



Vakuuminiai siurbLIAI ir vakuuminės sistemos

SAUGOS VADOVAS

Pranešimas apie autorių teises

© „Edwards Limited“, 2019 m. Visos teisės saugomos.

Turinys

1. Įvadas.	5
1.1 Šio leidinio paskirtis.	5
1.2 Sprogimo pavojai.	5
2. Kai iškyla pavojai.	7
2.1 Projektavimas.	7
2.2 Įrengimas.	7
2.3 Darbas ir paleidimas.	7
2.4 Techninė priežiūra ir eksploatacijos nutraukimas.	8
3. Cheminiai pavojų šaltiniai.	9
3.1 Cheminės reakcijos ir sproginiai.	9
3.1.1 Homogeninės reakcijos.	9
3.1.2 Heterogeninės reakcijos.	9
3.2 Problemos su nebūdingomis reakcijomis.	9
3.3 Sprogimo pavojai.	10
3.3.1 Oksidantai.	10
3.3.2 Degios ir sprogios medžiagos.	11
3.3.3 Piroforinės medžiagos.	11
3.3.4 Natrio azidas.	12
3.4 Nuodingos ar ėsdinančios medžiagos.	12
3.4.1 Nuodingos medžiagos.	12
3.4.2 Ėsdinančios medžiagos.	13
3.5 Suvestinė – cheminiai pavojų šaltiniai.	14
4. Fiziniai pavojų šaltiniai.	15
4.1 Viršslėgio pavojaus rūšys.	15
4.2 Viršslėgis siurblio išleidimo pusėje.	15
4.3 Apsauga nuo išleidimo pusės viršslėgio.	15
4.4 Įleidimo viršslėgis.	16
4.4.1 Suslėgtų dujų tiekimas ir priešslėgis.	16
4.4.2 Netinkamas siurblio veikimas.	16
4.5 Suvestinė – fiziniai pavojų šaltiniai.	17
5. Pavojų analizė.	18
6. Sistemos projektas.	19
6.1 Slėgiai sistemoje.	19
6.2 Nejudančių tūrių pašalinimas.	19
6.3 Išleidimo pusės ištraukimo sistemos.	20
6.4 Potencialiai sprogių dujų ar garų mišinių šaltiniai.	20

6.5 Degios zonos išvengimas.	20
6.6 Sistemos integralumo lygiai.	23
6.7 Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas.	23
6.8 Uždegimo šaltiniai.	24
6.9 Suvestinė – sistemos projektavimas.	25
7. Tinkamas įrangos pasirinkimas.	27
7.1 Riebokšliniai rotoriniai mentiniai ir stūmokliniai siurbliai.	27
7.2 „Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai.	28
7.3 Vamzdyno projektavimas.	28
7.3.1 Dumplės.	28
7.3.2 Lankstūs vamzdžiai.	28
7.3.3 Tvirtinimo taškai.	29
7.3.4 Tarpikliai.	29
7.4 Fizinė apsauga nuo viršslėgio.	29
7.4.1 Slėgio sumažinimas.	29
7.4.2 Viršslėgio pavojaus signalas / išjungiklis.	29
7.4.3 Slėgio reguliatoriai.	29
7.4.4 liepsnos stabdikliai.	30
7.5 Prapūtimo sistemos.	30
7.6 Suvestinė – tinkamos įrangos pasirinkimas.	30
8. Darbo procedūros ir mokymai.	32
9. Suvestinė.	33

„Edwards Ltd“ neprisiima jokios atsakomybės ir nesuteikia jokių garantijų dėl čia pateiktos informacijos, procedūrų ar jų taikymo tikslumo, taikymo, saugumo ir rezultatų. „Edwards Ltd“ neprisiima jokios atsakomybės už jokus nuostolius ar žalą, kurie atsirado pasikliovus šiame vadove pateikta informacija, arba dėl šios informacijos netikslumo ar nepilnumo. Atkreipkite dėmesį, kad čia pateikta informacija yra tik patariamojo pobūdžio, ir nors „Edwards“ gali įspėti apie pavojingų medžiagų naudojimo pavojus, tik galutinis naudotojas atsako ir privalo atlikti konkrečių savo procesų ir darbo aplinkos pavojų įvertinimą ir analizę, kad jie atitiktų galiojančius reglamentus.

1. Įvadas

1.1 Šio leidinio paskirtis

Šiame dokumente pateikta saugos informacija, susijusi su vakuuminių siurblių ir vakuuminių sistemų specifikacijomis, konstrukcija, veikimu ir technine priežiūra.

Dokumente nurodyti kai kurie galintys kilti pavojai ir pateiktos rekomendacijos, kaip iki minimumo sumažinti pavojų saugai tikimybę ir užtikrinti, kad, pavojams iškilus, jie bus tinkamai pašalinti.

Šį dokumentą būtina perskaityti visiems, kurie ruošia specifikacijas, konstruoja, įrengia ir dirba ar techniškai prižiūri vakuuminius siurblius ir vakuumines sistemas. Mes rekomenduojame perskaityti šį dokumentą kartu su:

- jūsų įranga pateikiamais instrukcijų vadovais;
- jūsų procesų dujų ir cheminių medžiagų tiekėjų pateikta informacija;
- jūsų saugos skyriaus pateikta informacija.



ĮSPĖJIMAS:

Nesilaikant šiame vadove pateiktų saugos instrukcijų ir atitinkamo siurblio instrukcijų galima sunkiai ar net mirtinai susižaloti ar sugadinti turtą.

Jeigu jums reikia bet kokios papildomos informacijos dėl „Edwards“ gaminių tinkamumo jūsų procesams arba dėl jūsų vakuuminių siurblių ir vakuuminių sistemų saugos, prašome kreiptis į savo „Edwards“ gaminių tiekėją.

1.2 Sprogimo pavojai

Pastaba:

„Edwards“ gamina ir siurblius, atitinkančius Europos ATEX direktyvą dėl sprogioje aplinkoje naudojamų įrangos.

Netikėtus sprogius dažniausiai sukelia saugos taisyklių nesilaikymas. Vis dėlto, kai kurie sprogiimai buvo labai stiprūs ir galėjo sunkiai ar net mirtinai sužaloti.

Dažniausios vakuuminių sistemų sudedamųjų dalių stiprių įtrūkimų priežastys yra degių medžiagų užsiliepsnojimas arba siurblio išleidimo linijos užsikimšimas. Siekiant išvengti pavojų ir užtikrinti saugų savo vakuuminių siurblių ir sistemų darbą, būtina atkreipti dėmesį į šiuos dalykus:

- Privalote užtikrinti, kad degių ir oksiduojančių medžiagų mišiniai neįkaistų iki užsiliepsnojimo temperatūros, nebent jūsų sistema suprojektuota pumpuoti tokių koncentracijų medžiagas, kad jos užsidegtų vakuuminiame siurblyje. Vienas iš būdų tai pasiekti yra prapūtimas inertinėmis dujomis. Žr. [Degios zonos išvengimas](#) puslapyje 20.
- Užtikrinkite, kad darbo metu išleidimo pusė neužsikimštų nei dėl mechaninių priemonių (pavyzdžiui, sklendžių ar aklių), nei dėl proceso medžiagų ar šalutinių produktų nuosėdų vamzdynuose, filtruose ir kituose išleidimo pusės dalyse, nebent jūsų sistema suprojektuota tokioms sąlygoms.
- Siurblių, kuriuos veikia didelės koncentracijos deguonis ir kitos oksiduojančios medžiagos, mechanizmus tepkite tik PFPE (perfluorpolieterinėmis) alyvomis. Kitų

rūšių alyvos, kurios parduodamos kaip „nedegios“, tinka naudoti tik kai oksiduojančių medžiagų koncentracijos neviršija 30 % v/v.

- Užtikrinkite, kad atsitiktinai per daug nepakiltų slėgis dėl sąmoningai uždarytos ir izoliuotos vakuuminės sistemos; pavyzdžiui, sugedus slėgio reguliatoriui ar prapūtimo valdymo sistemai.
- Tuo atveju, jeigu pumpuojamas produktas gali smarkiai reaguoti su vandeniu, aušinimo kontūre rekomenduojama naudoti kitokią aušinimo medžiagą (pavyzdžiui, šilumą perduodantį skystį). Šiuo klausimu prašome pasitarti su „Edwards“.

2. Kai iškyla pavojai

Pavojai gali kilti visose sistemos eksploataavimo fazėse. Šios fazės yra:

- Projektavimas
- Įrengimas
- Darbas ir paleidimas
- Techninė priežiūra ir eksploatacijos nutraukimas

Toliau apibendrinti kiekvienoje fazėje išskylančių problemų tipai. Visais atvejais turite žinoti, kad pavojus savo sistemoje galite sumažinti iki minimumo tik tuomet, jeigu nuodugniai išmanote sistemos įrangą ir procesus bei pritaikymą. Jeigu tuo abejojate, turite paprašyti savo tiekėjų suteikti daugiau informacijos ar patarimų.

2.1 Projektavimas

Kai kuriate savo sistemą, numatytam tikslui turite pasirinkti tinkamos rūšies įrangą. Turite įvertinti:

- technines įrenginių specifikacijas;
- įrenginių konstrukcijoje naudojamas medžiagas;
- įrenginiuose naudojamas darbinės medžiagas (tokias kaip tepimo priemonės ir darbiniai skysčiai);
- proceso sąlygas ir medžiagas.

Be to, turite pagalvoti apie įrangos tinkamumą jūsų procesui ir užtikrinti, kad ji visuomet bus naudojama nustatytais darbo sąlygomis.

Būtina nustatyti projektavimo procedūras, kad būtų iki minimumo sumažinta projektavimo klaidų tikimybė. Tokiose procedūrose turi būti numatytas nepriklausomas projektinių skaičiavimų patikrinimas, o taip pat konsultacija dėl projekto parametrų.

Pavojų analizė visuomet turi būti įtraukta į projekto peržiūrą. Kruopščiai išnagrinėję įrenginių panaudojimą savo sistemoje, galite išvengti daugelio potencialių pavojų.

2.2 Įrengimas

Sumažinkite pavojų tikimybę įrengimo metu naudodami patyrusią ir kvalifikuotą darbo jėgą ir kokybės užtikrinimo procedūras. Montuojant sistemą kvalifikuoti specialistai sugeba parinkti tinkamas sudedamąsias dalis ir taip pat nustatyti brokuotas ar prastai pagamintas dalis ir įrenginius. Kokybės užtikrinimo procedūros padeda nustatyti ir ištaisyti prasto darbo klaidas ir užtikrinti, kad būtų griežtai laikomasi projektinių specifikacijų.

Darbuotojai turi būti ypač atsargūs ir laikytis saugos atsargumo priemonių, kai nauja įranga montuojama senoje sistemoje, kurioje anksčiau pumpuotos, gamintos ar vis dar likę nuodingos, ėsdinančios, degios, dusinančios, piroforinės ar kitokios pavojingos medžiagos.

Elektrinę įrangą turi montuoti kvalifikuoti specialistai, laikydamiesi visų atitinkamų vietinių ir nacionalinių elektros darbų normų.

2.3 Darbas ir paleidimas

Įrangos darbo metu pavojus gali sukelti įrangos ir jos dalių gedimai dėl susidėvėjimo, netinkamo naudojimo ar prastos techninės priežiūros. Sumažinkite tokių pavojų tikimybę

tinkamai darbuotojus apmokydami naudoti ir techniškai prižiūrėti šią įrangą. Kai būtina, naudokite „Edwards“ ir kitų jūsų tiekėjų pateikiamą informaciją (instrukcijų vadovus, mokymų medžiagą ir techninės priežiūros po pardavimo vadovus).

2.4 Techninė priežiūra ir eksploatacijos nutraukimas

Siekiant apsaugoti darbuotojus nuo sąlyčio su kenksmingomis medžiagomis, ypač atsargiai reikia vykdyti darbus ir laikytis visų saugos atsargumo priemonių techniškai prižiūrint tokią sistemą, kurioje anksčiau pumpuotos ar gamintos nuodingos, ėsdinančios, degios, piroforinės, dusinančios ar bet kokios kitokios pavojingos medžiagos.

