 Tervezés

A rendszer tervezésekor az alkalmazáshoz megfelelő berendezést kell kiválasztani. Vegye figyelembe a következőket:

- a berendezés műszaki adatait
- a berendezés építéséhez használt anyagokat
- a berendezéshez használt kellékeket (például kenőanyagokat és üzemi folyadékokat)
- a folyamat körülményeit és anyagait.

Gondolnia kell arra is, hogy az alkalmazáshoz általánosságban megfelelő legyen a berendezés, és ügyeljen rá, hogy az mindig a meghatározott feltételek között üzemeljen.

Olyan tervezési eljárásokat kell kidolgoznia, melyek a tervezési hibákat minimálisra csökkentik. Az eljárások tartalmazzák a számítások független ellenőrzését, és a tervezési paraméterekről történő konzultációt is.

A terv elfogadásának mindig legyen része a kockázatelemzés. A berendezés és a rendszer használatának alapos megtervezésével sok kockázati tényező kiküszöbölhető.

2.2 Felépítés

A kivitelezés során gyakorlott szakemberek és minőségbiztosítási eljárások alkalmazásával csökkentse a kockázati tényezők felmerülésének lehetőségét. A gyakorlott szakemberek képesek felismerni az összeszerelés során szükséges helyes alkatrészeket, és felismerik a hibás, vagy rossz minőségű részegységeket és berendezéseket. A minőségbiztosítási eljárások segítenek a rossz minőségű szakmunka felismerésében és kijavításában, valamint biztosítják a tervezési előírások szigorú betartását.

Az alkalmazottak különös óvatossággal járjanak el, és tartsanak be minden biztonsági előírást új berendezés telepítésekor mérgező, gyúlékony vagy öngyulladó anyag szállítását vagy előállítását végző rendszerben, vagy ha ilyen anyagok még jelen lehetnek ott.

Az elektromos berendezéseket képzett szakember telepítse, az összes vonatkozó helyi és nemzetközi elektromos előírásnak megfelelően.

2.3 Üzemeltetés / Üzembe helyezés

Üzemeltetés közben a berendezés vagy részegység öregedés, helytelen használat vagy rossz karbantartás miatti meghibásodása okozhat veszélyt. A veszély valószínűségét csökkentse a berendezés használatát és karbantartását oktató megfelelő képzésekkel. Ha szükséges, használja az Edwards és az Ön beszállítói által nyújtott információkat, kezelési útmutatókat, képzéseket és vásárlás utáni szolgáltatásokat.

2.4 Karbantartás/Használatból történő kivonás

Mérgező, korrodáló, gyúlékony vagy öngyulladó anyagot szállító vagy előállító rendszer karbantartása esetén különös óvatossággal kell eljárni, és minden biztonsági előírást be kell tartani, hogy a személyzet ne érintkezhesen veszélyes anyagokkal.

Kísérje figyelemmel a tervezett karbantartási programot és a veszélyes anyagokat esetlegesen tartalmazó részegységek biztonságos eltávolítását. A biztonságos és megbízható kezelés érdekében kövesse a kezelési útmutatóban leírt karbantartási tanácsokat. Az ATEX rendszereknél általában egyéb követelmények is felmerülhetnek.

3. Kémiai eredetű veszélyek

3.1 Kémiai reakciók és robbanások

Gondosan vegye figyelembe az összes használatból, hibás használatból és hibából adódó kémiai reakciót, a vákuumrendszer alkalmazásának minden szakaszában. Különösen fontos figyelembe venni gázok és gőzök olyan reakcióit, melyek robbanáshoz és heves égéshez vezethetnek. A gyakorlat azt mutatja, hogy a robbanásokat olyan anyagok okozzák, amelyeket a rendszer tervezője nem vett figyelembe, vagy ha berendezésben olyan hiba keletkezett, melyet a tervező nem látott előre.

3.1.1 Homogén reakciók

Két vagy több gáz halmazállapotú molekula között homogén reakció lép fel. A gázrobbanások reakciói rendszerint ilyenek. Ismereteink szerint például a szilán (SiH_4) és az oxigén (O_2) reakciója mindig homogén. Ezért, ha ilyen reakciókkal rendelkezik egy gyártási folyamat során, akkor óvatosan kell irányítani a folyamat nyomását és a reaktánskoncentrációkat, hogy megelőzze a túl nagy reakciósebességeket.

3.1.2 Heterogén reakciók

A heterogén reakcióknak szükségük vagy egy szilárd felületre, hogy létrejöhessenek. Például néhány gázmolekula csak akkor reagál, ha beoldódik a felületbe, de a gázfázisban alacsony nyomásokon nem reagál. Ez a reakció típus ideális bizonyos folyamatokhoz, mivel minimalizálja azon reakciók hatását, amelyek a folyamatkamrában fordulnak elő, lecsökkenti a szemcseképződést és lecsökkenti a szennyeződés esélyét.

A legtöbb heterogén reakció homogén reakcióvá válik magasabb nyomásokon, általában jóval az atmoszférikus nyomás alatt. Ez azt jelenti, hogy a gázok folyamatkamrabeli viselkedése nem szükségszerűen viszonyítható ahhoz, ahogy a vákuumszivattyúval való komprimálás során viselkednek.

3.2 Problémák a rendellenes reakciókkal

A rendellenes reakciók akkor fordulhatnak elő, amikor olyan vegyszerek kerülnek kontaktusba a gázokkal, vagy anyagokkal, amelyekre a rendszer tervezője nem számított. Ez például akkor fordulhat elő, amikor van egy szivárgás, amely lehetővé teszi, hogy atmoszférikus gázok szivárognak be a rendszerbe, vagy mérgező, gyúlékony, robbanásveszélyes vagy egyéb veszélyes gáz szivárognak ki az atmoszférába.

Az ilyen reakciók előfordulásának elkerülése végett tartsa a tömítettséget 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) alatt a rendszerében. A nagy vákuumú berendezések jellemzően 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) vagy ennél alacsonyabb tömítettséget tartanak fenn. Meg kell továbbá győződni arról, hogy a rendszerében található minden szelep tömített az ülékeiken keresztül.

Azok a gázok, amelyek normális esetben nem lépnek egymással a kontaktusba a folyamatciklus során összekeverhetők a szivattyúrendszerben és a kimenő csővezetékekben.

Lehetséges, hogy vízgőz vagy tisztítóoldatok legyenek jelen a folyamatkamrában a rutin karbantartási eljárások után. Ez előfordulhat a folyamatkamra kiöblítése és tisztítása után. A vízgőz beléphet a rendszerbe az elszívócsatornákon és a füstgázmosókon keresztül is.

Amikor oldószereket használnak, hogy kiöblítsék a folyamat maradványait a vákuumrendszerből, akkor fontos, hogy meggyőződjenek róla, hogy az oldószer kompatibilis minden folyamatanyaggal a vákuumrendszerben.

3.3 Robbanásveszély

A robbanásveszély forrása általában a következő kategóriák egyikébe esik:

- Oxidáns
- Gyúlékony/robbanásveszélyes anyagok
- Piroforos anyagok
- Nátrium-azid.

Vegye figyelembe, hogy az Európai Unió (és néhány egyéb) országaiban a folyamatanyagok szállítói törvény által kötelezve vannak, hogy közzé tegyék az általuk értékesített anyagok fizikai és kémiai adatait (általában az anyagbiztonsági adatlap formájában). Ahol szükséges, ott az anyaghoz tartozó adatoknak tartalmazniuk kell információkat a felső és alsó robbanási határértékekről, az anyag fizikai és termodinamikai tulajdonságairól és bármely egészségkárosodásról, amely kapcsolatban van az anyag használatával. Lásd ezeket az információkat útmutatásért.

3.3.1 Oxidáns

Az olyan oxidánsok, mint az oxigén (O₂), ózon (O₃), fluor (F₂), nitrogén-trifluorid (NF₃) és a volfrám-hexafluorid (WF₆) gyakran vannak vákuumrendszerekben szivattyúzva. Az oxidánsok készségesen reagálnak a szubsztanciák és anyagok széles körével, és a reakció gyakran fejleszt hőt és növeli a gáznyomást. Az ebből adódó lehetséges veszélyek között szerepel a tűz és a túlnyomás a szivattyúban és / vagy a kiömlő rendszerben.

Hogy biztonságosan szivattyúzza ezeket a gázokat kövesse a gáz szállítójának biztonsági utasításait közösen a következő ajánlásokkal:

- Mindig használjon PFPE (perfluor-poliéter) kenőanyagot azon szivattyúban, amelyek 25 térfogatszázalék fölötti oxigénkoncentrációval rendelkező inert gázt szállítanak.
- Használjon PFPE kenőanyagokat azon szivattyúban, amelyek olyan gázokat szállítanak, amelyek oxigénkoncentrációja normál esetben 25 térfogatszázalék alatt van, azonban ez hibaállapotok során 25% fölé emelkedhet – ha oxigéneken kívül más oxidánsokat szivattyúz, akkor kérjük egyeztessen a kenőanyag szállítójával a jelen lévő oxidánshoz tartozó ajánlott szintekről.
- A PFPE kenőanyagok az előnyben részesített kenőanyagok, de szénhidrogén típusú kenőanyagok használhatóak, ha egy megfelelő inert tisztító-gáz garantálja, hogy az olaj nincs kitéve az oxidáns nem biztonságos szintjeinek.

Normál körülmények között a PFPE kenőanyagok nem fognak oxidálódni vagy lebomlani egy olajtömítéses forgólapáton vagy egy dugattyús szivattyú olajdobozában vagy sebességváltóban, ami lecsökkenti a robbanás valószínűségét.

Vegye figyelembe, hogy a PFPE kenőanyagok hőbomlása bekövetkezhet 290 °C-on, vagy afölött levegő vagy vastartalmú anyagok jelenlétében. Azonban a hőbomlás hőmérséklete 260 °C-ra csökken, ha titánium, magnézium, alumínium vagy ezek ötvözetei vannak jelen.

Ha nem akar PFPE kenőanyagokat használni egy olajtömítéses forgólapáton vagy egy vákuumszivattyú dugattyújában, akkor az oxidánst biztonságos koncentrációra hígíthatja egy inert gázzal, például száraz nitrogénnel. Ez a megközelítés csak az oxidáns gázok alacsony áramlási sebessége esetén valósítható meg. Biztonsági funkciókat kell a rendszerében

létesítenie, hogy biztosítsa, hogy az inert hígított gáz minimális sebessége mindig elérhető, annak érdekében, hogy az oxidáns koncentrációját egy biztonságos szintre csökkentse, és hogy meggyőződjön róla, hogy az oxidáns áramlási sebessége nem haladja meg a megengedett maximális áramlási sebességet. Úgy kell megterveznie a rendszerét, hogy az oxidáns áramlása azonnal leálljon, ha ezek a feltételek nem teljesülnek.

