



OXID DUSNÝ - BEZPEČNÉ POSTUPY PRO SKLADOVÁNÍ A MANIPULACI

IGC Doc176/16/CZ

Revize dokumentu EIGA Doc 176/13

Odborný překlad proveden pracovní skupinou PS-5 ČATP

**EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION
(EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLŮVÝCH 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, 198 00 Praha 9

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

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

OXID DUSNÝ - BEZPEČNÉ POSTUPY PRO SKLADOVÁNÍ A MANIPULACI

KLÍČOVÁ SLOVA

- OXID DUSNÝ
- ZAŘÍZENÍ A PRAACOVNÍ POSTUPY
- SKLADOVÁNÍ
- ZÁSOBOVÁNÍ
- BEZPEČNOST PRÁCE

Odmítnutí odpovědnosti

Veškeré technické publikace EIGA, nebo vydané jménem EIGA, včetně praktických manuálů, bezpečnostních postupů a jakýchkoliv dalších technických informací, obsažených v těchto publikacích, byly převzaty ze zdrojů, o které považujeme za spolehlivé a které se zakládají na odborných informacích a zkušenostech, aktuálně dostupných u členů asociace EIGA a dalších, k datu jejich vydání.

I když asociace EIGA doporučuje svým členům používat své publikace nebo se na ně odkazovat, je používání publikací asociace EIGA nebo odkaz na tyto publikace členy asociace nebo třetími stranami čistě dobrovolné a nezávazné. Proto asociace EIGA a členové asociace EIFA neposkytují žádnou záruku za výsledky a nepřebírají žádný závazek či odpovědnost v souvislosti s referencemi a s použitím informací a doporučení obsažených v publikacích asociace EIGA.

Asociace EIGA nemá žádnou kontrolu nad čímkoli, pokud se jedná o provádění nebo neprovádění výkonu, chybnou interpretaci informací, správné nebo nesprávné používání jakýchkoli informací a doporučení obsažených v publikacích asociace EIGA., ze strany osob nebo organizačních jednotek (včetně členů asociace EIGA) a asociace EIGA výslovně neuzná v této souvislosti jakoukoli odpovědnost. Publikace asociace EIGA jsou pravidelně revidovány a uživatelé jsou upozorňováni, aby si opatřili poslední vydání.



OXID DUSNÝ - BEZPEČNÉ POSTUPY PRO SKLADOVÁNÍ A MANIPULACI

Dokument Doc 176/16

Revize dokumentu EIGA Doc 176/13

EVROPSKÁ ASOCIACE PRŮMYSLOVÝCH PLYNŮ AISBL

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 : www.eiga.eu



OXID DUSNÝ - BEZPEČNÉ POSTUPY PRO SKLADOVÁNÍ A MANIPULACI

Jako součást programu harmonizace průmyslových norem byla použita publikace Evropské asociace průmyslových plynů (EIGA) „*Bezpečné postupy pro skladování a manipulaci s oxidem dusným*“ jako základ mezinárodně harmonizované publikace asociace týkající se tohoto předmětu.

Tato publikace je určena jako mezinárodně harmonizovaná publikace pro použití po celém světě, a pro použití všemi členy Asijské asociace průmyslových plynů (AIGA), Asociace stlačených plynů (CGA), EIGA a Japonské asociace průmyslových a medicínálních plynů (JIMGA). Regionální vydání mají stejný technický obsah jako vydání EIGA, nicméně došlo k redakčním změnám zejména ve formátování, použitých jednotek a pravopisu. Regionální zákonné požadavky jsou těmi, které platí pro evropské požadavky.

Odmítnutí odpovědnosti

Všechny technické publikace EIGA nebo pod jménem EIGA včetně Sbírek praktických postupů, Bezpečnostních postupů a všechny další technické informace v těchto publikacích obsažené, byly získány ze zdrojů, které považujeme za spolehlivé a které se zakládají na odborných informacích a zkušenostech aktuálně dostupných u členů asociace EIGA a dalších k datu jejich vydání.

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

Proto asociace EIGA a členové asociace EIGA neposkytují žádnou záruku za výsledky a nepřebírají žádný závazek či odpovědnost v souvislosti s referencemi a s použitím informací a doporučení obsažených v publikacích asociace EIGA.

Asociace EIGA nemá žádnou kontrolu nad čímkoliv, pokud se jedná o provádění nebo neprovádění výkonu, chybnou interpretaci informací, 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 neuznává v této souvislosti jakoukoliv odpovědnost.

Publikace asociace EIGA jsou pravidelně přezkoumávány a uživatelé jsou upozorňováni, aby si opatřili poslední vydání.



Obsah

1	Úvod.....	1
2	Rozsah.....	1
3	Definice.....	1
3.1	Terminologie použita v této publikaci.....	1
3.2	Technické definice.....	2
4	Vlastnosti a rizika.....	3
4.1	Identifikace.....	3
4.2	Fyzikální vlastnosti a rizika.....	4
4.3	Chemické vlastnosti a rizika.....	6
4.4	Pracovní expozice.....	10
4.5	Ekologické otázky.....	12
4.6	Bezpečnost.....	12
5	Zařízení a pracovní postupy.....	12
5.1	Principy.....	12
5.2	Kompatibilita materiálů s oxidem dusným.....	13
5.3	Ventily.....	13
5.4	Filtry.....	13
5.5	Čištění instalace.....	14
5.6	Prevence proti znečištění.....	14
5.7	Zamezení vysokým teplotám.....	14
5.8	Omezení rychlosti průtoku.....	15
5.9	Pracovní postupy.....	15
5.10	Pracovní postupy údržby.....	15
5.11	Oddělení od hořlavých plynů.....	16
5.12	Používání zařízení oxidu uhličitého.....	16
6	Stacionární nádrže.....	16
6.1	Konstrukce.....	16
6.2	Chladicí jednotky (zařízení).....	18
6.3	Odpařovače a ohřivače.....	18
6.4	Potrubí, nástroje, ventily.....	19
6.5	Přetlakové pojistné ventily.....	20
6.6	Přípustný stupeň plnění / poměr plnění.....	20
6.7	Plnění stacionárních nízkotlakých nádrží.....	21
6.8	Vrácení produktu.....	21
7	Zařízení pro zajištění zásobování.....	21
7.1	Lahve.....	21
7.2	Svazky lahví.....	22
7.3	Přepravní nádrže.....	22
7.4	Čerpadla.....	23
7.5	Hadice, příslušenství a spojky (plnicí přípojky).....	25
8	Přenos produktu.....	25
8.1	Lahve a svazky lahví.....	25
8.2	Přepravní nádrže.....	27
9	Reakce v případě nouze.....	28
9.1	Rizika.....	28
9.2	Pracovní postupy pro případ velkých úniků nebo rozlití oxidu dusného.....	28
9.3	Pracovní postupy při požáru.....	28
9.4	Pracovní postupy u dopravních nehod týkající se přepravních nádrží.....	29
9.5	Ochranné pracovní pomůcky (OPP).....	30
9.6	První pomoc.....	31

10	Reference.....	31
----	----------------	----

Obrázky

Obrázek 1	Prahová hodnota šíření rozkladu pro oxid dusný.....	9
Obrázek 2	Schéma potrubí a přístrojového vybavení obvyklé vakuově izolované nádrže oxidu dusného.....	20
Obrázek 3	Bezpečné objemy plnění pro skladovací nádrže oxidu dusného pro tlak 22 bar	27

Doplnění k dokumentu 176/13

Kapitola	Změna
	Předmluva k vyrovnání stylu s asociacemi IHC
1	Změna v úvodu
3.1	Přidání terminologie publikace
3.2.11	Další definice
4.3.3.5	Změna kapitoly
4.4.2	Přidány reference na ACGIH
4.6	Přidán další bod týkající se bezpečnosti

Pozn.: Technické změny od předchozího vydání jsou podtržené.

1 Úvod

V odvětví průmyslových plynů je oxid dusný (N₂O) produkován a distribuován již mnoho let. Používá se převážně pro zdravotnické účely (anestezie) a také v potravinářském a elektronickém průmyslu.

Ve výrobních, skladovacích a distribučních zařízeních docházelo k nehodám, jako je prudký rozklad oxidu dusného a prasknutí nádrží s oxidem dusným. Navíc plynný oxid dusný může mít ve zvýšených koncentracích vliv na zdraví operátorů, čemuž se musí zabránit.

Tato publikace popisuje vlastnosti a rizika oxidu dusného. Na tomto základě jsou zváženy postupy a důležité podrobné informace týkající se skladování a distribuce oxidu dusného. K nejzávažnějším nehodám došlo z důvodu nedostatečného porozumění vlastnostem oxidu dusného.

Musí se rovněž dodržovat zákonné požadavky pro zdravotnické aplikace. Tyto jsou obvykle specifikované v lékopisu platném v zemi použití produktu.

2 Rozsah

Tato publikace je určena pro zajištění bezpečného použití v odvětví průmyslových a medicínálních plynů pro návrh, engineering, konstrukci a provoz s oxidem dusným, jeho skladování a dodávky instalací.

V této publikaci nejsou uvedeny pracovní postupy pro výrobu oxidu dusného nebo řízení kvality a postupy analýzy. Viz dokument EIGA Doc 175 *Bezpečné postupy pro výrobu oxidu dusného z dusičnanu amonného* [1]¹.

3 Definice

Pro účely této publikace platí následující definice:

3.1 Terminologie použitá v této publikaci

3.1.1 **Musí**

Označuje, že se pracovní postup musí provést. Používá se všude, kde kritéria pro přizpůsobení se specifickým doporučením neumožňují žádnou odchylku.

3.1.2 **Mělo by**

Označuje, že se doporučuje provést pracovní postup.

3.1.3 **Může a nemusí**

Označuje, že se pracovní postup může, ale nemusí provést (je volitelný).

3.1.4 **Bude**

Používá se pouze pro označení budoucnosti, neoznačuje stupeň požadavku.

3.1.5 **Může (umí)**

Označuje možnost nebo schopnost.

¹ Reference jsou uvedeny čísly v závorkách a jsou uvedeny v pořadí výskytu v kapitole referencí.

3.2 Technické definice

3.2.1 Oprávněná osoba

Proškolená a kvalifikovaná osoba, která byla schválena nebo ustanovena pro provádění specifických druhů prací, nebo k přítomnosti na specifickém místě.

3.2.2 Svazek (lahví)

Montážní celek lahví, které jsou upevněny k sobě dohromady a které jsou spojeny rozvodným potrubím a přepravovány jako celek.

3.2.3 Kryogenní nádoba

Přemístitelná tepelně izolovaná tlaková nádoba pro uchovávání zchlazeného kapalného plynu o objemu menším než 1000 litrů.

3.2.4 Láhev

Přemístitelná tlaková nádoba o objemu vody do 150 litrů.

3.2.5 Rozklad

Dělení chemické směsi na menší složky. Oxid dusný se separuje do složek (prvků) při exotermní reakci, kterou mohou urychlit změny tlaku, teploty nebo přísun energie, přítomnost katalyzátoru nebo nečistot.

3.2.6 Stupeň plnění

Procentní podíl objemu zkapalněného plynu k objemu vody při teplotě 15 °C (59 °F), který by kompletně naplnil tlakovou nádobu nebo nádrž.

3.2.7 Poměr plnění

Poměr množství plynu k množství vody při teplotě 15 °C (59 °F), který by kompletně naplnil tlakovou nádobu nebo nádrž.

3.2.8 Zkapalněný plyn

Plyn, který je při balení pod tlakem kvůli přepravě částečně kapalným při teplotách vyšších než -50 °C (-58 °F).

3.2.9 Maximální dovolený pracovní tlak (MAWP)

Maximální účinný přetlak přípustný v horní části naplněné nádrže v provozní poloze včetně nejvyššího účinného tlaku během plnění a vypouštění.

3.2.10 Minimální konstrukční teplota kovu (MDMT)

Nejnižší teplota, na kterou je tlaková nádoba zkonstruována, aby bezpečně pracovala při maximálním tlaku (MAWP).

3.2.11 Vícečlánkové kontejnery na plyn (MEGC)

Multimodální montážní celek lahví, potrubí nebo svazků lahví, které jsou spojeny rozvodným potrubím, a které jsou sestaveny v rámci jedné nosné konstrukce. MEGC zahrnují servisní vybavení a konstrukční zařízení nezbytné pro přepravu plynů.

3.2.12 Čistá pozitivní sací výška (NPSH)

Celková výška kapaliny na vstupu do čerpadla (sací strana čerpadla) vyšší než rovnovážná tlaková energie.

3.2.13 Kyslíkový potenciál

Bezrozměrné číslo, které indikuje oxidační energii plynu ve srovnání s čistým kyslíkem. Hodnota kyslíkového potenciálu pro 100% kyslík je 1,0 a pro vzduch je to 0,21.

3.2.14 Tlak

“Bar“ (“psi”) bude indikovat přetlak, pokud nebude uvedeno jinak – tj. “bar abs“ (“psia”) pro absolutní tlak a “bar dif“ (“psid”) pro diferenciální tlak.

3.2.15 Tlaková nádoba

Nadřazený termín, který zahrnuje kryogenní nádoby, lahve a svazky lahví.

3.2.16 Technik kvalifikovaný pro práci s oxidem dusným

Osoba, která díky vzdělání, proškolení a zkušenosti zná vlastnosti oxidu dusného, je obeznámena se zařízením používaným ke skladování, přenosu a používání oxidu dusného, a zná předběžná opatření nezbytná pro bezpečné používání zařízení s oxidem dusným.

3.2.17 Zchlazený kapalný plyn

Plyn, který, je-li naplněn pod tlakem pro přepravu, je částečně kapalný.

3.2.18 Stacionární nádrž

Tepelně izolovaná nebo neizolovaná nádrž na stálém místě, která může být plněna zkapalněným plynem nebo zchlazeným kapalným plynem pod tlakem za účelem skladování.

3.2.19 Nádrž

Nadřazený termín, který zahrnuje stacionární nádrže a přepravní nádrže.

3.2.20 Přepravní nádrž

Premístitelná tepelně izolovaná nádrž pro zchlazený kapalný plyn s objemem vyšším než 450 litrů.

4 Vlastnosti a rizika

4.1 Identifikace

Tabulka 1 Identifikace oxidu dusného

Chemický vzorec:	N ₂ O
Registrační číslo CAS	10024-97-2
Číslo EEC	233-032-0
Název UN UN kód	Oxid dusný 2.2 UN 1070, UN 2201, oxid dusný, zchlazená kapalina

Jinými názvy oxidu dusného jsou rajský plyn a azooxid.

Pozn. UN 1070, oxid dusný je zkapalněný plyn. Podle *Vzorových předpisů OSN - Doporučení pro přepravu nebezpečných věcí* [2] je to zkapalněný plyn s vysokým tlakem, protože jeho kritická teplota se pohybuje v rozsahu od -50 °C (-58 °F) do +65 °C (149 °F).

