



BEZPEČNOSTNÍ INSTALACE A PROVOZ PSA A MEMBRÁNOVÝCH ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU KYSLÍKU A DUSÍKU

IGC Doc 149/09/CZ

Nahrazuje Doc 149/08 (dřívější EIGA 706/07)

Korektura překladu provedena pracovní skupinou PS6 ČATP

**EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION
(EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLOVÝCH PLYNŮ)**

AVENUE DES ARTS 3-5 • B – 1210 BRUSSELS

Tel : +32 2 217 70 98 • Fax : +32 2 219 85 14

E-mail : info@eiga.eu • Internet : <http://www.eiga.eu>

ČESKÁ ASOCIACE TECHNICKÝCH PLYNŮ

U Technoplynu 1324, 19800 Praha 9

Tel: +420 272 100 143 • Fax: +420 272 100 158

E-mail : catp@catp.cz • Internet : <http://www.catp.cz/>



BEZPEČNOSTNÍ INSTALACE A PROVOZ PSA A MEMBRÁNOVÝCH ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU KYSLÍKU A DUSÍKU

KLÍČOVÁ SLOVA

- BEZPEČNOST
- INSTALACE
- PROVOZ
- ZAŘÍZENÍK
- VÝROBA
- KYSLÍK
- DUSÍK

Prohlášení o odmítnutí

Veškeré technické publikace EIGA, nebo vydané jménem EIGA, včetně praktických manuálů, bezpečnostních postupů a jakýchkoliv dalších technických informací, obsažené v těchto vyhláškách, byly převzaty ze zdrojů, o kterých se domníváme, že jsou spolehlivé a že jsou založeny na technických informacích a zkušenostech, aktuálně dostupných u členů EIGA a dalších v okamžiku jejich vydání.

Ačkoliv EIGA odkazuje nebo doporučuje použití vyhlášek svými členy, tyto odkazy nebo doporučení k používání vyhlášek EIGA jejími členy nebo třetími stranami jsou čistě dobrovolné a nezávazné.

Z toho důvodu proto EIGA nebo členové její skupiny nedávají žádnou záruku na výsledky a nepředpokládají žádnou spolehlivost nebo zodpovědnost ve spojení s tímto odkazem nebo použitím informací nebo návrhů, obsažených ve vyhláškách EIGA.

EIGA nemá možnost kontroly, týkající se funkčnosti nebo nefunkčnosti, nesprávného výkladu, správného nebo nesprávného použití jakékoliv informace nebo návrhů, obsažených ve vyhláškách EIGA, jakoukoliv osobou nebo jakýmkoliv subjektem (včetně členů EIGA) a EIGA výslovně odmítá jakoukoliv odpovědnost ve spojení s nimi.

Vyhlášky EIGA jsou předmětem pravidelných revizí a uživatelé si musí opatřit vyhlášku v nejnovější platné verzi.



BEZPEČNOSTNÍ INSTALACE A PROVOZ PSA A MEMBRÁNOVÝCH ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU KYSLÍKU A DUSÍKU

Dokument IGC 149/09/E

Revize dokumentu Doc 149/08 (dřívější EIGA 706/07)

EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLOVÝCH PLYNŮ AISBL

AVENUE DES ARTS 3-5

Telefon: +32 2217 7098

E-mail: info@eiga.eu

• B-1210 BRUSSELS

• Fax: +32 2219 8514

• Internet: <http://www.eiga.eu>



BEZPEČNOSTNÍ INSTALACE A PROVOZ PSA A MEMBRÁNOVÝCH ZAŘÍZENÍ NA VÝROBU KYSLÍKU A DUSÍKU

PŘIPRAVILI:

Roger ARGENT	AIR PRODUCTS
James CURRIE	LINDE GROUP
Per-Erik ISAKSSON	LINDE GROUP
Andrea MARIOTTI	SOL
Michel MASSON	AIR LIQUIDE
Dirk REUTER	MESSER GROUP
William P. SCHMIDT	AIR PRODUCTS

Inaki URIARTE	PRAXAIR
Andy WEBB	EIGA

ODMÍTNUTÍ ODPOVĚDNOSTI

Všechny technické publikace EIGA a pod jménem EIGA včetně Sbírky praktických postupů, Bezpečnostních postupů a všechny další technické informace v takových publikacích obsažené byly získány ze zdrojů, které považujeme za spolehlivé a zakládají se na informacích a zkušenostech, které jsou běžně k dispozici od členů asociace EIGA a od dalších k datu vydání těchto publikací a informací.

I když asociace EIGA doporučuje svým členům používat své publikace nebo se na ně odkazovat je takové používání publikací asociace EIGA nebo odkaz na tyto publikace členy asociace nebo třetími stranami čistě dobrovolné a nezávazné.

Tedy asociace EIGA a členové asociace EIGA neposkytují řádnou záruku na výsledky a nepřebírají žádnou odpovědnost či ručení v souvislosti s odkazem na informace nebo doporučení a s používáním informací a doporučení obsažených v publikacích asociace EIGA.

Asociace EIGA nemá žádnou kontrolu na čímkoliv, pokud se jedná o provádění nebo neprovádění, chybnou interpretaci, správné nebo nesprávné používání jakýchkoliv informací a doporučení obsažených v publikacích asociace EIGA ze strany osob nebo organizačních jednotek (včetně členů asociace EIGA) a asociace EIGA výslovně v této souvislosti odmítá jakoukoliv odpovědnost.

Publikace asociace EIGA jsou podrobovány periodickému přezkoumávání a uživatelé jsou upozorňováni, aby si získali poslední vydání.

© EIGA 2009 – EIGA uděluje povolení k reprodukci této publikace za předpokladu, že Asociace bude potvrzena jako zdroj

EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLVÝCH PLYNŮ

AVENUE DES ARTS 3-5 B-1210 BRUSSELS Telefon: +32 2217 7098 Fax: +32 2219 8514
E-mail: info@eiga.eu Internet: <http://www.eiga.eu>

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Rozsah a účel	4
2.1	Rozsah	4
2.2	Účel	4
3	Definice.....	4
3.1	Zadušení	4
3.2	Kryogenická kapalina	5
3.3	Bezpečnostní aspekt	5
3.4	Deoxo, odkysličovací systém.....	5
3.5	Dvojí blokování a odpouštění či odvětrávání.....	5
3.6	Opravy za tepla.....	5
3.7	Odpojené	5
3.8	Datový list z hlediska bezpečnosti (SDS).....	5
3.9	Membrána.....	5
3.10	Atmosféra s nedostatkem kyslíku / atmosféra obohacená dusíkem	5
3.11	Atmosféra obohacená kyslíkem	5
3.12	Bezpečnostní odlehčovací zařízení (PRD)	6
3.13	Pressure swing adsorption, adsorpce na bázi změn tlaku (PSA).....	6
3.14	Bezpečná oblast	6
3.15	Bezpečnostní povolení.....	6
3.16	Vacuum swing adsorption (vakuová adsorpce na bázi změny tlaku) (VSA).....	6
4	Nebezpečí pro zdraví	6
4.1	Všeobecně.....	6
4.2	Nebezpečí spojené s kryogenními kapalinami.....	6
4.3	Nebezpečí spojená s dusíkem	6
4.4	Nebezpečí spojená s kyslíkem.....	8
4.5	Ochranný oděv.....	9
5	Všeobecné úvahy o zařízení	9
5.1	Výběr místa	9
5.2	Konstrukční materiály	10
5.3	Čištění.....	10
5.4	Elektrické požadavky.....	11
5.5	Ochrana proti požáru	11
5.6	Systém nouzového odstavení	11
5.7	Hluk	11
5.8	Odvětrávání	11
5.9	Vznik prachu	12
5.10	Vypouštění tekutiny / likvidace pevných látek	12
5.11	Kritický rozbor nebezpečí	13
6	Kompresory	13
6.1	Všeobecně.....	13
6.2	Speciální úvahy o kompresi kyslíku	13
6.3	Zvláštní pozornost věnovaná kompresi dusíku	14
7	Skladování produktu	14
7.1	Všeobecně.....	14
7.2	Skladování kryogenní kapaliny	14
7.3	Skladování plynu za vysokého tlaku	14

8	Potrubní zařízení.....	15
8.1	Všeobecně.....	15
8.2	Pojistná odlehčovací zařízení (PRD)	15
8.3	Redukční stanice tlaku.....	15
8.4	Oddělení systému.....	15
8.5	Nadzemní potrubí.....	15
8.6	Podzemní potrubí	15
8.7	Izolace.....	15
9	Provoz.....	16
9.1	Všeobecně.....	16
9.2	Seznamy kontrol operací / listy denních záznamů	16
9.3	Postupy	16
9.4	Zaškolení.....	17
9.5	Spouštění	17
9.6	Odstavení.....	17
9.7	Dálkově ovládaný provoz a automatické opětovné spuštění	17
9.8	Údržba	18
9.8.1	Program preventivní údržby	18
9.8.2	Speciální úvahy o stavbě a opravách	18
9.8.3	Opravy	18
9.8.4	Tlakové zkoušky	18
10	Generátory kyslíku PSA/VSA.....	19
10.1	Všeobecně.....	19
10.1.1	Účel	19
10.1.2	Popis systému.....	19
10.2	Instalace.....	20
10.2.1	Všeobecně.....	20
10.2.2	Výběr místa a montáž	20
10.3	Provoz.....	21
10.3.1	Provozní rizika.....	21
11	Generátory dusíku PSA.....	23
11.1	Všeobecně.....	23
11.1.1	Účel	23
11.1.2	Popis systému.....	23
11.2	Instalace.....	26
11.2.1	Všeobecně.....	26
11.2.2	Výběr místa a montáž	26
11.3	Provoz.....	27
11.3.1	Provozní rizika.....	27
12	Membránové generátory dusíku	27
12.1	Všeobecně.....	27
12.1.1	Účel	27
12.1.2	Popis systému.....	27
12.2	Montáž.....	31
12.2.1	Všeobecně.....	31
12.2.2	Výběr místa a montáž	31
12.3	Provoz.....	31
12.3.1	Provozní nebezpečí.....	31

13	Systémy odstraňování kyslíku (deoxo systémy) pro systémy produkce dusíku.....	31
13.1	Všeobecně.....	31
13.1.1	Účel	31
13.1.2	Popis systému.....	32
13.2	Montáž.....	33
13.2.1	Všeobecně.....	33
13.2.2	Výběr místa a montáž	33
13.3	Provoz.....	34
13.3.1	Provozní nebezpečí.....	34
14	Reference.....	35

1 Úvod

Zařízení na výrobu kyslíku a dusíku, která využívají systému na bázi změn tlaku, tak zvané technologie pressure swing adsorption (PSA) a membránových technologií, podobně jako je tomu u mnoha současných procesů, vykazují určitý stupeň možného nebezpečí, které se musí poznat, dát najevo a které se musí určit. Jako společná nebezpečí, která jsou spojena s těmito výrobními zařízeními, jsou v důsledku dusivých vlastností atmosféry vykazující nedostatečné množství kyslíku a v důsledku schopnosti kyslíkem obohacených atmosfér urychlovat hoření. Další nebezpečí zahrnují hluk, elektrický proud, točivá zařízení a plyny za tlaku.

Technologie zařízení na výrobu kyslíku a dusíku není nijak ustrnulá, za posledních 15 let doznaly tyto technologie rychlý pokrok a toto pokračuje dále. Vzhledem ke skutečnosti, že se používají velmi rozmanité cykly těchto procesů, rozmanitá zařízení a provozní podmínky, zahrnuje tato publikace některá zobecněná konstatování a doporučení, na která mohou být rozmanité názory nebo mohou existovat různé praktické zkušenosti. Uživatelé tohoto vodítka či směrnice by měli vzít na vědomí a uznat, že toto je prezentováno s pochopením skutečnosti, že toto nemůže nahradit zdravý inženýrský úsudek, školení nebo zkušenosti. Toto nepředstavuje a nemělo by být interpretováno jako nějaká sbírka pravidel a směrnic.

2 Rozsah a účel

2.1 Rozsah

Tato publikace představuje vodítka, které se vztahuje k bezpečnosti, pokud se jedná o umístění, instalaci, montáž, provoz a údržbu určitých zařízení na výrobu kyslíku a dusíku. Jsou zde zahrnuté systémy s použitím technologie PSA a s použitím membrán pro výrobu dusíku, PSA systém a systém vakuové adsorpce nabízí změny tlaků „vacuum swing adsorption“ (VSA) pro výrobu kyslíku a systémy na bázi použití katalyzátoru k odstraňování kyslíku při čištění dusíku. Pokud se jedná o systémy s použitím kryogenních technologií pro výrobu dusíku, kyslíku nebo pro výrobu obou (viz dokument IGC Doc 147/08 *Návod pro bezpečné způsoby pro kryogenní zařízení pro dělení vzduchu* (CGA P-8) [1]).¹

Byl kladen důraz na takové charakteristické rysy zařízení a provozu, které jsou typické pro procesy těchto systémů. V omezené míře se pojednává o zařízeních a vybavení takových výrobních zařízení, jako jsou vzduchové kompresory používané v rámci jiných průmyslových aplikací, o kterých, pokud se jedná o bezpečné způsoby při návrhu, konstrukci, instalaci, montáži a při použití, již někde jinde bylo pojednáno a toto ustanoveno. Zatímco jsou zde zahrnuta důležitá doplňková zařízení, jako je předávací potrubí uvnitř výrobního zařízení, nepojednává se zde o záložní kapalině pro potrubí a o zařízení pro plnění lahví, které jsou jako doplněk některých zařízení na výrobu kyslíku a na výrobu dusíku. Toto pojednávání také nebylo rozšířeno na taková zařízení, jako je předávací produktové potrubí za hranicemi výrobního zařízení.

I když v tomto návodu bylo citováno mnoho odkazů poskytujících informace týkající se zařízení na dělení vzduchu, s nimi spojených zařízení a vybavení a jejich produktů, nepovažuje se část referencí, odkazů jako za plně vyčerpávající. Národní a místní požadavky, předpisy, směrnice, rozhodnutí či výnosy, nejsou v tomto návodu uvedené. A dále, jelikož tato publikace není zamýšlena jako nějaký univerzální manuál bezpečných způsobů, pokud se jedná o specifické návrhy, konstrukce a pokud jde o charakteristické rysy bezpečnosti, je jako důležité zde provést odkaz na provozní instrukční příručky dodavatelů zařízení.

2.2 Účel

Účelem tohoto návodu, směrnice, je posloužit zájmu všech těch, kteří mohou být spojeni s instalací, montáží a s operacemi či provozem zařízení na výrobu kyslíku a dusíku.

3 Definice

Pro účel této normy jsou jako příslušné definice, které jsou uvedené v následujícím.

3.1 Zadušení

Upadnout do bezvědomí nebo zemřít v důsledku nedostatku kyslíku.

¹ Odkazy jsou označovány čísly v závorkách a jsou ve výpisu uvedené v pořadí, jak se vyskytly v příslušné části

3.2 Kryogenická kapalina

Jedná se o kapalný materiál, který je extrémně studený při teplotě nižší než -90 °C .

POZNÁMKA: Kyslík, dusík a vodík mohou být dodávány ve formě kryogenní kapaliny.

3.3 Bezpečnostní aspekt

Jestliže dojde k poruše nějaké komponenty systému, pak z toho potom vyplývající situace nevedou ke vzniku nebezpečné situace. Jako příklad v tomto případě slouží uzavření oddělovacího ventilu za situace, kdy dojde k výpadku přívodu vzduchu do generátoru nebo k výpadku přívodu elektrické energie.

3.4 Deoxo, odkysličovací systém

Jedná se o systém na bázi katalyzátoru, který se používá u zařízení na výrobu dusíku za účelem dosažení nějaké nižší hladiny kyslíku, než jak se může v typickém případě výhradně vyrábět zařízením na výrobu dusíku.

3.5 Dvojitý blokování a odpouštění či odvětrávání

Jedná se o potrubní systém / systém ventilů, který se používá v takových případech, kdy je zapotřebí, aby dva nebo více systémů nebo částí systému byly od sebe vzájemně oddělené.

POZNÁMKA: Obecně toto sestává ze dvou blokovacích ventilů dimenzovaných na příslušné potrubní vedení a z malého vypouštěcího ventilu, který je umístěn mezi těmito blokovacími ventily. Vypouštěcí, odvětrávací ventil vypouští jakýkoliv únik z kteréhokoliv z takových blokovacích ventilů. Jestliže se požaduje oddělení, pak tedy v takovém případě se uvedené blokovací ventily uzavřou a otevře se odvětrávací ventil.

3.6 Opravy za tepla

Použití nástrojů využívajících vysokého tepla, jako je to na příklad při použití hořáků, které mohou jako takové představovat nebezpečí, opravy prováděné na zařízení, která jsou v provozu nebo opravy prováděné v nebezpečných oblastech, kde je nutno aplikovat odpovídající bezpečnostní opatření před prováděním takových prací, při jejich provádění a po jejich skončení.

POZNÁMKA: Všechny takové opravy prováděné za tepla si vyžadují pečlivost provádění, dozor z hlediska bezpečnosti a použití jasných, zřejmých postupů. Doporučuje se zde použít seznamu kontrol nebo povolení k provádění nebezpečných prací.

