



Vývěvy a vakuové systémy

BEZPEČNOSTNÍ PŘÍRUČKA

Oznámení o autorských právech

©Edwards Limited 2019. Všechna práva vyhrazena.

Obsah

1. Úvod	5
1.1 Zaměření této publikace	5
1.2 Riziko exploze	5
2. Když se objeví riziko	7
2.1 Návrh	7
2.2 Konstrukce	7
2.3 Provoz/Uvedení do provozu	8
2.4 Údržba/Demontáž	8
3. Chemické zdroje nebezpečí	9
3.1 Chemické reakce a exploze	9
3.1.1 Homogenní reakce	9
3.1.2 Heterogenní reakce	9
3.2 Problémy s neobvyklými reakcemi	9
3.3 Riziko exploze	10
3.3.1 Oxidanty	10
3.3.2 Hořlavé/výbušné materiály	11
3.3.3 Samozápalné látky	11
3.3.4 Azid sodný	12
3.4 Toxické či žíravé látky	12
3.4.1 Toxické látky	12
3.4.2 Žíravé látky	13
3.5 Shrnutí – Chemické zdroje nebezpečí	13
4. Fyzikální zdroje nebezpečí	15
4.1 Nebezpečí spojená s přetlakem	15
4.2 Přetlak na výfuku vývěvy	15
4.3 Ochrana proti přetlaku na výfuku	15
4.4 Vstupní přetlak	16
4.4.1 Příisun stlačeného plynu a zpětný tlak	16
4.4.2 Nesprávné fungování vývěvy	16
4.5 Shrnutí – fyzikální zdroje nebezpečí	17
5. Analýza rizik	18
6. Návrh systému	19
6.1 Jmenovitý tlak v systému	19
6.2 Eliminace stagnačních objemů	19
6.3 Výfukové extrakční systémy	20
6.4 Zdroje potenciálně výbušných směsí plynů či par	20

6.5	Jak zabránit vzniku hořlavé zóny.	20
6.6	Úroveň celistvosti systému.	23
6.7	Používání ochranných systémů v podobě protiexplozivních pojistek.	23
6.8	Zdroje vznícení.	24
6.9	Shrnutí – návrh systému.	25
7.	Správná volba zařízení.	27
7.1	Olejem těsněné rotační lopátkové a pístové vývěvy.	27
7.2	Suché vývěvy Edwards.	28
7.3	Návrh potrubí.	28
7.3.1	Vlnovce.	28
7.3.2	Pružné hadice.	28
7.3.3	Kotvicí body.	29
7.3.4	Těsnění.	29
7.4	Ochrana před fyzickým přetlakem.	29
7.4.1	Snížení tlaku.	29
7.4.2	Přetlakový alarm/spínač.	29
7.4.3	Regulátory tlaku.	29
7.4.4	Protiexplozivní pojistky.	30
7.5	Promývací systémy.	30
7.6	Souhrn – správná volba zařízení.	30
8.	Provozní postupy a školení.	32
9.	Souhrn.	33

Edwards Ltd. se zříká veškeré odpovědnosti a veškerých záruk ohledně přesnosti, praktičnosti, bezpečnosti a výsledků zde popsanych informací, postupů nebo jejich aplikací. Edwards Ltd. nenesie žádnou odpovědnost za jakoukoli ztrátu nebo škody vzniklé následkem spolehnutí se na informace obsažené v tomto dokumentu nebo proto, že poskytnuté informace byly nesprávné či neúplné. Informace obsažené v tomto dokumentu jsou pouze informativní, a přestože společnost Edwards může poskytnout rady ohledně potenciálních rizik při používání nebezpečných materiálů, koncový uživatel odpovídá za provedení analýzy rizik specifické pro dané činnosti a prostředí a v souladu s platnými předpisy.

1. Úvod

1.1 Zaměření této publikace

Tento dokument obsahuje informace týkající se bezpečnosti související se specifikací, konstrukcí, provozem a údržbou vývěv a vakuových systémů.

Dále ukazuje některá potenciální rizika, která mohou nastat, a uvádí pokyny, které mají přispět k minimalizaci bezpečnostních rizik a zajistit, že případné vzniklé riziko je odpovídajícím způsobem řešeno.

Tento dokument si musí přečíst každý, kdo specifikuje, navrhuje, instaluje, obsluhuje či udržuje vývěvy a vakuové systémy. Doporučujeme číst jej společně s:

- Návodem k použití dodávaným s každým zařízením
- Informacemi poskytovanými dodavateli provozních plynů a chemických látek
- Informacemi poskytovanými vašim bezpečnostním oddělením.



VAROVÁNÍ:

Nedodržení bezpečnostních pokynů v tomto návodu a v návodu k použití příslušné vývěvy může mít za následek vážný úraz nebo smrt.

Potřebujete-li nějaké další informace o tom, zda se produkty společnosti Edwards hodí pro aplikaci ve vašem provozu, nebo informace o otázkách bezpečnosti vašich vývěv či vakuových systémů, kontaktujte prosím svého dodavatele nebo společnost Edwards.

1.2 Riziko exploze

Poznámka:

K dispozici jsou vývěvy Edwards, které splňují evropskou směrnici ATEX o používání zařízení v potenciálně výbušném prostředí.

Neočekávané výbuchy jsou pravidelně způsobovány nedodržením bezpečnostních předpisů. Nicméně v některých případech byly exploze mimořádně silné a mohly způsobit vážné zranění, či dokonce smrt.

Běžnou příčinou takového mohutného výbuchu komponent vakuového systému je vznícení hořlavých materiálů nebo ucpání či zúžení výfuku vývěvy. Riziku byste měli předcházet tím, že zajistíte bezpečný provoz vývěv a vakuových systémů.

- Pokud není systém navržen pro čerpání materiálů v koncentracích, při kterých může dojít ve vývěvě k jejich vznícení, musíte zajistit, že směsi hořlavých materiálů a oxidačních činidel budou mimo rozsah zápalnosti. Jednou z cest, jak toho dosáhnout, je použití promývání inertním plynem. Viz [Jak zabránit vzniku hořlavé zóny](#) na straně 20.
- Učiňte taková opatření, aby za provozu nemohlo dojít k ucpání výfuku, ať už mechanickými částmi (například ventily či výplně), nebo zpracovávanými materiály či vedlejšími produkty nanesenými do potrubí, filtrů a dalších součástí odsávání, pokud není systém pro takové situace navržen.
- K promazávání mechanismů čerpadel, které jsou vystaveny vysokým koncentracím kyslíku a dalších oxidantů, používejte pouze PFPE (perfluoropolyether). Jiné typy

olejů prodávané jako „nehořlavé“ mohou být vhodné pouze pro koncentrace oxidantů do 30 obj. %.

- Zajistěte, aby nedocházelo k náhodnému přetlaku úmyslně uzavřeného a izolovaného vakuového systému, například v důsledku závady regulátoru tlaku nebo závady ovládacího systému promývání.
- V případech, kdy čerpaný produkt může prudce reagovat s vodou, se doporučuje, aby v chladicím okruhu byla pro chlazení používána jiná látka (například teplotně odolné médium). Příslušné informace a rady žádejte od společnosti Edwards.

2. Když se objeví riziko

Nebezpečné situace se objevují ve všech fázích existence systému. Jedná se o tyto fáze:

- Návrh
- Konstrukce
- Provoz/Uvedení do provozu
- Údržba/Demontáž

Typy problémů, které se vyskytují v průběhu jednotlivých fází, jsou popsány níže. Je nutné si uvědomit, že rizika ohrožující váš systém můžete ve všech případech minimalizovat pouze za předpokladu, že jste se důkladně seznámili se zařízením a procesem/aplikací v systému a že mu plně rozumíte. Pokud si něčím nejste jisti, musíte své dodavatele požádat o další informace či rady.

2.1 Návrh

Pokud navrhujete svůj systém, musíte pro danou aplikaci zvolit správný typ zařízení. Při tom je nutné vzít v úvahu:

- technickou specifikaci zařízení
- materiály použité při zhotovení zařízení
- spotřební materiál používaný při provozu zařízení (například maziva a provozní kapaliny)
- provozní podmínky a materiály.

Musíte také zvážit, zda je dané zařízení pro vaši aplikaci obecně vhodné, a ujistit se, že bude vždycky používáno za specifikovaných provozních podmínek.

Pokud jde o návrh, musíte zavést takové postupy, které zajistí, že v něm bude minimální množství chyb. K těmto postupům by měla patřit nezávislá kontrola výpočtů prováděných v návrhu a také konzultace o parametrech navrhovaného systému.

Revize návrhu musí vždy obsahovat analýzu rizik. Mnoho potenciálních rizik můžete eliminovat tím, že pečlivě promyslete použití zařízení ve vašem systému.

2.2 Konstrukce

Možnost, že při sestavování systému nastanou rizikové situace, redukuje tím, že práci budou provádět kvalifikovaní pracovníci a že použijete postupy zajišťující kvalitu.

Kvalifikovaní pracovníci jsou schopni rozpoznat správné součástky, které jsou potřebné při sestavování, a jsou také schopni rozpoznat vadné nebo nekvalitně vyrobené komponenty a zařízení. Postupy určené k zajištění kvality pomohou rozpoznat a následně napravit nekvalitní řemeslné zpracování a přispějí k přísnému dodržení specifikací návrhu.

Při instalaci systému, do něhož jsou čerpány toxické, žíravé, hořlavé či samozápalné látky nebo v něm takové látky vznikají či jsou tam stále přítomny, musí pracovníci věnovat zvláštní pozornost všem bezpečnostním opatřením a také je dodržovat.

Elektrické instalace musí být provedeny kvalifikovanými pracovníky, a to v souladu s příslušnými místními a státními předpisy pro elektrická zařízení.

2.3 Provoz/Uvedení do provozu

Při provozu mohou být rizikové situace zapříčiněny závadami na zařízení a součástech způsobenými jejich stárnutím, nesprávným používáním či nedbalou údržbou.

Pravděpodobnost takových rizik snížíte prováděním řádných školení zaměřených na obsluhu (a údržbu) zařízení. V případě nutnosti hledejte v příslušných informacích poskytovaných společnostmi Edwards a dalšími dodavateli v podobě Návodů k použití, školení a poprodejního servisu.

