



# NÁVOD PRO INSTALACI ČERPADEL STACIONÁRNÍCH, ODSTŘEDIVÝCH A S ELEKTRICKÝM POHONEM NA KAPALNÝ KYSLÍK

**IGC Doc148/14/CZ**

Revize dokumentu EIGA Doc 148/05

Odborný překlad proveden pracovní skupinou PS-6 ČATP

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

AVENUE DES ARTS 3-5 • B – 1210 BRUSSELS

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

E-mail : [info@eiga.eu](mailto: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](mailto:catp@catp.cz) • Internet : <http://www.catp.cz/>

# NÁVOD PRO INSTALACI ČERPADEL STACIONÁRNÍCH, Odstředivých A S ELEKTRICKÝM POHONEM NA KAPALNÝ KYSLÍK

## KLÍČOVÁ SLOVA

- BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY
- KONSTRUKCE
- INSTALACE KAPALNÝ KYSLÍK
- KAPALNÝ KYSLÍK
- PROVOZ A ÚDRŽBA

### 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 neuznává v této souvislosti jakoukoli odpovědnost. Publikace asociace EIGA jsou pravidelně revidovány a uživatelé jsou upozorňováni, aby si opatřili poslední vydání.



# NÁVOD PRO INSTALACI ČERPADEL STACIONÁRNÍCH, ODSTŘEDIVÝCH A S ELEKTRICKÝM POHONEM NA KAPALNÝ KYSLÍK

Dokument IGC 148/14/CZ

Revize dokumentu EIGA Doc 148/08

***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](mailto:info@eiga.eu) • Internet: [www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)



# NÁVOD PRO INSTALACI ČERPADEL STACIONÁRNÍCH, Odstředivých a S ELEKTRICKÝM POHONEM NA KAPALNÝ KYSLÍK

## 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.

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 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 interpretací 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 a účel .....	1
2.1 Rozsah .....	1
2.2 Účel .....	2
3 Definice .....	2
3.1 Oddělovací plyn .....	2
3.2 Studený konec .....	2
3.3 Izolace .....	2
3.4 Distanční díl .....	2
3.5 Nehoda.....	2
3.6 Terminologie v publikaci.....	2
3.7 Čerpací systém .....	3
3.8 Pro vzdušňovací (proplachovací) plyn .....	3
3.9 Kvalifikovaní techničtí pracovníci .....	3
3.10 Teplý konec.....	3
4 Bezpečnostní předpisy .....	3
4.1 Vlastnosti kyslíku.....	3
4.2 Rizika oxidace .....	3
4.3 Rizika spojená s kryogenními tekutinami.....	4
4.4 Rizika odpařování a tlaku.....	5
4.5 Nehody .....	5
4.6 Opětovné použití použitého zařízení .....	6
5 Konstrukce čerpadla .....	6
5.1 Upozornění uživatele .....	6
5.2 Konstrukční materiály .....	6
5.3 Komponenty studeného konce .....	7
5.4 Mechanická konstrukce (provedení) .....	10
5.5 Ložiska hřídele .....	11
5.6 Motory pro čerpadla .....	12
6 Instalace .....	13
6.1 Základní bezpečná metoda instalace .....	13
6.2 Rizikové zóny .....	14
6.3 Bariéry .....	16
6.4 Uspořádání.....	17
6.5 Potrubí.....	18
6.6 Další pokyny.....	19
7 Ovladače a přístrojové vybavení .....	19
7.1 Všeobecné informace .....	19
7.2 Ovladače .....	20
7.3 Nástroje pro údržbu a analytické nástroje.....	21
8 Provoz a údržba.....	21
8.1 Varovná značení .....	21
8.2 Školení .....	22
8.3 Spuštění a provoz .....	22
8.4 Vyhodnocování stavu.....	23
8.5 Údržba a oprava.....	23
8.6 Filtry/stínítka.....	24
9 Reference .....	24

### Doplnění dokumentu 148/08

Kapitola	Změna
	Komentář pro vyrovnání stylu se všemi asociacemi
1	Přepsaný úvod
3	Rozšířené definice
4.5.1	Podrobnější popis událostí
5.2.1	Upřesnění materiálů
6.5.1	Přepsaná kapitola
7.2.2	Nová kapitola
8.5.2	Další požadavky na pracovní postupy pro opravy

Poznámka: Technické změny od předchozího vydání jsou podtržené.