Javasoljuk, hogy az Edwards száraz szivattyúkat használja az oxidánsok szivattyúzásához (lásd [Edwards száraz szivattyúk](#) a(z) . oldalon 28). A száraz szivattyúk nem rendelkeznek tömítőfolyadékkal a lökettérfogatban és így egy robbanás előfordulásának valószínűsége nagy mértékben lecsökken ha egy száraz szivattyút használ az oxidánsok feldolgozásához. Az Edwards inert tisztítógázt javasol a csapágyakhoz és a sebességváltóba, abban az esetben, ha szénhidrogén kenőanyagot használnak.

3.3.2 Gyúlékony/robbanásveszélyes anyagok

Sok gáz és por, úgy mint a hidrogén (H_2), acetilén (C_2H_2), propán (C_3H_8) és finoman elosztatott szilikonpor gyúlékony és/vagy robbanásveszélyes egy oxidáns bizonyos koncentrációiban gyújtóforrás közelében. Egy gyújtóforrás megjelenhet például egy helyi hőképződésből. Ezt a [Gyújtóforrások](#) a(z) . oldalon 24 című fejezet tárgyalja.

Elkerülheti a robbanásveszélyt úgy, hogy biztosítja, hogy az esetlegesen gyúlékony keverék koncentrációja a gyúlékony zónán kívül maradjon. További részleteket a Gyúlékony zóna elkerüléseA gyúlékony zóna elkerülése [A gyúlékony zóna elkerülése](#) a(z) . oldalon 21 című fejezetben talál.

Egy másik mód, amivel lecsökkentheti a robbanás valószínűségét a gyújtóforrás eltávolítása. További részleteket a [Gyújtóforrások](#) a(z) . oldalon 24 című fejezetben talál.

Ott, ahol nem lehetséges a gyúlékony zóna elkerülése biztosítani kell, hogy a berendezés úgy van megtervezve, hogy elkerüljön vagy feltartóztasson minden robbanást anélkül, hogy átszakadna, vagy továbbítaná a lángot a külső atmoszférába. A lángfogók használatát a [Lángfogó védőrendszerek használata](#) a(z) . oldalon 24 című fejezet tárgyalja. Ha a vákuumrendszerének külső atmoszférája veszélyes, akkor minden megfelelő berendezést biztosítani kell hozzá.

Az Európai Unión belül az ATEX irányelv egyértelmű útmutatást ad az olyan berendezés tervezéséhez, amely esetlegesen robbanásveszélyes környezetekben lesz használva.

Ahol minden körülmények között lehetséges elkerülni a robbanásveszélyes környezetben történő szivattyúzást, ott minden Edwards vákuumszivattyú típus használható gyúlékony gőzök vagy gázok szállítására.

3.3.3 Piroforos anyagok

A legtöbb körülmény között a piroforos gázok, úgy mint a szilán (SiH_4) és foszfin (PH_3) vagy piroforos porok spontán reagálnak a levegővel atmoszférikus nyomáson, tehát a belobbanás előfordulhat, amikor ezek a gázok kontaktusba lépnek a levegővel vagy egyéb oxidánsal ott, ahol a nyomás kellően magas az égés támogatásához. Ez előfordulhat, ha levegő szivárog a rendszerbe, vagy ha a rendszer kiömlője kontaktusba lép a környezettel. Egy oxidáns és egy piroforos gáz reakciójából származó hő robbanásveszélyes anyagok gyújtóforrása lehet.

Ha különböző folyamatok kiömlő gázai egy közös kiömlőrendszeren vannak elengedve, akkor az belobbanást és/vagy robbanást eredményezhet. Ezért ajánlott, hogy független kiömlőrendszereket használjon a piroforos anyagok szivattyúzásakor.

A foszfort használó folyamatok szilárd foszfor lecsapódását okozhatják a vákuumrendszerben vagy annak kiömlőjében. Levegő jelenlétében és akár kis mechanikus beavatkozásra kitéve (például egy szelep működtetések, vagy ha egy szivattyú a nyomáskülönbség hatására

elfordul) a foszfor spontán begyulladhat, ezzel mérgező gázokat felszabadítva. Ajánlott, hogy a szivattyúkat inert tisztítógázzal működtesse, és hogy elég forrón üzemeltesse őket a foszfor lecsapódásának minimalizálásához.

A PFPE kenőanyagok elnyelhetik az olyan gázokat, amelyek öngyulladó anyagok esetén helyi belobbanáshoz vezetnek, ha a kenőanyag levegővel érintkezik. Ez a veszély fokozottan fennállhat karbantartás közben, vagy ha a rendszerben oxidálószer szivattyúznak át öngyulladó gáz után. A veszélyt csökkentheti, ha olyan Edwards száraz szivattyúkat használ, melyek nem tartalmaznak kenőanyagot a lökettérfogatban. Biztosítania kell, hogy minden öngyulladó anyag passzíválva lett mielőtt elengedve vagy kezelve lett.

3.3.4 Nátrium-azid

A nátrium-azid esetenként termékek fagyasztószáritására való előkészítéséhez és más gyártási folyamatokban használatos. A nátrium-azidból nitrogén-hidrogénsav fejlődhet. A nitrogén-hidrogénsav gőzei reakcióba léphetnek nehézfémekkel, és instabil fémazidokat alkothatnak. Ezek az azidok spontán robbanhatnak.

A nehéz fémek lehetnek:

| | | |
|---|-----------|-----------|
| • Bárium | • Kadmium | • Cézium |
| • Kalcium | • Réz | • Ólom |
| • Lítium | • Mangán | • Kálium |
| • Rubidium | • Ezüst | • Nátrium |
| • Stroncium | • Ón | • Cink |
| • Réz és cink ötvözetek (például bronz) | | |

A bronz, réz, kadmium, ón és cink a vákuumszivattyúknak, tartozékaikban és a csövekben gyakran használt anyagok. Ha a folyamatrendszer nátrium-azidot használ vagy termel, gondoskodjon róla, hogy a folyamatrendszerben a gáz útja ne tartalmazzon nehézfémeket.

3.4 Mérgező vagy korrodáló anyagok

Sok vákuumalkalmazásban fordul elő mérgező és korrodáló anyagok feldolgozása és kezelése, amelyek különleges eljárásokat igényelnek.

3.4.1 Mérgező anyagok

A mérgező anyagok természetüknél fogva károsak az egészségre. Azonban a veszély természete függ az anyagtól és a relatív koncentrációjától. Tartsa be az anyag szállítója által meghatározott helyes kezelési eljárásokat és az alkalmazandó jogszabályokat.

Vegye figyelembe a következőket:

- **Gázhígítás** - A mérgező gázok hígítása lehetséges a vákuumszivattyún való áthaladásakor és a kimenetnél. Hígítással a koncentrációt a mérgező szint alá csökkentheti. Azt javasoljuk, hogy ellenőrizze a hígítógáz ellátását, hogy riasszon, ha az ellátás sikertelen. Az olajtömítéses szivattyúk esetén a szivattyú kezelési útmutatójában talál információkat az esetlegesen szükséges olajvisszanyerő készletekről.
- **Szivárgásészlelés** - Az Edwards vákuumrendszerek tömítettsége általában $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Azonban a csatlakozó rendszerek tömítettsége nem garantálható. Használjon alkalmas szivárgásészlelő módszert (például héliumos tömegspektrométeres szivárgásészlelőt) a vákuum- és kimeneti rendszer épységének ellenőrzéséhez.

- **Tengelytömítés (Edwards száraz szivattyúk)** - A száraz vákuumszivattyúk tisztítógázrendszert használnak arra a célra, hogy a folyamatgázok áttételházba, csapágyakba és így a légkörbe kerülését megelőzzék. Mérgező anyagok kezelésekor gondoskodjon a gázellátás épségéről. Nem szellőző szabályozókat kell használni nem visszatérő visszacsapószelepekkel, ahogy azt a [Nyomásszabályozók](#) a(z) . oldalon 30 fejezetben tárgyaljuk.
- **Tengelytömítés (egyéb Edwards szivattyúk)** - Olajba merülő tengelytömítések (például EH mechanikus nyomásfokozó szivattyúk és EM forgólapátos szivattyúk) használatával a folyamatgázok szivárgásának veszélye (vagy a levegő beszivárgása) minimálisra csökkenthető, és a veszély bekövetkezése előtt látható figyelmeztetőjeleket ad (olajszivárgás vagy olajsintcsökkenés). Más tömítések lehet, hogy nem figyelmeztetnek megfelelően a hibára.
- **Mágneses hajtások** - Ahol teljes hermetikus zártság szükséges, a Edwards EDP száraz vákuumszivattyúk felszerelhetők mágneses hajtással, amelyek a motor bemeneti tengelyén a kerámia tartóedények használatával szükségtelenné teszik a tengelytömítéseket.

Ha a túlnyomás ellen túlnyomásszelepek vagy szakadótárcsák biztosítanak, gondoskodjon arról, hogy szellőzésük a megfelelő kivezetőrendszerbe történjen, megelőzve így a mérgezésveszélyt.

Ha karbantartásra szennyeződött vákuumberendezést küld vissza a Edwardshoz, kövesse a meghatározott eljárásokat (HS1 nyomtatvány), és töltsse ki a nyilatkozatot (HS2 nyomtatvány), ahogy az a berendezéshez kapott kezelési útmutatóban szerepel.

3.4.2 Korrodáló anyagok

Az Edwards vákuumszivattyúkat nem tervezték ellenállóknak a nedves korrodáló anyagokkal szemben, ezért a következő pontokat kell szem előtt tartani:

- **Vízmentes anyagok** – Az ioncseréhez szükséges oldószer eltávolítása megelőzi a korróziót. A leállítási eljárás részeként semleges öblítést kell alkalmazni, hogy a korrodáló gőzök a rendszerből leállítás előtt eltávozzanak.
- **Hígítás** - Használjon alkalmas hígítógázt a korrodáló gőzök lecsapódásának és így az abból eredő korrózióknak a megakadályozására.
- **Hőmérséklet** - A szivattyú és a kimenő vezeték vezeték hőmérsékletének növelésével előzze meg a lecsapódást és így a korróziót. Egyes esetekben a magasabb hőmérsékletek növelhetik a korrózió sebességét, tekintse meg az alábbi bekezdést.
- **Biztonsági berendezés korróziója** - Ahol biztonsági berendezést (például lángzáróelemet, hőmérséklet-érzékelőt stb.) károsíthat a folyamat gázáramában a korrodáló termék, a veszély megelőzésére készítésükhöz megfelelő anyagot kell választani.
- **Halmazállapot-változások** - Nem tervezett halmazállapot-változások lecsapódást eredményezhetnek. A hőmérséklet- és nyomásváltozások figyelembevételével a veszély elkerülhető.
- **Nem tervezett reakciók** - Nem tervezett vegyi reakciók korrodáló termékek megjelenését okozhatják. Ha a berendezést több célra is használják, fokozottan figyelni kell az átszennyeződésre.