3.7 Odpojené

Jedná se o takový stav, kdy nějaké zařízení není možno ovládat bez úmyslu, bez vědomé akce takto činit.

POZNÁMKA: Jako příklad může sloužit situace, kdy se vypne přívod elektrické energie a není možno tento přívod obnovit bez odstranění nějakého bezpečnostního ochranného zařízení, jako je visací zámek, z ovládacího orgánu. Jako jiný příklad je ventil, kdy jeho ovládací rukojeť byla odstraněna a byla uložena bezpečným způsobem do té doby, dokud nebude zajištěno, že je již bezpečný stav k ovládání takového ventilu.

3.8 Datový list z hlediska bezpečnosti (SDS)

Dokument popisující nějaký materiál a nebezpečí, která jsou s takovým materiálem spojená.

POZNÁMKA: Národní předpisy a směrnice v obvyklém případě nadekretují, že dodavatelé takových generátorů poskytnou takové datové listy z hlediska bezpečnosti (SDS).

3.9 Membrána

Jedná se o polymerický materiál, který působí jako filtr k oddělení komponent, jako je dusík od kyslíku ve vzduchu.

3.10 Atmosféra s nedostatkem kyslíku / atmosféra obohacená dusíkem

Jedná se o vzduch, ve kterém koncentrace kyslíku v objemovém vyjádření je nižší než 19,5 %. Tato atmosféra je také známa jako dusíkem obohacená atmosféra.

3.11 Atmosféra obohacená kyslíkem

Jedná se o vzduch, ve kterém koncentrace kyslíku v objemovém vyjádření je vyšší než 23,5 %. Tato atmosféra je také známa jako kyslíkem obohacená atmosféra.

3.12 Bezpečnostní odlehčovací zařízení (PRD)

Jedná se o zařízení, které je navrženo k tomu, aby chránilo nějakou nádobu nebo potrubí před dosažením tlaků vyšších nebo nižších (vakuum – podtlak) než odpovídá příslušnému návrhu, aby se tak zabránilo nějaké poruše potrubí nebo nádoby.

POZNÁMKA: Vzhledem ke skutečnosti, že v takových zařízeních může být významné průtočné množství, jestliže dojde k činnosti takových zařízení, měl by být výstup z těchto bezpečnostních odlehčovacích zařízení směřován do nějaké bezpečné oblasti.

3.13 Pressure swing adsorption, adsorpce na bázi změn tlaku (PSA)

Jedná se o soubor generátorů, které oddělují jeden plyn od jiného plynu takovým způsobem, že se přiváděný plyn vede přes vrstvu adsorpčního materiálu při jednom tlaku a čištění odpadního produktu z uvedeného adsorpčního materiálu probíhá při jiném tlaku, proto tedy je uváděn výraz kolísání tlaku či změny tlaku.

3.14 Bezpečná oblast

Jedná se zde o takové místo, kde vyfukované plyny mohou být vypouštěné bezpečným způsobem, aniž by přitom došlo k ohrožení pracovníků nebo k poškození majetku. Taková bezpečná oblast je také takové místo, kde materiály, které jsou okolo, jsou kompatibilní, slučitelné s takovými vypouštěnými plyny.

3.15 Bezpečnostní povolení

Jedná se zde o procedurální dokumenty upozorňující a ukazující na speciální úvahy z hlediska bezpečnosti, které se vydávají za tím účelem, aby bylo umožněno započítí prací v nějakém specifickém místě.

3.16 Vacuum swing adsorption (vakuumová adsorpce na bázi změny tlaku) (VSA)

Jedná se o dílčí soubor ze skupiny PSA systémů, kde jeden z provozních tlaků se nachází pod hodnotou atmosférického tlaku (podtlak – vakuum).

4 Nebezpečí pro zdraví

4.1 Všeobecně

Provoz jak zařízení na výrobu dusíku, tak na výrobu kyslíku může vystavit pracovníky personálu působení atmosféry s nedostatkem kyslíku (dusivých atmosfér) nebo atmosfér obohacených kyslíkem (jedná se o zvýšené nebezpečí požáru). Aplikace řádných bezpečnostních opatření, základní znalost chování těchto plynů a nošení prostředků příslušné osobní ochrany mohou snížit na minimum vystavení se takovým nebezpečím. Pokud se bude jednat o nějaké specifické informace o materiálech, se kterými se manipuluje v těchto generátorech, zařízeních na výrobu kyslíku nebo dusíku, obraťte svou pozornost na datové specifikační listy z hlediska bezpečnosti (SDS) příslušného dodavatele takového generátoru.

Zařízení na výrobu kyslíku nebo dusíku vykazují atmosféru jak s nedostatkem kyslíku tak atmosféru obohacenou kyslíkem a to vzhledem k tomu, že produkují a odvětrávají odpadní plyn. Pokud se bude jednat o nějaké specifické informace o materiálech, se kterými se manipuluje v těchto generátorech, zařízeních na výrobu kyslíku nebo dusíku, obraťte svou pozornost na datové specifikační listy z hlediska bezpečnosti (SDS) příslušného dodavatele takového generátoru. V průběhu času toto vede k výraznému hromadění kyslíkem obohacené atmosféry nebo atmosféry s nedostatkem kyslíku, pokud nebude zajištěno příslušné odpovídající odvětrávání.

4.2 Nebezpečí spojené s kryogenními kapalinami

V mnoha případech se používá kryogenní kapalina skladovaná v sousedství zařízení na výrobu kyslíku a na výrobu dusíku k zálohování nebo k zajištění jakéhosi dodatku k dodávce produktu z těchto výrobních zařízení. Manipulace s takovou kryogenní kapalinou může způsobit jedinečná nebezpečí, jako jsou například kryogenní „popáleniny“, omrzliny a dýchací problémy (viz CGA P-12, *Bezpečná manipulace s kryogenními kapalinami*, podrobnosti jsou uvedeny v [2]).

4.3 Nebezpečí spojená s dusíkem

Dusík působí jako jednoduchý asfyxiant či dusivá látka a jestliže je přítomen v dostatečném množství, může snížit obsah kyslíku v místní atmosféře a může způsobit smrt.

Normální koncentrace kyslíku ve vzduchu činí přibližně asi 21 % objemových. Vzduch obsahující méně než 19,5 % kyslíku nebo více jak 23,5 % kyslíku představuje nebezpečné pracovní prostředí. Ochuzení, pokud jde o množství kyslíku v daném objemu vzduchu, vytlačení s použitím inertního plynu v tomto případě představuje potenciální nebezpečí pro pracovníky personálu.

Jestliže je obsah kyslíku ve vzduchu snížen na hodnotu přibližně asi 15 % nebo 16 %, pak tedy se významným způsobem snižuje rychlost hoření hořlavých materiálů. Plamen normálně hořlavých materiálů a to včetně takových materiálů, které se obvykle používají jako paliva pro zajištění tepla nebo světla, zhasne. Toto může představovat první indikaci nebezpečí plynoucího z nedostatečného množství kyslíku. Za situace, kdy se nacházíme poněkud pod touto hodnotou koncentrace, jednotlivec, který vdechuje takovou atmosféru, není mentálně schopen diagnostikovat vzniklou situaci a to vzhledem k tomu, že symptomy, příznaky ospalosti, námahy, malátnosti, letargie, ztráty koordinace, chyb v usuzování a zmatku jsou maskované stavem euforie poskytujícím oběť falešného pocitu bezpečnosti a tělesné a duševní pohody. Další typické příznaky atmosféry s nedostatkem kyslíku jsou uvedené v Tabulce 1.

VÝSTRAŽNÉ UPOZORNĚNÍ: Vystavení se působení prostředí obsahujícím 9% až 10 % nebo méně kyslíku povedou asi k bezvědomí a to bez nějakého varování a to tak rychle, že osoba si potom nemůže pomoci nebo se nějak chránit. Nedostatek dostatečného množství kyslíku může potom způsobit vážnou újmu na zdraví nebo smrt.

Tabulka 1 – Efekty při různých hladinách vdechování kyslíku

Procento kyslíku u hladiny moře (atmosférický tlak = 1,013 bar)	Účinky
20,9	Normální
19,0	Dochází k některým nepříznivým fyziologickým účinkům, ale tyto jsou nepozorovatelné.
16,0	Zvýšený puls a zvýšená rychlost dýchání. Narušené myšlení a narušená pozornost. Snížená koordinace.
14,0	Abnormální námaha při činnosti. Emocionální rozrušení. Špatná koordinace. Špatné usuzování.
12,5	Velmi špatné usuzování a koordinace, Narušené dýchání, které potom může způsobit trvalé poškození srdce. Špatně od žaludku a zvracení.
< 10	Neschopnost provádět různé pohyby. Ztráta vědomí. Křeče, záchvaty. Smrt.

POZNÁMKY:

- Lidé se ve značně míře odlišují pokud se jedná o jejich reakci na působení prostředí s nedostatečným množstvím kyslíku. Není tedy možné nějakým přesným způsobem předpovědět, jak budou lidé reagovat. Všeobecná indikace toho, co by se mělo stát, je dána, avšak, mělo by se porozumět tomu, že reakce jednotlivců mohou být odlišné od těch, jak jsou uvedené.
- Tato tabulka byla přizpůsobena z ANSI Z88.2, Ochrana dýchání [3].
- Tyto indikace jsou pro osobu, která je průměrně zdravá a je v klidu. Faktory, jako jsou zdraví nějakého jednotlivce (na příklad , zda se jedná o kuřáka), stupeň fyzické námahy a vysoké nadmořské výšky mohou ovlivňovat tyto příznaky a mohou ovlivňovat hladiny kyslíku, při kterých k nim může dojít.

Zařízení na výrobu dusíku jsou velmi často provozována uvnitř uzavřených budov. V důsledku toho tedy může únik dusíku vést potom k vytvoření atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku uvnitř takové budovy. V takových oblastech, kde by mohlo dojít k takovému stavu, musí být zajištěno dobré větrání. Odvětrávání dusíku by se mělo potrubím vést mimo budovy nebo do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8). V takových místech, kde by mohlo dojít k vytvoření atmosféry s nedostatkem kyslíku, se musí zajistit příslušná bezpečnostní opatření, jako je instalace analyzátorů kyslíku opatřených výstražnou signalizací, zajišťující minimální počet výměn vzduchu za hodinu, musí se realizovat speciální procedury vstupu nebo se musí realizovat kombinace těchto opatření. U všech vstupů musí být umístěna příslušná výstražná označení, aby se tak zajistilo upozornění pracovníků personálu na možná nebezpečí plynoucí z výskytu prostředí s nedostatečným množstvím kyslíku.

Dusík, který je vyroben v zařízeních na výrobu dusíku, se často používá v takových oblastech, které jsou vzdálené od vlastních výrobních zařízení. Je tedy jako důležité v takovém případě rozpoznat, zda nahromadění dusíku v takových oblastech použití mohou také vyústit ve vytvoření prostředí s nedostatkem kyslíku.

Tak například, jestliže se použije dusíku jako plynu pro zařízení pro měření, regulaci a řízení, tedy jako přístrojového média, pak tedy se musí monitorovat atmosféra ve velínu, pokud se jedná o obsah kyslíku a to vzhledem k tomu, že všechny pneumatické regulátory odvětrávají či tedy vypouštějí určité množství přístrojového vzduchu.

Je jako důležité na tomto místě poznamenat, že odpadní plyn ze zařízení na výrobu kyslíku obsahuje významně méně než 19,5 % kyslíku a bez odpovídajícího větrání může dojít ke vzniku atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku. Odvětrávací potrubí odpadního plynu by mělo být vyvedeno do bezpečných oblastí mimo budovu.

VÝSTRAŽNÉ UPOZORNĚNÍ: *Bud'te si vědomi nebezpečí plynoucích z atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku.* Když budou existovat nějaké pochybnosti ohledně udržení bezpečné atmosféry pro dýchání, mělo by se používat samostatných dýchacích přístrojů nebo schválených vzduchových vedení a masek a to zvláště v takových případech, kdy pracovníci personálu vstupují do uzavřených prostor nebo nádob.

V místech nejpravděpodobnějšího výskytu atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku by měly být umístěny snímače monitorování kyslíku a v místě vstupu pracovníků personálu by měla být výstražná signalizace jasně rozeznatelná.

Pracovníci personálu pracující v atmosféře nebo kolem atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku musí používat pro zajištění ochrany vstupu doprovodný systém (někdy se také označuje jako systém „s kamarádem“). Je nutno si v tomto případě uvědomit, že taková doprovázející osoba je stejně vystavená nebezpečí zadušení, jestliže vstoupí do takové oblasti kvůli záchraně partnera v bezvědomí aniž by byla vybavena přenosným přívodem vzduchu. Nejlepší ochrana se zajistí tak, že se jak oprávněná vstupující osoba tak doprovodná osoba vybaví přenosným přívodem dýchatelného vzduchu. Záchranáři vedení, lana, jsou přijatelná pouze v takových případech, kdy oblast je bez překážek a doprovodná osoba je schopna rychle zvednout váhu partnera aniž by si přitom námahou ublížila, strhla se.

Jestliže existuje podezření na výskyt atmosféry s nedostatkem kyslíku nebo je podle analýzy známo, že existuje, pak tedy nevstupujte do takového prostředí, pokud to není nevyhnutelné a potom pouze za následujících podmínek:

Používejte doprovodný systém. Použijte více než jedné doprovodné osoby, jestliže je to jako nutné k odstranění oprávněné vstupivší osoby v jakémkoliv nouzovém případě a vybavte jak oprávněnou vstupující osobu a doprovodnou osobu (doprovodné osoby) samostatným dýchacím přístrojem nebo dýchacím zařízením se vzduchovým vedením.

Viz také IGC doc 44/09 *Nebezpečí spojená s inertními plyny*, Poziční dokument EIGA Position Paper PP-14 nebo CGA SB-2 *Atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku* a CGA SB-15, Jak zabránit nebezpečím v ohraničených pracovních prostorách během údržby, stavby a během podobných činností [4, 5, 6, 7].

4.4 Nebezpečí spojená s kyslíkem

Koncentrace kyslíku vyšší než 23,5 % vytvářejí větší nebezpečí požáru než tomu je u normálního vzduchu. Kyslík není hořlavý, ale podporuje velmi rychlé hoření hořlavých materiálů a některých materiálů, na které se normálně pohlíží jako na materiály, které jsou relativně nehořlavé. I když je vždy jako nezbytný zdroj energie pro vznícení v kombinaci s hořlavými materiály a s kyslíkem, představuje kontrola nebo odstranění hořlavých látek preventivní bezpečnostní krok. Mazací oleje a jiné uhlovodíkové materiály mohou prudce reagovat s vyššími koncentracemi kyslíku a sloučení se musíte vyhnout.

Pracovníci personálu by neměli být vystaveni působení atmosféry obohacené kyslíkem a to vzhledem ke zvýšenému nebezpečí požáru. Když se koncentrace kyslíku zvýší nad 23,5 % kyslíku, snadnost vznícení oděvu se dramatickým způsobem zvyšuje. Když dojde ke vznícení v důsledku dokonce relativně slabého zdroje vznícení, jako je tomu v případě jiskry nebo cigarety, oděv může vyšlehnout plamenem a může rychle hořet. Nad koncentrací přibližně 60 % kyslíku vlas oděvu a dokonce vlasy člověka a tuk jsou vystaveny rychlému vzplanutí, kdy tento oheň se rychle šíří po celém povrchu, který je vystaven takovému působení. Viz také IGC doc 04/09 *Nebezpečí požáru kyslíku a kyslíkem obohacených atmosfér* a Poziční dokument EIGA Position Paper PP-14 [8, 5].

Zařízení na výrobu kyslíku jsou velice často v provozu uvnitř uzavřených budov. V důsledku toho potom může únik kyslíku vést uvnitř budovy ke vzniku kyslíkem obohacené atmosféry. Oblasti, kde může dojít k vytvoření takového stavu, musí být dobře větrané. Odvětrávací potrubí kyslíku by měla být vyvedena mimo takové budovy nebo do nějaké bezpečné oblasti. Kde je možné vytvoření takové kyslíkem obohacené atmosféry, musí pak tedy být umístěna výstražná označení a musí se přistoupit ke speciálním bezpečnostním opatřením, jako je instalace analyzátorů s výstražnou signalizací, zajištění minimálního počtu výměn vzduchu za hodinu, realizace speciálních postupů pro vstup nebo kombinace takovýchto opatření.

Kyslík vyráběný v zařízeních na výrobu kyslíku se často používá v oblastech, které jsou vzdálené od vlastního takového výrobního zařízení kyslíku. Je tedy jako důležité si zde uvědomit, že hromadění kyslíku v těchto oblastech může také vést k vytvoření kyslíkem obohacené atmosféry.

Je jako důležité na tomto místě poznamenat, že odpadní plyn ze zařízení na výrobu dusíku obsahuje významně více než 23,5 % kyslíku a bez odpovídajícího odvětrávání může potom dojít k vytvoření atmosféry obohacené kyslíkem. Potrubí odpadního plynu by mělo být vyvedeno mimo budovu nebo do nějaké bezpečné oblasti.

VÝSTRAŽNÉ UPOZORNĚNÍ: Vezměte na vědomí nebezpečí plynoucí z výskytu kyslíkem obohacené atmosféry.