Be to, reikėtų apgalvoti planinę techninės priežiūros programą ir kaip saugiai utilizuoti dalis, kurios gali būti užterštos pavojingomis medžiagomis. Privalote laikytis techninės priežiūros rekomendacijų, pateiktų visos įrangos instrukcijų vadovuose, kad būtų užtikrintas saugus ir patikimas darbas. Paprastai ATEX sistemoms keliami papildomi reikalavimai.

3. Cheminiai pavojų šaltiniai

3.1 Cheminės reakcijos ir sproginiai

Turite kruopščiai įvertinti visas įmanomas chemines reakcijas, kurios gali įvykti normalaus darbo, netinkamo darbo ir gedimų atveju bet kurioje jūsų vakuuminės sistemos vietoje. Ypač svarbu atsižvelgti į reakcijas su dujomis ir garais, kurios gali sukelti sproginus. Patirtis rodo, kad tarp sprogiųjų medžiagų buvo tokios, kurių sistemų projektuotojai nenumatė, ir nebuvo atsižvelgta į tokios įrangos galimus gedimus.

3.1.1 Homogeninės reakcijos

Homogeninės reakcijos vyksta dujinėje fazėje tarp dviejų ar daugiau dujų molekulių rūšių. Paprastai tokio tipo yra dujų degimo reakcijos. Pavyzdžiui, kiek mums žinoma, reakcija tarp silano (SiH_4) ir deguonies (O_2) visada yra homogeninė. Todėl jeigu jūsų gamybos procese vyksta tokio tipo reakcijos, turite atidžiai kontroliuoti proceso slėgį ir reaguojančių medžiagų koncentracijas, kad reakcijos greitis neviršytų pavojingos ribos.

3.1.2 Heterogeninės reakcijos

Kad vyktų heterogeninės reakcijos, reikalingas kietas paviršius, t.y. kai kurių dujų molekulių reaguoja tik tuomet, kai absorbuojasi (įsigeria) į paviršių, ir reakcija nevyksta dujinėje fazėje žemame slėgyje. Šio tipo reakcijos kai kuriems procesams yra tinkamiausios, kadangi jos iki minimumo sumažina proceso kameroje vykstančių reakcijų poveikį, žalingų dalelių kiekį ore ir užteršimo pavojų.

Dauguma heterogeninių reakcijų didesniame slėgyje (paprastai gerokai žemesniame už atmosferinį) tampa homogeninėmis. Tai reiškia, kad proceso kameroje dujos nebūtinai reaguoja taip pat, kaip ir suspaustos vakuuminio siurblio.

3.2 Problemos su nebūdingomis reakcijomis

Nebūdingos reakcijos gali įvykti, kai cheminės medžiagos susimaišo su dujomis ar medžiagomis, kurių sistemos projektuotojas nenumatė. Taip gali atsitikti, pavyzdžiui, kai atsiranda dujų nuotėkis ir arba atmosferinės dujos patenka į sistemą, arba į atmosferą patenka nuodingos, degios, sprogios ar kitokios nuodingos sistemos dujos.

Norint išvengti tokių reakcijų, sistemos sandarumą reikia palaikyti 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) arba žemesnį. Didelio vakuumo sistemose sistemos sandarumas paprastai būna 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) arba žemesnis. Be to, reikia užtikrinti, kad būtų sandarūs visi sistemos vožtuvų lizdai.

Dujos, kurios paprastai nesimaišo vienos su kitomis proceso metu, gali susimaišyti pumpavimo sistemoje ir išleidimo vamzdynuose.

Po įprastinių techninės priežiūros procedūrų proceso kameroje gali likti vandens garų ar plovimo tirpalų. Taip gali atsitikti išplovus ir išvalius proceso kamerą. Vandens garai į sistemą taip pat gali patekti iš išleidimo vamzdžių ir išleidimo dujų plautuvų.

Tuo atveju, jeigu vakuuminės sistemos proceso nuosėdoms išplauti naudojami tirpikliai, svarbu juos parinkti taip, kad jie tikėtų vakuuminės sistemos proceso medžiagoms.

3.3 Sprogimo pavojai

Sprogimo pavojų šaltinis paprastai patenka į vieną iš šių kategorijų:

- Oksidantai
- Degios ir sprogios medžiagos
- Piroforinės medžiagos
- Natrio azidas

Atkreipkite dėmesį, kad Europos Sąjungos šalyse (ir kai kuriose kitose) proceso medžiagų tiekėjai privalo skelbti savo parduodamų medžiagų fizinius ir cheminius duomenis (paprastai medžiagų saugos duomenų lapų forma). Medžiagos duomenyse turi būti, kur taikoma, informacija apie viršutinę ir apatinę sprogumo koncentraciją, medžiagos fizines ir termodinamines savybes bei bet kokie pavojai sveikatai, susiję su medžiagos naudojimu. Pasinaudokite šia informacija.

3.3.1 Oksidantai

Vakuuminėmis sistemomis dažnai pumpuojami tokie oksidantai, kaip deguonis (O_2), ozonas (O_3), fluoras (F_2), azoto trifluoridas (NF_3) ir volframo heksafluoridas (WF_6). Oksidantai lengvai reaguoja su daugeliu medžiagų, o reakcijos metu dažnai išsiskiria šiluma ir didėja dujų slėgis. Potencialūs kylantys pavojai šiuo atveju yra gaisras ir viršslėgis įsiurbimo ar išleidimo sistemose.

Norint tokias dujas saugiai pumpuoti, būtina vykdyti dujų tiekėjo pateikiamas saugos instrukcijas kartu su toliau pateiktomis rekomendacijomis.

- Visuomet naudokite PFPE (perfluorpolieterio) tepimo priemonės siurbliuose, kuriais pumpuojamas deguonies ir inertinių dujų mišinys ir deguonies tūrinė koncentracija viršija 25 %.
- Naudokite PFPE tepimo priemonės ir siurbliuose, kuriuose deguonies tūrinė koncentracija paprastai būna žemesnė nei 25 %, tačiau ji gali viršyti šią koncentraciją gedimo atveju; jei pumpuojami kiti oksidantai, prašome pasitarti su tepimo priemonės tiekėju, kokios jų koncentracijos rekomenduojamos.
- Pirmenybė teikiama PFPE tepimo priemonėms, tačiau gali būti naudojamos ir tepimo priemonės angliavandenilių pagrindu, jeigu naudojamas tinkamas prapūtimas inertinėmis dujomis, užtikrinantis, kad oksidanto koncentracija neišaugtų iki nesaugios.

Normaliomis sąlygomis PFPE tepimo priemonės nesioksiduoja ir neskyia ant riebokšlinių rotorinių mentinių ar stūmoklinių siurblių alyvos dėžėje ar pavarų dėžėje, todėl sprogimo pavojus sumažėja.

Atkreipkite dėmesį, kad temperatūrai pakilus virš 290 °C ir sąlytyje su oru ir juodaisiais metalais gali įvykti PFPE tepimo priemonių terminis skilimas. Ši skilimo temperatūra sumažėja iki 260 °C, kai yra sąlytis su titanu, magniu, aliuminiu arba jų lydiniais.

Jeigu nenorite naudoti PFPE tepimo priemonių riebokšliniuose rotoriniuose mentiniuose ar stūmokliniuose vakuuminuose siurbliuose, galite sumažinti oksidanto koncentraciją inertinėmis dujomis, pavyzdžiui, sausu azotu. Šis metodas tinka tik kai oksidantų dujų srauto greitis mažas. Savo sistemoje turite įrengti apsauginius įtaisus, kurie užtikrintų minimalų inertinių „atskiedimo“ (koncentraciją mažinančių) dujų srautą, kad oksidanto koncentracija visuomet būtų sumažinama iki saugaus lygio, o oksidanto srautas neviršytų maksimalaus leistino srauto greičio. Jūsų sistema turi būti suprojektuota taip, kad nedelsiant sustabdytų oksidanto srautą, jeigu šios sąlygos pažeidžiamos.

Pumpuojant oksidantus mes rekomenduojame naudoti „Edwards“ sausojo pumpavimo siurblius (žr. „Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai“ „Edwards“ sausojo pumpavimo siurblys „Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai puslapyje 28) Sausojo pumpavimo siurbliuose nėra sandarinimo skysčių srauto sistemoje, todėl šiais siurbliais pumpuojant oksidantus sprogimo tikimybė gerokai sumažėja. „Edwards“ rekomenduoja guolius ir pavarų dėžę prapūsti inertinėmis dujomis, kai naudojamos angliavandenilio pagrindo tepimo priemonės.

3.3.2 Degios ir sprogios medžiagos

Daugelis dujų ir dulkių, pavyzdžiui, vandenilis (H_2), acetilenas (C_2H_2), propanas (C_3H_8) ir smulkiai sutrintos silikono dulkės yra degios ir (ar) sprogios mišinyje su oksidantu ir pasiekusios tam tikrą koncentraciją, jei atsiranda uždegimo šaltinis. Uždegimo šaltinis gali atsirasti, pavyzdžiui, įkaitus kuriai nors sistemos daliai. Tai aprašyta skyriuje „Uždegimo šaltiniai“ Uždegimo šaltiniai [Uždegimo šaltiniai](#) puslapyje 24.

Galite išvengti sprogimo pavojaus, užtikrindami mažesnę už pavojingą potencialiai degaus mišinio koncentraciją. Išsamesnės informacijos rasite skyriuje „Degios zonos išvengimas“ Degios zonos išvengimas [Degios zonos išvengimas](#) puslapyje 20.

Kitas būdas sumažinti sprogimo tikimybę yra uždegimo šaltinio pašalinimas. Išsamesnės informacijos rasite skyriuje „Uždegimo šaltiniai“ Uždegimo šaltiniai [Uždegimo šaltiniai](#) puslapyje 24.

Kai neįmanoma išvengti degių zonų, įranga turi atlaikyti bet kokį įvykusį sprogimą ir neįskilti, kad atvira liepsna nepatektų į išorinę aplinką. Liepsnos stabdiklių naudojimas aprašytas skyriuje „Liepsnos stabdiklių apsauginių sistemų naudojimas“ Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas [Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas](#) puslapyje 23 Jeigu jūsų vakuuminės sistemos išorinės aplinkos oras yra pavojingas, turite užtikrinti, kad visa įranga būtų suprojektuota tokiai aplinkai.

Europos Sąjungoje ATEX direktyva pateikia aiškius nurodymus, kokios konstrukcijos įranga galima naudoti potencialiai sprogiuose aplinkoje.

Ten, kur visomis sąlygomis įmanoma išvengti potencialiai sprogių medžiagų pumpavimo, degius garus ar dujas galima pumpuoti visų tipų „Edwards“ vakuuminiais siurbliais.

3.3.3 Piroforinės medžiagos

Esant daugumai aplinkos sąlygų tokios piroforinės dujos, kaip silanas (SiH_4) ir fosfinas (PH_3) arba piroforinės dulkės savaime reaguoja su oru esant atmosferiniam slėgiui, todėl jos gali užsiliepsnoti susimaišiusios su oru ar kitu oksidantu, jei slėgis pakankamai aukštas, kad palaikytų degimą. Taip gali atsitikti, jeigu į sistemą prasiskverbia oras, arba jei sistemos išleidimo dujos patenka į aplinką. Dėl reakcijos tarp oksidanto ir piroforinių dujų išsiskyrusi šiluma gali veikti kaip sprogių medžiagų uždegimo šaltinis.

Jeigu skirtingų procesų išmetimo dujos išleidžiamos pro tą pačią ištraukimo sistemą, medžiagos gali užsidegti ir (ar) sprogti. Dėl to pumpuojant piroforines medžiagas rekomenduojama naudoti nepriklausomas ištraukimo sistemas.

Fosforą naudojančiose sistemose kietas fosforas gali kondensuotis vakuuminėje sistemoje ar išleidimo dalyje. Kai yra oro, netgi menkiausias mechaninis judesys (pavyzdžiui, vožtuvo uždarymas, siurblio įsijungimas dėl slėgio skirtumų) fosforą gali uždegti ir jis išskirs nuodingas dujas. Rekomenduojama į siurblius purkšti inertines dujas ir kad jie veiktų pakankamai įkaitę, kad fosforas mažiau kondensuotųsi.

