



Podtlakové čerpadlá a podtlakové systémy

BEZPEČNOSTNÁ PRÍRUČKA

Oznámenie o autorských právach

© Edwards Limited 2019. Všetky práva vyhradené.

Obsah

1. Úvod	5
1.1 Rozsah tejto publikácie	5
1.2 Riziká výbuchu	5
2. Kedy vzniká riziko/nebezpečenstvo	7
2.1 Projektové riešenie	7
2.2 Výroba a inštalácia	7
2.3 Prevádzka/uviedenie do prevádzky	8
2.4 Údržba/vyradenie z prevádzky	8
3. Chemické zdroje nebezpečenstva	9
3.1 Chemické reakcie a výbuchy	9
3.1.1 Homogénne reakcie	9
3.1.2 Heterogénne reakcie	9
3.2 Problémy s abnormálnymi reakciami	9
3.3 Nebezpečenstvo výbuchu	10
3.3.1 oxidanty	10
3.3.2 horľavé/výbušné materiály	11
3.3.3 pyroforické materiály	11
3.3.4 Azid sodný	12
3.4 Toxické alebo korozívne materiály	12
3.4.1 Toxické materiály	12
3.4.2 Korozívne materiály	13
3.5 Zhrnutie – chemické zdroje nebezpečenstva	14
4. Fyzikálne zdroje nebezpečenstva	15
4.1 Druhy nebezpečenstva spôsobeného nadmerným tlakom	15
4.2 Nadmerný tlak v odvodnom systéme čerpadla	15
4.3 Ochrana proti nadmernému tlaku na odvode	15
4.4 Nadmerný tlak na prívode	16
4.4.1 Prívod stlačeného plynu a spätný tlak	16
4.4.2 Nesprávne používanie čerpadla	17
4.5 Zhrnutie – fyzikálne zdroje nebezpečenstva	17
5. Analýza rizík	18
6. Projektovanie systému	19
6.1 Hodnoty menovitého tlaku v systéme	19
6.2 Eliminácia nehybných objemov	19
6.3 Odsávacie systémy na odvode	20
6.4 Zdroje potenciálne výbušných zmesí plynov alebo pár	20

6.5	Vyhýbanie sa zónam so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia.	21
6.6	Úrovne integrity systému.	23
6.7	Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov.	24
6.8	Zdroje vznietenia.	25
6.9	Zhrnutie – projektovanie systému.	26
7.	Správny výber zariadení.	28
7.1	Lopatkové a rotačné piestové čerpadlá s olejovým uzáverom.	29
7.2	Suché čerpadlá od spoločnosti Edwards.	29
7.3	Projektovanie potrubných rozvodov.	29
7.3.1	Vlnovce.	29
7.3.2	Ohybné potrubia.	30
7.3.3	Kotviace body.	30
7.3.4	Tesnenia.	30
7.4	Fyzikálna ochrana proti nadmernému tlaku.	30
7.4.1	Zníženie tlaku.	30
7.4.2	Poplašná signalizácia/vypnutie pri nadmernom tlaku.	31
7.4.3	Tlakové regulátory.	31
7.4.4	Lapače plameňa.	31
7.5	Preplachovacie systémy.	32
7.6	Zhrnutie – správny výber zariadení.	32
8.	Prevádzkové postupy a zaškolenie personálu.	33
9.	Zhrnutie.	34

Spoločnosť Edwards Ltd odmieta akúkoľvek zodpovednosť a neposkytuje žiadne záruky v súvislosti s presnosťou, praktickým použitím, bezpečnosťou a výsledkami súvisiacimi s informáciami, postupmi alebo ich aplikáciou uvedenými v tomto dokumente. Spoločnosť Edwards Ltd nenesie žiadnu zodpovednosť za akékoľvek straty alebo škody v dôsledku spoliehania sa na informácie uvedené v tejto prezentácii alebo informácie, ktoré sú akýmkoľvek spôsobom nepresné alebo neúplné. Uvedomte si, že informácie uvedené v tomto dokumente majú len odporúčací charakter, a kým spoločnosť Edwards môže poskytnúť usmernenia v súvislosti s potenciálnymi nebezpečenstvami pri používaní nebezpečných materiálov, je zodpovednosťou koncového používateľa vykonať vyhodnotenie rizík/analýzu nebezpečenstiev s ohľadom na špecifickú prevádzku a prostredie v súlade so štátnymi predpismi.

1. Úvod

1.1 Rozsah tejto publikácie

Tento dokument obsahuje bezpečnostné informácie súvisiace so špecifikáciou, projektovým riešením, prevádzkou a údržbou podtlakových čerpadiel a podtlakových systémov.

V dokumente sú identifikované niektoré potenciálne nebezpečenstvá, ktoré môžu vzniknúť; okrem toho tento dokument obsahuje pokyny, ktoré je nutné dodržiavať, aby sa minimalizovala pravdepodobnosť vzniku bezpečnostných rizík a tiež pokyny ako vhodne postupovať v prípade výskytu nebezpečenstva.

Tento dokument je určený pre každého, kto špecifikuje, projektuje, inštaluje, prevádzkuje alebo zaisťuje údržbu podtlakových čerpadiel a podtlakových systémov. Odporúčame, aby ste si okrem tohto dokumentu prečítali aj nasledovné dokumenty a informácie:

- návody na použitie dodané spolu so zariadeniami,
- informácie poskytnuté dodávateľmi procesných plynov a chemikálií,
- informácie poskytnuté vaším oddelením pre bezpečnosť.



VAROVANIE:

Pri nedodržaní bezpečnostných pokynov uvedených v tomto návode a príslušnom návode na použitie čerpadla môže byť výsledkom vážne poranenie alebo smrť.

Ak potrebujete ďalšie informácie o tom, či sú výrobky spoločnosti Edwards vhodné na použitie vo vašom technologickom procese, alebo o bezpečnostných aspektoch podtlakových čerpadiel alebo podtlakových systémov, obráťte sa na svojho dodávateľa alebo spoločnosť Edwards.

1.2 Riziká výbuchu

Poznámka:

K dispozícii sú čerpadlá Edwards, ktoré spĺňajú požiadavky európskej smernice ATEX o zariadeniach používaných v potenciálne výbušnom prostredí.

Neočakávané explózie sú pravidelne spôsobované nedodržiavaním bezpečnostných pokynov. Niektoré prípady výbuchov však boli veľmi prudké a spôsobili vážne poranenia osôb, ba dokonca smrť.

K bežným príčinám prudkého roztrhnutia niektorej zo súčastí podtlakového systému patrí vznietenie horľavých materiálov alebo zablokovanie či obmedzenie prietoku v odvode čerpadla. V záujme predchádzania možným nebezpečenstvám a zaistenia bezpečnej prevádzky podtlakových čerpadiel a systémov by ste sa mali riadiť nasledujúcimi pokynmi.

- Pokiaľ váš systém nie je navrhnutý na čerpanie materiálov v koncentráciách, pri ktorých sa môžu v podtlakovom čerpadle vznietiť, musíte zaistiť, aby sa zmesi horľavých látok a oxidačných činidiel udržiavali mimo rozsahu vznietenia. Jedným zo spôsobov, ako toto zabezpečiť, je používať preplachovanie inertným plynom. Pozri [Vyhýbanie sa zónam so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia](#) na strane 21.
- Zabezpečte, aby nemohlo dôjsť k zablokovaniu odvodu, keď je čerpadlo v činnosti. Zablokovanie môžu spôsobiť mechanické komponenty (napr. ventily alebo záslepky) alebo materiály používané v rámci procesu, resp. vedľajšie produkty,

ktoré sa usádzajú v potrubiach, filtroch a ďalších súčiastiach odvodného systému, pokiaľ váš systém nie je vybavený príslušnými ochrannými systémami.

- Na mazanie mechanických súčastí čerpadla, ktoré sú vystavené vysokým koncentráciám kyslíka a iných oxidačných činidiel, používajte iba oleje na báze PFPE (perfluórpolyéteru). Iné typy olejov predávané ako „nehorľavé“ možno použiť iba v prípade, ak maximálna koncentrácia oxidantov nepresiahne 30 % (obj.).
- Zaistite, aby v úmyselne uzatvorenom a odizolovanom podtlakovom systéme nemohol náhodne vzniknúť nadmerný tlak, napríklad v dôsledku poruchy tlakového regulátora alebo ovládacieho systému preplachovania.
- Tam, kde prečerpávaná látka môže prudko reagovať s vodou, sa v chladiacom okruhu odporúča použiť iné chladiace médium ako voda (napr. teplonosné médium). Ak potrebujete radu, obráťte sa na spoločnosť Edwards.

2. Kedy vzniká riziko/nebezpečenstvo

Riziká a nebezpečenstvá môžu vzniknúť v každej fáze životného cyklu systému. Životný cyklus systému pozostáva z týchto fáz:

- Projektové riešenie
- Výroba a inštalácia
- Prevádzka/uviedenie do prevádzky
- Údržba/vyradenie z prevádzky.

Rôzne druhy problémov, ktoré môžu vzniknúť v každej fáze, sú zhrnuté nižšie. V každom prípade si musíte uvedomiť, že riziká a nebezpečenstvá súvisiace s vaším systémom môžete obmedziť na minimum iba vtedy, ak ste sa dôkladne oboznámili so zariadeniami a procesmi/aplikáciami, ktoré tvoria tento systém. V prípade pochybností požiadajte vašich subdodávateľov o ďalšie informácie alebo radu.

2.1 Projektové riešenie

Pri projektovaní systému musíte vybrať správny typ zariadení vhodný na zamýšľaný účel použitia. Musíte brať do úvahy:

- technickú špecifikáciu zariadení,
- materiály použité na výrobu zariadení,
- prevádzkové spotrebné materiály, ktoré sa používajú s príslušnými zariadeniami (napr. mazivá a prevádzkové kvapaliny),
- prevádzkové podmienky a materiály používané v rámci technologického procesu.

Taktiež musíte zvážiť, či je zariadenie vo všeobecnosti vhodné na požadovaný účel použitia a zaistiť, aby sa vždy používalo v súlade so špecifikovanými prevádzkovými podmienkami.

Odporúčame, aby ste vypracovali postupy projektovania – obmedzíte tak možné chyby v projektovom riešení systému. Tieto postupy by mali zahŕňať nezávislú kontrolu projektových výpočtov, ako aj konzultáciu projektových parametrov.

Súčasťou overenia projektového riešenia musí byť v každom prípade aj analýza rizík. Mnohé potenciálne riziká môžete odstrániť tak, že starostlivo zvážite použitie každého zariadenia tvoriaceho systém.

2.2 Výroba a inštalácia

Vo fáze realizácie (tzn. výroby a inštalácie) môžete znížiť pravdepodobnosť výskytu rizika/nebezpečenstva tým, že práce zveríte skúseným a kvalifikovaným pracovníkom, ako aj uplatňovaním postupov na zabezpečenie kvality. Skúsení a kvalifikovaní pracovníci dokážu určiť správne komponenty, ktoré je nutné použiť počas montáže, a tiež dokážu rozpoznať chybné alebo nesprávne vyrobené komponenty a zariadenia. Postupy na zabezpečenie kvality pomáhajú rozpoznať a napraviť zle vykonanú prácu a taktiež umožňujú zaistiť prísne dodržiavanie projektových špecifikácií.

Pri inštalácii nového zariadenia do systému, v rámci ktorého sa môžu prečerpávať, vyrábať alebo v ktorom sa môžu ešte stále nachádzať toxické, korozívne, horľavé, dusivé, pyroforické alebo iné nebezpečné látky, musia pracovníci dbať na zvýšenú opatrnosť a dodržiavať všetky bezpečnostné opatrenia.

Elektrické zariadenia môžu inštalovať iba skúsení a odborne spôsobilí pracovníci v súlade so všetkými príslušnými miestnymi a vnútroštátnymi predpismi a nariadeniami, ktoré sa týkajú elektrických zariadení.

2.3 Prevádzka/uviedenie do prevádzky

Počas prevádzky môžu riziká a nebezpečenstvá vznikáť v dôsledku poruchy zariadenia alebo komponentu. Tieto poruchy môžu byť spôsobené vekom, nesprávnym používaním alebo nedostatočnou údržbou. Pravdepodobnosť takých rizík/nebezpečenstiev môžete znížiť správnym zaškolením personálu do používania (údržby) zariadení. V prípade potreby si prečítajte informácie poskytnuté spoločnosťou Edwards a ďalšími dodávateľmi (napr. návody na použitie). Taktiež využite možnosť školenia poskytovaného jednotlivými výrobcami a ich popredajné služby.