V případě, že osoby nechtěně vstoupí do prostředí obohaceného kyslíkem nebo jsou vystavené působení takového prostředí, měly by co nejdříve toto prostředí opustit, měly by se vyhnout zdrojům vznícení a nekouřit po dobu minimálně 30 minut. Otevření oděvu a jeho pohybování napomáhá disperzi zachycených par.

4.5 Ochranný oděv

Řádný oděv a speciální vybavení mohou sloužit ke snížení nebezpečí požáru při práci s kyslíkem, avšak primárním cílem v tomto případě by mělo být zabránění nebezpečí.

Oděv by měl mít minimální vlákno. Pro pracovní oděvy je k dispozici řada materiálů zpomalujících hoření, vykazujících samozhášecí charakteristiku, jako je na příklad materiál NOMEX®, avšak tyto materiály mohou hořet v prostředích s vysokým obsahem kyslíku. U těchto materiálů existuje určitá výhoda a to vzhledem k tomu, že většina z nich by byly materiály, které by byly jako samozhášecí, jestliže by byly odstraněny a dány do prostředí s normálním vzduchem. Veškerý oděv by měl být čistý a bez tuku, oleje. Neměl by na sobě mít žádné prostředky vedoucí ke vznícení. Obuv by neměla mít cvočky nebo nějaké exponované kovové ochranné elementy, které by mohly zapříčinit jiskření.

5 Všeobecné úvahy o zařízení

5.1 Výběr místa

Volba místa zařízení na výrobu kyslíku a dusíku by měla začít vyhodnocováním navrženého místa z hlediska bezpečnosti. Často je tomu tak, že zařízení na výrobu kyslíku a dusíku jsou umístěna v jiných nebo v blízkosti jiných průmyslových / obchodních oblastí. Ve všech případech by mělo zařízení odpovídat příslušným průmyslovým normám, stejně tak jako všem národním a místním předpisům a směrnicím.

Vzhledem k tomu, že surovinou pro tyto systémy je vzduch, je jeho jakost (typ a stupeň znečištění cizími látkami, jako jsou uhlovodíky, kyselé plyny a drobné částice nečistot) hlavní věcí, která hraje roli při výběru vhodného místa. Stopová množství znečišťujících látek obsažených ve stlačeném vzduchu, zvláště tedy olej, těžké uhlovodíky a kyselé plyny mají přímý vztah s bezpečným provozem a výkonem takových zařízení na výrobu kyslíku a dusíku. V průmyslové / obchodní oblasti by se měl očekávat určitý stupeň znečištění v důsledku průmyslových operací, chemických operací nebo obojích těchto operací. Obecně lze tedy konstatovat, že sání vzduchových kompresorů by se nemělo nacházet v blízkosti odvětrávacích potrubí kyslíku nebo uhlovodíků. Konzultujte toto s výrobcem takového generátoru, aby se tak stanovily přijatelné hladiny znečištění vzduchu, jak to bylo bráno v úvahu při návrhu zařízení.

Měly by se provádět prohlídky místa a to ve významné oblasti kolem navrhovaného místa. Měla by se věnovat pozornost možnému budoucímu rozvoji místa a to kromě jeho běžného využití. V závislosti na okolí se může stát jako nezbytné prošetřovat zdroje znečištění vzduchu. Jestliže vyhodnocení atmosférických podmínek na místě se pokládá za nepříznivé na základě studie zdrojů znečištění vzduchu, jako je skladování jiných chemických látek a údaje o větru, pak se v takovém případě musí uvažovat jiná místa, jestliže přizpůsobovací inženýrské modifikace zařízení nejsou z praktického hlediska vhodné. Jestliže tato vyšetřování nepřinesou definitivní výsledky, měl by se pak tedy získat větší množství kvantitativních informací monitorováním komponent ve vzduchu v místě zařízení a to po nějaké delší časové období.

Mělo by se provádět vyšetřování možných nebezpečí ohně nebo výbuchu v důsledku sousedních zařízení chemického skladování nebo v důsledku sousedních průmyslových zařízení.

Kolem příslušného generátoru by měl být ponechán k dispozici dostatečný prostor, aby tak byla umožněna bezpečná údržba zařízení a aby byl zajištěn příslušný volný průchod pro pracovníky personálu.

U zařízení na výrobu kyslíku a dusíku je obvyklou praxí umísťovat celé výrobní zařízení nebo mnohé z klíčových komponent uvnitř stávajících nebo nových budov. Měli byste se vyhnout tomu, aby v budovách, ve kterých jsou umístěna zařízení na výrobu kyslíku a na výrobu dusíku, byly skladované hořlavé materiály.

Aby se zabránilo pádu z výše položených míst, měla by se zajistit ochrana pracovníků, jako jsou ochranná zábradlí, uzávěry plošin a ohrazení žebříků.

Umístění takového výrobního zařízení by mělo být zvoleno takovým způsobem, aby existoval normální atmosférický obsah kyslíku ve všech oblastech, ve kterých se pohybují pracovníci personálu při provádění svých činností spojených s provozem a údržbou. Musí se věnovat pozornost umístění odvětrávacích potrubí (viz odstavec 5.8). Kromě toho ještě, rotační zařízení by neměla být vystavována působení kyslíkem obohacené atmosféry a to vzhledem k tomu, že mohou obsahovat olejem mazané části.

Musí se věnovat pozornost návrhu příslušného větrání budov, aby to odpovídalo možnému nahromadění produktových plynů nebo odpadních plynů. Musí být zajištěno odpovídající větrání, aby se tak zabránilo vzniku lokalizovaných atmosfér s nedostatkem kyslíku nebo obohacených kyslíkem. Vodítkem zde je, že budova by měla mít zajištěných minimálně šest výměn vzduchu za hodinu.

Zvláštní pozornost by se měla věnovat umístění kompresního zařízení kyslíku (jestliže takové je nainstalováno) a to z hlediska zajištění bezpečnosti pracovníků provozu a údržby. Obecně toto zařízení a s ním spojené potrubí by mělo být oddělené, jak to jen dovoluje příslušné dispoziční uspořádání, aby se na minimum snížilo vystavení se pracovníků personálu

nebezpečí a poškození sousedního zařízení v případě, že by došlo k nějaké nehodě. Toto zařízení by mělo být snadno přístupné pro potřeby provádění údržby a pokud možno by mělo být mimo hlavní trasy pohybu pracovníků (viz IGC Doc 27/01 *Odstředivé kompresory pro provoz s kyslíkem*, IGC Doc 10/09 *Pístový kompresor pro provoz na kyslík* nebo CGA G-4.6, *Návod pro provoz a instalaci kyslíkových kompresorů* [9, 10, 11]).

Při požáru kyslíkového kompresoru je v typickém případě produkován proud kyslíku o vysoké rychlosti, který obsahuje roztavený kov a oxidy kovů. K zajištění ochrany pracovníků personálu a k ochraně dalšího zařízení v případě požáru by se mělo používat ochranných bariér k oddělení takového zařízení ke kompresi kyslíku.

Předvídat by se měly požadavky pro nouzové stavy. Takovými příklady bezpečnostních opatření a bezpečnostních charakteristických rysů, které by se měly uvažovat pro případ nouzových stavů, jsou taková opatření, jako nouzové osvětlení, vypínací zařízení v nouzových situacích, bezpečné vícenásobné únikové cesty, odpovídající ochrana proti požáru, systémy výstražné signalizace a oddělovací ventily zařízení.

Dalšími položkami pro zajištění celkové bezpečnosti zařízení, kterým by se měla věnovat pozornost, jsou relativní umístění sousedních zařízení, jako jsou kontejnery hořlavých materiálů (jako například oleje), spouštěcí panely kyslíkových kompresorů, měřidla plynného kyslíku, pojistná zařízení pro odlehčení tlaku (PRD), záložní systémy kapaliny a automatické a ruční regulační ventily. Diskutujte tyto položky s dodavatelem (dodavatel) zařízení.

5.2 Konstrukční materiály

Vzhledem k tomu, že zařízení na výrobu kyslíku a dusíku, jak jsou diskutované v této publikaci, pracují při teplotě okolního prostředí nebo v blízkosti teploty okolního prostředí, používají se obecně uhlíková ocel, měď nebo oba tyto materiály pro propojovací procesní potrubí, nádoby a potrubní vedení. V takových případech, kdy podmínky okolního prostředí budou vykazovat teplotu nižší než $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, pak je třeba aplikovat bezpečnostní opatření pro provoz nádob a potrubí v provedení z uhlíkové oceli. Dále tedy, v případech, kdy je přítomna vlhkost, měly by se brát v úvahu nerezová ocel nebo jiný stejně vhodný kov. V důsledku možnosti způsobení vznícení jako důsledek nárazu částic s vysokou rychlostí, měla by se brát v úvahu při volbě příslušných materiálů rychlost kyslíkem obohaceného plynu. Tyto sporné otázky diskutujte s dodavatelem příslušného výrobního zařízení.

Nekovové materiály, jako jsou plochá těsnění, ucpávky ventilů, izolace a maziva, se musí pečlivě kontrolovat, aby bylo možno stanovit, jestli se mohou použít pro určitý zvláštní případ použití. Při rozhodování, zda nějaký materiál se může použít, aniž by došlo ke snížení bezpečnosti, celistvosti nějakého kyslíkového systému, se musí brát v úvahu všechny takové faktory, které jsou spojené s jejich použitím, jako je teplota, tlak a slučitelnost s kyslíkem.

Většina nekovových materiálů reaguje s kyslíkem, některé více než jiné. Vzhledem k tomu, že pro nekovové materiály jsou teploty vznícení relativně nízké, konzultuje tuto záležitost před použitím těchto materiálů s nějakým kvalifikovaným inženýrským zdrojem nebo s dodavatelem zařízení.

5.3 Čištění

Nesprávným způsobem vyčištěné a vysušené potrubní vedení v provozu s obohaceným kyslíkem představuje nebezpečný stav. Za určitých průtočných podmínek může dojít ke vznícení hořlavých látek při nárazu drobných částic na kov.

Všechny materiály pro použití v systémech nebo vzájemně propojené se systémy by měly být vhodným způsobem vyčištěné před uvedením takového systému do provozu. Musí se odstranit okuje z válcování, rez, nečistoty, struska po svařování, oleje, mazací tuky a další organické materiály. Měly by být kontrolovány postupy výroby a oprav, aby se tak na minimum snížila přítomnost takových znečišťujících látek a tedy, aby se zjednodušily konečné procedury čištění. Viz IGC Doc 33/06 *Návod pro čištění zařízení pro provoz s kyslíkem* (CGA G-4-1), [12]. Doporučuje se, aby prodejci odpovědní za čištění pro provoz s kyslíkem, byli formálně

kvalifikováni k zajištění řádných postupů, k zajištění řádné manipulace a balení.

5.4 Elektrické požadavky

Zařízení na výrobu kyslíku a dusíku se nepovažují za nebezpečné, pokud se jedná o elektrické zařízení, jak je to definováno normou EN 60079 *Elektrické zařízení pro prostředí s výbušným plynem* [13]. Tudíž tedy, pokud takový generátor není umístěn v klasifikované oblasti, jsou jako přijatelné univerzální typy elektrické instalace a elektrických zařízení nebo typy takových zařízení a instalace vykazující odolnost proti povětrnostním vlivům a to v závislosti na tom, zda se jedná o umístění ve vnitřním prostředí nebo ve venkovním prostředí. Elektrické zařízení musí být uzemněno a musí se dodržovat všechna příslušná ustanovení národních a místních sbírek norem a to podle toho, jak je to aplikovatelné a příslušné.

V takových oblastech, kde je možno očekávat výskyt na kyslík bohatého prostředí, by se nemělo používat elektrických zařízení s otevřenými nebo nechráněnými přepínacími kontakty. Všeobecně lze konstatovat, že umístění elektrického zařízení mimo oblasti, kde může dojít k výskytu na kyslík bohaté atmosféry, eliminuje možná nebezpečí plynoucí z těchto situací.

Některé generátory mohou mít specifické oblasti nebo specifická zařízení, které si vyžadují speciální pozornosti, jako je tomu v případě chladicího systému s použitím uhlovodíkového chladicího média nebo systému zahrnujícího deoxo čistící jednotku zahrnující použití vodíku a manipulaci s vodíkem. V těchto případech by se měla dodržovat příslušná opatření a ustanovení národních a místních sbírek norem a to podle toho, jak je to aplikovatelné a příslušné.

5.5 Ochrana proti požáru

V typickém případě, primární ochrana proti požáru u těchto výrobních zařízení spočívá v rozsáhlém přívodu vody. V závislosti na velikosti takového výrobního zařízení, generátoru, by se měl umístit strategickým způsobem odpovídající počet požárních hydrantů, hasících přístrojů chemického typu, hadic nebo kombinací těchto prvků a to v blízkosti těchto výrobních zařízení resp. výrobního zařízení a to takovým způsobem, aby v nouzovém případě byl zajištěn přístup k požáru ze všech směrů.

U kyslíkových systémů se často používá automatických oddělovacích ventilů nebo odstavení takového generátoru k oddělení zdrojů kyslíku, aby nemohly podporovat požár.

5.6 Systém nouzového odstavení

Je vhodný a doporučuje se použití systému odstavení výrobního zařízení v případě nouze a to zvláště u zařízení s více jednotkami. Větší výrobní zařízení nebo větší generátory by měly být navrhovány takovým způsobem, aby bylo umožněno odstavení jednoho zařízení nebo více zařízení z jednoho nebo z více míst a to v závislosti na místních požadavcích, prostřednictvím vypnutí příslušného rozvaděče k odpojení přívodu energie.

5.7 Hluk

Musí se brát v úvahu hluk vydávaný kompresory, podtlakovými dmýchadly a potrubími, kterými prochází plyn s vysokými rychlostmi, ventily, pojistnými tlakovými odlehčovacími ventily a odvětráními, odfuky nebo obtokovými vedeními a to z hlediska potenciálního nebezpečí pro zaměstnance nebo z hlediska obtěžování pracovníků a to také, pokud se jedná o sousední oblasti. Snížení hluku a používání prostředků pro ochranu osob proti hluku by se měly provádět v souladu s národními a místními předpisy a směrnici.

5.8 Odvětrávání

Všechna odvětrávání by měla být směřována mimo oblast pracovníků a zařízení. Pozornost se zde musí věnovat hluku a možnému efektu akumulace vzhledem k okolnímu prostředí. Všechna odvětrání, všechny vývody produktového plynu a odpadního plynu společně s otvory výstupu pojistného tlakového odlehčení by měly být odvětrány a vyvedené do bezpečné oblasti.

Všechna odvětrání která mohou obsahovat vodík, ať se jedná o provozní ventily nebo o pojistné ventily, by měla být potrubně vyvedena do vnějšího prostředí a to ve výšce minimálně 3,0 m nad místy činnosti pracovníků personálu a tato odvětrání by měly být vypouštěna ve vertikálním směru vzhledem k místu, kde existuje cirkulace bez nějakých překážek, aby se ta zabránilo nebezpečí výbuchu. Viz také CGA G-5.5 *Systémy odvětrávání vodíku* [25].

Všechna odvětrání, ať se jedná o provozní ventily nebo o pojistné ventily, by měla být potrubím vyvedena do nějaké bezpečné oblasti, aby se tak zabránilo nebezpečí udušení nebo nebezpečí plynoucího z atmosféry obohacené kyslíkem.

Je důležité v tomto případě vzít na vědomí, že nesprávné odvětrávání může potom vést k významnému nebezpečí a to dokonce i v případě velmi malých kyslíkových a dusíkových jednotek, jako jsou ty, které se používají v laboratořích nebo pro potřeby zajištění domácí zdravotní péče. Vzhledem k tomu, že takové jednotky obecně nejsou opatřeny schopností zajišťovat dálkové ovládání takového odvětrávání, měly by se tedy provozovat v dobře větraných prostředích, kde nedojde k akumulaci buď atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku nebo atmosféry obohacené kyslíkem.

Pojistné ventily pro odlehčení tlaku by se neměly umísťovat takovým způsobem, aby jejich výstup ovlivňoval pracovníky personálu nebo aby dopadal na jiná zařízení. Tyto pojistné ventily by neměly být potrubně vyvedeny do pracovních míst nebo do provozních míst, ve kterých se často vyskytují pracovníci personálu.

Pojistné ventily pro odlehčení tlaku (PRD) umístěné vně by měly být opatřeny ochranou výstupních otvorů před působením povětrnostních vlivů a před vymrzáním vody. V takových odvětrávacích se nesmí nacházet žádné překážky.

V takových případech, kdy pojistné ventily pro odlehčení tlaku (PRD) jsou nainstalované s potrubím k prodloužení, by měly být opatřeny příslušné podpěry k zachycení reakčních sil v případě, že takové pojistné odlehčovací zařízení zareaguje.

Odpadní plyny z jednotek na výrobu kyslíku a dusíku jsou v typickém případě nasyceny vlhkostí. Tudíž tedy, musí se v tomto případě uvažovat volné odvodnění a ochrana proti vymrzání vody.

Odvětrávání musí být vyvedena a chráněna proti poškození a to v důsledku jiných sousedních činností, jako je na příklad provoz vozidel.