Egyes korrozív anyagok, például a fluor, a klór, más halogének vagy halidok, illetve az oxidálószer, például az ózon, ezenkívül a redukálószer, például a hidrogén-szulfid megtámadják a velük érintkezésbe kerülő anyagokat, és ehhez nem kell egyéb folyadéknak sem jelen lennie. Ilyen esetben a korrozív anyag parciális nyomását minimalizálni kell egy megfelelő hígítógáz használatával. A vákuumrendszer konstrukciós anyagait és a

szivattyúmodellt úgy kell kiválasztani, hogy kompatibilisek legyenek az adott gázzal a várt koncentrációban. A magas hőmérsékletek gyorsíthatják a korróziót, ezért ezt minimalizálni kell, ha a folyamat egyébként ezt lehetővé teszi. A karbantartási időszakokat a korrozív anyagokat is figyelembe véve át kell tervezni.

3.5 Összefoglaló – kémiai veszélyforrások

- Vegye figyelembe a rendszer összes vegyi reakcióját.
- A rendkívüli kémiai reakciókat ráhagyással tervezze, azokat is, amelyek hibaállapotok között fordulhatnak elő.
- A folyamat anyagaihoz kapcsolódó potenciális veszélyek becslésekor olvassa el az anyagbiztonsági adatlapot.
- Az oxidáló és gyúlékony anyagok reakcióinak csökkentéséhez használjon hígítási technikákat.
- Ha az EU-ban gyúlékony zóna lett megadva, megfelelő, tanúsított ATEX vákuumszivattyút kell használni. Minden más régióban az Edwards ajánlja az olyan szivattyúk használatát, amelyeket az ATEX irányelv szerint tanúsítottak.
- Ha a szivattyú oxidálószer szállít, használjon megfelelő kenőanyagtypust, és fontolja meg a száraz szivattyú használatát.
- Ha a folyamat nátrium-azidot használ vagy termel, a folyamatrendszer gázútjában ne használjon nehézfémeket.
- Mérgező, korrodáló vagy instabil anyagokat különösen óvatosan kezeljen.

4. Fizikai veszélyforrások

4.1 Túlnyomás okozta veszélyek típusai

A vákuumrendszer összetevőinek túlnyomásos állapotát a következő okok bármelyike idézheti elő:

- magas nyomású gáz bevezetése a rendszerbe
- a rendszer által komprimált gáz
- egy illékony gáz hőmérsékletének hirtelen növekedése a rendszerben
- szilárd anyag lerakódását eredményező halmazállapot-változás
- reakció a vákuumrendszerben
- eltömődött kimeneti oldal.

Egyéb okok is lehetségesek.

4.2 Túlnyomás alatt lévő szivattyúkimenet

A kivezető rész túlnyomásos állapotát leggyakrabban a kivezető rendszer eltömődése vagy leszűkülése okozza. Ez a szivattyú vagy a rendszer más komponenseinek tönkremenetelét okozhatja.

A nagy teljesítményű vákuumszivattyúk olyan kompresszorok, amelyeket kimondottan nagy kimenő-bemenő sűrítési arány melletti működésre terveztek.

A szivattyú működése által előidézhető túlnyomás mellett a sűrített gázok (például az öblítőgáz vagy a hígítógáz) bevezetése következtében is túlnyomás léphet fel a rendszerben, ha a kivezető rendszer eltömődik vagy beszűkül.

Amennyiben a szivattyú lángzárral van felszerelve a kivezető oldalon, fontos, hogy a kimeneti ellennyomás ne haladja meg a vákuumrendszerekről szóló kezelési útmutatóban megadott legnagyobb értéket. Hatékony karbantartási program segítségével megakadályozható, hogy a folyamatból származó lerakódások a kivezető rendszert vagy a lángzárat eltömíjék. Amennyiben ez nem megoldható, akkor a szivattyú és a lángzár között elhelyezett nyomásérzékelőt kell használni az elzáródás kimutatására. Hasonló megfontolásokkal kell kezelni az elszívás további részeit, például a szűrőket és a kondenzátorokat.

A szublimáció vagy a halmazállapot-változás a folyamat csőhálózatának elzáródásához és túlnyomás veszélyéhez vezethet.

Az elszívórendszer-komponensek és a vákuumszivattyú folyamatos ellennyomásának maximális és ajánlott értékeit a vákuumszivattyú-rendszerhez mellékelt kezelési útmutatóból tudhatja meg. Az elszívó rendszer megtervezésekor vegye figyelembe ezeket a korlátozásokat.

A folyamatos üzemre vonatkozó korlátozások a szivattyú kezelési útmutatójában találhatóak meg.

4.3 Kimeneti túlnyomás elleni védelem

Általánosságban azt ajánljuk, hogy a szivattyúk működése közben a kivezetés szabadon szellőző kimeneti rendszerbe illeszkedjen. A kivezető rendszer azonban még így is tartalmazhat olyan alkatrészeket, amelyek a rendszer beszűkülését vagy elzáródását

okozhatják. Ha ez valóban így van, akkor a túlnyomás ellen megfelelő védelmet kell biztosítani. Ilyen módszerek lehetnek például:

| Részegység | Védelmi módszer |
|-------------------------------|---|
| Szelep a kimenő csővezetékben | Reteszelve a szelepet, hogy az a szivattyú működése közben mindig nyitott helyzetben legyen. |
| | Alkalmazzon túlnyomást csökkentő megkerülő utat. |
| Kivezető tisztítóberendezés | Alkalmazzon túlnyomást csökkentő megkerülő utat. |
| | Alkalmazzon nyomásfigyelőt, és kapcsolja össze a szivattyúval, hogy az túl magas kimeneti nyomás esetén kikapcsoljon. |
| Lángzár | A kimeneti nyomás mérése. |
| | A különbségi nyomás mérése. |
| Olajködszűrő | Alkalmazzon túlnyomás elleni eszközt. |

Összegezve tehát, ha a nyomás a kivezető rendszerben megközelíti a legnagyobb megengedett értéket, a következőket kell tennie:

- Egy eszköz segítségével csökkentse a nyomást az elzáródással párhuzamos gázúton.
- Csökkentse a nyomás forrását. Állítsa le a szivattyút, vagy zárjon el minden sűrítettgáz-ellátást.

4.4 Bemeneti túlnyomás

4.4.1 Sűrítettgáz-ellátás és ellennyomás

Sokan alábecsülik a szivattyút és a vákuumrendszert összekapcsoló csővezeték által igényelt nyomástűrést, mivel azt gondolják, hogy a csővezeték nyomása nem haladja meg a légköri nyomást. A gyakorlatban ez kizárólag normál működési feltételek esetén érvényes. A szükséges nyomástűrés becslésekor figyelembe kell venni, hogy rendkívüli körülmények vagy hibaállapotok esetén a nyomás általában magasabb.

A szivattyúba vezető csővezetékek túlnyomásának leggyakoribb oka a sűrített gázoknak (például öblítőgázok) a szivattyú működése közben történő bevezetése. Ha a bemeneti csővezetékekben található alkatrészek nem megfelelőek a kialakuló nyomáshoz, a csővezeték megreped és a folyamatban részt vevő gázok kiszivárognak a rendszerből. Túl magas nyomás esetén a gázok visszaáramlása a rendszerből a folyamatkamrába, amely nem képes a kialakuló nyomást állni, szintén repedésekhez és szivárgásokhoz vezet.

Amikor a sűrített gázellátást a rendszerre kapcsolja a nyomásszabályozókon keresztül, amelyek alacsony nyomás melletti áramlást tesznek lehetővé, ügyeljen arra, hogy a nyomás a rendszer nyomástűrésén belül legyen.

A leggyakrabban használt, nem szellőző nyomásszabályozók hatására a rendszer nyomása a szabályozó számára szükséges gázellátás nyomásának szintjére emelkedik, ha működése közben nem áramlik folyamatban részt vevő gáz a rendszeren keresztül. Ezért a túlnyomás megelőzése érdekében az alábbi két módszer egyikét kell alkalmazni:

- csökkentse a nyomást, hagyja, hogy a gázok a szivattyú helyett egy szabadon szellőző kivezetőrendszerbe áramoljanak;

- figyelje a rendszer nyomását, és használjon pozitív zárású szelepet az összenyomott gáz áramlásának leállítására egy előre beállított nyomásszint elérése esetén.

4.4.2 A szivattyú helytelen működése

A szivattyú helyes működésének biztosításáig különleges óvintézkedésekre van szükség.

Ha a szivattyú forgásiránya helytelen, és a szivattyú működése közben a bemenet elzáródik, a szivattyú magas nyomást idéz elő a bemeneti csővezetékben. Ez a szivattyú, a csővezeték vagy a csővezeték alkatrészeinek megrepedését eredményezheti.

A szivattyú helyes forgásirányának biztosításáig mindig használjon a szivattyú bemeneti részéhez lazán odacsavarozott vaklezáró lapot.

A magas forgási sebesség a szivattyú széttörését okozhatja. Működés közben a szivattyú forgási sebessége ne haladja meg a megadott legnagyobb értéket. Ez különösen fontos, amikor a sebesség szabályozására frekvenciaátalakítót használnak.