2.4 Údržba/vyradenie z prevádzky

Aby pracovníci nemohli prísť do styku s nebezpečnými látkami, je pri údržbe systému, v rámci ktorého sa môžu prečerpávať alebo vytvárať toxické, korozívne, horľavé, pyroforické, dusivé alebo iné nebezpečné látky, nutné dbať na zvýšenú opatrnosť a dodržiavať všetky bezpečnostné opatrenia.

Zvážte aj zavedenie programu plánovanej údržby a vypracujte postupy na bezpečnú likvidáciu komponentov, ktoré môžu byť kontaminované nebezpečnými látkami. Na zaistenie bezpečnosti a spoľahlivej prevádzky dodržiavajte všetky odporúčania súvisiace s údržbou uvedené v návodoch na použitie pre všetky zariadenia. Systémy ATEX majú zvyčajne ďalšie požiadavky.

3. Chemické zdroje nebezpečenstva

3.1 Chemické reakcie a výbuchy

Starostlivo zvažte všetky možné chemické reakcie, ku ktorým môže dôjsť v akomkoľvek mieste podtlakového systému pri jeho normálnom používaní, nesprávnom použití alebo poruche. Osobitnú pozornosť venujte predovšetkým reakciám, pri ktorých sa tvoria plyny a výpary, ktoré môžu spôsobiť explóziu. Prax ukázala, že došlo k výbuchom, pri ktorých do výbušnej reakcie vstúpili aj materiály, ktoré projektant systému pôvodne nebral do úvahy, a pri ktorých sa zabudlo prihliadnuť na príslušný prejav poruchy daného zariadenia.

3.1.1 Homogénne reakcie

Homogénne reakcie vznikajú v plynnej fáze medzi dvoma alebo viacerými druhmi molekúl plynov. Reakcie, ku ktorým dochádza pri spaľovaní plynov, majú zvyčajne túto formu. Napríklad, podľa našich poznatkov, je reakcia medzi silánom (SiH_4) a kyslíkom (O_2) vždy homogénna. Preto, ak k takým reakciám dochádza vo výrobnom procese, musíte starostlivo regulovať prevádzkový tlak a koncentrácie reaktantov, aby ste predišli vzniku príliš prudkých reakcií.

3.1.2 Heterogénne reakcie

Heterogénne reakcie si vyžadujú prítomnosť pevného povrchu. Znamená to, že niektoré molekuly plynov reagujú len vtedy, keď sú adsorbované na povrch pevnej látky, v plynnej fáze pri nízkom tlaku však nereagujú. Tento typ reakcie je ideálny pre niektoré procesy, pretože minimalizuje účinky reakcií, ktoré vznikajú v procesnej komore, znižuje tvorbu častíc a pravdepodobnosť kontaminácie.

Väčšina heterogénnych reakcií sa pri vyššom tlaku mení na homogénne, zvyčajne pri tlaku, ktorý je podstatne nižší ako atmosférický tlak. To znamená, že spôsob, akým plyny reagujú v procesnej komore, nemusí byť nevyhnutne rovnaký ako spôsob, akým reagujú pri stlačení podtlakovým čerpadlom.

3.2 Problémy s abnormálnymi reakciami

Abnormálne reakcie môžu vzniknúť vtedy, keď sa chemikálie dostanú do kontaktu s plynmi alebo materiálmi, ktorých výskyt projektant systému nepredpokladal. Takéto reakcie vznikajú napríklad tam, kde sa vyskytuje netesnosť, ktorá umožňuje buď atmosférickým plynom vniknúť do systému, alebo toxickým, horľavým, výbušným alebo iným nebezpečným plynom unikať do atmosféry.

Na zabránenie vzniku takýchto reakcií by sa mala tesnosť systému udržiavať na úrovni 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) alebo nižšej. Pri aplikáciách s vysokým podtlakom je tesnosť nutne udržiavať na úrovni 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) alebo nižšej. Taktiež je nutné zaisťiť, aby sedlá všetkých ventilov obsiahnutých v systéme boli tesné.

Plyny, ktoré sa počas cyklu procesu za normálnych okolností nedostávajú do vzájomného kontaktu, sa v čerpacom systéme a odvodných potrubíach môžu zmiešavať.

Je možné, že po vykonaní bežných postupov údržby ostane v procesnej komore vodná para alebo čistiace roztoky. K tomu môže dôjsť po prepláchnutí a čistení procesnej komory. Vodná para môže do systému vniknúť aj z odvodných (výstupných) rúr a práčok odvádzaných plynov (kvapalín).

Tam, kde sa na vypláchnutie usadenín, vznikajúcich počas procesu, z podtlakového systému používajú rozpúšťadlá, je dôležité zaistiť, aby zvolené rozpúšťadlo bolo kompatibilné so všetkými materiálmi, ktoré sa používajú v podtlakovom systéme v rámci procesu.

3.3 Nebezpečenstvo výbuchu

Zdroje nebezpečenstva výbuchu vo všeobecnosti zaraďujeme do týchto kategórií:

- Oxidanty
- Horľavé/výbušné materiály
- pyroforické materiály
- azid sodný.

Pripomínáme, že v krajinách Európskej únie (a niektorých ďalších krajinách) sú dodávatelia materiálov používaných v procesoch povinní zo zákona zverejniť fyzikálne a chemické údaje o materiáloch, ktoré predávajú (zvyčajne vo forme karty bezpečnostných údajov). Údaje o materiáli musia zahŕňať – tam, kde je to uplatniteľné – informácie o hornej a dolnej medzi výbušnosti, fyzikálnych a termodynamických vlastnostiach materiálu a o všetkých zdravotných rizikách súvisiacich s používaním daného materiálu. Riadte sa týmito informáciami.

3.3.1 oxidanty,

V podtlakových systémoch sa často prečerpávajú oxidanty, ako je kyslík (O_2), ozón (O_3), fluór (F_2), fluorid dusitý (NF_3) a fluorid wolfrámový (WF_6). Oxidanty ľahko reagujú s množstvom rôznych druhov látok a materiálov, pričom pri reakcii často vzniká teplo a dochádza k zvýšeniu tlaku plynu. Tieto reakcie predstavujú potenciálne nebezpečenstvo požiaru a vzniku nadmerného tlaku v čerpadle a/alebo odvodnom systéme.

Aby bolo prečerpávanie týchto plynov bezpečné, musíte dodržiavať bezpečnostné pokyny od dodávateľa príslušného plynu, ako aj nasledujúce odporúčania:

- Na mazanie čerpadiel používaných na čerpanie kyslíka v koncentráciách presahujúcich 25 % obj., ktoré prebieha v ochrannej atmosfére z inertného plynu, používajte iba mazivá na báze PFPE (perfluórpolyéteru).
- Mazivá na báze PFPE používajte v čerpadlách, ktoré sa používajú na čerpanie plynov, v ktorých je percentuálny podiel kyslíka za normálnych okolností nižší ako 25 % obj., ale ktorý pri poruche môže presiahnuť 25 % obj. – ak sa prečerpávajú iné oxidanty ako kyslík, poraďte sa s dodávateľom maziva o odporúčaných úrovniach prítomného oxidantu.
- Mazivá na báze PFPE sú odporúčanými mazivami, je však možné použiť aj mazivá na báze uhľovodíkov, pokiaľ sa používa vhodný spôsob preplachovania inertným plynom, ktorý zaistí, že olej nebude vystavený nebezpečnej koncentrácii oxidantu.

Mazivá na báze PFPE za normálnych okolností neoxidujú ani sa nerozkladajú v nádrži na olej alebo prevodovkovej skrini lopatkového alebo rotačného piestového čerpadla s olejovým uzáverom, čo znižuje pravdepodobnosť výbuchu.

Pripomínáme, že pri teplotách vyšších ako 290 °C môže dôjsť za prítomnosti vzduchu a kovov, obsahujúcich železo, k tepelnému rozkladu mazív na báze PFPE. Za prítomnosti titánu, horčíka, hliníka a ich zliatin sa však teplota, pri ktorej dochádza k tepelnému rozkladu, znižuje, a to až na 260 °C.

Pokiaľ nechcete v lopatkových alebo rotačných piestových podtlakových čerpadlách s olejovým uzáverom použiť mazivá na báze PFPE, v takom prípade môžete oxidant zriediť na bezpečnú koncentráciu pomocou inertného plynu, napr. suchým dusíkom. Tento spôsob

možno použiť iba pri nízkych prietokových množstvách plynných oxidantov. Do systému je nutné nainštalovať bezpečnostné prvky, ktoré budú permanentne zaisťovať požadovaný minimálny prietok inertného plynu potrebný na zníženie koncentrácie oxidantu na bezpečné hodnoty, a ktoré tiež zaisťujú, že prietokové množstvo oxidantu neprekročí maximálnu prípustnú hodnotu. Systém je nutné navrhnuť tak, aby sa prietok oxidantu okamžite zastavil v prípade, že tieto podmienky nie sú splnené.

Na čerpanie oxidantov odporúčame používať suché čerpadlá od spoločnosti Edwards (pozrite si časť [Suché čerpadlá od spoločnosti Edwards](#) na strane 29). U suchých čerpadiel sa v pracovnom priestore nepoužívajú žiadne tesniace kvapaliny, čo výrazne znižuje pravdepodobnosť vzniku explózie pri použití suchého čerpadla na čerpanie procesných oxidantov. Spoločnosť Edwards odporúča pri použití maziva na báze uhľohydrátov prepláchnuť ložiská a prevodovku inertným plynom.

3.3.2 horľavé/výbušné materiály,

Mnohé plyny a prachové častice, ako sú vodík (H_2), acetylén (C_2H_2), propán (C_3H_8) a rozptýlený kremíkový prach, sú v určitých koncentráciách v oxidante horľavé a/alebo výbušné, ak je k dispozícii zdroj vznietenia. Zdroj vznietenia môže vzniknúť napríklad z lokalizovaného nárastu tepla. Touto problematikou sa podrobnejšie zaoberá časť [Zdroje vznietenia](#) na strane 25.

Riziku explózie môžete zabrániť zaistením toho, že koncentrácia potenciálne horľavej zmesi sa bude udržiavať mimo zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia. Ďalšie podrobnosti sú uvedené v časti Vyhýbanie sa zóne so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia Vyhýbanie sa zónam s nebezpečenstvom vznietenia [Vyhýbanie sa zónam so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia](#) na strane 21.

Ďalším spôsobom, ako môžete znížiť pravdepodobnosť výbuchu, je odstránenie zdroja vznietenia. Ďalšie podrobnosti sú uvedené v časti [Zdroje vznietenia](#) na strane 25.

Ak nie je možné vylúčiť prítomnosť zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia, je nutné zabezpečiť, aby boli zariadenia navrhnuté tak, že následný výbuch zadržia bez toho, aby došlo k ich roztrhnutiu, alebo aby sa oheň rozšíril do vonkajšej atmosféry. Použitím lapačov plameňov sa podrobnejšie zaoberá časť Používanie ochranných systémov s lapačmi plameňov Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov [Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov](#) na strane 24. Ak je vonkajšia atmosféra vášho podtlakového systému nebezpečná, musíte zaisťovať, aby všetky zariadenia vyhovovali práci v takýchto podmienkach.

V rámci Európskej únie smernica ATEX jasne uvádza požiadavky týkajúce sa konštrukcie zariadení, ktoré sa majú používať v potenciálne výbušnom prostredí.

Tam, kde je možné predísť čerpaniu potenciálne výbušných atmosfér za akýchkoľvek podmienok, možno na čerpanie horľavých pár a plynov použiť všetky typy podtlakových čerpadiel od spoločnosti Edwards.

3.3.3 pyroforické materiály

Pri väčšine podmienok pyroforické plyny, ako napríklad silán (SiH_4) a fosfín (PH_3) alebo pyroforický prach, spontánne reagujú so vzduchom pri atmosférickom tlaku, preto môže dôjsť k ich vznieteniu pri kontakte so vzduchom alebo iným oxidantom, ak je tlak dostatočne vysoký na umožnenie horenia. Taká situácia môže nastať pri vniknutí vzduchu do systému, alebo ak sa plyny odvádzané zo systému dostanú do kontaktu s atmosférou. Teplo uvoľnené pri reakcii oxidantu s pyroforickým plynom môže slúžiť ako zdroj vznietenia pri výbušných materiáloch.

Ak sa odvádzané plyny pochádzajúce z iných procesov odvádzajú prostredníctvom spoločného odsávacieho systému, môže dôjsť k vznieteniu a/alebo výbuchu. Pri čerpaní pyroforických materiálov preto odporúčame používať nezávislé odsávacie systémy.