5.9 Vznik prachu

V systémech PSA, VSA, v systémech deoxo a u sušičů může dojít ke vzniku potenciálního nebezpečí v případě, že síto, katalyzátor nebo vysoušecí prostředek použitý v sušiči se s průběhem času z fyzikálního hlediska jaksi zhoršují, zhoršuje se jejich fyzikální stav. Toto zhoršování stavu se obvykle potom nazývá vytvářením prachu. Vzhledem k tomu, že tyto materiály mohou být vystaveny mnoha cyklům tlaku nebo kolísáním či změnám teploty, mohou potom prachové částice vystupovat z nádob, ve kterých jsou obsažené, společně s produktovým plynem. Kromě pravděpodobného zhoršení provozu a tedy výkonu, může tento prach způsobit dva typy situací, které jsou důležité z hlediska bezpečnosti, tedy může způsobit ucpávání a znečištění. K takovému zanášení či ucpávání dochází tehdy, když se prach pomalu hromadí v potrubí dále ve směru technologického toku, ve ventilech a ve vzorkovacích vedeních přístrojů. U pojistných ventilů je možno uměle měnit nastavení tlaku, kdy dochází ke zvednutí ventilu. Tímto se zabrání tomu, aby vykonával svoji příslušnou funkci tlakové ochrany. V přístrojovém vedení analýzy čistoty nemusí produktový plyn dosáhnout analyzátoru a to potom vede k tomu, že odečítaná hodnota není správná. Ke znečištění dojde tehdy, jestliže prachové částice vniknou do vyráběného produktu, čímž jej činí nebezpečným a neschopným pro zamýšlený provoz.

Prach se také může vyskytovat v odvodu odpadního plynu a měl by být nasměrován do nějaké bezpečné oblasti. I když takový prachový materiál nemusí být jako nebezpečný (konzultujte toto s příslušným datovým listem SDS), představuje dráždivou látku o nízké hladině pro nos a ústa a vzhledem k tomu by neměl být vdechován. Vstup do zařízení na úpravu vzduchu představuje příklad takového místa, do kterého by se výstup neměl vyvádět.

Příslušné procedury za účelem minimalizace příčin, k poznání výskytu a k vyřešení všech takových problémů spojených s tvorbou prachu by měly být důkladně prozkoumávány společně s dodavatelem takového generátoru.

5.10 Vypouštění tekutiny / likvidace pevných látek

Zařízení na výrobu kyslíku a na výrobu dusíku s použitím systémů PSA nebo membrán obecně obsahují kompresi vzduchu a systémy předběžné úpravy a konečné úpravy, ze kterých vzniká proud vodního kondenzátu, který je třeba zlikvidovat. Tyto proudy kondenzátu mohou obsahovat malá množství oleje (který může být odbourán biologickým způsobem nebo takového, který nelze biologickým způsobem odbourat), glykolu (jestliže se použije chlazení v uzavřené smyčce), prachu z molekulového síta (uhlí nebo zeolit) nebo prachu katalyzátoru obsahujícího stopová množství těžkých kovů v takových případech, kdy bylo použito deoxo systémů. Ve všech takových případech musí být učiněna opatření k zajištění likvidace tohoto kondenzátu. Kromě toho musí být učiněna opatření k likvidaci tekutin, které byly použité k čištění systémů pro provoz s kyslíkem a dusíkem po údržbě. Tato opatření musí být v souladu s běžnými národními a místními praktikami ohledně okolního prostředí. Uživatel by měl diskutovat tyto požadavky s dodavatelem zařízení a s místními povolenými agenturami, aby tak bylo zajištěno, že se bude postupovat podle řádných procedur.

Může být jako nezbytné periodicky likvidovat pevné materiály a to jako výsledek normálních postupů pro provádění údržby. Dodržujte směrnice a pokyny, jak jsou uvedené ve specifikačních listech SDS, které jsou dodávány společně se systémem a týkající se požadavků na likvidaci materiálů a radte se s dodavatelem a místními povolenými orgány za účelem toho, aby byly dodržovány řádné postupy.

5.11 Kritický rozbor nebezpečí

Dříve, než budou učiněna konečná rozhodnutí o volbě místa pro takové výrobní zařízení, musí se provést souhrnná, vyčerpávající studie ohledně bezpečnosti, aby tak bylo možno identifikovat možná nebezpečí a aby bylo možno generovat příslušná doporučení za účelem snížení pravděpodobnosti jejich výskytu, jejich důsledků nebo obojího. Takovýto kritický rozbor či přezkoumávání by měly být sestavené a měly by být systematické tak, aby bylo zajištěno prošetření všech důležitých částí návrhu zařízení a to včetně normálních operací a operací nesprávného provozu. Jako důležité faktory, které je třeba v tomto případě brát v úvahu, jsou vzájemné působení se sousedním nebo s připojeným zařízením a vhodnost proudu výrobku pro použití a to zvláště v případě, kdy je generována čistota jiná, než jak bylo specifikováno. Takový řádný postup přezkoumávání, kritického rozboru nejenom, že odhaluje možná nebezpečí, která se v procesu mohou vyskytnout, ale také identifikuje provozní problémy. Identifikace takových problémů ve stádiu návrhu může potom vést po provedené instalaci zařízení k významným úsporám v investičních nákladech a v provozních nákladech.

V následujícím je uveden soubor obecných postupů v případě jakékoliv takové studie nebezpečí.:

- a) Uveďte, která položka zařízení nebo krok procesu byly navrženy k tomu, aby byly dosaženy. Toto je záměrem návrhu.
- b) K identifikaci odchylek od záměru návrhu (na příklad vyšší tlak, reverzní tok, bez přívodu energie a podobně) použijte popisných vodících slov (vysoký, nízký, více, žádný a podobně).
- c) Jako typické parametry, které je třeba v rámci takové analýzy brát v úvahu, jsou chyba operátora, testování, výpadek energie / výpadek hmot a energií, statická elektřina, eroze, spouštění, koroze, odstavení, údržba, příprava zařízení k provozu a uvádění do provozu, omezení úniků, netěsností, vibrace, vzorkování, změna stavu (kapalina nebo pára), zablokování, ucpání potrubí, přetok u skladovací nádrže a porucha u nějakého blízkého zařízení.
- d) V případě jakékoliv odchylky provádějte vyšetřování možných příčin a stanovujte možné důsledky. Tento krok může potom nabýt formy analýzy „advokát ďábla – co, jestliže?“, ve které základní předpoklady inženýrského návrhu a příslušnost a spolehlivost každé z položek zařízení jsou zpochybňované.
- e) Identifikujte bezpečnostní opatření pro každý z možných důsledků a uveďte přehledně do seznamu doporučení s přiřazenými odpovědnostmi k dokončení každé z potřebných a požadovaných činností a
- f) Veďte a sledujte přezkoumávání, kritický rozbor před počátečním provozem zařízení, aby tak bylo možno ověřit, zda všechny předem identifikované záležitosti byly určeny a aby bylo možno odhalit jakákoliv další nebezpečí od počáteční studie.

6 Kompresory

6.1 Všeobecně

Ke kompresi vzduchu, produktů kyslíku a dusíku se u zařízení na výrobu kyslíku a dusíku používá mnoho typů kompresorů. Pokud se jedná o specifické požadavky na umístění a na instalaci těchto zařízení a strojů postupujte podle provozních manuálů, které jsou poskytovány výrobcem příslušného strojního zařízení a dodavatelem zařízení na výrobu kyslíku /nebo dusíku.

6.2 Speciální úvahy o kompresi kyslíku

Kromě úvah o umístění, jak to bylo diskutováno v odstavci 5.1, vyžaduje návrh a provoz kyslíkových kompresorů speciální znalosti a speciální bezpečnostní opatření. Jsou v tomto případě doporučené monitorovací systémy, které mohou detekovat začátek nějakých nebezpečných provozních podmínek a přijmout příslušná odpovídající bezpečnostní opatření ke zmírnění důsledků takových nebezpečných podmínek. Parametry, které mohou být monitorovány, zahrnují teplotu na výstupu, vibrace kompresoru, systém těsnění a systém mazacího oleje a stejně tak kontrolní systém rázových vln. Výstražná signalizace vysoké teploty na výstupu a zařízení k odstavení musí být umístěné na výstupu každého stupně kompresoru. Pokud se bude jednat o monitorování parametrů systému, postupujte podle instrukční příručky pro provoz od dodavatele.

Pracovníci personálu nesmí vstupovat do oblastí kolem kyslíkového kompresoru, který je v provozu. Tento stroj se musí spouštět z nějakého vzdáleného místa a jeho provoz je monitorován dálkově. Musí být rozmístěna označení, která budou zakazovat vstup do příslušné oblasti, jestliže bude kompresor v provozu.

V příslušných místech musí být nainstalovaná tlačítka pro vypnutí v nouzových případech, aby tak bylo možno v případě nouze kyslíkový kompresor odstavit z provozu.

Musí být zajištěna možnost, aby kyslíkové kompresory mohly být vypnuté z nějakého vzdáleného místa. Mezi oddělovací ventily a přírubu výtlaku kompresoru se musí nainstalovat odvzdušňovací ventil, aby se tak ventilové uspořádání podobalo dvojitému blokování a vypouštění. V případě vypnutí se tento odvzdušňovací ventil musí automaticky otevřít. Před prováděním oprav nebo před delší odstávkou zařízení se musí učinit opatření k zajištění profouknutí dusíkem nebo čistým suchým vzduchem.

Pokud se jedná o další informace o kompresi kyslíku, odkazujeme vás na dokumenty IGC Doc 27/01 *Odstředivé kompresory pro provoz s kyslíkem*, IGC Doc 10/07 *Pístový kompresor pro provoz na kyslík*, CGA G-4.6, *Návod pro provoz a instalaci kyslíkových kompresorů*, IGC Doc 33/06 *Návod pro čištění zařízení pro provoz s kyslíkem* (CGA G-4-1), IGC doc 13/02 *Kyslíkové potrubní systémy* (CGA G-4.4) a CGA G-4, Kyslík [9, 10, 11, 12, 14 a 15].

6.3 Zvláštní pozornost věnovaná kompresi dusíku

Následkem inertní povahy dusíku existuje tu při provozu mazaného dusíkového kompresoru možnost, že během provozu dojde ke hromadění nějakého neoxidovaného uhlík obsahujícího materiálu. Je možné, že dojde v těchto systémech k požáru nebo výbuchu, jestliže obsah kyslíku v plynu se podstatně zvýší nad normální hladinu, která je pro tyto jednotky normální. Je tedy v tomto případě důležité zabránit tomu, aby do produktového kompresoru tohoto zařízení na výrobu dusíku, dusíkového generátoru, vstupoval produkt, který bude významně mimo specifikaci, což tedy je s vysokým obsahem kyslíku.

Dusík vyráběný generátory je obvykle velmi suchý. Ověřte u dodavatele kompresoru, že použití v provozu se suchým dusíkem nevytváří žádná bezpečnostní rizika.

Když se produktový kompresor dusíku použije v provozu na vzduch, je důležité provést jeho důkladné vyčištění od částic způsobujících opotřebení a od jakýchkoliv úsad maziva, aby se tak zabránilo možnému požáru nebo výbuchu při prvním zavedení vzduchu.

Pokud se jedná o další informace o kompresi kyslíku, odkazujeme vás na dokumenty IGC Doc 147/08 *Návod ohledně bezpečných způsobů u kryogenních zařízení na dělení vzduchu* (CGA P-8) a CGA P-9, *Inertní plyny: Argon, dusík a helium* [1, 16].

7 Skladování produktu

7.1 Všeobecně

Nebezpečí, která jsou spojená s uskladňováním kyslíku, dusíku nebo kombinace těchto tu závisí na podmínkách, za kterých jsou uskladňované. Každý systém uskladňování musí být vhodný pro příslušné teploty, tlaky a tekutiny.

7.2 Skladování kryogenní kapaliny

Kryogenní kapalina se skladuje ve speciálně navržených nádržích, jejichž velikost se pohybuje od několika stovek do více než několik milionů litrů, přičemž toto závisí na zvláštních potřebách zařízení (viz IGC Doc 127/04 *Systémy skladování velkých množství kapalného kyslíku, dusíku a argonu v místech jejich výroby*, IGC Doc 115/04 *Skladování kryogenních plynů ze vzduchu v areálu uživatele*, IGC Doc 133/06 *Kryogenní odpařovací systémy – Prevence křehkého lomu u zařízení a potrubí*, IGC Doc 147/08 *Vodítko bezpečných způsobů u kryogenních zařízení na dělení vzduchu* [17, 18, 1]).

7.3 Skladování plynu za vysokého tlaku

Nádoby použité pro skladování plynů za vysokého tlaku by měly být instalované, testované a chráněny pojistnými odlehčovacími zařízeními či pojistným odlehčovacím zařízením v souladu s evropskou směrnicí *PED Směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EC*, v souladu s příslušnými harmonizovanými normami EN tam, kde je to příslušné [19]. Před svým uvedením do provozu by měly být nádoby interně prohlížené na čistotu.

8 Potrubní zařízení

8.1 Všeobecně

Potrubní systémy musí být vhodné pro příslušné teploty, tlaky a tekutiny. Tyto potrubní systémy by měly brát v úvahu použitelnost evropské směrnice *PED Směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EC* s příslušnými harmonizovanými normami EN tam, kde je to příslušné [19].

Užitečnými návody pro kyslíkové distribuční systémy jsou dokumenty IGC Doc 13/02 *Kyslíkové potrubní systémy* a ASTM G-88 *Návod pro navrhování systémů pro provoz s kyslíkem* [14, 20].

8.2 Pojistná odlehčovací zařízení (PRD)

Taková pojistná odlehčovací zařízení by měla být opatřena na každém takovém systému, kde může dojít k podtlaku nebo k přetlaku. Speciální pozornost se musí věnovat přetlaku, který je způsoben zachycením kryogenních kapalin. Viz IGC Doc 147/08 *Návod bezpečných způsobů u kryogenních zařízení na dělení vzduchu* (CGA P-8) a P-12 [1, 2]. Tato PRD by měla být periodicky testována, aby byla zajištěna jejich funkčnost a nastavený tlak.

8.3 Redukční stanice tlaku

Stanice redukce tlaku jsou zapotřebí kdykoliv v takových případech, kdy tlak vyráběného produktu a/nebo skladovaného produktu je vyšší než tlak použití.

PRD by měla být nainstalována na nízkotlaké straně takové redukční stanice tlaku tehdy, jestliže by porucha regulátoru mohla dovolit vzestup tlaku nad maximální dovolený pracovní tlak (MAWP) uživatele.

8.4 Oddělení systému

Měla by být zahrnuta schopnost oddělení v rozumně přístupných místech nebo u větví potrubí a to pro účely testování, údržby a pro případ nějaké poruchy systému.

8.5 Nadzemní potrubí

Potrubní vedení nainstalovaná nad zemí musí být odpovídajícím způsobem podepřená. Dilatačních spojů a dilatačních smyček by se mělo používat jako nezbytných prvků ke kompenzaci dilatací, rozpínání a smršťování v důsledku teplotních změn. Potrubní systémy by měly být přiměřeným způsobem oddělené od vnějších zdrojů tepla, mechanického poškození a od přílišných vibrací. Dispoziční uspořádání potrubí by mělo zabránit nebezpečí cukání a/nebo prudkého „bouchání“.

8.6 Podzemní potrubí

Potrubní vedení uložená pod zemí by neměla být typu se závitovými nebo s přírubovými spoji. Potrubní vedení by měla být odpovídajícím způsobem podepřená a materiál pod vedením by měl být dobře odvodněn. Ve všech případech by měla být zajištěna dostatečná pružnost použitím potrubních smyček nebo dilatačních spojů a to ke kompenzaci roztahování a smršťování v důsledku teplotních změn. Na vedení by se mělo použít vhodného vnějšího nátěrového materiálu, aby se tak na minimum snížila země indukovaná vnější koroze. V takových případech, kdy je potrubní vedení vedeno pod vozovkami, mělo by být potrubí zapouzdřeno do vhodných trubkových plášťů, které jsou odvětrané do atmosféry. Tam, kde to podzemní podmínky ospravedlňují, mělo by se použít katodové ochrany.

8.7 Izolace

Zařízení by mělo být opatřeno izolací, aby se tak zajistila ochrana pracovníků buď před horkými provozními podmínkami (> 66 °C) nebo studenými provozními podmínkami (< 0 °C). Izolace by se mělo použít k tomu, aby se zabránilo vymrzání vlhkosti v procesních vedeních a ve vedeních přístrojového vzduchu a to včetně takových potrubních vedení, která jsou v provozu se stlačeným vzduchem, která mohou být vystavena chladným podmínkám okolního prostředí. Izolace by se mělo použít k tomu, aby se zabránilo kondenzaci ze studených procesů, vedení vzduchu pro přístroje měření, regulace a řízení nebo z obojího, kdy by to mohlo zapříčinit podmínky pro uklouznutí.

9 Provoz

9.1 Všeobecně

Řádný postoj k otázkám bezpečnosti a neustále kladený důraz na bezpečné pracovní postupy představují ty nejdůležitější aspekty provozu jakéhokoliv generátoru na výrobu kyslíku a dusíku. Je také jako důležité rozpoznat jakákoliv nová nebezpečí, která by se mohla objevit a to v důsledku kombinované přítomnosti systému takového výrobního zařízení, generátoru a jiných procesních systémů uživatele.