PFPE tepimo priemonės gali sugerti proceso dujas, kurios, piroforinių medžiagų atveju, gali užsidegti, kai tepimo priemonė patenka į orą. Šis pavojus gali tapti ypač akivaizdžiu techninės priežiūros procedūrų metu arba tuomet, kai po piroforinių dujų ar dulkių pro sistemą

pumpuojamas oksidantas. Galite sumažinti šio pavojaus tikimybę naudodami „Edwards“ sausojo pumpavimo siurblius, kuriuose nėra tepimo priemonių pumpuojamame tūryje. Turite neutralizuoti visas piroforines medžiagas prieš jas išleidami į aplinką ar naudodami.

3.3.4 Natrio azidas

Natrio azidas retkarčiais naudojamas ruošiant šalčiu džiovintus produktus ir kituose gamybos procesuose. Natrio azidas gali sudaryti hidrozoinę rūgštį. Hidrozoinės rūgšties garai gali reaguoti su sunkiaisiais metalais ir sudaryti nestabilius metalų azidus. Šie azidai gali savime sprogti.

Sunkieji metalai yra:

• Baris	• Kadmis	• Cezis
• Kalcis	• Varis	• Švinas
• Litis	• Manganas	• Kalis
• Rubidis	• Sidabras	• Natris
• Stroncis	• Alavas	• Cinkas
• Vario ir cinko lydiniai (pvz., žalvaris)		

Žalvaris, varis, kadmis, alavas ir cinkas dažnai naudojami įvairiose vakuuminių siurblių, priedų ir vamzdynų dalyse. Jeigu jūsų proceso sistemoje naudojamas ar susidaro natrio azidas, turite užtikrinti, kad proceso sistemos dujų kelyje nėra sunkiųjų metalų.

3.4 Nuodingos ar ėsdinančios medžiagos

Daugelyje vakuuminių procesų naudojamos nuodingos ar ėsdinančios medžiagos, kurioms būtinos specialios procedūros.

3.4.1 Nuodingos medžiagos

Nuodingos medžiagos dėl savo prigimties yra pavojingos sveikatai. Vis dėlto, pavojaus prigimtis priklauso nuo medžiagos ir santykinės jos koncentracijos. Būtina laikytis tinkamo naudojimo taisyklių, kurias pateikia medžiagos tiekėjas, ir taikomų įstatymų.

Be to, būtina atsižvelgti į toliau nurodytus veiksnius.

- **Dujų koncentracijos sumažinimas** – yra įranga, kuri padeda sumažinti nuodingų proceso dujų koncentraciją, kai jos pumpuojamos pro vakuuminį siurblių į išleidimo vamzdyną. Galite pasinaudoti šia priemone ir koncentraciją sumažinti iki nekenksmingo lygio. Mes rekomenduojame jums stebėti koncentraciją mažinančių dujų tiekimą, kad galėtumėte duoti pavojaus signalą tiekimui nutrūkus. Ypač riebokšlinių siurblių atveju skaitykite siurblio instrukcijų vadove apie tai, kokių reikia alyvos grąžinimo rinkinių.
- **Nuotėkio aptikimas** – „Edwards“ vakuuminė įranga paprastai yra sukonstruota taip, kad nepraleistų dujų $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Vis dėlto, mes negalime užtikrinti prijungtų sistemų sandarumo. Jūs turite naudoti tinkamą nuotėkių aptikimo metodą (pavyzdžiui, helio masės spektrometriniu būdu), kad galėtumėte užtikrinti vakuuminės ir išleidimo sistemos sandarumą.
- **Veleno sandarinimas („Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai)** – daugelyje sausojo pumpavimo vakuuminių siurblių naudojama dujų prapūtimo sistema, kuri apsaugo nuo proceso dujų patekimo į pavary dėžę ir guolius, o iš ten – galbūt ir į vakuuminę sistemą supančią aplinką. Jūs turite užtikrinti šių dujų tiekimą, kai pumpuojate nuodingas medžiagas. Būtina naudoti reguliatorius be vėdinimo angų

kartu su atbuliniais kontroliniais vožtuvais, kaip aprašyta skyriuje „Slėgio regulatoriai“ Slėgio regulatoriai *Slėgio regulatoriai* puslapyje 29.

- **Veleno sandarinimas (kiti „Edwards“ siurbliai)** – alyvoje panardinto veleno konstrukcija (pavyzdžiui, EH mechaniniai kompresoriniai siurbliai ir EM rotoriniai mentiniai siurbliai) iki minimumo sumažina proceso dujų nuotėkio pavojų (ar oro patekimo į sistemą pavojų) ir prieš iškylant pavojui gali vizualiai įspėti apie jį (alyvos nuotėkis arba jos lygio sumažėjimas). Kitokiose sandarinimo konstrukcijose gedimas gali būti nepastebėtas.
- **Magnetinės pavaros** – kai reikia visiškai hermetiško sandarinimo, „Edwards EDP“ sausojo pumpavimo vakuuminuose siurbliuose gali būti įtaisyta magnetinė pavara su keraminiu indu ir tuomet veleno nereikia sandarinti srauto padavimo pusėje.

Jeigu viršslėgiui sumažinti naudojami slėgio mažinimo vožtuvai ar plyštantys diskai, užtikrinkite, kad dujos saugiai išleidžiamos pro tinkamą išleidimo sistemą, išvengiant apsinuodijimo pavojaus.

Grąžinant užterštą vakuuminę įrangą į „Edwards“ techninei priežiūrai ar remontui, būtina atlikti specifines procedūras (forma HS1) ir užpildyti deklaraciją (forma HS2), kurios įtrauktos į šį kartu su įranga pateiktą instrukcijų vadovą.

3.4.2 Ėsdinančios medžiagos

Pumpuojant „Edwards“ vakuuminiais siurbliais ėsdinančias medžiagas, būtina atkreipti dėmesį į šiuos veiksnius:

- **Drėgmės įsiskverbimas** – privalote ypač pasirūpinti, kad į vidų nepatektų drėgno oro, kuris gali pagreitinti korozijos procesus. Kaip įrenginių sustabdymo procedūros dalį reikia naudoti prapūtimą inertinėmis dujomis, kad prieš sustabdymą iš sistemos būtų galima išstumti ėsdinančias medžiagas.
- **Koncentracijos sumažinimas** – naudokite tinkamas inertines dujas, kuriomis sumažinsite ėsdinančių medžiagų kondensaciją ir taip apsisaugosite nuo korozijos.
- **Temperatūra** – pakelkite siurblio ir išleidimo linijos temperatūrą, kad apsisaugotumėte nuo vandens garų kondensacijos ir tuo pačiu nuo korozijos. Vis dėlto, kai kuriais atvejais aukštesnės temperatūros gali pagreitinti korozijos procesą: prašome žiūrėti kitame skirsnyje.
- **Saugos įrangos korozija** – ten, kur svarbią saugai įrangą (pvz., liepsnos stabdiklio detalės, temperatūriniai jutikliai ir pan.) gali pažeisti proceso dujų ėsdinančios medžiagos, reikia parinkti atitinkamas šios įrangos medžiagas ir taip pavojų pašalinti.
- **Fazių pasikeitimai** – dėl neplanuotų fazių pasikeitimų gali įvykti kondensacija. Norint išvengti šio pavojaus, būtina įvertinti temperatūros ir slėgio pokyčius.
- **Nenumatytos reakcijos** – nenumatytos cheminės reakcijos gali išskirti ėsdinančias medžiagas. Reikia atidžiai įvertinti kryžminės taršos galimybę, kai įranga naudojama daugiau nei vienam procesui.

Kai kurios ėsdinančios medžiagos, pvz., fluoras, chloras, kiti halogenai ar halidai ir oksiduojančios medžiagos, pvz., ozonas, ir redukuojančios medžiagos, pvz., vandenilio sulfidas taip pat gali ėsdinančiai veikti sąlyčio medžiagas net jei nėra jokio skysčio. Tokiais atvejais reikia sumažinti ėsdinančios medžiagos dalinį slėgį, įleidžiant tinkamų koncentracijų mažinančių dujų. Vakuuminės sistemos medžiagas ir siurblio modelį reikia taip parinkti, kad jie tiktų konkrečioms tikėtinių koncentracijų dujoms. Aukšta temperatūra gali pagreitinti koroziją, todėl ją reikia mažinti, jei tai galima dėl kitų proceso aplinkybių. Norint įvertinti ėsdinančių medžiagų poveikį sistemai, reikia peržiūrėti techninės priežiūros procedūrų intervalus.

3.5 Suvestinė – cheminiai pavojų šaltiniai

- Įvertinkite visas chemines reakcijas, kurios gali įvykti jūsų sistemoje.
- Atsižvelkite į nebūdingas chemines reakcijas, įskaitant tas, kurios gali įvykti gedimo metu.
- Vertinant su jūsų proceso medžiagomis susijusius galimus pavojus, informacijos ieškokite medžiagų saugos duomenų lapuose.
- Naudokite koncentracijos sumažinimo metodus, kai norite minimalizuoti reakcijas su oksidantais ir degiomis medžiagomis.
- Europos Sąjungoje degiose zonose privaloma naudoti tinkamą sertifikuotą ATEX vakuuminį siurbį. Visuose kituose regionuose, jei žinoma, „Edwards“ rekomenduoja naudoti siurblius, kurie sertifikuoti pagal ATEX direktyvos reikalavimus.
- Pumpuojant oksidantus savo siurblyje naudokite tinkamos rūšies tepimo priemonę ir įvertinkite galimybę naudoti sausojo pumpavimo siurbį.
- Nenaudokite sunkiųjų metalų jūsų proceso dujų kelyje, jeigu procese naudojamas ar išskiriamas natrio azidas.
- Ypač atsargiai pumpuokite nuodingas, ėsdinančias ar nestabilias medžiagas.

4. Fiziniai pavojų šaltiniai

4.1 Viršslėgio pavojaus rūšys

Viršslėgis sistemoje gali susidaryti dėl bet kurios iš šių priežasčių:

- į sistemą padavus aukšto slėgio dujų;
- sistemoje suslėgus dujas;
- staigiai pakilus lakių dujų temperatūrai sistemoje;
- pasikeitus fazei ir iškritus nuosėdoms;
- įvykus reakcijai vakuuminės sistemos viduje;
- užblokavus išleidimo liniją.

Galimos ir kitos priežastys.

4.2 Viršslėgis siurblio išleidimo pusėje

Dažna viršslėgio išleidimo pusėje priežastis yra išleidimo sistemos užsikimšimas ar uždarymas. Toks slėgis gali sugadinti siurblį arba kitas sistemos dalis.

Vakuuminiai siurbliai yra kompresoriai, kurie sukonstruoti veikti sukuriant didelį suslėgimo santykį tarp padavimo ir išleidimo pusių.

Be siurblio darbo papildomą viršslėgį gali sukelti ir suslėgtų dujų įpurškimas (tokių kaip prapūtimo ar koncentraciją mažinančių dujų), jeigu išleidimo sistema užkimšta ar uždaryta.

Tuo atveju, jeigu siurblyje išleidimo pusėje sumontuoti liepsnos stabdikliai ar kita įranga, pavyzdžiui, filtrai ar kondensatoriai, ypač svarbu, kad išleidimo pusės priešslėgis neviršytų maksimalios ribos, nurodytos vakuuminės sistemos instrukcijų vadove. Būtina taikyti tinkamą techninės priežiūros programą, kad proceso nuosėdos neužkimštų išleidimo sistemos ir liepsnos stabdiklio. Jeigu tokia priemonė netinka, tuomet tarp siurblio ir liepsnos stabdiklio reikia įtaisyti slėgio jutiklį, kuris reaguotų į užsikimšimą. Tokį patį dėmesį reikia skirti ir kitoms išleidimo linijos dalims, tokioms kaip filtrai ir kondensatoriai.