V procesoch, v ktorých sa používa fosfor, môže dôjsť ku kondenzácii tuhého fosforu v podtlakovom systéme alebo na jeho odvode. Za prítomnosti vzduchu a už pri miernom mechanickom miešaní (napr. pri aktivácii ventilu alebo otáčaní čerpadla spôsobenom rozdielom tlakov) sa môže fosfor samovoľne vznietiť a uvoľňovať toxické plyny. Preto odporúčame používať čerpadlá s preplachovaním inertným plynom a dostatočne zahriate, aby sa minimalizovala kondenzácia fosforu.

Mazivá PFPE taktiež absorbujú procesné plyny, ktoré – ak ide o pyroforické materiály – môžu spôsobiť lokálne vznietenie tam, kde sa mazivo dostane do kontaktu so vzduchom. Toto nebezpečenstvo môže výrazne vzrásť pri vykonávaní údržby a opráv, alebo ak sa následne po pyroforickom plyne alebo prachu cez systém prečerpáva oxidant. Pravdepodobnosť vzniku tohto nebezpečenstva môžete znížiť použitím suchých čerpadiel Edwards, ktoré v pracovnom priestore neobsahujú žiadne mazivá. Je nevyhnutné zabezpečiť, aby sa vykonala pasivácia všetkých pyroforických materiálov pred ich odvedením alebo manipuláciou s nimi.

3.3.4 Azid sodný

Azid sodný sa v niektorých prípadoch používa na výrobu látok určených na sublimačné sušenie, ako aj v iných výrobných procesoch. Jedným z možných produktov azidu sodného je kyselina azidovodíková (azoimid). Výpary kyseliny azidovodíkovej môžu reagovať s ťažkými kovmi za vzniku nestabilných kovových azidov. Tieto azidy môžu samovoľne vybuchnúť.

K týmto ťažkým kovom patrí:

• bárium,	• kadmium,	• cézium,
• vápnik,	• meď,	• olovo,
• lítium,	• mangán,	• draslík,
• rubídium,	• striebro,	• sodík,
• stroncium,	• cín,	• zinok,
• medené/zinkové zliatiny (napr. mosadz).		

Mosadz, meď, kadmium, cín a zinok sa bežne používajú ako súčasť materiálov, z ktorých sa vyrábajú komponenty do podtlakových čerpadiel, príslušenstvo a potrubia. Pokiaľ sa v rámci procesného systému používa alebo vyrába azid sodný, je nutné zaistiť, aby rozvod plynu v procesnom systéme neobsahoval ťažké kovy.

3.4 Toxické alebo korozívne materiály

Súčasťou mnohých podtlakových aplikácií je aj spracovanie a manipulácia s toxickými a korozívnymi materiálmi. Takéto aplikácie si vyžadujú špeciálne postupy.

3.4.1 Toxické materiály

Toxické materiály už svojou samotnou podstatou ohrozujú zdravie. Povaha tohto nebezpečenstva však závisí od konkrétneho materiálu a jeho relatívnej koncentrácie. Dodržiavajte správne manipulačné postupy poskytnuté dodávateľom príslušného materiálu a platnú legislatívu.

Taktiež odporúčame zvážiť nasledovné:

- **Zriedenie plynu** – Existujú riešenia, ktoré umožňujú riediť toxické procesné plyny, keď prechádzajú cez podtlakové čerpadlo a do odvodu. Týmto riedením môžete znížiť koncentráciu plynu pod hranicu toxicity. Odporúčame monitorovať prívod

prídavného plynu s cieľom poskytnutia výstrahy, ak by prívod zlyhal. Najmä pri olejom tesnených čerpadlách si pozrite návod na použitie čerpadla v súvislosti s požadovanými súpravami vratného oleja.

- **Detekcia netesností** – Podtlakové zariadenia od spoločnosti Edwards sú vo všeobecnosti konštrukčne riešené tak, aby ich tesnosť dosahovala úroveň $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Tesnosť príľahlých zariadení a komponentov systému však nemožno spoľahlivo zaistiť. Preto sa na overenie neporušenosti podtlakového a odvodného systému odporúča použiť vhodnú metódu detekcie netesností (napr. detekcia netesností héliovou hmotnostnou spektrometriou).
- **Tesnenie hriadeľa (suché čerpadlá Edwards)** – Množstvo suchých čerpadiel od spoločnosti Edwards je vybavených systémom preplachovania plynom, ktorý zabezpečuje, aby sa procesné plyny nedostali do prevodovkovej skrine a ložísk a tým aj potenciálne do atmosféry okolo podtlakového systému. Pri narábaní s toxickými materiálmi musíte zaistiť celistvosť prívodu takého plynu. Regulátory bez odplynenia sa môžu používať iba v kombinácii s jednosmerným spätným ventilom tak, ako sa uvádza v časti *tlakové regulátory* na strane 31.
- **Tesnenie hriadeľa (iné typy čerpadiel Edwards)** – Tesnenia hriadeľa zaplavené olejom (napr. mechanické Rootsove pomocné čerpadlá EH a lopatkové čerpadlá EM) minimalizujú riziko unikania procesného plynu (resp. riziko vniknutia vzduchu) a poskytujú aj viditeľné výstražné znamenie (napr. unikanie oleja alebo pokles hladiny oleja) skôr, ako vznikne nebezpečenstvo. Iné typy tesnení nemusia poskytovať adekvátne upozornenie na poruchu.
- **Magnetický pohon** – Tam, kde sa vyžaduje absolútne hermetické utesnenie, možno použiť podtlakové čerpadlá typu EDP vybavené magnetickým pohonom s keramikou ochrannou nádobou, čím sa eliminuje nutnosť použiť tesnenie na hnacom hriadeľi motora.

Pokiaľ sa na zníženie nadmerného tlaku používajú bezpečnostné tlakové ventily alebo poistné doštičky, je nutné zaistiť bezpečné odvádzanie do vhodného odvodného systému, čo slúži ako ochrana pred toxickým nebezpečenstvom.

Pokiaľ chcete spoločnosti Edwards zaslať kontaminované podtlakové zariadenie na opravu alebo údržbu, musíte postupovať v súlade so špecifickými postupmi (formulár HS1) a vyplniť vyhlásenie (formulár HS2) uvedené v návode na použitie, ktorý ste dostali spolu so zariadením.

3.4.2 Korozívne materiály

Pri prečerpávaní korozívnych materiálov použitím podtlakových čerpadiel Edwards venujte pozornosť nasledujúcim bodom:

- **Preniknutie vlhkosti** – Venujte špeciálnu starostlivosť zabráneniu preniknutiu vlhkého vzduchu, ktorý môže urýchliť účinky korózie. Súčasťou postupu vypnutia by preto malo byť aj prepláchnutie inertným plynom, aby sa zo systému pred vypnutím vypláchli korozívne látky.
- **Zriedenie** – Na zabránenie kondenzácii korozívnych látok a následnej korózii používajte vhodný prídavný inertný plyn.
- **Teplota** – Zvýšením teploty čerpadla a odvodného potrubia môžete tiež predísť kondenzácii vodných pár a následnej korózii. V niektorých prípadoch môžu vyššie teploty zvyšovať účinky korózie, pozrite si odsek nižšie.
- **Korózia bezpečnostných zariadení** – Tam, kde by mohlo dôjsť k poškodeniu bezpečnostných zariadení (napr. lapačov plameňov, snímačov teploty a pod.) korozívnymi látkami prítomnými v prúde procesného plynu, je pre tieto zariadenia

nutné vybrať vhodné konštrukčné materiály tak, aby sa eliminovalo toto nebezpečenstvo.

- **Zmeny skupenstva** – Nepredvídané zmeny skupenstva môžu spôsobiť tvorbu kondenzácie. Aby sa predišlo tomuto riziku, je treba zvážiť prípadné zmeny teploty a tlaku.
- **Neočakávané reakcie** – Neočakávané chemické reakcie môžu viesť k tvorbe korozívnych produktov. V prípade, že sa zariadenie používa na viac ako jeden účel, je preto nutné starostlivo zhodnotiť možnosť krížovej kontaminácie.

Niektoré korozívne materiály, ako sú napríklad fluór, chlór, ďalšie halogénové a halogenidové prvky, a oxidačné činidlá, napríklad ozón, alebo redukčné činidlá, napríklad sírovodík, môžu tiež napadnúť materiál, s ktorým prichádzajú do kontaktu, bez toho, aby bola potrebná prítomnosť akejkoľvek kvapaliny. V takýchto prípadoch by sa mal minimalizovať parciálny tlak korozívneho materiálu použitím vhodného prídavného plynu. Materiály, z ktorých je vyrobený podtlakový systém a model čerpadla, by sa mali zvoliť tak, aby boli kompatibilné s konkrétnym plynom v predpokladaných koncentráciách. Vysoké teploty môžu urýchliť koróziu, preto by sa mali obmedziť na minimum, ak to umožňujú ďalšie faktory procesu, ktoré treba brať do úvahy. Mali by ste prehodnotiť intervaly údržby s cieľom zvážiť účinko korozívnych materiálov na systém.

3.5 Zhrnutie – chemické zdroje nebezpečenstva

- Vyhodnoďte všetky možné chemické reakcie, ktoré môžu prebiehať vo vašom systéme.
- Nezabudnite prihliadnúť aj na abnormálne chemické reakcie, vrátane tých, ktoré sa môžu vyskytnúť v prípade poruchy.
- Pri posudzovaní potenciálneho nebezpečenstva súvisiaceho s materiálmi používanými v rámci procesu prihliadajte na informácie uvedené v kartách bezpečnostných údajov k týmto materiálom.
- Na obmedzenie reakcií s oxidantmi a horľavými materiálmi použite metódy riedenia.
- Ak bola špecifikovaná zóna možného nebezpečenstva vznietenia v rámci EÚ, musíte používať vhodné podtlakové čerpadlo s certifikátom ATEX. Pre všetky ostatné regióny spoločnosť Edwards odporúča používať vždy, keď je to možné, čerpadlá s certifikátom podľa smernice ATEX.
- Pokiaľ čerpadlo slúži na prečerpávanie oxidantov, použite správny typ maziva a zvážte použitie suchého čerpadla.
- Pokiaľ sa v procese používa alebo v ňom vzniká azid sodný, v rozvode plynu vášho procesného systému nepoužívajte ťažké kovy.
- Pri manipulácii s toxickými, korozívnymi alebo nestabilnými materiálmi dbajte na zvýšenú opatrnosť.

4. Fyzikálne zdroje nebezpečenstva

4.1 Druhy nebezpečenstva spôsobeného nadmerným tlakom

Nadmerný tlak v jednotlivých súčiastiach podtlakového systému môže vzniknúť v dôsledku:

- zavedenia plynu do systému pod vysokým tlakom,
- stlačenia plynu v systéme,
- náhleho nárastu teploty prchavých plynov v systéme,
- zmeny skupenstva vedúcej k usádzaniu pevných látok,
- reakcie vo vnútri podtlakového systému,
- zablokovaného odvodu.

Možné sú aj ďalšie príčiny.

4.2 Nadmerný tlak v odvodnom systéme čerpadla

Bežnou príčinou nadmerného tlaku na odvode je zablokovanie alebo obmedzenie prietoku v odvodnom systéme. To môže viesť k poruche čerpadla a ďalších súčastí systému.

Podtlakové čerpadlá fungujúce na princípe vysokého podtlaku sú kompresory, ktoré sú špeciálne navrhnuté pre činnosť s vysokým kompresným pomerom medzi odvodom a prívodom.

Okrem potenciálneho nadmerného tlaku spôsobeného činnosťou čerpadla môže nadmerný tlak v systéme vzniknúť v dôsledku zavedenia stlačeného plynu (napr. preplachovacieho alebo prídavného plynu), predovšetkým v prípade obmedzeného prietoku alebo zablokovania odvodného systému.

Pokiaľ je čerpadlo na odvodnej strane vybavené lapačmi plameňov alebo iným vybavením, ako sú napríklad filtre alebo kondenzátory, je dôležité, aby spätný tlak odvádzaných plynov (kvapalín) neprekročil hornú medznú hodnotu uvedenú v návode na použitie podtlakového systému. Aby usadeniny pochádzajúce z procesu nezablokovali odvodný systém a neupchali lapač plameňov, odporúčame vypracovať a zaviesť vhodný program údržby. Pokiaľ toto riešenie nie je možné z praktických dôvodov aplikovať, v takom prípade je na detekciu upchatia nutné použiť tlakový snímač umiestnený medzi čerpadlom a lapačom plameňov. Podobné opatrenia treba zvážiť aj pri iných odvodových zariadeniach, ako sú filtre a kondenzátory.

Sublimácia alebo zmena skupenstva môže tiež viesť k upchatiu potrubných rozvodov procesných plynov a médií pevnými usadeninami a následne ku vzniku nebezpečenstva spôsobeného nadmerným tlakom.