2.4 Údržba/Demontáž

Aby nedošlo ke kontaktu pracovníků s nebezpečnými látkami, je nutné věnovat zvláštní péči dodržování veškerých bezpečnostních opatření při údržbě systému, do něhož jsou čerpány toxické, žíravé, hořlavé či samozápalné látky nebo v něm vznikají.

Rovněž uvažte program plánované údržby a bezpečnou likvidaci komponent, které mohou být kontaminovány nebezpečnými látkami. Je nutné dodržovat pokyny k údržbě uvedené v návodech k použití všech zařízení, aby byl zajištěn bezpečný a spolehlivý provoz. Obvykle jsou na systémy ATEX kladeny další požadavky.

3. Chemické zdroje nebezpečí

3.1 Chemické reakce a exploze

Je nutné vzít pečlivě v úvahu všechny možné chemické reakce, které v jakémkoli místě vašeho vakuového systému mohou nastat při běžném používání, při nesprávném používání nebo při závadě. Zejména musíte věnovat důkladnou pozornost reakcím plynů a výparů, které mohou vést k explozi. Zkušenosti ukazují, že dochází k explozím, v nichž byly přítomny materiály, o kterých konstruktér systému původně vůbec neuvažoval, a v jejichž případě došlo k závadám, které u tohoto zařízení nebyly vůbec vzaty v úvahu.

3.1.1 Homogenní reakce

K homogenním reakcím dochází v plynném skupenství mezi dvěma nebo více typy molekul plynů. Obvykle se jedná o reakci v podobě hoření plynu. Například, pokud je nám známo, reakce mezi silanem (SiH_4) a kyslíkem (O_2) je vždy homogenní. Pokud tedy takové reakce ve výrobním procesu máte, musíte pečlivě kontrolovat provozní tlak a koncentrace reagujících složek, abyste zabránili extrémní reakční rychlosti.

3.1.2 Heterogenní reakce

Heterogenní reakce vyžadují ke svému vzniku pevný povrch. Některé molekuly plynů reagují pouze v případě, že jsou adsorbovány do určitého povrchu. Nereagují však v plynném skupenství při nízkém tlaku. Tento typ reakce je ideální pro určité procesy, protože minimalizuje účinek reakcí, k nimž dochází v provozní komoře, snižuje množství částic a redukuje pravděpodobnost kontaminace.

Většina heterogenních reakcí se při vyšším tlaku stává homogenní, obvykle značně pod hodnotou atmosférického tlaku. To znamená, že způsob reakce plynů v provozních komorách nemusí nutně odpovídat tomu, jak reagují při kompresi vývěvou.

3.2 Problémy s neobvyklými reakcemi

Abnormální reakce mohou nastat tehdy, když se chemické látky dostanou do kontaktu s plyny či materiály, které konstruktér systému neočekával. K tomu může dojít například v případě netěsnosti, kterou buď atmosférické plyny pronikají do systému, nebo kterou toxické, hořlavé, výbušné či jinak nebezpečné plyny unikají ven do atmosféry.

S cílem zabránit vzniku takových reakcí byste měli v systému udržovat těsnost 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) nebo nižší. U aplikací při vysokém vakuu by měla být udržována těsnost 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) nebo nižší. Musíte také zajistit, aby byly všechny ventily systému těsné v sedle.

Plyny, které se v průběhu pracovního cyklu běžně dostávají do kontaktu, se mohou smísit v systému čerpání nebo výfukovém potrubí.

Může se stát, že po běžné údržbě mohou být v provozní komoře přítomny vodní páry nebo čisticí roztoky. K tomu by mohlo dojít po vypláchnutí a vyčištění provozní komory. Vodní páry se do systému mohou dostat také z výfukových kanálů a čističů výfuku.

Když se ke spláchnutí nánosů z vakuového systému používají rozpouštědla, je důležité zajistit, že vyprané rozpouštědlo je kompatibilní se všemi provozními materiály ve vakuovém systému.

3.3 Riziko exploze

Příčinou vzniku rizika exploze obvykle může být některá z následujících kategorií:

- Oxidanty
- Hořlavé/výbušné materiály
- Samozápalné látky
- Azid sodný

Upozorňujeme, že v zemích Evropské unie (a některých dalších) musí dodavatelé provozních materiálů ze zákona publikovat fyzikální a chemické údaje o materiálech, které prodávají (obvykle v podobě materiálových bezpečnostních datových listů). Údaje o materiálu musí tam, kde je to na místě, zahrnovat informace o horní a dolní hranici výbušnosti, fyzikálních a termodynamických vlastnostech materiálu a jakýchkoli rizicích spojených s používáním daného materiálu. Tyto informace vám poslouží jako vodítko.

3.3.1 Oxidanty

Do vakuových systémů jsou často čerpány oxidanty, například kyslík (O_2), ozón (O_3), fluór (F_2), fluorid dusitý (NF_3) a fluorid wolframový (WF_6). Oxidanty snadno reagují s celou řadou látek a materiálů a při těchto reakcích často vzniká teplo a zvyšuje se tlak plynů. Potenciálním rizikem vyplývajícím z těchto reakcí je oheň a přetlak ve vývěvě nebo výfukovém systému.

Bezpečného čerpání těchto plynů dosáhnete tím, že budete dodržovat bezpečnostní pokyny dodavatele plynů a také následující doporučení:

- Ve vývěvách používaných k čerpání kyslíku v koncentracích nad 25 % objemu v inertním plynu vždy používejte jako mazivo PFPE (perfluoropolyether).
- Ve vývěvách používaných k čerpání plynů, v nichž je obsah kyslíku běžně pod 25 % objemu, ale v chybovém stavu by se mohl zvýšit nad 25 %, používejte maziva PFPE. Pokud budou čerpány jiné oxidanty než kyslík, obraťte se na dodavatele maziva a zkonzultujte s ním doporučené koncentrace daného oxidantu.
- Tato maziva jsou preferována, ale je možné používat i uhlovodíková maziva, pokud je však použitím promývacího inertního plynu zaručeno, že olej nebude vystaven nebezpečným koncentracím oxidantu.

Za normálních okolností nebudou maziva PFPE v utěsněném zásobníku oleje či maziva rotační lopatkové či pístové vývěvy s olejovým těsněním oxidovat nebo se rozpadat, což snižuje pravděpodobnost exploze.

Nezapomeňte, že k tepelnému rozkladu maziv PFPE může dojít při teplotách nad 290 °C v přítomnosti vzduchu nebo železných kovů. Teplota tepelného rozkladu je však díky přítomnosti titanu, hořčíku, hliníku nebo jejich směsí snížena na 260 °C.

Pokud nechcete maziva PFPE používat u rotačních lopatkových či pístových vývěv s olejovým těsněním, můžete oxidant naředit na bezpečnou koncentraci pomocí inertního plynu, například suchého dusíku. Tento postup je vhodný pouze pro nízké průtoky oxidačních plynů. Do svého systému musíte nainstalovat bezpečnostní prvky, které zajistí, že bude vždy dostupný minimální přívod inertního přídavného plynu požadovaný ke snížení koncentrace oxidantu na bezpečnou úroveň a že průtok oxidantu nepřevýší maximální povolenou míru. Systém musíte navrhnout tak, aby se tok oxidantu zastavil ihned potom, co jsou tyto podmínky porušeny.

Doporučujeme, abyste pro čerpání oxidantů používali suché vývěvy Edwards (viz [Suché vývěvy Edwards](#) na straně 28). Suché vývěvy nemají těsnící kapalinu v přeneseném objemu, a tudíž jejich použití pro provozní oxidanty značně snižuje pravděpodobnost vzniku exploze.

Společnost Edwards doporučuje při použití uhlovodíkového maziva použít promývání inertním plynem v ložiscích a převodovce.

3.3.2 Hořlavé/výbušné materiály

Mnohé plyny a prachy, například vodík (H_2), acetylen (C_2H_2), propan (C_3H_8) a zejména nadrcený křemíkový prach jsou v určitých koncentracích v oxidantu hořlavé nebo výbušné, pokud bude přítomen zdroj vznícení. Ten může snadno vzniknout například při lokalizovaném zahřívání. Tato otázka se řeší v části [Zdroje vznícení](#) na straně 24.

Riziku výbuchu zabráníte tím, že zajistíte, aby koncentrace potenciálně hořlavé směsi byla mimo zápalnou zónu. Další podrobnosti najdete v části [Jak zabránit vzniku hořlavé zóny](#) na straně 20.

Dalším způsobem, jak redukovat pravděpodobnost exploze, je odstranit zdroj vznícení. Další podrobnosti jsou uvedeny v části [Zdroje vznícení](#) na straně 24.

V případech, kdy není možné zabránit vzniku hořlavé zóny, musíte zařízení navrhnout tak, aby při jakékoli následné explozi nemohlo dojít k narušení nebo k rozšíření plamenů do vnějšího prostředí. Použití protiexplozivních pojistek se řeší v části [Používání ochranných systémů v podobě protiexplozivních pojistek](#) na straně 23. Pokud je externí prostředí vakuového systému nebezpečné, musíte zajistit, že je veškeré vybavení určeno pro toto prostředí.

V rámci Evropské unie směrnice ATEX jasně stanovuje pravidla návrhu zařízení, které bude používáno v potenciálně výbušném prostředí.

Tam, kde je za všech okolností možné zabránit čerpání potenciálně výbušné atmosféry, je možné k čerpání hořlavých par či plynů použít jakýkoli typ vývěv Edwards.

3.3.3 Samozápalné látky

Za většiny podmínek jsou samozápalné plyny, například silan (SiH_4) a fosforovodík (PH_3) nebo samozápalný prach, ve vzduchu při atmosférickém tlaku spontánně hořlavé, takže ke vznícení může dojít, když se tyto plyny dostanou do kontaktu se vzduchem, nebo jiným oxidantem, při tlaku dostatečně vysokém na to, aby podporoval hoření. Tato situace může nastat v případě, že do systému pronikne vzduch netěsnostmi, nebo když se výfuk ze systému dostane do styku s ovzduším. Teplo z reakce oxidantu se samozápalným plynem může fungovat jako zdroj vznícení pro výbušné materiály.

Vznícení a exploze může nastat také v případě, že společným extrakčním systémem procházejí výfukové plyny z jiných procesů. Jestliže tedy čerpáte samozápalné látky, doporučujeme použít nezávislé extrakční systémy.