Výrobce generátoru a s ním spojených zařízení by měl poskytnout uživateli kompletní instrukční příručky pro provoz a údržbu. Uživatel by měl tyto postupy v každém případě a stále dodržovat. Tyto instrukční příručky by měly být udržovány v aktualizované formě a měly by být udržovány s kopiemi na vhodném místě, aby k nim byl snadný přístup.

Pro průmyslové jednotky (nikoliv laboratorní jednotky / pro zdravotní péči) by měly být vyvinuty a připraveny postupy jako odezva na nouzové případy v místě zařízení a těmto postupům by měli porozumět všichni pracovníci provozu a údržby.

9.2 Seznamy kontrol operací / listy denních záznamů

Seznam kontrol by měl být k dispozici pro přípravu zařízení pro provoz, pro jeho uvedení do provozu, pro jeho spuštění a pro provoz takového výrobního zařízení a všech jeho komponent. Tyto seznamy kontrol by se měly používat stále k zajištění toho, aby příslušné výrobní zařízení bylo připraveno pro provoz a správně pro provoz nastaveno.

Měl by být udržován deník záznamů a to za účelem periodického monitorování teplot, tlaků, vibrací, výkonu a kapacity. Jakékoliv odchylky provozních hodnot od normálních hodnot, jak je to uvedeno v instrukčních příručkách od dodavatele nebo v příslušných pokynech, by měly být zaznamenávány a měly by se podle toho provádět příslušné nápravné akce.

9.3 Postupy

Práce na zařízení generátoru pro výrobu kyslíku a dusíku by měly být prováděné k tomu kvalifikovanými pracovníky. Měl by být ustaven bezpečný pracovní proces podporující kritickou analýzu bezpečnostních aspektů a možného nebezpečí při práci, jak je to příslušné pro všechny pracovníky personálu a všechny takové postupy by měly být vynucovány.

Měly by být vyvinuty a připraveny postupy, které se týkají řádné odezvy na očekávané nouzové podmínky, kterým by mohli operátoři těchto zařízení čelit. Potenciální nouzové podmínky by měly zahrnovat všechny možné podmínky spojené s porušením normálního provozu zařízení, mechanické poruchy provozu a poruchy, pokud se jedná o energii nebo o hmoty a stejně tak, pokud se jedná o faktory okolního prostředí, které mohou ovlivňovat bezpečnost zařízení. V následujícím jsou uvedeny nouzové podmínky, které by se měly brát v úvahu:

- výpadek přívodu elektrické energie,
- výpadek vzduchu pro měření, regulaci a řízení nebo přívodu elektrické energie,
- závažná mechanická porucha, jako je na příklad porucha vysokotlakého systému,
- požár v kompresoru,
- uvolnění energie,
- občanské narušení, jako na příklad ohrožení, vyhrůžky, bouře, nepokoje, povstání nebo jiné akce občanské neposlušnosti,
- velice nepříznivé klimatické podmínky, jako na příklad hurikán, tornádo nebo záplavy,
- nehody v sousedních průmyslových zařízeních, jako na příklad výbuchy, výskyt toxických chemických látek nebo uvolnění plynů a
- rozlitá množství mazacího oleje nebo jiných chemických látek používaných v těchto zařízeních na výrobu kyslíku a dusíku.

Kromě koordinace s pracovníky personálu a kromě koordinace zařízení pro zajištění té nejvyšší výhodnosti měly by postupy v nouzových případech zahrnovat koordinaci s místními orgány v nouzových případech (hasiči, policie a lékařské služby).

9.4 Zaškolování

Počáteční uvádění do provozu, spouštění zařízení a zaškolování pracovníků obsluhy by mělo být prováděno pod vedením dodavatele takového generátoru plynu. Takové zaškolování se může provádět s odkazem na instrukční příručky pro provoz od dodavatele zařízení, v příslušných učebnách, jako dozorované zaškolování pro příslušnou práci nebo jako kombinace těchto.

Důraz by měl být kladen na speciální zkušenosti a dovednosti, které jsou v takových případech zapotřebí a na zvláštní problémy z hlediska bezpečnosti, které souvisí s provozem takovýchto zařízení na výrobu kyslíku a dusíku a dále související s manipulací a s uskladňováním kryogenních kapalin a se skladováním tlaku při vysokém tlaku, jestliže takové jednotky jsou zahrnuté v systému. Mělo by být poskytnuto školení ohledně poskytování první pomoci, aby tak bylo možno pokrýt nebezpečí pro zdraví pracovníků, jak je uvedeno v části 4.

Mělo by v tomto případě být také zahrnuto zaškolování v používání analytického zařízení a dodatkových dýchacích zařízení. Mělo by se časově rozepisovat opětne periodické školení a takové školení by mělo zahrnovat řádné odezvy na nouzové stavy a kritický rozbor takových operací, které se neprovádějí často.

9.5 Spouštění

Před spouštěním, uváděním do provozu, jakéhokoliv takového generátoru kyslíku a dusíku by uživatel měl důkladně pročíst a prostudovat instrukční příručky pro provoz zařízení, které jsou poskytnuté dodavatelem (dodavatelem) zařízení. Tyto musí obsahovat seznam podmínek, které je třeba zkontrolovat před zahájením spouštění zařízení.

Jestliže se na generátoru plynu prováděly práce údržby, pak tedy potvrďte, zda takové práce byly dokončené, zda byly zkontrolovány a schválené a zda byla vyřízena všechna povolení z hlediska bezpečnosti a zda zařízení je připravené k najetí. Viz IGC Doc 40/02 *Systémy povolení k práci* [21].

Při prvním spouštění zařízení je jako kritické, aby uživatelé příslušného výrobku byli připraveni přijmout takový plyn a aby byli vyškoleni ve správném provozování zařízení a ohledně bezpečnostních aspektů.

Po spuštění generátoru zkontrolujte, zda všechny provozní podmínky jsou jako normální a teprve potom umožněte provoz této jednotky bez obsluhy. Potom, co systém byl po několik hodin v provozu, opětne tyto podmínky zkontrolujte.

9.6 Odstavení

Pokud se jedná o specifické postupy pro odstavování zařízení, postupujte v souladu s instrukčními příručkami dodanými dodavatelem zařízení.

Při odstavování zařízení na výrobu kyslíku nebo dusíku a to jak záměrně, v důsledku výpadku elektrické energie nebo v důsledku výpadku hmot a energií nebo v důsledku nesprávné funkce zařízení, existuje tu obecně vestavěný systém událostí, kroků při odstavení. K řadě událostí může v tomto případě dojít automaticky. Ventily se uzavírají, odvětrávací vypouštěcí ventily se otevírají, zařízení je odstavené a obecně by se mělo zařízení nacházet v bezpečném pohotovostním stavu. Jestliže tu není k dispozici žádný takový automatický systém nebo jestliže takový automatický systém selže, pak tedy v takovém případě by měl být nastaven seznam přednostně prováděných činností (jako na příklad likvidace produktu a odvětrávání zařízení) a pracovníci obsluhy by měli být vyškoleni k tomu, aby prováděli funkce, které jsou zapotřebí pro jednotlivé typy takového výrobního zařízení, generátoru.

9.7 Dálkově ovládaný provoz a automatické opětovné spuštění

Mnoho generátorů kyslíku a dusíku je dnes provozováno dálkově a to prostřednictvím použití modemu a zahrnují schopnost být spuštěných a/nebo odstavených dálkově. Je důležité, aby byla aplikována taková bezpečnostní opatření, aby mohlo být zajištěno, že zařízení nebude možno spustit za situace, kdy v blízkosti se nacházejí pracovníci personálu. Za účelem ochrany pracovníků personálu by měla být aplikována příslušná výstražná označení, výstražná světla, houkačky zvukové výstražné signalizace a příslušné postupy (viz 9.7). Specifická doporučení jsou uvedena v dokumentu IGC Doc 132/05 *Zařízení na výrobu plynů ze vzduchu bez obsluhy: Návrh, konstrukce a provoz* [22].

Je také možné, aby systém byl navržen pro automatické nebo dálkové spouštění nebo odstavení. V tomto případě se takový generátor může jevit jako odstavený, když ve skutečnosti odstavený není. U takových zařízení je možné, že se bude nacházet v pohotovostním stavu, jako nečinné, v klidu, avšak připravené k opětovnému automatickému spuštění. Je v tomto případě jako zvláště důležité, aby tyto systémy byly odpojené před začátkem provádění údržby. Tímto způsobem se zabrání jakémukoliv bezděčnému, nezáměrnému opětovnému spuštění během provádění prací údržby. Kolem zařízení by měly být jasně a viditelně rozmístěné výstražné znaky a výstražná varování o možném opětovném automatickém spuštění.

9.8 Údržba

9.8.1 Program preventivní údržby

Systematicky uspořádaný a důkladný program preventivní údržby představuje jeden z kritických prvků každého programu ohledně bezpečnosti. Dobrá prevence je lepší než jakákoliv potom péče. Program údržby takového výrobního zařízení, generátoru, by měl zahrnovat periodicky prováděné funkční zkoušky odstavení zařízení, aby tak bylo zajištěno, že se takový systém bude potom chovat tak, jak je to zapotřebí v nějakém nouzovém případě. Také by se měla periodicky kontrolovat přesnost provozu měřidel tlaku a měřidel teploty, přesnost provozu pojistných zařízení pro odlehčení tlaku, , automatických ventilů, regulátorů a analyzátorů čistoty.

9.8.2 Speciální úvahy o stavbě a opravách

Zvláštní pozornost by se měla věnovat takovému stavu, kdy tyto generátory kyslíku a dusíku jsou provozované během stavby, údržby neb o opravy jiných zařízení, které jsou umístěné v sousedství generátoru. Během těchto časových období se odpovědní pracovníci personálu musí vypořádat se všemi normálními aspekty bezpečných generátorů kyslíku a dusíku a to stejně tak jako se speciálními nebezpečími, které vyplývají z kombinace těchto dvou současně prováděných operací.

Pracovníci personálu podílející se na stavbě by měli být důvěrným způsobem seznámeni se všemi bezpečnostními směrnicemi a předpisy a měli by si být vědomi všech možných nebezpečí.

Jedno z nejvýznamnějších nebezpečí, které je spojeno se zařízeními na výrobu kyslíku a dusíku, generátorů na bázi PSA / VSA, je vystavení se působení atmosféry uvnitř adsorpčních nádob při plnění, při vyprazdňování nebo při kontrole síťového materiálu nebo jeho podpěr. Dokonce i v takovém případě, kdy generátor není v provozu, může síťo absorbovat nebo desorbovat dusík nebo kyslík a to v důsledku změn v hodnotě teploty okolního prostředí (viz 10.2.2 a 11.2.2, kde jsou uvedené další podrobnosti).

Generátory kyslíku a dusíku jsou v mnoha případech uzavřené ve skříních, které mohou být klasifikované jako ohraničený prostor. V důsledku toho potom může dojít uvnitř takových skříní k vytvoření atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku nebo atmosféry obohacené kyslíkem. Obráťte svou pozornost na Část 4 pojednávající a souvisejících nebezpečích a o potřebných bezpečnostních opatřeních a na dokument IGC doc 40/02 *Systémy povolení k práci* [21].

9.8.3 Opravy

V takových případech, kdy je jako nezbytné otevřít potrubí nebo v případě provádění oprav s použitím operací za tepla, musí se provést odstranění tlaku z potrubí, musí se provést kontrola na čistotu a musí se provést profukování s použitím čistého vzduchu, přičemž toto profukování se musí provádět tak dlouho, dokud se nebude koncentrace pohybovat v rozmezí 19,5 % kyslíku a 23,5 % kyslíku. V takovém případě, kdy je možno zavést nějakou nebezpečnou atmosféru do potrubí, kde se provádějí práce, musí se vedení zaslepit nebo pozitivním způsobem oddělit. Přijatelnými prostředky v tomto případě jsou odstranění cívkových částí nebo použití dvojitého bloku a odvětrávacích, vypouštěcích ventilů s ventily odpojenými a opatřenými příslušnými štítky. Je zapotřebí v takovém případě často provádět analýzy prostředí v potrubí. Je nutno věnovat pozornost takovým situacím, kdy se provádí opravy potrubí, nádob a podobně s použitím tepla, což by mohlo sebou přinášet stopy chlorovaných rozpouštědel nebo chladících médií a to vzhledem k tomu, že může docházet k jejich rozkladu za tepla, přičemž dochází ke tvorbě toxických plynů.

Proveďte u veškerého nového zařízení a stejně tak u použitého zařízení, která by mohla být znečištěna během provádění prací údržby, řádný proces čištění. Pro zajištění bezpečného provozu zařízení je jako velice důležité, aby z procesního potrubí a všech komponent, které se používají pro provoz s kyslíkem, byly odstraněny všechny nečistoty. Kontrolujte a prohlédněte vyčištěné potrubí a vyčištěné komponenty a jestliže se vyskytnou nějaké nečistoty, pak tedy před instalací nebo před opětovným spuštěním systému vyčistěte opět takovou položku či komponentu.

Odpadní materiály, jako jsou použité mazací oleje, spotřebovaný katalyzátor, adsorbent a/nebo sušící prostředek použitý v sušiči a další materiály použité při opravě by se měly řádným odpovídajícím způsobem likvidovat. Podrobnosti jsou pro tento případ uvedené v odstavci 5.10 a v příslušných specifikačních listech SDS. Viz také dokument IGC doc 40/02 *Systémy povolení k práci* [21].

9.8.4 Tlakové zkoušky

Tlakové zkoušky nádob a potrubí by se měly v tomto případě provádět podle příslušných sbírek norem a podle národních místních směrnic a předpisů. Opravy nádob se musí provádět v souladu s požadavky evropské směrnice *PED Evropská směrnice 97/23/EC* [19]. Dokonce i v takovém případě, že se nepožaduje záznam, měla by se před spuštěním provést zkouška těsnosti nádob a potrubí.

10 Generátory kyslíku PSA/VSA

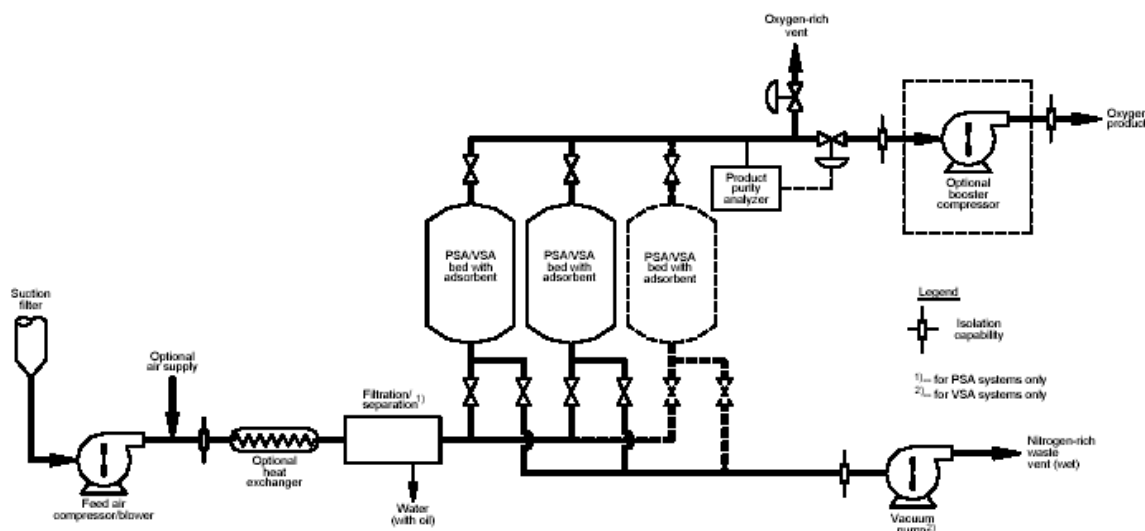
10.1 Všeobecně

10.1.1 Účel

Generátory PSA a VSA se používají k výrobě plynného kyslíku se specifikovanou čistotou, průtočným množstvím a tlakem ze zdroje stlačeného vzduchu. Tato část poskytuje návod pro bezpečnou instalaci a provoz systémů PSA nebo VSA. Tato část by se měla používat ve spojení s Částí 4 až Část 9, které podrobně uvádějí všeobecné úvahy a příslušná bezpečnostní opatření související s bezpečným provedením montáže, s bezpečným provozem a údržbou jakéhokoli takového generátoru kyslíku nebo dusíku při použití vzduchu jako suroviny. Pokud se bude jednat o specifické informace ohledně návrhu, použijte instrukční příručku pro provoz, která je poskytnuta společně s tímto systémem nebo se spojte v této záležitosti s příslušným dodavatelem zařízení.

10.1.2 Popis systému

V současné době jsou pro výrobu kyslíku nabízeny v typickém případě dva typy adsorpčních systémů, tedy PSA a VSA. Typické schéma toku procesu v případě generátoru kyslíku PSA /VSA je znázorněno na Obrázku 1. Základní princip této technologie zahrnuje separaci kyslíku od dusíku takovým způsobem, že vzduch prochází vrstvou, ložem adsorbentu. V typickém případě je toto lože adsorbentu tvořeno zeolitem. Tento adsorpční materiál přednostně adsorbuje dusík, vodu a oxid uhličitý a umožňuje, aby velké objemové množství kyslíku procházelo dále. Potom, co je již takové adsorpční lože nasyceno dusíkem, provádí se tedy regenerace adsorpčního lože podstatným snížením tlaku na tlak atmosférický a to je v případě systémů PSA a na podtlak či tedy vakuum, jako je tomu v případě systémů VSA.