Údaje o maximálnom a odporúčanom trvalom spätnom tlaku pre všetky odvodové komponenty, vrátane vášho podtlakového čerpadla, nájdete v návode na použitie, ktorý sa dodáva spolu s podtlakovým čerpacím systémom. Navrhnite odvodový systém tak, aby mohli byť splnené tieto obmedzenia.

Hraničné hodnoty pre nepretržitú prevádzku nájdete v návode na použitie čerpadla.

4.3 Ochrana proti nadmernému tlaku na odvode

Vo všeobecnosti odporúčame, aby bol prečerpávaný plyn (kvapalina) odvádzaný prostredníctvom potrubia do odvodného systému s voľným odvádzaním. Odvodný systém

však môže obsahovať komponenty, ktoré môžu spôsobiť obmedzenie resp. zablokovanie prietoku v systéme. V takom prípade je do systému nutné zakomponovať aj vhodné metódy na ochranu proti nadmernému tlaku. K týmto metódam, okrem iného, patria nasledovné:

Komponent	Spôsob ochrany
Ventil na odvodnom potrubí	Ventil závisle zablokujte tak, aby bol vždy otvorený, keď je čerpadlo v činnosti.
	Do systému zakomponujte obtok na zníženie tlaku.
Práčka odvádzaných plynov (kvapalín)	Do systému zakomponujte obtok na zníženie tlaku.
	Do systému začleňte zariadenie na monitorovanie tlaku, ktoré bude zaisťovať závislé blokovanie čerpadla tak, aby sa čerpadlo vyplo pri príliš vysokom tlaku na odvode.
Lapač plameňov	Meranie tlaku na odvode.
	Meranie tlakového rozdielu.
Filter na olejovú hmlu	Do systému zakomponujte zariadenie na zníženie tlaku.

Na zhrnutie: pokiaľ sa tlak v odvodnom systéme blíži k hranici maximálneho prípustného tlaku, v takom prípade:

- znížte tlak pomocou zariadenia nainštalovaného v plynovom vedení, ktoré je paralelné s vedením, v ktorom došlo k obmedzeniu alebo zablokovaniu prietoku,
- obmedzte zdroj tlaku. Zastavte čerpadlo alebo uzatvorte všetky prívody stlačeného plynu.

4.4 Nadmerný tlak na prívode

4.4.1 Prívod stlačeného plynu a spätný tlak

Pomerne bežným javom je podceňovanie požadovaného menovitého tlaku v potrubí, ktorým sa čerpadlo pripája k podtlakovému systému, čo vychádza z názoru, že toto potrubie nebude vystavené tlakom vyšším, ako je atmosférický tlak. V praxi je toto tvrdenie pravdivé iba za normálnych výpočtových prevádzkových podmienok. Preto by ste pri výpočtoch požadovaného menovitého tlaku mali brať do úvahy vyšší tlak spôsobený abnormálnymi podmienkami alebo poruchovým stavom.

Bežnou príčinou nadmerného tlaku v prírodných potrubíach čerpadla je zavedenie stlačeného plynu (napr. preplachovacieho plynu) do systému vtedy, keď čerpadlo nie je v prevádzke. Pokiaľ súčasti prírodného potrubia nie sú vyhovujúce pre tlak, ktorý môže vzniknúť, potrubie praskne a procesné plyny uniknú zo systému. Spätný tok plynov zo systému do procesnej komory, ktorá samotná nemá dostatočnú odolnosť voči nadmernému výslednému tlaku, môže tiež spôsobiť prasknutie, resp. roztrhnutie komory a následné unikanie plynov.

Keď k systému pripájate prívod stlačeného plynu prostredníctvom tlakových regulátorov, ktoré zaisťujú nízkotlakový prietok, uistite sa, že tlak je v rámci menovitých hodnôt systému.

Bežne používané tlakové regulátory bez odplynenia môžu spôsobiť nárast tlaku v systéme až na úroveň tlaku plynu privádzaného do regulátora, pokiaľ taký regulátor pracuje vtedy, keď cez systém neprúdi žiaden procesný plyn. Aby ste zabránili vzniku nadmerného tlaku, je nutné použiť jednu z nižšie uvedených dvoch metód:

- znížte tlak a plyny nechajte prechádzať cez obtok čerpadla do odvodného systému s voľným odvádzaním,
- monitorujte tlak v systéme a na uzavretie prívodu stlačeného plynu pri súčasnej úrovni tlaku použite uzatvárací ventil s núteným zatváraním.

4.4.2 Nesprávne používanie čerpadla

Kým sa nepotvrdí, že čerpadlo funguje správne, je nutné prijať osobitné bezpečnostné opatrenia a dbať na ich dodržiavanie.

Ak sa čerpadlo otáča nesprávnym smerom alebo sa používa so zablokovaným, resp. obmedzeným prietokom na prívode, v takom prípade čerpadlo bude generovať vysoký tlak v prívodnom potrubí. Toto môže viesť k prasknutiu alebo roztrhnutiu čerpadla, potrubia a/alebo komponentov potrubia.

Vždy používajte záslepku voľne pripevnenú k prívodu čerpadla pomocou skrutiek, až kým sa nepotvrdí, že smer otáčania čerpadla je správny.

Používanie čerpadla pri vysokých otáčkach môže spôsobiť jeho poruchu alebo poškodenie. Čerpadlo nepoužívajte pri otáčkach vyšších ako je jeho maximálna konštrukčná rýchlosť otáčania; toto je veľmi dôležité najmä tam, kde sa na reguláciu rýchlosti otáčania používajú frekvenčné meniče.

4.5 Zhrnutie – fyzikálne zdroje nebezpečenstva

- Pri výpočtoch bezpečnostných parametrov sa uistite, že ste do výpočtu zahrnuli bezpečný pracovný tlak všetkých súčastí systému.
- Zabezpečte, aby nemohlo dôjsť k upchatiu alebo zablokovaniu odvodu čerpadla.
- Ak v ktorejkoľvek časti podtlakového systému hrozí riziko vysokého tlaku nad rámec menovitých hodnôt tlaku, odporúčame, aby bol systém vybavený vhodne umiestneným zariadením na meranie tlaku. Toto zariadenie musí byť napojené na riadiaci systém, ktorý v prípade zistenia nadmerne vysokého tlaku uvedie váš systém do bezpečného stavu.
- Pri stanovovaní požadovaného menovitého tlaku tlakového systému a komponentov čerpadla je nutné brať do úvahy aj abnormálne podmienky a možné poruchové stavy.
- Do systému nezabudnite zakomponovať správny typ zariadenia na zníženie tlaku, ktoré musí byť správne nadimenzované pre vašu aplikáciu.
- Zabezpečte, aby všetky prívody stlačeného plynu boli správnym spôsobom regulované a monitorované. Keď je čerpadlo vypnuté, tieto prívody musia byť uzavreté.
- Tam, kde je to možné, zaistite, aby bol prívodný tlak všetkých regulovaných preplachovacích prípojok nižší, ako je maximálny povolený statický tlak systému. Prípadne zabezpečte, aby v prípade poruchy niektorého z komponentov bolo možné znížiť tlak.

5. Analýza rizík

Metódy analýzy rizík prinášajú systematický prístup k identifikácii a analýze rizík v systéme pri jeho normálnom používaní, ako aj rizík, ktoré môžu vzniknúť pri chybovom alebo poruchovom stave. Tieto metódy zároveň umožňujú stanoviť spôsob riadenia nebezpečenstva; použitie týchto metód je v mnohých prípadoch zákonnou požiadavkou. Aby analýza rizík bola maximálne efektívna, musí sa začať už vo fáze úvodného projektu systému a musí pokračovať v priebehu inštalácie a prevádzky, ako aj počas údržby a vyradenia systému z prevádzky.

Podrobný rozbor rôznych metód analýzy rizík je nad rámec rozsahu tejto publikácie. Mnohé metódy analýzy rizík sú však podrobne popísané aj inde. Napríklad v chemickom spracovateľskom priemysle sa bežne používa metóda HAZOP (štúdia nebezpečenstva a prevádzkyschopnosti). Tento postup analýzy rizík sa zameriava na identifikáciu potenciálneho nebezpečenstva a prevádzkových problémov.

Výsledkom analýzy rizík sú zvyčajne informácie o typoch rizík/nebezpečenstiev, závažnosti týchto rizík/nebezpečenstiev a pravdepodobnosti ich výskytu. Tieto informácie sa môžu použiť pri rozhodovaní o najlepšom spôsobe, akým znížiť dôsledky týchto rizík/nebezpečenstiev na prijateľnú úroveň. V závislosti od zdroja nebezpečenstva je možné buď eliminovať dané nebezpečenstvo, alebo znížiť závažnosť tohto nebezpečenstva, resp. znížiť pravdepodobnosť výskytu tohto nebezpečenstva. Úplné odstránenie rizík/nebezpečenstiev je však možné iba v zriedkavých prípadoch.

Pri rozhodovaní o najlepšom spôsobe zvládnutia nebezpečenstva musíte zvážiť všetky možné dôsledky daného nebezpečenstva. Napríklad malá horúca plocha môže predstavovať malé nebezpečenstvo pre obsluhu, keďže môže spôsobiť popáleniny. Aby sa znížila pravdepodobnosť rizika popálenia, projektant systému môže túto horúcu plochu označiť viditeľným varovaním alebo môže okolo tejto plochy vytvoriť zábranu. Analýza rizík systému však môže ukázať, že tá istá horúca plocha môže predstavovať zdroj vznietenia pre horľavé pary; toto môže viesť k výbuchu alebo uvoľneniu oblaku toxických výparov. Aby sa znížila pravdepodobnosť vznietenia, projektant systému musí znížiť teplotu tejto horúcej plochy alebo zabezpečiť, že horľavé pary neprídu do kontaktu s touto horúcou plochou.

6. Projektovanie systému

6.1 Hodnoty menovitého tlaku v systéme

Ako už bolo spomínané v časti *Fyzikálne zdroje nebezpečenstva* na strane 15, potrubia a komponenty podtlakového systému sú určené na fungovanie pri vnútornom tlaku nižšom, ako je atmosférický tlak. V praxi je však zvyčajne potrebné systém navrhnuť tak, aby ho bolo možné používať aj pri vnútornom tlaku vyššom ako atmosférický tlak. Aby sa predišlo nadmernému tlaku v systéme, môžete do systému podľa potreby zakomponovať zariadenia na zníženie tlaku.

Je dôležité, aby ste nepripustili možnosť, že by sa prírodné potrubia a ďalšie komponenty na prívode mohli stať najslabšími článkami systému, vychádzajúc z mylného predpokladu, že za každých okolností budú fungovať pri podtlaku, dokonca aj pri poruchovom stave.

Odvodné systémy musia byť vždy navrhnuté tak, aby počas prevádzky vyvíjali na čerpadlo čo najmenší spätný tlak. Je však dôležité, aby ste odvodný systém nadimenzovali podľa adekvátneho menovitého tlaku. Odvodný systém musí byť vhodný na použitie pri tlakoch, ktoré generuje čerpadlo a ktoré vznikajú napríklad pri zavedení stlačeného plynu do systému. Taktiež musí vyhovovať podmienkam, ktoré vzniknú pri použití ochranných opatrení proti nadmernému tlaku.

Pri analýze rizík by ste vždy mali brať do úvahy nasledovné:

- vonkajšie prívody, napríklad prípojky inertných plynov,
- možnosť oddelenia alebo obmedzenia prívodu zo všetkých zdrojov, predovšetkým v prípade odvodných potrubí,
- reakcie medzi procesnými plynmi.

Je nutné poznamenať, že pokiaľ nádoba obsahuje prchavú kvapalinu a môže byť odizolovaná od zvyšku systému, v takom prípade pôsobenie vonkajšieho tepla (napr. pri požiari) môže viesť k zvýšeniu vnútorného tlaku na hodnoty, ktoré presahujú výpočtový tlak v danej nádobe. Preto je nutné zvážiť použitie vhodného zariadenia na zníženie tlaku.

6.2 Eliminácia nehybných objemov

Nehybný objem je akýkoľvek priestor v podtlakovom potrubí alebo komponente, cez ktorý neprechádza prietok plynu. Ako príklad môžeme uviesť skriňu prevodovky mechanického Rootsovoho pomocného čerpadla alebo meraciu hlavu prístroja. Ventilové rozvody a prírodné potrubia plynného dusíka sa tiež môžu zmeniť na nehybné objemy, ak sú oddelené.