## 1 Úvod

Čerpání kapalného kyslíku je jako mnoho stávajících procesů doprovázeno určitým stupněm rizika, který je nutné rozpoznat a definovat. Rizika zahrnují kapalinu pod tlakem, kryogenní teploty, zvýšení objemu a tlaku kvůli odpařování, a schopnost kyslíku napomáhat vznícení a urychlovat hoření. Událost (nehoda) může mít za následek (1) hoření skrz kryt čerpadla nebo přiléhající potrubí, uvolnění silného proudu kapaliny nebo plynu způsobeného roztaveným kovem nebo oxidy kovu; nebo (2) prasknutí krytů motoru, řemenových skříní nebo převodovek výbušnou silou, vystřelování úlomků kovu podobně jako střel. Následkem obou událostí může být smrt nechráněných zaměstnanců a poškození sousedících zařízení. Následky těchto událostí (nehod) se mohou rozšířit až do vzdálenosti 100 stop (30,5 m) nebo i dále.

Pro určení těchto rizik připravila tuto publikaci skupina odborníků pro odstředivé čerpací systémy kapalného kyslíku, která představuje hlavní výrobce kyslíku v různých zemích Evropy a Severní Ameriky. Tato publikace se zakládá na technických údajích a zkušenostech, které jsou v současnosti autorům dostupné.

Společnosti vyrábějící průmyslové plyny se zapojily do procesu rozvoje harmonizovaných bezpečnostních postupů prostřednictvím Rady pro mezinárodní harmonizaci (International Harmonization Council - IHC), která se skládá z Asijské asociace průmyslových plynů (Asia Industrial Gases Association - AIGA), Asociace stlačeného plynu (Compressed Gas Association - CGA), Evropské asociace průmyslových plynů (European Industrial Gases Association - EIGA) a Japonské asociace průmyslových a medicínálních plynů (Japan Industrial and Medical Gases Association - JIMGA). Tato publikace je jedním z těchto postupů.

Nutno ale uvážit, že bývají stanoveny národní zákony a předpisy, které mají přednost před navrhovanými postupy uvedenými v této publikaci. Neměli bychom předpokládat, že v těchto doporučeních jsou uvedeny všechny místní normy, zkoušky, bezpečnostní postupy nebo metody, nebo že abnormální nebo neobvyklé okolnosti nebudou vyžadovat další požadavky nebo pracovní postupy. Autoři nevznášejí žádné námitky ani neposkytují žádné záruky na informace uvedené v této publikaci, nebo na úplnost této publikace, a zřikají se veškerých záruk, výslovných nebo implikovaných, kromě jiného zejména záruky obchodovatelnosti a záruky vhodnosti pro konkrétní použití nebo účel.

## 2 Rozsah a účel

### 2.1 Rozsah

#### 2.1.1 Současná průmyslová praxe

Tento návod obsahuje souhrn současných průmyslových praxí a je založen na kombinaci znalostí, zkušeností a postupů významných (předních) výrobců kapalného kyslíku. Je napsán jako referenční dokument při specifikování provedení a instalací elektricky poháněných stacionárních čerpadel a odstředivých čerpadel na kapalný kyslík. Jedná se o návod pro provoz a údržbu tohoto zařízení. Není určen k popisu jiných typů čerpadel, jako jsou pístová čerpadla nebo čerpadla namontovaná na vozidlech. I přesto, že některé části tohoto návodu mohou být brány jako základ pro jiné typy čerpadel, tento návod nezahrnuje všechny specifické vlastnosti jiných čerpadel. Navíc se tento návod nepokouší zahrnovat kritéria návrhu (provedení) a instalace pro všechna kryogenní čerpadla, ale zaměřuje se na kritéria týkající se specificky bezpečnosti kyslíku. Většina zkušeností v průmyslu zahrnuje instalace čerpadla v místech, kde je koncentrace kapalného kyslíku 95 mol % nebo vyšší. Osoba provádějící instalaci musí provádět důkladný technický posudek při specifikaci čerpacího zařízení pro kapalné médium obohacené kyslíkem s koncentrací kyslíku mezi 25 mol % a 95 mol %.