4.2 Fyzikální vlastnosti a rizika

Tabulka 2 Vlastnosti oxidu dusného

Chemický vzorec	N ₂ O	
Barva, pach, chuť	bezbarvý, nasládlý pach, bez chuti	
Vlastnosti	Nehořlavý Podporuje hoření Oxidační plyn Anestetikum Oxid dusný nemá korozní vlastnosti a nevytváří ve vodě kyselinu.	
	Metrické jednotky	Obvyklé jednotky
Molární hmotnost	44,01	44,01
Hustota plynu při referenčních podmínkách: 21,1 °C (70 °F), 101,325 kPa, abs (14,696 psia) 15 °C (59 °F), 14,696 psia (101,325 kPa, abs)	1,947 kg/m ³ 1,88 kg/m ³	0,1146 lb/ft ³ 0,1172 lb/ft ³
Hustota plynu při teplotě 0 °C (32 °F) a tlaku 14,696 psia, (101,325 kPa, abs)	1,977 kg/m ³	0,123 lb/ft ³
Specifická gravitace plynu v porovnání se vzduchem	1,53	1,53
Hustota kapaliny při tlaku 1 atmosféra (101,325 kPa)	1227 kg/m ³	76,6 lbs/ft ³
Kritická teplota	36,5 °C	97,7 °F
Kritický tlak	71,45 bar	1039 psig
Teplota varu při tlaku 1 atmosféra (1,013 bar)	-88,3 °C	-127 °F
Bod tání pevné látky při tlaku 1 atmosféra (1,013 bar)	-90,8 °C	-131,5 °F
Skupenské teplo tání (entalpie tání)	148,9 kJ/kg	64 Btu/lb
Teplo odpařování v normálním bodu varu (entalpie varu)	376,3 kJ/kg	161,8 Btu/lb
Tlak trojného bodu	8,78 bar	12,7 psia
Teplota trojného bodu	-90,8 °C	-131,5 °F
Měrné teplo C _p plynu při teplotě 59 °F (15 °C) a tlaku 1 atmosféra (101,325 kPa)	0,866 kJ/kg°C	0,207 Btu/lb°F
Měrné teplo C _v plynu při teplotě 59 °F (15°C) a tlaku 1 atmosféra (101,325 kPa)	0,665 kJ/kg°C	0,159 Btu/lb°F
Rozpustnost ve vodě při teplotě 25 °C (77 °F) při atmosférickém tlaku	0,59 v/v	0,59 v/v

Tabulka 3 Vlastnosti nasyceného kapalného oxidu dusného [3,4]

Teplota °F	Teplota °C	Tlak páry psia	Tlak páry bar abs	Hustota kapaliny lb/gal	Hustota kapaliny kg/litr
-131,5	-90,82	12,73	0,878		
-127,2	-88,47	14,69	1,013	10,20	1,2228
-110	-78,89	26	1,793	10,36	1,241
-90	-67,78	46	3,172	10,02	1,201
-70	-56,67	73,98	5,102	9,69	1,161
-50	-45,56	111,97	7,722	9,26	1,110
-30	-34,44	166,95	11,514	8,95	1,073
-10	-23,33	239,93	16,547	8,65	1,036
10	-12,22	334,9	23,097	8,18	0,980
32	0	453,7	31,290	7,54	0,904
50	10,00	589,85	40,679	6,99	0,838
59	15,00	654,24	45,120	6,83	0,818
70	21,11	759,8	52,400	6,22	0,745
97,5	36,41	1050,5	72,450	3,86	0,452

4.2.1 Specifická rizika

Zaměstnanci, kteří zacházejí s oxidem dusným, by měli být proškoleni na nebezpečí související s tímto produktem. Existuje několik stavů, ve kterých může oxid dusný ohrožovat zaměstnance a zařízení. Dále jsou popsány tyto stavy a pracovní postupy a návody, aby k těmto stavům nedocházelo.

4.2.1.1 Vlivy nízké teploty na materiály

Vliv nízké teploty kapaliny a výparů oxidu dusného na materiály v systému může mít za následek vznik nebezpečných situací. Při okolním tlaku je teplota kapalného oxidu dusného -88 °C (-127 °F) a mnoho materiálů používaných u hadicových a potrubních systémů může při nadměrném zatížení zkréhnout a zeslábnout. Materiály používané při stavbě rozvodných systémů oxidu dusného musí být kompatibilní s oxidem dusným a vyskytujícími se podmínkami teploty a tlaku.

U potrubních systémů vystavených provozním teplotám nižším než okolní teplota dochází ke kontrakci délky. U potrubních a podpůrných (nosných) systémů se musí vytvořit vůle, aby bylo možné kompenzovat tyto změny rozměrů. Měděné potrubí, které se běžně používá, se zkrátí o cca 2,5 cm (1 palec) na 30,5 m (100 stop) při snížení teploty o 55,6 °C (100 °F).

Při kontaktu se studeným oxidem dusným se mohou materiály jako guma nebo plasty stát křehkými, a může dojít k jejich prasknutí (destrukci) bez varování.

4.2.1.2 Zadržaná kapalina

U kapalného oxidu dusného, který je přiváděn (silou) do prostoru s konstantním objemem (např. mezi dvěma uzavřenými ventily nebo dvěma uzavíratelnými body), může stoupnout tlak, protože vlivem ohřátí bude expandovat. Dokud se v tomto objemu, kde je kapalina zadržena, nachází místo pro výpary, tam stoupne tlak o cca 62 kPa na °C (5 psi na °F). Jakmile je objem kapalinou zcela naplněn, výtlačný tlak se zvýší poměrem 10 550 kPa na °C (850 psig na °F). Protože teplota se stále zvyšuje, tlak zadržené kapaliny může překročit tlak, kterému potrubí nebo komponenty mohou odolat. Tím může dojít k prasknutí potrubí nebo komponentů a dojít tak ke zranění osob nebo škodám na majetku. A toto je důvod, proč je nutné mezi uzavírací zařízení ve směru toku nainstalovat zařízení na uvolnění tlaku.

4.2.1.3 Vystavení se nadměrnému vlivu (překročení povolené expozice) produktu u zaměstnanců

Pokud se uvolní do pracovního prostředí dostatečné množství oxidu dusného prostřednictvím

prosakování nebo odvětrávání, stupeň vystavení se vlivu produktu u operátora může překročit limity expozice na pracovišti (OEL), a vznikne tak potenciální ohrožení zdraví. Navíc plynný oxid dusný je za atmosférických podmínek 1,5krát těžší než vzduch, a proto se může nacházet v nižších vrstvách ve větších koncentracích a potenciálně vytlačit kyslík v omezených prostorech a způsobit tak nebezpečí zadušení. Úrovně expozice oxidu dusnému by se měla regulovat tak, aby se zdravotní a bezpečnostní rizika pro operátory snížila na přijatelné úrovně, tj. pod příslušné limity expozice na pracovišti (OEL). Oxid dusný v plynném stavu je bezbarvý a má nasládlou vůni. Větrací systémy, jsou-li požadovány, by měly být zkonstruovány tak, aby odsávaly z nejnižší vrstvy (úrovně) a umožnily, aby přiváděný vzduch vstupoval do prostor ve vyšším místě.

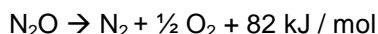
Kapalný oxid dusný nebo studené výpary, které přijdou do kontaktu s pokožkou nebo ústy, mohou způsobit zmrazení nebo omrzliny. Pokud dojde k omrzlinám, přivolejte lékařskou pomoc. Nemněte si (neškrábejte) postiženou oblast, ponořte ji do teplé vody o teplotě 38 °C až 41 °C (100 °F až 105 °F).

Se zkapalněným oxidem dusným, UN 1070, se manipuluje v lahvích při tlaku 50 bar (735 psi) a při teplotě 21 °C (70 °F). Oxid dusný - zchlazená kapalina, UN 2201, se skladuje v izolovaných nádržích v Severní Americe při tlaku v rozsahu od 260 psi do 315 psi a při teplotách v rozsahu od 0 °F do +10°F, v Evropě při tlaku od 20 bar do 25 bar a při teplotě cca 20°C. Kapalný oxid dusný tvoří směs extrémně studené kapaliny a plynu při uvolnění tlaku na atmosférický tlak. Kontakt takové kapaliny s pokožkou může způsobit vážné omrzliny.

4.3 Chemické vlastnosti a rizika

4.3.1 Oxidační schopnost

Při působení tepla se oxid dusný rozkládá nenávratně a exotermicky na prvky, viz kapitola 4.3.2, přičemž produkuje směs, která je bohatší na kyslík než vzduch.



Jako vedlejší produkty rozkladu oxidu dusného se mohou vytvořit toxické oxidy dusíku.

Po rozkladu se stává oxid dusný oxidačním plynem s vyšším kyslíkovým potenciálem (oxypotential) než vzduch. Proto je oxid dusný klasifikován v normách a nařízeních jako oxidující plyn, viz Tabulka 4.

Tabulka 4 Oxid dusný

Reference	UN kód / Přepravní název
Vzorové předpisy OSN - <i>Doporučení pro přepravu nebezpečných věcí</i> [2]	UN- 1070 / Oxid dusný UN- 2201 / Oxid dusný, zchlazená kapalina
Norma ISO 10156 <i>Plynové lahve – Plyny a plynné směsi – Stanovení hořlavosti a oxidační schopnosti při výběru výstupů ventilu lahve</i> [5]	Kyslíkový potenciál 0,6
Pozn.: Kvůli kyslíkovému potenciálu oxidu dusného může vzniknout riziko požáru, pokud plyn přijde do kontaktu s hořlavými plyny nebo látkami za přítomnosti zdroje vznícení.	

4.3.1.1 Kovy

Nebyly uvedeny žádné případy hoření kovů v kontaktu s oxidem dusným. Teoreticky, jediný stav, kdy by kovy mohly hořet, je po rozkladu oxidu dusného.

4.3.1.2 Nekovy

Ke vznícení nekovů, jako plastů, elastomerů a oděvních materiálů při kontaktu s oxidem dusným, může dojít vlivem tepla (např. vytvořeným adiabatickou kompresí) nebo ohně.

4.3.1.3 Olej a mazadlo

Olej a mazadlo jsou nepřijatelnými nečistotami při instalaci oxidu dusného a mohou vytvořit vážné riziko pro vznik požáru. K těmto požárům může dojít vznícením kvůli adiabatické kompresi nebo vysoké teplotě, viz kapitola 4.3.3.

4.3.1.4 Hořlavé plyny

Hořlavé plyny tvoří s oxidem dusným výbušné směsi, viz Tabulka 5. Mezní hodnoty výbušnosti jsou ovlivněny specifickými chemickými vlastnostmi oxidu dusného:

- Spodní mez výbušnosti hořlavých plynů je mnohem nižší u oxidu dusného než u vzduchu nebo kyslíku, protože uvolnění tepla rozkladem oxidu dusného podporuje hoření směsi se sklonem k hoření.
- Horní mez výbušnosti hořlavých plynů je mnohem vyšší u oxidu dusného než u vzduchu, protože vyšší kyslíkový potenciál oxidu dusného podporuje hoření hořlavých směsí.

Tabulka 5 Mezní hodnoty výbušnosti pro některé typické hořlavé plyny u oxidu dusného za atmosférických podmínek

	Spodní mez výbušnosti, mol-%			Horní mez výbušnosti, mol-%		
	u vzduchu ¹⁾	u kyslíku ²⁾	u oxidu dusného ¹⁾	u vzduchu ¹⁾	u kyslíku ²⁾	u oxidu dusného
Metan	4,4	5,15	1,5	16,5	60,5	49,5
Propan	1,7	2,3	0,7	10,9	52,0	27,0
Vodík	4,1	4,0	2,9	77,0	94,0	82,5
Amoniak (čpavek)	15,4	15	4,4	33,6	79	65,0

POZN.:— Jiné zdroje literatury mohou udávat mírně odlišné hodnoty, ale obecným závěrem je, že oxid dusný má vyšší oxidační schopnost než vzduch. Bezpečnostní opatření týkající se hořlavých plynů, viz kapitola 5.11.

¹⁾ Směrnice 96/61/ES. *O integrované prevenci a omezování znečištění* [6]

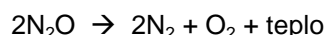
²⁾ Směrnice 2003/87/ES. *O vytvoření systému pro obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů ve Společenství a o změně směrnice Rady 96/61/ES* [7]

4.3.2 Stabilita

Za běžných pracovních podmínek je oxid dusný stabilní sloučeninou jak v kapalném, tak v plynném stavu. Oxid dusný je klasifikován jako nehořlavý plyn. Jeho sekundární klasifikace je oxidační činidlo.

Nehody a pokusy prokázaly, že oxid dusný se může následkem své pozitivní slučovací energie exotermicky rozkládat. Tato rozkladná reakce může být nepřetržitá a násilná. Teoretický poměr tlaku při rozkladu – konečný tlak / počáteční tlak – může dosáhnout hodnoty 10 až 1 [8].

Při nesprávné manipulaci se může oxid dusný rozložit nevratně a potenciálně výbušně na dusík a kyslík:



Zatímco dusík a kyslík jsou primárními produkty rozkladu oxidu dusného, vytvářejí se také vyšší oxidy dusíku (NO/NO₂).

Rozklad oxidu dusného je homogenní reakcí prvního řádu. Při rozkladu uvolňuje oxid dusný energii 1860,8 kJ na kg (800 BTU na libru). Rozklad oxidu dusného se vyvíjí jako čistě tepelný proces, zatímco čelu plamene směsi propan-vzduch předchází kombinace tepelných a řetězových reakcí. Rychlost šíření rozkladné reakce oxidu dusného je 30krát pomalejší než rychlost šíření směsi propan-vzduch, a reakce se snadněji uhasí [8].

Pro tento způsob manipulace s oxidem dusným je důležité znát zdroje rozkladu a zabránit jim, a vědět, při jakých podmínkách se bude nebo nebude šířit **čelo rozkladu (decomposition front)**.

Kapalný oxid dusný je poměrně necitlivý na jiskry o vysoké energii nebo vnější nárazy. Rozklad kapaliny by nemohl být iniciován pomocí explodujícího drátu v laboratoři. Omezený rozklad byl přivolen v kapalině pomocí rozbušek. Laboratorní výsledky indikují, že se s oxidem dusným v kapalném stavu může bezpečně manipulovat, ale v plynném stavu existuje nebezpečí rozkladu při zvýšeném tlaku a/nebo teplotě. Reakce se může šířit prostřednictvím par u existující kapaliny [8].