Nehybné objemy je nutné brať do úvahy pri posudzovaní zmesi a reakcie procesných plynov, ktoré sa za normálnych okolností nenachádzajú súčasne v procesnej komore. Transport plynov v potrubíach, čerpadlách a procesných komorách zvyčajne prebieha lineárne, pričom plyny alebo zmesi plynov nimi prechádzajú jeden za druhým. Plyny transportované v takých lineárnych tokoch sa za normálnych okolností nezmiešavajú, pokiaľ nedochádza k zníženiu rýchlosti odvádzaného plynu vplyvom obmedzenia alebo zablokovania prietoku na odvode. Nehybný objem nie je možné prečistiť a pri stúpaní a klesaní tlaku v systéme môže sa vyplniť procesnými plynmi. Týmto spôsobom môže dochádzať k zadržiavaniu plynov, ktoré prechádzajú systémom v jednom stupni procesu. Tieto plyny môžu následne zreagovať s plynmi pochádzajúcimi z ďalšej fázy procesu. Nebezpečenstvu výbuchu možno zabrániť dôkladným vypustením procesnej komory v prestávke medzi zavedením nekompatibilných plynov.

Osobitnú pozornosť je nutné venovať posúdeniu krížovej kontaminácie v nehybných objemoch a pokiaľ sú plyny potenciálne výbušné. Predovšetkým by ste mali zvážiť riziko hromadenia plynov vo filtroch, odlučovačoch a iných komponentoch. Tam, kde je to potrebné, môžete pravdepodobnosť krížovej kontaminácie znížiť kontinuálnym tokom inertného preplachovacieho plynu s vysokou integritou.

Pri prečerpávaní horľavín sa nehybné objemy môžu vyplniť potenciálne výbušnými plynmi alebo parami, ktoré sa nedajú odstrániť bežným prečistením. Tam, kde sa môže vyskytnúť aj zdroj vznietenia, je nutné zvážiť osobitný spôsob prečistenia nehybného objemu.

6.3 Odsávacie systémy na odhode

Je dôležité, aby ste na odvode použili správny typ odsávacieho systému vyhovujúci potrebám a požiadavkám vášho procesu. Ako sme už spomínali, odsávací systém musí byť navrhnutý tak, aby dokázal odolať prevádzkovým tlakom, a pri výrobe alebo spracovávaní nebezpečných materiálov musí byť dostatočne tesný, aby z neho neunikali materiály používané v procese a ich vedľajšie produkty, a aby nedochádzalo k uvoľňovaniu nebezpečných látok do atmosféry.

6.4 Zdroje potenciálne výbušných zmesí plynov alebo pár

Keď sa horľavý plyn alebo výpary zmiešajú so správnou koncentráciou kyslíka či iného vhodného oxidantu, vytvorí sa potenciálne výbušná zmes, ktorá sa za prítomnosti zdroja vznietenia môže vznietiť.

Toto je vo všeobecnosti zjavné, pokiaľ sa prečerpáva potenciálne výbušná látka. Podľa skúseností spoločnosti Edwards však v niektorých prípadoch môže dôjsť k vzniku potenciálne výbušnej zmesi za podmienok, ktoré neboli zohľadnené pri navrhovaní systému pre daný proces. Preto je nutné identifikovať všetky možné podmienky procesu a zdroje potenciálne výbušných zmesí, ktoré by mohli vzniknúť vo vašom zariadení. Niektoré príklady pochádzajúce zo skúseností spoločnosti Edwards sú uvedené nižšie; tento zoznam však v žiadnom prípade nemožno považovať za úplný:

- **Krížová kontaminácia** – Tam, kde sa podtlakové čerpadlo používa na niekoľko účelov, môže byť jeho použitie s jednotlivými materiálmi bezpečné, ak sa však čerpadlo pred použitím iného materiálu neprečistí, v takom prípade môže dôjsť ku krížovej kontaminácii s neočakávanými reakciami.
- **Čistiace kvapaliny** – Aplikácia sa môže javiť ako neškodná, avšak pri použití horľavých čistiacich kvapalín a následnom sušení odvádzaním cez podtlakové čerpadlo môže vzniknúť potenciálne výbušná zmes.
- **Neočakávané materiály** – Pri „skladovaní podtlaku“, keď podtlakové čerpadlo slúži na vytvorenie rozptýleného podtlakového systému, môže dôjsť k prečerpávaniu horľavých materiálov, s ktorými sa neuvažovalo pri navrhovaní systému. Teplota samovznietenia týchto materiálov môže byť nižšia ako vnútorná teplota alebo menovitá teplota podtlakového čerpadla.
- **Zriedené výpary** – Môžu sa tvoriť počas procesu a treba venovať zvýšenú pozornosť správne výberu menovitej vnútornej teploty pre daný proces. V chemickom priemysle je to zvyčajne zahrnuté v požiadavkách smernice ATEX.
- **Netesnosť voči vzduchu** – Náhodné vniknutie vzduchu alebo oxidantu do systému môže viesť ku zmene koncentrácie horľavého plynu alebo pár a ku vzniku potenciálne výbušnej zmesi.
- **Horľavé tesniace kvapaliny** – Tam, kde sa horľavá kvapalina používa ako tesniaca kvapalina v kvapalinovom prstencovom podtlakovom čerpadle, môže pri vniknutí vzduchu vzniknúť potenciálne výbušná vnútorná zmes.

- **Kondenzované procesné materiály** – Ak existuje možnosť kondenzácie horľavého materiálu vo vnútri systému, je nutné si uvedomiť, že tento materiál môže reagovať s oxidantmi z iných krokov procesu alebo so vzduchom (napríklad na odvode). Tomuto sa dá zabrániť použitím vhodnej regulácie teploty alebo parciálneho tlaku.

6.5 Vyhýbanie sa zónam so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia

Horľavý materiál dokáže vytvoriť potenciálne výbušnú atmosféru iba vtedy, ak sa zmieša so vzduchom, kyslíkom alebo iným oxidantom a jeho koncentrácia dosiahne hodnotu medzi dolnou medzou vznietenia – LFL (alebo dolnou medzou výbušnosti – LEL) a hornou medzou vznietenia – UFL (alebo hornou medzou vznietenia – UEL). Uvedomte si, že väčšina údajov v literatúre sa vzťahuje na medze vznietenia vo vzduchu, inými slovami, ak je oxidantom kyslík. Všetky ďalšie informácie uvedené nižšie vychádzajú z tohto predpokladu.

Aby bola zmes potenciálne výbušná, musí byť aj koncentrácia kyslíka vyššia ako minimálna koncentrácia kyslíka – MOC (alebo medzná koncentrácia kyslíka – LOC). Hodnota MOC (LOC) je u väčšiny horľavých plynov 5 % obj. alebo vyššia. (Poznámka: Uvedené sa nevzťahuje na pyroforické materiály, ktoré si vyžadujú osobitné opatrenia.)

Existuje množstvo postupov, ktorými možno predísť používaniu plyných zmesí v zónach so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia. Výber vhodného postupu bude závisieť od výsledku hodnotenia rizík (analýzy rizík) súvisiacich s procesom a čerpacím systémom:

- **Udržiavanie koncentrácie horľavého plynu pod úrovňou LFL (LEL)**

Aby sa minimalizovalo riziko náhodného vniknutia horľavého plynu do zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia, je pre prevádzku pod hranicou LFL (LEL) vhodné použiť bezpečnostnú rezervu.

Na základe vyhodnotenia rizík musí používateľ stanoviť bezpečnostnú rezervu. Niektoré inštitúcie odporúčajú udržiavať koncentráciu pod úrovňou 25 % LFL (LEL).

Bežne používanou metódou udržiavania koncentrácie pod úrovňou LFL (LEL) je riedenie inertným preplachovacím plynom (napr. dusíkom), ktorý sa vháňa do prívodu čerpadla a/alebo preplachovacích prípojok. Požadovaná úroveň integrity systému riedenia a použitých alarmov či závislého blokovania bude závisieť od kategórie nebezpečnej zóny, ktorá by vznikla pri eventuálnom zlyhaní systému riedenia.

Poznámka:

Uistite sa, že sú vykonané vhodné bezpečnostné opatrenia na zabránenie uduseniu.

- **Udržiavanie koncentrácie kyslíka pod úrovňou MOC (LOC)**

Tento spôsob prevádzky vyžaduje monitorovanie koncentrácie kyslíka v prečerpávaných plynch na zaistenie bezpečnej prevádzky. Aby sa minimalizovalo riziko náhodného vniknutia horľavého plynu do zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia, je pre prevádzku pod hranicou LFL (LEL) vhodné použiť bezpečnostnú rezervu. Dostupné priemyselné normy uvádzajú, že ak sa nepretržite monitoruje koncentrácia kyslíka, mala by sa udržiavať na úrovni menej ako 2 % obj. pod najnižšou publikovanou hodnotou MOC (LOC) pre príslušnú plynú zmes. Pokiaľ hodnota MOC (LOC) nie je menej ako 5 %, musí sa koncentrácia kyslíka udržiavať na úrovni maximálne 60 % hodnoty MOC (LOC). Ak sa monitorovanie vykonáva iba v rámci rutínnej kontroly hladiny kyslíka, nemala by hladina kyslíka presiahnuť 60 % najnižšej publikovanej hodnoty MOC (LOC), pokiaľ hodnota MOC (LOC) nie je pod úrovňou 5 %. V takomto prípade sa koncentrácia kyslíka musí udržiavať na úrovni menej ako 40 % hodnoty MOC (LOC).

Najvhodnejšou metódou udržiavania hladiny kyslíka pod úrovňou najnižšej publikovanej MOC (LOC) je dôsledné vylúčenie vzduchu a kyslíka z procesu a čerpaceho systému, podľa potreby so súčasným riedením prečerpávaného plynu inertným preplachovacím plynom (napr. dusíkom), ktorý sa vháňa do prívodu čerpadla a/alebo preplachovacích prípojok. Požadovaná úroveň integrity opatrení na vylúčenie kyslíka/vzduchu a použitých alarmov či závislého blokovania bude závisieť od kategórie nebezpečnej zóny, ktorá by vznikla pri eventuálnom zlyhaní systému vylučovania a riedenia.

Opatrenia, ktoré sú zvyčajne nevyhnutné na zaistenie dôsledného vylúčenia vzduchu z procesu a čerpaceho systému, sú uvedené na konci tejto časti.

- **Udržiavanie koncentrácie horľavého plynu nad úrovňou UFL (UEL)**

V prípade veľmi vysokých koncentrácií horľavých plynov je vhodnejším riešením prevádzka nad hranicou UFL (UEL). Aby sa minimalizovalo riziko náhodného vniknutia do zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia, je pre prevádzku nad hranicou UFL (UEL) vhodné použiť bezpečnostnú rezervu. Odporúča sa, aby hladina zvyškového kyslíka obsiahnutého v plyne bola udržiavaná pod úrovňou 60 % absolútnej hladiny kyslíka, ktorý je normálne prítomný pri koncentrácii horľavých plynov zodpovedajúcej hodnote UFL (UEL).

Najvhodnejšou metódou udržiavania hladiny kyslíka pod touto bezpečnostnou hranicou je dôsledné vylúčenie vzduchu a kyslíka z procesu a čerpaceho systému. Taktiež môže byť potrebné riedenie prečerpávaného plynu inertným preplachovacím plynom (napr.

dusíkom) alebo prídavným horľavým plynom (tzv. vyplňujúci plyn), ktorý sa vháňa do prívodu čerpadla a/alebo čistiacich prípojok. Požadovaná úroveň integrity opatrení na vylúčenie vzduchu, systému vháňania preplachovacieho plynu a použitých alarmov či závislého blokovania bude závisieť od kategórie nebezpečnej zóny, ktorá by vznikla pri eventuálnom zlyhaní systému vylučovania a riedenia.

- **Udržiavanie koncentrácie horľavého plynu pod hodnotou minimálneho výbušného tlaku**

Každý horľavý materiál má minimálny tlak, pod hodnotou ktorého nemôže dôjsť k explózií. Ak sa tlak na prívode do podtlakového čerpadla dá bezpečne udržiavať pod úrovňou tohto tlaku, potenciálne vznietenia vo vnútri podtlakového čerpadla sa nebudú môcť rozšíriť na prívod. Je však potrebné vykonať bezpečnostné opatrenia na odvode podtlakového čerpadla.

<Opatrenia zvyčajne potrebné na zaistenie dôsledného vylúčenia vzduchu z procesu a čerpaceho systému:

- **Eliminácia úniku vzduchu**

Použite detektor netesnosti alebo vykonajte tlakovú skúšku miery nárastu tlaku. Skôr ako vpustíte horľavé materiály do procesnej komory, je možné vykonať test a stanoviť, či je vnikanie vzduchu (kyslíka) do podtlakového systému v rámci prípustných limitov.