Dėl sublimacijos ar fazių pasikeitimo gali nuosėdomis užsikimšti proceso vamzdynas ir kilti viršslėgio pavojus.

Informacijos apie visų jūsų išleidimo linijos dalių, įskaitant ir vakuuminį siurblį, maksimalius ir rekomenduojamus nuolatinius priešslėgius ieškokite instrukcijų vadovuose, pateiktuose su vakuumine pumpavimo sistema. Išleidimo sistema projektuokite taip, kad būtų įvykdyti visi šie reikalavimai.

Reikalavimai nuolatinio darbo sistemoms aprašyti siurblio instrukcijų vadove.

4.3 Apsauga nuo išleidimo pusės viršslėgio

Paprastai mes rekomenduojame, kad siurbliai veiktų išvedus išleidimo vamzdyną į laisvai vėdinamą išleidimo sistemą. Vis dėlto, jūsų išleidimo sistemoje gali būti dalių, dėl kurių sistema gali užsikimšti ar užsidaryti. Jeigu taip, privalote savo sistemą apsaugoti tinkamais apsaugos nuo viršslėgio metodais. Tokie metodai yra, pavyzdžiui:

Dalis	Apsaugos metodas
Vožtuvas išleidimo vamzdyne	Vožtuvą blokuokite taip, kad siurbliui veikiant jis visuomet būtų atidarytas.

Dalis	Apsaugos metodas
	Įrenkite slėgio sumažinimo apvedamąjį vamzdyną.
Išleidimo dujų plautuvas	Įrenkite slėgio sumažinimo apvedamąjį vamzdyną.
	Įrenkite slėgio matuoklį ir sujunkite jį su siurbliu tokiu būdu, kad išleidimo slėgiui pakilus virš nustatytos ribos siurblys išsijungtų.
Liepsnos stabdiklis	Išleidimo slėgio matavimas.
	Slėgių skirtumo matavimas.
Alyvos dulkių filtras	Įrenkite slėgio sumažinimo įtaisą.

Apibendrinant, jeigu slėgis išleidimo sistemoje artėja prie maksimalaus leistino slėgio:

- Sumažinkite slėgį įrengdami įtaisą dujų kelyje, kuris nukreiptų srautą apeinant užkimštą ar uždarytą vietą.
- Sumažinkite slėgio šaltinį. Sustabdykite siurblį arba išjunkite bet kokių suslėgtų dujų padavimą.

4.4 Įleidimo viršslėgis

4.4.1 Suslėgtų dujų tiekimas ir priešslėgis

Dažnai neįvertinamas vamzdino, jungiančio siurblį prie vakuuminės sistemos, būtinas atsparumas slėgiui, nes manoma, kad šio vamzdino neveiks didesnis už atmosferinį slėgis. Praktiškai tai teisinga tik normaliomis projektinėmis darbo sąlygomis. Būtina įvertinti aukštesnį slėgį, kuris susidaro nebūdingomis darbo sąlygomis ar gedimo atveju.

Dažna viršslėgio siurblio dujų įleidimo vamzdynuose priežastis yra suslėgtų dujų (tokių kaip prapūtimo dujų) padavimas į vamzdyną tuo metu, kai siurblys išjungtas. Jeigu įleidimo vamzdino sudedamosios dalys nėra pritaikytos tokiam išaugusiam slėgiui, vamzdynas sutrūks ir proceso dujos prasiskverbs į aplinką. Dėl sistemos dujų priešslėgio į proceso kamerą patekusios dujos taip pat ją pažeis ir prasiskverbs į aplinką, nes kamera nėra pritaikyta didesniai slėgiui.

Kai suspaustas dujas prie sistemos jungiate per slėgio reguliatorius, kurie sumažintų dujų slėgį, užtikrinkite, kad slėgis sumažėtų iki projekcinio.

Dažnai naudojami slėgio reguliatoriai be dujų išleidimo įtaiso pakels slėgį sistemoje iki įpurškimo dujų slėgio, jeigu jie veikia proceso dujoms netekant vamzdynu. Dėl to, norint išvengti slėgio padidėjimo, reikia naudoti vieną iš dviejų būdų:

- sumažinkite slėgį ir praleiskite dujas aplink siurblį, kad jos patektų į laisvai vėdinamą išleidimo vamzdyną;
- stebėkite sistemos slėgį ir vožtuvu nutraukite suslėgtų dujų padavimą, kai slėgis pasieks nustatytą lygį.

4.4.2 Netinkamas siurblio veikimas

Reikia imtis ypatingų atsargumo priemonių, kol bus įsitikinta, kad siurblys veikia tinkamai.

Jeigu siurblio rotorius sukimosi kryptis yra neteisinga ir siurblys veikia uždarius ar užsikimšus įleidimo vamzdynui, šiame vamzdyne siurblys pakelia slėgį. Dėl to gali įtrūkti pats siurblys, vamzdynas ir (ar) jo sudedamosios dalys.

Visuomet naudokite laisvai varžtais prie siurblio įleidimo angos pritvirtintą aklą, kol įsitikinsite, kad siurblio rotorius sukasi teisinga kryptimi.

Jeigu siurblys veikia dideliu rotaciniu greičiu, jis gali neatlaikyti ir subyrėti. Neleiskite siurblio didesniu greičiu, nei numatytas maksimalus projektinis greitis; tai ypač svarbu sistemose, kuriose greitį reguliuoja dažnio keitikliai.

4.5 Suvestinė – fiziniai pavojų šaltiniai

- Atliekant saugos skaičiavimus, atsižvelkite į visų sistemos sudedamųjų dalių saugius darbinius slėgius.
- Užtikrinkite, kad siurblio išleidimo vamzdynas negalėtų būti užblokuotas.
- Jeigu kyla didelių, projektinius viršijančių slėgių bet kurioje jūsų vakuuminės sistemos dalyje pavojus, rekomenduojame tinkamoje savo sistemos vietoje įsirengti slėgio matavimo prietaisus. Juos reikia prijungti prie jūsų valdymo sistemos tokiu būdu, kad nustačius slėgio padidėjimą sistema būtų pervesta į saugią būseną.
- Įvertinant vakuuminės sistemos ir siurblio sudedamųjų dalių būtiną atsparumą slėgiui, atsižvelkite į nebūdingas sąlygas ir gedimus.
- Būtina sumontuoti jūsų procesui tinkamą ir tinkamo tipo slėgio sumažinimo įtaisą.
- Tinkamai reguliuokite ir kontroliuokite suspaustų dujų padavimą. Sustabdykite jų padavimą, jei išjungiame siurblį.
- Kur įmanoma, bet kokio reguliuojamo dujų prapūtimo slėgis turi būti žemesnis už maksimalų leistiną statinį sistemos slėgį. Arba būtina užtikrinti, kad gedimo atveju slėgis būtų sumažinamas automatiškai.

5. Pavojų analizė

Naudojant pavojų analizės metodiką galima nuosekliai nustatyti ir išnagrinėti sistemos pavojus, jai veikiant įprastiniu režimu, ir pavojus, kurie gali kilti gedimų ir avarijų atveju. Tokia metodika suteikia galimybę valdyti pavojus; šios metodikos naudojimas daugeliu atveju gali būti įstatymu nustatytas reikalavimas. Siekiant veiksmingai panaudoti pavojų analizę, ją reikia pradėti nuo pirminio sistemos projektavimo ir tęsti sistemos įrengimo bei darbo metu, o taip pat sistemos techninės priežiūros ir eksploatacijos nutraukimo metu.

Išsamus pavojų analizės metodikos aprašymas nėra šio leidinio tikslas. Šios metodikos aprašytos daugelyje kitų leidinių. Kaip pavyzdys, chemijos perdirbimo pramonėje dažnai naudojama metodika yra HAZOP („Hazard and Operability Study“ – „Pavojų ir veikimo studija“). Tai pavojų analizės procedūra, susijusi su potencialių pavojų ir veikimo problemų identifikavimu.

Paprastai pavojų analizė pateikia informaciją apie pavojų rūšį, jų pavojingumą ir tikimybę, kad šie pavojai išsiskils. Šią informaciją galite panaudoti priimdami sprendimą dėl geriausio būdo, kaip sumažinti pavojų poveikį iki priimtino lygio. Priklausomai nuo pavojaus prigimties, ji galima arba pašalinti, arba sumažinti jo pavojingumą ir (ar) sumažinti jo įvykio tikimybę. Vis dėlto, visiškai pašalinti pavojus retai kada pavyksta.

Spręsdami, kaip geriausiai suvaldyti pavojų, turite įvertinti visus galimus jo poveikius. Pavyzdžiui, mažo ploto įkaitęs paviršius gali kelti nedidelį pavojų operatoriui, nes jis gali tik nudeginti. Siekdamas sumažinti tokio nudegimo pavojų, sistemos projektuotojas gali pasiūlyti aiškiai matomą įspėjimą apie įkaitusį paviršių arba uždengti šį paviršių apsauginiu gaubtu. Tačiau sistemos pavojų analizė taip pat gali parodyti, kad tas pats įkaitęs paviršius gali veikti kaip degių garų uždegimo šaltinis; toks įvykis gali sukelti sprogamą ar dėl jo į aplinką gali patekti nuodingų garų debesis. Todėl, siekiant sumažinti uždegimo tikimybę, sistemos projektuotojas turi sumažinti įkaitusio paviršiaus temperatūrą arba užtikrinti, kad degus garai ant jo negalėtų patekti.

6. Sistemos projektas

6.1 Slėgiai sistemoje

Kaip aptarta skyriuje „Fiziniai pavojų šaltiniai“ Fiziniai pavojų šaltiniai *Fiziniai pavojų šaltiniai* puslapyje 15, vakuuminės sistemos vamzdynai ir sudedamosios dalys numatytos veikti aplinkoje, kurioje vidinis slėgis nesiekia atmosferinio slėgio. Tačiau praktiškai paprastai sistemą reikia projektuoti taip, kad vidinis jos slėgis galėtų ir viršyti atmosferinį slėgį. Jei būtina, turite įrengti slėgio sumažinimo įtaisus, kad slėgis neišaugtų per daug.

Svarbu, kad įleidimo vamzdžiai ir kitos įleidimo pusės dalys nebūtų silpniausiomis sistemos dalimis, klaidingai manant, kad ten slėgis visuomet bus vakuuminis, netgi gedimo atveju.

Įleidimo sistemas visada reikia projektuoti taip, kad darbo metu siurbliui jos sukeltų kuo mažesnę priešslėgį. Vis dėlto, svarbu suprojektuoti atitinkamam slėgiui atsparią išleidimo sistemą; ji turi būti tinkama naudoti esant slėgiui, kurį gali sukelti siurblys ir, pavyzdžiui, į sistemą įpurkštos suslėgtos dujos; ji taip pat turi būti tinkama naudoti su apsaugos nuo viršslėgio priemonėmis.

Atliekant pavojų analizę, visuomet reikia įvertinti:

- Išorinius įvadus, tokius kaip inertinių dujų įleidimo jungtis;
- Visų tipų uždarymus ir susiaurėjimus, ypač išleidimo linijose;
- Reakcijas tarp proceso dujų.

Būtina atkreipti dėmesį, kad kai talpoje yra lakus skystis ir jį galima atskirti nuo likusios sistemos dalies, tuomet išorinis kaitros šaltinis (pavyzdžiui, ugnis) gali vidinį slėgį pakelti virš projektinio indo slėgio. Šiuo atveju turite įvertinti, ar būtina sumontuoti tinkamą slėgio sumažinimo įtaisą.

6.2 Nejudančių tūrių pašalinimas

Nejudantis tūris yra bet koks tūris vakuuminiame vamzdyje ar jo sudedamojoje dalyje, pro kurį neteka dujų srautas. Tokių tūrių pavyzdžiai yra mechaninio siurblio pavarų dėžė arba matavimo prietaiso galvutė. Vamzdynai, kuriuose sumontuoti vožtuvai ir azoto dujų įleidimo vamzdžiai, taip pat gali tapti nejudančiais tūriais, kai jie uždaryti.