#### 2.1.2 Technický posudek

Některé z uvedených postupů představují tradiční kompromis a nepopisují všechny situace. Konstruktor je upozorněn na to, že tento návod není konstrukční příručkou. Nevylučuje se potřeba použití kompetentního technického posudku a vyhodnocení. Také to neznamená, že určuje všechny bezpečnostní problémy související s používáním čerpadla na kapalný kyslík. Každý, kdo používá tento návod, zodpovídá za to, že před použitím zařízení zkonzultuje s kvalifikovanými technikami zavedení vhodných postupů týkajících se bezpečnosti a zdraví, a stanoví použitelnosti zákonných omezení.

## 2.2 Účel

Účelem tohoto návodu je poskytnout kvalifikovaným technikům technické údaje užitečné při projektování nových instalací čerpadla na kapalný kyslík. Klade se zde důraz na pokyny, které zlepšují bezpečný a spolehlivý provoz čerpadel na kapalný kyslík.

## 3 Definice

Pro účely této publikace platí následující definice.

### 3.1 Ochranný plyn

V labyrintovém těsnicím systému se používají suchý dusík, kyslík nebo argon bez obsahu oleje při okolní teplotě.

POZNÁMKA Nazývá se také těsnicí plyn.

### 3.2 Studený konec

Na sestavě čerpadla, přes kterou prochází kryogenní kapalina, se zvedá tlak. Když je čerpadlo v provozu, zvyšuje teplotu čerpané kapaliny.

### 3.3 Izolace

Konstrukce nebo zařízení je obvykle izolováno a obsahuje nebo ukrývá studený konec, jako například jáma (šachta), skříň čerpadla, trubkové vedení nebo chladič skříň čerpadla.

### 3.4 Distanční díl

Přídavná distanční vložka nebo nosná konstrukce mezi studeným koncem a teplým koncem.

POZNÁMKA Používá se pro poskytnutí tepelné bariéry a fyzické oddělení mezi procesem a hnacím mechanismem.

### 3.5 Nehoda

Porucha (závada) čerpadla, která zahrnuje uvolnění energie jako požár, výbuch, rozptýlení roztaveného materiálu, nebo úlomků kovu nebo jakákoli kombinace uvedeného.

## 3.6 Terminologie v publikaci

### 3.6.1 Musí

Indikuje povinný proces. Používá se kdekoli, kde kritérium shody se specifickými doporučeními neumožňuje žádnou odchylku.

### 3.6.2 Mělo by

Indikuje doporučený pracovní postup.

### 3.6.3 Smí

Indikuje volitelný pracovní postup.

### 3.6.4 Může (umí)

Indikuje možnost nebo schopnost.



### 3.7 Čerpací systém

Čerpadlo, pohon, každý řemen nebo zvyšovač otáček převodovky, potrubí vedoucí od předchozího uzavíracího ventilu k uzavíracímu ventilu ve směru průtoku nebo zpětné klapce, řídicí jednotky (ovladače) a pojistné ventily.

### 3.8 Provzdušňovací (proplachovací) plyn

Suchý vzduch, dusík nebo argon bez obsahu oleje a oxidu uhličitého při okolní teplotě používaný pro odstranění nebo zamezení vzniku vzduchu zatíženého nahromaděným kyslíkem nebo vlhkostí.

### 3.9 Kvalifikovaní techničtí pracovníci

Osoby, jako inženýři a chemici, kteří na základě vzdělání, školení nebo zkušeností vědí, jak aplikovat fyzikální a chemické principy související s čerpáním kryogenních kapalin a reakcemi kyslíku s jinými materiály.

### 3.10 Teplý konec

Motor, převodovka, řemenová skříň a ložiskové pouzdro.

POZNÁMKA Ložiskové pouzdro smí být samostatné nebo začleněné do jednoho z komponentů teplého konce.

## 4 Bezpečnostní předpisy

### 4.1 Vlastnosti kyslíku

#### 4.1.1 Rizika

Zacházení s kapalným kyslíkem zahrnuje rizika související s jeho silnými oxidačními vlastnostmi, kryogenní teplotou kapaliny a páry, a potenciálem odpařování vytvářejícího přetlak a procesy expanze kapaliny.

#### 4.1.2 Kyslíková čistota

Zařízení, včetně čerpadla, ventilů, potrubí a jiných komponentů, které přijdou do styku s kyslíkem během běžných nebo přechodných činností, se musí vyčistit pro provoz s kyslíkem podle schváleného postupu čištění. Čištění musí provádět osoby s kvalifikací pro čištění kyslíkových systémů. Před použitím se musí veškeré zařízení, které přijde běžně do styku s kyslíkem, odmastit a pokud se zařízení skladuje, musí se chránit před znečištěním a korozí. Dále musí být označeno, že je vhodné pro provoz s kyslíkem. Viz dokument EIGA Doc 33, *Čištění zařízení pro provoz s kyslíkem. Návod* [1]<sup>1</sup>.