Pri vykonávaní tlakovej skúšky metódou nárastu tlaku sa prázdna procesná komora vyprázdni až na úroveň tlaku tesne pod normálnym prevádzkovým tlakom a potom sa odpojí od podtlakového čerpadla. Následne sa po určitý stanovený čas zaznamenáva tlak v procesnej komore. Pretože poznáme objem procesnej komory aj maximálnu prípustnú úroveň vnikania vzduchu, je možné vypočítať maximálne prípustné zvýšenie tlaku, ku ktorému môže dôjsť počas pevne stanoveného časového intervalu. Pokiaľ dôjde k prekročeniu tlakového limitu, je nutné prijať opatrenie na utesnenie zdroja vnikania vzduchu (kyslíka) do procesnej komory; horľavé materiály možno vpustiť do procesnej komory až po úspešnom zopakovaní tlakovej skúšky.

V niektorých prípadoch možno schopnosť podtlakového systému dosiahnuť optimálny základný tlak použiť ako ukazovateľ tesnosti systému.

- **Odstránenie všetkého vzduchu zo systému pred spustením procesu**
Pred vpustením akýchkoľvek horľavých plynov do procesu je systém nutné úplne vypustiť a/alebo prepláchnuť inertným plynom (napr. dusíkom), aby sa zo systému odstránil všetok vzduch. Po ukončení daného procesu tento postup zopakujte na odstránenie akýchkoľvek zvyškov horľavého plynu, a až potom možno do systému nechať vniknúť vzduch.
- **V prípade suchých podtlakových čerpadiel**
Zabezpečte, aby tesniaci plyn tvoriaci ochranu hriadeľa alebo preplachovací tesniaci plyn nebolo možné za žiadnych okolností privádzať spolu so vzduchom a taktiež zabezpečte, aby nemohlo dôjsť k jeho kontaminácii vzduchom. Skontrolujte, či sú všetky otvory určené na vypúšťanie balastných plynných látok buď utesnené, alebo sa používajú iba na zavádzanie inertného plynu.
- **V prípade mokrých podtlakových čerpadiel (napr. rotačné piestové čerpadlá alebo lopatkové čerpadlá)**
Zabezpečte údržbu tesnení hriadeľa v prísnom súlade s pokynmi výrobcu a použite pretlakový mazací systém s prečerpávaním vybavený poplašnou signalizáciou v prípade straty tlaku oleja. Súčasťou tejto sústavy môže byť externé príslušenstvo na filtrovanie a tlakovanie mazacieho oleja, s tlakovým spínačom. Skontrolujte, či sú všetky otvory určené na vypúšťanie balastných plynných látok buď utesnené, alebo sa používajú iba na zavádzanie inertného plynu. Pred spustením procesu prepláchnite olejovú nádrž inertným plynom, aby sa odstránil všetok vzduch.
- **V prípade Rootsových podtlakových pomocných čerpadiel**
Zabezpečte údržbu tesnenia primárneho hnacieho hriadeľa v prísnom súlade s pokynmi výrobcu a uistite sa, že sa všetky prípojky preplachovacích a odvetrávacích otvorov používajú výlučne iba na zavádzanie inertného plynu.
- **Spätný tok**
Uistite sa, že prevádzkové postupy a technické vybavenie chráni systém pred vznikom spätného chodu, ku ktorému môže dôjsť pri poruche čerpadla. Zabezpečte, aby všetky prečerpávané horľavé plyny boli na konci trasy bezpečne odstránené z odvodného systému čerpadla cez vypúšťací otvor. Taktiež zaistite, aby v odvodnom potrubí nemohli vzniknúť zmesi horľavých plynov: použite vhodný spôsob prečistenia potrubia inertným plynom vždy pred spustením a po ukončení procesu, pri ktorom sa používajú alebo vznikajú horľavé plyny. Okrem toho počas prevádzky používajte adekvátne preplachovanie inertným plynom, aby ste predišli prudkému spätnému premiešavaniu plynov so vzduchom v odvodnom potrubí.

6.6 Úroveň integrity systému

V predchádzajúcich častiach sme sa zaoberali možnými spôsobmi ochrany metódou riedenia inertným plynom. Princíp tejto metódy spočíva v zmiešavaní inertného plynu (zvyčajne dusíka) s procesnými plynmi tak, aby sa zriedili na úroveň, kedy ich koncentrácia nemôže spôsobiť výbuch alebo chemickú reakciu. Pokiaľ metóda riedenia plynom slúži ako primárny bezpečnostný systém na ochranu proti možnému výbuchu, v takom prípade sa môže vyžadovať použitie alarmu a závislého blokovania s vysokou integritou, aby čerpací systém nebolo možné uviesť do prevádzky, keď je systém riedenia procesného plynu nefunkčný. Integritu systému riedenia plynu treba posúdiť v rámci hodnotenia rizík (analýzy rizík); táto integrita závisí od interného rozčlenenia čerpaceho systému na zóny podľa úrovne rizika, ktoré môže vzniknúť pri zlyhaní systému riedenia. Pri tomto hodnotení rizík je nutné

postupovať v súlade s aktuálnou najlepšou praxou a stanoviť požadované úrovne integrity systému.

Ak sa napríklad systém riadenia používa na udržiavanie koncentrácie horľavého plynu mimo zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia a v dôsledku zlyhania riadenia by prečerpávaný plyn mohol nepretržite alebo dlhodobo vniknúť do tejto zóny (zóna 0 podľa požiadaviek smernice ATEX zvyčajne udáva hodnotu > 50 %), v takom prípade musí systém riadenia spĺňať niektorú z nasledujúcich podmienok:

- musí byť zabezpečený proti poruchám, dokonca aj v prípade zriedkavých porúch,
- musí byť bezpečný aj vtedy, ak sa v systéme vyskytujú dve chyby,
- musí byť vybavený dvoma nezávislými prírodnými sústavami zaisťujúcimi riadenie.

Prípadne, ak by v dôsledku zlyhania systému riadenia mohlo dôjsť k občasnému vniknutiu prečerpávaného plynu do zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia (zvyčajne podmienka pre zónu 1 podľa smernice ATEX), v takom prípade musí systém riadenia spĺňať niektorú z nasledovných podmienok:

- musí byť zabezpečený proti poruchám, dokonca aj v prípade predpokladanej poruchy,
- musí byť bezpečný aj vtedy, ak sa v systéme vyskytuje jedna chyba.

Pokiaľ by v dôsledku zlyhania systému riadenia došlo k nepravdepodobnému vniknutiu prečerpávaného plynu do zóny so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia alebo iba na krátky čas (zvyčajne podmienka pre zónu 2 podľa smernice ATEX), v takom prípade musí byť systém riadenia bezpečný pri normálnej prevádzke.

6.7 Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov

Ak je zmes prečerpávaných plynov a výparov nepretržite a dlhodobo horľavá (pozrite si časť Vyhýbanie sa zóne so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia Vyhýbanie sa zónam s nebezpečenstvom vznietenia *Vyhýbanie sa zónam so zvýšeným nebezpečenstvom vznietenia* na strane 21) (t. j. podmienka pre zónu 0), a ak hrozí riziko aktivácie zdroja vznietenia (pozrite si časť *Zdroje vznietenia* na strane 25) počas normálnej prevádzky alebo predvídateľnej poruchy, musíte systém vybaviť lapačmi plameňa podľa požiadaviek pre vaše primárne čerpadlo (pozrite si aj časť *Lapače plameňa* na strane 31). Vhodnosť použitia konkrétnych typov lapačov plameňov spolu so suchými podtlakovými čerpadlami od spoločnosti Edwards je certifikovaná nezávislým orgánom, čo preukazuje schopnosť týchto lapačov plameňov predchádzať šíreniu plameňa v potrubných rozvodoch procesných plynov a médií do okolitej atmosféry.

V prípade dlhodobej prítomnosti horľavej zmesi sa musí na prírodný lapač plameňov nainštalovať schválený a odskúšaný teplotný snímač na zaznamenanie nepretržitého horenia. Ak sa zistí nepretržité horenie, musí sa čerpadlo vypnúť a odpojiť od zdroja paliva. Ďalšie informácie týkajúce sa schválených lapačov plameňa a teplotných snímačov získate u zástupcu spoločnosti Edwards. Na tepelnú ochranu lapača plameňov a čerpadla v prípade zriedkavých porúch čerpadla (zóna 0) sa na odvode čerpadla musí nainštalovať odvodový teplotný snímač. Miesta vypnutia závisia od konkrétneho čerpacieho systému. Pozrite si príslušný návod ATEX pre čerpadlo.

Ak teplotný snímač na prívide alebo odvode dosiahne maximálnu hraničnú hodnotu a bude udávať chybový stav, musia sa vykonať príslušné opatrenia. Spôsob hasenia plameňa závisí od konkrétnej aplikácie, ale v zásade môže zahŕňať:

- **Zastavenie prívodu paliva** – Uzavretím ventilu umiestneného na prívide do podtlakového čerpadla sa zabráni prívodu paliva do podtlakového čerpadla.

- **Odstránenie zdroja vznietenia** – Zastavenie podtlakového čerpadla vypnutím zdroja napájania motora.
- **Naplnenie oblasti horenia inertným plynom** – Rýchlym zavedením inertného plynu do oblasti zasiahnutej horením (zvyčajne, ale nie vždy, lokalizovanej v odvodnom potrubí čerpadla) sa plameň uhasí. Nezabúdajte, že plameň sa môže opätovne vznietiť, pokiaľ neodstránite zdroj vznietenia.

6.8 Zdroje vznietenia

Ak sa podtlakové čerpadlá používajú na prečerpávanie horľavých zmesí, musíte brať do úvahy všetky možné zdroje vznietenia. Nižšie uvádzame niektoré posudzované aspekty, ktoré môžete zakomponovať do celkového posúdenia systému. V závislosti od daného procesu dokážete eliminovať niektoré alebo všetky zdroje vznietenia. Ak z dôvodu podmienok daného procesu alebo požiadaviek systému nie je možné zabrániť zdrojom vznietenia, je potrebné podľa toho navrhnuť váš systém.

Poznámka:

Niektoré čerpadlá od spoločnosti Edwards sú certifikované nezávislým orgánom. Vydaný certifikát potvrdzuje, že daný typ čerpadla dokáže zadržať vnútorný výbuch (ak sa používa správnym spôsobom).

- **Mechanický kontakt** –Mechanický kontakt rotujúcich alebo stacionárnych častí vo vnútri podtlakového čerpadla so systémom môže spôsobiť vznik zdroja vznietenia. Všetky podtlakové čerpadlá od spoločnosti Edwards sú navrhnuté a zostrojené tak, aby udržiavali správne voľné vzdialenosti vo vnútri čerpadiel pri všetkých prevádzkových podmienkach. Na predchádzanie vzniku zdroja vznietenia je dôležité zabrániť vzniku usadenín materiálov na vnútorných povrchoch alebo vyčistiť čerpadlo. Ložiská sa musia udržiavať v dobrom stave, musia byť dostatočne namazané a musia obsahovať vhodný preplachovací plyn na elimináciu kontaktu s procesnými plynmi. Na zaistenie bezpečnej a spoľahlivej prevádzky sa musí dodržiavať odporúčaný program údržby ložísk.
- **Nasatie pevných častíc** – Všetky čerpacie mechanizmy môžu potenciálne nasati pevné častice, ktoré vznikli v rámci procesu alebo počas výrobného procesu systému. Pokiaľ sa tieto čiastočky dostanú medzi pohybujúcu sa plochu a nehybnú plochu, môže vznikať teplo. Použitie vhodného sitka alebo filtra na prívide zabráni nasatiu pevných častíc do podtlakového čerpadla a umožňuje znížiť veľkosť a objem pevných častíc na prijateľnú úroveň. Prívodné sitko/filter si vyžaduje dodržiavanie vhodného programu údržby.
- **Hromadenie prachu** – Tam, kde sa čerpací mechanizmus používa v rámci procesu, pri ktorom vzniká prach, sa vo vnútornom voľnom priestore systému môže hromadiť jemný zhutnený prach. Dokonca aj pri použití prachových filtrov na prívide sa môže stať, že do čerpadla vniknú malé čiastočky prachu. V prípade malých rozmerových zmien spôsobených tepelnými zmenami sa zhutnený prach môže dostať do kontaktu s pohybujúcou sa plochou a následne vytvárať teplo.
- **Kompresné teplo (samovznietenie)** – Vnútorné kompresné teplo vznikajúce vo vnútornom priestore každého kompresora je nutné posúdiť vo vzťahu k teplote samovznietenia všetkých prečerpávaných plynov alebo pár. Musíte zabezpečiť, aby malo čerpadlo minimálne rovnakú alebo vyššiu teplotnú klasifikáciu ako prečerpávané plyny.
- **Horúce plochy** – tam, kde horľavé plyny alebo pary môžu prísť do kontaktu s horúcou plochou, môže dôjsť pri prekročení teploty samovznietenia k vznieteniu týchto plynov resp. pár. Poznámka: Čerpadlá od spoločnosti Edwards a lapače

plameňov sa neodporúča tepelne izolovať, keďže by to mohlo spôsobiť zvýšenie vnútornej (a vonkajšej) povrchovej teploty a následne viesť k samovznieteniu.