U procesů, které používají fosfor, může dojít ke kondenzaci pevného fosforu ve vakuovém systému nebo odsávání. Za přítomnosti vzduchu a při, byť nepatrném, mechanickém rozpořívání (například při aktivaci ventilu nebo při rotaci vývěvy způsobené rozdílem tlaku), může fosfor začít spontánně hořet, přičemž se uvolňují toxické plyny. Doporučujeme, aby se vývěvy používaly s promývacím inertním plynem a při dostatečně vysoké teplotě, čímž se minimalizuje kondenzace fosforu.

Maziva PFPE mohou absorbovat provozní plyny, které v případě samozápalných látek mohou být příčinou místního vznícení, jestliže jsou maziva vystavena působení vzduchu. Nebezpečí se může zvýšit zejména při údržbě nebo v případě, že je oxidant systémem přečerpáván po samozápalném plynu nebo prachu. Pravděpodobnost tohoto rizika můžete snížit použitím suchých vývěv Edwards, které v přeneseném objemu neobsahují žádná maziva. Je nutné zajistit, aby byly veškeré samozápalné látky před odvětráním nebo jinou manipulací pasivovány.

3.3.4 Azid sodný

Azid sodný se někdy používá při přípravě produktů pro lyofilizaci a při jiných výrobních procesech. Azid sodný může produkovat kyselinu azidovodíkovou. Její páry mohou reagovat s těžkými kovy a vytvářet nestabilní azidy kovů. A ty mohou spontánně explodovat.

K uvedeným těžkým kovům patří:

• baryum	• kadmium	• cesium
• vápník	• Měď	• olovo
• lithium	• mangan	• draslík
• rubidium	• stříbro	• sodík
• stroncium	• cín	• Zinek
• Slitiny mědi a zinku (například mosaz)		

Mosaz, měď, kadmium, cín a zinek jsou často používány v mnoha komponentech vývěv, v příslušenství a potrubích. Pokud váš provozní systém používá nebo produkuje azid sodný, musíte zajistit, aby v místech, kudy vašim procesním systémem prochází plyn, nebyly obsaženy těžké kovy.

3.4 Toxické či žíravé látky

U mnoha vakuových aplikací se manipuluje s toxickými a žíravými látkami, a proto je třeba použít speciální postupy.

3.4.1 Toxické látky

Svou povahou toxické látky představují riziko pro zdraví. Podstata rizika však záleží na samotné látce a její relativní koncentraci. Vždy byste měli dodržovat postupy pro manipulaci, které vám poskytne dodavatel dané látky, a v souladu s platnou legislativou.

Také byste měli vzít v úvahu tyto body:

- **Naředění plynu** – Existují zařízení, která umožňují ředit toxické provozní plyny, když procházejí vývěvami a do výfuku. Toto ředění můžete využít ke snížení koncentrací pod toxický limit. Doporučujeme monitorovat přívod pomocného plynu, abyste byli upozorněni na případné přerušení dodávky. Speciálně pro olejem utěsněné vývěvy prostudujte návod k použití, kde najdete informace o případné potřebě sad pro vracení oleje.
- **Zjištění netěsností** – Vakuové systémy Edwards jsou obvykle navrženy tak, aby dosahovaly těsnosti na úrovni $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s-1 ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s-1). Nemůžeme však zajistit těsnost přilehlého systému. Pro potvrzení celistvosti vakuového a výfukového systému je zapotřebí použít vhodné metody k zjištění netěsností (například heliovou hmotnostní spektrometrií).
- **Těsnění hřídele (suché vývěvy Edwards)** – Mnohé suché vývěvy se systémem promývání se využívají k tomu, aby se provozní plyny nedostaly do převodovky a ložisek, a tím případně do ovzduší. Při manipulaci s toxickými látkami je nutné zajistit neporušenost tohoto přívodu plynu. Musí se používat neodvzdušňovací regulátory v kombinaci se zpětným ventilem, jak to popisuje část [Regulátory tlaku](#) na straně 29.
- **Těsnění hřídele (jiné vývěvy Edwards)** – Těsnění hřídele zalité olejem (například mechanické Rootsovy vývěvy EH a rotační lopátkové vývěvy EM) minimalizuje riziko úniku provozních plynů (nebo vniknutí vzduchu dovnitř) a může sloužit jako vizuální upozornění (únik oleje nebo snížení hladiny oleje), ještě než vznikne nějaké nebezpečí. Jiné konstrukce těsnění náležitě upozornění na závadu neposkytují.

- **Magnetické pohony** – Je-li vyžadováno zcela hermetické utěsnění, je možné použít suché vývěvy Edwards EDP vybavené magnetickým pohonem s keramickou ochrannou nádobou, díky níž není nutné těsnění hřídele na hnací hřídeli motoru.

Pokud se ke snížení nadměrného tlaku používají tlakové odpouštěcí ventily nebo pojistné destičky, ujistěte se, že jsou bezpečně zapuštěny do vhodného výfukového systému, což slouží jako prevence rizika toxického znečištění.

Když společnosti Edwards vrátíte kontaminované vakuové zařízení k opravě či údržbě, musíte dodržet specifický postup (formulář HS1) a vyplnit prohlášení (formulář HS2) obsažené v Návodu k použití dodávaném se zařízením.

3.4.2 Žíravé látky

Při čerpání žíravých materiálů pomocí vývěv Edwards vezměte v úvahu následující body:

- **Vniknutí vlhkosti** – Je nutné věnovat speciální péči tomu, aby se zabránilo vniknutí vlhkého vzduchu, který urychluje korozi. Jako součást vypínání by měl být použit inertní výplach, kterým by se ze systému před jeho vypnutím vypláchly korozivní páry.
- **Ředění** – Použijte vhodný přídatný plyn, aby nedocházelo ke kondenzaci korozivních par a tudíž následné korozi.
- **Teplota** – Zvyšte teplotu vývěvy a výfuku, čímž zabráníte kondenzaci vodních par a omezíte korozi. V některých případech mohou vyšší teploty urychlit korozi – viz následující odstavec.
- **Koroze bezpečnostního zařízení** – V případě, že by mohlo dojít k poškození zařízení kritického z hlediska bezpečnosti (například protiexplozivních pojistek, snímačů teploty atd.) žíravými produkty v průtoku provozního plynu, je nutné vybrat pro jejich konstrukci takové materiály, aby toto nebezpečí nehrozilo.
- **Změny skupenství** – Neplánované změny skupenství mohou vést ke kondenzaci. Je nutné zvážit změny teplot a tlaku, aby se tomuto riziku zabránilo.
- **Neočekávané reakce** – Neočekávané chemické reakce mohou vést k vytváření žíravých produktů. Je nutné věnovat důkladnou pozornost možnosti křížové kontaminace, jestliže se zařízení používá k více účelům

Některé žíravé materiály, např. fluór, chlór, další halogeny nebo halogenidy, a oxidační činidla, jako je ozón, nebo redukční činidla, například sulfan, mohou rovněž působit agresivně na materiály, se kterými přijdou do kontaktu, aniž by musela být přítomna jakákoli kapalina. V takových případech je nutné minimalizovat parciální tlak žíravé látky pomocí vhodného přídatného plynu. Materiály konstrukce vakuového systému a modelu vývěvy je nutné vybírat tak, aby byly kompatibilní s konkrétním plynem v očekávaných koncentracích. Vysoké teploty mohou urychlovat korozi a proto je nutné je minimalizovat, pokud je to možné. Intervaly údržby je potřeba pozměnit tak, aby byl vzat v úvahu účinek žíravých látek na systém.

3.5 Shrnutí – Chemické zdroje nebezpečí

- Vezměte v úvahu všechny potenciální chemické reakce ve vašem systému.
- Připočtete k tomu abnormální chemické reakce, včetně těch, k nimž může dojít v chybovém stavu.
- Při hodnocení potenciálních rizik spojených s provozními materiály hledejte příslušné údaje v materiálových bezpečnostních datových listech.
- K minimalizaci reakcí s oxidanty a hořlavými materiály používejte technologie ředění.

- V rámci EU, pokud byla specifikována hořlavá zóna, je třeba použít vhodnou certifikovanou vývěvu ATEX. Pro všechny ostatní regiony doporučuje společnost Edwards použít vývěvy, které byly certifikovány dle směrnice ATEX.
- Při čerpání oxidantů používejte ve vývěvách správný typ maziva a zvažte použití suché vývěvy.
- V místech, kde vaším procesním systémem prochází plyn, nepoužívejte těžké kovy, pokud se během procesu používá či produkuje azid sodný.
- Obzvláštní péči věnujte manipulaci s toxickými, žíravými či nestabilními látkami.

4. Fyzikální zdroje nebezpečí

4.1 Nebezpečí spojená s přetlakem

Přetlak v součástech vakuového systému může mít tyto příčiny:

- zavedení vysokotlakého plynu do systému
- komprese plynu systémem
- náhlé zvýšení teploty těkavého plynu v systému
- změna skupenství vedoucí k usazování produktu v pevném skupenství
- reakce uvnitř vakuového systému
- blokový výfuk

Možné jsou i jiné příčiny.

4.2 Přetlak na výfuku vývěvy

Běžnou příčinou přetlaku ve výfuku je ucpání nebo zúžení výfukového systému. To může způsobit závadu vývěvy nebo jiných komponent v systému.

Vývěvy jsou kompresory, které jsou speciálně zkonstruovány pro provoz s vysokým kompresním poměrem výstup-vstup.

Kromě potenciálního přetlaku způsobeného provozem vývěvy může přetlak v systému způsobit také zavedení stlačeného plynu (například výplachového či přídatného plynu) v případě, že výfukový systém je zúžen či ucpán.

Je-li vývěva vybavena protiexplozivními pojistkami nebo jiným vybavením, jako jsou filtry nebo kondenzátory na straně výfuku, je důležité, aby zpětný tlak ve výfuku nepřesáhl maximální hranici stanovenou v návodu k použití vakuového systému. Je zapotřebí zavést odpovídající program údržby, který by zajistil, že provozní usazeniny neucpou výfukový systém a protiexplozivní pojistku. Pokud tento způsob není praktický, pak je zapotřebí mezi vývěvu a protiexplozivní pojistku umístit snímač tlaku, aby ucpání mohlo být odhaleno. Podobné úvahy platí pro jiné vybavení výfuku, jako jsou filtry a kondenzátory.

K ucpání provozního potrubí pevnými usazeninami, a tím i k riziku přetlaku, může vést sublimace nebo změna skupenství.