#### 4.1.3 Znečištění

Zaměstnanci pracující nebo zacházející s díly nebo zařízeními, které mohou přijít do styku s kyslíkem, musí nosit pouze čisté rukavice a oblečení a musí používat pouze čisté ruční vybavení.

### 4.2 Rizika oxidace

#### 4.2.1 Stabilita

Přestože je kyslík v plynné nebo kapalně formě stabilní a nehořlavý, je klasifikovaný jako oxidační činidlo.

<sup>1</sup> Reference jsou uvedeny čísla v závorkách a jsou uvedeny podle umístění v kapitole referencí.

#### 4.2.2 Hořlavost

Materiály, které hoří ve vzduchu, budou hořet silněji a při vyšší teplotě v kyslíkových nebo kyslíkem obohacených atmosférách. Viz dokument EIGA Doc 4 *Nebezpečí v kyslíkových a kyslíkem obohacených atmosférách* [2]. Některé hořlaviny jako maziva na bázi uhlovodíku prudce hoří v kyslíkem obohacených atmosférách. Musí se zvolit materiály s vyšší odolností proti vznícení a nižšími rychlostmi hoření.

#### 4.2.3 Teploty vznícení

Teploty vznícení se v kyslíkem obohacených atmosférách snižují. Některé materiály, které nehoří ve vzduchu, hoří rychle a silně v prostředí obohaceném kyslíkem.

#### 4.2.4 Oblečení

Absorbující materiály jako například oblečení se mohou nasáknout kyslíkem, snadno vznítit a rychle hořet. Riziko může nějakou dobu přetrvávat po vystavení se vlivu zdroje kyslíku. Pokud dojde k vystavení se vlivu výparů kyslíku, tlusté (objemné) oblečení by se mělo odstranit, osoba by měla stát na otevřeném vzduchu nebo se jinak vyhnout zdrojům vznícení na 30 minut, aby se přebytečný kyslík mohl z oblečení uvolnit.

#### 4.2.5 Povrch země

Povrch země v okolí instalací kyslíkového čerpadla musí být z anorganického materiálu kompatibilního s kapalným kyslíkem. Asfalt a jiné materiály na bázi uhlovodíků představují riziko, a pokud dojde k nasycení kyslíkem, stanou se výbušnými a mohou se vznítit pomocí padajícího předmětu nebo jakoukoli formou tření jako tření pneumatik. Vstup do oblastí s rozlitym kyslíkem nebo pojezdění zařízení přes tyto oblasti, může mít za následek vznícení.

#### 4.2.6 Maziva na bázi uhlovodíků

Maziva na bázi uhlovodíku představují vážné riziko za přítomnosti kyslíku a neměla by se používat tam, kde by mohla přijít do styku s kyslíkem. Pokud se musí použít maziva na bázi uhlovodíku u instalací kyslíkového čerpadla, musí se učinit opatření, jako připojení proplachovacího plynu k pouzdru ložiska, aby se zajistilo, že maziva nemohou přijít do styku s kyslíkem (viz kapitoly 4.5.5 a 5.5.3).

### 4.3 Rizika spojená s kryogenními tekutinami

#### 4.3.1 Vření

Kapalný kyslík vře při teplotě  $-183\text{ °C}$  při atmosférickém tlaku.

#### 4.3.2 Popáleniny

Kontakt pokožky s rozlitym kapalným kyslíkem nebo stříkajícím kapalným kyslíkem, studenou párou, ventily, spojkami, potrubím nebo jinými studenými povrchy může způsobit vážné omrzliny nebo kryogenní popáleniny.

#### 4.3.3 Led

Vlhkost kondenzuje a zamrzá na nekrytých studených površích. Pak ventily, spojky a bezpečnostní zařízení zamrznou otevřené nebo zavřené, což brání normálnímu provozu.

**VAROVÁNÍ:** *Nahromadění ledu může zablokovat běžné odvětrávací otvory, což způsobí vyšší koncentrace kyslíku a odklonění průtoku do nechtěných prostorů.*

## 4.4 Rizika odpařování a tlaku

### 4.4.1 Objem

Jeden objem kapalného kyslíku se zvětší na 856 násobek objemu při přechodu do plynného stavu při okolních podmínkách. Bez ohledu na tlak, nemůže kapalný kyslík existovat jako kapalina při teplotách vyšších než  $-119\text{ °C}$ , což je známo jako kritická teplota.

