



Vakuuma sūknis un vakuuma sistēmas

DROŠĪBAS ROKASGRĀMATA

Autortiesību zīme

© Edwards Limited 2019. Visas tiesības aizsargātas.

Saturs

1. Ievads.	5
1.1 Šīs publikācijas aptvērums.	5
1.2 Sprādziena riski.	5
2. Kad rodas apdraudējums.	7
2.1 projektēšana;	7
2.2 Būvniecība.	7
2.3 Darbība / nodošana ekspluatācijā.	8
2.4 Apkope / ekspluatācijas pārtraukšana.	8
3. Apdraudējumu ķīmiskie avoti.	9
3.1 Ķīmiskās reakcijas un sprādzieni.	9
3.1.1 Homogēnas reakcijas.	9
3.1.2 Heterogēnas reakcijas.	9
3.2 Neraksturīgu reakciju radītās problēmas.	9
3.3 Sprādzienbīstamība.	10
3.3.1 Oksidētāji.	10
3.3.2 Uzliesmojoši / sprādzienbīstami materiāli.	11
3.3.3 Piroforiskie materiāli.	11
3.3.4 Nātrija azīds.	12
3.4 Toksiski vai korozīvi materiāli.	12
3.4.1 Toksiski materiāli.	12
3.4.2 Korozīvie materiāli.	13
3.5 Kopsavilkums - ķīmiskie apdraudējumu avoti.	13
4. Fiziskie apdraudējumu avoti.	15
4.1 Pārspiediena bīstamības veidi.	15
4.2 Pārspiediens sūkņa izplūdē.	15
4.3 Aizsardzība pret izplūdes pārspiedienu.	15
4.4 Ieplūdes pārspiediens.	16
4.4.1 Saspiestās gāzes piegāde un pretpiediens.	16
4.4.2 Nepareiza sūkņa ekspluatācija.	16
4.5 Kopsavilkums - fiziskie apdraudējumu avoti.	17
5. Apdraudējumu analīze.	18
6. Sistēmas projektēšana.	19
6.1 Sistēmas nominālā spiediena rādītāji.	19
6.2 Stāvošu tilpumu novēršana.	19
6.3 Izplūdes ekstrakcijas sistēmas.	20
6.4 Potenciāli sprādziennedrošu gāzu vai izgarojumu maisījumu avoti.	20

6.5	Izvairīšanās no ugunsnedrošās zonas.	21
6.6	Sistēmas integritātes līmeņi.	23
6.7	Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmu izmantošana.	24
6.8	Aizdeģšanās avoti.	24
6.9	Kopsavilkums — sistēmas projekts.	26
7.	Pareiza iekārtu izvēle.	27
7.1	Eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas un virzuļa sūkņi.	27
7.2	Edwards sausie sūkņi.	28
7.3	Cauruļvadu konstrukcija.	28
7.3.1	Plēšas.	28
7.3.2	Elastīgās caurules.	28
7.3.3	Enkurvietas.	29
7.3.4	Blīvējumi.	29
7.4	Fiziska pārspiediena aizsardzība.	29
7.4.1	Spiediena pazemināšana.	29
7.4.2	Pārspiediena trauksmes signāls/ atslēgšana.	29
7.4.3	Spiediena regulatori.	29
7.4.4	Liesmdzēses ierīces.	30
7.5	Izpūšanas sistēmas.	30
7.6	Kopsavilkums - pareiza iekārtu izvēle.	30
8.	Darba procedūras un apmācība.	32
9.	Kopsavilkums.	33

Uzņēmums „Edwards” Ltd. atsakās no jebkāda veida atbildības un nesniedz garantijas par informācijas precizitāti, praktisku lietošanu, drošumu un rezultātiem, kā arī procedūru vai šeit aprakstītajiem pielietojuma veidiem. „Edwards” Ltd. neuzņemas nekādu atbildību par jebkādiem zaudējumiem vai kaitējumu, kas izriet no šajā dokumentā ietvertās informācijas izmantošanas vai paļaušanās uz šādu informāciju vai sniegtās informācijas neprecizitāti vai nepilnībām. Lūdzam ņemt vērā, ka šeit publicētajai informācijai ir tikai konsultatīvs raksturs un, lai gan uzņēmums „Edwards” sniedz norādījumus attiecībā uz potenciālo apdraudējumu, kas rodas no bīstamu materiālu izmantošanas, gala lietotāja pienākums ir veikt šīm darbībām un videi specifisko riska novērtējumu/bīstamības analīzi, lai nodrošinātu atbilstību valdības pieņemtajiem noteikumiem.

1. Ievads

1.1 Šīs publikācijas aptvērums

Šajā dokumentā ir drošības informācija, kas attiecas uz vakuuma sūkņu un vakuuma sistēmu specifikāciju, konstrukciju, ekspluatāciju un apkopi.

Šajā dokumentā norādīti daži potenciālie apdraudējumi, kādi var rasties, un sniegtas norādes, lai mazinātu drošības apdraudējumu rašanās iespējamību un nodrošinātu, lai gadījumos, kad radies apdraudējums, to varētu atbilstoši novērst.

Ar šo dokumentu jāiepazīstas ikvienam, kas iesaistīts vakuuma sūkņu un vakuuma sistēmu specifikāciju izstrādē, projektēšanā, uzstādīšanā, ekspluatācijā vai apkopē. Mēs iesakām iepazīties ar šo dokumentu kopā ar:

- instrukciju rokasgrāmatām, kas pievienotas iekārtai;
- informāciju, ko snieguši procesa gāzu un ķīmikāliju piegādātāji;
- informāciju, ko sniegusi uzņēmuma drošības nodaļa.



BRĪDINĀJUMS.

Šajā rokasgrāmatā un attiecīgā sūkņa lietošanas pamācībā sniegto drošības norādījumu neievērošana var izraisīt nopietnu kaitējumu vai nāves iestāšanos.

Ja nepieciešama papildu informācija par Edwards izstrādājumu piemērotību izmantošanai uzņēmuma procesa vajadzībām vai par vakuuma sūkņu vai vakuuma sistēmu drošības aspektiem, sazinieties ar savu piegādātāju vai Edwards uzņēmumu.

1.2 Sprādziena riski

Piezīme.

Piedāvājam Edwards sūkņus, kuri atbilst Eiropas ATEX direktīvai par aprīkojumu, kuru izmanto sprādzienbīstamā vidē.

Jebkuras atkāpes no spēkā esošajām drošības pamatnostādņēm izraisa negaidītus sprādzienus. Un daži ar sprādzieniem saistīti nelaimes gadījumi ir bijuši ļoti smagi un būtu varējuši izraisīt nopietnus ievainojumus vai cilvēku nāvi.

Vakuuma sistēmas komponenta pēkšņas saplīšanas izplatītākais cēlonis ir viegli uzliesmojošu materiālu aizdegšanās vai sūkņa izplūdes nosprostošana vai ierobežošana. Lai izvairītos no apdraudējumiem, jāpievērš uzmanība šeit norādītajiem aspektiem, lai tādējādi palīdzētu nodrošināt vakuuma sūkņu un sistēmu drošu darbību.

- Ja Jūsu sistēma nav paredzēta materiālu sūknēšanai tādās koncentrācijās, kādās tā var aizdegties vakuuma sūknī, pārliedzieties, lai viegli uzliesmojošie maisījumi un oksidētāji nepārsniedz šo koncentrāciju diapazonu. Viena no metodēm, kā to panākt, ir inertas izpūšanas vielas izmantošana. Skatīt [Izvairīšanās no ugunsnedrošās zonas](#) šajā lpp.: 21.
- Jānodrošina, lai darbības laikā nenotiktu izplūdes nosprostošanās, ko var izraisīt mehāniski komponenti (piemēram, vārsti vai atsevišķi komponenti) vai procesa materiālu vai blakusproduktu nogulsnešanās cauruļvados, filtros vai citos izplūdes komponentos, ja vien Jūsu sistēma nav aprīkota ar šādu aizsardzību.

- Sūkņa mehānismu, kas pakļauti augstas koncentrācijas skābekļa vai citu oksidētāju iedarbībai, eļļošanai izmantot tikai PFPE (perfluorpoliēterus) saturošas eļļas. Cita veida eļļas, kuras pārdod kā „neuzliesmojošas”, var būt piemērotas izmantošanai tikai tādos gadījumos, kad oksidantu tilpuma koncentrācija nepārsniedz 30%.
- Jānodrošina, lai nevarētu rasties tīši noslēgtas un izolētas vakuuma sistēmas nejaušs pārspiediens, piemēram, spiediena regulatora vai izpūšanas vadības sistēmas bojājuma dēļ.
- Ja pārsūknējamais produkts var patvaļīgi reaģēt ar ūdeni, ieteicams dzesēšanas ķēdē izmantot kādu citu dzesēšanas materiālu nevis ūdeni (piemēram, siltumu vadošu šķīdumu). Sazināties ar Edwards, lai saņemtu ieteikumus.

2. Kad rodas apdraudējums

Apdraudējumi var rasties visos sistēmas darbības posmos. Šie posmi ir:

- projektēšana;
- Būvniecība
- Darbība / nodošana ekspluatācijā
- apkope / ekspluatācijas pārtraukšana.

Šeit apkopotas problēmas, kas rodas katrā no posmiem. Visos gadījumos jāapzinās, ka varat samazināt apdraudējumus savā sistēmā tikai tādā gadījumā, ja Jums ir labas zināšanas par sistēmā iekļautajām iekārtām un procesiem / pielietojumu. Ja rodas šaubas, prasiet piegādātājiem papildu informāciju un ieteikumus.

2.1 projektēšana;

Projektējot sistēmu, jāizvēlas pareizais iekārtu veids nepieciešamajam pielietojumam. Jāapsver:

- iekārtas tehniskā specifikācija
- iekārtas konstrukcijā izmantotie materiāli
- ekspluatācijas materiāli, kādus izmanto ar attiecīgo iekārtu (piemēram, smērvielas un darbības šķīdumi)
- procesa apstākļi un materiāli.

Jādomā arī par iekārtas vispārējo piemērotību pielietojuma veidam un jānodrošina, lai iekārta vienmēr tiktu izmantota atbilstoši noteiktajiem ekspluatācijas nosacījumiem.

Ir jāizstrādā projektēšanas procedūras, kas nodrošinātu, ka līdz minimumam tiek samazinātas iespējamās kļūdas konstrukcijā. Šādās procedūrās jāiekļauj projekta aprēķinu neatkarīga pārbaude, kā arī konsultācijas par projektēšanas parametriem.

Projekta pārskates ietvaros vienmēr jāveic bīstamības analīze. Rūpīgi apsverot, kā izmantot iekārtas paredzētajā sistēmā, iespējams novērst daudzus potenciālus apdraudējumus.

2.2 Būvniecība

Apdraudējumu veidošanās iespējamību konstrukcijas gaitā var novērst, izmantojot prasmīgu un kvalificētu personālu un īstenojot kvalitātes nodrošināšanas procedūras. Kvalificēti strādnieki var noteikt, kādi ir pareizie komponenti, kas nepieciešami montāžas laikā, un arī atklāt nepareizi vai sliktā kvalitātē izgatavotus komponentus un iekārtas. Kvalitātes nodrošināšanas procedūras palīdzēs atklāt un izlabot trūkumus darba izpildes kvalitātē un nodrošinās striktu projekta specifikāciju ievērošanu.

Personālam jāievēro īpaša rūpība un jāizpilda visi drošības piesardzības pasākumi, uzstādot jaunas iekārtas sistēmā, kurā sūknētas vai ražotas toksiskas, korozīvas, uzliesmojošas, smacējošas indīgās vielas vai piroforiskas vielas, vai kur iespējama šādu vielu klātbūtne.

Elektroiekārtu montāža jāveic prasmīgam / kvalificētam personālam saskaņā ar visiem attiecīgajiem vietējiem un nacionālajiem elektroiekārtu noteikumiem.

2.3 Darbība / nodošana ekspluatācijā

Darbības laikā apdraudējumu var radīt iekārtu un komponentu bojājumi, kurus izraisījuši novecošana, neatbilstoša izmantošana vai sliktas kvalitātes apkope. Šādu apdraudējumu iespējamību var samazināt, nodrošinot atbilstošas apmācības par iekārtu ekspluatāciju (un apkopi). Nepieciešamības gadījumā skatīt informāciju, ko piegādājis Edwards un citi piegādātāji kā instrukciju rokasgrāmatas, apmācību un pēcpārdošanas apkopes norādes.

2.4 Apkope / ekspluatācijas pārtraukšana

Lai novērstu personāla saskari ar bīstamām vielām, jābūt īpaši uzmanīgiem un jāievēro visi drošības piesardzības pasākumi, veicot apkopi sistēmā, kur sūknētas vai ražotas toksiskas, korozīvas, uzliesmojošas piroforiskas vai smacējošas indīgās vielas.