4.3.3 Zdroje rozkladu

Pro iniciaci rozkladu par oxidu dusného byly známy všechny následující položky:

Tabulka 6 Zdroje rozkladu

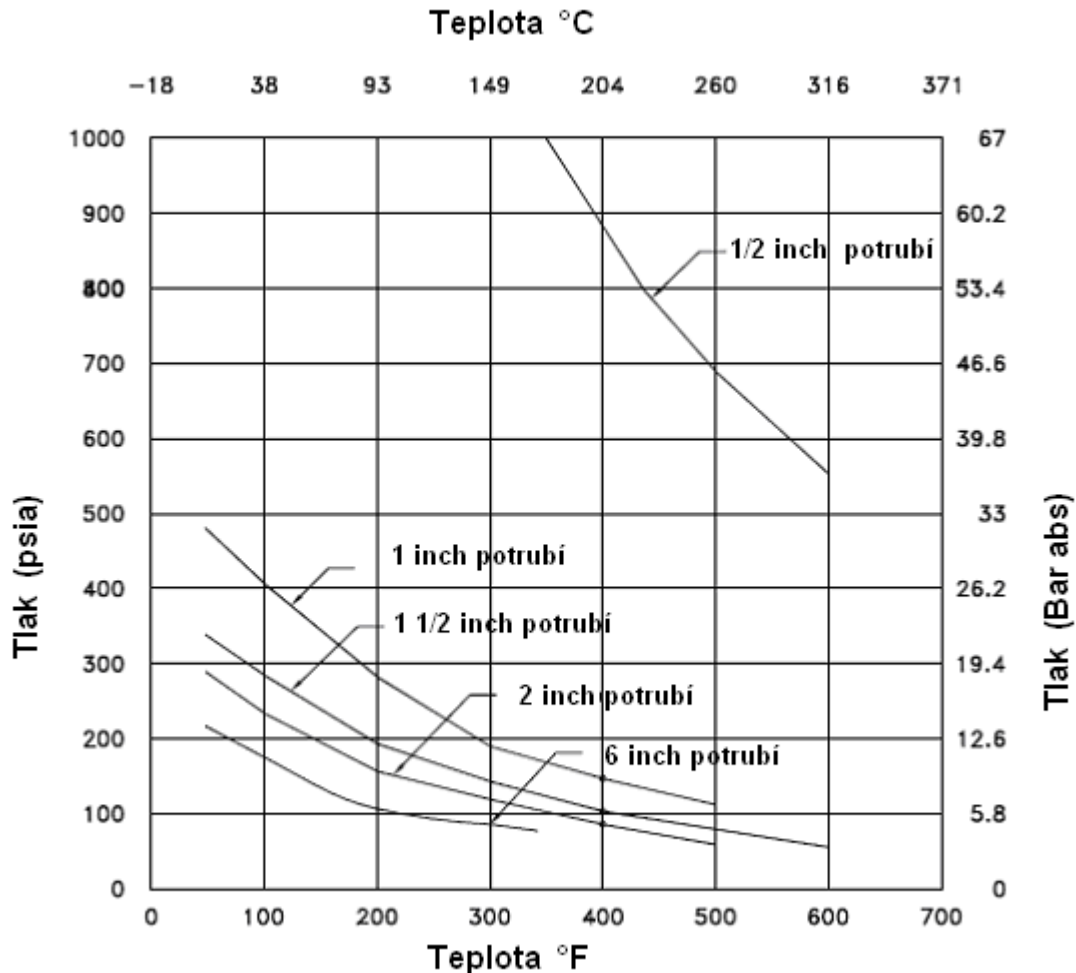
Zdroje rozkladu v terénu	Zdroje rozkladu v laboratoři
Statický výboj	Elektrická jiskra
Jiskra (kontakt kov na kov)	Explodující drát
Adiabatické kompresní teplo	Žhavicí drát
Sekundární exotermická chemická reakce	Rozbuška
Sváření/pájení	Kompresní teplo
Teplo vytvořené čerpadlem v běhu na sucho	
Ponorný elektrický ohříváč	
Interní náraz	
Externí zdroj tepla	

4.3.3.1 Teplota a tlak

Rozklad oxidu dusného se nebude šířit při relativně nízkých teplotách a tlacích, viz Obrázek 1. Po aplikaci zdroje vznícení na potrubí nebo nádobu obsahující páru oxidu dusného existují tři výsledky: V pořadí pro postupně se zvyšující teplotu a tlak to jsou:

- Nic se nestane.
- Spustí se rozklad, ale reakce se uhasí (je pod prahovou hodnotou šíření).
- Rozklad se spustí a čelo rozkladu se rozšíří prostřednictvím potrubí nebo nádoby (je nad prahovou hodnotou šíření).

V extrémních podmínkách (například při teplotě 762 °C při 3,5 atmosférách) [9], jsou výpary oxidu dusného schopné samovznícení bez aplikace externího zdroje rozkladu.



Obrázek 1 Prahová hodnota šíření rozkladu pro oxid dusný

4.3.3.2 Geometrie nádoby a potrubí

Aby se mohl šířit rozklad oxidu dusného, musí být dostatečné teplo vytvořené reakcí pro ohřátí dalšího prvku nereagujícího plynu na teplotu rozkladu. Tepelné ztráty u stěn potrubí snižují potenciál šíření reakce. Vedení o menším průměru má vyšší interní povrchovou plochu vůči objemu. Proto u potrubí s menším průměrem dojde ke ztrátě více tepla na jednotkový objem ke stěnám potrubí, a vyšší hodnoty teploty a tlaku jsou potřebné pro šíření čela rozkladu, viz Obrázek 1.

4.3.3.3 Prahová hodnota šíření rozkladu

Potenciál pro výskyt výbušného rozkladu je blíže spojený s charakteristikami ochlazování (teplota, tlak, geometrie zásobníku) systému oxidu dusného, než s počáteční energií rozkladu [9].

Obrázek 1 představuje dokončené testování v referenci [9].

Prahová hodnota šíření rozkladu zobrazená na Obrázku 1 by měla být považovaná za přibližnou hodnotu, ale může poskytnout uživateli určitou indikaci, pokud provádí manipulaci s oxidem dusným hodně nad nebo pod prahovou hodnotou podmínek šíření rozkladu. Při manipulaci s oxidem dusným za podmínek, při kterých se může reakce šířit, musí se dávat pozor na to, aby se vyloučila jakákoli možnost výskytu zdroje rozkladu.

Je vhodné pracovat pod prahovou hodnotou šíření rozkladu pomocí regulace tlaku, teploty nebo velikosti vedení.

4.3.3.4 Nečistoty

Inertní plyny – roztok (rozředění) páry oxidu dusného u nehořlavého plynu, jako je helium nebo dusík, zvyšuje prahovou hodnotu šíření rozkladu. V jedné studii byla prahová hodnota šíření rozkladu čisté páry při tlaku 20,7 bar (300 psi) přibližně 250 °C (480 °F). Při 20 % (objemových) dusíku zvýšilo 20,7 bar (300 psi) prahovou hodnotu na 465 °C (870 °F) ve stejném reaktoru a se stejným zdrojem vznícení. Vznícení nebylo možné docílit při přidání 46 % (objemových) dusíku. [10]

Hořlavé materiály – jakýkoli hořlavý materiál, jako jsou uhlovodíková mazadla nebo hořlavé směsi, bude podporovat prudký rozklad a sníží prahovou hodnotu šíření rozkladu. Hořlavá směs sníží prahovou hodnotu šíření rozkladu, i když je pod dolní mezní hodnotou výbušnosti. Všechna zařízení, která přijdou do kontaktu s oxidem dusným, se musí vyčistit jako pro provoz s kyslíkem. Mazadla musí být kompatibilní s kyslíkem.

4.3.3.5 Velké tlakové nádoby

K většině nehod týkajících se rozkladu oxidu dusného došlo u velkých tlakových nádob, jako jsou skladovací nádrže nebo přepravní nádrže. Jak se objem páry a teplota zvyšují, zvyšuje se riziko rozkladu. Rozklad může být iniciován různými zdroji vznícení, které jsou uvedeny v kapitole 4.3.3. Rozklad může být iniciován také externím teplem (např. sváření nebo pájení)) na nádobě nebo potrubí nádoby, nebo teplem vytvořeným chodem čerpadla na sucho. Pokud je iniciován v potrubí, čelo reakce může cestovat potrubím až do nádoby, pokud se pracuje nad prahovou hodnotou šíření rozkladu. Když je čelo reakce uvnitř nádoby, neexistuje účinně žádný odvod tepla pro potlačení reakce. Protože 1,5 molů plynu se vytvoří pro každý mol rozkládajícího se oxidu dusného, rozkládající oxid dusný redukuje a ohřívá nereagující oxid dusný, jakmile se čelo reakce dostane do nádoby. Nakonec nereagující oxid dusný dosáhne dost vysoké teploty a tlaku, aby se automaticky inicioval, což má za následek výbuch.

Bezpečnostní pokyny

- Neprovádějte sváření, pájení natvrdo ani svařovací oblouk na žádném potrubí, láhvi nebo nádobě, které obsahují oxid dusný.
- Kulové uzávěry a jiné rychlootvácí ventily by se měly otvírat pomalu. Vysoká teplota způsobená adiabatickou kompresí by mohla způsobit rozklad oxidu dusného.
- Aby se zamezilo chodu na sucho, musí být instalována přečerpávací čerpadla na oxid dusný s blokováním, viz kapitola 7.4.
- Když je to možné, mělo by potrubí pracovat pod prahovou hodnotou šíření rozkladu. Viz Obrázek 1. Použijte nejmenší prakticky přijatelný rozměr vedení.

POZNÁMKA: Zkušenost prokázala, že nádoby s největším průměrem pracující nad prahovou hodnotou šíření (rozkladu), se používaly bezpečně kvůli bezpečnostním opatřením uvedeným v této publikaci, např. zabráněním iniciaci rozkladu).

- Všechny povrchy, které byly v přímém kontaktu s oxidem dusným, vyčistěte jako pro provoz s kyslíkem, viz kapitola 5.5.
- Když existuje možnost kontaktu s oxidem dusným, musí se používat mazadla kompatibilní s kyslíkem.
- Používejte topidla s interním omezením, např. elektrické ponorné ohříváče s přímým kontaktem jsou zakázány.

4.4 Pracovní expozice

O vlivech oxidu dusného na zdraví se hovoří pouze s ohledem na operátory, kteří provádějí přepravu, plnění a manipulaci s oxidem dusným. Není posuzován vliv oxidu dusného jako medicínálního produktu.

4.4.1 Krátkodobá expozice

Oxid dusný v plynném stavu je bezbarvý s nasládlou vůní. Zvýšených koncentrací tohoto plynu ve vzduchu lze dosáhnout rychle při úniku obsahu, např. prostřednictvím netěsností a odvětrávání. Vliv krátkodobé expozice na zdraví je primárně uspávací, což zahrnuje závrať, nevolnost (od žaludku), bolest hlavy a ztrátu koordinace. Navíc plynný oxid dusíku v atmosférických podmínkách je 1,5krát těžší než vzduch, a tak se může nacházet ve vyšších koncentracích v nízkých úrovních, a proto pokud je schopen nahradit kyslík ve stísněných prostorech, může také existovat riziko zadušení.

Kapalina oxidu dusného nebo studené páry oxidu dusného, které přijdou do kontaktu s pokožkou nebo ústy, mohou způsobit zmrazení nebo omrzliny. Pokud dojde k omrzlinám, přivolejte lékařskou pomoc. Nemněte si (neškrábejte) postiženou oblast, ponořte ji do teplé vody o teplotě 38 °C až 41 °C (100 °F až 105 °F).

4.4.2 Dlouhodobá expozice

Dlouhodobé expozici oxidu dusnému bylo přiřazeno několik závažných vedlejších účinků. Nejsilněji opodstatněným vlivem je neuropatie. Epidemiologické studie také připomínají fetotoxické vlivy a vyšší případy výskytu spontánního potratu u zaměstnanců vystavených vlivu oxidu dusného. Přestože nebyl pevně zavedený žádný vztah příčiny a vlivu, měla by se doba vystavení se vlivu plynu snížit na minimum. V národních předpisech se liší rozsahy expozice 8-mi hodinového časově váženého průměru (TWA) v rozsahu od 25 ppm do 100 ppm. Americká konference vládních průmyslových hygieniků (ACGIH) doporučuje limitní hodnotu expozice 50 ppm na bázi 8-mi hodinového TWA [11].

4.4.3 Řízení expozice plynu oxidu dusnému na pracovišti

Expozice operátora (např. při plnění) plynu oxidu dusného by měla být řízena na přijatelné úrovni (tj. pod příslušnými hodnotami OEL). Zdroje oxidu dusného mohou zahrnovat:

- „Nesledované“ plnicí zařízení, které umožňuje uvolnění trochy oxidu dusného před plněním/po plnění.
- Prosakující zařízení, např. plnicí zařízení.
- Odvětrávání prázdných lahví do vzduchu namísto odkalovacího potrubí.
- Nedostatečně uzavřené ventily u „prázdných“ a plných lahví, aby se nedocházelo k úniku produktu.
- Špatně umístěné ventilační výpusti, které vede k opětovnému vniknutí plynu do budovy.

Aby se zabránilo úniku oxidu dusného nebo jeho odvětrávání na pracoviště, měla by být na místě kontrolní opatření. Příklady zahrnují:

- Odvětrávání lahví do určené soupravy potrubí (včetně schopnosti pročišťování a odčerpávání), které je zahrnuto v systému a odvětráváno pryč z pracovní oblasti.
- Zajištění toho, že plnicí systém je zkonstruován tak, aby se oxid dusný neuvolnil do pracovního prostředí prostřednictvím odvětrávání nebo prosakování.
- Větrací otvory jsou umístěny na vnější straně budov a nad úrovní střechy.
- Program preventivní údržby, aby se zabránilo prosakování.
- Pracovní postupy, např. zajištění uzavření ventilů prázdných lahví před jejich přepravou do plnicí oblasti.

Pokud se oxid dusný skladuje nebo plní v nedostatečně větraných místnostech, měl by se nainstalovat systém pro pozorování plynu, aby se monitorovala koncentrace oxidu dusného v místnosti.

4.5 Ekologické otázky

Emise oxidu dusného z komerční výroby se odhaduje na cca 1 % všech emisí. Toto je na základě údajů z Emisí oxidu dusného podle zdroje (ekvivalenty milion tun CO₂) Agentury pro ochranu životního prostředí USA (EPA).

V některých částech světa jsou uvolnění oxidu dusného do ovzduší přísně omezena předpisy.

V Evropě musí platit Evropské směrnice [6, 7] a musí se používat nejlepší dostupné techniky pro zamezení emisím oxidu dusného a jejich snížení na minimum. Směrnice Seveso III [12] platí pro oxid dusný, pokud množství oxidu dusného najednou na stanovišti překročí následující množství:

- Více než 50 tun: je požadováno oznamování množství látky a politika prevence proti vážným nehodám.
- Více než 200 tun: je požadována oficiální zpráva o bezpečnosti.

V USA platí pro oxid dusný Zákon o havarijním plánování a právu občanů na informace (Emergency Planning and Community Right to Know Act) (nebo SARA Title III) Kapitola 311 a 312, pokud množství v libovolném čase může přesáhnout 10 000 liber [13].

4.6 Bezpečnost

Měla by být zavedena bezpečnostní opatření, aby se omezil přístup k oxidu dusnému pouze na oprávněné zaměstnance. Podrobnější údaje, viz dokument EIGA Doc 922, *Bezpečnost na stanovišti* [14]. Bezpečnost je primárním problémem, protože u oxidu dusného je často sklon ke zneužívání vdechováním. Tento způsob zneužití může mít za následek zadušení nebo dlouhodobé vlivy na zdraví, jak je uvedeno v kapitole 4.4.2, a tudíž jsou požadovány přísnější metody pro řízení přístupu a potenciálního zneužití.

Další bezpečnostní pokyny týkající se přepravy oxidu dusného a kvalifikování zákazníků nakupujících oxid dusný viz dokumenty EIGA Doc 913, *Bezpečnostní pokyny pro přepravu pro členy EIGA*, a EIGA Doc 920, *Pokyny pro kvalifikaci zákazníků nakupujících stlačené plyny* [15, 16].

Musí být zavedena politika prodeje oxidu dusného. Řádným přezkoumáním se musí zajistit před schválením nákupu a provedením dodávky, aby měl zákazník oprávněný důvod k nákupu oxidu dusného, a aby byly udržovány kontrolní záznamy pro přepravu oxidu dusného.

Oxid dusný má velké množství prospěšných aplikací, jako anestetikum nebo jako pohonná látka u potravin, které skutečně zlepšují kvalitu lidského života. Při nesprávném používání, zneužití nebo nesprávné manipulaci může zranit osoby a potenciálně způsobit smrt.

5 Zařízení a pracovní postupy

5.1 Principy

Zařízení používané pro manipulaci s oxidem dusným musí být navrženo, zkonstruováno a testováno podle zákonných požadavků v zemi, ve které se zařízení používá. Zařízení musí být zkonstruováno tak, aby odolalo maximálním tlakům a teplotám, při kterých má pracovat, a také aby se snížilo na minimum uvolnění oxidu dusného.

Musí se vzít v úvahu vlastnosti a rizika oxidu dusného, aby se zabránilo použití hořlavých materiálů a jakémukoli nekontrolovanému vstupu tepla.