4.5 Összefoglaló – fizikai veszélyforrások

- Amikor biztonsági számításokat végez, vegye figyelembe a rendszer minden összetevőjére vonatkozó biztonságos nyomás értékeit.
- Gondoskodjon róla, hogy a szivattyúkimenet ne záródhasson el.
- Amennyiben a névleges nyomást meghaladó magas nyomás fellépésének kockázata áll fenn a vákuumrendszerben, ajánlatos egy nyomásmérő műszert elhelyezni a megfelelő helyre. Ezt csatlakoztatni kell a vezérlőrendszerhez, amely túlnyomás érzékelése esetén biztonságos állapotba hozza a rendszert.
- Vegye számításba a lehetséges rendkívüli körülményeket és hibaállapotokat, amikor felméri a vákuumrendszerhez és a szivattyúkomponensekhez szükséges tervezési nyomást.
- Győződjön meg róla, hogy a megfelelő típusú túlnyomás elleni eszközt alkalmazza, és az eszköz megfelel az alkalmazás követelményeinek.
- Győződjön meg róla, hogy a sűrített gázellátás szabályozása és figyelése megfelelően történik. A szivattyú kikapcsolása esetén a gázellátást is kapcsolja ki.
- Ahol lehetséges, gondoskodjon róla, hogy a szabályozott öblítéshez alkalmazott nyomás a rendszer legnagyobb statikus nyomásánál alacsonyabb legyen. Azt is ellenőrizze, hogy alkatrész-meghibásodás esetén van-e lehetőség a nyomás csökkentésére.

5. Kockázatelemzés

A kockázatelemzési technikák strukturált megközelítést kínálnak a rendszerben normál használatkor fellépő kockázatok, valamint a hibás vagy helytelen feltételek mellett felmerülő veszélyek felismeréséhez és elemzéséhez. Ezek a technikák megoldást kínálnak a kockázatok kezelésére, és alkalmazásuk sok esetben kötelező. A teljes hatékonyság érdekében a kockázatelemzést a rendszer kezdeti tervezése közben kell elkezdeni, és a rendszer telepítése és működtetése, illetve karbantartása és leszerelése közben is folytatni kell.

A kockázatelemzés technikáinak részletes bemutatására ez a kiadvány nem terjed ki. Más kiadványokban azonban bőséges információt találhat a kockázatelemzési technikákról. Az egyik legismertebb technika a vegyi feldolgozóiparban alkalmazott HAZOP (Működőképesség- és veszélyelemzés). Ez kockázatelemzési eljárás, amely felismeri a lehetséges veszélyeket és működési problémákat.

A kockázatelemzés általában a kockázatok típusáról, a kockázatok súlyossági fokáról és az előfordulási valószínűségről közöl adatokat. Az adatok birtokában eldöntheti, hogyan lehet a leghatékonyabban elfogadható szintre csökkenteni a kockázatok hatását. A kockázat eredetétől függően a kockázatot kiküszöbölheti, a súlyossági szintjét mérsékelheti, és az előfordulásának valószínűségét csökkentheti. Ennek ellenére ritka, hogy a veszélyforrás teljesen kiküszöbölhető.

A kockázatkezelés legjobb módjának meghatározásakor a kockázat minden lehetséges hatását figyelembe kell venni. Például egy kisebb forró felület veszélyt jelent a gépkezelő számára, mivel égési sérüléseket okozhat. Az égési sérülések valószínűségének csökkentése érdekében a rendszertervező jól látható figyelmeztetést helyezhet el a forró felületről, vagy védőburkolatot tehet a forró felület köré. A rendszer kockázatelemzése azonban azt is jelezheti, hogy ugyanez a forró felület gyúlékony gőzök és gázok gyújtóforrásaként szolgálhat, mely robbanáshoz vagy mérgező gőzfelhő kibocsátásához vezethet. A gyulladás lehetőségének csökkentése érdekében a rendszertervezőnek csökkentenie kell a forró felület hőmérsékletét, vagy biztosítania kell, hogy a gyúlékony gőzök és gázok ne érintkezhessenek a forró felülettel.

6. A rendszer kialakítása

6.1 A rendszer nyomástűrési tartományai

A *Fizikai veszélyforrások* a(z) . oldalon 15 fejezet leírása szerint a vákuumrendszerű csővezetéseket és alkatrészeit úgy tervezték, hogy azok légköri nyomás alatti belső nyomás mellett működjenek. A gyakorlatban azonban rendszerint úgy szükséges a rendszert megtervezni, hogy azt légköri nyomást meghaladó belső nyomás esetén is lehessen használni. Szükség esetén nyomáscsökkentő eszközt is be kell építeni a túlnyomás megelőzése érdekében.

Figyeljen arra, hogy a bemeneti csövek és egyéb alkatrészek ne váljanak a rendszer leggyengébb részévé. Ez abból a feltételezésből következhet, hogy mindig, még hibaállapot esetén is vákuum alatt fognak működni.

A kivezető rendszereket mindig úgy kell megtervezni, hogy azok a lehető legkisebb ellennyomást fejtsék ki működés közben a szivattyúra. Fontos azonban, hogy a kivezető rendszert megfelelő nyomástűrésre tervezze. Alkalmasnak kell lennie a működésre a szivattyú és a rendszerbe vezetett sűrített gáz által kifejtett nyomás, továbbá az alkalmazott túlnyomásvédelmi megoldások mellett is.

Kockázatelemzés során mindig fordítson figyelmet a következőkre:

- Külső bevezetések, pl. inert gázcsatlakozások
- Az összes forrásból eredő elkülönülés és összeszűkülés, különös tekintettel a kimenő vezetésekre
- A folyamatban részt vevő gázok közötti reakciók

Meg kell jegyezni, hogy illékony folyadékot tartalmazó és a rendszertől elkülöníthető edény esetében külső hő alkalmazása (pl. tűz) nagyobb belső nyomást eredményezhet, mint amekkorára az edényt tervezték. Ebben az esetben meg kell fontolni, szükség van-e megfelelő nyomáscsökkentő eszközre.

6.2 Pangó tér megszüntetése

Pangó térnek nevezzük a vákuumcsövön vagy alkatrészen belüli zárt teret, amelyen nem folyik át gáz. Példaként említhetjük a mechanikus nyomásfokozó szivattyú fogaskerékházát vagy egy műszer mérőfejét. A szeleppel ellátott csőhálózat és a nitrogéngáz-bemeneti csövek is pangó térre válhatnak izoláció esetén.

A pangó térrel a folyamatban részt vevő gázok keveredésekor és reakciójakor kell számolni, amelyek normál esetben nincsenek együttesen jelen a folyamatkamrában. A csövek, szivattyúk és folyamatkamrák általában lineárisan továbbítják a gázokat, egyik gázt vagy keveréket a másik után. Az ilyen lineáris folyással továbbított gázok rendes körülmények között nem keverednek, kivéve ha a távozó gáz sebességét a szűkület vagy eltömődés lecsökkenti. A pangó teret nem öblítik, és előfordulhat, hogy azt a folyamatban résztvevő gázok töltik ki a rendszer nyomásemelkedésekor és esésekor. Ily módon a rendszeren áthaladó gázok a folyamat egy szakaszában visszamaradhatnak. Ezek azután reakcióba léphetnek a folyamat egy következő szakaszában jelen lévő gázokkal. A kamra alapos kiürítése az összeférhetetlen gázok bevezetése között megvédi a robbanás veszélyétől.

Átszennyezés lehetősége esetén fordítson különös figyelmet a pangó térre, amikor a nyomás viszonylag magas (közel a légköri nyomáshoz) és a gázok robbanásveszélyesek. Különösen figyeljen a szűrőkben és leválasztókban való felhalmozódás veszélyére. Ahol lehetséges,

használjon nagymértékben megbízható, folyamatos átfolyású semleges öblítőgázt a gázok átszennyezési valószínűségének csökkentése érdekében.

Gyúlékony anyagok szivattyúzásokor lehetséges, hogy a pangó terek rendes öblítéssel el nem távolítható, potenciálisan robbanékony gázokkal vagy gőzökkel töltődnek fel. Ha gyújtóforrás is jelen lehet, meg kell fontolni a pangó tér egyedi eljárással való tisztítását.

6.3 Kivezető rendszerek

Fontos, hogy a folyamatnak megfelelő kivezető rendszert használjon. Az előbbiek alapján a kivezető rendszert úgy kell megtervezni, hogy állja az üzemi nyomást; veszélyes anyagok előállításakor vagy feldolgozásakor legyen megfelelően tömített, hogy magában tartsa a folyamatnál használt anyagokat és azok melléktermékeit, és előzze meg a légkörbe való veszélyes kibocsátást.

6.4 Robbanásveszélyes gázok vagy gőzelegyek forrásai

Ha gyúlékony gáz vagy gőz megfelelő koncentrációjú oxigénnel vagy más alkalmas oxidálószerrel elegyedik, robbanásveszélyes keverék jön létre, amely gyújtóforrás jelenlétében berobban.

Míg általánosságban egyértelmű, ha egy szivattyúzott anyag robbanékony, az Edwards tapasztalatai azt mutatják, hogy robbanásveszélyes keverék jöhet létre, ha a folyamat tervezése során néhány körülményt nem kezelnek elég körültekintően. A berendezése által létrehozható robbanásveszélyes keverékek minden lehetséges forrását kutassa fel. Az alábbiakban olvashat néhány példát az Edwards tapasztalataiból, azonban a lista korántsem teljes:

- **Átszennyezés** - Ahol a vákuumszivattyút többféle feladatra használják, lehetséges, hogy különálló anyagokkal történő használata egyenként biztonságos.
- **Tisztítófolyadékok** - Jóindulatúnak tűnő művelet, azonban a gyúlékony átlósó folyadékok használata és az ezt követő, vákuumszivattyún keresztüli leeresztéssel történő szárítás robbanásveszélyes keveréket hozhat létre.
- **Előre nem tervezett anyagok** - „Házi vákuumszivattyúzási” feladatok esetében, amikor a vákuumszivattyú elosztott vákuumrendszerként működik, lehetséges, hogy azzal olyan gyúlékony anyagokat is szivattyúznak, amelyeket a rendszertervezés során nem vettek figyelembe. Ezeknél az anyagoknál előfordulhat, hogy öngyulladás hőmérsékletük a vákuumszivattyú belső hőmérsékleténél alacsonyabb.
- **Oldottgőzök** - Ezek a folyamat működése közben fejlődhetnek, és gondosan kell kiválasztani a megfelelő belső névleges hőmérsékletet a folyamat számára. A vegyi feldolgozó piacon általában ezt lefedik az ATEX követelmények.
- **Levegőszivárgás** – Levegő vagy oxidáló anyag nem várt beáramlása a rendszerbe megváltoztathatja a gyúlékony gázok vagy gőzök koncentrációját, és robbanásveszélyes elegyet hozhat létre.
- **Gyúlékonytömítőfolyadékok** – Azon folyadékgyűrűs vákuumszivattyúknál, ahol gyúlékony tömítőfolyadékot használnak, a levegőbeáramlás robbanásveszélyes belső elegyet hozhat létre.
- **Kondenzálódott folyamatanyagok** - Ha fennáll a veszélye annak, hogy a rendszerben gyúlékony anyagok kondenzálódhatnak, akkor tisztában kell lennie azzal, hogy ezek reakcióba léphetnek más műveleti lépésekből származó oxidánsokkal vagy levegővel (például a kivezető csőben). Ez elkerülhető megfelelő hőmérséklettel vagy a parciális nyomás szabályozásával.