Jāapsver arī plānotās apkopes programma un droša tādu komponentu, kas varētu būt piesārņoti ar bīstamām vielām, utilizācija. Lai garantētu drošu un uzticamu sūkņu un sistēmu darbību, ievērojiet apkopes norādījumus, kas sniegti visu iekārtu lietošanas pamācībās. Parasti ATEX sistēmām ir noteiktas papildus prasības.

3. Apdraudējumu ķīmiskie avoti

3.1 Ķīmiskās reakcijas un sprādzieni

Rūpīgi jāapsver visas iespējamās ķīmiskās reakcijas, kas var notikt vakuuma sistēmā normālas ekspluatācijas, nepiemērotas izmantošanas un bojājumu apstākļos. Īpaša uzmanība jāpievērš reakcijām, kas saistītas ar gāzēm un tvaikiem, kas var izraisīt sprādzienus. Pieredze ir pierādījusi, ka var notikt sprādzieni, kuros iesaistīti materiāli, kurus sistēmas projektētājs sākotnēji nebija ņēmis vērā, un kuros iesaistītas iekārtas, kuru bojājumi nebija apsvērti.

3.1.1 Homogēnas reakcijas

Homogēnas reakcijas rodas gāzes fāzē starp diviem vai vairākiem gāzes molekulu veidiem. Gāzes sadegšanas reakciju forma parasti ir šāda. Piemēram, kā mēs to zinām, silāna (SiH_4) reakcija ar skābekli (O_2) vienmēr ir homogēna. Tāpēc, ja ražošanas procesā uzņēmumā notiek šādas reakcijas, ir uzmanīgi jākontrolē procesa spiediens un reaģējošo vielu koncentrācija, lai novērstu pārmērīgas reakcijas.

3.1.2 Heterogēnas reakcijas

Lai notiktu heterogēnas reakcijas, tām nepieciešama cieta virsma, piemēram, dažas gāzes molekulas reaģē tikai tad, kad tās tiek adsorbētas uz virsmas, taču tās nereaģē gāzes fāzē zema spiediena apstākļos. Šāda veida reakcija ir ideāli piemērota noteiktiem procesiem, jo tā līdz minimumam samazina procesa kamerā notiekošo reakciju ietekmi, kā arī samazina sīko daļiņu un piesārņojuma veidošanās iespējamību.

Lielākā daļa heterogēno reakciju kļūst homogēnas augstāka spiediena apstākļos, kas parasti ir ievērojami zemāks par atmosfēras spiedienu. Tas nozīmē, ka veids, kādā gāzes reaģē procesa kamerās, var nebūt saistīts ar veidu, kādā tās reaģē, kad tās saspiež ar vakuuma sūkni.

3.2 Neraksturīgu reakciju radītās problēmas

Neraksturīgas reakcijas var notikt tad, kad ķīmiskās vielas nonāk saskarē ar gāzēm vai materiāliem, kurus sistēmas projektētājs nav paredzējis. Tas var notikt, piemēram, noplūdes gadījumā, kad atmosfēras gāzes var ieplūst sistēmā vai toksiskās, uzliesmojošās, sprādzienbīstamās vai citas bīstamās gāzes izplūst atmosfērā.

Lai novērstu šo reakciju veidošanos, sistēmā jāuztur noblīvētība pret noplūdi 1×10^{-3} mbar l s⁻¹ (1×10^{-1} Pa l s⁻¹) vai zemāka. Augsta līmeņa vakuuma pielietojuma apstākļos noblīvētība pret noplūdi parasti tiek uzturēta 1×10^{-5} mbar l s⁻¹ (1×10^{-3} Pa l s⁻¹) vai zemāka. Jānodrošina, lai visi vārsti sistēmā būtu noblīvēti pret noplūdēm to ligzdu vietās.

Sūknēšanas sistēmā un izplūdes cauruļvados var tikt samaisītas gāzes, kuras parasti nesaskaras procesa cikla ietvaros.

Pēc ikdienas apkopes veikšanas procesa kamerā var būt ūdens tvaiki vai tīrīšanas šķīdumi. Šāda situācija var izveidoties pēc procesa kameras skalošanas un tīrīšanas. Ūdens tvaiki var iekļūt sistēmā arī no izplūdes vadiem un izplūdes skalotņiem.

Ja procesa nogulšņu izskalošanai no vakuuma sistēmas izmanto šķīdinātājus, svarīgi nodrošināt, lai izvēlētais šķīdinātājs būtu savietojams ar visiem procesa materiāliem vakuuma sistēmā.

3.3 Sprādzienbīstamība

Sprādzienbīstamības cēloņi parasti attiecas uz vienu no šeit norādītajām kategorijām:

- Oksidētāji
- Uzliesmojoši / sprādzienbīstami materiāli
- Piroforiskie materiāli
- Nātrija azīds.

Jāievēro, ka Eiropas Savienības valstīs procesa materiālu piegādātājiem ir ar likumu noteikta prasība publicēt fizikālos un ķīmiskos datus par materiāliem, ko viņi pārdod (parasti Materiālu drošības datu lapu formā). Datus par materiālu atbilstoši situācijai jānorāda informācija par augstāko un zemāko sprādzienbīstamības līmeni, materiāla fizikālajām un termodinamiskajām īpašībām, kā arī apdraudējumiem veselībai, kas saistīti ar šī materiāla izmantošanu. Kā norādi skatīt šo informāciju.

3.3.1 Oksidētāji

Vakuuma sistēmās bieži tiek pārsūknēti tādi oksidanti, kā skābeklis (O_2), ozons (O_3), fluors (F_2), slāpekļa trifluors (NF_3) un volframa heksafluors (WF_6). Oksidētāji viegli reagē ar plašu vielu un materiālu klāstu, un reakcijas rezultātā bieži izdalās karstums un palielinās gāzes spiediens. Potenciālie tā rezultātā veidojošies apdraudējumi ir aizdegšanās un / vai paaugstināta spiediena veidošanās sūkņī vai izplūdes sistēmā.

Lai varētu šīs gāzes droši pārsūknēt, jāievēro gāzes piegādātāja drošības norādījumi, kā arī šeit sniegtie ieteikumi:

- sūkņos, kurus izmanto, lai sūknētu skābekli ar tilpuma koncentrāciju augstāku par 25 % inertā gāzē, vienmēr izmantot tikai PFPE (perfluorpoliēterus) saturošas smērvielas;
- sūkņos, kurus izmanto, lai sūknētu gāzes, kurās skābekļa procentuālais sastāv parasti ir zemāks par 25 % tilpuma, bet kurš var paaugstināties virs 25 % bojājuma apstākļos, jāizmanto PFPE smērvielas; ja tiek sūknēti citi oksidētāji izņemot skābekli, lūdzam sazināties ar smērvielu piegādātāju par esošā oksidētāja ieteiktajiem līmeņiem.
- Vēlams izmantot PFPE smērvielas, taču var izmantot arī ogļūdeņražu tipa smērvielas ar nosacījumu, ja tiek izmantota piemērota inertas gāzes izpūšana, lai garantētu, ka eļļa nenonāk saskarē ar drošību apdraudošu oksidētāja līmeni.

Normālos apstākļos PFPE smērvielas neoksidējas vai nesadalās rotējošās lāpstiņas vai virzuļa sūkņa eļļas kārbā vai pārnesuma kārbā ar eļļas blīvējumu, un tādējādi tiek mazināta sprādziena iespējamība.

Jāievēro, ka 290 °C vai augstākā temperatūrā gaisa un melno metālu klātbūtnē var notikt PFPE smērvielu termiskā sadalīšanās. Taču termiskās sadalīšanās temperatūra tiek pazemināta līdz 260 °C vidē, kurā ir titāna, magnija, alumīnija vai to sakausējumu klātbūtne.

Ja eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas vai virzuļa vakuuma sūkņos nevēlaties lietot PFPE smērvielas, varat atšķaidīt oksidētāju līdz drošam koncentrācijas līmenim ar inerti gāzi tieši tāpat kā sauso slāpekli. Šo pieeju iespējams izmantot tikai pie zemas oksidējošo gāzu plūsmas. Sistēmā jāparedz drošības funkcijas, lai nodrošinātu, ka vienmēr ir pieejama minimālā inertas atšķaidīšanas gāzes plūsma, kas nepieciešama oksidētāja koncentrācijas samazināšanai līdz drošam līmenim, un lai nodrošinātu, ka oksidētāja plūsma nepārsniedz maksimālo pieļaujamo plūsmu. Sistēma jāprojektē tā, lai oksidētāja plūsma tiktu nekavējoši apturēta, ja šie nosacījumi netiek izpildīti.

Oksidētāju sūknēšanai iesakām izmantot Edwards sausos sūkņus (skatiet sadaļu *Edwards sausie sūkņi* šajā lpp.: 28). Sausajiem sūkņiem izsūknētajā tilpumā nav blīvēšanas šķīdumu, un izmantojot sauso sūkni oksidētāju apstrādē, tiek būtiski samazināta sprādziena iespējamība. Ja gultņiem un pārnesumkārbai tiek izmantota ogļūdeņraža tipa smērviela, Edwards iesaka izmantot inertas gāzes izpūšanu.

3.3.2 Uzliesmojoši / sprādzienbīstami materiāli

Vairākas gāzes un putekļi, piemēram, ūdeņradis (H_2), acetilēns (C_2H_2), propāns (C_3H_8) un smalki silīcija putekļi oksidētājā noteiktās koncentrācijās ir viegli uzliesmojoši un/vai sprādzienbīstami, ja var veidoties aizdegšanās avots. Aizdegšanās avots var veidoties, piemēram, no lokalizētas siltuma uzkrāšanās. Šis jautājums ir apskatīts sadaļā *Aizdegšanās avoti* šajā lpp.: 24.

Lai nepieļautu sprādzienbīstamu situāciju, nodrošiniet, lai potenciāli uzliesmojošu maisījumu koncentrācija nenokļūtu uzliesmojošā zonā. Plašāka informācija ir sniegta sadaļā *Izvairīšanās no ugunsnedrošās zonas* šajā lpp.: 21.

Vēl viena metode, ko var izmantot sprādziena iespējamības samazināšanai, ir aizdegšanās avota rašanās novēršana. Plašāka informācija ir sniegta sadaļā *Aizdegšanās avoti* šajā lpp.: 24.

Ja nav iespējams izvairīties no ugunsnedrošās zonas veidošanās, jānodrošina, lai iekārtas būtu veidotas tā, lai aizturētu rezultātā radušos sprādzienu, nesaplīstot un neizlaižot liesmas apkārtējā vidē. Liesmdzēses iekārtu lietošana apskatīta sadaļā Liesmdzēses iekārtu aizsardzības sistēmas Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmas *Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmu izmantošana* šajā lpp.: 24. Ja vakuuma sistēmas ārējā atmosfēra ir bīstama, jānodrošina, lai visām iekārtām būtu atbilstoši nominālie rādītāji.

Eiropas Savienībā ATEX direktīvā sniegti skaidri norādījumi par iekārtas konstrukciju, kura tiks izmantota potenciāli sprādzienbīstamā vidē.

Ja visos apstākļos iespējams izvairīties no sūknēšanas darbības potenciāli sprādzienbīstamā vidē, ugunsnedrošo gāzu vai tvaiku sūknēšanai var izmantot visus Edwards vakuuma sūkņu veidus.

3.3.3 Piroforiskie materiāli

Lielākajā daļā apstākļu piroforiskās gāzes, piemēram, silāns (SiH_4) un fosfīns (PH_3), un piroforiskie putekļi spontāni reaģē ar gaisu atmosfēras spiedienā, tāpēc, ja šīs gāzes saskaras ar gaisu vai citu oksidētāju un spiediens ir pietiekami liels, var notikt aizdegšanās. Tas var notikt, ja noplūdes rezultātā sistēmā iekļūst gaiss, vai ja sistēmas izplūdes gāzes nonāk saskarē ar atmosfēru. Karstums, kas rodas oksidētāja reakcijas rezultātā, un piroforiskā gāze var būt sprāgstošu materiālu aizdegšanās avots.

Ja caur kopīgo izplūdes sistēmu tiek izvadītas izplūdes gāzes no citiem procesiem, iespējama aizdegšanās un / vai sprādziens. Tāpēc, sūknējot piroforiskus materiālus, Jums ir jāizmanto atdalīta izplūdes sistēma.

Procesos, kur tiek izmantots fosfors, var notikt cietā fosfora kondensēšanās vakuuma sistēmā vai tā izplūdē. Gaisa klātbūtnē un pie visnelielākās mehāniskās ierosmes (piemēram, vārsta nostrāde vai sūkņa rotācija, ko izraisa spiediena starpība), fosfors var spontāni sākt degt, izdalot toksiskas gāzes. Lai samazinātu fosfora kondensēšanos, ieteicams darbināt sūkņus ar inertas gāzes izpūšanu un pietiekamā karstumā.