Uvedená základní pravidla platí pro systémy oxidu dusného, kde je tlak nižší než 71,5 bar (1051 psi) / (36,45 °C (97,5 °F)). Při vyšším tlaku, tj. v superkritickém stavu oxidu dusného, by se měla zvážít pravidla definovaná pro čistý kyslík ohledně kompatibility materiálu, výběru zařízení (např. dokument EIGA Doc 159 *Pístová kryogenní čerpadla a instalace čerpadel* [17], pokud je to vhodné) také pro oxid dusný. Pravidla pro kyslík také platí pro oxid dusný / směsi kyslíku bez ohledu na parciální tlak nebo procento obsahu oxidu dusného.

5.2 Kompatibilita materiálů s oxidem dusným

Kvůli možné reakci materiálů s oxidem dusným a zvážením jeho oxidačních vlastností se musí kovové materiály a nekovové materiály vybírat následujícím způsobem.

5.2.1 Kovové materiály

Neexistují žádná omezení ohledně použití běžných komerčních kovových materiálů pro instalace oxidu dusného. Primárně se za vhodné kovové materiály pro použití s oxidem dusným považují hliníková ocel, manganová ocel, chrom-molybdenová ocel, nerezová ocel, mosaz, měď, slitiny mědi a hliník, viz [3] a norma ISO 11114-1 *Lahve na přepravu plynů – Kompatibilita materiálů lahvě a ventilu s plynným obsahem – Část 1: Kovové materiály*, [18]. Jedinou výjimkou je, že neexistuje žádná bezpečná průkazná zkušenost s použitím hliníku u čerpacích systémů oxidu dusného.

5.2.2 Nekovové materiály

Příklady nekovových materiálů, které projevují nejlepší kompatibilitu s plyny s vysokým kyslíkovým potenciálem, viz ISO 11114-2 *Lahve na přepravu plynů – Kompatibilita materiálů lahvě a ventilu s plynným obsahem – Část 2: Nekovové materiály* [19]:

- Plastické produkty jako je polytetrafluoretylen (PTFE), polychlorotrifluoroetylen (PCTFE), fluorovaný etylen-propylen (FEP), polyetheretherketon (PEEKTM) a etylen-propylen-dien-monomer (EPDM). Jiné materiály jako polyvinylchlorid (PVC), poly-vinylidenfluorid, polyamid (Nylon 66®), Vespel SP21®) a polypropylene se mohou použít s řádným ohledem na riziko vzniku externího požáru.
- Určité typy elastomerů jako Viton® nebo Neopren® jsou známé pro zvětšení objemu v oxidu dusném, který je pod tlakem, a jsou upřednostňovány objemově neztvrdávající se typy, když může být zvětšení objemu problémem.
- Pro nekovové materiály, které se mají použít pro vysoký tlak (tlak vyšší než 30 bar (435 psi)), musí aplikace určené pro směsi oxidu dusného / kyslíku odpovídat specifickým požadavkům ohledně rizik toxicity, viz dokument EIGA Doc 73 *Konstrukční pokyny pro snížení potenciálních rizik toxicity při používání nekovových materiálů u vysokotlakých dýchacích systémů* [20].
- Mazadla přicházející do kontaktu s oxidem dusným, musí být s oxidem dusným kompatibilní.

5.3 Ventily

Materiály pro vysokotlaké ventily pro oxid dusný, jako jsou ventily pro lahve, se musí zvolit podle norem ISO 11114-1 a ISO 11114-2 [18, 19]. Běžně používanými kovy jsou mosaz, slitiny mědi, hliníková ocel. Přípustnými nekovovými materiály jsou plastické materiály PTFE, PCTFE, polyamidy a silikonový kaučuk.

Ventily pro zchlazený zkapalněný oxid dusný musí splňovat požadavky ohledně konstrukce, testování a značení pro zamýšlený provoz, viz norma ISO 21011 *Kryogenní nádoby – Ventily pro kryogenní provoz* [21]. Kovové a nekovové materiály pro tyto ventily musí projít testem na kompatibilitu s kyslíkem, jako např. norma ISO 21010, *Kryogenní nádoby – Kompatibilita plynů/materiálů* [22]. Doporučuje se, aby kulové ventily používané pro zkapalněný oxid dusný byly vrtané nebo jinak zkonstruovány pro uvolnění tlaku směrem k nádrži, aby se zamezilo zadržení kapaliny uvnitř kuličky.

5.4 Filtry

Filtry nebo sítky odlučovače musí být zkonstruovány s ohledem na oxidační vlastnosti oxidu dusného. Kvůli zvýšené odolnosti na požáry oxidačního činidla se upřednostňují síťové filtry nebo odlučovače vyrobené z vysoce legovaných slitin niklu, jako jsou slitiny Monel®, Inconel®, nikl 200 nebo vysoce legovaných slitin mědi, jako je mosaz. Žádné lepidlo nebo podobný hořlavý materiál nesmí přijít do kontaktu s oxidem dusným při vyšším tlaku než 10 bar (145 psi).

Kapalný oxid dusný by měl být co nejjemněji přefiltrován. Velikost otvoru filtru je kompromisem mezi přípustným poklesem tlaku, dostupným prostorem a přijatelnou tepelnou hmotou těla filtru, viz dokument EIGA Doc 159 [17].

Plynný oxid dusný by se měl filtrovat pomocí velikostí síta od 30 do 10, což odpovídá zachycení velikosti částice ca od 500 do 150 mikronů, viz dokument EIGA Doc. 13 *Rozvody kyslíku a potrubní systémy* [23].

5.5 Čištění instalace

Každé zařízení a instalace zkonstruované pro provoz s oxidem dusným se musí čistit pro provoz s kyslíkem podle dokumentu EIGA Doc. 33 *Čištění zařízení pro provoz s kyslíkem* nebo normy ISO 23208 *Kryogenné nádoby – Čistota pro provoz s kyslíkem* [24, 25]. Kde je nutné změnit provoz zařízení produktu z jakéhokoli plynu na oxid dusný, platí totožná pravidla pro čištění. Tlakové nádoby, které se mají změnit na provoz s oxidem dusným, se musí vyčistit pomocí vhodného pracovního postupu. Pro lahve - viz norma ISO 11621, *Lahve na přepravu plynů – Postupy pro změnu plynu během používání* [26] a pro přepravní nádrže - viz dokument EIGA Doc 87, *Úprava kryogenních přepravních nádrží na provoz s kyslíkem* [27].

Povrchy, které přijdou do kontaktu s oxidem dusným, se musí vyčistit, aby se zbavily všech hořlavých částic, oleje a mazadla, které by mohly vniknout do systému během jeho konstrukce, montáže nebo údržby. Zařízení se musí vyčistit jako pro provoz s kyslíkem pomocí saponátů nebo vhodných čisticích prostředků, které neobsahují žádné nekovové nebo kovové částice.

Maximální množství cizích materiálů (olej, mazadlo, organické materiály) v instalaci nesmí překročit 500 mg/m². Nejsou přípustné žádné viditelné částice, vlákna nebo kapky vody, viz dokument EIGA Doc 33 [24].

5.6 Prevence proti znečištění

Hadice plnicí propojky nebo jiné díly zařízení, které nejsou stále připojeny, se musí, pokud se nepoužívají, chránit proti vniknutí špíny a vlhkosti pomocí uzávěrů a/nebo matic.

5.7 Zamezení vysokým teplotám

Všemi praktickými prostředky se musí zabránit teplotám nad 150 °C (300 °F) kvůli snížení pravděpodobnosti výbušného rozkladu oxidu dusného.

Použití elektrických topidel v přímém kontaktu s oxidem dusným je zakázáno. Jsou povoleny pouze nepřímé elektrické ohřívače s dostatečnými bezpečnostními kontrolami, aby se zabránilo překročení teploty nad 150 °C (300 °F). Doporučuje se použít ohřívače ve vodní lázni, s nízkým tlakem páry nebo jiná zařízení s interním omezením teploty.

- Všechna čerpadla, kompresory nebo jiná zařízení s otáčejícími se nebo posuvnými komponenty musí být chráněna pomocí automatických ochran proti ztrátě náplně a nadměrným provozním teplotám. Čerpadla nesmí pracovat bez průtoku nebo při ztrátě náplně. Přehřáté zařízení se považuje za příčinu u mnoha závažných nehod.
- Nejlepší praxí pro přečerpávací čerpadla kapaliny je nainstalovat čerpadlo se zaplaveným sacím vedením a připojením zpětného toku kapaliny kvůli potlačení rozkladné reakce. Na sací stranu a na odtokovou stranu kapalinového čerpadla by se měla nainstalovat sítko (odlučovače) kvůli zajištění odvodu tepla, který pomáhá při potlačení čela rozkladu.
- **VAROVÁNÍ:** *Práce v nadměrných teplotách se nesmí provádět na žádném zařízení, které obsahuje oxid dusíku. Před prováděním prací v nadměrných teplotách se musí všechna zařízení pročistit inertním plynem nebo vzduchem. Uvědomte si, že se tepelné vedení z oblasti, kde se provádějí práce v nadměrných teplotách, může stěhovat k potrubí obsahujícím oxid dusný, a mít za následek výbuch nebo požár.*

- U instalací ve zdravotnictví se vyžaduje čištění pomocí lékařsky certifikovaných plynů podle místních nařízení během jakýchkoli prací v nadměrných teplotách, aby se zabránilo vytváření oxidů.
- Práce v nadměrných teplotách by se neměly provádět do vzdálenosti 1 metru (3 stopy) od částí potrubí, které stále obsahuje oxid dusný. U prací v nadměrných teplotách v blízkosti instalace oxidu dusného se také může vyžadovat odstranění oxidu dusného a čištění v závislosti na rizicích a typu prací. Pro provádění těchto prací je nutné vydat pracovní povolení podle všech zákonných požadavků a požadavků dodavatele, viz dokument EIGA Doc. 40 *Systémy pracovních povolení* [28].
- Kvůli odstranění ledu, uvolnění závitových spojení nebo zvýšení tlaku v lahvích se na žádnou část instalace oxidu dusného nesmí použít teplo od otevřeného plamene ani horkovzdušné pistole. Nicméně použití horkovzdušných pistolí je přípustné, když jsou systémy při atmosférickém tlaku. Použití vody jako ohřívacího média je přípustné.
- Nesmí se používat termické hmotnostní průtokoměry kvůli internímu topnému tělesu, dokud se neprovede vyhodnocení rizika, aby se zajistilo, že neexistuje žádné riziko tepelného rozkladu. Jednou aplikací je použití hmotnostního průtokoměru ke změření všech emisí do atmosféry prostřednictvím větracích otvorů.
- Instalace oxidu dusného musí být před použitím uzemněny podle místních zákonných požadavků, např. v Evropě Směrnice 94/9/ES, *Zařízení a ochranné systémy určené pro použití v prostředí s nebezpečím výbuchu (ATEX)*, a v Severní Americe norma NFPA 70, *Národní zákon o elektrických zařízeních*, aby se utlumily všechny elektrostatické výboje, [29, 30].
- Aby se zabránilo migraci částic ve specifických zařízeních (např. kompresor, čerpadlo), musí se umístit odlučovače nebo filtry.

Kulové ventily a jiné rychlootvácí ventily by se měly otvírat pomalu. Vysoká teplota způsobená adiabatickou kompresí může poskytnout zdroj vznícení, který by mohl směřovat k rychlému rozkladu oxidu dusného (viz kapitola 4.3.3.5).

5.8 Omezení rychlosti průtoku

Průtok oxidu dusného může způsobit lokalizované ohřátí materiálu pomocí působení částic nebo tření průtoku, zejména v oblastech v zúžených úsecích. Toto teplo může iniciovat rozklad / hoření, pokud bude dosaženo teploty rozkladu materiálu v kontaktu s oxidem dusným. Rychlost průtoku oxidu dusného by měla proto být omezena, aby nebylo dosaženo této teploty.

Při konstrukci nebo modifikaci instalace by konzervativním doporučením bylo použití mezních hodnot rychlostí, které jsou definovány pro kyslík, viz dokument EIGA Doc 13[23].

5.9 Pracovní postupy

Jako u každého provozu souvisejícího s nebezpečnou látkou musí být připraveny písemné pracovní postupy. Operátoři musí být proškoleni na tyto postupy.

Vedení musí zajistit, aby operátoři porozuměli tomu, že se zařízením se musí pracovat v rozsahu jeho konstrukčních parametrů tak, aby nedocházelo k ohrožení zaměstnanců nebo škodám na zařízení nebo životního prostředí.

Ve všech pracovních postupech musí být uvedeno oznámení, které má indikovat, že žádná část instalace se nesmí ohřát na vyšší teplotu, než je běžná provozní teplota, viz Obrázek 1.

5.10 Pracovní postupy údržby

Údržbu zařízení oxidu dusného musí provádět kvalifikovaní a proškolení zaměstnanci rutinním, řízeným a bezpečným způsobem, založeným na dodržování písemných pracovních postupů.

Modifikace instalací oxidu dusného nebo neobvyklé údržbové práce se nesmí provádět bez vyhodnocení rizika, které by mělo mít za následek řízení změn a vydání požadavku pracovního povolení, viz dokument EIGA Doc 40 [28]. Také viz dokument EIGA Doc 51, *Řízení změn* [31].

Zvláštní zřetel se musí brát na zajištění udržování integrity čistoty systému, a kompatibility náhradních dílů a mazadel, které přijdou do kontaktu s oxidem dusným.

U tlakových zařízení se musí před prováděním údržby nebo opravy snížit tlak (pokud se má provádět svařování nebo jiné práce v nadměrných teplotách, musí se systém pročistit vzduchem nebo inertním plynem). Informace týkající se prací v nadměrných teplotách, viz kapitola 5.7.

5.11 Oddělení od hořlavých plynů

Aby se zajistilo, že nehrozí nebezpečí náhodného míšení oxidu dusného s hořlavými plyny nebo kapalinami, musí být zařízení oxidu dusného a tlakové zásobníky určeny pro provoz s oxidem dusným. Změna provozu jiného zařízení musí vyžadovat pracovní postup s použitím normy ISO 11621, Lahve na přepravu plynů – Postupy pro změnu plynu během používání [26]. Lahve a potrubí mohou být zajištěny použitím jiného plynu podle normy ISO 11621. [26].

Když se musí smísit oxid dusný s jinými plyny, musí se učinit předběžná opatření kvůli zajištění toho, aby nedošlo k nechtěnému smíšení hořlavého plynu s oxidem dusným, viz dokument EIGA Doc 39. Bezpečná příprava směsí plynů [32]. Směsi oxidu dusného s hořlavými plyny se smí vyrábět pouze podle dokumentu EIGA Doc 139, Bezpečná příprava směsí stlačeného plynu oxidačního činidla - paliva v lahvích (Safe Preparation of Compressed Oxidant-Fuel Gas Mixtures in Cylinders) [33]

Za všech okolností se musí zabránit smíšení oxidu dusného se samovznítitelnými plyny, jako je silan, protože může dojít k okamžitému vznícení a výbuchu. Některé procesy, u nichž se používá oxid dusný a samovznítitelné plyny, jako je silan, se musí v samostatných krocích chránit pomocí preventivních zařízení s účinnými zařízeními pro zamezení zpětného toku plynu.

5.12 Používání zařízení oxidu uhličitého

Zařízení s oxidem uhličitým, které má podobné požadavky na teplotu a tlak jako oxid dusný, se nesmí používat pro provoz s oxidem dusným, dokud nebude proveden konverzní proces pro provedení změny provozu, pro plynové lahve viz ISO 11621 [26]. Pracovní postup musí vyhovovat příslušným požadavkům této publikace nebo jiných platných norem nebo nařízením. Musí se dávat pozor s ohledem na konstrukci, materiál, izolaci, čistotu, mazadla, těsnění a zabránění vysokým teplotám.