6.5 A gyúlékony zóna elkerülése

Egy gyúlékony anyag csak abban az esetben robbanásveszélyes, ha oxigénnel vagy levegővel keveredik, és koncentrációja az alsó gyulladási határérték – AGYH (vagy alsó robbanási határérték – ARH) és a felső gyulladási határérték – FGYH (vagy felső robbanási határérték – FRH) közé esik. A szakirodalomban található legtöbb adat a levegőben érvényes gyulladási határértékekre vonatkozik, azaz ahol az oxigén az oxidáns. Az alábbiakban megadott információk mind ezen a feltételezésen alapulnak.

A robbanásveszély másik tényezője, hogy az oxigénkoncentráció meghaladja a minimum oxigénkoncentrációt – MOK (vagy legalacsonyabb oxigénkoncentrációt – LOK). A gyúlékony gázok többségénél a MOK (LOK) értéke 5 százaléktérfogat vagy ennél magasabb.

(Megjegyzés: A fenti érték nem vonatkozik a robbanékony vagy gyúlékony anyagokra, amelyeket különösen körültekintően kell kezelni.)

Számos módon elkerülhetők a gázelegyekkel a gyúlékony zónában végzett műveletek. A választott módszer a folyamat és a szivattyúrendszer kockázatelemzésétől (veszélyelemzésétől) függ.

- **A tűzveszélyes gázkoncentráció AGYH (ARH) alatt tartása**

Állítson be egy, az AGYH (ARH) alatti műveletekre vonatkozó biztonsági határt, a legkisebbre csökkentve így annak kockázatát, hogy a gyúlékony gáz véletlenül a gyúlékony zónába lépjen.

A biztonsági küszöbértékeket a felhasználónak kell meghatározni egy kockázatelemzést követően. Egyes hatóságok a koncentrációnak az AGYH (ARH) 25%-a alatt tartását javasolják.

A koncentráció AGYH (ARH) alatt való tartásának általános módja a szivattyúbemeneten és/vagy öblítőcsatlakozóján keresztül bevezetett semleges tisztító-gázzal (például nitrogén) történő hígítás. A hígítórendszer megkívánt megbízhatósága és a riasztások vagy reteszelések a veszélyes zónától függenek, amely a hígítórendszer meghibásodása eredményeként jöhet létre.

- **Megjegyzés:**

Megfelelő óvintézkedéseket kell hozni a fulladás elkerülésére.

- **Az oxigénkoncentráció MOK (LOK) alatt tartása**

Ez egy másik választható üzemmód, ahol a biztonságos működéshez a szivattyúzott gázok oxigénkoncentrációját kell figyelemmel kíséreni. A MOK (LOK) értéke alatt végzett műveletekhez állítson be biztonsági határt, hogy a legkisebbre csökkentse annak kockázatát, hogy a gyúlékony gáz véletlenül a gyúlékony zónába lépjen. Azon helyeken, ahol az oxigénkoncentrációt folyamatosan ellenőrzik, a legjobb megoldás a gázelegy oxigénkoncentrációjának a nyilvánosságra hozott legalacsonyabb LOK értéknél 2 térfogatszázalékkal alacsonyabb szinten tartása. Az oxigénkoncentráció nem haladhatja meg a MOK (LOK) érték 60%-át, kivéve, ha a MOK (LOK) kisebb, mint 5%. Ha a felügyelet csak az oxigénszint rendszeres ellenőrzésében merül ki, nem szabad hagyni, hogy az oxigénszint meghaladja a legalacsonyabb publikált MOK (LOK) érték 60%-át, kivéve, ha a MOK (LOK) kevesebb, mint 5%, amely esetben az oxigénkoncentrációt a MOK (LOK) 40%-a alatt kell tartani.

Az oxigénszint publikált legalacsonyabb MOK (LOK) érték alatt tartásának kedvelt módszere a levegő és oxigén szigorú kizárása a folyamatból és a szivattyúrendszerből, továbbá a szivattyúzott gáz hígítása semleges öblítő-gázzal (pl. nitrogén), amelyet, amennyiben szükséges, a szivattyúbemeneten és/vagy öblítőcsatlakozókon keresztül vezetnek be. A levegő/oxigén kizárására tett intézkedések és a riasztások vagy reteszelések megkívánt megbízhatósága a

veszélyes zónától függ, amely a kirekesztő és hígító rendszer meghibásodása eredményeként jöhet létre.

A levegőnek a folyamatból és szivattyúrendszerből történő kizárására vonatkozó általános óvintézkedéseket e fejezet végén találja.

▪ **A gyúlékony gázkoncentráció FGYH (FRH) felett tartása**

Ha a gyúlékony gáz koncentrációja nagy, az FGYH (FRH) feletti műveletek megfelelőbbek. Állítson be egy, az FGYH (FRH) feletti műveletekre vonatkozó biztonsági határt, a legkisebbre csökkentve így annak kockázatát, hogy a gyúlékony gáz véletlenül a gyúlékony zónába lépjen. Ajánlatos a gázban visszamaradt oxigénszintet a rendes körülmények között a gyúlékony gázkoncentrációban FGYH (FRH) megtalálható abszolút oxigénszint 60%-nál alacsonyabb értéken tartani.

Az oxigénszint biztonságos határ alatt való tartásának kedvelt módja a levegő és oxigén szigorú kizárása a folyamatból és szivattyúrendszerből. Szükség lehet még a szivattyúzott gáz semleges öblítőgázzal (pl.

nitrogén) való hígítására vagy további gyúlékony gáznak (kiegyenlítő gáz) a szivattyúbemeneten és/vagy öblítő csatlakozón keresztül történő bevezetésére. A levegő/oxigén kizárására tett intézkedések, a bármilyen öblítőgáz-bevezető rendszer és a riasztások vagy reteszelvek megkívánt megbízhatósága a veszélyes zónától függnnek, amely a kizáró és hígító rendszer meghibásodása eredményeként jöhet létre.

▪ **A gyúlékony gázkoncentráció minimum robbanási nyomás alatt tartása**

Minden gyúlékony anyagra vonatkozik egy minimum nyomás, amely alatt egy robbanás nem tartható vissza. Ha a vákuumszivattyú bemenetén a nyomás biztonságosan ez alatt a nyomás alatt tartható, akkor a vákuumszivattyúban keletkező lobbanások nem lesznek képesek áttérjedni a bemenetre. Azonban óvintézkedéseket kell tenni a vákuumszivattyú kimenetén.

A levegőnek a folyamatból és szivattyúrendszerből történő kizárására vonatkozó általános óvintézkedések a következők:

▪ **Levegőszivárgások megszüntetése**

Használjon szivárgásérzékelőt vagy végezzen nyomásnövekedés vizsgálatot. Mielőtt gyúlékony anyagokat enged a folyamatkamrába, lehetősége van elvégezni egy vizsgálatot annak meghatározására, hogy a levegő (oxigén) beszivárgása a vákuumrendszerbe a megengedett határokon belül van-e.

Nyomáspróba végzésekor az üres folyamatkamrát légtelenítik, nyomását a rendes üzemi nyomás alá csökkentik, majd leválasztják a vákuumszivattyúról. Ezután a folyamatkamra nyomását meghatározott időn keresztül feljegyzik. Mivel a folyamatkamra nagysága ismert, a megengedhető levegőszivárgás nagyságával együtt, ezért lehetőség van az egy adott időszakon belül megengedhető legnagyobb nyomásnövekedés kiszámítására. Amennyiben ezt a legnagyobb nyomáshatárt meghaladja az érték, le kell zárni a folyamatkamra levegő- (oxigén) szivárgásának forrását. A gyúlékony anyagokat csak egy újabb, ezúttal sikeres vizsgálat elvégzése után lehet a folyamatkamrába beengedni.

Bizonyos esetekben a vákuumrendszer azon képessége, hogy jó alacsony nyomást tud elérni, felhasználható a rendszer tömítettségének kimutatására.

▪ **A folyamat megkezdése előtt távolítsa el minden levegőt a rendszerből**

Ürítse le teljesen a rendszert és/vagy öblítse át semleges gázzal (ilyen például a nitrogén), hogy eltávolítsa minden levegőt a rendszerből, mielőtt beengedne a folyamathoz szükséges bármilyen gyúlékony gázt. A folyamat végén, a rendszer végső szellőztetése előtt ismétlje meg a fent leírt eljárást a gyúlékony gázok eltávolításához.

- **Száraz (olajmentes) vákuumszivattyúkhöz**
Győződjön meg róla, hogy a tengelytömítő gázba semmilyen körülmények között nem kerülhet levegő vagy nem szennyeződhet levegővel. Biztosítsa, hogy a gázballaszt-belépőnyílás le legyen zárva, vagy kizárólag semleges gázt vezessenek be rajta.
- **Nedves vákuumszivattyúkhöz (forgódugattyús vagy forgólapátos szivattyú)**
A gyártó utasításainak megfelelően kezelje a tengelytömítőket. Használjon nyomás alatt tartott és az olajnyomás-csökkenést riasztóberendezéssel jelző kenőrendszert. Ez a rendszer tartalmazhat egy nyomáskapcsolóval ellátott külső alkatrészt a megszárt és nyomás alatt tartott kenőolaj biztosításához. Biztosítsa, hogy a gázballaszt-belépőnyílás le legyen zárva, vagy kizárólag semleges gázt vezessenek be rajta. A folyamat kezdete előtt semleges gázzal megfelelően öblítse át az olajtartályt a levegő eltávolítása céljából.
- **Vákuumnövelő szivattyú gyökerekhez**
A gyártó utasításainak megfelelően helyezze el az elsődleges meghajtótengely tömítését teljesen, és bizonyosodjon meg róla, hogy bármely tisztító vagy 'levegőztető' nyílás csatlakozója csak az inert gáz bevezetésére szolgál.
- **Visszaáramlás**
Ellenőrizze, hogy a rendszer üzemi eljárásai és berendezései védettek-e a szivattyú meghibásodásából eredő levegő-visszaáramlástól. Győződjön meg arról, hogy a szivattyúzott gyúlékony gázokat a végső szellőztetés során biztonságosan eltávolították a szivattyú kivezetéséből. A gyúlékony gázok folyamatai előtt és után semlegesítő öblítéssel biztosítsa, hogy nem keletkeznek gyúlékony gázelegyek a kimenő csővezetékben. Továbbá a művelet közbeni semleges tisztítógázzal történő öblítéssel akadályozza meg a levegő turbulens visszakeveredését a kivezetés felől.