Údaje o maximálním a doporučeném stálém protitlaku ve veškerých komponentách výfuku včetně vývěvy jsou uvedeny v Návodu k použití dodávaném se systémem s vývěvou. Výfukový systém musí být navržen tak, aby byla tato omezení dodržena.

Mezní hodnoty pro nepřetržitý provoz najdete v návodu k použití vývěvy.

4.3 Ochrana proti přetlaku na výfuku

Obvykle doporučujeme vývěvy s výfukem vedeným do volně větraného výfukového systému. Váš výfukový systém však může obsahovat komponenty, které mohou způsobit zúžení nebo ucpání systému. V takovém případě musíte také zavést vhodné metody ochrany proti přetlaku. Patří k nim například:

Komponenta	Způsob ochrany
Ventil ve výfukovém potrubí	Zapojte ventil tak, aby byl otevřen vždy, když je vývěva spuštěna.

Komponenta	Způsob ochrany
	Začleňte do systému obtok ke snížení tlaku.
Čistič výfuku	Začleňte do systému obtok ke snížení tlaku.
	Začleňte do systému zařízení na sledování tlaku a propojte je s vývěvou tak, aby se vypnulo vždy, když je tlak na výfuku příliš vysoký.
Protiexplozivní pojistka	Měření tlaku na výfuku.
	Měření rozdílu tlaků.
Olejevý mlhový filtr	Začleňte do systému zařízení na snížení tlaku.

Stručně řečeno, jestliže se tlak ve výfukovém systému blíží maximálnímu povolenému tlaku:

- Snižte tlak pomocí zařízení ve vedení plynu a také odstraňte zúžení či ucpání.
- Zmírněte zdroj tlaku. Zastavte vývěvu nebo zastavte přísun stlačeného plynu.

4.4 Vstupní přetlak

4.4.1 Přísun stlačeného plynu a zpětný tlak

Požadovaný jmenovitý tlak potrubí spojujícího vývěvu s vakuovým systémem se kvůli představě, že toto potrubí nebude vystaveno tlaku přesahujícímu atmosférický tlak, často podhodnocuje. Tato představa však v praxi platí pouze za běžných provozních podmínek. Při stanovení požadovaného jmenovitého tlaku byste tudíž měli počítat s vyššími tlaky způsobenými abnormálními podmínkami nebo chybovým stavem.

Běžnou příčinou přetlaku ve vstupním potrubí vývěvy je zavedení stlačených plynů (například promývacích plynů), když vývěva není spuštěna. Jestliže komponenty vstupního potrubí nejsou pro následné tlaky vhodné, potrubí praskne a provozní plyny začnou ze systému unikat. Prasknutí a netěsnosti způsobí i zpětný tok plynů ze systému do provozní komory, která není schopna vydržet vzniklý tlak.

Když připojíte přívod stlačeného plynu k systému přes regulátory tlaku, které mají zajistit tok plynu při nízkém tlaku, dejte pozor, aby tlak odpovídal jmenovitému zatížení systému.

Neodvzdušňovací regulátory tlaku, které jsou běžně používány, způsobí, že tlak v systému stoupne na tlak plynu přiváděného k regulátoru, pokud je v provozu ve stavu, kdy systémem neproudí žádný provozní plyn. Přetlakování tedy můžete zabránit tím, že využijete některou z následujících metod:

- snižte tlak, zajistěte, že plyny mohou obtékat vývěvu a proudit do volně větraného výfuku;
- sledujte tlak v systému a pomocí uzavíracího ventilu zavřete přívod stlačeného plynu při předem stanoveném tlaku.

4.4.2 Nesprávné fungování vývěvy

Dokud nebude potvrzeno, že vývěva funguje správně, je nutné učinit zvláštní opatření.

Pokud vývěva rotuje nesprávným směrem a je spuštěna se zúženým či zablokovaným přívodem, bude ve vstupním potrubí vytvářet vysoký tlak. To by mohlo vést k prasknutí vývěvy, potrubí či komponent v potrubí.

Dokud tedy nebudete mít zjištěno, že směr rotace vývěvy je správný, vždy používejte zaslepovací desku volně připevněnou k vývěvě pomocí šroubů.

Provoz při vysokých rychlostech otáček by mohl vést k rozbití vývěvy. Nepoužívejte čerpadlo při rychlostech otáčení vyšších, než je maximální navržená rychlost; to je důležité zejména tehdy, když jsou pro regulaci otáček používány frekvenční měniče.

4.5 Shrnutí – fyzikální zdroje nebezpečí

- Při provádění bezpečnostních výpočtů určitě vezměte v úvahu bezpečné pracovní tlaky pro všechny komponenty systému.
- Zajistěte, že výfuk vývěvy nebude ucpan nebo zúžen.
- Jestliže hrozí nebezpečí vzniku vysokého tlaku převyšujícího jmenovité hodnoty v jakékoli části vakuového systému, doporučujeme, abyste do svého systému začlenili vhodně umístěné zařízení pro měření tlaku. Tlakoměr musí být propojen s ovládacím systémem, který na signál přetlaku uvede suchou vývěvu do bezpečného stavu.
- Při stanovení požadovaného jmenovitého tlaku vakuového systému a komponent vývěvy vezměte v úvahu abnormální podmínky a chybové stavy.
- Do systému určitě začleňte správný typ zařízení na snížení tlaku a stanovte jeho správné dimenze odpovídající vaší aplikaci.
- Zajistěte řádnou regulaci a sledování přívodu stlačeného plynu. Jestliže je vývěva vypnuta, vypněte přívod.
- Pokud je to možné, zajistěte, aby přívodní tlak na regulovaném výplachu byl nižší než maximální povolený statický tlak systému. Jinak zajistěte snížení tlaku v případě závady.

5. Analýza rizik

Metody analýzy rizik umožňují strukturovaný přístup k identifikaci a analýze rizik v systému při běžném používání, a rizik, která se mohou vyskytnout při závadě či chybovém stavu. Tyto metody ukazují cestu k řízení rizik; jejich použití může být v mnoha případech zákonným požadavkem. Mají-li být zcela účinné, musí analýzy rizik začít už v počáteční fázi navrhování systému, musí pokračovat až po instalaci a provoz systému, a dále pro fáze údržby a demontáže systému.

Podrobná studie metod analýzy rizik přesahuje rozsah této publikace. Mnohé analýzy rizik jsou však popsány jinde. Příkladem metody běžně používané v chemickém zpracovatelské průmyslu je HAZOP (Hazard and Operability Study – Studie nebezpečí a provozuschopnosti). Jedná se o metodiku analýzy rizik, která je zaměřena na identifikaci potenciálních rizik a problémů spojených s provozem.

Analýza rizik obvykle přináší informace o typu rizik, jejich závažnosti a pravděpodobnosti toho, že k riziku dojde. Tyto informace můžete využít při rozhodování o tom, jak nejlépe redukovat dopady rizik na přijatelnou úroveň. Podle toho, co je příčinou rizika, je možné riziko eliminovat, nebo snížit jeho závažnost, nebo snížit pravděpodobnost, že k němu vůbec dojde. Je však spíše výjimečné, že rizika lze odstranit úplně.

Když rozhodujete o tom, jak nejlépe řídit rizika, musíte vzít v úvahu všechny jeho možné dopady. Například malý horký povrch může představovat menší riziko pro pracovníka obsluhy, protože může způsobit popálení. S cílem snížit pravděpodobnost popálení, může konstruktér systému zajistit viditelné upozornění na horký povrch nebo může kolem horkých povrchů umístit určitou ochranu. Analýza rizik systému však může také ukázat, že tentýž horký povrch by mohl být zdrojem vznícení hořlavých výparů; to by mohlo vést k explozi nebo k uvolnění oblaku toxických par. S cílem snížit pravděpodobnost vznícení, musí konstruktér systému snížit teplotu daného horkého povrchu nebo musí zajistit, že se s tímto horkým povrchem nedostanou hořlavé výpary do styku.

6. Návrh systému

6.1 Jmenovitý tlak v systému

Jak je popsáno v části *Fyzikální zdroje nebezpečí* na straně 15, potrubí a komponenty vakuového systému jsou navrženy pro provoz s vnitřním tlakem pod hodnotou atmosférického tlaku. V praxi však obvykle bývá nutné navrhnout systém pro použití s vnitřním tlakem také o hodnotě vyšší než atmosférický tlak. V případě nutnosti musíte začlenit do systému zařízení na snížení tlaku, abyste zabránili přetlaku.

Je důležité navrhnout systém tak, aby vstupní potrubí a další komponenty na přívodu nebyly nejslabšími částmi systému, a to za předpokladu, že budou vždy pracovat za vakua, dokonce i v chybovém stavu.

Výfukové systémy musí být vždy navrženy tak, aby se při provozu mohl vyskytnout co nejmenší zpětný tlak na vývěvu. Výfukový systém však musíte navrhnout s příslušným jmenovitým tlakem; musí být vyhovující pro použití s tlaky, které vznikají působením vývěvy a při zavedení stlačeného plynu do systému. A musí být vyhovující pro použití se zavedenými opatřeními proti přetlaku.

Při provádění analýzy rizik byste měli vždy brát v úvahu:

- Externí přívody, například přípojky inertního plynu
- Izolace a zúžení ze všech zdrojů, zejména ve výfukovém vedení
- Reakce mezi provozními plyny.

Jestliže nádoba obsahuje těkavé kapaliny a může být izolována od zbývajících částí systému, pak externí teplo (například z ohně) může vést k tomu, že vnitřní tlak bude vyšší než přípustný tlak nádoby. V tomto případě musíte zvážit nutnost vhodného zařízení na snížení tlaku.

6.2 Eliminace stagnačních objemů

Stagnační objem je jakýkoli objem ve vakuovém potrubí či součásti vakuového systému, jenž není vystaven průtoku plynu. Příkladem je převodová skříň mechanické Rootsovy vývěvy nebo měřicí hlavice určitého nástroje. Stagnačním objemem se v případě izolování může stát také potrubí s ventily a vstupní potrubí plynného dusíku.