PFPE smērvielas var absorbēt procesa gāzes, kas piroforisko materiālu gadījumā var izraisīt vietējo aizdegšanos, kad smērviela nonāk saskarē ar gaisu. Šis apdraudējums var kļūt īpaši nozīmīgs apkopes veikšanas laikā, vai ja pēc piroforiskās gāzes vai putekļiem caur sistēmu

tiek sūknēts oksidētājs. Šī apdraudējuma iespējamību var samazināt, izmantojot Edwards sausos sūkņus, kuros izsūknētajā tilpumā nav smērvielu. Visiem piroforiskajiem materiāliem pirms to izplūšanas vai apstrādes ir jābūt pasivētiem.

3.3.4 Nātrija azīds

Sagatavojot produktus žāvēšanai ar sasaldēšanu, kā arī citos ražošanas procesos reizēm izmanto nātrija azīdu. No nātrija azīda var veidoties slāpekļūdeņražskābe. Slāpekļūdeņražskābes tvaiki var reaģēt ar smagajiem metāliem, veidojot nestabilus metāla azīdus. Šie azīdi var spontāni eksplodēt.

Smagie metāli ir:

• Bārijs	• Kadmijs	• Cēzijs
• Kalcijs	• Varš	• Svins
• Litijs	• Magnijs	• Kālijs
• Rubīdijs	• Sudrabs	• Nātrijs
• Stroncijs	• Alva	• Cinks
• Vara un cinka sakausējumi (piemēram, misiņš)		

Misiņu, varu, kadmiju, alvu un cinku bieži izmanto daudzos vakuuma sūkņu komponentos, piederumos un cauruļvados. Ja uzņēmuma procesa sistēmā tiek izmantos vai ražots nātrija azīds, jānodrošina, lai gāzes plūsmā procesa sistēmā nebūtu smago metālu.

3.4 Toksiski vai korozi materiāli

Daudzas situācijas, kur tiek izmantots vakuums, saistītas ar toksisku un korozi materiālu apstrādi, un šajos gadījumos jāievēro īpašas procedūras.

3.4.1 Toksiski materiāli

Toksiski materiāli paši par sevi ir bīstami veselībai. Taču apdraudējums ir atkarīgs no materiāla un tā relatīvās koncentrācijas. Jāievēro pareizas apstrādes procedūras, ko paredzējis materiāla piegādātājs, un piemērojamie tiesību akti.

Jāapsver arī šādi aspekti:

- **Gāzes atšķaidīšana** — ir iespējas veikt toksisko procesa gāzu atšķaidīšanu, kad šīs gāzes tiek sūknētas caur vakuuma sūkni un uz izplūdi. Šādu atšķaidīšanas metodi var izmantot, lai pazeminātu koncentrāciju zem toksiskā līmeņa. Iesakām uzraudzīt atšķaidīšanas gāzes piegādi, lai padotu trauksmes signālu, ja piegādē radusies kļūme. Attiecībā uz eļļas blīvējuma sūkņiem, informāciju par nepieciešamajiem eļļas atgriešanas komplektiem skatiet sūkņa instrukciju rokasgrāmatā.
- **Noplūdes atklāšana** — Edwards vakuuma sistēmas ir konstruētas tā, lai tās būtu izturīgas pret noplūdēm līdz līmenim $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Taču nav iespējams garantēt blakus esošo sistēmu noblīvētību pret noplūdēm. Ir jāizmanto piemērota noplūžu atklāšanas metode (piemēram, hēlija masas spektrometrija noplūdes noteikšana), lai pārliecinātos par vakuuma un izplūdes sistēmas veselumu.
- **Ass noblīvēšana** (Edwards sausie sūkņi) — vairākos sausajos vakuuma sūkņos tiek izmantota gāzes izpūšanas sistēma, lai nodrošinātu, ka procesa gāzes neiekļūst pārnesumu kārbā un gultņos un tādējādi potenciāli arī atmosfērā ap vakuuma sistēmu. Darbojoties ar toksiskiem materiāliem, ir jānodrošina šīs gāzes piegādes integritāte. Kopā ar pārbaudes pretvārstiem jāizmanto regulatori bez ventilācijas atbilstoši aprakstam sadaļā [Spiediena regulatori](#) šajā lpp.: 29.

- **Ass blīvēšana** (citi sūkņi) — eļļas pārplūdes ass blīves konstrukcijas (piemēram, EH mehāniskie paaugstinošie sūkņi un EM rotējošās lāpstīņas sūkņi) samazina procesa gāzes noplūdes risku (un gaisa ieplūdes risku), un tie var sniegt vizuālu brīdinājumu (eļļas noplūde vai eļļas līmeņa pazemināšanās) pirms apdraudējuma rašanās. Cita veida blīves konstrukcijas var nenodrošināt adekvātu brīdinājumu par bojājumu.
- **Magnētiskās piedziņas** — ja nepieciešams pilnībā hermētisks blīvējums, Edwards EDP vakuuma sūkņus pirms piegādes var aprīkot ar magnētisko piedziņu, kas izmanto keramisku uzkrāšanas trauku, kurš izslēdz nepieciešamību veikt ass blīvēšanu motora ievada asij.

Ja pārmērīgā spiediena samazināšanai tiek izmantoti spiediena pazemināšanas vārsti vai diski, jānodrošina, lai tiem būtu droša ventilācijas izeja uz piemērotu izplūdes sistēmu, kas novērš toksisko apdraudējumu.

Ja piesārņota vakuuma iekārta tiek nosūtīta atpakaļ uz Edwards apkopes vai remonta veikšanai, ir jāizpilda noteiktas procedūras (HS1 veidlapa) un jāaizpilda deklarācija (HS2 veidlapa), kas iekļauta kopā ar iekārtu piegādātajā Instrukciju rokasgrāmatā.

3.4.2 Korozīvie materiāli

Sūknējot korozīvus materiālus ar Edwards vakuuma sūkņiem, ņemt vērā šādus aspektus:

- **Mitruma iekļūšana** — ievērojiet īpašu piesardzību, lai novērstu mitra gaisa iekļūšanu, kas var paātrināt kodīgo iedarbību. Kā daļa no apturēšanas procesa jāizmanto inerta izpūšana, lai izskalotu kodīgās vielas no sistēmas pirms iekārtas apturēšanas.
- **Atšķaidīšana** — jāizmanto piemērota inerta atšķaidīšanas gāze, lai novērstu kodīgo vielu kondensāciju un līdz ar to mazinātu rezultātā veidojošos koroziju.
- **Temperatūra** — paaugstiniet sūkņa un izplūdes līnijas temperatūru, lai novērstu ūdens tvaiku kondensāciju un līdz ar to ierobežotu koroziju. Dažos gadījumos augstāka temperatūra var paātrināt korozijas veidošanos; skatīt informāciju turpmāk norādītajā rindkopā.
- **Drošības iekārtu korozija** — ja pastāv iespēja, ka korozīvie produkti procesa gāzes plūsmā varētu bojāt kritiski svarīgās drošības iekārtas (piemēram, liesmdzēses iekārtas elementus, temperatūras sensorus un tamlīdzīgas iekārtas), šo iekārtu konstrukcijas materiāli jāizvēlas tā, lai šo apdraudējumu novērstu.
- **Fāzu maiņas** — neplānotu fāzu maiņu rezultātā var rasties kondensācija. Lai izvairītos no šī apdraudējuma, jāapsver temperatūras un spiediena izmaiņas.
- **Neplānotas reakcijas** — neplānotas ķīmiskās reakcijas var izraisīt korozīvu produktu veidošanos. Rūpīgi jāapsver savstarpējās piesārņošanas iespējamība, ja iekārtu izmanto vairāk kā vienam nolūkam.

Arī dažas kodīgas vielas, piemēram, fluors, hlors un citi halogēni vai halogēnīdi un oksidētāji, piemēram, ozons vai reducētāji, piemēram, sērūdeņradis var iedarboties uz materiāliem, ar kuriem tie nonāk saskarē, pat neizmantojot šķidrumu. Šajos gadījumos korozīvā materiāla parciālais spiediens ir jāsamazina līdz minimumam ar atbilstošu atšķaidīšanas gāzi. Konkrētai gāzei paredzamajās koncentrācijās jāizvēlas saderīgi vakuuma sistēmu konstrukciju materiāli un sūkņa modelis. Augsta temperatūra var paātrināt korozijas veidošanos, tāpēc to ir jāsamazina līdz minimumam, ja to pieļauj citi procesa apsvērumi. Jāpārskata apkopes veikšanas intervāli, lai novērstu korozīvo vielu ietekmi uz sistēmu.

3.5 Kopsavilkums - ķīmiskie apdraudējumu avoti

- Jāapsver visas iespējamās ķīmiskās reakcijas sistēmā.

- Jāparedz pielāides neraksturīgām ķīmiskām reakcijām, tostarp tādām, kas var notikt bojājumu apstākļos.
- Novērtējot ar procesa materiāliem saistītos potenciālos apdraudējumus, skatīt materiālu drošības datu lapas.
- Lai samazinātu reakcijas ar oksidētājiem un uzliesmojošiem materiāliem, jāizmanto atšķaidīšanas tehnikas.
- ES, kur ir noteikta ugunsnedrošā zona, jāizmanto piemērots sertificēts ATEX vakuuma sūkņis. Visos citos reģionos Edwards iesaka izmantot sūkņus, ja iespējams, kas sertificēti atbilstoši ATEX direktīvai.
- Sūknējot oksidētājus, izmantot sūknim pareizo smērvielas veidu un apsvērt sausā sūkņa izmantošanas iespēju.
- Neizmantot smagos metālus procesa sistēmas gāzes ceļā, ka procesā tiek izmantots vai ražots nātrija azīds.
- Ievērot īpašu uzmanību, veicot darbības ar toksiskiem, korozīviem vai nestabiliem materiāliem.

4. Fiziskie apdraudējumu avoti

4.1 Pārspiediena bīstamības veidi

Sistēmas komponentu pārspiediens var veidoties kādu no šeit norādītajiem apstākļiem rezultātā:

- augsta spiediena gāzes ievadīšana sistēmā;
- sistēmas veikta gāzes saspiešana;
- pēkšņa gaistošas gāzes temperatūras paaugstināšanās sistēmā;
- fāzu maiņa, kas izraisa cietā produkta nogulsnešanos;
- reakcija vakuuma sistēmā;
- bloķēta izplūde.

Var būt citi cēloņi.

4.2 Pārspiediens sūkņa izplūdē

Visizplatītākais pārspiediena izplūdes cēlonis ir izplūdes sistēmas nosprostošanās vai ierobežošana. Tas var izraisīt sūkņa vai citu sistēmas komponentu bojājumus.

Vakuuma sūkņi ir kompresori, kas īpaši konstruēti darbībai ar augstiem izejas-pret-ieeju saspiešanas rādītājiem.

Papildus potenciālajam pārspiedienam, ko izraisa sūkņa darbība, arī saspiestās gāzes (piemēram, izpūšanas vai atšķaidīšanas gāzes) ievadīšana var izraisīt sistēmā pārspiedienu, ja ir nosprostota vai ierobežota izplūdes sistēma.

Ja sūknis ir aprīkots ar liesmdzēses ierīcēm vai citām ierīcēm, piemēram, filtriem vai kondensatoriem izplūdes pusē, ir svarīgi, lai izplūdes pretspiediens nepārsniegtu maksimālo līmeni, kāds norādīts vakuuma sistēmas instrukciju rokasgrāmatā. Jāparedz piemērota apkopes programma, lai nodrošinātu, ka procesa radītās nogulsnes neaizsprostotu izplūdes sistēmu un liesmdzēses ierīci. Ja tas nav praktiski iespējams, nosprostošana atklāšanai jāizmanto spiediena sensors, kas novietots starp sūkni un liesmdzēses ierīci. Līdzīgi apsvērumi ir jāņem vērā otrai izplūdes iekārtai, piemēram, filtriem un kondensatoriem.

Sublimācija vai fāzu maiņa var izraisīt cietu nogulšņu nosprostošanos procesa cauruļvadu sistēmās un pārspiediena veidošanās risku.

Maksimālās un ieteicamās pastāvīgā pretspiediena vērtības visām izplūdes gāzu sastāvdaļām un vakuuma sūknim skatīt instrukciju rokasgrāmatās, kas piegādātas kopā ar vakuuma sūknēšanas sistēmu. Konstruēt izplūdes sistēmu atbilstoši noteiktajiem ierobežojumiem.

Informāciju par ierobežojumiem nepārtrauktas darbības laikā skatīt sūkņa instrukciju rokasgrāmatā.