Į nejudančius tūrius reikia atsižvelgti įvertinant dujų, kurios paprastai nesimaišo proceso kameroje, mišinį ir dujų reakcijas. Dujos vamzdžiais, siurbliais ir proceso kameroje paprastai keliauja tiesia kryptimi ir vienos dujos ar dujų mišinys juda paskui kitą. Tokiu linijiniu būdu transportuojamos dujos paprastai nesimaišo vienos su kitomis, nebent išleidžiamų dujų greitis sumažėtų dėl vamzdyno užsikimšimo ar uždarymo. Nejudantis tūris neprapučiamas ir jis gali būti užpildytas proceso dujomis, kadangi slėgis sistemoje kyla ir krenta. Tokiu būdu šioje erdvėje gali likti dujų iš kaž kurios proceso stadijos. Šios dujos gali reaguoti su dujomis iš kitos proceso stadijos. Nuo sprogo pavojaus galima apsisaugoti tik pilnai išleidus dujas iš kameros tarp dviejų proceso stadijų, kurių dujos gali sudaryti sprogo mišinį.

Turite imtis ypatingų atsargumo priemonių dėl galimo nejudančių tūrių dujų susimaišymo ir kai dujos yra potencialiai sprogios. Ypač reikia įvertinti dujų susikaupimo pavojų filtruose, separatoriuose ir kitose įrangos dalyse. Kur galima, naudokite nuolatinį inertinių prapūtimo dujų srautą, siekiant sumažinti kryžminės taršos tikimybę.

Pumpuojant degias medžiagas, nejudantys tūriai gali užsipildyti potencialiai sprogiomis dujomis ar garais, kurių įprastinės prapūtimo procedūros nepašalina. Jeigu aplinkoje dar yra ir uždegimo šaltinis, reikia numatyti specialų nejudančių tūrių prapūtimą.

6.3 Išleidimo pusės ištraukimo sistemos

Svarbu savo procesui parinkti tinkamą ištraukimo sistemą išleidimo pusėje. Kaip jau minėta anksčiau, reikia suprojektuoti tokią ištraukimo sistemą, kuri atlaikytų darbinius slėgius ir, jei gaminamos ar perdirbamos pavojingos medžiagos, ji turi būti pakankamai sandari, kad proceso medžiagos ir šalutiniai jų produktai nepatektų į aplinką.

6.4 Potencialiai sprogių dujų ar garų mišinių šaltiniai

Kai degios dujos ar garai susimaišo su atitinkamu kiekiu deguonies ar kito tinkamo oksidanto, jie sudaro potencialiai sprogių mišinį, kuris užsidega atsiradus uždegimo šaltiniui.

Paprastai akivaizdu, kai pumpuojamos tokios potencialiai sprogios medžiagos, tačiau „Edwards“ patirtis rodo, kad kai kuriomis sąlygomis, kurios nebuvo įvertintos projektuojant procesą, taip pat susidaro potencialiai sprogių mišiniai. Turite nustatyti visas galimas proceso sąlygas ir galimus potencialiai sprogių mišinių šaltinius, kuriuos gali sukurti jūsų įrenginiai. Kai kurie pavyzdžiai iš „Edwards“ patirties yra pateikti toliau, tačiau šis sąrašas jokių būdu nėra išsamus:

- **Kryžminė tarša** – kai vakuuminis siurblys naudojamas pumpuoti įvairioms medžiagoms, gali atsitikti taip, kad jo naudojimas su atskira medžiaga yra saugus, tačiau, jeigu siurblys prieš kitos medžiagos padavimą nėra išvalomas (prapučiamas), gali įvykti kryžminė tarša su netikėtomis reakcijomis.
- **Plovimoskysčiai** – plovimo procedūra gali atrodyti nekelianti grėsmės, tačiau naudojant degius plovimo skysčius ir po to išleidžiant juos pro vakuuminį siurblių galima sukurti potencialiai sprogių mišinį.
- **Neplanuotos medžiagos** – vakuuminį siurblių naudojant vakuomo skirstomajai sistemai sukurti, į ją gali patekti degios medžiagos, kurios nebuvo numatytos projektuojant sistemą. Šių medžiagų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros gali būti žemesnės, nei vidinė vakuuminio siurblio temperatūra.
- **Ištirpę garai** – jie gali susidaryti proceso metu, todėl reikia atidžiai pasirinkti tinkamą vidinę savo proceso temperatūrą. Paprastai cheminių procesų pramonėje tai numatyta ATEX reikalavimuose.
- **Oro įsiskverbimas** – atsitiktinis oro ar oksidanto patekimas į sistemą gali pakeisti degių dujų ar garų koncentraciją ir sudaryti potencialiai sprogių mišinį.
- **Degūs sandarinimoskysčiai** – jeigu vakuuminio siurblio sandarinimo žiede kaip tarpiklis naudojamas degus skystis, oro patekimas sukurs potencialiai sprogių vidinį mišinį.
- **Susikondensavusios proceso medžiagos** – jeigu degi medžiaga gali kondensuotis jūsų sistemos viduje, turite žinoti, kad ji gali reaguoti su oksidantais iš kitų proceso etapų arba su oru (pavyzdžiui, išleidimo linijoje). Šito galima išvengti parenkant tinkamą temperatūrą ar reguliuojant dalinį slėgį.

6.5 Degios zonos išvengimas

Deגי medžiaga potencialiai sprogią aplinką sukuria tik tuo atveju, jeigu ji susimaišo su oru, deguonimi ar kitu oksidantu ir jos koncentracija patenka tarp apatinės degumo (arba sproguomo) ribos („Lower Flammability Limit“ – LFL arba „Lower Explosion Limit“ – LEL) ir viršutinės degumo (arba sproguomo) ribos („Upper Flammability Limit“ – UFL arba „Upper Explosion Limit“ – UEL). Prašome atkreipti dėmesį, kad daugumoje literatūros šaltinių aprašomos degumo ribos ore, t.y. kuomet oksidantas yra deguonis. Visa toliau pateikta informacija remiasi šia prielaida.

Kad sudarytų sprogų mišinį, deguonies koncentracija taip pat turi viršyti minimalią arba ribinę deguonies koncentraciją („Minimum Oxygen Concentration“ – MOC arba „Limiting Oxygen Concentration“ – LOC). Daugumai degių dujų MOC (LOC) yra 5 % v/v ir daugiau. (Pastaba: ši taisyklė netaikoma piroforinėms medžiagoms, kurioms būtinos specialios atsargumo priemonės).

Yra daug įvairių metodų, kaip išvengti dujų mišinių patekimo į degias zonas. Metodo pasirinkimas priklauso nuo rizikos įvertinimo (pavojų analizės) išvados dėl proceso ir pumpavimo sistemos:

- **Palaikyti degių dujų koncentraciją žemesnę už LFL (LEL)**

Siekiant iki minimumo sumažinti pavojų, kad degios dujos atsitiktinai pateks į degią zoną, reikia taikyti apatinės degumo ribos (LFL / LEL) saugumo atsargą.

Saugumo atsargą turi nustatyti naudotojas, remdamasis pavojų įvertinimu. Kai kurie specialistai siūlo koncentraciją palaikyti iki 25 % LFL (LEL).

Dažnai naudojamas metodas koncentraciją palaikyti iki 25 % LFL / LEL yra koncentracijos sumažinimas inertinėmis prapūtimo dujomis (pavyzdžiui, azoto), įleidžiant jas į siurblio įvado vamzdyną ir (ar) prapūtimo jungtis. Šios koncentracijos sumažinimo sistemos sujungimas su kokias nors pavojaus signalais ar blokavimo įtaisais priklauso nuo pavojingos zonos, kurį atsirastų tuo atveju, jei minėta sistema sugestų.

 **Pastaba:**

turite imtis tinkamų saugumo priemonių, kad nekiltų uždusimo pavojus.

- **Palaikyti deguonies koncentraciją žemesnę už MOC (LOC)**

Tai darbo režimas, kai norint užtikrinti saugų darbą būtina kontroliuoti deguonies koncentraciją pumpuojamose dujose. Siekiant iki minimumo sumažinti pavojų, kad degios dujos atsitiktinai pateks į degią zoną, reikia taikyti minimalios deguonies koncentracijos (MOC / LOC) saugumo atsargą. Pramonėje taikomi standartai rodo (kai deguonies koncentracija nepertraukiamai visą laiką kontroliuojama), kad reikia palaikyti deguonies tūrinę koncentraciją iki 2 % mažesnę už paskelbtos dujų mišinio MOC / LOC. Jei MOC (LOC) yra mažesnė nei 5 %, deguonies koncentraciją reikia palaikyti iki 60 % MOC (LOC). Jeigu kontrolė vykdoma tik pagal nustatytą tvarką tikrinant deguonies koncentraciją, deguonies koncentraciją reikia palaikyti iki 60 % žemiausios paskelbtos mišinio MOC / LOC, nebent MOC (LOC) yra mažesnė nei 5 % – tuomet deguonies koncentraciją reikia palaikyti iki 40 % MOC (LOC).

Rekomenduojamas metodas palaikyti deguonies koncentraciją iki žemiausios paskelbtos MOC / LOC yra kruopščiai pašalinti orą ir deguonį iš proceso ir siurblių sistemos, kartu, jei reikia, į siurblio įvado vamzdyną ir (ar) pro prapūtimo jungtis įleidžiant į pumpuojamas dujas inertinių prapūtimo dujų (tokių kaip azoto). Šių oro (deguonies) pašalinimo priemonių sujungimas su kokias nors pavojaus signalais ar blokavimo įtaisais priklauso nuo pavojingos zonos, kurį atsirastų tuo atveju, jei minėtų priemonių sistema sugestų.

Atsargumo priemonės, kurių reikia imtis, norint kruopščiai pašalinti orą iš proceso ir siurblių sistemos, pateiktos šio skyriaus pabaigoje.

- **Palaikyti degių dujų koncentraciją aukštesnę už UFL (UEL)**

Kai degių dujų koncentracijos yra aukštos, tinkamesnis būdas sumažinti pavojų gali būti darbas virš UFL / UEL ribos. Siekiant iki minimumo sumažinti atsitiktinio degių dujų patekimo į degią zoną pavojų, reikia taikyti darbo virš UFL / UEL saugumo atsargą. Rekomenduojama deguonies likutį dujose palaikyti iki 60 % deguonies kiekio nuo įprastinio deguonies kiekio degių dujų UFL / UEL koncentracijoje.

Rekomenduojamas metodas palaikyti deguonies koncentraciją žemiau šios saugumo ribos yra kruopščiai pašalinti orą ir deguonį iš proceso ir siurblių sistemos. Taip pat gali reikėti pro siurblio įvado vamzdyną ir (ar) pro prapūtimo jungtis

į pumpuojamas dujas įleisti inertinių prapūtimo dujų (pvz., azoto) ar papildomų degių dujų (užpildančiųjų dujų). Šių oro pašalinimo priemonių ir bet kokių prapūtimo dujų įleidimo sistemos sujungimas su kokias nors pavojaus signalais ar blokavimo įtaisais priklauso nuo pavojingos zonos, kurį atsirastų tuo atveju, jei minėtų priemonių sistema sugestų.

- **Degių dujų koncentracijos išlaikymas žemiau minimalaus sprogo slėgio**

Kiekviena degi medžiaga turi minimalų slėgį, žemiau kurio negalima palaikyti sprogo. Jeigu slėgį vakuuminio siurblio įleidimo pusėje įmanoma saugiai palaikyti žemesnį, nei šis slėgis, vakuuminio siurblio viduje prasidėjęs degimas negali išplisti įleidimo pusėje. Vis dėlto, reikia imtis atsargumo priemonių vakuuminio siurblio išleidimo pusėje.

Atsargumo priemonės, kurių reikia imtis, norint kruopščiai pašalinti orą iš proceso ir siurblių sistemos:

- **Oro patekimo sustabdymas**

Naudokite nuotėkių iešiklį arba atlikite slėgio padidėjimo bandymą. Prieš įleidžiant degias medžiagas į proceso kamerą, galima atlikti bandymą ir išsiaiškinti, ar oro (deguonies) įsiskverbimas į vakuuminę sistemą neviršija leistinų ribų.