Stagnační objemy je nutné vzít v úvahu také při uvažování o směsích a reakci provozních plynů, které v provozní komoře za normálních okolností nejsou společně přítomny. Potrubí, vývěvy a provozní komory obvykle přenášejí plyny lineárně, to znamená, že po jednom plynu nebo jedné směsi plynů následuje další. Plyny, které jsou v těchto lineárních tocích transportovány, se běžně nesmísí, pokud ovšem průtoková rychlost výfukového plynu není snížena zúžením nebo ucpáním. Stagnační objem tedy není vypláchnut a může se při stoupajícím a klesajícím tlaku v systému zaplnit provozními plyny. Tak může dojít k tomu, že plyny, které systémem v určité fázi procesu procházejí, v něm zůstanou. Ty pak mohou reagovat s plyny z další fáze procesu. Ochranou před rizikem exploze může být důkladné vyprazdňování komory mezi jednotlivými zavedeními nekompatibilních plynů.

Když uvažujete o křížové kontaminaci stagnačních objemů, musíte věnovat zvláštní pozornost situaci, kdy jsou plyny potenciálně výbušné. Zejména byste měli pamatovat na riziko hromadění ve filtrech a oddělovačích a dalších komponentách. V případě potřeby použijte kontinuální průtok vysoké integrity promývacích inertních plynů, abyste snížili pravděpodobnost křížové kontaminace.

Při čerpání hořlavých látek se může stát, že se stagnační objemy naplní potenciálně výbušnými plyny či parami, které běžným výplachem není možné odstranit. V případě, že by mohl být přítomen zdroj vznícení, byste měli zvážit specifický výplach stagnačních objemů.

6.3 Výfukové extrakční systémy

V provozu je důležité používat správný typ výfukového extrakčního systému. Jak už bylo uvedeno, extrakční systém musí být navržen tak, aby odolal provozním tlakům a při produkovaní či zpracování nebezpečných látek musí být také dostatečně těsný, aby udržel provozní materiály a jejich vedlejší produkty a aby nedocházelo k únikům nebezpečných látek do ovzduší.

6.4 Zdroje potenciálně výbušných směsí plynů či par.

Jestliže se hořlavý plyn či pára smísí se správnou koncentrací kyslíku nebo jiného příhodného oxidantu, vytvoří se potenciálně výbušná směs, která se vznítí v přítomnosti zdroje vznícení.

Obvykle je jasné, zda je čerpaný materiál potenciálně výbušný, ale na základě zkušeností společnosti Edwards existují určité okolnosti, kdy potenciálně výbušná směs vzniká v důsledku podmínek, které při navrhování systému brány v úvahu nebyly. Je nutné identifikovat všechny možné provozní stavy a zdroje potenciálně výbušných směsí, které by mohly vzniknout za provozu vašeho zařízení. Některé příklady ze zkušenosti společnosti Edwards jsou uvedeny dále, ale tento seznam rozhodně nezahrnuje všechny možnosti.

- **Křížová kontaminace** – Když se vývěva používá pro řadu výkonů, může být její použití s jednotlivými látkami bezpečné, ale pokud se před použitím s jinou látkou neprovede výplach, může dojít ke křížové kontaminaci s nepředvídanými reakcemi.
- **Čisticí kapaliny** – Určitá aplikace může být považována za neškodnou, ale při použití hořlavých čisticích kapalin a následném vysušení odsátím vývěvou může vzniknout potenciálně výbušná směs.
- **Nepředvídané látky** – Při úkonech na vakuovém zařízení, kdy se vývěva používá k zajištění distribuovaného vakuového systému, je možné čerpat hořlavé materiály, které při návrhu systému nebyly vzaty v úvahu. Tyto látky mohou mít teploty samovznícení nižší, než jsou vnitřní teploty nebo jmenovitá teplota vývěvy.
- **Rozpuštěné páry** – Mohou se vyvíjet během procesu, a je potřeba vybrat správnou jmenovitou vnitřní teplotu procesu. Na trhu s chemickými provozními látkami je to obvykle pokryto požadavky ATEX.
- **Pronikání vzduchu** – Náhodným proniknutím vzduchu nebo oxidantu do systému se může změnit koncentrace hořlavých plynů či par a může se vytvořit potenciálně výbušná směs.
- **Hořlavé těsnovací kapaliny** – Používají-li se hořlavé těsnicí kapaliny ve vodokružních vývěvách, může následkem proniknutí vzduchu vzniknout potenciálně výbušná směs.
- **Zkondenzované provozní materiály** – Pokud existuje možnost, že uvnitř systému zkondenzuje hořlavý materiál, uvědomte si, že může reagovat s oxidanty z jiných kroků procesu nebo se vzduchem (například ve výfuku). Tomu lze zabránit vhodnou teplotou nebo kontrolou parciálního tlaku.

6.5 Jak zabránit vzniku hořlavé zóny

Hořlavá látka vytvoří potenciálně výbušné prostředí pouze v případě, že se sloučí se vzduchem nebo kyslíkem, nebo s jiným oxidantem, a její koncentrace je mezi dolní mezí hořlavosti – LFL (nebo dolní mezí výbušnosti – LEL) a horní mezí hořlavosti – UFL (nebo horní

mezi výbušnosti – UEL). Uvědomte si, že většina údajů v literatuře se vztahuje k mezím hořlavosti ve vzduchu, tj. kde oxidantem je kyslík. Veškeré následující informace jsou založeny na tomto předpokladu.

Má-li být potenciálně výbušná, je také nutné, aby koncentrace kyslíku byla nad minimální koncentrací kyslíku – MOC (nebo mezní koncentrací kyslíku – LOC). MOC (LOC) činí u většiny hořlavých plynů 5 obj. % nebo více. (Poznámka: Toto však neplatí pro samozápalné látky, které vyžadují zvláštní bezpečnostní opatření.)

Existuje řada strategií, pomocí nichž je možné zabránit provozu se směsmi plynů v hořlavé zóně. Volba příslušné strategie bude záviset na výsledku hodnocení rizik (analýza rizik) provozu a čerpacího systému.

- **Udržet koncentrace hořlavých plynů pod LFL (LEL)**

Minimalizovat riziko náhodného proniknutí hořlavého plynu do hořlavé zóny je možné stanovením bezpečného rozmezí pro provoz pod LFL (LEL).

Bezpečné rozmezí musí určit uživatel na základě hodnocení rizika. Někdo doporučuje udržovat koncentraci pod 25 % LFL (LEL).

Běžnou metodou udržení vhodné koncentrace pod hodnotou LFL (LEL) je ředění promývacím inertním plynem (například dusíkem) zaváděným do vstupu vývěvy anebo přípojek promývacího systému. Požadovaná celistvost systému ředění a zabezpečovacích zařízení či blokovacích systémů bude záviset na rizikové zóně, která vznikne, jestliže systém ředění selže.

- **Poznámka:**

Zajistěte patřičná opatření zabraňující riziku udušení.

- **Koncentrace kyslíku udržujte pod MOC (LOC)**

Toto je alternativní provozní režim, u něhož je nutné kvůli bezpečnosti sledovat koncentraci kyslíku u čerpaných plynů. Kvůli minimalizaci rizika náhodného proniknutí hořlavého plynu do hořlavé zóny by se mělo využít bezpečné provozní rozmezí MOC (LOC). Dostupné průmyslové standardy naznačují, že když je nepřetržitě sledována koncentrace kyslíku, je nutné udržovat koncentraci kyslíku nižší než 2 obj. % pod nejnižší publikovanou MOC (LOC) pro směs plynu. Pokud je MOC (LOC) nižší než 5 %, koncentraci kyslíku je třeba udržovat max. na 60 % MOC (LOC). Pokud je monitorování prováděno pouze jako běžné kontroly hladiny kyslíku, pak by tyto hladiny neměly přesáhnout 60 % nejnižší publikované MOC (LOC), pokud není MOC (LOC) nižší než 5 %, neboť v tomto případě musí být koncentrace kyslíku udržována pod 40 % MOC (LOC).

Upřednostňovanou metodou udržování hladiny kyslíku pod nejnižší publikovanou MOC (LOC) je důsledné vyloučení vzduchu a kyslíku z procesu a systému vývěvy, a v případě potřeby také ředění čerpaného plynu pomocí inertního promývacího plynu (například dusíku) zaváděného do vstupu vývěvy anebo přípojek promývacího systému. Požadovaná integrita opatření na vyloučení vzduchu či kyslíku a zabezpečovacích zařízení či blokovacích systémů bude záviset na rizikové zóně, která vznikne, jestliže systém vyloučení a ředění selže.

Bezpečnostní opatření, která jsou běžně požadována při důsledném vyloučení vzduchu z procesu a systému vývěvy, jsou uvedena na konci této části.

- **Udržet koncentrace hořlavých plynů nad UFL (UEL)**

V případě vysokých koncentrací hořlavých plynů může být vhodnější provoz při koncentracích nad UFL (UEL). Má-li se minimalizovat riziko náhodného proniknutí do hořlavé zóny, je třeba pro provoz nad UFL (UEL) použít bezpečné rozmezí. Doporučuje se, aby zbytkové hladiny kyslíku v plynu byly udržovány na úrovni pod

60 % absolutní hladiny kyslíku, která se běžně vyskytuje u UFL (UEL) koncentrací hořlavého plynu.

Upřednostňovanou metodou udržení hladiny kyslíku pod tímto bezpečným rozpětím je důsledné vyloučení vzduchu a kyslíku z procesu a systému vývěvy. Rovněž může být nutné ředit čerpaný plyn promývacím inertním plynem (například dusíkem) nebo dalším hořlavým plynem („vycpávacím“ plynem) zaváděným do vstupu vývěvy anebo přípojek výplachového systému. Požadovaná integrita opatření na vyloučení vzduchu, zavedení promývacího plynu a zabezpečovacích zařízení či blokovacích systémů bude záviset na rizikové zóně, která vznikne, jestliže systém vyloučení a ředění selže.

- **Udržování koncentrace hořlavých plynů pod minimálním výbušným tlakem**

Každý hořlavý materiál má minimální tlak, pod kterým nemůže nastat výbuch. Pokud lze udržovat tlak na vstupu vývěvy bezpečně pod tímto tlakem, nemůže se vznícení uvnitř vývěvy rozšířit do sítě. Nicméně je potřeba podniknout patřičná opatření na výfuku vývěvy.

K bezpečnostním opatřením, která jsou běžně požadována při důsledném vyloučení vzduchu z procesu a systému vývěvy, patří:

- **Eliminace úniků vzduchu**

Použijte detektor netěsností nebo proveďte zkoušku rychlosti zvýšení tlaku. Před vpuštěním hořlavých materiálů do provozní komory je možné provést zkoušku, jejímž cílem je zjistit, zda únik vzduchu (kyslíku) do vakuového systému je v povolených mezích.