### 4.4.2 Zachycené kapaliny

Kapalný kyslík trvale pohlcuje teplo přes stěny zásobníku, což způsobuje vření. Když se kapalina nebo studený plyn zachytí v nádobě nebo v části potrubí, rychlý nárůst tlaku v uzavřeném prostoru může způsobit, že nádoba nebo potrubí praskne. Aby nedošlo k takovým závadám, musí být v každé části potrubí nebo zařízení umístěn teplotní pojistný ventil, do něhož by se mohl zachytit studený kyslík.

### 4.4.3 Údržba

V oblasti instalace čerpadla na kapalný kyslík a jejím okolí se celkově požaduje provádění správné údržby. Teplotní pojistné ventily odvětrávají plyn do ovzduší, a proto zde vždy existuje nebezpečí zvýšené koncentrace kyslíku. V oblasti se nesmí skladovat hořlavé materiály.

### 4.4.4 Rozptyl

Studený, plynný kyslík a kapalný kyslík jsou značně těžší než vzduch a nahromadí se v jámách (šachtách), příkopech nebo jiných prohlubeninách zemského povrchu.

## 4.5 Nehody

### 4.5.1 Historie

Přezkoumáním známých událostí (nehod) na čerpacích systémech na kapalný kyslík, včetně ventilů a filtrů, se odhalilo, že nejběžnějšími přispívajícími faktory byly konstrukční materiály studeného konce, prosakování na těsnění hřídele a uhlovodíková maziva.

Mnoho z těchto událostí souviselo s požáry, ke kterým došlo na hlavních vypouštěcích ventilech čerpadla. Znečištění uhlovodíkem bylo identifikováno jako jedna z hlavních příčin vzniků požárů.

### 4.5.2 Události (nehody) související se studeným koncem

Čerpadla vybudovaná před rokem 1980 byla obvykle zkonstruována z hliníku nebo hliníkového bronzu. Oba materiály se snadno vznítí v kyslíkové atmosféře a způsobí nekontrolované uvolnění energie. Úprava materiálů krytů čerpadla a rotorů na cínový bronz významně snížila četnost událostí čerpadla týkajících se konstrukčních materiálů. Nicméně by se mělo uvést, že změny materiálu ne zcela úplně vyloučily vznícení, poněvadž se prvky mohou odřít nebo se mohou zachytit cizí částičky mezi pohyblivými částmi. Konstruktor instalace by měl toto brát v úvahu.

### 4.5.3 Události (nehody) související s teplým koncem

Většina událostí, ke kterým došlo v nedávné době, do velké míry souvisela s delším nebo vážným prosakováním těsnění a přítomnosti uhlovodíkových maziv na teplém konci čerpadla. Prosakování těsnění hřídele může mít za následek vysoké koncentrace kyslíku v pouzdře ložiska čerpadla, což vede k uvolnění energie. Pouzdem ložiska čerpadla by mohl být motor, převodovka, řemenová skříň nebo samostatné pouzdro ložiska připevněné k řemenové skříni nebo nainstalované v distančním dílu v závislosti na konstrukci (návrhu) čerpadla.

### 4.5.4 Nahromadění ledu

Nahromadění ledu, ke kterému dojde, když vlhký vzduch přijde do styku se studenými povrchy na distančním dílu mezi studeným koncem a teplým koncem, může způsobit vytvoření můstku, kterým

může vést unikání kyslíku na teplý konec a zvýšit koncentrace kyslíku v oblasti ložiskového pouzdra. Prosakování těsnění a nahromadění ledu by se měla sledovat a opravit, aby se minimalizoval potenciál výskytu událostí (nehod) na čerpadle.

#### 4.5.5 Maziva

Používáním maziv kompatibilních s kyslíkem se může snížit výskyt událostí (nehod) na čerpadle. Nicméně maziva kompatibilní s kyslíkem jsou horší než maziva na bázi uhlovodíku s ohledem na lubrikační vlastnosti, a jsou často hydrokopická, čímž způsobují korozi a snížení výkonu a spolehlivosti ložiska. Maziva kompatibilní s kyslíkem se musí používat v převodovkách nebo čerpacích systémech, které mají velké zásoby maziv. Maziva na bázi uhlovodíku se zpravidla používají u ložisek pro lepší spolehlivost, protože je množství maziva malé. V tomto případě je instalace s pročišťováním inertním plynem na ložiskovém pouzdru čerpadla nejbezpečnější a nejúčinnější metodou, jak zabránit nahromadění kyslíku v ložiskovém pouzdru.