U zdravotnických instalací se musí dodržovat národní nařízení týkající se čištění (a certifikace, pokud je to vhodné) pro správný provoz.

VAROVÁNÍ: *Na rozdíl od oxidu uhličitého se nesmí použít oxid dusný jako zdroj pneumatické energie k ovládání pneumatických lahví, pohonu ventilů nebo jako inertního plynu.*

6 Stacionární nádrže

Stacionární nádrže se používají na výrobních závodech oxidu dusného, plnicích závodech a na instalacích zákazníka. Tato kapitola se vztahuje ke všem těmto typům nádrží.

6.1 Konstrukce

Existují následující dva různé typy nádrže:

6.1.1 Izolované nádrže

Izolované nádrže se používají pro skladování zchlazeného kapalného oxidu dusného při nižších teplotách než -20 °C (-4 °F) a odpovídajícím tlaku páry v rozsahu od 18 bar do 25 bar (od 260 psi do 362 psi).

Obvyklý maximální dovolený provozní tlak (MAWP) pro nádrže oxidu dusného se pohybuje v rozsahu od 16 do 25 bar (od 232 do 362 psig). Obvyklé provozní podmínky se pohybují v rozsahu od 17,7 bar do 21,4 bar (od 257 do 310 psig) při odpovídajících teplotách od -16 °C do -12 °C (od 0 °F do -10 °F). Minimální konstrukční teplota kovu (MDMT) musí být menší nebo rovna minimální obvyklé provozní

teplotě. Nově zkonstruované nádrže musí mít hodnotu MDMT $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) nebo chladnější kvůli lepšímu ovládní překročení podmínek nízké teploty způsobených ztrátou (poklesem) tlaku v nádrži.

Existují dva typy izolovaných nádrží:

- Vakuově izolované nádrže s vnitřní nádrží obvykle vyrobenou z nerezové oceli nebo jemnozrnné uhlíkové oceli, a vnější nádrží vyrobenou z uhlíkové oceli. Vakuově izolované nádrže mají nejnižší externí přívod tepla do vnitřní nádrže. Proto jsou méně náchylné k externímu ohřevu způsobenému požárem nebo okolním teplem, který by mohl mít za následek rozklad oxidu dusného.
- Nevakuově izolované nádrže bez vakua s vnitřní nádrží obvykle vyrobenou z nízkolegované uhlíkové oceli a vnějším opláštěním vyrobeným z oceli nebo hliníku.

Izolační materiál:

- Izolační systém musí být nehořlavý nebo ohnivzdorný, např. materiál nesmí nadále hořet, jakmile se externí požár uhasí.
- Izolační systém vyrobený z polyuretanu s opláštěním z oceli nebo hliníku se považuje za ohnivzdorný.
- Pokud se musí vyměnit izolační systém stávající nádrže, měl by se přestavět pomocí ohnivzdorného izolačního systému (například polyuretan s opláštěním) nebo nehořlavého materiálu, jako je skelná vata, pěnové sklo nebo strusková vata. Aby izolace nenasákla kondenzovaným vlhkem, vyžaduje se použít vhodnou parotěsnou zábranu.

6.1.2 Neizolované vysokotlaké nádrže

Neizolované vysokotlaké nádrže jsou obvykle vyrobeny z uhlíkové oceli, pro skladování zkapalněného oxidu dusného při okolní teplotě s odpovídajícím tlakem páry v rozsahu od 45 bar do 60 bar, (640-900 psi), což odpovídá rozsahu teploty od $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ (od $56\text{ }^{\circ}\text{F}$ do $82\text{ }^{\circ}\text{F}$). Vysoký provozní tlak tohoto typu nádrže vyžaduje vysokotlaká plnicí čerpadla a někdy použití dvou čerpadel zapojených za sebou. Tímto se zvýší riziko tvorby tepla a vznik následného rozkladu. Navíc v případě externího požáru se může obsah nádrže rychle ohřát. Z těchto důvodů kvůli zvýšenému potenciálu vzniku rozkladu za těchto podmínek se použití neizolovaných nádrží musí zabránit, dokud nebude dokončeno vyhodnocení rizika a nezajistí se snížení rizika.

6.1.3 Instalace nádoby

Bezpečnostní požadavky pro všechny pevné typy nádrže:

- Nádrž musí být umístěna na zkonstruované základně, která vyhovuje všem místním a národním stavebním předpisům.
- Doporučuje se, aby podstavec a základna nádrže byly nehořlavé.
- Nádrže by měly být nainstalovány ve venkovním prostředí. Ve velmi řídkých případech, kdy je nutné provést instalaci ve vnitřních prostorech, se musí zajistit větrání a přístup pro plnění. Musí se monitorovat úroveň oxidu dusného nebo nedostatku kyslíku v okolním vzduchu. Další informace ohledně rizika instalací ve vnitřních prostorech jsou uvedeny např. v normě ISO 21009-1 *Kryogenní nádoby – stacionární vakuově izolované nádoby – Část 1: Konstrukce, výroba, kontrola a testy* nebo CGA G-8.1 *Norma pro systémy oxidu dusného na stanovištích zákazníka* [34, 35].
- Nádrže se musí umístit mimo jakékoli oblasti s potenciálním výskytem požáru. Musí se dodržovat místní nařízení týkající se bezpečných vzdáleností, viz dokument EIGA Doc. 115 *Skladování kryogenních plynů v prostorech uživatelů* [36].

- Všechny části nádrží oxidu dusného musí být vodivě propojeny, aby se zajistila elektrická kontinuita, a uzemněny. Elektrický potenciál mezi nádrží a zemí by měl být během provozu vyrovnán.
- Některé staré nádrže oxidu dusného (včetně starých nádrží oxidu uhličitého) byly vyrobeny s použitím velkozrnných nízkolegovaných ocelí, u kterých se projevily vlastnosti působení nízké teploty. Kvůli podobnostem mezi vlastnostmi oxidu dusného a oxidu uhličitého se musí vzít v úvahu doporučení uvedená v dokumentu CGA PS-5 *CGA Specifikace umístění o vhodnosti zásobníků z uhlíkové oceli pro stacionární skladování oxidu uhličitého* [37].

6.2 Chladicí jednotky (zařízení)

Mechanická chladicí jednotka se obvykle nainstaluje na nevakuově izolované nádrže a na některé vakuově izolované nádrže. Chladicí jednotka se používá ke snížení tlaku v nádrži pomocí kondenzace par, což zamezuje vypouštění oxidu dusného do ovzduší. Instalace, na kterých se plní lahve, obvykle vyžadují chladicí jednotku dimenzovanou tak, aby se překonal přívod okolního tepla (tepelný výkon) zavedený pomocí plnicího procesu. Odkaz na podobné pracovní postupy plnění oxidem uhličitým, viz dokument EIGA Doc. 83, *Doporučení pro bezpečné plnění tlakových lahví a svazků lahví oxidem uhličitým* [38]. Chladicí výparníková spirála se obvykle nainstaluje do parního prostoru nádrže a musí mít co nejméně spojů, a být celá svařovaná nebo spájená.

VAROVÁNÍ: *Smíšení uhlovodíkových chladiv a olejů s oxidem dusným může mít za následek prudkou reakci v rámci chladicího systému. Proto, aby se zabránilo prosakování chladicího svazku, není povoleno používat žádné mechanické instalace uvnitř nádrže na chladicím výparníku.*

Navrhuje se, aby když se opravují starších uhlovodíkové chladicí systémy, došlo k přechodu na syntetická mazadla, jako je polyester (POE), která mají vyšší bod vznícení. Porucha chladicího kompresoru nebo vysoký tlak v chladicím okruhu mohou být známkou prosakování svazku chlazení oxidu dusného a měly by se řádně prozkoumat.

Není povoleno provádět žádné práce v nadměrných teplotách (pájení) na chladicím systému, aniž by se nejprve vyprázdnil a pročistil zásobník oxidu dusného a pročistil inertním plynem.

6.3 Odpařovače a ohřivače

Oxid dusný je zkapalněný plyn, což znamená, že odstranění páry nebo kapaliny z nádrže způsobí, aby se zbývající kapalina částečně dostala k bodu varu a automaticky ochladila. Nepřetržité odstraňování produktu způsobí snížení tlaku a teploty u zbývající kapaliny. Teplota nádrže nesmí klesnout pod hodnotu MDMT (viz kapitola 6.1). Nárůst tlaku nebo nasměrování k procesním odpařovačům jsou zpravidla vyžadovány pro zajištění dostatečného externího tepla pro udržení bezpečného provozního tlaku

Zdroj tepla odpařovače, jako jsou elektrické topné články, se nesmí nainstalovat uvnitř nádrže, protože přehřátí může mít za následek výbušný rozklad oxidu dusného.

Pro udržení požadovaného tlaku může být dostačující malá spirála pro nárůst tlaku ohřívána okolním vzduchem. V chladnějších podnebí by mohlo být vyžadováno použití externě ohřívávaného odpařovače. Kapalina se odpaří a parní fáze se znovu stabilizuje v horní části stacionární nádrže.

Pokud se má oxid dusný použít v plynném stavu, je nutné použít u instalací u zákazníka externí odpařovač pro odběrný systém.

Pokud se má použít externí nepřímě ohřívávaný odpařovač, musí se ohřev regulovat kvůli omezení teploty na hodnotu maximálně 150 °C (300 °F). Doporučuje se použít přímý ohřev, jako jsou horká voda, pára a horký vzduch, protože je bezpečnější. Kde se používá elektrický ohřev, musí se použít další bezpečnostní zařízení pro zajištění maximální mezní hodnoty teploty 150 °C (300 °F). Nesmí se používat přímé elektrické spirály.

Může se použít zpětný pojistný regulační ventil (ekonomizér) na ochranu nádrže před zvýšením tlaku, protože někdy je průtokové množství menší než rychlost odpařování.

6.4 Potrubí, nástroje, ventily

Nádrž musí mít tlakoměr pro měření tlaku uvnitř nádoby a indikátor úrovně hladiny kapaliny / hmotnosti.

Potrubí a přístrojové vybavení musí umožňovat následující funkce:

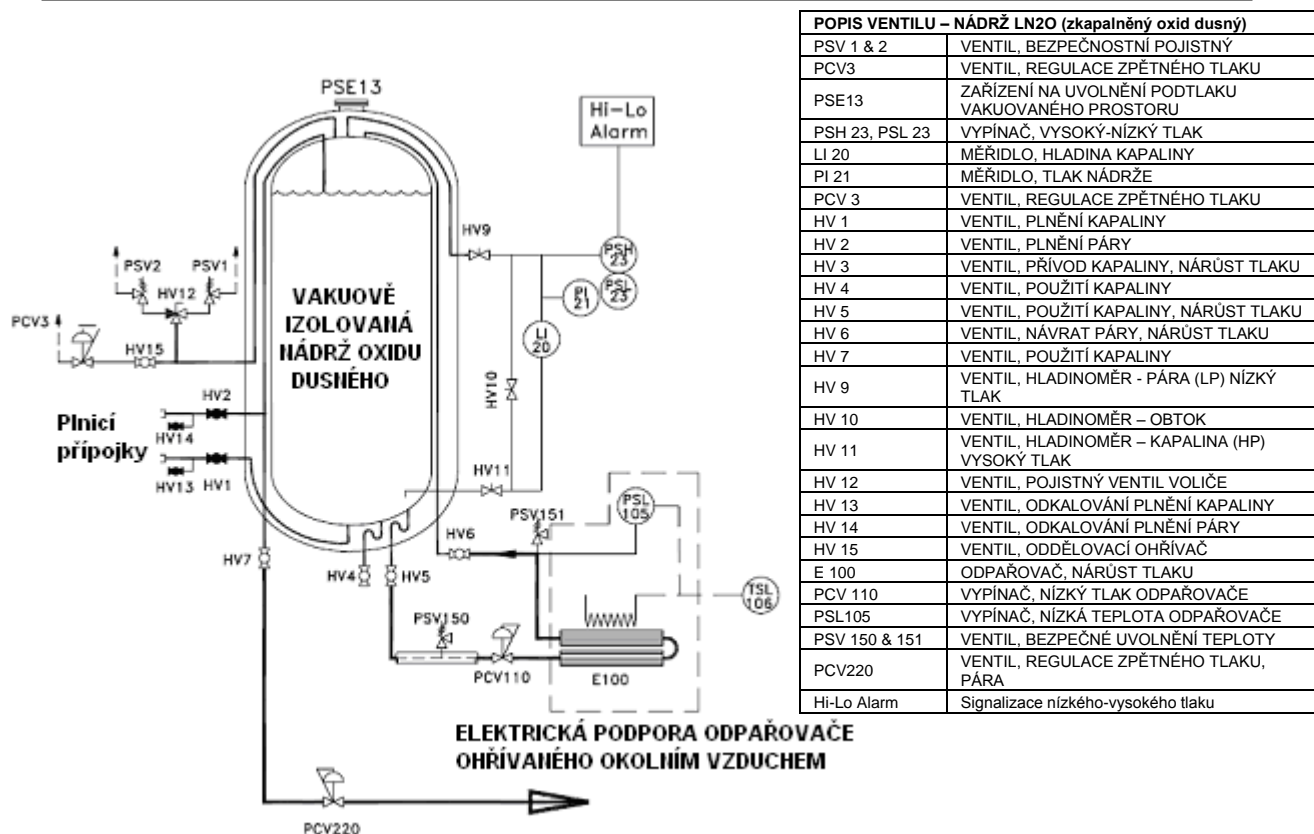
- Doporučuje se naplnit dno kapalinou. To by umožnilo uhašení potenciálního spuštění rozkladu v čerpadle v kapalně fázi.
- Odčerpání produktu by mělo probíhat prostřednictvím spodního vedení nebo prostřednictvím ponorné trubky nebo vedení pro parní fázi, pokud se používá pro udržení tlaku v nádrži.
- Návrat plynu do / z horní části pro přizpůsobení pracovního postupu pro plnění dvěma hadicemi s kompenzací tlaku mezi stacionární nádrží a přepravní nádrží.

VAROVÁNÍ: *Pokud existuje riziko zpětné kontaminace, např. nečistotami pocházejícími z nádrže zákazníka, tato metoda se může používat pouze v případě, pokud byla učiněna zmírňující opatření.*

- Indikátor hladiny (např. stupnice, siloměr nebo diferenciální manometr). Musí být označena přípustná plnicí hmotnost. Ponorná trubka určená pro zamezení úplného stavu kapaliny je vhodným obvyklým postupem namísto označení maximální plnicí hmotnosti. Obvyklé indikátory hladiny kapaliny pracují na principu měření rozdílu tlaku mezi horní a spodní částí zásobníku. Za podmínek nízké okolní teploty mohou tato měřidla vyžadovat sledování ohřevu, aby se zabránilo opětovné kondenzaci páry ve snímacím vedení. Při každém sledování ohřevu se musí používat neodmyslitelně bezpečné postupy, aby se zamezilo překročení teploty nad 150 °C (300 °F).
- Tlakoměr pro monitorování tlaku v nádrži. Může být v kombinaci s funkcí signalizace hodnoty vysokého a nízkého tlaku.
- Kontrola maximální hladiny kapaliny pomocí zpětného vedení plynu nebo kontrolního kohoutu naplnění v závislosti na konstrukčním typu nádrže.
- Předběžná opatření proti přetlaku následkem přeplnění. Musí se zavést pracovní postupy a/nebo nainstalovat zařízení po provedení vyhodnocení rizika, viz dokument EIGA Doc. 151 *Předcházení nadměrnému tlaku během plnění kryogenních zásobníků* [39].

Průměr procesního potrubí by se měl udržovat co nejmenší kvůli snížení prahové hodnoty šíření rozkladu podléhajícímu provozním omezením (viz kapitola 4.3.2).