Provádí se tak, že se prázdná provozní komora vyčerpá na tlak o hodnotě těsně pod běžným provozním tlakem a pak se izoluje od vývěvy. Potom se tlak v provozní komoře po určité stanovené období sleduje a zaznamenává. Vzhledem k tomu, že je znám objem provozní komory a také maximální povolené množství pronikajícího vzduchu, je možné vypočítat maximální povolený vzestup tlaku, k němuž po dané období může dojít. Při překročení maximálního tlakového limitu je zapotřebí učinit opatření na utěsnění místa, kudy vzduch (kyslík) do provozní komory proniká; než je pak povoleno nasátí hořlavých materiálů do provozní komory, musí se zkouška úspěšně opakovat.

V některých případech je pro zjištění těsnosti systému možné použít schopnost vakuového systému dosáhnout dobrého základního tlaku.

- **Před zahájením tohoto procesu odstraňte ze systému všechnen vzduch**

Před vpuštěním jakýchkoli hořlavých plynů do procesu by měl být systém zcela vyčerpán anebo vypláchnut inertním plynem (například dusíkem), aby se z něj odstranil veškerý vzduch. Na konci procesu tento postup opakujte, abyste odstranili jakýkoli hořlavý plyn, a teprve potom systém definitivně vyvětrejte.

- **Pro suché vývěvy**

Postarejte se, aby se do žádného těsnicího plynu nemohl za žádných okolností dostat vzduch a ani nemohl být vzduchem kontaminován, a ujistěte se, že žádná plynová zátěžová klapka není ani utěsněna, ani použita pouze pro zavedení inertního plynu.

- **Pro mokré vývěvy (např. rotační pístové či rotační lopatkové vývěvy)**

Provádějte údržbu těsnění hřídele přesně podle pokynů výrobce a používejte čerpaný a tlakovaný olejový mazací systém s hlášením poruchy v případě ztráty tlaku oleje. Tento systém může zahrnovat externí přídavné zařízení k zajištění filtrovaného a tlakovaného mazacího oleje a tlakový spínač. Ujistěte se, že žádná plynová zátěžová klapka není ani utěsněna, ani použita pouze pro zavedení

inertního plynu. Zajistěte odpovídající výplach zásobníku oleje inertním plynem, aby se před spuštěním procesu odstranil veškerý vzduch.

- **Pro Rootsovy vývěvy**

Provádějte údržbu primárního těsnění hnací hřídele plně v souladu s pokyny výrobce a zajistěte, aby přípojky výplachového systému nebo odvodušňovacího otvoru byly používány pouze pro nasátí inertního plynu.

- **Zpětný tok**

Ujistěte se, že provozní postupy v systému a zařízení chrání systém před zpětným tokem vzduchu, který by mohl být způsoben závadou vývěvy. Ujistěte se, že všechny čerpané hořlavé plyny jsou v místě konečného větracího otvoru z výfuku vývěvy bezpečně odstraněny. Zajistěte, aby se ve výfukovém potrubí nemohly vyskytnout směsi hořlavých plynů, a to tak, že před zahájením a po skončení procesů s hořlavými plyny provedete odpovídající průplach potrubí inertním plynem, a také že odpovídající promývání inertním plynem bude provedeno během provozu. Tím zabráníte turbulentnímu zpětnému směšování vzduchu ve výfuku.

6.6 Úroveň celistvosti systému

V předchozích částech byly popsány způsoby ochrany využívající ředění inertním plynem. Principem této metody je smísení inertního plynu (obvykle dusíku) s provozními plyny s cílem naředit je tak, aby nemohlo dojít k explozi nebo reakci. Používáte-li ředění plynu jako primární bezpečnostní systém na ochranu před možnou explozí, potřebujete výstražný a blokovací systém pro naprostou integritu, který zabrání provozu systému v případě, že systém ředění plynu nefunguje. Integritu systému ředění plynu je zapotřebí zvážit při hodnocení rizik (analýze rizik), a bude záviset na interním členění (tedy úrovni rizik), k němuž dojde, až selže systém ředění. Při hodnocení rizik a při stanovení požadovaných úrovní integrity systému by se měly využívat nejnovější osvědčené postupy.

Jestliže se systém ředění používá například při udržování koncentrací hořlavých plynů mimo hořlavou zónu a selhání systému ředění povede k tomu, že čerpaný plyn bude nepřetržitě nebo často uvnitř hořlavé zóny (požadavek na zónu 0 ATEX je obvykle > 50 %), pak systém ředění musí vyhovovat některé z následujících podmínek:

- Musí být zabezpečen proti selhání, a to i v případě ojedinělé závady.
- Musí být bezpečný i při dvou závadách.
- Musí obsahovat dva nezávislé systému rozvodu pro ředění.

Alternativou v případě, že by závada systému ředění způsobila, že čerpaný plyn by se dostal do hořlavé zóny občas (obvykle podmínka zóny 1 ATEX), pak systém ředění musí vyhovovat některé z následujících podmínek:

- Musí být zabezpečen proti selhání, a to i v případě očekávané závady.
- Musí být bezpečný při jedné závadě.

V případě, že by závada systému ředění způsobila, že by se čerpaný plyn dostal do hořlavé zóny s malou pravděpodobností, nebo pouze na krátkou dobu (obvykle podmínka zóny 2 ATEX), pak systém ředění musí být za běžného provozu bezpečný.

6.7 Používání ochranných systémů v podobě protiexplozivních pojistek

Pokud je směs čerpaných plynů a par hořlavá (viz část [Jak zabránit vzniku hořlavé zóny](#) na straně 20) trvale nebo dlouhodobě (tj. podmínka zóny 0) a existuje nebezpečí aktivace zdroje vznícení (viz část [Zdroje vznícení](#) na straně 24) během normálního provozu nebo předvídatelné závady, je nutné instalovat na primární vývěvu protiexplozivní pojistky (viz též

část *Protiexplozivní pojistky* na straně 30). Od třetí strany jsme získali osvědčení na používání specifických protiexplozivních pojistek pro vývěvy Edwards a toto osvědčení ukazuje, že uvedené pojistky jsou schopné zabránit přenosu plamenů v provozním potrubí nebo do okolního prostředí.

Pokud je hořlavá směs přítomná dlouhodobě, je nutné nainstalovat schválený a vyzkoušený teplotní vysílač na vstup protiexplozivní pojistky, aby bylo detekováno trvalé hoření. V případě detekce trvalého hoření je nutné vývěvu vypnout a izolovat od paliva. Informace o schválených protiexplozivních pojistkách a teplotních vysílačích získáte od společnosti Edwards. Abyste tepelně chránili protiexplozivní pojistku a vývěvu před vzácnou závadou (zóna 0) vývěvy, je nutné na výfuk vývěvy instalovat teplotní vysílač. Vypínací body závisí na systémech vývěvy. Další informace najdete v příslušném návodu ATEX vývěvy.

Pokud teplotní vysílač na vstupu nebo výfuku dosáhne maximální mezní hodnoty, což označuje chybový stav, je nutné podniknout vhodné kroky. Ty závisí na aplikaci, ale mohou zahrnovat:

- **Zastavení přísunu paliva** – Uzavřením ventilu umístěného na vstupu vývěvy zabráníte tomu, aby palivo proniklo do vývěvy.
- **Zastavení zdroje vznícení** – Zastavení vývěvy vypnutím motoru.
- **Neutralizace oblasti hoření** – Rychlým přidáním inertního plynu do oblasti hoření (obvykle, ne však vždycky, lokalizovaném v místě výfukového potrubí vývěvy) oheň zlikvidujete. Nezapomeňte však, že pokud neodstraníte zdroj vznícení, oheň může znovu vzplát.

6.8 Zdroje vznícení

Pokud jsou vývěvy používány k čerpání hořlavých směsí, je třeba vzít v úvahu možné zdroje vznícení. Dále uvádíme některé oblasti, o nichž byste měli uvažovat a které můžete použít jako součást celkové revize. V závislosti na daném procesu bude pravděpodobně možné vyloučit některé nebo všechny zdroje vznícení. Pokud není možné zamezit zdroji vznícení z důvodu provozních podmínek nebo požadavků na systém, je nutné navrhnout systém odpovídajícím způsobem.

Poznámka:

Některé vývěvy Edwards mají nezávislé osvědčení, které potvrzuje, že (pokud se správně používají) potlačí vnitřní explozi.

- **Mechanický kontakt** - Mechanický kontakt s rotujícími i stacionárními díly uvnitř vývěvy a systému může být zdrojem vznícení. Všechny vývěvy Edwards jsou konstruovány a vyráběny tak, aby byly za všech provozních podmínek dodrženy uvnitř vývěvy správné vzdálenosti. Aby bylo možné vyloučit tento zdroj vznícení, je důležité zabránit usazování materiálů na vnitřních površích nebo vývěvu vyčistit. Ložiska je třeba udržovat v dobrém stavu, dostatečně mazat a použít vhodný promývací plyn, aby byl eliminován kontakt s provozními plyny. Dodržujte doporučený režim údržby ložisek, aby byl zajištěn bezpečný a spolehlivý provoz.
- **Nasátí různých částic** – U všech čerpacích mechanismů existuje možnost nasátí částic, které vznikly při procesu nebo které jsou výsledkem výrobního procesu systému. V místech, kde jsou tyto částice válcovány mezi pohybujeícím se a statickým povrchem, může vznikat teplo. Vhodné vstupní síto nebo filtr zabrání vniknutí částic do vývěvy a zmenší objem části na bezpečné množství. Je potřeba dodržovat řádný režim údržby vstupního síta.
- **Hromadění prachu** – K vytváření jemného zhuštěného prachu u vnitřních vůlů může dojít tehdy, když je čerpací mechanismus používán v procesu, při němž

vzniká prach. Dokonce i při používání vstupních prachových filtrů se může stát, že se do vývěvy dostanou malé prachové částičky. Při nepatrných změnách rozměrů způsobených teplotními změnami se zhuštěný prach může dostat do styku s pohyblivou plochou a tak může vznikat teplo.