#### 4.6 Opětovné použití použitého zařízení

Osoba provádějící instalaci čerpadel na kapalný kyslík je odpovědná za bezpečnou instalaci nového a použitého zařízení. Použitá čerpadla se musí prozkoumat, aby se zkontrolovalo stáří, provozní stav, konstrukční materiály, čistota, předchozí použití, typ používaných maziv a vhodnost pro navrhované použití. Pokud by se mělo použité zařízení znovu použít u nových instalací nebo aplikací, mělo by se upravit (vylepšit), aby vyhovovalo stávající konstrukční praxi. Pokud je to nutné, měla by si osoba provádějící instalaci zajistit asistenci kvalifikovaných techniků, aby se potvrdilo, že je použité zařízení vhodné pro provoz s kyslíkem.

### 5 Konstrukce čerpadla

#### 5.1 Upozornění uživatele

##### 5.1.1 Konstrukce

Tato publikace není konstrukční příručkou, a proto nenahrazuje kompetentní technický posudek a vyhodnocení. Navrhuje se, aby uživatel přezkoumal všechny zvláštní problémy nebo záležitosti s dodavatelem čerpadla, který by měl být více informovaný o těchto zvláštních postupech.

##### 5.1.2 Speciální konstrukce (návrhy) a použití

Pro čerpadla, která nejsou popsána v tomto návodu, se musí použít vhodný konstrukční návrh a provozní postupy. Zvláštní použití, konstrukce nebo související záležitosti se musí konfrontovat s dodavatelem zařízení a kvalifikovanými technikami.

##### 5.1.3 Vztah k systému

Čerpadlo je součástí celého systému. Musí se dodržovat vhodná bezpečnostní kritéria pro instalaci celého čerpacího systému.

#### 5.2 Konstrukční materiály

##### 5.2.1 Všeobecné informace

V minulosti se pro čerpadla na kapalný kyslík používalo mnoho materiálů, ale použití materiálů, které mají poměrně vysoké teploty spalovacího tepla a nízké teploty vznícení jako hliník a hliníkový bronz, již není dále vhodné (viz 5.3.3.1).

Použití čerpadel vyrobených pouze z bronzu, jako je cínový bronz, (rotor, difuzor, a kryt) téměř vyloučilo vznik nehod kvůli vznícení a vytrvalého hoření od několika vnitřních škrábanců. K žádným nehodám kvůli prohoření nedošlo. Přestože použití celobronzových čerpadel minimalizuje potenciál pro vznícení a vytrvalé hoření, je zde stále nejistota. Proto se požaduje uvážlivě zvolit konstrukční materiály. Musí se aplikovat hluboké technické znalosti o materiálech, konstrukčních postupech, zkušebních metodách a technikách provozu.

### 5.2.2 Zdroje vznícení

Následující zdroje vznícení by mohly typicky podporovat vznícení u čerpadel na kapalný kyslík:

- Prodloužené doby provozu čerpadla s kavitací nebo ztrátou výkonu.
- Vada ložiska, hřídele nebo rotoru, což má za následek vážné vnitřní tření.
- Náraz od cizí částičky, která vnikne dovnitř.
- Mechanické tření způsobené nadměrnou vibrací, částičky zachycené v provozních vůlích, nesprávná montáž nebo nadměrná zátěž potrubí na potrubních přírubách.

### 5.2.3 Údaje o kompatibilitě

Vhodné konstrukční materiály jsou založené zčásti na normách Americké společnosti pro zkoušení a materiály (ASTM), Standardních technických publikacích ASTM a informacích, které zpracoval výbor ASTM G-4 [3,4].

Ačkoli nejsou ASTM a jiné zdroje specificky určené pro odstředivá čerpadla na kapalný kyslík, může je konstruktér použít jako návod při výběru materiálů. Zkoušky ukáží, že ke vznícení dojde pravděpodobněji se stoupajícími tlaky a teplotami kyslíku. V čerpadle dojde ke vznícení zpravidla méně pravděpodobně kvůli kryogennímu chlazení a poměrně vysokým požadovaným teplotám vznícení. Nicméně toto neplatí u potenciálně se odírajících povrchů. Pro tyto povrchy se musí použít kombinace speciálních materiálů kvůli potenciálu pro třením vyvolané vysoké teploty.