Na Obrázku 2 je uveden příklad schématu potrubí a přístrojového vybavení stacionární nádrže oxidu dusného. Potrubí a přístrojové vybavení nádrží oxidu dusného se může lišit v závislosti na standard společnosti a požadavcích uživatele.



Obrázek 2 Schéma potrubí a přístrojového vybavení obvyklé vakuově izolované nádrže oxidu dusného

6.5 Přetlakové pojistné ventily

Každá stacionární velkoobjemová nádrž oxidu dusného musí mít dvě aktivní bezpečnostní zařízení na odlehčení tlaku dimenzovaná a zkonstruovaná tak, aby splňovala všechna místní a národní nařízení. Obvykle to jsou dva aktivní pružinové pojistné ventily nebo jeden aktivní pružinový pojistný ventil plus ventil regulace tlaku. Musí být v souladu s nařízeními a normami, např. dokumentem EIGA Doc 24, *Zařízení pro ochranu před přetlakem pro systémy kryogenních zásobníků s vakuovou izolací* [40] a ISO 21013-1 *Kryogenní nádoby – Pojistná zařízení pro kryogenní provoz. Část 1: Pojistné ventily opakovaně uzavíratelné* [41].

Doporučuje se instalovat třicestný prepínací ventil dimenzovaný na provozní podmínky nádrže pro bezpečnostní odlehčovací zařízení, aby bylo možné provést servis a údržbu tohoto zařízení bez požadavku na snížení tlaku v zásobníku.

Obvykle se nedoporučují použít pojistné průtržné membrány pro provoz nádrže oxidu dusného, protože se znovu neuzavírají po snížení tlaku v nádrži a způsobí, že dojde k násilnému vyvaření zbývající kapaliny a automatickému ochlazení na -88 °C (-127 °F). Tato situace by mohla být kritická, pokud je vnitřní nádoba vyrobena z uhlíkové oceli, což by vyžadovalo použití specifických pracovních postupů pro opětovné natlakování, u nichž provedl vyhodnocení rizika technik obeznámený s vlastnostmi oxidu dusného.

6.6 Přípustný stupeň plnění / poměr plnění

Pro každou stacionární nádrž oxidu dusného se musí kontrolovat přípustný stupeň plnění nebo poměr plnění.

Izolované nádrže by se měly plnit na úroveň, která zabrání tomu, aby kapalina dosáhla plného stavu dřívě, než tlak páry dosáhne hodnoty nastavené na zařízení na odlehčení tlaku. Když se skladuje kapalný oxid dusný v nádrži a nedochází k žádnému odčerpání produktu, únik tepla způsobí nárůst teploty a tlaku, a expanzi kapaliny. Pokud je nádrž plná kapaliny, zvýšení hydrostatického tlaku může způsobit katastrofickou havárii.

Bezpečný stupeň plnění závisí na teplotě kapaliny, která se přenesse do nádrže, a na tlaku, při kterém se zařízení na odlehčení tlaku nastaví na „otevřeno“. Čím chladnější je kapalina, tím větší se vyžaduje prostor pro parní fázi pro expanzi z kapaliny. Podle některých národních nařízení a praktických zkušeností nesmí stupeň plnění izolovaných nádrží překročit 95 %.

Maximální úroveň plnění se může jednoduše regulovat pomocí zpětného vedení plynu nebo plného kontrolního kohoutu v závislosti na konstrukčním typu nádrže.

Neizolované nádrže se mohou plnit na stejný maximální poměr plnění, jako se používá u lahví a svazků lahví, viz kapitola 7.1.

6.7 Plnění stacionárních nízkotlakých nádrží

Když se plní stacionární nádrže pomocí čerpadla, z bezpečnostních důvodů by se měl používat dvouhadicový pracovní postup pro dvě hadice kvůli snížení tlaku na minimum. Poté, co byl vyhodnocen rozvodný systém, a bylo stanoveno, zda neexistuje možnost zpětné kontaminace od plynové fáze do přepravní nádrže, mělo by se plnění provádět prostřednictvím spodního plnicího vedení. Nádrže by se neměly plnit pomocí čerpadla prostřednictvím horního vyrovnávacího potrubí nebo jakéhokoliv jiného vedení vedeného k hornímu prostoru. Pokud se provádí plnění pouze pomocí rozdílu tlaku bez použití čerpadla, nádrž se může plnit přes horní vedení.

Rozdíl tlaku mezi přepravní nádrží a stacionární nádrží se musí udržovat na úrovni, která obvykle nepřekročí rozdíl tlaku 3 bar (43 psi) kvůli zajištění hladkého provozu čerpadla a kvůli zabránění tvorbě jakýchkoli horkých míst. Musí se monitorovat výstupní tlak nebo průtok čerpadla, aby se zajistilo, že čerpadlo pracuje v rámci podmínek jakosti. Indikátor tlaku a hladiny u stacionární nádrže se musí monitorovat, aby se zabránilo přeplnění nádrže. Na konci plnění se musí otevřít kontrolní kohout naplnění nebo zpětné vedení par, aby se zajistila kontrola nádrže, zda není přeplněná.

6.8 Vrácení produktu

Pokud se musí nádrž vyprázdnit, např. kvůli provedení údržby, mohlo by být nevyhnutelné vrácení produktu dodavateli.

Toto se může provádět pouze pod dozorem kvalifikovaného operátora a dodržováním specifického pracovního postupu. Aby se zamezilo nižším teplotám, než je konstrukční teplota nádrže (viz kapitola 6.1), musí se učinit předběžná opatření. Pro vyprázdnění stacionárních nádrží by se neměla použít čerpadla tažného vozidla. Pokud není k dispozici žádné vhodné čerpadlo, musí se použít přenos pomocí tlaku.

7 Zařízení pro zajištění zásobování

7.1 Lahve

Doporučuje se vyhradit si zásobu lahví pro provoz s oxidem dusným. Každá změna provozu na provoz s oxidem dusným nebo z tohoto provozu se musí provést v souladu s normami ISO 11114-1, ISO 11114-2, a ISO 11621 [18,19, 26].

Vhodnými materiály pro lahve s oxidem dusným jsou uhlíková ocel, chrom-molybdenová ocel, slitiny hliníku a nerezová ocel, viz dokument [18]. Nesmí se používat lahve vyrobené z nekovových materiálů např. plně kompozitové (typ 4).

Přípojky ventilových výstupů, kde je to možné a aplikovatelné, musí být v souladu s národními normami, aby nedocházelo k záměně připojení. Konstrukce a testování ventilů musí být v souladu s normami, materiály ventilu musí vyhovovat požadavkům uvedeným v normách ISO 11114-1 a ISO 11114-2 [18, 19].

Ponorné trubky vyrobené z nekovových materiálů se nesmí použít kvůli riziku vytvoření statického náboje. Když se používají kovové ponorné trubky, musí se zajistit elektrická kontinuita pro všechny části láhve a jejich příslušenství. Zajistěte, aby během provozu nedošlo k žádnému nebezpečí při oddělení ponorné trubky od ventilu. Z těchto důvodů se doporučuje svařit nebo spájet připojení mezi

ponornou trubicou a ventilem láhve dříve, než se provede první opakovací zkouška. Ventil se musí nainstalovat tak, aby byla zajištěna elektrická kontinuita.

Lahve by se měly plnit podle hmotnosti, aby se zajistila přesná úroveň plnění. Aby nedocházelo k náhodnému přetlaku v láhvi v důsledku přeplnění, některá národní nařízení vyžadují, aby byly ventily vybaveny pojistným průtržným diskem. Kde toto nařízení není dosud platné, doporučuje se použití pojistného průtržného disku na základě tohoto předpisu. Nastavený tlak pojistného disku se použije na základě místních nařízení (např. menší nebo rovnající se hodnotě zkušební tlaku pro Severní Ameriku), ale nesmí se překročit, včetně všech odchylek, 1,15-ti násobek zkušební tlaku plynové láhve. Za žádných okolností se nesmí použít pojistné disky se snadno tavitelným kovovým materiálem, protože neposkytují ochranu proti přeplnění láhve.

7.2 Svazky lahví

V Evropě, kde se svazky lahví používají pro přepravu a skladování oxidu dusného, jsou jednotlivé lahve ve svazku obvykle rozděleny dohromady a vymezeny (ohraničeny) jedním místem připojení pro plnění a vypouštění. Svazky jsou vybaveny hlavním izolačním ventilem. Doporučuje se, aby izolační ventily nebyly namontovány na každé jednotlivé láhvi ve svazku, aby se zabránilo přeplnění jednotlivých lahví.

Nařízení platná v Severní Americe vyžadují, aby na každé láhvi bylo namontováno odlehčovací zařízení.

Když jsou lahve vybaveny samostatnými ventily, každá láhev se musí plnit samostatně.

Když se používají neuzavíratelná příslušenství na každé láhvi ve svazku, může se použít pouze jeden pojistný průtržný disk na ochranu svazku. Pokud jsou lahve vybaveny samostatnými ventily, tyto ventily i hlavní ventil musí být vybaveny pojistným diskem.

Svazek lahví musí být navržen, vyroben a testován podle platných zákonných požadavků, a kde je to vhodné, podle konstrukčního předpisu, např. norma ISO 10961 *Lahve na plyny. Svazky lahví – Návrh, výroba, zkoušení a kontrola* [42].

Každá jednotlivá láhev musí odpovídat kapitole 7.1. Pro sběrné potrubí by se měly použít trubky z kovových materiálů. Připojení ve sběrném potrubí by měla být přednostně svařována nebo pájena.

7.3 Přepravní nádrže

Pro přepravu zchlazené kapaliny oxidu dusného se používají izolované přepravní nádrže. Musí vyhovovat požadavkům místních nařízení pro přepravu. Například viz Evropská dohoda o přepravě nebezpečných věcí nebo 49 CFR a Nařízení pro přepravu nebezpečných věcí pro Severní Ameriku [43, 44, 45].

Požadavky na strukturu přepravních nádrží jsou specifikovány pro přepravní vakuově izolované nádrže, např. ISO 20421, *Kryogenné nádoby – Velké přepravní vakuově izolované nádoby*, Část 1 - 2, a pro přepravní nevakuově izolované nádrže v normě EN 14398, *Kryogenné nádoby – Velké přepravní nevakuově izolované nádoby*, Části 1-3 [46, 47]. Viz platné požadavky pro Evropu, Severní Ameriku, a Mezinárodní námořní kodex nebezpečných věcí pro mezinárodní přepravu po moři [48].

Tato kapitola platí také pro lahve s kryogenní kapalinou až do 450 litrů. Viz norma EN 1251-2, *Kryogenné nádoby – Přepravní vakuově izolované nádoby s objemem do 1000 litrů včetně – Konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení* nebo norma ISO 21029-2, *Kryogenné nádoby – Přepravní vakuově izolované nádoby s objemem do 1000 litrů včetně – Část 2: Provozní požadavky* [49, 50].

7.3.1 Izolace

Vakuově izolované přepravní nádrže jsou vhodné k použití.

Pokud se používají nevakuově izolované přepravní nádrže, izolace by měla být "ohnivzdorná" (viz kapitola 6.1). Pokud existují připojení, která by mohla prosakovat, např. průlezové příruby, potrubní

příruby, závitové potrubí, musí být odděleny od jakéhokoliv izolačního materiálu, který není ohnivzdorný. Izolační materiál se musí úplně zakrýt ochranným kovovým obložím.

7.3.2 Materiál

Vhodnými materiály pro nádrže včetně přepážek (mezistěn) a příslušenství jsou hliník, jemnozrná uhlíková ocel a nerezová ocel. Přepravní nádrže vyrobené po roce 1975 musí mít hodnotu minimální konstrukční teploty kovu (MDMT) $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-40\text{ }^{\circ}\text{F}$) nebo nižší, a jsou běžně zkonstruované pro maximální pracovní tlak 24 bar (348 psi).

Materiál, který přijde do kontaktu s přepravovaným produktem, by měl být schválen pro oxid dusný. Pokud nejsou k dispozici žádné údaje týkající se kompatibility s oxidem dusným, měla by platit pravidla týkající se kompatibility s kyslíkem, např. podle normy ISO 21010, [22].

7.3.3 Potrubí a přístrojové vybavení

Trubky, ventily, příruby, spojky (návlačky) atd. Musí být kovové. Materiály uzávěrů a plochých těsnění se musí zvolit podle kapitoly 5.2.

Potrubí a přístrojové vybavení musí umožňovat následující funkce:

- Plnění kapalinou na dno přepravní nádrže. Aby se umožnilo uhašení spuštění potenciálního rozkladu v čerpadle v kapalně fázi.
- Odčerpání produktu prostřednictvím spodního vedení.
- Návrat plynu do horní / z horní části pro přizpůsobení pracovního postupu pro plnění dvěma hadicemi s kompenzací tlaku mezi přepravní nádrží a stacionární nádrží. Rozstříkovací vedení v horní části se smí použít pouze během počátečního ochlazení teplé nádrže s přenosem produktu pomocí tlakového spádu (bez použití čerpadla).
- Nejméně jeden "kontrolní kohout naplnění" nebo zpětné vedení par pro kontrolu mezní hodnoty úrovně plnění.
- Indikátor hladiny pro monitorování obsahů nádrže jako volba.
- Manometr (tlakoměr) pro monitorování tlaku v nádrži.
- Manometr (tlakoměr) pro monitorování výstupního tlaku čerpadla jako volitelné příslušenství.
- Přípojky umožňující odebrání vzorku kapalně fáze a volitelně i plynově fáze.

7.3.4 Uzemnění

Všechny části přepravní nádrže musí být spojeny, aby byla zajištěna elektrická kontinuita. Té lze dosáhnout buď pomocí zemního kabelu, nebo vodivé hadice.

7.4 Čerpadla

Pro přepravu zchlazeného kapalněho oxidu dusného se aktuálně používají následující typy čerpadel:

- Zubová čerpadla.
- Lamelová čerpadla.
- Odstředivá čerpadla.

Každé čerpadlo by mělo mít hodnotu jmenovitého tlaku, který se alespoň rovná hodnotě maximálního dovoleného pracovního tlaku nádrže. Výstupní tlak čerpadla by se měl pohybovat v rozsahu 5 bar (72 psi).

Měly by se vzít v úvahu požadavky na čerpadla kapalného kyslíku, viz dokument EIGA Doc. 148 *Návod pro instalaci čerpadel stacionárních, odstředivých a s elektrickým pohonem na kapalný kyslík*, a norma ISO 24490 *Kryogenné nádoby – Čerpadla pro provoz s kyslíkem* [51, 52].

Navíc při návrhu (konstrukci) čerpadla se musí vzít v úvahu způsoby, jak zabránit vzniku zdrojů tepla nebo jisker, které mohou mít za následek vznícení a/nebo rozklad oxidu dusného:

- Mělo by se zabránit použití ložisek, která jsou mazaná oxidem dusným. Upřednostňuje se použití ložisek nacházejících se mimo díly čerpadla, která obsahují produkt.
- Musí se zvážit následky poruch a spotřeba opotřebovaných částí (dílů). Musí se brát ohled na intervaly údržby.
- Vůle mezi pohyblivými a stacionárními částmi uvnitř čerpadla musí být tak velké, aby to ještě bylo použitelné v souladu s hydraulickým výkonem a těsněním.
- Připevnění konstrukčních dílů musí být zajištěna tak, aby během provozu nedošlo k jejich povolení.
- Doporučuje se používat mechanická těsnění.
- Musí se zvolit taková kombinace materiálu pohyblivých a stacionárních částí, aby se zajistila malá pravděpodobnost vznícení a tvorby jisker.