- **Kompresní teplo (samovznícení)** – Vnitřní kompresní teplo v kompresoru musí být posuzováno ve vztahu k teplotě samovznícení všech plynů a par, které jsou čerpány. Je nutné zajistit, aby vývěva měla teplotní klasifikaci nejméně stejnou nebo vyšší než čerpané plyny.
- **Horké povrchy** – V případě, že se hořlavé plyny nebo páry mohou dostat do kontaktu s horkým povrchem, mohou se vznítit, pokud je překročena teplota samovznícení. Poznámka: Vývěvy Edwards a protiexplozivní pojistky by neměly být teplotně izolovány, pokud by to mělo uvnitř (a vně) způsobit zvýšení povrchových teplot, což by vedlo k samovznícení.
- **Horko působící vně** – Horko působící vně se může vyskytnout například v případě požáru v bezprostřední blízkosti vakuového zařízení. Za těchto podmínek se mohou vytvořit vnitřní tlaky přesahující maximální statický tlak systému a mohou vzniknout teploty přesahující teplotu samovznícení. Tato skutečnost by měla být zahrnuta do analýzy rizik systému.
- **Proudění horkého provozního plynu** – Vysoké teploty přiváděného plynu mohou vést k tomu, že u vnitřních (nebo vnějších) povrchů bude překročena teplota samovznícení čerpaných materiálů. Vysoká teplota přiváděného plynu může rovněž vést k zadření rotoru/statoru. Maximální povolené teploty interního plynu najdete v návodu k použití vývěvy. Další informace získáte u společnosti Edwards.
- **Katalytická reakce** – Přítomnost určitých materiálů může vést ke katalytickému vznícení. Všechny konstrukční materiály ve vakuovém systému by se měly posuzovat v souvislosti s možností, že se s čerpanými plyny či parami projeví právě tímto způsobem.
- **Samozápalná reakce** – Teplo ze spalování samozápalných látek vznikající při vniknutí vzduchu nebo oxidantu může působit jako zdroj vznícení pro hořlavé materiály. Viz [Samozápalné látky](#) na straně 11.
- **Statická elektřina** – Mohou nastat určité okolnosti, při nichž může na izolovaných komponentách vznikat statická elektřina před vybitím do země v podobě jiskry. Možnost vzniku statické elektřiny by měla být součástí úvah o konstrukci systému.
- **Blesk** – V případě umístění venku může energii potřebnou ke vznícení zajistit zasažení bleskem. Možnost, že k této situaci dojde, by měla být součástí úvah o konstrukci systému.

6.9 Shrnutí – návrh systému

Při navrhování bezpečných vakuových systémů je nutné vzít v úvahu následující body. V závislosti na aplikaci mohou existovat i další.

- Jestliže čerpáte nebezpečné látky, musíte systém navrhnout tak, aby byl bezpečný.
- Při čerpání oxidantů používejte jako mazivo PFPE (perfluoropolyether).
- Pokud je ke snížení koncentrace hořlavého plynu pod dolní mez výbušnosti nebo hořlavosti, nebo pod minimální nebo nižší koncentraci oxidantu, použit inertní plyn, je nutné zajistit celistvost přívodu inertního plynu.
- Koncentrace může být udržována rovněž nad horní mezí výbušnosti či hořlavosti, ale je nutné zajistit vhodná bezpečnostní opatření, aby koncentrace nemohla klesnout do rozsahu hořlavých koncentrací.
- Před použitím testujte těsnost systémů a zařízení.

- Před vypuštěním do atmosféry či smísením s oxidanty ředte samozápalné plyny na bezpečné hladiny pomocí inertního plynu.
- Nesmíte připustit, aby kdekoli při proudění plynu vaším systémem došlo ke kontaktu azidu sodného a těžkých kovů.
- Nesmíte připustit, aby maximální tlak systému přesáhl individuální bezpečnou hladinu kterékoli jednotlivé části systému.
- Vždycky musíte přihlížet k bezpečnostním informacím dodávaným k látkám, které chcete čerpat.
- Uvažte, zda místo olejem utěsněných rotačních lopatkových či pístových vývěv, které jsou rizikové v souvislosti s olejem v přeneseném objemu, raději nepoužít suché vývěvy.
- Pokud jsou vývěvy Edwards používány k čerpání potenciálně hořlavých směsí, je třeba vzít v úvahu možné zdroje vznícení a potenciální následky možného výbuchu.

7. Správná volba zařízení

Chcete-li mít jistotu, že si pro svou aplikaci vyberete správné zařízení, musíte vzít v úvahu limity, v nichž bude váš systém muset fungovat. Technické údaje pro zařízení Edwards jsou uvedeny v našem Katalogu výrobků, marketingových materiálech a v Návodech k použití zařízení. Ve většině případů je možné získat další informace na požádání; Informace žádejte od společnosti Edwards.

Při navrhování vakuového systému vezměte v úvahu následující mechanické parametry vývěvy:

- Maximální statický tlak (přívod a výfuk)
- Maximální provozní tlak na přívodu
- Maximální provozní tlak na výfuku
- Průchodnost součástí přívodu a výfuku
- Specifikace týkající se tlaku u jiných komponent připojených k vývěvě
- Sledování tlaku v případě ucpání výfukového vedení

V případě olejem utěsněných rotačních lopatkových či pístových vývěv musíte také vzít v úvahu:

- Průtok připouštění plynu
- Promývací průtok zásobníku oleje
- Plyny a páry zachycené v zásobníku oleje
- Plyny a páry absorbované do oleje v zásobníku oleje.

Maximální statický tlak definuje maximální tlak, jakému mohou být vystavena napojení vývěvy na přívodu a výstupu, jestliže vývěva není v provozu. Tento tlak je závislý na mechanické konstrukci vývěvy.

Rotační lopatkové a pístové vývěvy s olejovým těsněním jsou navrženy pro provoz s tlakem na přívodu o hodnotě atmosférického tlaku nebo pod ní, a i když maximální statický jmenovitý tlak může být vyšší než tlak atmosférický, nesmí za provozu maximální tlak vývěvy na vstupu překročit atmosférický tlak. Někteří výrobci limitují kontinuální tlak na přívodu svých čerpadel na tlaky pod hodnotou atmosférického tlaku. Maximální tlak na přívodu u vývěvy v provozu je označuje jako maximální provozní tlak.

Důvod, proč je maximální provozní tlak omezen, nesouvisí nutně s mechanickou celistvostí vývěvy. Maximální tlak je obvykle úměrný jmenovitému výkonu vývěvy při vysokých tlacích na přívodu a je spojen s potenciálním nebezpečím přehřátí mechanických komponent vývěvy nebo elektrického motoru.

Z podobných důvodů doporučujeme, abyste tlak na výstupu vývěvy udržovali co nejmenší (obvykle na hodnotě 0,15 bar, $1,15 \times 10^5$ Pa, pro nepřetržitý provoz). Vývěvy jsou navrženy pro provoz s nezúženým výfukem, a tlak na výstupu v hodnotě 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) je obvykle dostatečně vysoký na pohon výfukových plynů vašim výfukovým extrakčním systémem a systémem zpracování.

7.1 Olejem těsněné rotační lopatkové a pístové vývěvy

Olejem těsněné rotační vývěvy Edwards zahrnují rotační lopatkové vývěvy řad E1M, E2M, ES a RV a řadu Stokes Microvac olejem těsněných pístových vývěv. Všechny vývěvy jsou obvykle navrženy pro provoz s tlakem na přívodu o hodnotě nižší než atmosférický tlak a s výfukem vývěvy volně větraného do ovzduší.

Rotační lopátkové a pístové vývěvy s olejovým těsněním jsou praktickou náhradou objemových kompresorů a mohou vytvořit velmi vysoký tlak na výfuku, jestliže je výstup ucpán nebo zúžen. V těchto případech může tlak přesáhnout bezpečnou hodnotu statického tlaku zásobníku oleje a v mnoha případech i bezpečnou hodnotu statického tlaku součástí systému v odtoku (například polypropylenových promývačů nebo vakuových spojů s O-kroužky). Společnost Edwards proto důrazně doporučuje instalovat do výfuku vývěvy vysoce odolný snímač tlaku.

Aby bylo dosaženo bezpečné úrovně ředění, může být plyn na přívodu posílen o výplach zásobníku oleje (kde je toto příslušenství k dispozici) připojený k zásobníku oleje na vývěvě. Zvýšení průtoků přiváděného plynu a výplachu zásobníku oleje zvyšuje množství oleje přenášeného výfukovým systémem.

Všechny vývěvy Edwards s olejovým těsněním mají značné objemy zásobníků oleje, které mohou zadržovat hořlavé a výbušné směsi. Olej v zásobníku oleje může účinně absorbovat či kondenzovat páru a plynné vedlejší produkty. Páry a plyny zachycené v oleji mohou být samozápalné či toxické. Musíte tedy zavést zvláštní postupy, které by zajistily bezpečnost při údržbě.

7.2 Suché vývěvy Edwards

Maximální provozní tlak je omezen stejnými faktory, které mají vliv na olejem těsněné vývěvy (tedy potenciálním rizikem přehřátí mechanických součástí vývěvy nebo elektrického motoru).

Suché vývěvy Edwards jsou praktickou náhradou objemových kompresorů a mohou vytvořit vysoký tlak na výfuku. Jestliže je vývěva včleněna do systému, při jehož procesu mohou vznikat pevné vedlejší produkty (a kde je pravděpodobnost ucpání výfukového potrubí), společnost Edwards důrazně doporučuje zapojit monitor tlaku na výfuku. Informace o tom, na jaký tlak by spínače měly být nastaveny, najdete v Návodu k použití vývěvy.

Suché vývěvy Edwards mají vysokou průchodnost připouštění plynu. Přidání ředicího plynu, například dusíku, může být provedeno pomocí čerpacího mechanismu s cílem optimalizovat potlačení reakce. Průtoky promývání jsou uvedeny v návodu k použití vývěvy.

7.3 Návrh potrubí

7.3.1 Vlnovce

Vlnovce jsou krátké, tenkostěnné součásti se značným stočením. Používají se k redukci přenášení vibrací z vývěvy do vakuového systému.

Vlnovce instalujte vždy v rovném potrubí s oběma konci napevno uzavřenými. Pokud jsou vlnovce správně nainstalovány, mohou vydržet malý pozitivní vnitřní tlak (podrobnosti najdete v Návodu k použití dodávaném s vlnovci). Vlnovce nepoužívejte u výfuku suchých vývěv; v tomto případě používejte opletené pružné hadice (viz [Pružné hadice](#) na straně 28).