6.6 A rendszer-megbízhatóság szintjei

A korábbi fejezetek röviden tárgyalták a semleges gázzal való hígítást használó védelmi eljárásokat. A módszer lényege: a semleges gázt (általában nitrogén) folyamatgázokkal keverik össze, ily módon hígítják azokat olyan szintre, amelyen már nem következhet be robbanás vagy reakció. Ha a gázhígítást mint elsődleges biztonsági rendszert használja a robbanásveszély elkerülésére, szüksége lehet egy nagy megbízhatóságú riasztó és reteszelő rendszerre, amely megakadályozza a rendszer működését, ha a gázhígító rendszer üzemképtelen. A kockázatelemzés (veszélyelemzés) során ügyeljen a gázhígító rendszer megbízhatóságára, amely a belső zónákra való felosztottságtól (vagyis a kockázat szintjétől) függ, és amely a hígító rendszer meghibásodása esetén jön létre. Alkalmazza a kockázatelemzés jelenlegi legjobb módszereit a megkívánt rendszer-megbízhatóság megfelelő szintjeinek meghatározásához.

Például, ha a hígítórendszert a gyúlékony zónán kívüli gyúlékony gázkoncentráció fenntartására használnák, és a hígítás során bekövetkezett hiba eredményeképpen a szivattyúzott gáz folyamatosan vagy gyakran a gyúlékonyzónába kerülne (általában az ATEX Zóna 0 követelmény >50 %-ot vesz figyelembe), akkor az alábbi állítások egyikét a hígítórendszernek ki kell elégítenie:

- Ritkán előforduló hibás működés esetén is legyen üzembiztos.
- Két hiba esetén is legyen biztonságos.
- Két, egymástól független hígítórendszerből álljon.

Másik lehetőség, hogy a hígítórendszer meghibásodásakor a szivattyúzott gáz időnként a gyúlékony zónába kerül (általában ATEX 1. zóna követelmény), akkor az alábbi állítások egyikét a hígítórendszernek ki kell elégítenie:

- Előre látható meghibásodás esetén is üzembiztos.
- Egy hiba esetén is biztonságos.

Amennyiben a hígítórendszer meghibásodásakor bekövetkezett hiba eredményeként a szivattyúzott gáz bekerülése a gyúlékony zónába valószínűtlen, azonban rövid időszakokra mégis megtörténik (általában ATEX 2. zóna feltétel), a hígítórendszer rendes működése kétségtelenül biztonságos.

6.7 Lángfogó védőrendszerek használata

Ha a szivattyúzott gázok és gőzök elegye folyamatosan vagy hosszabb ideig (azaz 0. zóna feltétel) gyúlékony (lásd: Gyúlékony zóna elkerülése A gyúlékony zóna elkerülése [A gyúlékony zóna elkerülése](#) a(z) . oldalon 21), és normál üzem közben, vagy előre látható hiba esetén fennáll a kockázata egy lángforrás (lásd: [Gyújtóforrások](#) a(z) . oldalon 24) aktívvá válásának, szükség szerint lángzárakat kell felszerelni az elsődleges szivattyúra (lásd még: Lángzárók [Lángfogók](#) [Lángfogók](#) a(z) . oldalon 30). Rendelkezésre áll egy külső fél által kibocsátott tanúsítvány konkrét lángfogók Edwards vákuumszivattyúkkal való használhatóságáról, amely igazolja, hogy a rendszer képes megakadályozni a láng továbbterjedését a folyamat csőhálózata mentén vagy a külső légtérbe.

Ha a gyúlékony keverék hosszabb ideig van jelen, egy jóváhagyott és tesztelt hőmérséklet-érzékelőt kell beszerezni a bemeneti lángfogóba a folyamatos égések észlelésére. Folyamatos égés észlelése esetén a szivattyút le kell kapcsolni, és izolálni kell a gyújtóforrástól. Az Edwards további információkkal szolgálhat a jóváhagyott lángfogókról és hőmérséklet-érzékelőkről. A lángfogó és a szivattyú hővédelme érdekében a szivattyú ritka meghibásodásai esetén (0. zóna) szereljen be egy kimeneti oldalra elhelyezett hőmérséklet-érzékelőt. A lekapcsolási pontok a szivattyúrendszerektől függenek. Tekintse meg a szivattyú vonatkozó ATEX kézikönyvét.

Ha a bemeneten vagy kimeneten lévő hőmérséklet-érzékelő eléri a felső küszöbértékét, hibaállapotot jelezve, megfelelő intézkedéseket kell hozni. Ez az alkalmazástól függ, de a következőket tartalmazhatja:

- **Üzemanyag-ellátás leállítás** – A vákuumszivattyú bemenetén található szelep lezárásával a vákuumszivattyú üzemanyag-ellátása megszűnik.
- **Gyújtóforrás megszüntetése** - A vákuumszivattyú megállítása a motor kikapcsolásával.
- **Az égéstér semlegesítése** - A gyorsan az égési területre (ez általában, de nem mindig a szivattyú kivezető csövében található) juttatott semleges gáz eloltja a lángot. Megjegyzés: lehetséges, hogy a láng újra meggyullad, ha a gyújtóforrást nem távolították el.

6.8 Gyújtóforrások

Figyeljen minden lehetséges gyújtóforrásra azon rendszerekben, ahol gyúlékony keverékek szivattyúzására vákuumszivattyút használnak. Az általános áttekintés részeként alább talál néhány fontos területet. A folyamattól függően elkerülheti a gyújtóforrások kialakulását. Ha nem sikerül elkerülni a gyújtóforrásokat a folyamatfeltételek vagy a rendszerkövetelmények miatt, akkor megfelelően kell kialakítani a rendszert.

Megjegyzés:

Egyes Edwards szivattyúkat külső fél hitelesítette annak megerősítésére, hogy azok megfelelően alkalmazva ellenállnak a belső robbanásnak.

- **Mechanikai érintkezés** - A vákuumszivattyú belső forgó és álló részeinek mechanikus érintkezése gyújtóforrás lehet. Minden Edwards vákuumszivattyút úgy terveztek és gyártottak, hogy az üzemi hézagok minden üzemi feltételek között a megfelelők legyenek a szivattyúban. A gyújtóforrás elkerülésére el kell kerülni az anyagok lerakódását a belső felületeken, vagy meg kell tisztítani a szivattyút. A csapágyakat jó állapotban kell tartani, kenni kell, és megfelelő öblítőgázzal meg kell akadályozni a folyamatgázokkal való érintkezést. Be kell tartani a csapágyak előírt karbantartási ütemezését a biztonságos és megbízható üzemelés érdekében.
- **Részecskék bekerülése** – Minden szivattyúrendszerénél fennáll a folyamat vagy a gyártás során keletkezett részecskék bekerülésének lehetősége. Ha ezek a részecskék mozgó és álló felület közé kerülnek, hő keletkezhet. Egy megfelelő bemeneti szűrővel (ráccsal) vagy szűrővel megelőzhető a részecskék bekerülése a vákuumszivattyúba, és biztonságos mennyiségre csökkenthető a részecskék mérete és mennyisége. A bemeneti szűrő karbantartására megfelelő ütemezést kell létrehozni.
- **Porfelhalmozódás** - Finom, tömör por halmozódhat fel a belső hézagokban, ha a szivattyúmechanizmust olyan folyamathoz telepítették, amelyben por képződik. A kis részecskék bekerülhetnek a szivattyúba, még bemeneti porszűrők használata esetén is. Hőváltozás hatására méretváltozás következhet be. Ekkor a tömör por mozgó felülettel érintkezhet, és hő keletkezik.
- **Sűrítéskor keletkező hő (öngyulladás)** - A kompresszoron belüli sűrítéskor keletkező hővel kapcsolatosan mindig figyeljen a szivattyúzott gázok vagy gőzök öngyulladási hőmérsékletére. A szivattyúnak olyan hőmérsékleti besorolásúnak kell lennie, amely minimum megfelel a szivattyúzott gáznak.
- **Forró felületek** - Gyúlékony gázok vagy gőzök forró felülettel való érintkezése begyulladásához vezethet, ha a hőmérséklet meghaladja az öngyulladási hőmérsékletet. Megjegyzés: Az Edwards szivattyúkat és lángzárokat ne lássa el hőszigeteléssel, mert a belső (és külső) felületi hőmérséklet megnőhet, ami öngyulladásához vezet.
- **Külső hőhatás** - Külső hőhatás léphet fel például a vákuumberendezés közvetlen közelében keletkező tűz esetén. Ilyen körülmények között lehetséges, hogy a belső nyomás a rendszer állandó nyomása fölé nő, illetve a hőmérséklet meghaladja az öngyulladási hőmérsékletet. A rendszer veszélyelemzése során fordítson figyelmet erre.
- **Forró folyamatgáz-áramlás** - A magas bemeneti gázhőmérséklet a belső (vagy külső) felületi hőmérséklet növekedéséhez vezethet, így meghaladhatja a szivattyúzott anyagok öngyulladási hőmérsékletét. A magas hőmérsékletű bemeneti gázok a rotor/ állórész megszorulásához is vezethetnek. A maximálisan megengedett belső gázhőmérséklet a vákuumszivattyú kezelési útmutatójában található. Tanácsért forduljon az Edwards vállalathoz.
- **Katalitikus reakció** - Meghatározott fémek jelenléte katalitikus begyulladásához vezethet. Meg kell vizsgálni, hogy a vákuumrendszer építéséhez használt anyagok reagálnak-e ilyen módon a szivattyúzott gázokkal vagy gőzökkel való érintkezéskor.
- **Öngyulladási reakció** - Levegő vagy oxidáns beengedése az öngyulladó anyag spontán begyulladásához vezet, amely gyújtóforrásként léphet fel a gyúlékony anyagokra nézve. Lásd [Piroforos anyagok](#) a(z) . oldalon 11.
- **Statikus elektromosság** - Következményei lehetnek, ha a szigetelési elemeken statikus elektromosság halmozódik fel, mielőtt szikra formájában a föld irányában kisülne. A rendszertervezés során figyelembe kell venni a statikus feltöltődést.
- **Villámlás** - Kültéren elhelyezett szivattyú esetében a villámcsapás gyújtóenergia lehet. A rendszertervezés során figyelembe kell venni ezt az eshetőséget.

6.9 Összegzés – rendszertervezés

Számos kulcsfontosságú pontra kell figyelnie a biztonságos vákuumszivattyú-rendszerek tervezésénél. Az alkalmazástól függően további lényeges pontok is lehetnek.