4.3 Aizsardzība pret izplūdes pārspiedienu

Mēs vispārēji iesakām darbināt sūkņus, ar cauruļvadiem pievienojot izplūdi izplūdes sistēmai ar brīvu izplūdi. Taču izplūdes sistēmā var būt tādi komponenti, kas var izraisīt sistēmas ierobežošanu vai nosprostošanu. Tādā gadījumā jāparedz piemērotas aizsardzības pret pārspiedienu nodrošināšanai. Šādas metodes ir, piemēram,:

Komponents	Aizsardzības metode
Vārsts izplūdes cauruļvadā	Saslēgt vārstu tā, lai sūkņa darbības laikā tas vienmēr būtu atvērts.
	Iekļaut spiediena samazināšanas apvadu.
Izplūdes skalotnis	Iekļaut spiediena samazināšanas apvadu.
	Iekļaut spiediena uzraudzības ierīci un saslēgt to ar sūkni tā, lai sūknis tiktu izslēgts, ja izplūdes spiediens ir pārāk augsts.
Liesmdzēses ierīce	Izplūdes spiediena mērījumi.
	Diferenciālspiediena mērījumi.
Eļļas miglas filtrs	Iekļaut spiediena pazemināšanas ierīci.

Kopsavilkumā, ja spiediens izplūdes sistēmā tuvojas maksimālajam pieļaujamajam spiediena līmenim, veiciet šīs darbības.

- Samazināt spiedienu, izmantojot ierīci gāzes ceļā paralēli ierobežojumam vai nosprostojumam.
- Samazināt spiediena avotu. Apturēt sūkni vai atslēgt saspiestās gāzes piegādi.

4.4 Ieplūdes pārspiediens

4.4.1 Saspiestās gāzes piegāde un pretspiediens

Ļoti bieži tiek noteikti pārāk zemi cauruļvada, ar ko sūknis pievieno vakuuma sistēmai, spiediena rādītāji, jo tiek uzskatīts, ka uz cauruļvadu neiedarbosies spiediens, kas pārsniedz atmosfēras spiedienu. Praksē tā notiek tikai normālos projektētajos ekspluatācijas apstākļos. Jānosaka tādi nepieciešamie spiediena rādītāji, lai nodrošinātu pielaidi augstākam spiedienam, ko izraisa neraksturīgi vai bojājuma apstākļi.

Visizplatītākais pārspiediena sūkņa ieplūdes cauruļvados cēlonis ir saspiestās gāzes ievadīšana (piemēram, izpūšanas gāzes), kad sūknis nedarbojas. Ja komponenti ieplūdes cauruļvadā nav piemēroti spiedienam, kas izveidojies šādas darbības rezultātā, cauruļvads saplīsīs un no sistēmas izplūdis procesa gāzes. Gāzu no sistēmas ieplūšana atpakaļ procesa kamerā, kas nevar izturēt izveidojušos spiedienu, arī izraisīs plīsumus un noplūdes.

Pirms saspiestās gāzes pievienošanas sistēmai caur spiediena regulatoriem, kas konstruēti tā, lai nodrošinātu nelielu spiediena plūsmu, nodrošiniet, lai spiediens atbilstu sistēmas nominālajam spiediena līmenim.

Visbiežāk izmantotie spiediena regulatori bez izplūdes izraisīs spiediena sistēmā paaugstināšanos līdz gāzes piegādes spiediena uz regulatoru līmenim, ja tos darbina apstākļos, kad sistēmā nav procesa gāzes plūsmas. Tāpēc jāizmanto viena no divām iespējamajām metodēm, lai novērstu pārspiediena veidošanos:

- samazināt spiedienu, ļaut gāzēm plūst pa sūkņa apvadu un brīvi izplūst atvērtajā izplūdē
- uzraudzīt sistēmas spiedienu un izmantot pozitīvu noslēdzošo vārstu, lai atslēgtu saspiestās gāzes pieplūdi, kad sasniegts iepriekš noteiktais spiediena līmenis.

4.4.2 Nepareiza sūkņa ekspluatācija

Kamēr ir konstatēts, ka sūknis darbojas pareizi, jāievēro īpaši piesardzības pasākumi.

Ja sūkņa rotācijas virziens ir nepareizs un sūknis tiek darbināts ar nosprostotu vai ierobežotu ieplūdi, sūknis izraisīs spiediena paaugstināšanos ieplūdes cauruļvadā. Tā rezultātā var notikt sūkņa, cauruļvadu un / vai komponentu cauruļvadā saplīšana.

Pirms pārlicināšanās, ka sūkņa rotācijas virziens ir pareizs, vienmēr izmantot bloķēšanas plāksni, kas ar skrūvēm vaļīgi pieskrūvēta pie sūkņa ieejas.

Darbība ar augstu rotācijas ātrumu var izraisīt sūkņa salūšanu. Nedarbināt sūkni ar rotācijas ātrumu, kas pārsniedz maksimālo projektēto rotācijas ātrumu; tas ir īpaši svarīgi, ja ātruma kontrolei tiek izmantoti frekvences invertori.

4.5 Kopsavilkums - fiziskie apdraudējumu avoti

- Veicot drošības aprēķinus, pārlicināties, ka ir ievēroti droši darba spiedieni visiem sistēmas komponentiem.
- Nodrošināt, lai nevarētu tikt nosprostota vai ierobežota sūkņa izplūde.
- Ja pastāv risks, ka varētu veidoties augsts spiediens, kas pārsniedz nominālo spiedienu jebkurā vakuuma sistēmas daļā, mēs iesakām iekļaut sistēmā atbilstoši uzstādītu spiediena mērīšanas iekārtu. Tai ir jābūt savienotai ar vadības sistēmu, lai netiktu apdraudēta sistēmas darbība, ja tiek konstatēts pārspiediena stāvoklis.
- Novērtējot vakuuma sistēmas un sūkņa komponentu nepieciešamo nominālo spiediena līmeni, jāņem vērā neraksturīgie un bojājumu apstākļi.
- Jānodrošina, lai tiktu paredzēta pareizā spiediena samazināšanas ierīce un lai tai būtu piemēroti nominālie rādītāji paredzamajam pielietojuma veidam.
- Nodrošināt, lai tiktu pienācīgi regulēta un uzraudzīta saspiestās gāzes padeve. Atslēgt padevi, ja sūknis izslēgts.
- Ja iespējams, nodrošināt, lai piegādes spiediens regulētai izpūšanai ir zemāks par sistēmas maksimāli pieļaujamo statisko spiedienu. Alternatīva iespēja ir nodrošināt, lai komponenta bojājuma gadījumā būtu iespējama spiediena pazemināšana.

5. Apdraudējumu analīze

Apdraudējumu analīzes tehnikas nodrošina strukturētu pieeju sistēmā pastāvošo apdraudējumu normālos darbības apstākļos un apdraudējumu, kas var rasties bojājumu un darbības traucējumu apstākļos, noteikšanai un analīzei. Šādas tehnikas sniedz iespēju pārvaldīt apdraudējumus; šo tehniku izmantošana daudzos apstākļos var būt obligāta saskaņā ar likumu / juridiskām prasībām. Lai apdraudējumu analīzes būtu efektīvas, tās jāuzsāk sistēmas sākotnējās projektēšanas laikā un jāturpina sistēmas montāžas un darbības, kā arī apkopes un ekspluatācijas pārtraukšanas laikā.

Šajā publikācijā nav iekļauts precīzs apdraudējumu analīzes tehniku izklāsts. Taču citviet ir aprakstītas daudzas apdraudējumu analīzes tehnikas. Ķīmiskajā rūpniecībā bieži izmantotas tehnikas piemērs ir HAZOP (Apdraudējumu un darba operāciju izpēte). Tā ir apdraudējumu analīzes procedūra, kas saistīta ar potenciālo apdraudējumu un darbības problēmu noteikšanu.

Parasti apdraudējumu analīzes rezultātā tiek iegūta informācija par apdraudējumu veidiem, šo apdraudējumu nopietnību un apdraudējumu īstenošanās iespējamību. Šo informāciju var izmantot, lai lemtu par labāko veidu, kā mazināt apdraudējumu ietekmi līdz pieņemamam līmenim. Atkarībā no apdraudējuma izcelsmes var būt iespējams vai nu novērst apdraudējumu, vai arī mazināt tā nopietnību un / vai mazināt apdraudējuma īstenošanās iespējamību. Taču ļoti reti apdraudējumus var novērst pilnībā.

Pirms lēmuma par labāko rīcības veidu attiecībā uz konkrēto apdraudējumu pieņemšanas jāapsver visi iespējamie apdraudējuma iedarbības veidi. Piemēram, neliela izmēra karsta virsma var radīt nelielu apdraudējumu operatoram, jo tā var izraisīt apdegumu. Lai mazinātu apdeguma gūšanas iespējamību, sistēmas projektētājs var paredzēt redzamu brīdinājumu par karsto virsmu vai aizsardzības norobežojumu ap karsto virsmu. Taču sistēmas apdraudējumu analīze var liecināt, ka tā pati karstā virsma var kalpot kā viegli uzliesmojošu izgarojumu aizdegšanās avots; tas var izraisīt sprādzienu vai toksisko izgarojumu mākoņa izplūdi. Lai samazinātu aizdegšanās iespējamību, sistēmas projektētājam jāsamazina karstās virsmas temperatūra vai jānodrošina, lai viegli uzliesmojošie izgarojumi nenonāktu kontaktā ar karsto virsmu.

6. Sistēmas projektēšana

6.1 Sistēmas nominālā spiediena rādītāji

Atbilstoši sadaļā *Fiziskie apdraudējumu avoti* šajā lpp.: 15 vakuuma sistēmas cauruļvadi un komponenti ir projektēti darbam ar iekšējo spiedienu, kas zemāks par atmosfēras spiedienu. Taču praksē bieži ir nepieciešams projektēt sistēmu tā, lai tā strādātu arī ar iekšējo spiedienu, kas pārsniedz atmosfēras spiediena līmeni. Nepieciešamības gadījumā jāparedz spiediena pazemināšanas ierīces, lai novērstu pārspiediena veidošanos.

Svarīgi nodrošināt, lai ieplūdes cauruļvadi un citi ieplūdes komponenti nekļūtu par sistēmas vājāko daļu, pieņemot, ka tie vienmēr darbosies ar vakuumu pat bojājuma apstākļos.

Izplūdes sistēma vienmēr jāprojektē tā, lai tā nodrošinātu pēc iespējas mazāku pretspiedienu uz sūkni darbības laikā. Taču ir svarīgi projektēt izplūdes sistēmu ar atbilstošu nominālo spiedienu; tai ir jābūt piemērotai darbināšanai ar tādu spiedienu, kādu var radīt sūknis un, piemēram, arī saspiestās gāzes ieplūde sistēmā, un tai jābūt piemērotai darbināšanai ar attiecīgajām pārspiediena aizsardzības metodēm.

Veicot apdraudējumu analīzi, vienmēr jāapsver šādi aspekti:

- Ārējās ieplūdes, piemēram, inertās gāzes pievienojumi
- Izolācija un ierobežojumi no visiem avotiem, īpaši izplūdes līnijās
- Reakcijas procesa gāzu starpā.

Jāatzīmē, ka gadījumā, ja traukā ir gaistošs šķidrums un to var izolēt no pārējās sistēmas, ārējā karstuma iedarbība (piemēram, no uguns) var izraisīt iekšējā spiediena paaugstināšanos virs trauka projektētā spiediena līmeņa. Tādā gadījumā jāapsver nepieciešamība paredzēt piemērotu spiediena pazemināšanas iespēju.

6.2 Stāvošu tilpumu novēršana

Stāvošs tilpums ir jebkurš tilpums vakuuma sistēmā vai komponentā, kuru neskar gāzes caurplūde. Tādi piemēri ir mehāniskā spiediena paaugstināšanas sūkņa pārnesumu kārba vai instrumenta mērīšanas galva. Arī cauruļvadu sistēma ar vārstiem un slāpekļa gāzes ieplūdes cauruļvadi var kļūt par stāvošiem tilpumiem, ja tie ir izolēti.

Stāvošie tilpumi ir jāņem vērā, apsverot procesa gāzu, kas parasti kopā sastopamas procesa kamerā, maisījumu un reakciju. Cauruļvados, sūkņos un procesa kamerās gāzes parasti tiek transportētas lineāri, kad vienai gāzei vai gāzu maisījumam seko cits. Šādā lineārā plūsmā transportētas gāzes parasti nesajaucas, izņemot, ja izplūdes gāzes plūsmas ātrumu samazina ierobežojums vai nosprostojums. Stāvošs tilpums netiek izpūsts, un spiedienam sistēmā paaugstinoties un pazeminoties, to var piepildīt procesa gāzes. Tādējādi gāzes, kas plūst caur sistēmu vienā procesa posmā, var palikt sistēmā. Pēc tam tās var reaģēt ar gāzēm no procesa sekojošā posma. Pamatīga kameras evakuācija pirms nesavietojamu gāzu ievadīšanas nodrošinās aizsardzību pret sprādziena risku.