Obrázek 1 – Schéma technologického toku generátoru kyslíku PSA/VSA

Legend - Legenda:

- Isolation capability – schopnost oddělení
- Oxygen rich vent – Odřuk obohacený kyslíkem
- Product purity analyzer – Analyzátor čistoty výrobku
- Oxygen product – Kyslík jako produkt
- Optional booster compressor – Volitelný, nestandardní přídavný kompresor
- PSA/VSA bed with adsorbent – Lože s adsorbentem
- Optional air supply – Volitelný přívod vzduchu
- Suction filter – filtr na sání
- Filtration / separation 1) – Filtrace/separace 1)
 - 1) pouze pro systémy PSA
 - 2) pouze pro systémy VSA
- Feed air compressor/blower – Kompresor / dmýchadlo přiváděného vzduchu
- Optional heat exchanger – Volitelný, nestandardní výměník tepla
- Water (with oil) – Voda (s olejem)
- Nitrogen-rich waste vent (wet) - Odpad bohatý na dusík (mokřý)
- Vacuum pump – Výtřeva 2)

POZNÁMKA: Počet nádob se zde může měnit od jedné do čtyř nebo více. Tečkovanou čarou znázorněná nádoba, jak je to znázorněno na Obrázku 1, znamená indikaci této změny v počtu nádob.

Hlavní komponenty zařízení zahrnují systém komprese přiváděného vzduchu, zařízení pro předběžnou úpravu přiváděného vzduchu a nádoby obsahující adsorbent, procesní potrubí a procesní ventily, vývěva (pouze v případě systému VSA), kompresor kyslíku jako produktu (v takovém případě, kdy požadavky ze strany zákazníka jsou na tlaky vyšší než je tlak produktu systému PCA nebo VSA), systémy regulace a řízení procesu a další pomocné komponenty zařízení, jako jsou chladiče, odlučovače, skladovací nádoby, chladicí věže (jestliže je zapotřebí chladicí voda a není zajištěna ze vzdáleného zdroje) a systémy přístrojové vzduchu.

Systémy komprese přiváděného plynu pro generátory kyslíku typu PSA jsou v typickém případě bezmazné šroubové kompresory a méně často bezmazné pístové kompresory nebo odstředivé kompresory nebo někdy olejem zaplavené šroubové kompresory. Systémy VSA obecně používají na přiváděném vzduchu odstředivých dmýchadel nebo rotačních křídlových dmýchadel. Vývěvy, kterými jsou často rotační křídlová dmýchadla s

vodním uzávěrem, se používají k vytvoření podtlaku, který je zde zapotřebí pro regeneraci adsorbentu v jednotkách typu VSA.

Předběžná úprava, tedy předběžné čištění vzduchu se mění v závislosti na použitém kompresoru a na použitém adsorbentu. Pokud se bude jednat o specifické podrobnosti, odkazujeme vás v tomto případě na instrukční příručky pro provoz generátoru, které byly poskytnuté dodavatelem zařízení.

Všechny systémy PSA a VSA zahrnují nádoby obsahující adsorbent. Čistota produktu je ovlivňována regulací provozního tlaku, provozní teploty a průtoku nádobami s adsorbentem.

10.2 Instalace

10.2.1 Všeobecně

V částech 4 až 9 jsou podrobně uvedeny všeobecné úvahy, kterým je nutno porozumět pro zajištění bezpečné instalace a bezpečného provozu systémů PSA/VSA. Účelem této části je ukázat na nebezpečí, která se specificky vyskytují u generátorů kyslíku PSA a VSA.

10.2.2 Výběr místa a montáž

Instalace ve vnitřním prostředí musí brát v úvahu možnost vzniku kyslíkem obohacené atmosféry nebo atmosféry s nedostatkem kyslíku uvnitř budovy. Doporučuje se zajistit odpovídající větrání, výstražné signalizace koncentrace kyslíku nebo obojí. Všechna odvětrání, výfuky (včetně výstupů pojistných odlehčovacích zařízení) musí být vyvedeny do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

Mechanická zařízení generátorů PSA a VSA (na příklad kompresory a vakuová dmýchadla), přepínání ventilů, odvádění kondenzátu a procesní průtok mohou generovat vysoké hladiny hluku. Snížení hluku a použití pomůcek osobní ochrany sluchu by se měly provádět v souladu s národními a místními směrnicemi a předpisy podle toho, jak je to zapotřebí.

Při volbě místa pro generátor kyslíku PSA nebo VSA existují otázky ohledně jakosti vzduchu kromě otázek, jak je o nich pojednáno v odstavci 5.1. Vzduch by neměl obsahovat zvýšené hladiny nečistot jako je chlor a sloučeniny chloru, čpavek, sirné sloučeniny, oxidy dusíku a další kyselý plyny, které by mohly způsobit poškození síta. Specifické podrobnosti konzultujte s dodavatelem generátorů.

Materiál síta je v typickém případě nikoliv nebezpečný syntetický zeolit. Pro zajištění bezpečné manipulace během instalace, provozu, údržby a likvidace by se uživatelé měli řídit datovými listy materiálu z hlediska bezpečnosti od dodavatele. Síto, jestliže je vystaveno působení vody, má tendenci generovat teplo. Musí se věnovat pozornost tomu, aby během manipulace nedošlo ke vniknutí síta do úst nebo aby se nedostalo do očí. Prach síta může způsobit podráždění nosu, krku, očí, plic a pokožky. Vzhledem k tomu, že při práci se sítem se prach vyskytuje, měly by se používat při práci se sítem ochrana očí, protiprachová maska, pracovní rukavice a oblek kryjící tělo.

Jednou z nejnebezpečnějších operací u průmyslových generátorů kyslíku PSA a VSA je vystavení se působení atmosféry uvnitř adsorpčních nádob při plnění, vyprazdňování nebo prohlídkách loží síta. K tomuto vystavení se působení jasně dojde při vstupu do takové nádoby, ale může k tomu také dojít při pouhém dýchání atmosféry v blízkosti místa vstupu do nádoby. Dokonce i tehdy, kdy není generátor v provozu adsorpční materiál adsorbuje nebo desorbuje dusík a to v důsledku změn v teplotě okolního prostředí. Toto tedy znamená, že atmosféra v nádobě se může rychle měnit atmosféru obohacenou kyslíkem nebo na atmosféru s nedostatečným množstvím kyslíku. Je tedy velice důležité, aby před zahájením nebo během prací spojených se vstupem do nádoby byl k profukování použit suchý vzduch bez oleje. Při provádění takových prací se musí provádět kontinuální monitorování atmosféry uvnitř nádoby a stejně tak se při těchto pracích musí použít externí podpůrné systémy, lana a podobně.

K zařízením na výrobu kyslíku PSA/VSA jsou často připojené systémy komprese kyslíku. Jestliže se vyskytnou nějaké sporné otázky, problémy nebo pochybnosti, měli by být kontaktováni dodavatelé kyslíkových kompresorů.

Na obrázcích 2 až 5 jsou uvedeny příklady generátorů kyslíku PSA/VSA.

10.3 Provoz

Před spuštěním jakéhokoliv zařízení ověřte, zda bylo provedeno kompletní přezkoumání bezpečnostních rizik v souladu s odstavcem 5.11. Pročtěte a důkladně porozumějte instrukčnímu provoznímu manuálu poskytnutému dodavatelem generátoru. Nakonec potom potvrďte, že uživatelé produktu bohatého na kyslík jsou připraveni přijmout plyn a byli vyškolení v jeho používání a v příslušných bezpečnostních záležitostech.

10.3.1 Provozní rizika

Před spuštěním jakéhokoliv zařízení ověřte, zda bylo provedeno kompletní přezkoumání bezpečnostních rizik v souladu s odstavcem 5.11. Pročtěte a důkladně porozumějte instrukčnímu provoznímu manuálu poskytnutému dodavatelem generátoru. Nakonec potom potvrďte, že uživatelé produktu bohatého na kyslík jsou připraveni přijmout plyn a byli vyškolení v jeho používání a v příslušných bezpečnostních záležitostech.



Obrázek 2 – Malý kyslíkový generátor PSA



Obrázek 3 – Kyslíkový generátor VSA



Obrázek 4 – Generátor kyslíku PSA se třemi loži



Obrázek 5 – Kyslíková jednotka PSA

Neodpovídající a nesprávná likvidace odfuků a odpadních plynů, které jsou produkované tímto výrobním zařízením, mohou být jako extrémně nebezpečné (viz 5.8, kde jsou uvedené příslušné postupy pro odvětrávání).

Okamžitě potom, co se takový generátor uvede do provozu a zvláště potom v takovém případě, kdy je generátor nainstalován ve vnitřním prostředí, by mělo být veškeré potrubí podrobeno zkoušení na těsnost (s použitím zkoušky s použitím mýdlového roztoku). Před začátkem provozování takového generátoru by měly být všechny netěsnosti opraveny, aby se tak zabránilo nebezpečí vzniku atmosféry obohacené kyslíkem nebo atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku. Čistota produktu se může měnit v závislosti na provozních podmínkách. Toto může potom přinášet určité bezpečnostní riziko. Měla by být v tomto případě zahrnuta řádná a spolehlivá analýza a následně potom oddělení s použitím příslušných automatických ventilů. Před vlastním spuštěním zařízení zajistěte, aby analyzátor fungoval řádným způsobem a aby byl v řádné době podroben odpovídající kalibraci.

Ventily systému automaticky a často během provozu cyklují a musí se tedy věnovat pozornost tomu, aby se nikdo těchto ventilů nedotýkal ani se jich nedotýkal nějakými nástroji.

Generátory VSA mohou být vybaveny vodními vývěvami. Jestliže tomu tak je, pak tedy utěšňovací voda se musí zlikvidovat v takovém místě, které je certifikované k tomu, aby mohlo přijmout vodu a jakékoliv její možné znečišťující látky. V odstavci 5.10 jsou uvedeny další podrobnosti týkající se manipulace s procesní vodou a s její likvidací.

U generátorů kyslíku se systémem PSA a VSA může dojít k potenciálnímu vzniku bezpečnostního rizika tehdy, jestliže v průběhu času dojde ke zhoršení jakosti materiálu síta. Takové zhoršení jakosti se obvykle označuje jako vytváření prachu. Vzhledem k tomu, že tento materiál síta je vystaven mnoha cyklům v rámci změn tlaku, mohou potom malé částičky síta opouštět lože adsorbéru společně s produktovým plynem (viz 5.9).

11 Generátory dusíku PSA

11.1 Všeobecně

11.1.1 Účel

Generátory PSA se používají k výrobě plynného dusíku se specifikovanou čistotou, průtočným množstvím a tlakem ze zdroje stlačeného vzduchu. Tato část poskytuje návod pro bezpečnou instalaci a provoz generátoru dusíku se systémem PSA. Tato část by se měla používat ve spojení s Částí 4 až Část 9, které podrobně uvádějí všeobecné úvahy a příslušná bezpečnostní opatření související s bezpečným provedením montáže, s bezpečným provozem a údržbou jakéhokoliv takového generátoru kyslíku nebo dusíku při použití vzduchu jako suroviny. Pokud se bude jednat o specifické informace ohledně návrhu, použijte instrukční příručku pro provoz, která je poskytnutá společně s tímto systémem nebo se spojte v této záležitosti s příslušným dodavatelem zařízení.

11.1.2 Popis systému

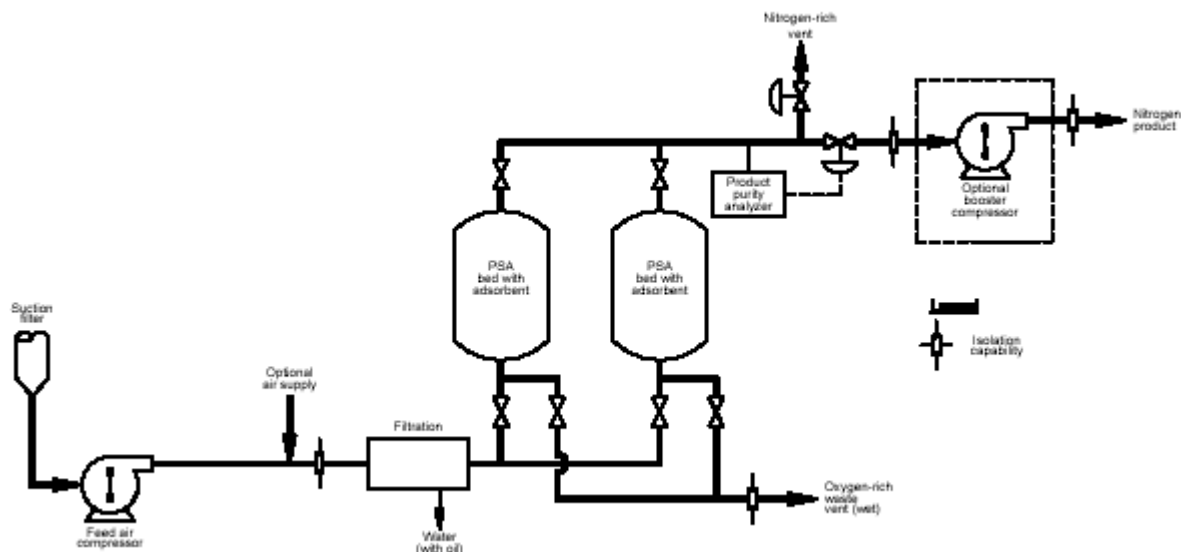
Typické schéma toku procesu v případě generátoru dusíku PSA je znázorněno na Obrázku 6. Základní princip této technologie zahrnuje separaci dusíku od kyslíku takovým způsobem, že vzduch prochází vrstvou, ložem adsorbentu. V typickém případě je toto lože adsorbentu tvořeno uhlíkovým molekulovým sítem (CMC). Za tlaku tento adsorpční materiál CMC přednostně adsorbuje kyslík a vlhkost z provozu tohoto systému, přičemž dusík prochází nádobou. Během provozu tohoto generátoru dochází k tomu, že CMS se nasýtí kyslíkem. Tento CMS se musí systematicky regenerovat desorbováním kyslíku a vlhkosti při nízkém tlaku.

Hlavními komponentami toto zařízení jsou systém komprese přiváděného vzduchu, zařízení na předběžnou úpravu, čištění, přiváděného vzduchu, nádoby obsahující adsorpční materiál, příslušné procesní potrubí a ventily, kompresor vyráběného, produktového dusíku (v takovém případě, kdy požadavky ze strany zákazníka, pokud se jedná o tlak, jsou vyšší, než odpovídá tlaku produktu z jednotky PSA), systémy pro regulaci a řízení procesu a další pomocné komponenty, jako jsou chladiče, odlučovače, skladovací nádrže a systémy přístrojového vzduchu., vzduchu pro měření, regulaci a řízení.

Příklady generátorů dusíku se systémem PSA jsou uvedené na obrázcích 7 a 8.

Systémy komprese přiváděného vzduchu pro výrobní zařízení dusíku se systémem PSA jsou v typickém případě olejem zaplavené nebo bezmazné šroubové kompresory a také méně častěji bezmazné pístové nebo odstředivé kompresory. Předběžná úprava, čištění, vzduchu se mění v závislosti na použitém kompresoru nebo na použitém adsorpčním materiálu. Pokud se bude jednat o nějaké specifické podrobnosti, řiďte se pokyny, jak jsou uvedené v příslušných instrukčních příručkách pro provoz zařízení od dodavatele.

Čistota produktu je ovlivňována seřizováním provozního tlaku, provozní teploty a průtočného množství procházejícího nádobami s adsorpčním materiálem.



Obrázek 6 – Schéma procesního toku generátoru dusíku se systémem PSA

Legenda

Nitrogen rich vent – odfuk bohatý na dusík

Product purity analyzer – analyzátor čistoty výroby

Nitrogen product – vyráběný dusík

Optional booster compressor – nestandardní, volitelný přídatný kompresor

PSA bed with adsorber – PSA – lože adsorpčního materiálu

Legenda – legenda

Isolation capability – schopnost oddělení

Optional air supply - nestandardní, volitelný, přívod vzduchu

Filtration - filtrace

Suction filter –filtr na sání

Feed air compressor – kompresor přiváděného vzduchu

Water (with oil) – voda (s olejem)

Oxygen-rich waste vent (wet) – odfuk odpadu bohatého na kyslík



Obrázek 7 – Malý generátor dusíku



Obrázek 8 – Generátor dusíku

11.2 Instalace

11.2.1 Všeobecně

V částech 4 až 9 jsou podrobně uvedeny všeobecné úvahy, kterým je nutno porozumět pro zajištění bezpečné instalace a bezpečného provozu systémů PSA/VSA. Účelem této části je ukázat na nebezpečí, která se specificky vyskytují u generátorů dusíku se systémem PSA.