7.4.1 Instalace

Čerpadlo se musí nainstalovat v nejnižším místě vedení tak, aby byl pokles tlaku na sací (vstupní) straně co možná nejmenší, aby vyhovoval požadované hodnotě čisté pozitivní sací výšky (NPSH):

- Sací vedení by mělo být co nejkratší a jeho průměr by měl být rovný nebo větší, než je průměr sacího otvoru čerpadla. Sací trubka musí být zkonstruována podle pokynů výrobce čerpadla a zajistit dostatečnou hodnotu NPSH.
- Sací trubka musí mít co nejméně ohybů.
- Sací vedení musí být vybaveno filtrem, který musí mít jen malý pokles tlaku, jak je to možné.
- Ventily v sacím vedení by měly poskytovat úplný průtok, např. kulové uzávěry.
- Uzavírací ventily pro případ nouze by měly být nainstalovány v sacím vedení.
- Měly by se minimalizovat vnější síly (tlaky) na čerpadlo, např. použitím pružných potrubí v sacím a vypouštěcím (odkalovacím) vedení.
- Čerpadlo by mělo být oddělené od motoru čerpadla.

Všechny části čerpadla musí být propojeny pro zajištění elektrické kontinuity.

7.4.2 Mazání

Mazadla čerpadla, která přijdou do kontaktu s oxidem dusným, musí být kompatibilní s kyslíkem, viz dokument EIGA Doc 148, *Návod pro instalaci čerpadel stacionárních, odstředivých a s elektrickým pohonem na kapalný kyslík* nebo norma ISO 24490, *Kryogenné nádoby – Čerpadla pro provoz s kyslíkem* [51,52].

7.4.3 Ochrana proti chodu na sucho

Primárním nebezpečím během provozu čerpadla je chod na sucho, což má za následek ohřátí a poškození čerpadla. Oxid dusný se může přehřát a způsobit rozkladnou reakci, což může mít za

následek výbuch. Chod na sucho je nejčastějším jevem při spouštění čerpadla, a když dojde ke ztrátě náplně během provozu.

Zajistěte blokovací systém, který povolí spuštění čerpadla pouze, pokud došlo k jeho řádnému ochlazení a naplnění kapalným produktem, který chrání čerpadlo před chodem na sucho. V závislosti na typu čerpadla a použití může být systém aktivován rozdílem tlaku, regulací teploty, motorickým proudem a/nebo vhodným měřicím přístrojem hmotnostního průtoku.

7.5 Hadice, příslušenství a spojky (plnicí přípojky)

Hadice se používají pro přenos zkapalněného oxidu dusného při okolní teplotě nebo zchlazeného kapalného oxidu dusného při nízké teplotě.

Hadice musí být zkonstruovány, vyrobeny a zkoušeny, aby vydržely teplotu a tlak pro zamýšlený provoz, viz norma ISO 21012, *Kryogenní nádoby – Hadice* [53]. Vhodnými konstrukčními materiály pro hadice a jiná příslušenství (ventily, tlakové redukční ventily, příruby, trubky) je uhlíková ocel, nerezová ocel a slitiny mědi. Pokud se používají jiné materiály např. pro těsnění atd., musí se zvážit kompatibilita s kyslíkem, viz např. norma ISO 111140-1, [20] (provoz za okolní teploty) nebo ISO 21010 [22], (provoz při nízkých teplotách).

Přenosové (přepravní) hadice se musí chránit proti vniknutí špíny a vlhkosti pomocí uzávěrů a/nebo matic, když se nepoužívají.

Hadicové spojky musí vyhovovat základním standardizovaným požadavkům, jako jsou „těsnost proti prosakování“ nebo „používání ručních nástrojů kontrolovaným způsobem“, viz norma EN 13371, *Kryogenní nádoby – Spojky pro provoz při nízkých teplotách* [54]. Spojky by měly být zkonstruovány tak, aby se zabránilo záměně různých plynů. Šroubované spojky vyhovují požadavkům pouze částečně. Jak v Evropě, tak v USA byly přijaty jednoúčelové spojky. (Plnění nádrží, viz dokument EIGA 909, *EIGA Přípojky pro plnění cisteren kryogenními plyny* [55] nebo CGA V-6, *Standardní přípojky pro plnění cisteren pro přenos zchlazené kapaliny* [56]. Přípojky EIGA nejsou určeny k použití pro plnění nádrží zákazníka.

Spojky pro plnicí vedení kapaliny musí být odlišné od spojek pro plnicí vedení plynu, aby se zabránilo záměně mezi kapalnou a plynnou fází produktu.

Všechny hadice, příslušenství a spojky musí být zkonstruovány tak, aby se zajistila elektrická kontinuita.

Přípojky pro plnění a vypouštění produktu u malých přemístitelných kryogenních zásobníků by se měly nastálo připevnit k zásobníku sváření, pájením nebo pomocí mechanického blokovací zařízení (zdravotnické) nebo drátových propojení (průmyslové) podle požadavků regionálních nařízení.

Hadice se musí kontrolovat a udržovat minimálně ve frekvencích definovaných národním požadavkem. Osoba provádějící vykládku by měla vizuálně zkontrolovat hadici před každým přenosem produktu. Rekvalifikace hadice, viz dokument CGA P-27 *Norma pro rekvalifikaci hadice přepravní nádrže používané při přepravě (přenosu) zchlazené kapaliny oxidu uhličitého* [57].

8 Přenos produktu

8.1 Lahve a svazky lahví

Stanice s lahvemi / svazky lahví musí být navrženy a postaveny tak, aby vydržely tlakovou zátěž a externí zátěže během provozu kvůli zajištění bezpečného plnění.

Stanice s lahvemi / svazky lahví s oxidem dusným se skládají z následujících hlavních prvků:

- Vakuově nebo nevakuově izolovaná stacionární nádrž, pracovní tlak cca 20 bar (290 psi) nebo neizolovaná vysokotlaká nádrž, pracovní tlak okolo 80 bar (1160 psi).

- Pístové čerpadlo, pracovní tlak až do 100 bar (1450 psi). Čerpadlo by mělo být vybaveno ochranou proti chodu na sucho, např. pomocí termočlánku pro monitorování teploty na straně vypouštění. Pokud by mazadlo mohlo přijít do kontaktu s oxidem dusným, musí se použít pouze mazadlo kompatibilní s kyslíkem.
- Obtokové potrubí čerpadla, pokud čerpadlo pracuje nepřetržitě.
- Pokud není čerpadlo vybaveno obtokovým vedením, čerpadlo se musí automaticky vypnout, jakmile jsou lahve plné.
- Částečně nebo úplně izolované potrubí vedoucí z čerpadla k místu plnění.
- Plnicí měřky s požadovanou přesností pro velké a malé lahve.
- Odtokové sběrné potrubí láhve/svazku lahví s podtlakovým čerpadlem.
- Pružné plnicí hadice by měly být vybaveny pojistným kabelem nebo odpovídajícím systémem na ochranu proti volnému pohybu, pokud prasknou pod tlakem.

Musí být splněny následující dodatečné požadavky:

- Instalace musí být zkonstruována a provozována podle místních nařízení pro oxidační a medicínální plyny.
- Písenné pracovní postupy, které popisují všechny kroky procesu plnění (kontrola před plněním a renovace lahví, kontrolu čisté váhy, kontrolu plněné hmotnosti). Podrobné údaje o doporučeném pracovním postupu gravimetrického plnění, viz norma EN 1919, *Lahve na přepravu plynů. Lahve na zkapalněné plyny (kromě acetylenu a LPG). Kontrola během plnění* [58] a kopie kontroly CGA. Nesmí se provádět plnění neprázdných lahví („horní plnění“) plnění tlakem bez měřidla.
- Přípustný poměr plnění závisí na zkušebním tlaku lahve, viz Tabulka 7, nebo na místních nařízeních. V severní Americe je přípustný poměr plnění 68 %.

Tabulka 7 Výňatek z pokynů pro balení P200 [2]

Minimální zkušební tlak láhve, bar	Maximální poměr plnění
180	0,68
225	0,74
250	0,75*)

*) To znamená, např. láhev o objemu 10 litrů a se zkušebním tlakem 250 bar (3625 psi) se může naplnit 7,5 kg oxidu dusného.

Všechny části instalace plnění se musí zajistit a uzemnit kvůli zajištění elektrické kontinuity. Elektrický potenciál mezi lahví/svazkem lahví a zemí by měl být během plnění vyrovnán. Pokud je to nutné, láhev/svazek lahví by se měly zajistit přímo uzemněním.

8.2 Přepravní nádrže

Zchlazený kapalný oxid dusný se obvykle přepravuje ze stacionární nádrže na výrobním závodě do přepravní nádrže, a poté k zákazníkovi.

Pro plnění přepravní nádrže by se mělo použít čerpadlo namontované na zemi vedle stacionární nádrže. Sací potrubí musí být zkonstruovaná podle pokynů výrobce čerpadla zajišťujících dostatečnou čistou pozitivní sací výšku NPSH. Čerpací systém umístěný na přepravní nádrži by se neměl používat, protože sání čerpadla není navrženo pro tento typ přenosu.

Navíc oblast plnění přepravní nádrže musí splňovat následující požadavky:

- Připojovací oblast plnění by měla být pokryta nehořlavým materiálem (např. betonem nebo přírodními kameny). Dřevo není vhodné.
- Přepravní nádrže by se měly ekvipotenciálně připojit ke stacionární nádrži během přenosu produktu.
- Připojení, těsnění a přenosové hadice musí být udržovány čisté pomocí uzávěrů, čepů atd.

Přepravní nádrže by se měly plnit podle pracovního postupu plnění dvěma hadicemi, aby se snížil na minimum rozdíl tlaku a riziko vzniku rozkladu. Plnění se musí provádět přes spodní plnicí vedení a plynová fáze musí být nasměrována zpět do stacionární nádrže. Plnění přes horní vyrovnávací potrubí nebo jakékoli jiné vedení se nedoporučuje, aby se zabránilo vstupu tepla do plynové fáze vlivem chodu čerpadla.

Během plnění se musí monitorovat výstupní tlak čerpadla, aby se zajistilo, že čerpadlo pracuje v rozsahu specifikovaných podmínek výkonu. Indikátor tlaku a hladiny (pokud existuje) přepravní nádrže se musí monitorovat, aby nedošlo k přeplnění, a při dokončení plnění se musí otevřít „kontrolní kohout naplnění“ pro ověření správného množství plnění. Pokud je na tuto funkci zkonstruováno potrubí pro návrat par, může sloužit jako kontrolní kohout naplnění.

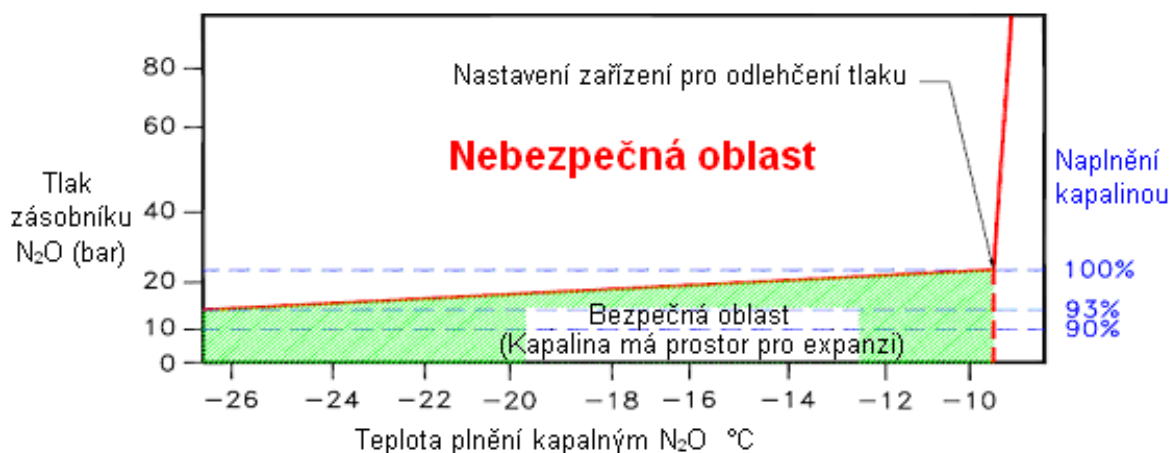
Další provozní požadavky jsou pro vakuově izolované přepravní nádrže uvedeny v normě ISO 21029-2 [50], a pro nevakuově izolované přepravní nádrže v normě EN 14398/1-3 [47], Evropské Dohodě o přepravě nebezpečných věcí, ADR) [43] a 49 CFR 178.331 [44].

Principy bezpečného plnění přepravních nádrží mohou být také použity pro kryogenní nádoby.

8.2.1 Stupeň plnění

Stupeň plnění musí odpovídat místním nařízením. Pokud chybí místní nařízení, maximální stupeň plnění musí být 95 %.

Na Obrázku 3 je zobrazen vliv tlaku na přeplnění nádrže způsobené expanzí kapaliny.



Obrázek 3 Bezpečné objemy plnění pro skladovací nádrže oxidu dusného pro tlak 22 bar

9 Reakce v případě nouze

9.1 Rizika

Rizika související s oxidem dusným, viz kapitola 4. Rizika oxidu dusného a jiných chemikálií zapojených do výroby oxidu dusného jsou také uvedeny v bezpečnostních datových listech.

9.2 Pracovní postupy pro případ velkých úniků nebo rozlití oxidu dusného

Prosakování izolujte, aniž byste ohrozili sami sebe. Pokud je to možné, nasměrujte prosakující zásobníky tak, aby došlo spíše k úniku plynu než kapaliny.

Pokud chybí zákonné pokyny nebo modelové pokyny pro únik, izolujte oblast postiženou rozlitím nebo únikem nejméně ve vzdálenosti od 25 do 50 metrů (75 stop do 150 stop) ve všech směrech, udržujte neoprávněné osoby mimo tuto oblast a proti větru. Velké rozlití (např. neomezený otevřený výtok z potrubí) může vyžadovat větší vzdálenost kvůli zvýšenému objemu úniku produktu).

Aby se zabránilo při úniku plynu/kapaliny dosažení nízkourovňových oblastí se musí učinit přiměřená opatření, a je nutné zkusit zamezit jejich vniknutí do kanálů, kanalizací, sklepních nebo stísněných prostorů.

Před vstupem do stísněných prostorů a místností tyto prostory vyvětrejte a zkontrolujte. Kontrolu musí provádět kompetentní zaměstnanci, kteří jsou proškoleni na zjišťování potenciálního nebezpečí ve složení vzduchu.

Vstupu do stísněných prostorů vyžaduje nejvyšší opatrnost. Kde existují zákonné požadavky, musí být dodržovány.

Osoby zajišťující reakci v případě nouze musí zabránit tomu, aby tlakové redukční ventily přišly do kontaktu s vodou, aby tyto ventily nezamrzly v zavřeném stavu.

Nedotýkejte se rozlité kapaliny ani do ní nevstupujte.

Pokuste se zabránit kontaktu kapalného oxidu dusného (kapalina nebo plyn) s materiály, které jsou citlivé na chlad, jako pryž nebo plasty.

Na rozlití kapalného oxidu dusného nikdy nepoužívejte žádná absorpční činidla, zvláště piliny nebo jiné absorpční materiály.

9.3 Pracovní postupy při požáru

Zaměstnanci na závodě by měli být omezeni pouze na hašení malých požárů, pokud jsou na jejich výskyt proškoleni a vybaveni. Na velké požáry jsou vyškoleni profesionální hasiči. Pokud dojde k požáru v oblasti s oxidem dusným, doporučuje se evakuovat závod.

9.3.1 Požáry týkající se hořlavých materiálů s oxidem dusným

Oxid dusný může silně podporovat hoření materiálů, jako dřevo, papír, olej, oděvy atd.