Īpaša piesardzība jāievēro, apsverot savstarpējā piesārņojuma veidošanos stāvošos tilpumos, kad gāzes ir potenciāli sprādziendrošas. Jo īpaši jāapsver apdraudējums, ko rada gāzu uzkrāšanās filtros, separatoros un citos komponentos. Atbilstošos gadījumos izmantot augstas integritātes pastāvīgas inertas izpūšanas gāzes plūsmas, lai mazinātu savstarpējā piesārņojuma iespējamību.

Sūknējot viegli uzliesmojošas vielas, stāvošie tilpumi var piepildīties ar potenciāli sprādziennedrošām gāzēm vai tvaikiem, kurus nav iespējams iztīrīt ar normālu izpūšanu. Ja ir iespējama arī aizdegšanās avota klātbūtne, jāapsver īpaša stāvošā tilpuma izpūšana.

6.3 Izplūdes ekstrakcijas sistēmas

Svarīgi izmantot procesam atbilstošu izplūdes ekstrakcijas sistēmu. Kā norādīts iepriekš, ekstrakcijas sistēmai jābūt projektētai tā, lai tā izturētu darbības spiedienu, un gadījumos, kad tiek ražoti vai apstrādāti bīstami materiāli, tai ir jābūt pietiekami noblīvetai pret noplūdi, lai nenotiktu procesa materiālu un to blakusproduktu noplūde un bīstama to izplūšana atmosfērā.

6.4 Potenciāli sprādziennedrošu gāzu vai izgarojumu maisījumu avoti

Kad viegli uzliesmojoša gāze vai izgarojumi sajaucas ar pareizu skābekļa vai cita piemērota oksidētāja koncentrāciju, veidojas potenciāli sprādziennedrošs maisījums, kas aizdegšanās avota klātbūtnē var uzliesmot.

Ja tas ir pašsaprotami situācijās, kad sūknētais materiāls ir potenciāli sprādziennedrošs, Edwards pieredze liecina, ka pastāv noteikti apstākļi, kad potenciāli sprādziennedrošs maisījums veidojas, iedarbojoties apstākļiem, kas netika apsvērti sistēmas procesa projektēšanas laikā. Jānosaka visi iespējamie potenciālie procesa apstākļi un sprādziennedrošu maisījumu avoti, kādus var veidot attiecīgā iekārta. Šeit uzskaitīti daži piemēri no Edwards pieredzes, taču šis saraksts nekādā gadījumā nav izsmeļošs:

- **Savstarpējais piesārņojums** — ja vakuuma sūkni izmanto vairāku uzdevumu veikšanai, pastāv iespēja, ka tā izmantošana ar katru materiālu atsevišķi ir droša, taču ja sūknis netiek izpūsts pirms cita materiāla lietošanas, var rasties savstarpējais piesārņojums ar neparedzamām reakcijām.
- **Tīrīšanas šķīdumi** — izmantošanas veidu var uzskatīt par labdabīgu, taču viegli uzliesmojošu tīrīšanas šķīdumu lietošana un tai sekojoša žāvēšana, izmantojot izpūšanu caur vakuuma sūkni, var radīt potenciāli sprādziennedrošu maisījumu.
- **Neparedzētie materiāli** — vietējā vakuuma iekārtas darbībā, kur vakuuma sūkni izmanto, lai veidotu dalītu vakuuma sistēmu, pastāv iespēja, ka tiek sūknēti viegli uzliesmojoši materiāli, kas nav apsvērti sistēmas projektēšanas laikā. Šo materiālu pašai aizdegšanās temperatūras var būt zemākas nekā vakuuma sūkņa iekšējā vai nominālā temperatūra.
- **Izšķīdušie izgarojumi** — tie var attīstīties procesa darbības laikā, un procesiem rūpīgi jāizvēlas pareiza iekšējā temperatūra. Parasti ķīmisko procesu tirgū uz to attiecas ATEX prasības.
- **Gaisa ieplūde** — nejauša gaisa vai oksidētāja ieplūde sistēmā var izmainīt viegli uzliesmojošās gāzes vai izgarojumu koncentrāciju un veidot potenciāli sprādziennedrošu maisījumu.
- **Viegli uzliesmojošā blīvēšanas šķīdumi** — ja viegli uzliesmojošu šķīdumu izmanto šķīduma gredzena vakuuma sūknī kā blīvēšanas šķīdumu, gaisa ieplūde rada potenciāli sprādziennedrošu iekšējo maisījumu.
- **Kondensēti procesa materiāli** — ja pastāv uzliesmojoša materiāla kondensēšanās iespējamība sistēmā, ir jāņem vērā, ka šie materiāli var reaģēt ar oksidētājiem no citiem procesa posmiem vai ar gaisu (piemēram, izplūdē). To var novērst, izvēloties piemērotu temperatūru vai daļēji uzraugot spiedienu.

6.5 Izvairšanās no ugunsnedrošās zonas

Viegli uzliesmojošs materiāls radīs potenciāli sprādziennedrošu atmosfēru tikai tādā gadījumā, ja tas sajauksies ar gaisu vai skābekli vai citu oksidētāju un tā koncentrācija būs robežās no Zemākā uzliesmošanas līmeņa - LFL (vai zemākā sprādzienbīstamības līmeņa LEL) līdz Augstākajam uzliesmošanas līmenim UFL (vai augstākajam sprādzienbīstamības līmenim UEL). Lūdzam ņemt vērā, ka lielākā daļa literatūrā pieejamo datu attiecas uz uzliesmošanas līmeņiem gaisā, t.i., kur skābeklis ir oksidētājs. Visa turpmāk sniegtā informācija ir balstīta uz šo pieņēmumu.

Lai atmosfēra būtu potenciāli sprādziennedroša, nepieciešams arī, lai skābekļa koncentrācija būtu augstāka par Minimālo skābekļa koncentrāciju - MOC (vai Ierobežojošo skābekļa koncentrāciju — LOC). Lielākajai daļai viegli uzliesmojošo gāzu MOC (LOC) ir 5 % tilpuma vai augstāka. (Piezīme! Tas neattiecas uz piroforiskiem materiāliem, attiecībā uz kuriem nepieciešama īpaša piesardzība.)

Ir vairākas stratēģijas, kuras var izmantot, lai izvairītos no darbībām ar gāzu maisījumiem ugunsnedrošā zonā. Stratēģijas izvēle atkarīga no riska novērtēšanas (apdraudējuma analīzes) rezultāta attiecībā uz procesu un sūknēšanas sistēmu.

- **Viegli uzliesmojošas gāzes koncentrācija jāuztur zemāka par LFL (LEL).**

Lai samazinātu risku, ka viegli uzliesmojoša gāze varētu nejauši ieplūst ugunsnedrošajā zonā, jāizmanto drošības robeža, lai nodrošinātu darbību zem LFL (LEL) robežas.

Lietotājam pēc riska novērtējuma jānosaka drošības robeža. Dažas iestādes iestādes uzturēt koncentrāciju, kas ir zemāka par 25 % LFL (LEL).

Visbiežāk izmantotā metode, lai koncentrāciju uzturētu zemāku par LFL (LEL), ir atšķaidīšana ar inerti izpūšanas gāzi (piemēram, slāpekli), kas tiek ievadīta sūkņa ieplūdē un/vai izpūšanas pievienojumos. Nepieciešamā atšķaidīšanas sistēmas un visu trauksmes signālu vai savstarpējās saslēgšanas ierīču integritāte būs atkarīga no bīstamās zonas, kāda veidojas gadījumā, ja atšķaidīšanas sistēma nedarbojas.

 **Piezīme.**

Lai nepieļautu nosmakšanas risku, jāveic atbilstoši piesardzības pasākumi.

- **Uzturēt skābekļa koncentrāciju zemāku par MOC (LOC).**

Šim darbības režīmam nepieciešama skābekļa koncentrācijas sūknētajās gāzēs uzraudzība, lai nodrošinātu drošu darbību. Lai samazinātu risku, ka viegli uzliesmojoša gāze varētu nejauši ieplūst ugunsnedrošajā zonā, jāizmanto drošības robeža, lai nodrošinātu darbību ar līmeni, kas zemāks par MOC (LOC). Esošie nozares standarti norāda, ka tad, kad tiek veikta pastāvīga skābekļa koncentrācijas uzraudzība, skābekļa koncentrāciju ir jāuztur mazāk kā 2 % tilpuma zem zemākā publicētā attiecīgo gāzu maisījuma MOC (LOC). Ja vien MOC (LOC) ir mazāka par 5%, skābekļa koncentrācija jāuztur ne vairāk kā 60% no MOC (LOC). Ja uzraudzību veic tikai kā regulētās skābekļa līmeņa pārbaudes, nedrīkst pieļaut, ka skābekļa līmenis pārsniedz 60% no zemākās publicētās MOC (LOC), ja vien MOC (LOC) ir mazāka par 5%, un šajā gadījumā skābekļa koncentrācija ir jāuztur zem 40% no MOC (LOC).

Vēlamā metode skābekļa līmeņa uzturēšanai zem zemākās publicētās MOC (LOC) ir strikta gaisa un skābekļa ieplūšanas no procesa un sūkņa sistēmas izslēgšana, kas apvienota ar sūknētās gāzes atšķaidīšanu ar inerti izpūšanas gāzi (piemēram, slāpekli), kas tiek ievadīta sūkņa ieplūdē un/vai izpūšanas pievienojumos atbilstoši nepieciešamībai. Nepieciešamā gaisa/ skābekļa izslēgšanas pasākumu un trauksmes signālu un savstarpējās saslēgšanas ierīču integritāte būs atkarīga no

bīstamās zonas, kāda veidotos, ka izslēgšanas un atšķaidīšanas sistēmas nedarbotos.

Piesardzības pasākumi, kādi parasti nepieciešami, lai strikti izslēgtu gaisa piekļūšanu procesam un sūkņa sistēmai, ir norādīti šīs sadaļas beigās.

- **Uzturēt viegli uzliesmojošās gāzes koncentrāciju zemāku par UFL (UEL).**

Ja viegli uzliesmojošo gāzu koncentrācija ir augsta, piemērotāka var būt darbība līmenī, kas pārsniedz UFL (UEL). Lai samazinātu nejaušas iekļūšanas ugunsnedrošajā zonā risku, jāizmanto drošības robeža darbībai virs UFL (UEL) līmeņa. Ieteicams atlikušā skābekļa līmeni gāzē uzturēt zemāku par 60 % no absolūtā skābekļa līmeņa, kāds parasti ir viegli uzliesmojošās gāzes UFL (UEL) koncentrācijā.

Ieteicamā metode skābekļa līmeņa uzturēšanai zem šīs drošības robežas ir strikta gaisa un skābekļa izslēgšana no procesa un sūkņa sistēmas. Var būt nepieciešama arī sūknētās gāzes atšķaidīšana ar inerti izpūšanas gāzi (piemēram, slāpekli) vai ar papildu viegli uzliesmojošu gāzi („polstera” gāzi), ko ievada sūkņa ieplūdē un/vai izpūšanas pievienojumos. Gaisa izslēgšanas pasākumu, izpūšanas gāzes ievadīšanas sistēmas un trauksmes signālu un savstarpējās saslēgšanas ierīču nepieciešamā integritāte būs atkarīga no bīstamās zonas, kāda veidoties, ka izslēgšanas un atšķaidīšanas sistēmas nedarbotos.

- **Viegli uzliesmojošās gāzes koncentrācijas uzturēšana zem minimālā sprādziena spiediena**

Katram viegli uzliesmojošam materiālam ir minimālais spiediens, zem kura nevar notikt sprādziens. Ja spiedienu pie vakuuma sūkņa ieplūdes var uzturēt drošā līmenī, kas ir zem šī spiediena vērtības, tad aizdegšanās, kas sākas vakuuma sūknī, nevarēs izplatīties uz ieplūdi. Neskatoties uz to, vakuuma sūkņa izplūdei ir jāveic piesardzības pasākumi.