Vhodnost těchto materiálů může být založena na současných provozních zkušenostech u kyslíkových zařízení.

### 5.2.4 Ideální vlastnosti materiálů

Ideální vlastnosti pro snížení potenciálu vznícení a pro potlačení vytrvalého hoření jsou:

- Vysoká teplota vznícení.
- Vysoká tepelná vodivost.
- Nízké teplo spalín.

Navíc ke kompatibilitě s kyslíkem musí být materiály a provedení vhodné pro:

- Kryogenní provoz.
- Funkci, pro kterou je díl určen.
- Ochrannou nádobu pro natlakovaný kapalný a plyný kyslík.
- Mechanické namáhání.

## 5.3 Komponenty studeného konce

### 5.3.1 Typické čerpadlo

Typické průřezové schéma odstředivého kyslíkového čerpadla se studeným mechanickým těsněním přední strany na Obrázku 1 identifikuje běžné komponenty čerpadla.

### 5.3.2 Přijatelné konstrukční materiály

Souhrn přijatelných konstrukčních materiálů je uvedený v Tabulce 1. V následujících kapitolách jsou popsány podrobné údaje o těchto materiálech.

### 5.3.3 Slitiny mědi

Nejvhodnějšími materiály pro smáčené komponenty (např. pouzdra, rotory, indukory, těsnicí hřídelové kroužky, difuzéry, vymežovací podložky a opěrné desky) jsou slitiny mědi s minimálním obsahem mědi 80 % a s maximálně stopovým množstvím hliníku (maximálně 0,1 %). Typickými materiály jsou cín a olověný bronz.

**Obrázek 1: Komponenty odstředivého čerpadla kyslíku s mechanickým těsněním studené strany**

#### 5.3.3.1 Hliníkové bronzy

Hliníkové bronzy se používaly kdysi u odstředivých čerpadel na kapalný kyslík kvůli jejich výjimečně vysoké pevnosti v tahu. Bronzy z litého hliníku obsahují 6,0 % až 11,5 % hliníku a 0,8 % až 5,0 % železa. Tyto prvky mají poměrně vysoké hodnoty spalovacího tepla. Hliníkový bronz se může vznítit v ovzduší obohaceném kyslíkem včetně kapalného kyslíku, a je schopný šířit hoření. Když se vznítí, je prakticky nemožné jej uhasit. Proto se hliníkový bronz nemá používat.

#### 5.3.3.2 Odlévané slitiny bronzu

Původně se termín bronz používal pro měděné slitiny, jejichž hlavním nebo pouze legovacím prvkem byl cín. Zhruba řečeno jsou bronzy slitiny mědi, u kterých hlavním legovacím prvkem není zinek ani nikl. Dnes, aby to bylo technicky správné, by se měl termín používat s modifikujícím adjektivem. Existují čtyři hlavní lité slitiny bronzu: cínové bronzy, olověné bronzy a olovnato-cínové bronzy, niklocínové bronzy a hliníkové bronzy.

### 5.3.4 Slitiny mědi a niklu

Slitiny mědi a niklu prokazují vynikající odolnost na podporované vznícení/hoření a vynikající slévatelnost, odolnost proti korozi a mechanické vlastnosti nad rozsahem teplot, čímž jsou vhodné pro těla, kryty a rotory. Slitiny mědi a niklu obvykle obsahují 10 % až 45 % niklu se zbytkem převážně mědi.

### 5.3.5 Slitiny niklu a mědi

Slitiny niklu a mědi prokazují vynikající kompatibilitu s kyslíkem a velkou pevnost, čímž jsou vhodné pro ochranné manžety, objímky a šrouby. Slitiny niklu a mědi jsou definované jako minimální obsah niklu 60 % se zbytkem převážně mědi.