Během manipulace při každém požáru se musí tyto materiály udržovat v bezpečné vzdálenosti od požáru.

Hoření materiálů v oxidu dusném může produkovat podráždění a toxické plyny. Zaměstnanci zasahující v případě nouze by měli použít dýchací ochranu při hašení požárů.

Použijte vhodnou hasicí látku pro příslušný typ požáru, jako suchá chemikálie, oxid uhličitý nebo vodní postřik.

9.3.2 Požár v oblasti nádrží s oxidem dusným

Nádrže a tlakové nádoby, které jsou vystaveny požáru nebo extrémnímu teplu, mohou prasknout kvůli zvýšení teploty a tlaku. Navíc nádrže oxidu dusného a tlakové nádoby mohou být vystaveny výbušnému rozkladu. K tomu dojde navzdory použití zařízení na odlehčení tlaku. Kousky kovu budou vystřeleny do vzduchu.

Přepravní nádrže a tlakové nádoby by se měly odstranit z bezprostřední oblasti požáru, pokud toho lze dosáhnout bez ohrožení zaměstnanců. Pokud to nelze provést, příslušné zařízení by se mělo okamžitě chladit proudem vody namířeným z bezpečné pozice, např. zpoza těžkého stroje nebo pevné zdi. Zabraňte kontaktu vody s tlakovými redukčními ventily, aby nedošlo k zamrznutí zavřených tlakových redukčních ventilů.

Pokud se požár týká jakýchkoli nádrží nebo tlakových nádob, musí být hašen z bezpečné pozice nebo pomocí bezobslužných vodních monitorů. Po uhašení požáru by mělo nadále pokračovat ochlazování zařízení vodou. Pokud zařízení na odlehčení tlaku vydává syčivý vzduch nebo je zpozorována změna barvy nádrže nebo tlakové nádoby, okamžitě se vzdalte. Zvažte počáteční evakuaci v okruhu okolo 800 metrů (2400 stop). Příklad viz Příručka s postupy pro nouzové situace [4].

V případě požáru v oblasti, kde se nacházejí lahve nebo svazky lahví s oxidem dusným, měla by se dodržovat doporučení uvedená v dokumentu EIGA, SI 02 *Manipulace s plynovými tlakovými lahvemi během a po jejich vystavení vlivu tepla nebo požáru* [59].

9.4 Pracovní postupy u dopravních nehod týkající se přepravních nádrží

Požadované činnosti v případě nehod zahrnujících přepravní nádrže oxidu dusného závisí na okolnostech.

Následující pokyny se týkají pouze typu činností, které by měli provádět řidiči.

Kde je to praktické, před prováděním každé hlavní činnosti by měl být obdržen návod společnosti a vždy musí být sjednána spolupráce s policií a jinými pohotovostními službami.

9.4.1 V případě poruchy

- Pokud je nutné zastavit na okraji vozovky kvůli poruše, vyhledejte parkovací plochu co možná nejdále od zastavěných ploch.
- Vypněte motor a rozsviňte výstražná světla. Na vozovku umístěte výstražné značení.
- Pokud poloha vozidla pravděpodobně způsobí vážná dopravní rizika nebo omezení, informujte policii nebo dopravní orgány.
- Oznamte událost společnosti, abyste obdrželi pokyny týkající se dalších požadovaných činností, jako zařízení pomoci s opravami, výměny tažného vozidla, přenosu produktu z přepravní nádrže do jiného vozidla.

9.4.2 V případě nehody

- Pokud jste účastníkem nehody, zůstaňte klidní, a pokud je to možné, poskytněte první pomoc.
- Vypněte motor. Zabraňte požáru. Nekuřte. Rozsviňte výstražná světla a na vozovku umístěte výstražné značení.
- Oblékněte si dobře viditelné oblečení.
- Informujte policii, a pokud je to nutné, další pohotovostní služby, např. požární nebo zdravotní.
- Udržujte kolemjdoucí opodál, a informujte společnost.

- Opakovaně kontrolujte tlak v přepravní nádrži, a pokud je to nutné, odvětrejte plyn oxidu dusného do ovzduší a tím snižte tlak pod maximální přípustný tlak. Najděte bezpečné místo pro odvětrávání a učiňte opatření pro zabránění nebezpečí požáru.

9.4.3 V případě prosakování nebo rozlítí

- V případě malého prosakování, kdykoli je to možné, a pokud neexistují žádná rizika, zkontrolujte a zavřete všechny ventily, a tím izolujte místo prosakování.
- Pokud se zdá, že nebyla poškozena nádrž oxidu dusného nebo potrubí, které by se rozvinuly ve vážnější poruchy, informujte společnost a, pokud nedostanete jiné pokyny, jedte s přepravní nádrží do nejbližší provozovny společnosti. Během cesty pravidelně kontrolujte tlak v nádrži.
- Pokud se zdá, že se prosakování zvětšuje, zastavte na vhodném místě daleko od zastavěné plochy, a postupujte podle podrobného popisu uvedeného pro závažné prosakování.
- V případě závažného prosakování, kde uvolnění produktu přijde do kontaktu s motorem tažného vozidla, zastavte na kraji vozovky a okamžitě vypněte motor, opusťte vozidlo a udržujte zaměstnance mimo dosah, dokud se nedostaví pohotovostní služby.
- Informujte policii a oznamte situaci společnosti. Informujte pohotovostní službu o povaze prosakování. Budte přítomni po celou dobu vypouštění oxidu dusného. Varujte ostatní před nebezpečím, zajistěte, aby v okolí nikdo nepracoval ve sklepních prostorech, suterénech nebo příkopech, a zvažte počáteční evakuaci nejméně 500 metrů ve směru větru.

9.4.4 V případě převrácení přepravní nádrže

- Pokud dojde k převrácení přepravní nádrže, nebo jejímu položení na bok, plynové a kapalné ventily se mohou změnit (jejich funkce), takže kapalný oxid dusný se vypouští z ventilu pro plyn a naopak.
- V závislosti na poloze přepravní nádrže v pozici převrácení, nemusí být možné odvětrat plyn ani z kapalinového ventilu ani z plynového ventilu.

9.4.5 V případě požáru

- Pokud je přepravní nádrž zasažena požárem, informujte policii a pohotovostní službu a oznamte událost společnosti.
- Společnost by měla pomáhat hasičům informacemi týkajícími se nebezpečí a vlastností oxidu dusného.
- Buďte si vědomi nebezpečí výbušného rozkladu.

9.5 Ochranné pracovní pomůcky (OPP)

Pro pohotovostní služby se doporučují následující OPP:

- Hasičský ochranný oděv se požaduje pouze při požáru. Není účinný při rozlítí produktu.
- Při hašení požárů používejte individuální dýchací přístroje nebo ochranu dýchání přiváděným vzduchem, protože požár za přítomnosti oxidu dusného může vytvořit produkty způsobující zadušení, podráždění a/nebo toxické plyny.
- V případě malého prosakování noste ochranu hlavy, ochranné brýle, rukavice a ochrannou obuv. Zajistěte, aby byla oblast větraná ke snížení koncentrace oxidu dusného.
- V případě velkého prosakování noste tepelně ochranné oděvy, obličejové ochranné štíty, kryogenní rukavice, ochrannou obuv a individuální dýchací přístroje nebo ochranu dýchání přiváděným vzduchem.

Požadavky na řidiče: Noste ochranné rukavice, varovné vesty, ochranné brýle nebo obličejový štít.

Další pokyny najdete v publikaci EIGA Doc 136 „*Volba ochranných pracovních pomůcek*“ [60].

9.6 První pomoc

9.6.1 V případě nadýchání se oxidu dusného

Přesuňte postiženého na čerstvý vzduch, přivolejte lékařskou pohotovostní službu. Pokud postižený nedýchá, proveďte umělé dýchání. Pokud jsou problémy s dýcháním, poskytněte kyslík.

9.6.2 V případě kontaktu s kapalným oxidem dusným

Odstraňte a izolujte kontaminované oblečení a obuv. Oblečení přimrzlé ke kůži, by se mělo před svlečením rozmrazit. Sprchujte tato místa vodou po dobu nejméně 15 minut, přiložte sterilní obvaz, udržujte postiženého v teple a v klidu, a přivolejte lékařskou pomoc.

Zajistěte informovanost zdravotnického personálu o příslušném produktu a učiňte opatření pro vlastní ochranu.

9.6.3 Požití oxidu dusného

Požítí produktu se nepovažuje za potenciální způsob expozice (vystavení se vlivu produktu).

10 Reference

Pokud nebylo specifikováno jinak, musí platit poslední vydání.

- [1] EIGA Doc 175 *Safe Practices for the Production of Nitrous Oxide from Ammonium Nitrate* www.eiga.eu
- [2] United Nations Model Regulations: *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods* www.unece.org
- [3] Gas Encyclopaedia - Air Liquide, www.airliquide.com
- [4] Emergency Response Guidebook United States Department of Transportation <http://www.phmsa.dot.gov/>
- [5] ISO 10156 *Gas cylinders - Gases and gas mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability* www.iso.org
- [6] European Union Directive 96/61/EC *Integrated Pollution Prevention and Control Directive*, www.europa.eu
- [7] European Union Directive 2003/87/EC *Establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC* www.europa.eu
- [8] Lewis, G.D.: *Explosion and fire in nitrous oxide tank*. Pratt & Whitney Aircraft Corporation Palm Beach, 1973 Pratt & Whitney Aircraft Division www.pw.utc.com.
- [9] Investigation of decomposition characteristics of gaseous and liquid nitrous oxide – AFW Laboratory – Kirtland Air Force Base – New Mexico – July 1974–
- [10] Krisjansons, J.O.: „Explosion limit studies of nitrous oxide...“ Ohio State University, Columbus, Ohio, 1962.
- [11] *TLVs and BEIs Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices*. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) www.achih.org
- [12] European Union Directive 2012/18/EU of The European Parliament and of The Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances www.europa.eu
- [13] *Emergency Planning and Community Right-to-Know Act of 1986 (EPCRA), Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA)*, U.S. Environmental Protection Agency, Ariel Rios Building, 1200 Pennsylvania Ave., NW, Washington, DC 20460. www.epa.gov

- [14] EIGA Doc 922 *Site Security* www.eiga.eu
- [15] EIGA Doc 913 *Transport Security Guidance* www.eiga.eu
- [16] EIGA Doc 920 *Guidance for Qualifying Customers Purchasing Compressed Gases* www.eiga.eu
- [17] EIGA Doc. 159 *Reciprocating Cryogenic Pumps & Pump Installation* www.eiga.eu
- [18] ISO 11114-1 *Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials* www.iso.org
- [19] ISO 11114-2 *Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents – Non-metallic materials* www.iso.org
- [20] EIGA Doc. 73, *Design Considerations to Mitigate the Potential Risks of Toxicity when Using Non-Metallic Materials in High Pressure Oxygen Breathing Systems* www.eiga.eu
- [21] ISO 21011 *Cryogenic vessels – Valves for cryogenic service* www.iso.org
- [22] *ISO 21010 Cryogenic vessels – Gas / materials compatibility* www.iso.org
- [23] EIGA Doc. 13 *Oxygen Pipeline and Pipeline Systems* www.eiga.eu
- [24] EIGA Doc. 33 *Cleaning of Equipment for Oxygen Service* www.eiga.eu
- [25] ISO 23208 *Cryogenic vessels – Cleanliness for cryogenic service* www.iso.org
- [26] ISO 11621 *Gas cylinders - Procedures for change of gas service* www.iso.org
- [27] EIGA Doc. 87 *Conversion of Cryogenic Transport Tanks to Oxygen Service* www.eiga.eu
- [28] EIGA Doc. 40 *Work Permit Systems* www.eiga.eu
- [29] Directive 94/9EC, *Equipment and protective systems for use in potentially explosive atmospheres (ATEX)* www.ec.europa.eu
- [30] NFPA 70, *National Electric Code* www.nfpa.org
- [31] EIGA Doc. 51 *Management of Change* www.eiga.eu
- [32] EIGA Doc 39 *The Safe Preparation of Gas Mixtures* www.eiga.eu
- [33] EIGA Doc 139, *Safe Preparation of Compressed Oxidant-Fuel Gas Mixtures in Cylinders* www.eiga.eu
- [34] ISO 21009-1 *Cryogenic vessels – static vacuum insulated vessels – Part 1: Design fabrication, inspection and tests* www.iso.org
- [35] CGA G-8.1 *Standard for nitrous oxide systems at consumer sites* www.cganet.org
- [36] EIGA Doc. 115 *Storage of Cryogenic Air Gases at User's Premises* www.eiga.eu
- [37] CGA PS-15 *CGA Position statement on the suitability of carbon steel containers for stationary carbon dioxide storage* www.cganet.org
- [38] EIGA Doc. 83 *Recommendations for Safe Filling of CO2 Cylinders and Bundles* www.eiga.eu
- [39] EIGA Doc. 151 *Prevention of Excessive Pressure during Filling of Cryogenic Vessels* www.eiga.eu
- [40] EIGA Doc. 24 *Vacuum Insulated Cryogenic Storage Tank Systems Pressure Protection Devices* www.eiga.eu
- [41] ISO 21013-1 *Cryogenic vessels – Pressure relief accessories for cryogenic service. Part 1: Reclosing pressure relief valves* www.iso.org
- [42] ISO 10961 *Gas cylinders. Cylinder bundles – Design, construction and testing* www.iso.org
- [43] European Agreement Concerning the Carriage of Dangerous Goods www.unece.org
- [44] Code of Federal Regulations Title 49 Transportation www.ecfr.gov
- [45] Transportation of Dangerous Goods regulations, Transport Canada, www.tc.gc.ca

- [46] ISO 20421/1-2 *Cryogenic vessels – Large transportable vacuum insulated vessels – Fundamental requirements / Design, fabrication, inspection and testing / Operational requirements* www.iso.org
- [47] EN 14398/1-3 *Cryogenic vessels – Large transportable non-vacuum insulated vessels – Fundamental requirements / Design, fabrication, inspection and testing / Operational requirements* www.cen.eu
- [48] *International Maritime Dangerous Goods (IMDG)* International Maritime Organisation www.imo.org
- [49] EN 1251-2, *Cryogenic vessels – Transportable vacuum insulated vessels of not more than 1000 litres volume – Design, fabrication, inspection and testing* www.cen.eu
- [50] ISO 21029-2, *Cryogenic vessels – Transportable vacuum insulated vessels of not more than 1000 litres volume – Part 2: Operational requirements* www.iso.org
- [51] EIGA Doc. 148 *Installation Guide for Stationary, Electrical-Motor Driven, Centrifugal Liquid Oxygen Pumps* www.eiga.eu
- [52] ISO 24490 *Cryogenic vessels – Pumps for cryogenic service* www.iso.org
- [53] ISO 21012 *Cryogenic vessels – Hoses* www.iso.org
- [54] EN 13371 *Cryogenic vessels – Couplings for cryogenic service* www.cen.eu
- [55] EIGA 909 *EIGA cryogenic gases couplings for tanker filling* www.cen.eu
- [56] CGA V-6 *Standard Bulk Refrigerated Liquid Transfer Connections* www.cganet.org
- [57] CGA P-7 *Standard for Requalification of Cargo Tank Hose Used in the Transfer of Carbon Dioxide Refrigerated Liquid* www.cganet.org
- [58] EN 1919, *Transportable Gas Cylinders. Cylinders for gases (excluding acetylene or LPG). Inspection at time of filling* www.cen.eu
- [59] SI 02 *Handling of Gas Cylinders during and after Exposure to Heat or Fire* www.eiga.eu
- [60] EIGA Doc 136 *Selection of Personnel Protective Equipment* www.eiga.eu