Piesardzības pasākumi, kādi parasti nepieciešami, lai strikti izslēgtu gaisa ieplūdi procesā un sūkņa sistēmā, ir šādi:

- **Gaisa noplūžu novēršana**

Izmantojiet noplūdes detektoru vai veiciet spiediena paaugstināšanās testu. Pirms viegli uzliesmojošu materiālu ielaišanas procesa kamerā ir iespējams veikt testu, lai noteiktu, ka gaisa (skābekļa) noplūde vakuuma sistēmā ir pieļaujamās robežās;

Lai veiktu spiediena paaugstināšanās testu, tukšā procesa kamera tiek iztukšota, lai spiediens tajā būtu nedaudz zemāks par normālu darbības spiedienu, un pēc tam tiek izolēta no vakuuma sūkņa. Tad noteiktu laika periodu tiek reģistrēts spiediens procesa kamerā. Tā kā ir zināms gan procesa kameras tilpums, gan maksimālā pieļaujamā gaisa noplūde, ir iespējams aprēķināt maksimālo pieļaujamo spiediena paaugstināšanos, kāda var noteikt fiksētā laikposmā. Ja šis maksimālais spiediena līmenis tiek pārsniegts, jāveic attiecīgi pasākumi, lai noblīvētu gaisa (skābekļa) noplūdes uz procesa kameru avotu; pēc tam tests ir jāatkārto ar pozitīvu rezultātu, pirms drīkst ievadīt procesa kamerā viegli uzliesmojošus materiālus.

Atsevišķos gadījumos var izmantot vakuuma sistēmas spēju nodrošināt labu bāzes spiedienu, lai iegūtu norādes par sistēmas noblīvētību pret noplūdēm.

- **Visa gaisa iztukšošana no sistēmas pirms procesa sākuma**

Pirms viegli uzliesmojošās gāzes ielaišanas procesā sistēma ir pilnībā jāiztukšo un/vai jāizpūš ar inerti gāzi (piemēram, slāpekli), lai iztukšotu no sistēmas visu gaisu. Procesā beigās šo procedūru atkārto, lai attīrītu no jebkurām uzliesmojošām gāzēm, un tikai tad veic sistēmas galīgo atvēršanu gaisa ieplūdei.

- **Attiecībā uz sausajiem vakuuma sūkņiem**

Jānodrošina, lai ass vai inertu blīvēšanas gāzi nekādos apstākļos nevarētu piegādāt ar gaisu vai piesārņot ar gaisu, un jānodrošina, lai visi gaisa balasta porti vai nu būtu noblīvēti, vai arī tos izmantotu tikai inertas gāzes ievadīšanai.

- **Attiecībā uz slapjajiem vakuuma sūkņiem (piemēram, eļļas blīvējuma rotējoša virzuļa vai rotējošas lāpstiņas sūkņiem)**

Jāuztur ass blīvju stāvoklis, kas pilnībā atbilst izgatavotāja norādījumiem, un jāizmanto sūknētas un spiediena eļļas eļļošanas sistēma ar trauksmes indikāciju eļļas spiediena zuduma gadījumā. Šajā sistēmā var būt ārējais aprīkojums, lai nodrošinātu filtrētas eļļošanas eļļas zem spiediena piegādi, ar spiediena slēdzi. Jānodrošina, lai visi gāzes balasta porti būtu vai nu noblīvēti, vai tiktu izmantoti tikai inertas gāzes ievadīšanai. Jānodrošina atbilstoša inertas gāzes izpūšana eļļas kamerai, lai iztukšotu visu gaisu pirms procesa uzsākšanas.

- **Attiecībā uz Roots vakuuma paaugstinošajiem sūkņiem**

Uzturiet primārās piedziņas ass blīves stāvokli pilnībā atbilstīgi ražotāja instrukcijām un nodrošiniet, ka visus izpūšanas vai vēdināšanas portu savienojumus var izmantot tikai inertas gāzes ievadīšanai.

- **Reversa plūsma**

Nodrošiniet, lai sistēmas darbības procedūras un aprīkojums nodrošinātu sistēmas aizsardzību pret reversu gaisa plūsmu, kas var rasties sūkņa bojājuma rezultātā. Jānodrošina, ka visas sūknētās viegli uzliesmojošās gāzes tiek droši izvadītas pie galīgās izplūdes no sūkņa. Jānodrošina, ka izplūdes cauruļvadā nevar veidoties viegli uzliesmojoši gāzu maisījumi, izmantojot piemērotu inertu cauruļvada izpūšanu pirms tāda procesa uzsākšanas, kurā iesaistīta viegli uzliesmojoša gāze, un pēc šāda procesa beigām, un izmantojot atbilstošu izpūšanu ar inertu gāzi darbības laikā, lai novērstu turbulentu sajaukšanos ar gaisu tālāk izplūdes ķēdē.

6.6 Sistēmas integritātes līmeņi

Iepriekšējās sadaļās ir aprakstītas aizsardzības metodes, izmantojot atšķaidīšanu ar inertu gāzi. Metode ir balstīta uz principu, kad tiek sajaukta inerta gāze (parasti slāpekļis) ar procesa gāzēm, lai tās atšķaidītu līdz tādām līmenim, kad sprādziens vai reakcija nevar notikt. Ja gāzu atšķaidīšanu izmanto kā primāro drošības sistēmu aizsardzības pret potenciālo sprādzienu nodrošināšanai, var būt nepieciešama augstas integritātes signalizācijas sistēma un savstarpējās saslēgšanās sistēma, lai nepieļautu sistēmas darbību situācijā, kad gāzu atšķaidīšanas sistēma nedarbojas. Gāzes atšķaidīšanas sistēmas integritāte jāapsver riska novērtēšanas (apdraudējuma analīzes) laikā, un tā būs atkarīga no iekšējā zonējuma (t.i. riska līmeņa), kas rodas gadījumā, ja atšķaidīšanas sistēma nedarbojas. Attiecībā uz šo riska novērtēšanu vienmēr jāizmanto pieejamā paraugprakse, lai noteiktu nepieciešamo sistēmas integritātes līmeni.

Piemēram, ja atšķaidīšanas sistēmu izmantotu, lai nodrošinātu, ka viegli uzliesmojošās gāzes koncentrācija tiek saglabāta ārpus ugunsnedrošas zonas, un atšķaidīšanas nedarbošanās rezultātā sūknētā gāze pastāvīgi vai ilgstoši atrastos ugunsnedrošajā zonā (parasti ATEX 0. zonas nosacījums > 50 %), tādā gadījumā atšķaidīšanas sistēmai jāatbilst vienam no šiem kritērijiem:

- tai ir jābūt drošai pret darbības pārtraukumiem pat retu darbības traucējumu gadījumā;
- tai jābūt drošai divu izveidojušos bojājumu gadījumā;
- tajā jābūt divām neatkarīgām atšķaidīšanas vielas piegādes sistēmām.

Alternatīva iespēja ir, ja atšķaidīšanas sistēmas nedarbošanās rezultātā sūknētā gāze atrastos ugunsnedrošajā zonā reizēm (parasti ATEX 1. zonas nosacījums), tādā gadījumā atšķaidīšanas sistēmai jāatbilst vienam no šiem kritērijiem:

- tai ir jābūt drošai pret darbības pārtraukumiem pat paredzamu darbības traucējumu gadījumā;
- tai jābūt drošai viena izveidojušās bojājuma gadījumā.

Ja atšķaidīšanas sistēmas nedarbošanās rezultātā sūknētā gāze drīzāk nevarētu nonākt ugunsnedrošajā zonā, bet varētu tur būt tikai īsu laika sprīdi (parasti ATEX 2. zonas nosacījums), tādā gadījumā atšķaidīšanas sistēmai jābūt drošai normālos darbības apstākļos.

6.7 Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmu izmantošana

Ja sūknēto gāzu vai izgarojumu maisījums ir viegli uzliesmojošs (skatiet sadaļu Izvairīšanās no uzliesmojošas zonas/Izvairīšanās no ugunsnedrošās zonas *Izvairīšanās no ugunsnedrošās zonas* šajā lpp.: 21) pastāvīgi vai ilgstoši (t.i., 0 zonas nosacījums), un ja pastāv risks, ka aizdegšanās avots (skatiet sadaļu *Aizdegšanās avoti* šajā lpp.: 24) var kļūt aktīvs parastas darbības vai paredzamu darbības traucējumu laikā, primārajam sūknim jāuzstāda atbilstošas liesmdzēses ierīces (skatiet sadaļu *Liesmdzēses ierīces* šajā lpp.: 30). Speciālo liesmdzēses ierīču lietošanai ar Edwards vakuuma sūkņiem ir saņemta trešās personas izdota sertifikācija, kas apliecina to spēju novērst liesmu izplatīšanos procesa cauruļvadu sistēmā vai apkārtējā atmosfērā.

Ja viegli uzliesmojošs maisījums ir ilgāku laiku, ieplūdes liesmdzēses ierīcei jābūt uzstādītam apstiprinātam un pārbaudītam temperatūras raidītājam nepārtrauktas degšanas konstatēšanai. Ja tiek konstatēta nepārtraukta degšana, sūknis ir jāizslēdz un jāizolē no degvielas avota. Lūdzam sazināties ar Edwards, lai saņemtu ieteikumus par apstiprinātajām liesmdzēses ierīcēm un temperatūras raidītājiem. Lai aizsargātu liesmdzēses ierīci un sūkni, termiski izolējot retu sūkņa darbības traucējumu (0. zona) gadījumā, sūkņa izplūdē jāuzstāda izplūdes temperatūras raidītājs. Atslēgšanas punkti ir atkarīgi no sūknēšanas sistēmas. Izlasiet informāciju attiecīgajā ATEX sūkņa rokasgrāmatā.

Ja abi temperatūras raidītāji ieplūdē vai izplūdē sasniedz savu maksimālo robežu, kas norāda par bojājuma stāvokli, jāveic atbilstoši piesardzības pasākumi. Šie pasākumi atkarīgi no konkrētā pielietojuma veida, taču var ietvert:

- **Degvielas padeves apturēšana** — vārsta, kas atrodas vakuuma sūkņa ieplūdē, noslēgšana apturēs degvielas padevi uz vakuuma sūkni.
- **Aizdegšanās avota apturēšana** — vakuuma sūkņa apturēšana, atslēdzot motora elektroapgādi.
- **Degšanas zonas padarīšana par inerti** — ātra inertas gāzes pievadīšana degšanas zonai (parasti, taču ne vienmēr tā atrodas sūkņa izplūdes kolektorā) likvidēs liesmas. Jāņem vērā, ka liesmas var rasties atkārtoti, ja netiek likvidēts aizdegšanās avots.

6.8 Aizdegšanās avoti

Ja vakuumsūkņus izmanto, lai sūknētu viegli uzliesmojošus maisījumus, jāapsver visi iespējamie aizdegšanās avoti. Šeit ir norādītas dažas jomas, kas būtu jāapsver un kuras var izmantot kā daļu no kopējās pārskates. Atkarībā no procesa, izvairīties vai no dažiem vai visiem aizdegšanās avotiem. Ja nav iespējams izvairīties no aizdegšanās avota sakarā ar procesa stāvokli vai sistēmas prasībām, nepieciešams atbilstoši konstruēt sistēmu.

Piezīme.

Dažus Edwards sūkņus ir sertificējusi trešā puse, lai apstiprinātu, ka (pareizas pielietošanas gadījumā) tie aizturēs iekšējo sprādzienu.