11.2.2 Výběr místa a montáž

Instalace ve vnitřním prostředí musí brát v úvahu možnost vzniku kyslíkem obohacené atmosféry nebo atmosféry s nedostatkem kyslíku uvnitř budovy. Doporučuje se zajistit odpovídající větrání, výstražné signalizace koncentrace kyslíku nebo obojí. Všechna odvětrání, výfuky (včetně výstupů pojistných odlehčovacích zařízení) musí být vyvedeny do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

Mechanická zařízení generátorů PSA (na příklad kompresory a vakuová dmýchadla), přepínání ventilů, odvádění kondenzátu a procesní průtok mohou generovat vysoké hladiny hluku. Snížení hluku a použití pomůcek osobní ochrany sluchu by se měly provádět v souladu s národními a místními směrnicemi a předpisy podle toho, jak je to zapotřebí.

Při volbě místa pro generátor dusíku PSA existují otázky ohledně jakosti vzduchu kromě otázek, jak je o nich pojednáno v odstavci 5.1. Vzduch by neměl obsahovat zvýšené hladiny nečistot jako je chlor a sloučeniny chloru, čpavek, siřné sloučeniny, oxidy dusíku a další kyselé plyny, které by mohly způsobit poškození síta. Specifické podrobnosti konzultujte s dodavatelem generátorů.

CMS v typickém případě představuje nikoliv nebezpečné molekulové síto. Pro zajištění bezpečné manipulace během instalace, provozu, údržby a likvidace by se uživatelé měli řídit datovými listy materiálu z hlediska bezpečnosti od dodavatele. Prach síta může způsobit podráždění nosu, krku, očí, plic a pokožky. Vzhledem k tomu, že při práci se sítem se prach vyskytuje, měly by se používat při práci se sítem ochrana očí, protiprachová maska, pracovní rukavice a oblek kryjící tělo.

Jednou z nejnebezpečnějších operací u průmyslových generátorů dusíku PSA je vystavení se působení atmosféry uvnitř adsorpčních nádob při plnění, vyprazdňování nebo prohlídkách loží síta. K tomuto vystavení se působení jasně dojde při vstupu do takové nádoby, ale může k tomu také dojít při pouhém dýchání atmosféry v blízkosti místa vstupu do nádoby. Dokonce i tehdy, kdy není generátor v provozu adsorpční materiál adsorbuje nebo desorbuje kyslík a/nebo dusík a to v důsledku změn v teplotě okolního prostředí. Toto tedy znamená, že atmosféra v nádobě se může rychle měnit atmosféru obohacenou kyslíkem nebo na atmosféru s nedostatečným množstvím kyslíku. Je tedy velice důležité, aby před zahájením nebo během prací spojených se vstupem do nádoby byl k profukování použit suchý vzduch bez oleje.

Při provádění takových prací se musí provádět kontinuální monitorování atmosféry uvnitř nádoby a stejně tak se při těchto pracích musí použít externí podpurné systémy, lana a podobně.

11.3 Provoz

11.3.1 Provozní rizika

Před spuštěním jakéhokoliv zařízení ověřte, zda bylo provedeno kompletní přezkoumání bezpečnostních rizik v souladu s odstavcem 5.11. Pročtěte a důkladně porozumějte instrukčnímu provoznímu manuálu poskytnutému dodavatelem generátoru. Nakonec potom potvrďte, že uživatelé produktu bohatého na kyslík jsou připraveni přijmout plyn a byli vyškolení v jeho používání a v příslušných bezpečnostních záležitostech.

Neodpovídající a nesprávná likvidace odfuků a odpadních plynů, které jsou produkovány tímto výrobním zařízením, mohou být jako extrémně nebezpečné (viz 5.8, kde jsou uvedené příslušné postupy pro odvětrávání).

Okamžitě potom, co se takový generátor uvede do provozu a zvláště potom v takovém případě, kdy je generátor nainstalován ve vnitřním prostředí, by mělo být veškeré potrubí podrobeno zkoušení na těsnost (s použitím zkoušky s použitím mýdlového roztoku). Před začátkem provozování takového generátoru by měly být všechny netěsnosti opraveny, aby se tak zabránilo nebezpečí vzniku atmosféry obohacené kyslíkem nebo atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku.

Čistota produktu se může měnit v závislosti na provozních podmínkách. Toto může potom přinášet určité bezpečnostní riziko. Měla by být v tomto případě zahrnuta řádná a spolehlivá analýza a následně potom oddělení s použitím příslušných automatických ventilů. Před vlastním spuštěním zařízení zajistěte, aby analyzátor fungoval řádným způsobem a aby byl v řádné době podroben odpovídající kalibraci.

Ventily systému automaticky a často během provozu cyklují a musí se tedy věnovat pozornost tomu, aby se nikdo těchto ventilů nedotýkal ani se jich nedotýkal nějakými nástroji.

U systémů PSA může dojít k potenciálnímu vzniku bezpečnostního rizika tehdy, jestliže v průběhu času dojde ke zhoršení jakosti materiálu síta. Takové zhoršení jakosti se obvykle označuje jako vytváření prachu. Vzhledem k tomu, že tento materiál síta je vystaven mnoha cyklům v rámci změn tlaku, mohou potom malé částičky síta opouštět lože adsorbéru společně s produktovým plynem (viz 5.9).

12 Membránové generátory dusíku

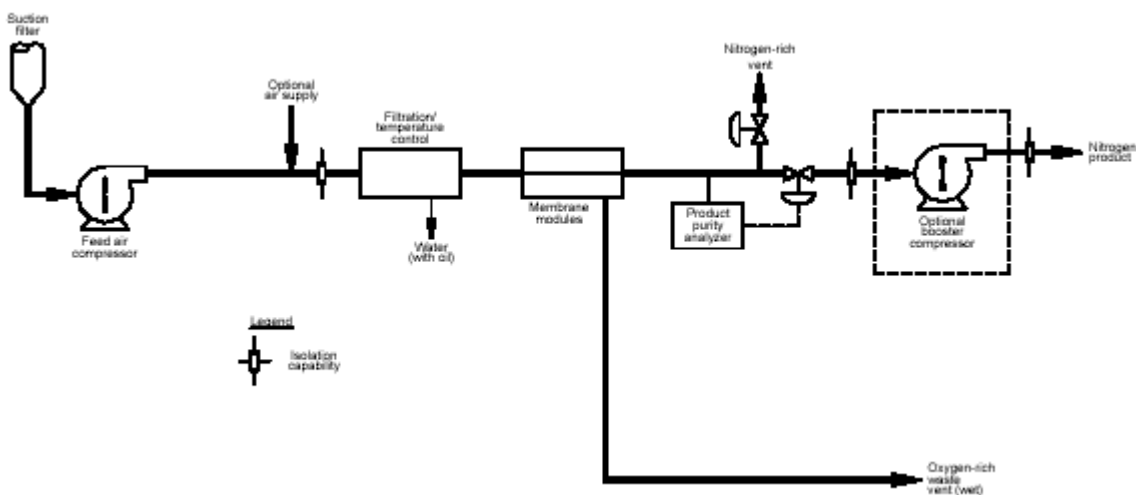
12.1 Všeobecně

12.1.1 Účel

Membránové generátory dusíku se používají k výrobě plynného dusíku se specifikovanou čistotou, průtočným množstvím a tlakem ze zdroje stlačeného vzduchu. Tato část poskytuje návod pro bezpečnou instalaci a provoz membránových generátorů dusíku. Tato část by se měla používat ve spojení s Částí 4 až Část 9, které podrobně uvádějí všeobecné úvahy a příslušná bezpečnostní opatření související s bezpečným provedením montáže, s bezpečným provozem a údržbou jakéhokoliv takového generátoru kyslíku nebo dusíku při použití vzduchu jako suroviny. Pokud se bude jednat o specifické informace ohledně návrhu, použijte instrukční příručku pro provoz, která je poskytnutá společně s tímto systémem nebo se spojte v této záležitosti s příslušným dodavatelem zařízení.

12.1.2 Popis systému

Typické schéma toku procesu membránového generátoru dusíku je znázorněno na Obrázku 9. Srdcem těchto systémů je membránový modul. Tento modul v typickém případě sestává z tisíců malých dutých vláken, která jsou spolu dohromady vázána na každé straně trubkovnicemi, které jsou tvarované do svazků a které jsou umístěné uvnitř ochranného vnějšího pláště. Přiváděný proud vstupujícího stlačeného vzduchu může být zaváděn buď do meziplášťového prostoru nebo do vnitřního prostoru uvedených membránových vláken. Vzhledem ke skutečnosti, že kyslík prostupuje mnohem rychleji v porovnání s dusíkem membránovou stěnou, je přiváděný vzduch rozdělován do dvou proudů plynu. První proud, dusíkový produkt, je vyráběn v podstatě při tlaku stlačeného plynu. Druhý proud, v tomto případě odpadní proud, je obohacen kyslíkem a je při nízkém tlaku, obecně při atmosférickém tlaku.



Obrázek 9 – Schéma toku procesu membránového generátoru dusíku

Legenda:

Suction filter – filtr na sání

Feed air compressor – kompresor přiváděného plynu

Optional air supply – volitelný, nestandardní přívod vzduchu

Filtration / temperature control – filtrace / regulace teploty

Nitrogen-rich vent – odvětrání bohaté na dusík

Nitrogen product – vyráběný dusík

Water (with oil) – voda s olejem

Membrane modules – membránové moduly

Product purity analyzer – analyzátor čistoty výrobku

Optional booster compressor – nestandardní, volitelný přídavný kompresor

Legend - legenda

Isolation capability – schopnost oddělení

Oxygen-rich waste vent (wet) – výstup odpadu bohatého na kyslík (mokřý)

Hlavními komponentami toto zařízení jsou systém komprese přiváděného vzduchu, zařízení na předběžnou úpravu, čištění, přiváděného vzduchu, membránové moduly, příslušné procesní potrubí a ventily, kompresor vyráběného, produktového dusíku (v takovém případě, kdy požadavky ze strany zákazníka, pokud se jedná o tlak, jsou vyšší, než odpovídá tlaku produktu z membránové jednotky), systémy pro regulaci a řízení procesu a další pomocné komponenty, jako jsou chladiče, odlučovače, skladovací nádrže a systémy přístrojového vzduchu., vzduchu pro měření, regulaci a řízení.

Stlačený vzduch, dříve než je zaveden do uvedeného membránového separátoru, je obecně upravován, čištěn, za účelem odstranění jakýchkoliv zkondenzovaných kapalin, unášených mlhovin kapaliny, drobných pevných částic a někdy znečišťujících látek v parní fázi. Stupeň požadovaného čištění závisí na zvláštních znečišťujících látkách, které jsou přítomné, dále závisí na vlivu, jaký tyto znečišťující látky mají na provoz a na životnost membrány a na požadavcích na konečnou čistotu výrobku. Kroky předběžné úpravy, čištění, v typickém případě zahrnují chlazení, filtrace a regulace konečné teploty a/nebo konečného tlaku.

Po předběžné úpravě, čištění, je čistý stlačený vzduch veden do membránového separátoru (membránových separátorů), které mohou být uspořádány jako samostatné nebo ve vícenásobných paralelních skupinách nebo ve vícenásobných skupinách zapojených v sérii.

Čistota produktu je zajišťována regulací provozního tlaku, provozní teploty a průtočného množství membránovým modulem.

Na obrázcích 10 a 11 jsou zobrazené příklady membránových generátorů dusíku.

Typickými vzduchovými kompresory, které se používají v těchto membránových systémech, jsou vzduchem chlazené, olejem zaplavené rotační šroubové stroje. V některých případech, specificky v takových případech, kdy nejsou přípustná stopová množství kompresorového oleje v konečném produktu, mohou být zapotřebí „bezmazné“ kompresory zahrnující kompresory se suchým šnekem, nemazané pístové stroje nebo nemazané odstředivé kompresory. Ve směru technologického toku za kompresorem se někdy instaluje volitelná, nestandardní nádrž nebo odlučovač vody, které jsou vybavené automatickým odvodněním.

K efektivnímu odstraňování velkých množství oleje a k odstraňování kapiček vody, unášené mlhy a aerosolů se obecně používají filtry shlukovacího resp. tedy koalescenčního typu. V některých případech a to v závislosti na případu použití a na typu použité membrány, je jako žádoucí provádět další čištění stlačeného vzduchu před jeho vstupem do membrán. Typická pomocná nestandardní, volitelná, zařízení pro čištění zahrnují následující:

- sušiče vzduchu (regenerace nebo vysušování) za účelem snížení obsahu vodních par a k zabránění kondenzace,
- uhlíkové adsorpční filtry za účelem odstranění olejových par,
- lože molekulového síta za účelem odstranění nežádoucích chemických par a
- ohřívače vzduchu za účelem regulace teploty vzduchu přiváděného do zařízení.



Obrázek 10 – Membránová jednotka na výrobu dusíku



Obrázek 11 – Malá membránová jednotka na výrobu dusíku

12.2 Montáž

12.2.1 Všeobecně

V částech 4 až 9 jsou podrobně uvedeny všeobecné úvahy, kterým je nutno porozumět pro zajištění bezpečné instalace a bezpečného provozu membránových systémů. Účelem této části je ukázat na nebezpečí, která se specificky vyskytují u generátorů dusíku s membránovým systémem.

12.2.2 Výběr místa a montáž

Instalace ve vnitřním prostředí musí brát v úvahu možnost vzniku kyslíkem obohacené atmosféry nebo atmosféry s nedostatkem kyslíku uvnitř budovy. Doporučuje se zajistit odpovídající větrání, výstražné signalizace koncentrace kyslíku nebo obojí. Všechna odvětrání, výfuky (včetně výstupů pojistných odlehčovacích zařízení) musí být vyvedeny do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

Při volbě místa pro generátor dusíku s membránovým systémem existují otázky ohledně jakosti vzduchu kromě otázek, jak je o nich pojednáno v odstavci 5.1. Vzduch by neměl obsahovat zvýšené hladiny nečistot jako je chlor a sloučeniny chloru, čpavek, siřné sloučeniny, oxidy dusíku a další kyselý plyny, které by mohly způsobit poškození síta. Specifické podrobnosti konzultujte s dodavatelem generátorů.

12.3 Provoz

12.3.1 Provozní nebezpečí

Před spuštěním jakéhokoliv zařízení ověřte, zda bylo provedeno kompletní přezkoumání bezpečnostních rizik v souladu s odstavcem 5.11. Pročtěte a důkladně porozumějte instrukčnímu provoznímu manuálu poskytnutému dodavatelem generátoru. Nakonec potom potvrďte, že uživatelé produktu bohatého na kyslík jsou připraveni přijmout plyn a byli vyškoleni v jeho používání a v příslušných bezpečnostních záležitostech.

Neodpovídající a nesprávná likvidace odfuků a odpadních plynů, které jsou produkovány tímto výrobním zařízením, mohou být jako extrémně nebezpečné (viz 5.8, kde jsou uvedené příslušné postupy pro odvětrávání).

Okamžitě potom, co se takový generátor uvede do provozu a zvláště potom v takovém případě, kdy je generátor nainstalován ve vnitřním prostředí, by mělo být veškeré potrubí podrobeno zkoušení na těsnost (s použitím zkoušky s použitím mýdlového roztoku). Před začátkem provozování takového generátoru by měly být všechny netěsnosti opraveny, aby se tak zabránilo nebezpečí vzniku atmosféry obohacené kyslíkem nebo atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku.

Čistota produktu se může měnit v závislosti na provozních podmínkách. Toto může potom přinášet určité bezpečnostní riziko. Měla by být v tomto případě zahrnuta řádná a spolehlivá analýza a následně potom oddělení s použitím příslušných automatických ventilů. Před vlastním spuštěním zařízení zajistěte, aby analyzátor fungoval řádným způsobem a aby byl v řádné době podroben odpovídající kalibraci.

Některé generátory dusíku s membránovým systémem používají ohřívače za účelem zvýšení a regulace teploty přiváděného vzduchu vstupujícího do membránových modulů. Jestliže je takový ohřívač zahrnut, pak tedy v takovém případě by měla být zajištěna příslušná varování a měly by být opatřeny příslušné ochrany, aby se tak zabránilo poranění osob během provozu nebo během provádění prací údržby.