- **Teplo pôsobiace zvonka** – Teplo pôsobiace zvonka sa môže vyskytnúť napríklad v prípade požiaru v bezprostrednej blízkosti podtlakového zariadenia. Za týchto podmienok môže vzniknúť vnútorný tlak presahujúci hodnotu maximálneho statického tlaku systému a teplota vyššia ako teplota samovznietenia. Toto je nutné brať do úvahy pri analýze rizík systému.
- **Prúdenie horúceho procesného plynu** – vysoké teploty privádzaného plynu môžu viesť k nárastu vnútornej (alebo vonkajšej) povrchovej teploty na úroveň presahujúcu teplotu samovznietenia prečerpávaných materiálov. Vyššia teplota privádzaného plynu môže spôsobiť aj zaseknutie rotora/statora. Pozrite si maximálne povolené vnútorné teploty plynu v návode na použitie vášho podtlakového čerpadla. Ak potrebujete ďalšie informácie, obráťte sa na zástupcu spoločnosti Edwards.
- **Katalytická reakcia** – prítomnosť niektorých materiálov môže vyvolať katalytické vznietenie. U všetkých konštrukčných materiálov obsiahnutých v podtlakovom systéme je nutné posúdiť ich potenciál reagovať týmto spôsobom s prečerpávanými plynmi alebo parami.
- **Pyroforická reakcia** – Teplo uvoľňované pri spaľovaní pyroforických materiálov spôsobeného vniknutím vzduchu alebo oxidantu predstavuje zdroj vznietenia pre akýkoľvek prítomný horľavý materiál. Pozri [Pyroforické materiály](#) na strane 11.
- **Statická elektrina** – Za určitých okolností môžu vzniknúť podmienky, kedy sa v izolovaných komponentoch bude hromadiť statická elektrina, ktorá sa následne odvedie do zeme vo forme elektrostatického výboja, čo sa prejavuje ako iskrenie. Pri projektovaní systému je nutné brať do úvahy potenciálne hromadenie statickej elektriny.
- **Zásah bleskom** – Pokiaľ je systém umiestnený vo vonkajšom priestore, pri zásahu bleskom sa môže uvoľniť energia potrebná na vznietenie. Pri projektovaní systému je preto nutné zohľadniť pravdepodobnosť výskytu takej udalosti.

6.9 Zhrnutie – projektovanie systému

Pri projektovaní bezpečného podtlakového čerpaceho systému je treba vziať do úvahy nasledujúce body. V závislosti od konkrétnej aplikácie možno bude treba brať do úvahy aj ďalšie.

- Pokiaľ je systém určený na prečerpávanie nebezpečných materiálov, musíte ho navrhnuť tak, aby si aj v prípade poruchy zachoval požadovanú úroveň bezpečnosti.
- Na mazanie čerpadiel určených na čerpanie oxidantov používajte mazivá na báze PFPE (perfluórpolyéteru).
- Ak sa používa inertný plyn na zníženie koncentrácie horľavého plynu pod hodnotu dolnej medze výbušnosti alebo vznietenia alebo pod hodnotu minimálnej alebo dolnej koncentrácie oxidantu, musíte zabezpečiť integritu prívodu inertného plynu.
- Táto koncentrácia sa dá udržiavať aj nad hodnotou hornej medze výbušnosti alebo vznietenia, ale musia sa vykonať príslušné bezpečnostné opatrenia s cieľom zabezpečiť, že koncentrácia nemôže klesnúť do pásma vznietenia.
- Pred použitím vykonajte skúšku tesnosti systémov a zariadení s cieľom uistiť sa, že je zabezpečená požadovaná tesnosť.
- Pyroforické plyny je pred vypustením do atmosféry alebo zmiešaním s plynými oxidantmi nutné zriediť na bezpečnú úroveň pomocou inertného plynu.

- Musíte zabrániť kontaktu medzi azidom sodným a ťažkými kovmi po celej dĺžke rozvodu plynu, ktorý je súčasťou systému.
- Nesmiete dovoliť, aby maximálny tlak systému prekročil individuálnu bezpečnú úroveň tlaku každej jednej súčasti systému.
- Vždy sa oboznámte s bezpečnostnými informáciami pre látky, ktoré chcete prečerpávať v rámci systému.
- Ak existuje riziko súvisiace s prítomnosťou oleja v pracovnom priestore čerpadla, namiesto lopatkových alebo rotačných piestových čerpadiel zvážte použitie suchých čerpadiel.
- Ak sa podtlakové čerpadlá od spoločnosti Edwards používajú na prečerpávanie potenciálne horľavých zmesí, musíte brať do úvahy všetky možné zdroje vznietenia a možné následky v prípade explózie.

7. Správny výber zariadení

Aby ste pre vašu aplikáciu vybrali správne zariadenia, musíte predovšetkým prihliadať na obmedzenia, v rámci ktorých má systém fungovať. Technické údaje o zariadeniach vyrábaných spoločnosťou Edwards sú uvedené v našom katalógu výrobkov, marketingových publikáciách a v návodoch na použitie k jednotlivým zariadeniam. Vo väčšine prípadov vám ďalšie informácie vieme poskytnúť na požiadanie. Ak potrebujete ďalšie informácie, obráťte sa na spoločnosť Edwards.

Pri projektovaní podtlakového systému berte do úvahy príslušné mechanické konštrukčné parametre čerpadiel, napríklad:

- maximálny statický tlak (na prívode a odvode),
- maximálny prevádzkový vstupný tlak (t.j. tlak na prívode),
- maximálny prevádzkový tlak na odvode,
- vodivosť komponentov na prívode a odvode.
- tlakovú špecifikáciu iných komponentov namontovaných na čerpadle,
- monitorovanie tlaku v prípade, že dôjde k upchatiu odvodného potrubia.

V prípade lopatkových a rotačných piestových čerpadiel s olejovým uzáverom musíte brať do úvahy aj nasledujúce body:

- prietokové množstvo balastných plynných látok,
- prietokové množstvo pri preplachovaní olejovej nádrže,
- plyny a pary zachytené v olejovej nádrži,
- plyny a výpary absorbované do oleja v olejovej nádrži.

Maximálny statický tlak definuje maximálny tlak, ktorému môže byť vystavené pripojenie čerpadla k prívodu a odvodu, keď čerpadlo nie je v prevádzke. Tento tlak závisí od mechanickej konštrukcie čerpadla.

Lopatkové a rotačné piestové čerpadlá s olejovým uzáverom sú určené na prevádzku pri vstupnom tlaku na úrovni atmosférického tlaku alebo nižšej a, i keď maximálna menovitá hodnota statického tlaku môže byť vyššia ako atmosférický tlak, maximálny vstupný tlak čerpadla v činnosti nesmie prekročiť hodnotu atmosférického tlaku. Niektorí výrobcovia obmedzujú trvalý vstupný tlak čerpadiel na úroveň nižšiu, ako je atmosférický tlak. Maximálny vstupný tlak, keď je čerpadlo v činnosti, sa označuje ako maximálny prevádzkový tlak.

Dôvod, prečo je maximálny prevádzkový tlak obmedzený, nemusí nevyhnutne súvisieť s mechanicou integritou čerpadla. Maximálny tlak je pri vysokých hodnotách vstupného tlaku zvyčajne priamo úmerný menovitému výkonu čerpadla a súvisí s potenciálnym nebezpečenstvom prehriatia mechanických komponentov čerpadla alebo elektrického motora.

Z podobných dôvodov odporúčame, aby ste tlak na odvode z podtlakového čerpadla udržiavali na najnižšej možnej úrovni (pri nepretržitej prevádzke zvyčajne na úrovni 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) alebo nižšej). Čerpadlá sú určené na prevádzku pri neobmedzenom odvode a tlak na odvode vo výške 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) je zvyčajne dostatočne vysoký na odvádzanie plynov cez odsávací systém odvodu a zariadenia na úpravu odvádzaných plynov.

7.1 Lopatkové a rotačné piestové čerpadlá s olejovým uzáverom

Medzi rotačné čerpadlá s olejovým uzáverom vyrábané spoločnosťou Edwards patria lopatkové čerpadlá radu E1M, E2M, ES a RV a piestové čerpadlá radu Stokes Microvac. Všetky podtlakové čerpadlá sú vo všeobecnosti určené na prevádzku pri vstupnom tlaku nižšom, ako je atmosférický tlak, a s odvodným systémom čerpadla s voľným odvádzaním do atmosféry.

Lopatkové a rotačné piestové čerpadlá s olejovým uzáverom sú objemové kompresory a pri zablokovaní alebo obmedzení prietoku na odvode môžu vyvinúť veľmi vysoký tlak v odvodnom systéme čerpadla. V takýchto prípadoch môže tlak prekročiť bezpečnú úroveň statického tlaku v olejovej nádrži čerpadla a v mnohých prípadoch aj bezpečnú úroveň statického tlaku komponentov systému umiestnených po prúde (napr. polypropylénové práčky alebo podtlakové spoje s tesniacimi krúžkami). Z tohto dôvodu spoločnosť Edwards odporúča nainštalovať na odvodové potrubie čerpadla odvodový tlakový snímač s vysokou pevnosťou.

Aby sa dosiahla bezpečná úroveň zriadenia, množstvo balastných plynných látok možno zvýšiť prepláchnutím olejovej nádrže (tam, kde je toto vybavenie k dispozícii) cez prípojku k olejovej nádrži čerpadla. Zvýšené prietokové množstvo balastných plynných látok a preplachovacieho plynu prúdiaceho cez olejovú nádrž zvyšuje množstvo oleja prechádzajúceho cez odvodný systém.

Všetky čerpadlá Edwards s olejovým uzáverom sú vybavené olejovou nádržou s dostatočne veľkým objemom, ktorý dokáže zachytiť horľavé a výbušné plynné zmesi. Olej v olejovej nádrži dokáže účinne absorbovať alebo kondenzovať výpary a vedľajšie plynné produkty. Pary a plyny zachytené v oleji môžu byť pyrofórne alebo toxické. Preto je na zaistenie bezpečnosti počas údržby nutné vypracovať a používať osobitné manipulačné postupy.

7.2 Suché čerpadlá od spoločnosti Edwards

Maximálny prevádzkový tlak je obmedzený rovnakými faktormi ako v prípade čerpadiel s olejovým uzáverom (je to: potenciálne nebezpečenstvo prehriatia mechanických komponentov čerpadla alebo elektrického motora).

Suché čerpadlá od spoločnosti Edwards sú prepíňané kompresory, ktoré dokážu vyvinúť veľmi vysoký tlak v odvodovom systéme čerpadla. Pokiaľ sú tieto čerpadlá zakomponované do systému, kde v dôsledku procesu môžu vznikáť pevné vedľajšie produkty (preto v týchto systémoch existuje riziko upchatia odvodného potrubia), spoločnosť Edwards odporúča systém vybaviť zariadením na monitorovanie tlaku na odvode s vysokou pevnosťou. Údaje o prevádzkových tlakoch, na ktoré možno nastaviť tieto vypínače, sú uvedené v návode na použitie k čerpadlu.

Suché čerpadlá od spoločnosti Edwards sa vyznačujú vysokou priechodnosťou pre balastné plynné látky. Prídavný plyn, napríklad dusík, možno do systému zavádzať prostredníctvom mechanizmu čerpadla, čo umožňuje optimalizovať potlačenie reakcie. Prietokové rýchlosti preplachovacieho plynu nájdete v návode na použitie k vášmu čerpadlu.

7.3 Projektovanie potrubných rozvodov

7.3.1 Vlnovce

Vlnovce sú krátke tenkostenné komponenty, s hlboko zvlnenými stenami. Slúžia na tlmenie prenosu vibrácií z čerpadla do podtlakového systému.

Vlnovce vždy montujte na rovný úsek potrubia, pričom obidva konce vlnovca musia byť pevne votknuté. Pri správnom spôsobe montáže je vlnovec odolný voči malému vnútornému pretlaku (podrobnejšie informácie nájdete v návode na použitie k príslušnému vlnovcu). Vlnovce nepoužívajte na odvodnom potrubí suchých čerpadiel; použite ohybné potrubia s pleteným plášťom (pozrite si časť **Ohybné potrubia** na strane 30).