- **Mehāniskais kontakts** — rotējošu un stacionāru daļu mehāniskais kontakts vakuuma sūknī un sistēmā var radīt aizdegšanās avotu. Visi Edwards vakuumsūkņi ir konstruēti un būvēti tā, lai saglabātu pareizus atveru attālumus sūknī jebkuras darbības apstākļos. Lai izvairītos no šī aizdegšanās avota, ir svarīgi nepieļaut materiālu nogulsnēšanos uz iekšējām virsmām vai arī sūknis ir jātīra. Gultņus ir jāuztur labā stāvoklī, tiem jābūt pietiekami ieeļļotiem ar atbilstošu izpūšanas gāzi, lai novērstu saskari ar procesa gāzēm. Lai garantētu drošu un uzticamu darbību, jāievēro gultņiem ieteiktie apkopes norādījumi.
- **Sīko daļiņu iekļūšana** — visos sūknēšanas mehānismos var iekļūt sīkās daļiņas, kas veidojušās procesa ietvaros vai radušās sistēmas ražošanas procesā. Ja šīs daļiņas nonāk starp kustīgu virsmu un statisku virsmu, var rasties siltums. Daļiņu iekļūšanu vakuumsūknī var novērst piemērots ieplūdes aizsargs (tīkliņš) vai filtrs, kas samazina daļiņu izmērus un apjomu līdz drošam daļiņu daudzumam. Ieplūdes aizsargam jāveic atbilstošs apkopes režīms.
- **Putekļu uzkrāšanās** — smalku saspiestu putekļu uzkrāšanās iekšējās atverēs var veidoties, ja sūknēšanas mehānisms uzstādīts procesā, kura laikā rodas putekļi. Pat ja tiek izmantoti putekļu filtri, tomēr pastāv iespēja, ka sūknī var iekļūt sīkās putekļu daļiņas. Notiekot nelielām izmēru izmaiņām siltuma iedarbībā saspiešie putekļi var nonākt kontaktā ar kustīgu virsmu un radīt siltumu.
- **Kompresijas karstums (pašai aizdegšanās)** — kompresijas iekšējais karstums visos kompresoros ir jāapsver saistībā ar sūknēto gāzu un izgarojumu pašai aizdegšanās temperatūru. Jānodrošina, lai sūknim būtu temperatūras klasifikācija, kas ir vismaz tāda pati vai augstāka nekā sūknējamām gāzēm.
- **Karstas virsmas** — ja viegli uzliesmojošas gāzes vai izgarojumi var nonākt saskarē ar karstu virsmu, tie var aizdegties, ja tiek pārsniegta pašai aizdegšanās temperatūra. Piezīme. Edwards sūkņus un liesm dzēses ierīces nedrīkst termiski izolēt, ja tas var izraisīt iekšējo (un ārējo) virsmu temperatūras paaugstināšanos, izraisot pašai aizdegšanos.
- **Ārēja siltuma iedarbība** — ārēja siltuma iedarbība var veidoties, piemēram, ja vakuuma iekārtas tiešā tuvumā ir izcēlies ugunsgrēks. Šādos apstākļos var rasties iekšējais spiediens, kas pārsniedz sistēmas maksimālo statisko spiedienu, un temperatūras, kas pārsniedz pašai aizdegšanās temperatūru. Tas ir jāņem vērā sistēmas apdraudējumu analīzes ietvaros.
- **Karsta procesa gāzes plūsma** — augstas ieejošās temperatūras var izraisīt iekšējo (vai ārējo) virsmu temperatūras paaugstināšanos, pārsniedzot sūknējamo materiālu pašai aizdegšanās temperatūru. Augsta ieplūdes gāzes temperatūra var izraisīt rotora/statora iekļūšanos. Lūdzam skatīt informāciju vakuumsūkņa instrukciju rokasgrāmatā par maksimāli pieļaujamo iekšējās gāzes temperatūru. Sazināties ar Edwards, lai saņemtu turpmākus ieteikumus.
- **Katalītiska reakcija** — noteiktu materiālu klātbūtne var izraisīt katalītisku aizdegšanos. Attiecībā uz visiem materiāliem vakuuma sistēmā jāapsver to iespējamā šāda veida iedarbība uz sūknējamām gāzēm vai izgarojumiem.
- **Piroforiska reakcija** — piroforisko materiālu aizdegšanās karstums, ko izraisa gaisa vai oksidētāju iekļūšana, var būt aizdegšanās avots jebkuram klātesošam uzliesmojošajam materiālam. Skatiet sadaļu *Piroforiskie materiāli* šajā lpp.: 11.
- **Statiskā elektrība** — var izveidoties noteikti apstākļi, kad uz izolētiem komponentiem pirms izlādes zemē dzirksteles formā var uzkrāties statiskā

elektrība. Statiskās elektrības uzkrāšanās iespēja jāapsver sistēmas konstruēšanas ietvaros.

- **Zibens** — ja iekārta atrodas ārpus telpām, aizdegšanās enerģiju var piegādāt zibens. Šāda notikuma iespējamība jāapsver sistēmas konstruēšanas ietvaros.

6.9 Kopsavilkums — sistēmas projekts

Lai konstruētu drošas vakuumsūkņu sistēmas, jāņem vērā turpmāk norādītie apsvērumi. Atkarībā no pielietojuma veida, var būt arī citi apsvērumi.

- Ja tiek pārsūknēti bīstami materiāli, sistēma jāprojektē tā, lai bojājuma gadījumā tā būtu droša.
- Ja tiek sūknēti oksidētāji, sūkņos jāizmanto PFPE (perfluorpoliētera) smērvielas.
- Ja tiek izmantota inerta gāze, lai samazinātu uzliesmojošas gāzes koncentrāciju zem zemā sprādzienbīstamības vai uzliesmošanas līmeņa vai zem minimālās vai zemākās oksidētāja koncentrācijas, jānodrošina inertas gāzes piegādes integritāte.
- Koncentrāciju var arī uzturēt virs augšējā sprādziena vai uzliesmošanas līmeņa, taču ir jāievieš atbilstoši drošības pasākumi, lai nodrošinātu, ka koncentrācija nepārsniedz uzliesmošanas diapazona robežas.
- Lai nodrošinātu nepieciešamo hermētiskumu, pirms izmantošanas sistēmām un iekārtām jāveic noplūdes testi.
- Piroforiskas gāzes jāatšķaida līdz drošam līmenim ar inertu gāzi, pirms gāzes izplūst atmosfērā vai tiek sajauktas ar oksidētāja gāzēm.
- Sistēmas gāzes ceļā nekur nedrīkst pieļaut saskari starp nātrija azīdu un smagajiem metāliem.
- Nedrīkst pieļaut situāciju, kad sistēmas maksimālais spiediens pārsniedz jebkuras atsevišķas sistēmas daļas atsevišķo drošas darbības līmeni.
- Vienmēr jāņem vērā drošības informācija, kas sniegta par vielām, kuras plāno pārsūknēt.
- Apsvērt iespēju izmantot sausos sūkņus eļļas blīvējuma rotējošās lāpstīņas vai virzuļa sūkņu vietā, ja pastāv apdraudējums, kas saistīts ar eļļu izsūknētājā tilpumā.
- Ja Edwards vakuumsūkņus izmanto, lai sūknētu potenciāli viegli uzliesmojošus maisījumus, jāapsver visi iespējamie aizdegšanās avoti un potenciālā sprādziena iespējamās sekas.

7. Pareiza iekārtu izvēle

Lai nodrošinātu, ka izvēlaties pareizās iekārtas attiecīgajam pielietojuma veidam, jāapsver robežas, kurās sistēmai būs jādarbojas. Edwards iekārtu tehniskie dati ir norādīti produktu katalogā, mārketinga publikācijās un iekārtu instrukciju rokasgrāmatās. Lielākajā daļā gadījumu papildu informācija ir pieejama pēc pieprasījuma; lai saņemtu turpmākus ieteikumus, lūdzu, sazinieties ar Edwards.

Ja tiek projektēta vakuuma sistēma, jāņem vērā būtiskie mehāniskā sūkņa parametri, piemēram:

- maksimālais statiskais spiediens (ieplūdes un izplūdes);
- maksimālais darbības ieplūdes spiediens;
- maksimālais darbības izplūdes spiediens;
- ieplūdes un izplūdes komponentu vadīspēja;
- citu uz sūkņa montēto komponentu spiediena specifikācijas;
- spiediena uzraudzība gadījumā, kad izplūdes līnija nosprostota.

Attiecībā uz eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas un virzuļa sūkņiem jāņem vērā arī, piemēram:

- gāzes balasta plūsmas ātrums;
- eļļas kārbas izpūšanas plūsmas ātrums;
- gāzes un izgarojumi, kas paliek eļļas kārbā;
- gāzes un izgarojumi, kas tiek absorbēti eļļā eļļas kārbā.

Maksimālais statiskais spiediens nosaka maksimālo spiedienu, kādu var izturēt sūkņa ieplūdes vai izplūdes pievienojums, kad sūknis nedarbojas. Spiediens ir atkarīgs no sūkņa mehāniskās konstrukcijas.

Eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas un virzuļa sūkņi ir konstruēti, lai darbotos ar ieplūdes spiedienu, kas vienāds vai zemāks par atmosfēras spiedienu, un kaut gan maksimālais statiskais spiediens var būt augstāks par atmosfēras spiedienu, sūkņa maksimālais ieplūdes spiediens tā darbības laikā nedrīkst pārsniegt atmosfēras spiedienu. Daži ražotāji nosaka ierobežojumu savu sūkņu pastāvīgajam ieplūdes spiedienam līdz spiediena līmenim, kas zemāks par atmosfēras spiedienu. Maksimālais ieplūdes spiediens, sūknim darbojoties, tiek dēvēts par maksimālo darba spiedienu.

Maksimālā darba spiediena ierobežošanas iemesls ne vienmēr ir saistīts ar sūkņa mehānisko izturību. Maksimālais spiediens parasti ir proporcionāls sūkņa jaudai pie augsta ieplūdes spiediena un ir saistīts ar potenciālo sūkņa vai elektromotora mehānisko komponentu pārkaršanas risku.

Līdzīgu iemeslu dēļ mēs iesakām uzturēt vakuuma sūkņu izplūdes spiedienu pēc iespējas zemāku (parasti vienādu ar vai zemāku par 0,15 bar, $1,15 \times 10^5$ Pa, pastāvīgai darbībai. Sūkņi konstruēti darbībai ar nenosprostotām izplūdēm, un izplūdes spiediens 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) parasti nav pietiekami augsts, lai izvadītu izplūdes gāzes caur izplūdes ekstrakcijas sistēmu un attīrīšanas iekārtām.

7.1 Eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas un virzuļa sūkņi

Edwards eļļas blīvējuma rotējošo sūkņu klāstā ir E1M, E2M, ES un RV sērijas rotējošās lāpstiņas sūkņi un „Stokes Microvac” eļļas blīvējuma virzuļa sūkņu klāsts. Vispārīgi visi vakuuma sūkņi ir konstruēti darbībai ar ieplūdes spiedienu, kas zemāks par atmosfēras spiedienu, un sūkņa izplūdi brīvi savienotu ar atmosfēru.

Eļļas blīvējuma rotējošās lāpstiņas un virzuļa sūkņi ir pozitīvas nobīdes kompresori un var ģenerēt ļoti augstu izplūdes spiedienu, ja izplūde ir nosprostota vai ierobežota. Tādos gadījumos spiediens var pārsniegt sūkņa eļļas kārbas droša statiskā spiediena līmeni, un daudzos gadījumos uz leju ķēdē izvietoto sistēmas komponentu (piemēram, polipropilēna skalotņi vai vakuuma „O” gredzena savienojumi) droša statiskā spiediena līmeni. Tāpēc Edwards stingri iesaka uzstādīt sūkņa izplūdes sistēmā augstas integritātes izplūdes spiediena sensoru.

Lai panāktu drošu atšķaidīšanas līmeni, gāzes balastu var papildināt ar eļļas kārbas izpūšanu (ja šī iespēja ir pieejama), kas pievienots eļļas kārbai uz sūkņa. Gāzes balasta un eļļas kārbas izpūšanas plūsmas ātruma paaugstināšana palielina eļļas daudzumu, kas tiek pārņests uz izplūdes sistēmu.

Visiem Edwards eļļas blīvējuma sūkņiem ir ievērojami eļļas kārbas tilpumi, kas var aizturēt viegli uzliesmojošus un sprādziendrošus gāzu maisījumus. Eļļas kārbā eļļa var efektīvi absorbēt vai kondensēt izgarojumus un gāzveida blakus produktus. Izgarojumi un gāzes, kas tiek aizturēti eļļā, var būt piroforiski vai toksiski. Tāpēc jābūt paredzētām īpašām procedūrām darbībām ar tiem, lai nodrošinātu drošību apkopes veikšanas laikā.

7.2 Edwards sausie sūkņi

Maksimālo darba spiedienu ierobežo tie paši faktori, kas ierobežo eļļas blīvējuma sūkņus (tas ir potenciālais sūkņa vai elektromotora mehānisko komponentu pārkaršanas risks).

Edwards sausie sūkņi ir pozitīvas nobīdes kompresori un var ģenerēt augstu izplūdes spiedienu. Kad sūkņi ir uzstādīti sistēmā, kur procesa rezultātā var veidoties cieti blakusprodukti, (un līdz ar to pastāv izplūdes līnijas nosprostošanas iespēja), Edwards stingri iesaka pievienot augstas izturības izplūdes spiediena motoru. Skatīt sūkņa instrukciju rokasgrāmatu, kur norādīti darba spiedieni, kādiem jāiestata slēdži.

Edwards sausajiem sūkņiem ir augsta gāzes balasta caurlaides spēja. Atšķaidīšanas gāzi, piemēram, slāpekli var pievienot sūkņa mehānismā, lai optimizētu reakcijas slāpēšanu. Lūdzam skatīt informāciju vakuumsūkņa instrukciju rokasgrāmatā par gāzes izpūšanas plūsmas ātrumu.

7.3 Cauruļvadu konstrukcija

7.3.1 Plēšas

Plēšas ir īsi komponenti ar plānām sienām ar dziļām rievām. Tās izmanto, lai mazinātu vibrāciju pārnesanu no sūkņa uz vakuuma sistēmu.

Plēšas vienmēr jāuzstāda taisnā līnijā ar stingri nostiprinātiem abiem galiem. Ja plēšas ir pareizi uzstādītas, tās var izturēt nelielu pozitīvu iekšējo spiedienu (skatīt instrukciju rokasgrāmatu, kas piegādāta kopā ar plēšām). Neizmantojot plēšas sausām sūkņa izplūdēm; izmantot pītas elastīgas caurules (skatiet sadaļu Elastīgas caurules [Elastīgās caurules](#) *Elastīgās caurules* šajā lpp.: 28).