13 Systémy odstraňování kyslíku (deoxo systémy) pro systémy produkce dusíku

13.1 Všeobecně

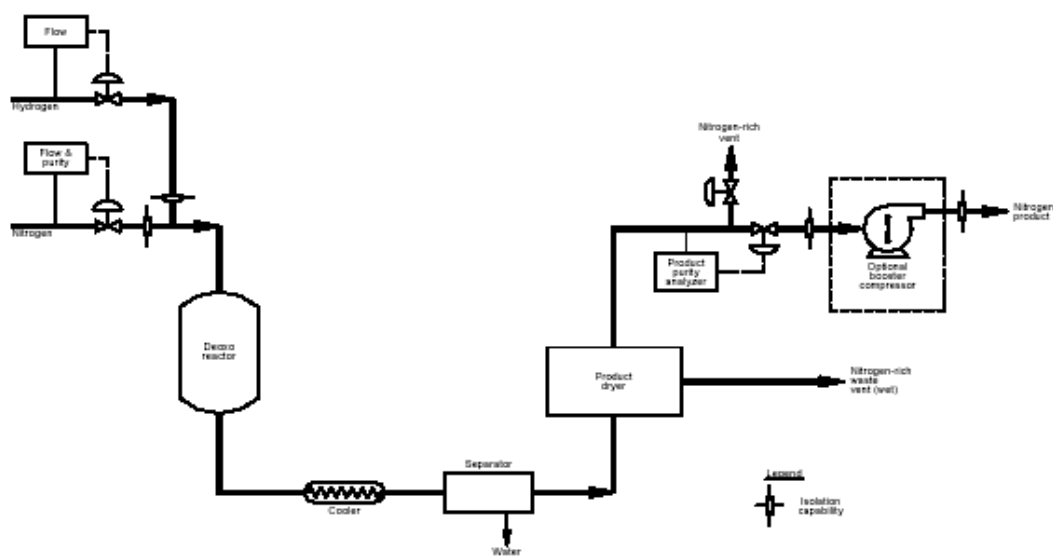
13.1.1 Účel

Systémy Deoxo se používají u generátorů dusíku se systémem PSA nebo s membránovým systémem za účelem dosažení hladiny čistoty dusíku vyšší, než je možno dosáhnout pouze s použitím generátoru dusíku. Tak na příklad, dusík o čistotě 99 %, který je produkován s použitím PSA jednotky, se potom může dále upravovat, aby se tak dosáhlo ppm (miliontin), pokud se jedná o úroveň kyslíku v dusíku a to prostřednictvím přidání systému deoxo. Tato část dokumentu poskytuje vodítko pro bezpečnou instalaci a bezpečný provoz takových deoxo systémů. Tato část by se měla používat ve spojení s částmi 4 až 9, kde jsou uvedené všeobecné úvahy a bezpečnostní opatření, která jsou jako příslušná pro zajištění bezpečné instalace, montáže, provozu a údržby

jakéhokoliv takového generátoru kyslíku nebo dusíku při použití vzduchu jako suroviny. Pokud se bude jednat o nějaké specifické informace ohledně návrhu, konzultujte toto s instrukční příručkou pro provoz, která byla poskytnuta společně se systémem nebo v takovém případě kontaktujte dodavatele původního zařízení.

13.1.2 Popis systému

Základ procesu deoxo představuje reakce kyslíku a vodíku na loži katalyzátoru, která je v typickém případě v provedení ze vzácného kovu. Typické schéma toku procesu systému deoxo je znázorněno na Obrázku 12. Vodík se přidává do tohoto procesu za účelem snížení koncentrace kyslíku, který je přítomen v proudu vyráběného dusíku, který vychází z příslušného generátoru dusíku. Tato reakce je exotermická (vydává se při ní teplo) a vytváří se voda. Dochlazovač, odlučovač a sušič potom společně působí za účelem odstranění nově vytvořené vlhkosti a k likvidaci tepla z proudu dusíku. Vodík může být v tomto případě nahrazen jinými palivy. O těchto tato publikace nepojednává. Pokud se bude jednat o odpovídající bezpečnostní opatření, která jsou spojená s jakýmkoliv alternativními palivy, pak tedy obraťte svou pozornost na instrukční manuály od výrobce.



Obrázek 12 – Schéma procesního toku deoxo

Legenda

Flow – tok

Hydrogen – vodík

Flow and purity – průtočné množství a čistota

Nitrogen – dusík

Deoxo generator – generátor deoxo

Nitrogen-rich vent – odfuk bohatý na dusík

Nitrogen product – produkovaný dusík

Product purity analyzer – analyzátor čistoty výrobku

Optional booster compressor – nestandardní, volitelný, přídavný kompresor

Product dryer – sušič produktu

Nitrogen-rich waste vent (wet) - odfuk (výstup) odpadu bohatého na dusík (mokrý)

Separator – odlučovač

Legend – legenda

Isolation capability – schopnost oddělení

Water – voda

Cooler – chladič

Základní komponenty systému deoxo by měly zahrnovat následující:

- směšovací zařízení plynu,
- reaktor deoxo,
- dochlazovač,
- odlučovač,
- systém sušení,
- koncový filtr,
- soubor regulačních a kontrolních orgánů společně s analyzátory včetně přebytečného vodíku a
- systém přívodu vodíku.

Na rozdíl od mnoha jiných zdrojů dusíku obsahuje dusík s deoxo systémem určitou hladinu vodíku. Měla by se zde brát v úvahu kompatibilita, slučitelnost vodíku s koncovým použitím (použitími) dusíku. Tak na příklad, některé procesy spojené s hliníkem nemohou tolerovat přítomnost žádného vodíku. V takových případech použití by se neměly systémy deoxo používat.

Na Obrázku 13 je uveden příklad systému deoxo.



Obrázek 13 – Systém deoxo

13.2 Montáž

13.2.1 Všeobecně

V částech 4 až 9 jsou podrobně uvedeny všeobecné úvahy, kterým je nutno porozumět pro zajištění bezpečné instalace a bezpečného provozu systémů deoxo. Účelem této části je ukázat na nebezpečí, která se specificky vyskytují u generátorů dusíku se systémem deoxo.

13.2.2 Výběr místa a montáž

Instalace ve vnitřním prostředí musí brát v úvahu možnost vzniku kyslíkem obohacené atmosféry, atmosféry s nedostatkem kyslíku nebo hořlavé vodíkové atmosféry uvnitř budovy. Doporučuje se zajistit odpovídající větrání, výstražné signalizace nebo obojí. Všechna odvětrání, výfuky (včetně výstupů pojistných odlehčovacích zařízení) musí být vyvedeny do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

Vzhledem k tomu, že reaktor deoxo a jeho dochlazovač mohou pracovat při zvýšených teplotách, na příklad 480 °C, měly by se přijmout bezpečnostní opatření k tomu, aby se zabránilo úmyslnému nebo nechtěnému přímému kontaktu s pracovníky osazenstva. Izolace a ochranné bariéry jsou účinné, když jsou kombinované s pečlivou volbou umístění mimo oblasti pohybu pracovníků. Pokud se bude jednat o specifické podrobnosti, postupujte podle instrukčních příruček zařízení od výrobce.

Potrubí mezi reaktorem a jeho dochlazovačem je také horké. Měla by být opatřena izolace za účelem ochrany pracovníků a měly by být použity speciální konstrukční materiály. Jestliže provozní teploty dusíku za chladičem jsou vyšší než 65 °C, pak tedy by měla být opatřena izolace za účelem ochrany pracovníků (viz 8.7).

Vodík jak v plynném stavu tak v kapalném stavu je vysoce hořlavý a vyžaduje si aplikaci speciálních bezpečnostních opatření. Vodík se snadno vznítí a to dokonce statickou elektřinou. Vodíkem podporované plameny jsou za denního světla téměř neviditelné. Za účelem snížení pravděpodobnosti netěsnosti, úniku vodíku by se namísto závitových, šroubových spojů měly používat svařované trubky. Měly by se zde používat speciální ventily a specifické konstrukční materiály pro provoz s vodíkem. Vzhledem ke skutečnosti, že vodík ve směsi se vzduchem vytváří výbušnou atmosféru, měly by být z těsné blízkosti zdrojů vodíku odstraněny zdroje vznícení. Tak na příklad, elektrická zařízení v oblastech, kde je uskladňován vodík, by měly být v nevybušném provedení v souladu s doporučením dokumentu IGC doc 134/05 *Potenciálně výbušná atmosféra – Směrnice EU 1999/92/EC (ATEX)* [23]. Nikdy by neměly být dovoleny otevřené plameny.

Se všemi odfuky a odvětráními, u kterých je možný obsah vodíku, by se mělo zacházet v souladu s doporučeními, jak jsou citovaná v CGA G-5, *Vodík a G-5.5, Systémy odvětrání vodíku* [24, 25]. Odřuky obsahující dusík představují nebezpečí zadušení a měly by být vyvedené do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

13.3 Provoz

13.3.1 Provozní nebezpečí

Před spuštěním jakéhokoliv zařízení ověřte, zda bylo provedeno kompletní přezkoumání bezpečnostních rizik v souladu s odstavcem 5.11. Pročtěte a důkladně porozumějte instrukčnímu provoznímu manuálu poskytnutému dodavatelem generátoru.

Neodpovídající a nesprávná likvidace odřuků a odpadních plynů, které jsou produkovány systémem deoxo, mohou být jako extrémně nebezpečné (viz 5.8, kde jsou uvedené příslušné postupy pro odvětrávání).

Okamžitě potom, co se jednotka uvede do provozu a zvláště potom v takovém případě, kdy je jednotka nainstalována ve vnitřním prostředí, by mělo být veškeré potrubí podrobeno zkoušení na těsnost (s použitím zkoušky s použitím mýdlového roztoku). Před začátkem provozování těchto jednotek by měly být všechny netěsnosti opraveny, aby se tak zabránilo nebezpečí vzniku atmosféry obohacené kyslíkem nebo atmosféry s nedostatečným množstvím kyslíku. A dále, úniky vodíku mohou také vést k vážným nebezpečím požáru a výbuchu.

Čistota produktu systému deoxo se může měnit v závislosti na provozních podmínkách. A dále, generátory dusíku před systémem deoxo, pokud jde o směr technologického toku, mohou produkovat plyn s proměnlivou koncentrací kyslíku a to na základě jak procházejícího množství (provozní průtočné množství), tak změny teploty okolního prostředí a změny tlaku. U regulace poměru vodíku by měl být odpovídajícím způsobem stanoven rozsah a tato regulace poměru vodíku by měla dostatečně rychle reagovat na očekávaný rozsah složení, pokud se jedná o čistotu plynu na vstupu a na rychlost změny. Pracovník obsluhy si musí být vědom omezení, pokud se jedná o koncentrace kyslíku a vodíku, jak jsou stanovená výrobcem zařízení pro zajištění bezpečného provozu systému deoxo. Jestliže dojde k překročení nějakých mezí, pak se musí tento systém deoxo odstavit a musí se před opětovným spuštěním zařízení stanovit příčina takového odchylení a takový problém se musí odstranit. Také by se měla provést řádná a spolehlivá analýza dusíku produkováného systémem deoxo a následné oddělení prostřednictvím automatických ventilů a to vzhledem k tomu, že produkt bohatý na kyslík může představovat nebezpečný stav pro další zařízení, která jsou nainstalována dále ve směru technologického toku. Před spuštěním zajistěte, aby všechny analyzátory fungovaly řádným způsobem a aby byly v poslední době ocejchované.

Příliš velké množství kyslíku v dusíkovém plynu přiváděném do systému deoxo může zapříčinit nebezpečný stav. Čistota dusíku ze zařízení PSA a z membránových systémů je funkcí jeho průtočného množství zařízením. Tak na příklad, předpokládejme, že jednotka PSA byla navržena při určitém návrhovém průtočném množství k produkci 99 % dusíku. A obráceně potom, jestliže průtočné množství přesahuje návrhovou hodnotu nebo síto nebo membrána se nacházejí pod svým výkonem, pak v takovém případě koncentrace kyslíku stoupá. Při odpovídajícím, přiměřeném přívodu vodíku teplota reaktoru odráží koncentraci vstupujícího kyslíku. Jestliže na dusíku není opatřena regulace nízké čistoty nebo v případě, že nepracuje správně, pak jakékoliv prudké zvýšení kyslíku způsobuje stoupaní teploty deoxo, což vede k nebezpečnému stavu. Jestliže se překročí návrhové konstrukční meze reaktoru, pak toto by mohlo vést k poruše nádoby. Vzestup teploty činí přibližně 17 °C na každou 0,1 % kyslíku. Pokud se jedná o vstupní meze koncentrace kyslíku, viz instrukční manuál zařízení od výrobce, v typickém případě toto činí 3 % nebo méně.

Porozumění koncepci regulace systému deoxo představuje kritickou záležitost, pokud se jedná o bezpečný a účinný provoz. Musí se věnovat pozornost zajištění bezpečného a účinného provozu při měnících se množstvích vodíku a/nebo kyslíku přítomných v systému. V typickém případě se množství vodíku stanovuje monitorováním průtočného množství a koncentrace kyslíku dusíkového plynu přiváděného do systému deoxo. Vodík se potom přidává v poměru k celkovému kyslíku. Jemné vyladování se provádí monitorováním koncentrace přebytečného vodíku v systému. Pokud se bude jednat o souhrnnější a podrobnější popis, viz instrukční příručka pro provoz zařízení systému deoxo od dodavatele.

Udržení přijatelné teploty reaktoru představuje důležitou podmínku pro zajištění bezpečného provozu. Když budeme předpokládat, že je v systému deoxo odstraňován veškerý kyslík, pak tedy teplota reaktoru je přímo úměrná vstupní koncentraci kyslíku. Tato koncentrace musí být omezena v rámci teplotních omezení zařízení a potrubí. Viz přesná omezení koncentrace kyslíku obsažená v doporučeních dodavatele systému deoxo.

Příliš malé množství vodíku nebo příliš velké množství vodíku v plynu na výstupu ze systému deoxo může způsobit nebezpečný stav. K zajištění toho, aby byly dosaženy řádné čistoty dusíku, musí být v dusíkovém produktu přítomen přebytečný vodík, který je obvykle regulován v desetinách procenta koncentrace vodíku. Hladiny vodíku nad 4% přispívají k hořlavosti nebo k nebezpečí výbuchu, jestliže dochází k únikům, netěsnostem směsi nebo v případě odvětrávání, vypouštění do atmosféry. Jelikož toto představuje normální postup během odvětrávání při odstavení, je třeba přijmout bezpečnostní opatření pro návrh, konstrukci a umístění odfuků obsahujících vodík. Viz také 5.8.

Vzhledem k tomu, že je vstříkván vodík do potrubí dusíku, měla by se přijmout bezpečnostní opatření k tomu, aby se zabránilo zpětnému toku vodíku do systému dusíku, který nemusí být navržen s odpovídajícím uvažováním bezpečnosti ve spojitosti s vodíkem. Časová období odstavení jsou takovými hlavními kandidáty na to, že dojde k takovému zpětnému toku. Při odstávce je uspořádání s dvojitým blokováním a s odvětrávacím ventilem pozitivním prostředkem k tomu, aby se zabránilo takovému zpětnému toku.

Zdrojem vodíku je obvykle plyn, odpařená kapalina nebo disociovaný čpavek. Organizace zajišťující instalaci a/nebo organizace uživatele by měly být důvěrně seznámené s bezpečnými bezpečnostními opatřeními pro ně specifickými. Pokud se jedná o manipulaci s vodíkem, viz dokument CGA G-5 [24].

V typickém případě se sušiče typu s vysoušecím prostředkem používají tehdy, když v dusíkovém produktu je vlhkost nepříjemná. K odstranění nahromaděné vlhkosti z nasyceného lože adsorbéru se používá regeneračního ohřívače. Provoz takového regeneračního ohřívače by neměl být dovolen tak dlouho, dokud nedojde k nastavení nějakého minimálního průtočného množství proplachovacího plynu. Toto je z toho důvodu, aby se zabránilo dosažení příliš vysoké teploty v loži. Pokud se bude jednat o přesná omezení pak tedy viz doporučení ze strany výrobce zařízení. U systémů s automatickým spouštěním by pro takový ohřívač měly být ustavena vysoká ochranná teplota pro odstavení. Výstupy z odvětrání sušiče jsou dusík a byly by být odvětrávány do nějaké bezpečné oblasti (viz 5.8).

Před spuštěním nebo před opětovným spuštěním systému deoxo by měla být všechna zařízení a všechny ovládací regulační orgány cejchované a ověřené, zda fungují řádným způsobem. Před zaváděním vodíku ustavte řádné průtočné množství, řádný tlak a teplotu a to v souladu s pokyny výrobce. Když již byl vodík zaveden, nepřecházejte z žádného důvodu žádná bezpečnostní vzájemná blokování.

Pokud se jedná o plánované a neplánované odstávky, všechna odvětrání, všechny odfuky by měly být automatizované k odvádění do nějakého bezpečného místa. Vodíkový ventil by měl být opatřen vzájemným blokováním, aby uzavíral přívod vodíku v případě zastavení systému. Jestliže jednotka podle časového rozpisu zůstane jako odstavená po nějakou delší dobu, pak tedy zdroj dusíku by měl být ručním způsobem oddělen a visačkou označen jako mimo provoz. Systémy dvojitého blokování a odvětrávacího ventilu, slepých přírub a odstranění potrubních pytlů, to všechno jsou prostředky k tomu, aby bylo zajištěno řádné odstavení. Pokud se bude jednat o další informace ohledně odstavení, viz 9.6.

Před začátkem činnosti údržby by měla být všechna zařízení a všechna potrubí proplachována, aby bylo zajištěno odstranění veškerého vodíku. Periodické kontroly těsnosti potrubí a přístrojového vybavení během provádění prací údržby brání malým netěsnostem, aby znečišťovaly oblasti okolo takového systému deoxo potenciálně výbušnými směsmi vzduchu a vodíku.

U systému deoxo může docházet k potenciálnímu bezpečnostnímu riziku v takovém případě, kdy dochází v průběhu času ke zhoršování jakosti katalyzátoru a/nebo vysoušecího prostředku. Toto zhoršování jakosti se často označuje jako vytváření prachu. Vzhledem ke skutečnosti, že katalyzátor a/nebo vysoušecí prostředek jsou vystaveny mnoha cyklům změn tlaků, pak tedy malé částice mohou opouštět lože adsorbéru společně produktovým plynem. Pokud se bude jednat o další informace, viz 5.9.

14 Reference

Pokud to nebude jinak specifikováno, musí se aplikovat poslední vydání.