- A rendszernek meghibásodáskor is biztonságosnak kell lennie veszélyes anyagok szivattyúzása esetén.
- Oxidáló anyagok szivattyúzása esetén használjon PFPE (perfluor-poliéter) kenőanyagot.
- Győződjön meg róla, hogy a gyúlékony gáz koncentrációja az alsó gyulladási határérték (vagy alsó robbanási határérték) alatt van, miután semleges gázzal hígította, továbbá győződjön meg a semlegesgáz-ellátás megbízhatóságáról.
- A koncentráció tartható a felső robbanási vagy gyulladási határérték felett is, de megfelelő óvintézkedéseket kell tenni annak érdekében, hogy a koncentráció ne csökkenhessen a gyulladási tartományba.
- Használat előtt végezzen tömítettségvizsgálatot a rendszeren és a berendezéseken.
- Hígítsa inert gázzal biztonságos szintűre az öngyulladó gázokat, mielőtt levegőre kerülnek vagy oxidáló gázokkal keverednek.
- A rendszerben lévő gáz útjában a nátrium-azid sehol ne érintkezzen nehézfémekkel.
- A rendszer legnagyobb nyomása sehol nem haladhatja meg az egyes részek biztonságos szintjét.
- Minden esetben tanulmányozza a szivattyúzni kívánt anyagokhoz kapott biztonsági útmutatót.
- Használjon száraz szivattyút az olajtömítéses forgólapátos vagy dugattyús szivattyúk helyett, mivel ezen rendszereknél a lökettérfogatban levő olaj veszélyt jelenthet.
- Ahol Edwards vákuumszivattyúkat használnak olyan gáz- vagy gőzelegyek szivattyúzására, amelyek potenciálisan gyúlékonyak, minden lehetséges gyújtóforrásra legyen figyelemmel.

7. Az eszközök helyes megválasztása

Az alkalmazásnak megfelelő, alkalmas eszközök megválasztásakor vegye figyelembe azokat a korlátokat, amelyeken belül a rendszert üzemeltetni kívánja. Az Edwards készülékek műszaki adatait a katalógusunkban és a készülék kezelési útmutatójában találja meg. A legtöbb esetben kérésre további információval szolgálunk; kérjük, forduljon az Edwards vállalathoz további tanácsért.

A vákuumrendszer tervezésénél vegye figyelembe az alábbi, mechanikus szivattyúra vonatkozó paramétereket:

- Legnagyobb statikus nyomás (bemeneti és kimenet)
- Legnagyobb üzemi bemeneti nyomás
- Legnagyobb üzemi kimeneti nyomás
- A bemeneti és a kivezető alkatrészek vezetőképessége
- A szivattyúra szerelt egyéb komponensek nyomáselőírásai
- A nyomás felügyelete, ha a kimenő vezeték eltömődne.

Olajtömítésű forgólapátos és dugattyús szivattyúk esetén az alábbiakra is ügyeljen:

- A gázballaszt áramlási sebessége
- Az olajtartály-öblítés áramlási sebessége
- Az olajtartályban felgyülemlett gázok és gőzök
- Az olajtartály olajában elnyelődött gázok és gőzök.

A legnagyobb statikus nyomás azt a legnagyobb nyomást jelenti, amellyel egy szivattyú bemeneti vagy kivezető csatlakozása terhelhető, abban az esetben, ha a szivattyú nem üzemel. A nyomás a szivattyú mechanikai konstrukciójától függ.

Az olajtömítésű forgólapátos és dugattyús szivattyúkat úgy tervezték, hogy azok légköri vagy az alatti bemeneti nyomáson üzemeljenek, és a szivattyú legnagyobb bemeneti nyomása üzem közben nem emelkedhet a légköri nyomás fölé, akkor sem, ha a legnagyobb statikus nyomás értéke meghaladja a légköri nyomást. Néhány gyártó a szivattyúk állandó bemeneti nyomását a légköri nyomásnál alacsonyabb értékre korlátozza. Az üzemelő szivattyú legnagyobb bemeneti nyomását legnagyobb üzemi nyomásnak nevezzük.

A legnagyobb üzemi nyomás korlátozása nem feltétlenül a szivattyú mechanikai épségével kapcsolatos. A legnagyobb nyomás általában a szivattyúnak a nagy bemeneti nyomásoknál érvényes névleges teljesítményével arányos, és az a szivattyú mechanikus alkatrészeinek vagy a villanymotor túlhevülésének a potenciális veszélyével jár.

Hasonló okokból javasoljuk, hogy a vákuumszivattyú kilépési nyomását is a lehető legalacsonyabban tartsa (folyamatos üzem esetén általában 0,15 bar túlnyomáson, $1,15 \times 10^5$ Pa vagy ez alatt). A szivattyúkat úgy tervezték, hogy szabad kivezető nyílással üzemeljenek, kilépési nyomásként pedig 0,15 bar túlnyomás ($1,15 \times 10^5$ Pa) általában elegendő arra, hogy a kilépő gázokat a kivezető rendszeren és a kezelőberendezésen keresztülnyomja.

7.1 Olajtömítésű forgólapátos és dugattyús szivattyúk

Az Edwards olajtömítésű forgódugattyús szivattyúk közé tartoznak az E1M, az E2M és az RV sorozatú forgólapátos szivattyúk, valamint az olajtömítésű dugattyús szivattyúk Stokes Microvac típusai. Általában az összes vákuumszivattyút úgy tervezték, hogy azok a légköri

nyomásnál alacsonyabb bemeneti nyomáson üzemeljenek, és hogy a szivattyú kivezetőnyílása szabadon nyíljon a légköri levegőre.

Az olajtömítésű forgólapátos és dugattyús szivattyúk kényszerlökötű kompresszorok, és azokban igen magas kimeneti nyomás alakulhat ki, ha a kivezető nyílás teljesen vagy részlegesen el van tömődve. Ezekben az esetekben a nyomás meghaladhatja a szivattyú olajtartályának a biztonságos statikus nyomását, és sok esetben a rendszernek az áramlási irányba eső alkatrészeinek (mint például a polipropilén gázmosóknak vagy az O-gyűrűknek) a biztonságos statikus nyomását. Ezért az Edwards javasolja, hogy jó minőségű kimeneti nyomásérzékelőt szereljen a szivattyú kimenő vezetékébe.

A hígítás biztonságos szintjének eléréséhez a gázballasztot növelni kell egy olajtartály-öblítővel (ha ez a lehetőség megvalósítható), amely a szivattyú olajtartályához van csatlakoztatva. A gázballaszt és az olajtartály-öblítés áramlási sebességének növelése megnöveli a kivezető rendszer felé áthordott olaj mennyiségét.

Az összes Edwards olajtömítésű szivattyúnak jelentős az olajtartály-térfogata, amely képes visszatartani a gyúlékony és robbanékony gázelegyeket. Az olajtartályban lévő olaj hatékonyan képes elnyelni vagy kicsapni a gőz- és gázhalmazállapotú melléktermékeket. Az olajban felhalmozódó gőzök és gázok gyúlékonyak vagy mérgezőek lehetnek. Ezért speciális kezelési eljárásokat kell követni, hogy garantált legyen a karbantartás közbeni biztonság.

7.2 Edwards száraz szivattyúk

A legnagyobb üzemi nyomást ugyanazok a tényezők korlátozzák, mint amelyek az olajtömítésű szivattyúkat befolyásolják (azaz a szivattyú mechanikus alkatrészeinek vagy a villanymotor túlhevülésének a potenciális veszélye).

Az Edwards száraz szivattyúk kényszerlökötű kompresszorok, és azokban magas kimeneti nyomás alakulhat ki. Ha a szivattyúkat olyan rendszerbe építi be, ahol a folyamat szilárd melléktermékeket eredményezhet (és ennek következtében előfordulhat a kivezető vezeték eltömődése), csatlakoztatnia kell egy nagymértékben megbízható kimenetinyomás-ellenőrző készüléket. A kapcsolókon beállítandó nyomásértékeket a szivattyú kezelési útmutatójában találja meg.

Az Edwards száraz szivattyúk nagy gázballaszt-áteresztőképességgel rendelkeznek. Hígítógáz, mint például nitrogén, hozzáadása fokozatosan, a szivattyúszerkezeten keresztül történhet, a reakcióelfojtás optimalizálása céljából. A tisztítógáz áramlási sebességével kapcsolatos információk a szivattyú kezelési útmutatójában találhatóak.

7.3 Csővezetékek kialakítása

7.3.1 Csőrugók

A csőrugók rövid, vékonyfalú alkatrészek, mély spirálmenetekkel. Arra való, hogy csökkentsék a rezgésátvitelt a szivattyútól a vákuumrendszer felé.

A csőrugókat mindig egyenes vonalban kell felszerelni, mindkét végüket erősen rögzítve. Helyesen felszerelve a csőrugók kis pozitív belső nyomásnak még képesek ellenállni (a részleteket lásd a csőrugók kezelési útmutatójában). Ne használjon csőrugókat száraz szivattyúk kivezető nyílásainál; használjon fonott, rugalmas csővezetékeket (lásd: Rugalmas csővezetékek [Hajlékony csővezetékek](#) a(z) . oldalon 29).

Számoljon azzal, hogy a csőrugók kifáradhatnak, ha olyan helyen alkalmazza azokat, ahol szapora rezgések fordulnak elő.

7.3.2 Hajlékony csővezetékek

A hajlékony csővezetékek vastagabb fallal és sekélyebb spirálmenettel rendelkeznek, mint a csőrugók. A hajlékony csővezetékekkel kényelmesen összeköthetők a vákuumrendszer alkatrészei, és ezek segítenek kiegyenlíteni a merev vákuum-csővezetékek rossz elrendezését vagy azok kisebb mozgásait is. A hajlékony csővezetékek viszonylag élesen is meghajlíthatók, és helyzetüket megtartják.

A hajlékony csővezetékeket helyhez kötött rendszerekben kell telepíteni. Nem alkalmasak ismételt hajlítgatásokra, mert az az anyag kifáradását okozhatja.

Hajlékony csővezeték alkalmazása esetén válassza a lehető legrövidebb hosszt, és kerülje el a felesleges kanyarokat. Nagy kimeneti nyomások esetén használjon fonott, hajlékony csővezetékeket.

A fonott, hajlékony csővezetékek olyan csőrugók, amelyek szőtt, rozsdamentes acélból készült külső védőréteggel rendelkeznek. Fonott, hajlékony csővezetékek felszerelésekor vegye figyelembe a legkisebb görbületi sugarat, amelyet a fonott, hajlékony csővezetékek kezelési útmutatójában talál.