Norint atlikti slėgio padidėjimo bandymą, iš tuščios proceso kameros išsiurbiamas oro, kad slėgis nukristų šiek tiek žemiau už atmosferinį, o po to kamera atskiriama nuo vakuuminio siurblio. Po nustatyto laiko tarpo proceso kameroje išmatuojamas slėgis. Kadangi žinomas proceso kameros tūris ir maksimalus leistinas oro įsiskverbimas, galima apskaičiuoti maksimalų leistiną slėgio padidėjimą per nustatytą laiko tarpą. Jeigu ši maksimali slėgio riba viršijama, būtina užsandarinti oro (deguonies) patekimo į proceso kamerą vietas; po to bandymas vėl kartojamas, kol pasiekiamas teigiamas rezultatas, ir tuomet į proceso kamerą jau galima paduoti degias medžiagas.

Kai kuriais atvejais vakuuminės sistemos geba pasiekti tinkamą pradinį slėgį gali būti naudojama sistemos sandarumui įvertinti.

- **Prieš pradėdami procesą, iš sistemos pašalinkite visą orą**

Prieš į procesą įleidžiant degių dujų, sistema turi būti visiškai ištuštinta ir (arba) prapūsta naudojant inertines dujas (pvz., azotą), kad iš jos būtų pašalintas visas oras. Proceso pabaigoje šią procedūrą pakartokite, kad pašalintumėte visas degias dujas, kol visa sistema bus išvėdinta.

- **Naudojant sausojo pumpavimo vakuuminius siurblius**

Bet kokiomis aplinkybėmis visos veleno ar prapūtimo sandarinimo dujos turi būti tiekiamos neužterštos oru ir visos dujų balasto angos turi būti arba užsandarintos, arba naudojamos tik inertinėms dujoms įleisti.

- **Naudojant vakuuminius drėgnojo pumpavimo siurblius (pvz., riebokšlinius rotorinius stūmoklinius arba rotorinius mentinius siurblius)**

Velenai visada turi būti sandarūs pagal gamintojo instrukcijas ir turi būti naudojama pumpuojamos bei suslėgtos alyvos sutepimo sistema ir įspėjimo signalas sumažėjus alyvos slėgiui. Sistemoje gali būti sumontuotas išorinis įrenginys su slėgio regulatoriumi, tiekiantis filtruotą ir suslėgtą tepimo alyvą. Visos dujų balasto angos turi būti arba užsandarintos, arba naudojamos tik inertinių dujų įleidimui. Prieš proceso pradžią inertinėmis dujomis reikia prapūsti alyvos dėžę, kad iš jos būtų pašalintas oras.

- **Naudojant kompresorinius vakuuinius siurblius**

Pagrindinis pavaras velenas visada turi būti sandarus pagal gamintojo instrukcijas ir turite užtikrinti, kad prapūtimo angų jungtis galima naudoti tik inertinėms dujoms įleisti.

- **Priešingas srautas**

Užtikrinkite, kad sistemos darbinės procedūros ir įrenginiai apsaugotų ją nuo bet kokio priešingo oro srauto, kuris gali atsirasti sugedus siurbliui. Bet kokios pumpuojamos degios dujos turi būti saugiai išleistos siurblio išleidimo vamzdynu. Užtikrinkite, kad išleidimo vamzdyne nesusidarytų degių dujų mišinių: prieš procesą ir po jo vamzdyną prapūskite tinkamomis inertinėmis dujomis, o darbo metu įleiskite tinkamų inertinių dujų, kad apsaugotumėte išleidimo vamzdyną nuo turbulentinio oro srauto įsimaišymo.

6.6 Sistemos integralumo lygiai

Ankstesniuose skyriuose aprašėme apsaugos metodus naudojant koncentracijos mažinimą inertinėmis dujomis. Šio metodo esmė yra inertinių dujų (paprastai azoto) sumaišymas su proceso dujomis, sumažinant šių koncentraciją iki tokio lygio, kad negalėtų įvykti sproginimas ar reakcija. Kai inertinių dujų įmaišymą naudojate kaip pagrindinę saugos sistemos priemonę apsisaugoti nuo galimo sproginimo, jums gali tekti integruoti į šią sistemą pavojaus signalo ir blokavimo įtaisus, kurie sustabdytų darbą, sutrikus inertinių dujų padavimui. Įvertinant pavojus (pavojų analizė) reikia atsižvelgti į koncentracijos mažinimo dujų sistemos integralumą, kuris priklauso nuo vidinio paskirstymo zonomis (t.y. pavojaus lygio), kai sutrinka inertinių dujų padavimas. Atliekant šį pavojų įvertinimą ir nustatant reikiamus sistemos integralumo lygius, visada būtina naudoti geriausią ir naujausią praktiką.

Pavyzdžiui, jeigu koncentracijos mažinimo sistema naudojama palaikyti degių dujų koncentraciją degios zonos išorėje, o sistemai sutrikus pumpuojamos dujos degios zonos viduje bus visą laiką ar dažnai (paprastai reikalavimas ATEX 0 zonai yra virš 50 %), tuomet ši koncentracijos mažinimo sistema turi atitikti vieną iš šių reikalavimų:

- Ji turi būti apsaugota nuo gedimo netgi retų sutrikimų atveju;
- Ji turi būti saugi įvykus dviem gedimams;
- Joje turi būti įrengtos dvi nepriklausomos koncentracijos mažinimo sistemos.

Tuo atveju, jeigu dėl koncentracijos mažinimo sistemos gedimo pumpuojamos dujos degios zonos viduje bus tik retsykliais (tai įprastinė ATEX 1 zonos sąlyga), tuomet tokia koncentracijos mažinimo sistema turi atitikti vieną iš šių reikalavimų:

- Ji turi būti apsaugota nuo gedimo netgi tikėtino sutrikimo atveju;
- Ji turi būti saugi įvykus vienam gedimui.

Jeigu sutrikus koncentracijos mažinimo sistemai mažai tikėtina, kad pumpuojamos dujos pateks į degią zoną, ar bus ten tik trumpai (tai įprastinė ATEX 2 zonos sąlyga), tokia koncentracijos mažinimo sistema normalaus darbo metu turi būti saugi.

6.7 Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas

Jei pumpuojamų dujų ir garų mišinys yra degus (žr. „Degios zonos išvengimas“ Degios zonos išvengimas *Degios zonos išvengimas* puslapyje 20) nuolat ar ilgą laiką (t.y. 0 zonos sąlyga) ir yra pavojus, kad normalaus darbo ar nedidelio sutrikimo metu atsirastų uždegimo šaltinis (žr. „Uždegimo šaltiniai“ Uždegimo šaltiniai *Uždegimo šaltiniai* puslapyje 24), prie pagrindinio siurblio būtina sumontuoti liepsnos stabdiklius (taip pat žr. „Liepsnos stabdikliai“ Liepsnos stabdikliai *liepsnos stabdikliai* puslapyje 30). Trečioji šalis su „Edwards“ vakuuminiais

siurbliams naudojamiems specialiems liepsnos stabdikliams suteikė sertifikatą, patvirtinantį, kad jie sustabdo liepsnos plitimą ir apsaugo nuo jos patekimo į proceso vamzdyną ar aplinką.

Kai degus mišinys yra ilgą laiką, įleidimo pusėje prie liepsnos stabdiklio būtina sumontuoti patvirtintą ir išbandytą temperatūros keitiklį, kuris aptiktų nuolatinį degimą. Kai aptinkamas nuolatinis degimas, siurblys turi būti išjungtas ir izoliuotas nuo degalų šaltinio. Prašome kreiptis į „Edwards“ ir mes patarsime, kokius naudoti patvirtintus liepsnos stabdiklius ir temperatūros keitiklius. Siekiant termiškai apsaugoti liepsnos stabdiklį ir siurblį, kai siurblio sutrikimai įvyksta retkarčiais (0 zona), siurblio išleidimo pusėje būtina sumontuoti išleidimo temperatūros keitiklį. Išjungimo taškai priklauso nuo pumpavimo sistemų. Prašome skaityti atitinkamą ATEX siurblio vadovą.

Jeigu kuris nors temperatūros keitiklis įleidimo ar išleidimo pusėje pasiekia maksimalią savo ribą, fiksuodamas gedimo sąlygas, būtina imtis atitinkamų priemonių. Priemonės priklauso nuo naudojamo proceso, tačiau jos gali apimti:

- **Degalų padavimo sustabdymas** – uždarius vakuuminio siurblio įvado vožtuvą, sustabdomas degalų padavimas į siurblį.
- **Uždegimo šaltinio pašalinimas** – išjungus variklio maitinimo įtampą ir sustabdžius vakuuminį siurblį.
- **Inertinių dujų padavimas į degimo zoną** – į degimo zoną (paprastai, tačiau ne visuomet, ši zona būna siurblio išleidimo vamzdyne) skubiai įleidus inertinių dujų, liepsna užgesinama. Atkreipkite dėmesį, kad liepsna vėl gali pakilti, jei nepašalinamas uždegimo šaltinis.

6.8 Uždegimo šaltiniai

Kai vakuuminiai siurbliai naudojami pumpuoti degius mišinius, būtina atsižvelgti į visus galimus uždegimo šaltinius. Toliau pateikti kai kurie uždegimo šaltinių pavyzdžiai, kuriuos galite apsvarstyti atlikdami bendrą apžvalgą. Priklausomai nuo jūsų proceso, galite išvengti kai kurių ar net visų uždegimo šaltinių. Jeigu jums nepavyksta išvengti uždegimo šaltinio dėl savo proceso sąlygų ar sistemos reikalavimų, jūs privalote atitinkamai suprojektuoti savo sistemą.

Pastaba:

trečioji šalis kai kuriems „Edwards“ siurbliams suteikė sertifikatą, patvirtinantį, kad jie (jei naudojami tinkamai) sulaiko vidinį sprogimą.

- **Mechaninis sąlytis** – mechaninio sąlyčio tarp nejudančių ir besisukančių dalių vakuuminio siurblio viduje ir sistemoje metu gali atsirasti uždegimo šaltinis. Visi „Edwards“ vakuuminiai siurbliai sukonstruoti ir pagaminti taip, kad bet kokiomis darbo sąlygomis siurblio viduje išliktų tinkami tarpeliai tarp judančių dalių. Norint išvengti šio uždegimo šaltinio, svarbu neleisti ant siurblio vidinių paviršių kauptis nuosėdoms arba siurblį reikia valyti. Guolius reikia prižiūrėti, kad jie nebūtų sudilę, pakankamai tepti ir reguliariai prapūsti tinkamomis inertinėmis dujomis, kad nebūtų sąlyčio su proceso dujomis. Privaloma laikytis rekomenduojamos guolių techninės priežiūros tvarkos, kad darbas vyktų saugiai ir patikimai.
- **Dalelių įtraukimas** – visuose pumpavimo mechanizmuose yra pavojus, kad jie įtrauks daleles, atsiradusias šio arba sistemos gamybos proceso metu. Ten, kur jos patenka tarp judančio ir stacionaraus paviršiaus, nuo trinties gali išsiskirti šiluma. Tinkamas filtras įleidimo pusėje apsaugo nuo smulkių dalelių patekimo į vakuuminį siurblį ar sumažins į vidų patekusių dalelių kiekį ir dydį iki saugaus lygio. Būtina pasirūpinti tinkama įleidimo filtro techninės priežiūros tvarka.