Pri použití vlnovcov v aplikáciách s často opakovanými cyklami je nutné brať do úvahy možnosť poškodenia vlnovca v dôsledku únavy materiálu.

7.3.2 Ohybné potrubia

Ohybné potrubia majú v porovnaní s vlnovcami hrubšiu a plytšiu zvlnenú stenu. Ohybné potrubia predstavujú vhodné riešenie pre pripojenie komponentov podtlakového systému a umožňujú kompenzovať nesprávne zarovnanie alebo malé pohyby pevných podtlakových potrubí. Ohybné potrubia možno tvarovať do relatívne ostrých ohybov, pričom si dokážu udržať svoj tvar.

Ohybné potrubia sú určené na montáž do statických systémov. Nie sú vhodné na opakované ohýbanie, ktoré by mohlo spôsobiť ich poškodenie v dôsledku únavy materiálu.

Pri použití pružného potrubia použite vždy najkratšiu možnú dĺžku a vyhnite sa zbytočným ohybom. Pri aplikáciách, kde môže dochádzať k vysokým tlakom na odvode, by sa mali používať ohybné potrubia s pleteným plášťom.

Ohybné potrubia s pleteným plášťom sú vlnovce vybavené vonkajšou ochrannou vrstvou tvorenou spletenými drôťmi z nehrdzavejúcej ocele. Pri montáži ohybných potrubí s pleteným plášťom musíte dodržiavať minimálny polomer ohybu uvedený v návode na použitie k príslušnému ohybnému potrubiu s pleteným plášťom.

7.3.3 Kotviace body

Potrubia a potrubné komponenty je nutné správne ukotviť. Napríklad nesprávne ukotvené vlnovce nedokážu tlmiť vibrácie generované čerpadlom, čo môže viesť k únave materiálu potrubia.

7.3.4 Tesnenia

Ak v niektorej časti podtlakového systému existuje možnosť vzniku pretlaku (dokonca aj pri poruchovom stave), je nutné použiť vhodné typy tesnení a materiály, ktoré sú schopné odolať predpokladanému podtlaku a pretlaku.

7.4 Fyzikálna ochrana proti nadmernému tlaku

Ako už bolo spomínané vyššie, nadmerný tlak môže byť spôsobený obmedzením alebo zablokovaním prietoku v systéme alebo v niektorom z jeho komponentov. Nadmerný tlak môže vzniknúť v dôsledku prúdenia stlačeného plynu z čerpadla alebo z externých prívodov stlačeného plynu (napríklad prívodov používaných pre systém riedenia). Existujú dva základné spôsoby ochrany systému pred nadmerným tlakom: konkrétne zníženie tlaku a poplašná signalizácia/systém vypnutia pri nadmernom tlaku, ktoré sú opísané v nasledujúcich odsekoch.

7.4.1 Zníženie tlaku

Na zníženie nadmerného tlaku môžete použiť poistné doštičky alebo bezpečnostné tlakové ventily. Prevádzkový tlak zvolenej súčiastky musí byť nižší ako výpočtový menovitý tlak

systemu. Tieto súčiastky je nutné pripojiť pomocou vhodného potrubia k priestoru, ktorý je bezpečný na vypustenie procesných plynov, a ktorý nemá žiadne obmedzenia týkajúce sa odvádzania plynov. Pokiaľ v procese vznikajú pevné vedľajšie produkty, zariadenia na zníženie tlaku je nutné pravidelne kontrolovať, či nie sú čiastočne alebo úplne upchaté. Pri projektovaní týchto ochranných zariadení je nutné brať do úvahy účinnosť tlakových pulzácií na únavovú životnosť poistnej doštičky resp. životnosť ventilu.

7.4.2 Poplašná signalizácia/vypnutie pri nadmernom tlaku

Spoločnosť Edwards často používa tento spôsob ochrany. Tento typ ochrany je možné použiť pre akýkoľvek systém, ale nemusí byť vhodný pre systémy, kde dochádza k tvorbe pevných vedľajších produktov.

7.4.3 Tlakové regulátory

Existujú dva hlavné typy tlakových regulátorov: s odplynením a bez odplynenia.

Tlakové regulátory s odplynením odvádzajú plyn do atmosféry alebo do osobitného drenážneho potrubia a dokážu tak udržiavať výstupný tlak na konštantnej úrovni aj pri nulovom prietoku v systéme. Tlakové regulátory s odplynením sa vo všeobecnosti používajú tam, kde má integrita potrubných rozvodov prvoradý význam.

Regulátory bez odplynenia dokážu výstupný tlak udržať na konštantnej úrovni iba vtedy, ak je v systéme prítomný prietok.

Pri nulovom prietoku v systéme môže výstupný tlak niektorých regulátorov vzrásť až na úroveň prírodného tlaku. Rýchlosť stúpania tlaku závisí od vlastností regulátora a objemu, ku ktorému je výstup pripojený. Stúpanie tlaku môže trvať od niekoľkých minút až po niekoľko mesiacov.

Tlakové regulátory nie sú určené na to, aby sa používali ako uzatváracie ventily, a musia sa používať v kombinácii s vhodným oddeľujúcim prvkom (napr. elektromagnetickým ventilom) tam, kde sa vyžaduje oddelenie. V opačnom prípade je nutné prijať opatrenia na bezpečné odvedenie nadbytočného tlaku.

7.4.4 Lapače plameňa

Lapače plameňa nie sú zariadenia určené na ochranu pred výbuchom. Ich úlohou je zabrániť šíreniu čela plameňa pozdĺž potrubia alebo vedenia (pozri časť Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňa Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov [Použitie ochranných systémov s lapačmi plameňov](#) na strane 24). Lapače plameňov vytvárajú pre čelo plameňa veľkú povrchovú plochu a malé medzery vo vodivosti, čo spôsobuje zhasnutie plameňa. Lapače plameňov sú vo všeobecnosti vhodné na použitie iba v systémoch, ktoré sa používajú na čistenie plynov alebo výparov.

Výbušná energia plyných zmesí narastá s tlakom. Väčšina lapačov plameňa slúži na ochranu priestorov, kde vnútorný tlak neprekračuje atmosférický tlak. Preto je nutné zabezpečiť, aby prevádzkový tlak v odsávacom systéme na odvode, ktorý vedie k lapaču plameňov, nemohol prekročiť maximálny prevádzkový tlak. V prípade lapačov plameňa certifikovaných na použitie so suchými chemickými podtlakovými čerpadlami od spoločnosti Edwards si však pozrite maximálne povolené tlaky v návode na použitie ATEX. Musíte brať do úvahy aj maximálny povolený spätný tlak vášho podtlakového čerpadla.

Lapače plameňov fungujú tak, že z čela plameňa odvádzajú teplo spaľovania a tým dosahujú maximálnu bezpečnú prevádzkovú teplotu. Nesmiete pripustiť, aby táto teplota bola prekročená vyhrievaním potrubia, tepelnou izoláciou alebo teplotou plynu prúdiaceho cez lapače plameňov.

Schopnosť lapača plameňa zachytiť plameň závisí od rýchlosti čela plameňa, ktorá zase závisí od jeho vzdialenosti od zdroja vznietenia. Pri použití lapačov plameňa spolu s chemickými podtlakovými čerpadlami Edwards je lapače plameňa nutné umiestniť čo najbližšie k prírodnému a odvodnému otvoru. Pri niektorých čerpadlách je za určitých podmienok prípustné použitie kolien a T-kusov medzi čerpadlom a lapačom. Ak potrebujete radu, obráťte sa na spoločnosť Edwards.

7.5 Preplachovacie systémy

Na odstránenie zvyškového procesného plynu zostávajúceho v systéme po skončení cyklu procesu je inštaláciu možné vybaviť preplachovacími systémami na báze inertných plynov.

Správne použitie prepláchnutia dokáže zaistiť, aby boli odstránené korozívne látky, čo zabraňuje tomu, aby tieto látky poškodili čerpadlo, a aby výraznejším spôsobom poškodili ochranné systémy, ako sú napríklad lapače plameňov. Okrem toho odstránenie procesných plynov zaisťuje, že nedochádza k neželaným a potenciálne nebezpečným chemickým reakciám medzi materiálmi používanými v jednotlivých cykloch procesu.

7.6 Zhrnutie – správny výber zariadení

- Vyberte správny typ zariadení pre vašu aplikáciu.
- Zakomponujte všetky náležité bezpečnostné zariadenia potrebné na zaistenie bezpečnosti v prípade poruchy.
- Eliminujte nehybné objemy.
- Zabezpečte, aby bol systém vhodným spôsobom kontrolovaný a regulovaný.
- Tam, kde je to potrebné, začleňte do systému zariadenia na zníženie tlaku.
- Tam, kde je to potrebné, použite lapače plameňov.
- Systémy a zariadenie je pred použitím nutné podrobiť skúške tesnosti.

8. Prevádzkové postupy a zaškolenie personálu

Zaistenie prevádzkovej bezpečnosti zariadenia vyžaduje správne zaškolenie obsluhy, jasné a výstižné pokyny a pravidelnú údržbu. Je dôležité, aby boli všetci pracovníci, ktorí používajú podtlakový systém, riadne zaškolení, kvalifikovaní a v prípade potreby je nutné zabezpečiť nad personálom dohľad.

V prípade pochybností o akomkoľvek aspekte prevádzky alebo bezpečnosti, ktorý sa týka zariadení od spoločnosti Edwards, sa na nás môžete obrátiť a požiadať o radu.

9. Zhrnutie

- Vykonajte vyhodnotenie rizík s cieľom identifikovať všetky nebezpečenstvá, a ak je to možné, eliminovať ich. Ak to nie je možné, pokúste sa ich aspoň obmedziť na minimum. Toto vyhodnotenie je potrebné vykonávať pri projektovaní podtlakového systému, jeho konštrukcii, uvedení do prevádzky, prevádzke, údržbe a vyradení z prevádzky.
- Vyhodnoňte všetky možné chemické reakcie, ktoré môžu prebiehať vo vašom systéme. Nezabudnite prihliadnúť aj na abnormálne chemické reakcie, vrátane tých, ktoré sa môžu vyskytnúť v prípade poruchy.
- Pri posudzovaní potenciálneho nebezpečenstva súvisiaceho s materiálmi používanými v rámci procesu prihliadajte na informácie (napr. informácie o samovznietení) uvedené v kartách základných údajov / kartách bezpečnostných údajov k týmto materiálom.
- Na obmedzenie reakcií s oxidantmi a horľavými materiálmi použite metódy riedenia.
- Pri čerpaní oxidantov a pyroforických materiálov dbajte na použitie správneho typu maziva v čerpadle.
- V rozvode plynu čerpaceho systému nepoužívajte ťažké kovy, pokiaľ sa v rámci procesu používa alebo vyrába azid sodný.
- Pri výpočtoch bezpečnostných parametrov sa uistite, že ste do výpočtu zahrnuli bezpečný pracovný tlak všetkých súčastí systému. Taktiež sa ubezpečte, že ste zohľadnili abnormálne podmienky a poruchové stavy.
- Do systému nezabudnite zakomponovať správny typ zariadení na zníženie tlaku, pričom dbajte na to, aby tieto zariadenia boli správne nadimenzované pre vašu aplikáciu.
- Uistite sa, že nemôže dôjsť k zablokovaniu odvodného systému.
- Zabezpečte správnu reguláciu a monitorovanie prídavných plynov.
- Pokiaľ je systém určený na prečerpávanie nebezpečných materiálov, musíte ho navrhnuť tak, aby si aj v prípade poruchy zachoval požadovanú úroveň bezpečnosti.
- Pri prečerpávaní oxidantov používajte olej a mazivá na báze PFPE (perfluórpolyéteru).
- Na zriedenie horľavých a pyroforických plynov na bezpečnú úroveň používajte inertný plyn alebo zabezpečte, aby sa hodnoty udržiavali nad hornou medzou vznietenia/výbušnosti, pričom berte do úvahy príslušné bezpečnostné faktory počas všetkých podmienok procesu vrátane porúch.
- Nesmiete dovoliť, aby maximálny tlak systému prekročil maximálnu úroveň tlaku každej jednej súčasti systému.
- Ak hrozí riziko súvisiace s prítomnosťou oleja v pracovnom priestore čerpadla, namiesto lopatkových alebo rotačných piestových čerpadiel zvážte použitie suchých čerpadiel.
- Eliminujte nehybné objemy.
- Zabezpečte, aby bol systém vhodným spôsobom kontrolovaný a regulovaný.
- Tam, kde je to potrebné, používajte lapače plameňov.
- Systémy a zariadenie je pred použitím nutné podrobiť skúške tesnosti.