7.3.3 Rögzítési pontok

A csővezetékeket és a csővezeték-alkatrészeket megfelelően rögzíteni kell. Például, ha nem megfelelően rögzíti a csőrugókat, azok nem fogják a szivattyú által keltett rezgést csökkenteni, és ez a csővezetékek kifáradásához vezethet.

7.3.4 Tömítések

Ha pozitív nyomás léphet fel a vákuumrendszer bármely részében (akár meghibásodás esetén is), elmozdulás ellen biztosított tömítéseket kell használni, amelyek képesek ellenállni a várható vákuumnak és pozitív nyomásnak.

7.4 Fizikai túlnyomásvédelem

Amint korábban említettük, túlnyomás a rendszer vagy annak valamely elemének részleges vagy teljes eltömődése miatt alakulhat ki. A túlnyomás a szivattyútól vagy külső sűrítettgáz-ellátásból származó sűrített gáz áramlásának eredményeképpen léphet fel (például hígítási rendszerben). A túlnyomás elleni védelemnek két főbb módszere van: a nyomáscsökkentés és a riasztás vagy leállítás túlnyomás esetén, amelyeket a következő bekezdésekben tárgyalunk.

7.4.1 Nyomáscsökkentés

A nyomás csökkentésére hasadótárcsát vagy nyomáscsökkentő szelepet alkalmazhat. Az eszköz üzemi nyomásának a rendszer tervezett névleges nyomásánál alacsonyabbnak kell lennie. Ezeket az eszközöket megfelelő csővezetékek segítségével olyan hellyel kell összekötni, ahol biztonságosan kiereszthetők a folyamatban részt vevő gázok, és amely szabadon tud szellőzni. Ha a folyamat során szilárd melléktermékek keletkeznek, a nyomáscsökkentő eszközöket rendszeresen ellenőriznie kell, hogy megbizonyosodjon arról, hogy azok nincsenek részlegesen vagy teljesen eltömődve. Az ilyen védőeszközök tervezésénél figyelembe kell venni a nyomásingadozásoknak a hasadótárcsa vagy a szelep kifáradási élettartamára gyakorolt hatását.

7.4.2 Riasztás vagy leállítás túlnyomás esetén

Ezt a fajta védelmet az Edwards széleskörűen alkalmazza. Ez a típusú védelem minden rendszer esetén javasolt, de különösen alkalmas olyan rendszerek esetén, ahol szilárd melléktermékek keletkeznek.

7.4.3 Nyomásszabályozók

A nyomásszabályozóknak két fő típusa van: szellőző és nem szellőző.

A szellőző szabályozók a gázt a légkörbe vagy egy külön szellőzővezetékbe engedik, hogy állandó kilépési nyomást biztosítsanak akkor, ha nincs áramlás. Ezek általánosan használt szabályozó típusok ott, ahol a csővezeték épsége kiemelkedően fontos.

A nem szellőző szabályozók csak áramlási állapotban képesek állandó kilépési nyomást biztosítani, de az iparban általában ilyen típusú szabályozókat alkalmaznak.

Ha áramlás nincs, néhány szabályozó kilépési nyomása elérheti a tápnyomás értékét. A nyomásemelkedés sebessége a szabályozó karakterisztikájától és attól a térfogattól függ, amelyhez a kivezető nyílás csatlakozik. Ez a nyomásemelkedés néhány perctől több hónapig tarthat.

A nyomásszabályozókat nem elzárószelepnek tervezték, és azokat egy megfelelő elválasztó eszközzel (mint például egy szolenoid szelep) együtt kell alkalmazni, ha elválasztás szükséges. Más esetben gondoskodni kell a felesleges nyomás biztonságos kiengedéséről.

7.4.4 Lángfogók

A lobbanáscsökkentő lángfogók nem robbanásgátló eszközök. Az a feladatuk, hogy megakadályozzák a lángfront terjedését egy csővezetékben vagy egy vezetékben (lásd: [Lángfogó védőrendszerek használata](#) a(z) . oldalon 24). A lángfogók a lángfront számára nagy felszín és kis vezetőképességű rést jelentenek, és így a láng kioltását eredményezik. Lángfogók általában csak olyan rendszerekben alkalmazhatók, amelyeket tiszta gázoknál vagy gőzöknél használnak.

A gázelegyek robbanóenergiája a nyomással növekszik. A lángfogók többségét olyan helyek védelmére tervezték, ahol a belső nyomás nem haladja meg a légköri nyomást. Biztosítani kell, hogy az üzemi nyomás a kivezetőrendszerben egészen a lángfogóig ne haladhassa meg a légköri nyomást. Azonban az Edwards Chemical száraz vákuumszivattyúkra hitelesített lángfogók esetén a maximum megengedett nyomásokat az ATEX kezelési útmutatók adják meg. Figyelembe kell venni a vákuumszivattyú maximálisan megengedett ellennyomását is.

A lángfogók úgy működnek, hogy a lángfrontból elvezetik az égés hőjét, és ezért biztonságos működésüknek van egy legnagyobb hőmérséklete. Ne hagyja túllépni ezt a hőmérsékletet, ami előfordulhat a pálya melegítésekor, szigetelés alkalmazásakor vagy a keresztüláramló gáz hőmérséklete miatt.

Az, hogy a lángfogó mennyire képes feltartóztatni a lángot, a lángfront sebességétől függ, ami viszont attól függ, hogy milyen távolságra van a gyulladás helyétől. Edwards Chemical vákuumszivattyúkkal együtt történő alkalmazás esetén azokat a bemeneti, illetve a kivezető nyílásokhoz közel kell elhelyezni. Könyök- és T-idomok alkalmazása a szivattyú és a lángfogó között bizonyos körülmények mellett elfogadható. Tanácsért forduljon az Edwards vállalathoz.

7.5 Öblítőrendszerek

A berendezéshez semleges tisztítógázt használó öblítőrendszerek csatlakoztathatók azért, hogy eltávolítsák a folyamatciklus végén a rendszerben maradó, a folyamatban részt vevő gázokat.

Az öblítés helyes alkalmazásával biztosítható a korróziót okozó termékek eltávolítása, ami megakadályozza a szivattyú és, ami ennél is fontosabb, a védelmi eszközök, mint például a lángfogók megrongálódását. Ezenfelül a folyamatban részt vevő gázok eltávolítása biztosítja, hogy ne játszódjanak le nem kívánatos és potenciálisan veszélyes kémiai reakciók a különböző folyamatciklusokban használt anyagok között.

7.6 Összefoglalás – az eszközök helyes megválasztása

- Válasszon az alkalmazásához megfelelő eszközöket.
- Építse be az összes megfelelő biztonsági eszközt, ami szükséges ahhoz, hogy hiba esetén garantálva legyen a biztonság.
- Ne engedje, hogy pangás alakuljon ki a rendszerben.
- Biztosítsa a rendszer megfelelő ellenőrzését és szabályozását.
- Ahol helyénvaló, alkalmazzon nyomáscsökkentő eszközöket.
- Ahol helyénvaló, alkalmazzon lángzárat.
- Használat előtt végezze el a rendszer és az eszközök tömítettségvizsgálatát.

8. Működési folyamatok és oktatás

A berendezés működésének biztonsága megfelelő oktatással, világos és tömör utasításokkal és rendszeres karbantartással növelhető. Fontos, hogy a vákuumberendezést használó alkalmazottak megfelelően legyenek képezve, és ha szükséges, felügyeljék őket.

Amennyiben az Edwards berendezés működésével vagy biztonságával kapcsolatban további kérdése van, forduljon hozzánk bizalommal.

9. Összefoglalás

- Végezzen kockázatelemzést, hogy azonosítsa, és ahol lehet, megszüntesse a veszélyeket. Ezt a vákuumrendszer tervezésekor, gyártásakor, üzembe helyezésekor, üzemeltetésekor, karbantartásakor és üzemben kívül helyezésekor kell elvégezni.
- Vegye figyelembe a rendszer összes vegyi reakcióját. A rendkívüli kémiai reakciókat ráhagyással tervezze, azokat is, amelyek hibaállapotok között fordulhatnak elő.
- A folyamat anyagaihoz kapcsolódó potenciális veszélyek, például az öngyulladás becslésekor olvassa el az anyagbiztonsági adatlapot.
- Az oxidáló és gyúlékony anyagok reakcióinak csökkentéséhez használjon hígítási technikákat.
- Ha a szivattyú oxidálószerrel vagy öngyulladásra hajlamos anyagot szállít, használjon megfelelő kenőanyagotípust.
- Ha a folyamat nátrium-azidot használ vagy termel, a folyamatrendszer gázútjában ne használjon nehézfémeket.
- Amikor biztonsági számításokat végez, vegye figyelembe a rendszer minden összetevőjére vonatkozó biztonságos nyomás értékeit. Győződjön meg róla, hogy figyelembe vette a szokatlan helyzeteket és hibaállapotokat is.
- Győződjön meg róla, hogy a megfelelő típusú túlnyomás elleni eszközt alkalmazza, és az eszköz megfelel az alkalmazás követelményeinek.
- Ügyeljen arra, hogy ne fordulhasson elő a kiömlőnyílások eltömődése.
- Biztosítsa a hígítógázok megfelelő szabályozását és folyamatos ellenőrzését.
- Veszélyes anyagok szivattyúzása során úgy tervezze meg a rendszert, hogy hiba esetén is garantálva legyen a biztonság.
- Oxidálószerrel szivattyúzása során használjon PFPE (perfluor-poliéter) olajat.
- A gyúlékony vagy a gyulladást okozó gázokat semleges gázzal hígítsa, hogy elérje a biztonságos koncentrációt, vagy gondoskodjon arról, hogy a felső gyúlékonysági/robbanási határérték felett maradjon, figyelembe véve az összes biztonsági tényezőt a folyamatállapotok és hibaállapotok esetén is.
- Ne engedje, hogy a rendszer maximális nyomása meghaladja a rendszer bármely egyes részének maximális névleges nyomását.
- Ha olajjal kapcsolatos veszély áll fenn a dugattyútérben, olajtömítésű szivattyúk helyett alkalmazzon inkább száraz szivattyúkat.
- Ne engedje, hogy pangás alakuljon ki a rendszerben.
- Biztosítsa a rendszer megfelelő ellenőrzését és szabályozását.
- Ahol helyénvaló, alkalmazzon lángfogót.
- Használat előtt végezze el a rendszer és az eszközök tömítettségvizsgálatát.