- **Dulkių nuosėdos** – vidiniuose tarpeliuose gali nusėsti plonas suspaustų dulkių sluoksnis, kai bet koks pumpavimo mechanizmas pritrina dulkių. Netgi naudojant dulkių filtrus ant įvado vamzdyno, mažos dalelės gali prasiskverbti į siurblij. Kai dėl temperatūrinių pokyčių dalių matmenys šiek tiek kinta, suspaustos dulkės gali prisiliesti prie judančio paviršiaus ir įkaisti.
- **Slėgio šiluma (savaiminis užsiliepsnojimas)** – reikia atsižvelgti į vidinę slėgio šilumą bet kokiame kompresoriuje, susijusią su bet kokių pumpuojamų dujų ar garų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra. Turite užtikrinti, kad jūsų siurblys būtų tokios pačios arba aukštesnės temperatūrinės klasės už pumpuojamas dujas.
- **Įkaitę paviršiai** – kai degios dujos ar garai patenka ant įkaitusio paviršiaus, jie gali užsidegti, jei viršijama jų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūra. Pastaba: „Edwards“ siurblių ir liepsnos stabdiklių nereikia termiškai izoliuoti, jei tai gali pakelti vidinio (ir išorinio) paviršiaus temperatūrą, sukeliančią savaiminį užsiliepsnojimą.
- **Išorinis šilumos šaltinis** – įranga iš išorės gali įkaisti, pavyzdžiui, gaisro šalia vakuuminės įrangos metu. Tokiomis sąlygomis slėgis sistemoje gali pakilti virš maksimalaus statinio jos slėgio, o temperatūra – virš savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros. Į šį veiksniį turi būti atsižvelgta atliekant sistemos pavojų analizę.
- **Įkaitusių proceso dujų srautas** – aukšta paduodamų dujų temperatūra gali pakelti vidinio (ar išorinio) paviršiaus temperatūrą iki pumpuojamų medžiagų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros. Dėl įkaitusių paduodamų dujų taip pat gali užstrigti statorius / rotorius. Prašome skaityti savo vakuuminio siurblio instrukcijų vadove apie leistinas vidines dujų temperatūras. Šiuo klausimu pasitarkite su „Edwards“.
- **Katalitinė reakcija** – esant tam tikrų medžiagų gali įvykti katalitinis uždegimas. Visus vakuuminės sistemos konstrukcijos metalus reikia įvertinti dėl šios reakcijos su pumpuojamomis dujomis ar garais.
- **Piroforinė reakcija** – oro ar oksidanto patekimo sukeltas piroforinių medžiagų degimo karštis gali veikti kaip uždegimo šaltinis bet kokiai degiai medžiagai. Žr. [Piroforinės medžiagos](#) puslapyje 11.
- **Statinis elektros krūvis** – tam tikromis sąlygomis ant izoliuotų dalių gali susikaupti statinis elektros krūvis, kuris iškvos metu virsta kibirkštimi. Projektuojant sistemą būtina atsižvelgti į statinių elektros krūvių susidarymo galimybę.
- **Žaibas** – jei sistema įrengta lauke, uždegti gali žaibo iškvos. Projektuojant sistemą būtina atsižvelgti į tokio įvykio galimybę.

6.9 Suvestinė – sistemos projektavimas

Norint suprojektuoti saugią vakuuminę pumpavimo sistemą, reikia atsižvelgti į toliau nurodytus veiksnius (priklausomai nuo pritaikymo, gali būti ir kitų veiksnių):

- Jeigu pumpuojate pavojingas medžiagas, įvykus gedimui sistema turi išlikti saugi.
- Jeigu pumpuojate oksidantus, siurblius tepkite PFPE (perfluorpolieterinėmis) tepimo priemonėmis.
- Kai degių dujų koncentracijos sumažinimui žemiau apatinės sprogumo ar degumo ribos ar žemiau oksidanto koncentracijos ribos naudojamos inertinės dujos, privalote užtikrinti inertinių dujų tiekimo integralumą.
- Koncentraciją galima palaikyti ir virš viršutinės sprogumo ar degumo ribos, tačiau būtina imtis tinkamų saugumo priemonių, kad koncentracija nesumažėtų ir nepatektų į degumo diapazoną.
- Prieš naudojant patikrinkite sistemų ir įrangos sandarumą, kad jis būtų pakankamas.

- Inertinėmis dujomis sumažinkite piroforinių dujų koncentraciją iki saugaus lygio, prieš išleidžiant jas į aplinką ar sumaišant su oksiduojančiomis dujomis.
- Užtikrinkite, kad niekur dujų kelyje natrio azidas neturėtų sąlyčio su sunkiaisiais metalais.
- Maksimalus sistemos slėgis neturi viršyti jokios atskiros sistemos dalies saugos lygio.
- Visuomet susipažinkite su saugos informacija, pateikiama kartu su medžiagomis, kurias ruošiatės pumpuoti.
- Jeigu kyla pavojus dėl alyvos išleidžiamose dujose, vietoje riebokšlinių rotorinių mentinių ar stūmoklinių siurblių rekomenduojame naudoti sausojo pumpavimo siurblius.
- Kai „Edwards“ vakuuminiai siurbliai naudojami pumpuoti degius mišinius, būtina atsižvelgti į visus galimus uždegimo šaltinius ir galimo sprogiimo galimas pasekmes.

7. Tinkamas įrangos pasirinkimas

Norint savo procesui pasirinkti tinkamą įrangą, reikia atsižvelgti į apribojimus, kurių ribose norite, kad jūsų sistema dirbtų. „Edwards“ įrangos techniniai duomenys pateikti mūsų gaminių kataloge, rinkodaros skyriaus leidiniuose ir įrenginio instrukcijų vadove (-uose). Daugeliu atvejų papildoma informacija teikiama pagal užklausą; norėdami gauti daugiau informacijos, kreipkitės į „Edwards“.

Projektuodami savo vakuuminę sistemą, atsižvelkite į atitinkamus mechaninio siurblio parametrus, pavyzdžiui:

- Maksimalus statinis slėgis (įvado ir išleidimo);
- Maksimalus darbinis įvado slėgis;
- Maksimalus darbinis išleidimo slėgis;
- Įvado ir išleidimo pusės dalių laidumas;
- Prie siurblio prijungtų kitų dalių slėgio specifikacijos;
- Slėgio kontrolė išleidimo linijos užsikimšimo atveju.

Naudojant riebokšlinius rotorinius mentinius ir stūmoklinius siurblius, taip pat reikia atsižvelgti, pavyzdžiui, į šiuos parametrus:

- Dujų balasto srauto greitis;
- Alyvos dėžės prapūtimo srauto greitis;
- Alyvos dėžėje likę dujos ir garai;
- Alyvoje ištirpę dujos ir garai alyvos dėžėje.

Maksimalus statinis slėgis apibrėžia maksimalų slėgį, kuris gali veikti siurblio įvado ar išleidimo liniją, kai siurblys išjungtas. Šis slėgis priklauso nuo mechaninės siurblio konstrukcijos.

Riebokšliniai rotoriniai mentiniai ir stūmokliniai siurbliai sukonstruoti taip, kad veiktų įvado slėgiui neviršijant atmosferinio slėgio ir, netgi jei nurodytas jų maksimalus statinis slėgis yra virš atmosferinio, veikiančio siurblio maksimalus įvado slėgis neturi viršyti atmosferinio slėgio. Kai kurie gamintojai apriboja savo siurblių tolygaus darbo slėgį iki žemesnio už atmosferinį slėgio. Maksimalus veikiančio siurblio įvado slėgis vadinamas maksimaliu darbinio slėgiu.

Priežastis, kodėl ribojamas maksimalus darbinis slėgis, nebūtinai yra susijusi su siurblio mechaniniu integralumu. Paprastai maksimalus slėgis yra proporcingas siurblio galiai, kai įvado slėgis aukštas, ir susijęs su potencialiu siurblio ar elektros variklio mechaninių dalių perkaitimo pavojumi.

Dėl panašių priežasčių mes rekomenduojame ir vakuuminio siurblio išleidimo slėgį palaikyti kuo žemesnį (paprastai iki 0,15 bar / $1,15 \times 10^5$ Pa, kai siurblys veikia nepertraukiamai). Siurbliai sukonstruoti taip, kad dirbtų su laisva nuo kliūčių išleidimo linija ir 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) slėgis išleidimo linijoje yra pakankamas, kad išstumtų dujas pro ištraukimo sistemą ir apdorojimo įrangą.

7.1 Riebokšliniai rotoriniai mentiniai ir stūmokliniai siurbliai

„Edwards“ riebokšlinių rotorinių siurblių asortimentą sudaro E1M, E2M, ES ir RV modelių rotoriniai mentiniai ir „Stokes Microvac“ modelio riebokšliniai stūmokliniai siurbliai. Paprastai visi vakuuminiai siurbliai yra sukonstruoti taip, kad jie veiktų, kai įvado slėgis yra žemesnis už atmosferinį, o dujos siurblio išleidimo linijoje laisvai išstumiamos į aplinką.

Riebokšliniai rotoriniai mentiniai ir stūmokliniai siurbliai yra tūriniai kompresoriai, kurie slėgį išleidimo pusėje gali pakelti iki labai aukšto, jei ši linija užsikemša ar uždaroma. Tokiais atvejais slėgiai gali viršyti saugų statinį siurblio alyvos dėžės slėgį ir, daugeliu atveju, išleidimo pusės sistemos dalių saugius statinius slėgius (tokių dalių kaip polipropilėninių dujų plautuvų ar vakuuminių jungčių sandarinimo tarpiklių). Dėl to „Edwards“ ypač rekomenduoja siurblio išleidimo linijoje sumontuoti aukštos kokybės išleidimo slėgio jutiklį.

Norint pasiekti saugų „atskiedimo“ lygį, dujų balastą galima papildyti alyvos dėžės prapūtimu (kur yra tokia įranga), prijungus prie siurblio alyvos dėžės. Padidinus dujų balasto ir alyvos dėžės prapūtimo srautų greitį, padidėja per išleidimo sistemą pernešamos alyvos kiekis.

Visuose „Edwards“ riebokšliniuose siurbliuose yra pakankamai talpios alyvos dėžės, kurios gali sulaikyti degius ir sprogius dujų mišinius. Alyva alyvos dėžėje gali veiksmingai sugerti ar kondensuoti garus ir šalutinius dujinius produktus. Alyvoje ištirpę garai ir dujos gali būti piroforiniai ar nuodingi. Dėl to turite įdiegti specialias alyvos tvarkymo procedūras, kad techninės priežiūros metu nebūtų pažeista sauga.

7.2 „Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai

Maksimalų darbinį slėgį riboja tie patys veiksniai, kurie veikia ir riebokšlinius siurblius (tai yra potencialus siurblio ar elektros variklio mechaninių dalių perkaitimo pavojus).

„Edwards“ sausojo pumpavimo siurbliai yra tūriniai kompresoriai ir gali gerokai pakelti išleidimo linijos slėgį. Jeigu šie siurbliai sumontuoti sistemoje, kurioje proceso metu gali išsiskirti kieti šalutiniai produktai (todėl kyla pavojus užkimšti išleidimo liniją), „Edwards“ ypač rekomenduoja įtaisyti su valdymo įtaisais sujungtą išleidimo linijos slėgio kontrolės prietaisą. Informaciją apie darbinius slėgius, kuriems jungiklius reikia nustatyti, rasite siurblio instrukcijų vadove.

Pro „Edwards“ sausojo pumpavimo siurblius galima įleisti didelius balastinių dujų srautus. Pro siurblio mechanizmą galima įleisti tokių koncentracijos sumažinimo dujų, kaip azoto, ir tinkamiausiu būdu nuslopinti nepageidaujamą reakciją. Prašome skaityti savo siurblio instrukcijų vadove apie prapūtimo dujomis srautų greičius.

7.3 Vamzdyno projektavimas

7.3.1 Dumplės

Dumplės yra trumpos, plonasienės dalys su giliais vingiais. Jos naudojamos sumažinti siurblio į vakuuminę sistemą perduodamą vibraciją.

Dumplės visada montuokite tiesioje linijoje ir kad abu galai būtų kietai įtvirtinti. Tinkamai įrengus, dumplės gali atlaikyti nedidelį teigiamą vidinį slėgį (išsamesnės informacijos ieškokite dumplių instrukcijų vadove). Nenaudokite dumplių sausojo pumpavimo siurblių išleidimo linijose; naudokite apipintus lanksčius vamzdžius (žr. „Lankstūs vamzdžiai“ Lankstūs vamzdžiai [Lankstūs vamzdžiai](#) puslapyje 28).