Ņemt vērā plēšu bojājumus noguruma dēļ, kad tās izmanto biežos ciklos.

7.3.2 Elastīgās caurules

Elastīgajām caurulēm ir biezāka sieniņu daļa un seklākas rievās nekā plēšām. Elastīgās caurules ir ērtas, lai savienotu vakuuma sistēmas komponentus un palīdzētu kompensētu neatbilstības vai nelielas kustības cietajos vakuuma cauruļvados. Elastīgas caurules var izlocīt ar relatīvi asiem locījumiem, un tās paliks savā vietā.

Elastīgās caurules paredzētas uzstādīšanai statiskās sistēmās. Tās nav piemērotas atkārtotai salocīšanai, kas var izraisīt noguruma radītus bojājumus.

Izmantojot elastīgu cauruli, jāizmanto pēc iespējas īsāks garums un jāizvairās no nevajadzīgiem līkumiem. Attiecībā uz pielietojumiem, kur var rasties liels izplūdes spiediens, izmantot pītas elastīgās caurules.

Pītas elastīgas caurules ir plēšas ar ārējo aizsargslāni, ko veido pīts nerūsējošā tērauda tinums. Montējot pītu elastīgu cauruli, jāievēro minimālais locījuma rādiuss, kas norādīts instrukciju rokasgrāmatā, kas piegādāta kopā ar pīto elastīgo cauruli.

7.3.3 Enkurvietas

Pareizi jānoenkuro cauruļvadi un cauruļvadu komponenti. Piemēram, ja nepareizi tiek noenkurotas plēšas, tās nemazinās vibrācijas, ko rada sūknis, un tas var izraisīt cauruļvadu nogurumu.

7.3.4 Blīvējumi

Ja pastāv iespēja, ka jebkurā vakuuma sistēmas daļā veidosies pozitīvs spiediens (pat bojājuma apstākļos), jāizmanto piemērotas blīves un materiāli, kas var izturēt paredzamo vakuumu un pozitīvo spiedienu.

7.4 Fiziska pārspiediena aizsardzība

Kā minēts iepriekš, pārspiedienu var izraisīt ierobežojums vai nosprostošanās sistēmā vai kādā no tās komponentiem. Pārspiediens var rasties saspīestās gāzes plūsmas no sūkņa vai no ārējiem saspīestās gāzes piegādes avotiem (piemēram, atšķaidīšanas sistēmai) rezultātā. Sistēmas pārspiediena aizsardzībai ir divas galvenās metodes: spiediena pazemināšana un pārspiediena trauksmes signāls/atslēgšana. Tās ir aprakstītas turpmākajās rindkopās.

7.4.1 Spiediena pazemināšana

Jāizmanto sprāgstošie diski vai spiediena pazemināšanas vārsti, lai samazinātu pārspiediena stāvokli. Ierīces darba spiedienam ir jābūt zemākam par sistēmas projektēto nominālo spiedienu. Šīs ierīces jāpievieno ar piemērotiem cauruļvadiem zonai, kas ir droša, lai varētu izlaist procesa gāzes, un kurai nav izplūdes ierobežojumu. Ja procesā veidojas cieti blakusprodukti, spiediena pazemināšanas ierīces ir regulāri jāpārbauda, lai nodrošinātu, ka tās nav nosprostotas vai ierobežotas. Šādu aizsardzības ierīču konstrukcijā ir jāņem vērā spiediena pulsāciju ietekme uz diska kalpošanas laiku, ko ietekmē nogurums, un uz vārsta kalpošanas laiku.

7.4.2 Pārspiediena trauksmes signāls/ atslēgšana

Edwards bieži izmanto šo aizsardzības metodi. Šāda veida aizsardzību rekomendē jebkurai sistēmai, taču tā var nebūt piemērota sistēmām, kurās rodas cieti blakusprodukti.

7.4.3 Spiediena regulatori

Ir divi galvenie spiediena regulatoru veidi: ar ventilāciju un bez ventilācijas.

Regulatori ar ventilāciju izvada gāzi atmosfērā vai uz atsevišķu ventilācijas līniju, lai uzturētu nemainīgu izvades spiedienu apstākļos bez plūsmas. Regulatorus ar ventilāciju parasti izmanto, ja īpaši svarīga ir cauruļvadu izturība.

Regulatori bez ventilācijas var tikai uzturēt nemainīgu izplūdes spiedienu apstākļos bez plūsmas.

Apstākļos bez plūsmas dažu regulatoru izplūdes spiediens var paaugstināties līdz piegādes spiediena līmenim. Paaugstināšanās līmenis ir atkarīgs no regulatora raksturlielumiem un tilpuma, kam pievienota tā izplūde. Paaugstināšanās var notikt laikā no dažām minūtēm līdz vairākiem mēnešiem.

Spiediena regulatori nav konstruēti, lai tie darbotos kā atslēgšanas vārsti, un tie jāizmanto apvienojumā ar piemērotu izolatora ierīci (piemēram, solenoīda vārstu), kad nepieciešama izolācija. Alternatīva iespēja ir īstenot pasākumus, lai droši novadītu pārmērīgo spiedienu.

7.4.4 Liesmdzēses ierīces

Liesmdzēses ierīces nav sprādziena novēršanas ierīces. Tās ir konstruētas, lai novērstu liesmas izplatīšanos cauruļvadā vai kanālā (skatiet sadaļu Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmu lietošana Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmas [Liesmdzēses ierīču aizsardzības sistēmu izmantošana](#) šajā lpp.: 24). Liesmdzēses ierīcēm ir liela virsmas platība un nelielas vadīšanas atstarpes pret liesmu, un līdz ar to tās nodrošina liesmas slāpēšanu. Liesmdzēses ierīces vispārīgi piemērotas izmantošanai tikai tādās sistēmās, ko izmanto tīrām gāzēm vai izgarojumiem.

Gāzu maisījumu eksplozīvā enerģija paaugstinās, paaugstinoties spiedienam. Lielākā daļa liesmdzēses ierīču ir konstruētas, lai tās aizsargātu zonas, kur iekšējais spiediens nepārsniedz atmosfēras spiedienu. Jānodrošina, lai darba spiediens izplūdes ekstrakcijas sistēmā uz liesmdzēses ierīci nepārsniegtu maksimālo atmosfēras spiedienu. Tomēr gadījumā, ja liesmdzēses ierīces, kuras sertificētas lietošanai kopā ar Edwards ķīmikāliju sausajiem vakuumsūkņiem, lūdzam skatīt ATEX instrukciju rokasgrāmatu par maksimālo pieļaujamo spiedienu. Tāpat jāapsver vakuumsūkņa maksimāli pieļaujamā pretspiediena vērtība.

Liesmdzēses ierīces darbojas, aizvācot sadegšanas karstumu no liesmas priekšējās daļas, tāpēc tām ir maksimāli droša darba temperatūra. Nedrīkst pieļaut šīs temperatūras pārsniegšanu, ko izraisa caur tām plūstošās gāzes ceļa uzkaršana, izolācija vai temperatūra.

Liesmdzēses ierīces spēja slāpēt liesmu atkarīga no liesmas priekšējās daļas ātruma, kas savukārt atkarīgs no tās attāluma no aizdegšanās avota. Izmantojot ar Edwards ķīmikāliju vakuuma sūkņiem, tām jābūt cieši pievienotām pie ieplūdes un izplūdes. Līkumu un T-veida veidgabalu izmantošana starp sūkni un liesmdzēses ierīci ir pieļaujama dažiem sūkņiem noteiktos apstākļos. Sazināties ar Edwards, lai saņemtu ieteikumus.

7.5 Izpūšanas sistēmas

Iekārtu var aprīkot ar inertām gāzes izpūšanas sistēmām, lai noņemtu procesa gāzi, kas palikusi sistēmā pēc procesa cikla beigām.

Pareiza izpūšanas izmantošana var nodrošināt, ka tiek aizvākti korozīvie produkti, neļaujot tiem bojāt sūkni un, kas vēl svarīgāk, bojāt aizsardzības sistēmas, piemēram, liesmdzēses ierīces. Turklāt, procesa gāzu izvadīšana nodrošina, ka starp materiāliem, ko izmanto dažādos procesa ciklos, nevar notikt nevēlamas un potenciāli bīstamas ķīmiskās reakcijas.

7.6 Kopsavilkums - pareiza iekārtu izvēle

- Jāizvēlas pareizs iekārtas veids paredzētajam pielietojumam.
- Jāiekļauj visas piemērotās drošības ierīces, kas nepieciešamas drošības nodrošināšanai bojājuma gadījumā.
- Likvidēt stāvošus tilpumus.

- Nodrošināt piemērotu sistēmas kontroli un regulēšanu.
- Atbilstošos gadījumos iekļaut spiediena pazemināšanas ierīces.
- Atbilstošās situācijās izmantot liesmdzēses ierīces.
- Pirms izmantošanas sistēmām un iekārtām jāveic noplūdes testi.

8. Darba procedūras un apmācība

Iekārtu darba drošībai nepieciešama pienācīga apmācība, skaidras instrukcijas un regulāra apkope. Ir svarīgi, lai visi darbinieki, kas izmanto vakuuma iekārtas, būtu pienācīgi apmācīti, kvalificēti un atbilstošos gadījumos viņu darbs tiktu uzraudzīts.

Ja nav pārliecības par kādu darbības vai drošības aspektu, kas saistīts ar Edwards iekārtām, sazinieties ar mums, lai saņemtu konsultāciju.

9. Kopsavilkums

- Jāveic bīstamības novērtējums, lai identificētu un, ja iespējams, novērstu vai arī mazinātu visus apdraudējumus. Tas ir jāveic vakuumsistēmas konstruēšanas, būvniecības, nodošanu ekspluatācijā, darbības, apkopes un ekspluatācijas pārtraukšanas laikā.
- Jāapsver visas iespējamās ķīmiskās reakcijas sistēmā. Jāparedz pielaižu neraksturīgām ķīmiskām reakcijām, tostarp tādām, kas var notikt bojājumu apstākļos.
- Skatīt materiālu datu lapas/ materiālu drošības datu lapas, novērtējot potenciālos apdraudējumus, kas saistīti ar procesa materiāliem, piemēram, pašizdegšanos.
- Lai samazinātu reakcijas ar oksidētājiem un uzliesmojošiem materiāliem, jāizmanto atšķaidīšanas tehnikas.
- Sūknējot oksidētājus un piroforiskus materiālus, jāizmanto atbilstoša sūkņa smērviena.
- Neizmantojot sūknēšanas sistēmas gāzes ceļā smagos metālus, ja procesā tiek ražots vai izmantots nātrijs azīds.
- Veicot drošības aprēķinus, pārliedzināties, ka ir ievēroti droši darba spiedieni visiem sistēmas komponentiem. Pārliedzināties, ka ir ņemti vērā arī neraksturīgi un bojājumu apstākļi.
- Jānodrošina, ka tiek iekļautas atbilstoša veida spiediena pazemināšanas ierīces, un ka tās ir ar atbilstošiem nominālajiem rādītājiem paredzētajam pielietojuma veidam.
- Jānodrošina, ka nevar notikt izplūdes nosprostošanās.
- Jānodrošina, ka atšķaidīšanas gāzes tiek atbilstoši regulētas un uzraudzītas.
- Ja tiek pārsūknēti bīstami materiāli, sistēma jāprojektē tā, lai bojājuma gadījumā tā būtu droša.
- Sūknējot oksidētājus, jāizmanto PFPE (perfluorpoliēteris) eļļa un smērvienas.
- Lai atšķaidītu uzliesmojošo un piroforisko gāzi līdz drošam līmenim, izmantojiet inerti gāzi vai nodrošiniet, lai tā tiktu uzturēta virs augšējās uzliesmojošās / sprādzienbīstamās robežvērtības, apsverot piemērotus drošības faktorus visu procesa apstākļu laikā, kā arī bojājumus.
- Sistēmas maksimālais spiediens nedrīkst pārsniegt nevienas atsevišķas sistēmas daļas maksimālo nominālo spiedienu.
- Apsvērt sauso sūkņu lietošanu eļļas blīvējuma sūkņu vietā gadījumos, kad pastāv apdraudējumi, kas saistīti ar eļļas atrašanos iztukšotajā tilpumā.
- Likvidēt stāvošus tilpumus.
- Nodrošināt piemērotu sistēmas kontroli un regulēšanu.
- Atbilstošās situācijās izmantot liesmdzēses ierīces.
- Pirms izmantošanas sistēmām un iekārtām jāveic noplūdes testi.