Vezměte v úvahu to, že vlnovce se mohou v důsledku únavy materiálu poškodit, pokud jsou používány při aplikacích s častými cykly.

7.3.2 Pružné hadice

Pružné hadice mají tenčí stěnu a mělčí zakřivení než vlnovce. Pružné hadice umožňují pohodlné připojení součástí vakuového systému a pomáhají vyrovnávat zakřivení nebo nepatrné pohyby pevného podtlakového potrubí. Mohou být vytvarována do relativně ostrých ohybů a svou pozici si zachovávají.

Pružná hadice jsou určena pro instalace ve statických systémech. Nejsou vhodná pro opakované ohýbání, které by mohlo způsobit poškození v důsledku únavy materiálu.

Při používání pružných hadic se snažte dodržet co nejkratší délku a vyhněte se zbytečným ohybům. U aplikací, u kterých je generován vysoký tlak na výfuku, použijte pancéřové pružné hadice.

Pancéřová pružná hadice jsou vlnovce s vnější ochrannou vrstvou v podobě kovového opletení z nerezavějící oceli. Při instalaci pancéřových pružných hadic musíte zachovat minimální poloměr ohybu uvedený v Návodu k použití dodávaném s hadicemi.

7.3.3 Kotvící body

Je zapotřebí, abyste správně ukotvili potrubí a jeho součásti. Pokud například nesprávně ukotvíte vlnovce, nebudou redukovat vibrace vytvářené vývěvou a může to vést k poškození potrubí v důsledku únavy materiálu.

7.3.4 Těsnění

V případě, že v kterékoli části vakuového systému mohou vznikat pozitivní tlaky (i za chybového stavu), musíte používat vhodné typy těsnění a materiály, které jsou schopné vydržet očekávané vakuum a pozitivní tlaky.

7.4 Ochrana před fyzickým přetlakem

Jak bylo uvedeno výše, přetlak může být způsoben zúžením nebo ucpáním systému nebo některé z jeho součástí. Přetlak může nastat v důsledku proudění stlačeného plynu z vývěvy nebo z externího přívodu stlačeného plynu (např. pro systém ředění). Existují dvě hlavní metody ochrany systému před přetlakem: je to snížení tlaku a upozornění na přetlak/vypnutí, které jsou popsány v následujících odstavcích.

7.4.1 Snížení tlaku

Přetlak můžete snížit pomocí pojistných destiček nebo tlakových odpouštěcích ventilů. Provozní tlak zařízení musí být pod přípustným jmenovitým tlakem systému. Tato zařízení musíte pomocí vhodného potrubí připojit k místu, kde je bezpečné ventilovat provozní plyny a kde není zúžení větracího kanálu. Pokud při vašem procesu vznikají pevné vedlejší produkty, je zapotřebí zařízení na snižování tlaku pravidelně kontrolovat a starat se o to, aby nebyla ucpaná či zúžená. Při návrhu těchto ochranných zařízení byste měli vzít v úvahu účinek pulzace tlaku na opotřebení pojistných destiček nebo na životnost ventilu.

7.4.2 Přetlakový alarm/spínač

Společnost Edwards využívá tuto metodu ochrany často. Tento typ ochrany se doporučuje pro jakýkoli systém, ale nemusí vhodný pro systémy, které produkují pevné vedlejší produkty.

7.4.3 Regulátory tlaku

Existují dva hlavní typy regulátorů tlaku: ventilující a neventilující.

Ventilující regulátory ventilují plyn do ovzduší nebo do samostatného potrubí, aby byl zachován konstantní tlak na výstupu ve stavu, kdy plyn neproudí. Ventilující regulátory se obvykle používají v případě, že nejvyšší důležitost má integrita potrubí.

Neventilující regulátory mohou pouze udržovat konstantní tlak na výstupu při proudění plynu.

Za stavu, kdy plyn neproudí, může tlak na výstupu některých regulátorů stoupnout na úroveň přírodního tlaku. Míra vzestupu je závislá na charakteristikách regulátoru a na objemu, k němuž je výstup připojen. Vzestup může trvat několik minut až několik měsíců.

Regulátory tlaku nejsou navrženy jako vypínací ventily a v případě, že je nutné odpojení, musí být používány v kombinaci s vhodnými odpojovači (například elektromagnetickým ventilem). Jinak musíte učinit opatření na bezpečné odvodu nadměrného tlaku.

7.4.4 Protiexplozivní pojistky

Protiexplozivní pojistky nejsou zařízení na ochranu před explozí. Jsou určeny k tomu, aby zabránily šíření čela plamene potrubím (viz část [Používání ochranných systémů v podobě protiexplozivních pojistek](#) na straně 23). Protiexplozivní pojistky poskytují čelu plamene velký povrch a malé mezery průchodnosti a způsobují tak jeho uhašení. Protiexplozivní pojistky jsou obvykle vhodné jen pro použití v systémech používaných pro čisté plyny či páry.

Se stoupajícím tlakem stoupá také explozivní energie směsi plynů. Většina protiexplozivních pojistek má chránit oblasti, kde vnitřní tlak nepřesahuje hodnotu tlaku atmosférického. Musíte zajistit, aby provozní tlak ve výfukovém extrakčním systému vedoucím do protiexplozivní pojistky nepřekročil hodnotu maximálního provozního tlaku. Nicméně v případě protiexplozivních pojistek certifikovaných pro použití se suchými vývěvami pro chemické aplikace Edwards se podívejte na maximální povolené tlaky do Návodu k použití pro ATEX. Rovněž je třeba uvážit maximální přípustný zpětný tlak vývěvy.

Protiexplozivní pojistky pracují tak, že odnímají spalné teplo z čela plamenů, čímž se dosahuje maximální bezpečné provozní teploty. Nesmíte dovolit, aby tato teplota byla překročena stopovým teplem, izolací nebo teplotou plynu, který prochází.

Schopnost protiexplozivních pojistek zachytit plameny závisí na rychlosti čela plamene, která zase závisí na vzdálenosti čela od zdroje vznícení. Pokud se používají u vývěv pro chemické aplikace Edwards, měly by být těsně propojeny s přívodem a výfukem. suchými vývěvami pro chemické aplikace Použití kolen a T-kusů mezi vývěvou a pojistkou je přípustné pouze u některých vývěv za určitých okolností. Příslušné informace a rady žádejte od společnosti Edwards.

7.5 Promývací systémy

K zařízení je možné připojit promývací systémy s inertním plynem, které odstraňují provozní plyn zůstávající v systému po skončení provozního cyklu.

Správné používání promývání může zajistit odstranění korozivních produktů a zabránit tak poškození vývěvy, ale i – a to je ještě důležitější – poškození ochranných systémů, například protiexplozivních pojistek. Mimoto, odstranění provozních plynů zaručuje, že mezi látkami používaným v různých provozních cyklech nedojde k nežádoucím a potenciálně nebezpečným chemickým reakcím.

7.6 Souhrn – správná volba zařízení

- Vyberte pro svou aplikaci správný typ zařízení.
- Začleňte do systému všechna odpovídající bezpečnostní zařízení nezbytná pro zajištění bezpečnosti v případě závady.
- Eliminujte stagnační objemy.
- Zajistěte vhodné kontroly a regulaci systému.

- V případě potřeby začleňte do systému zařízení na snížení tlaku.
- V případě potřeby používejte protiexplozivní pojistky.
- Před použitím testujte těsnost systémů a zařízení.

8. Provozní postupy a školení

Bezpečnost provozu zařízení vyžaduje náležité školení, jasné a výstižné pokyny a pravidelnou údržbou. Je důležité, aby všichni pracovníci používající vakuové zařízení byli řádně vyškoleni, kvalifikovaní a v případě potřeby pracovali pod příslušným dohledem.

Pokud si nejste jisti v případě určité podrobnosti týkající se provozu či bezpečnosti vztahující se k zařízení společnosti Edwards, neváhejte a požádejte nás o informace a rady.

9. Souhrn

- Proveďte hodnocení rizika, abyste identifikovali a případně eliminovali či zmírnilí všechna rizika. Hodnocení je třeba provést při návrhu, konstrukci, uvedení do provozu, údržbě a demontáži vakuového systému.
- Vezměte v úvahu všechny potenciální chemické reakce ve vašem systému. Připočtěte k tomu abnormální chemické reakce, včetně těch, k nimž může dojít v chybovém stavu.
- Při hodnocení potenciálních rizik spojených s provozními materiály, například rizika samovznícení, hledejte příslušné údaje v datových listech/materiálových bezpečnostních datových listech.
- K minimalizaci reakcí s oxidanty a hořlavými materiály používejte technologie ředění.
- Jestliže vývěvu používáte na oxidanty a samozápalné látky, používejte správný typ maziva.
- V místech, kde vaším čerpacím systémem prochází plyn, nepoužívejte těžké kovy, pokud během procesu vzniká nebo se používá azid sodný.
- Při provádění bezpečnostních výpočtů určitě vezměte v úvahu bezpečné pracovní tlaky pro všechny komponenty systému. Určitě také počítejte s abnormálními a chybovými stavy.
- Do systému určitě začleňte správný typ zařízení na snížení tlaku a stanovte jeho správné dimenze odpovídající vaší aplikaci.
- Zajistěte, aby nedocházelo k ucpání výfuku.
- Zajistěte řádnou regulaci a sledování přídavných plynů.
- Jestliže čerpáte nebezpečné látky, musíte systém navrhout tak, aby byl bezpečný.
- Při čerpání oxidantů používejte olej a maziva PFPE (perfluoropolyether).
- Použijte inertní plyn ke zředění hořlavých či samozápalných plynů na bezpečnou úroveň nebo zajistěte, že když koncentrace zůstanou nad horní mezí hořlavosti/výbušnosti, uvážíte vhodné bezpečnostní faktory během veškerých provozních podmínek, včetně závad.
- Nesmíte připustit, aby maximální tlak systému přesáhl maximální jmenovitý tlak kterékoli jednotlivé části systému.
- Zvažte, zda místo olejem utěsněných vývěv, u nichž je riziko spojené s výskytem oleje v přeneseném objemu, nepoužijete raději suché vývěvy.
- Eliminujte stagnační objemy.
- Zajistěte vhodné kontroly a regulaci systému.
- V případě potřeby používejte protiexplozivní pojistky.
- Před použitím testujte těsnost systémů a zařízení.