Atsižvelkite į dumplių pažeidimo galimybę dėl konstrukcinio nuovargio, kai jos naudojamos pasikartojančių ciklų procesuose.

7.3.2 Lankstūs vamzdžiai

Lanksčiuose vamzdžiuose sienelės storesnės, o vingiai ne tokie gilūs, kaip dumplių. Lanksčiais vamzdžiais patogiau sujungti vakuuminės sistemos dalis ir jais galima kompensuoti standžių vakuuminių vamzdžių ašių nesutapimus ar nedidelį pajudėjimą. Lanksčius vamzdžius galima sulenkti gana aštriu kampu ir jie išlaiko savo padėtį.

Lankstūs vamzdžiai skirti statinėms sistemoms. Jų negalima daug kartų lankstyti, nes juos pažeis konstrukcinis nuovargis.

Naudojant lanksčius vamzdžius, stenkitės juos naudoti kuo trumpesnius ir venkite nereikalingų alkūnių. Kai sistemos išleidimo pusėje gali susidaryti aukštas slėgis, reikia naudoti apipintus lanksčius vamzdžius.

Apipinti lankstūs vamzdžiai yra dumplės su išoriniu apsauginiu sluoksniu iš supintų nerūdijančio plieno juostelių. Montuojant apipintus lanksčius vamzdžius, turite atsižvelgti į jų instrukcijų vadove nurodytą minimalų sulenkimo spindulį.

7.3.3 Tvirtinimo taškai

Būtina tinkamai pritvirtinti vamzdžius ir jų sudedamąsias dalis. Pavyzdžiui, netinkamai pritvirtinus dumplės, jos nesumažins siurblio vibracijų ir vamzdyną gali paveikti konstrukcinis nuovargis.

7.3.4 Tarpikliai

Ten, kur bet kurioje vakuuminės sistemos dalyje (netgi gedimo atveju) slėgis gali pakilti iki teigiamo, būtina naudoti tinkamus tarpiklius ir medžiagas, kurios gali atlaikyti tikėtiną vakuuminį ir teigiamą slėgį.

7.4 Fizinė apsauga nuo viršslėgio

Kaip jau aptarta anksčiau, viršslėgį gali sukelti jūsų sistemos ar vienos iš jos dalių užsikimšimas ar uždarymas. Viršslėgis gali atsirasti dėl siurblio suspaustų dujų srauto arba dėl išorinio suspaustų dujų srauto (pavyzdžiui, slėgį mažinančių sistemos dujų). Yra du pagrindiniai būdai apsisaugoti nuo sistemos viršslėgio: būtent, slėgio sumažinimas ir viršslėgio pavojaus signalas ar išjungiklis, kurie aprašyti tolesniuose skirsniuose.

7.4.1 Slėgio sumažinimas

Norint sumažinti viršslėgį, galima naudoti plyštančius diskus ar slėgio mažinimo vožtuvus. Įtaiso darbinis slėgis turi būti mažesnis už projektinį sistemos slėgį. Šiuos įtaisus reikia sujungti su tinkamais vamzdynais, kuriais proceso dujos būtų išleistos į saugią vietą, ir kad vėdinimui nebūtų kliūčių. Jeigu jūsų proceso metu išskiriami kieti šalutiniai produktai, slėgio mažinimo įtaisus būtina reguliariai tikrinti, ar jie neužsikimšę. Projektuojant tokius apsauginius įtaisus reikia atsižvelgti į slėgio pulsavimą dėl mechaninio plyštančio disko ar vožtuvo nuovargio.

7.4.2 Viršslėgio pavojaus signalas / išjungiklis

Šį apsaugos metodą plačiai naudoja „Edwards“. Tokia apsauga rekomenduojama bet kokiai sistemai, tačiau ji ypač tinka kietus šalutinius produktus išskiriančiai sistemai.

7.4.3 Slėgio reguliatoriai

Naudojami dviejų pagrindinių tipų slėgio reguliatoriai: su vėdinimu ir be jo.

Regulatoriai su vėdinimu dujas išleidžia į aplinką arba į atskirą išleidimo liniją, kad palaikytų pastovų išleidimo pusės slėgį, kai dujų srautas neteka. Regulatoriai su vėdinimu paprastai naudojami ten, kur pirmoje vietoje yra vamzdynų integralumas.

Regulatoriai su vėdinimu pastovų išleidimo pusės slėgį gali palaikyti tik judant dujų srautui.

Kai srauto nėra, kai kurių reguliatorių išleidimo pusės slėgis gali pakilti iki padavimo slėgio lygio. Tokio kilimo greitis priklauso nuo reguliatoriaus savybių ir talpos, prie kurios prijungta išleidimo linija. Slėgio kilimo procesas gali trukti nuo kelių minučių iki kelių mėnesių.

Slėgio reguliatoriai negali veikti kaip uždarymo vožtuvai, todėl norint sistemą uždaryti, juos reikia naudoti kartu su tinkamais uždarymo įtaisais (tokiais kaip solenoidiniai vožtuvai). Arba kitas metodas – kai slėgis pernelyg pakyla, dujas atitinkamomis priemonėmis reikia saugiai išleisti į aplinką.

7.4.4 liepsnos stabdikliai

liepsnos stabdikliai nėra apsaugos nuo sprogoimo įtaisai. Jie skirti apsaugoti vamzdyną ar kanalą nuo liepsnos fronto sklidimo jame (žr. skyrių „Liepsnos stabdiklių apsauginių sistemų naudojimas“ Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas [Liepsnos stabdiklių apsauginės sistemos naudojimas](#) puslapyje 23). Liepsnos stabdiklių paviršiaus plotas didelis, o laidumo tarpeliai maži, todėl liepsna užgęsta. liepsnos stabdikliai paprastai tinka tik sistemoms, kuriose naudojamos švarios dujos ar garai.

Dujų mišinių sprogoimo energija didėja augant slėgiui. Dauguma liepsnos stabdiklių skirti apsaugoti zonas, kurių vidinis slėgis neviršija atmosferinio. Turite užtikrinti, kad darbinis slėgis išleidimo linijos ištraukimo sistemoje, kuri eina iki pat liepsnos stabdiklio, neviršytų maksimalaus darbinio slėgio. Vis dėlto, su „Edwards cheminiai“ sausojo pumpavimo siurbliais naudoti sertifikuotų liepsnos stabdiklių atveju maksimalius leistinus slėgius rasite ATEX instrukcijų vadove. Be to, turite atsižvelgti į jūsų vakuuminio siurblio maksimalų leistiną priešslėgį.

liepsnos stabdikliai veikia išsklaidydami liepsnos fronto degimo šilumą, todėl jie įkaista iki maksimalios saugaus darbo temperatūros. Šios temperatūros negalima viršyti, kai kaitinami ar izoliuojami vamzdžiai ar kai pro slopintuvus pumpuojamos įkaitusios dujos.

liepsnos stabdiklio savybė slopinti liepsną priklauso nuo liepsnos fronto greičio, kuris savo ruožtu priklauso nuo jo atstumo nuo uždegimo šaltinio. Naudojant su „Edwards cheminiai“ vakuuminiais siurbliais, slopintuvai turi būti glaudžiai prijungti prie įvado ir išleidimo vamzdynų. Tarp siurblių ir liepsnos stabdiklių tik tam tikromis aplinkybėmis galima montuoti alkūnes ir trišakes sujungimo detales. Šiuo klausimu prašome pasitarti su „Edwards“.

7.5 Prapūtimo sistemos

Prie įrangos galima prijungti inertinių dujų prapūtimo sistemas, kad pasibaigus proceso ciklui būtų galima pašalinti vamzdynuose likusias proceso dujas.

Tinkamai naudojant tokias prapūtimo dujas, galima pašalinti išsėdinančius produktus ir nuo pažeidimo apsaugoti siurblį ir, kas dar svarbiau, tokias apsaugines sistemas, kaip liepsnos stabdikliai. Be to, pašalinus proceso dujas apsaugoma nuo nepageidautinų ir potencialiai pavojingų cheminių reakcijų tarp skirtinguose proceso cikluose naudojamų medžiagų.

7.6 Suvestinė – tinkamos įrangos pasirinkimas

- Savo procesui pasirinkite tinkamo tipo įrangą;
- Įtraukite į sistemą visus būtinus saugos įtaisus, kurie užtikrintų saugą gedimo atveju;
- Pašalinkite nejudančius tūrius;
- Užtikrinkite, kad sistema būtų tinkamai kontroliuojama ir valdoma;
- Kur būtina, sumontuokite slėgio mažinimo įtaisus;

- Kur būtina, sumontuokite liepsnos stabdiklius;
- Prieš naudojant patikrinkite sistemų ir įrangos sandarumą.

8. Darbo procedūros ir mokymai

Darbo su ģranga saugā padidina tinkami mokymai, aiškios ir konkrēcijas instrukcijas bei reguliari tehninē priēžiūra. Svarbu, kad visas su vakuumine ģranga dirbantis personalas būtu tinkamai apmokytas, ģvertintas ir, jei būtina, kontroluojamas.

Jeigu jūs abejojate dēl kokių nors „Edwards“ ģrangos darbo ar saugos procedūru, prašome kreiptis ģ mus patarimo.

9. Suvestinė

- Atlikite pavojų įvertinimą, kad nustatytumėte ir, kur įmanoma, pašalintumėte ar sumažintumėte visus pavojus. Tokį įvertinimą reikia atlikti vakuuminės sistemos projektui, montavimui, paleidimui, darbui, techninei priežiūrai ir eksploatacijos nutraukimui.
- Įvertinkite visas chemines reakcijas, kurios gali įvykti jūsų sistemoje. Atsižvelkite į nebūdingas chemines reakcijas, įskaitant tas, kurios gali įvykti gedimo metu.
- Vertindami potencialius pavojus, susijusius su jūsų proceso medžiagomis, pavyzdžiui, savaiminį užsiliepsnojimą, informacijos ieškokite medžiagų saugos duomenų lapuose.
- Naudokite koncentracijos sumažinimo metodus, kai norite minimalizuoti reakcijas su oksidantais ir degiomis medžiagomis.
- Jeigu pumpuojate oksidantus ir piroforines medžiagas, savo siurbį tepkite tinkamos rūšies tepimo priemone.
- Nenaudokite sunkiųjų metalų savo pumpavimo sistemos dujų kelyje, jeigu jūsų procese naudojamas ar išsiskiria natrio azidas.
- Atliekant saugos skaičiavimus, atsižvelkite į visų sistemos sudedamųjų dalių saugius darbinius slėgius. Taip pat atsižvelkite į nebūdingas ir gedimo sąlygas.
- Įtraukite į sistemą tinkamo tipo ir tinkamo slėgio mažinimo įtaisus.
- Užtikrinkite, kad išleidimo linija neužsikimštų.
- Užtikrinkite, kad „atskiedimo“ dujų srautas tinkamai reguliuojamas ir kontroliuojamas.
- Jeigu pumpuojate pavojingas medžiagas, įvykus gedimui sistema turi išlikti saugi.
- Pumpuojant oksidantus naudokite PFPE (perfluorpolieterinę) alyvą ir tepimo priemones.
- Inertinėmis dujomis sumažinkite degių ir piroforinių dujų koncentraciją iki saugaus lygio ir užtikrinkite, kad proceso dujos išliks virš viršutinės degumo ar sprogdumo ribos, atsižvelgdami į atitinkamus saugos veiksnius visomis proceso sąlygomis, įskaitant gedimus.
- Negalima leisti, kad maksimalus sistemos slėgis viršytų maksimalų bet kokios atskiros sistemos dalies nurodytą slėgį.
- Jeigu kyla pavojus dėl alyvos išleidžiamose dujose, apsvarstykite sausojo pumpavimo siurblių naudojimą vietoje riebokšlinių siurblių.
- Pašalinkite nejudančius tūrius.
- Užtikrinkite, kad sistema būtų tinkamai kontroliuojama ir valdoma.
- Kur būtina, sumontuokite liepsnos stabdiklius.
- Prieš naudojant patikrinkite sistemų ir įrangos sandarumą.