### 5.3.6 Nerezová ocel

Nerezové oceli vhodné pro kryogenní aplikace jsou přijatelné pro komponenty, kde neexistuje potenciál pro odírání nerez oceli o nerez ocel. Pokud takový potenciál existuje, sdružený materiál musí být v souladu s kapitolou 5.3.7. Hřídele, spojovací prvky, podložky, zajišťovací zařízení, hřídelový klínek a těsnicí kroužky jsou obvykle vyrobeny z nerezové oceli. Neznamená to, že kryty čerpadla nebo rotory z nerezové oceli jsou obecně přijatelné. Vysoké spalovací teplo nerezové oceli jej činí nevhodnou pro normální použití. Měla by se používat pouze se zvláštním zřetelem na konstrukci, jako je vhodné vypouzdření skříně (pouzdra).

**Tabulka 1: Přijatelné konstrukční materiály pro odstředivé čerpadlo na kapalný kyslík (viz kapitola 5.3)**

(Typické označení čerpadla viz Obrázek 1.)

Díl	Materiály
Hlava, šneky nebo tělo čerpadla Opěrné desky Rotory Axiální oběžná kola Difuzéry Těsnicí kroužky	Slitina mědi <sup>1)</sup> , slitina měď-nikl nebo slitina nikl-měď <sup>2)</sup>
Ochranné manžety Mezistupňové objímky nebo ložiska	Teflon® (polytetrafluoroethylen [PTFE]), slitina mědi, slitina měď-nikl nebo slitina nikl-měď
Šrouby rotoru Upevňovací prvky	Austenitická nerezová ocel, slitiny mědi, slitina měď-nikl nebo slitina nikl-měď
Pojistné podložky Vymezovací podložky Pojistný drát	Slitina mědi, slitina měď-nikl nebo slitina nikl-měď
Vlnovec	Austenitická nerezová ocel nebo slitiny niklu
Těsnicí kroužek	Nerezová ocel, karbid wolframu nebo keramika
Hřídele	Nerezová ocel, slitina nikl-měď
Plochá těsnění	Kompaundní PTFE, flexitallc-nerezovou ocelí vyztužený grafit
Těsnicí O-kroužky	PTFE, Buna-N <sup>3)</sup> , Viton®
Labyrintové těsnění <sup>4)</sup>	Stříbro, slitina mědi, PTFE nebo Babbitt proti slitině niklu a mědi nebo nerezové oceli
Filtr/sítka <sup>4)</sup>	Síto z upřednostňované slitiny niklu a mědi nebo nerezové oceli <sup>5)</sup> ; držák ze slitiny niklu a mědi nebo nerezové oceli
<sup>1)</sup> Cínový bronz je příkladem slitiny mědi.	

- 2) Monei<sup>®</sup> je příkladem slitiny niklu a mědi.  
3) Pokud jsou zcela kryté (zapouzdřené) a při tlaku nižším než 3450 kPa<sup>2</sup> (500 psig). Viz ASTM G63 [6].  
4) Na obrázku 1 není zobrazeno.  
5) Viz kapitola 6.5.6.

### 5.3.7 Tenké vnitřní díly

Tenké vnitřní díly by se neměly používat, protože jejich náchylnost ke vznícení se zvyšuje se zmenšováním jejich tloušťky.

Na vymežovací podložky by se neměly používat nerezové oceli a hliníkové slitiny. Tenké vymežovací podložky vyrobené z těchto materiálů se pravděpodobněji vznítí a shoří. Vymežovací podložky musí být vyrobené ze slitin mědi, slitin niklu a mědi nebo slitin na bázi niklu (viz Tabulka 1).

Použití pojistného drátu a jiných komponentů tenčích než 0,8 mm (0,032 palců) se pro vnitřní díly nedoporučuje. Pokud se musí použít, materiálem musí být slitina mědi, slitina niklu a mědi nebo slitina na bázi niklu (viz Tabulka 1).

### 5.3.8 Potenciální třecí (odírající se) povrchy

Na jednom z protilehlých povrchů, kde dochází pravděpodobně k tření kovu o kov, jako je těsnění hřídele labyrintového typu, mezistupňová objímka nebo mezistupňové ložisko se musí používat stříbro, slitiny mědi, slitiny mědi a niklu, slitiny niklu a mědi, PTFE, Babbitt nebo materiál omezující tření, který je kompatibilní s kyslíkem.

## 5.4 Mechanická konstrukce (provedení)

### 5.4.1 Vůle

Velikosti vůlí mezi otáčejícími se a stacionárními díly (částmi) musí být co nejpraktičtější. Musí se vzít v úvahu maximální možná velikost znečišťujících částic.

### 5.4.2 Upevnění

Všechny vnitřní upevňovací prvky musí mít zajišťovací zařízení. Upevňovací prvky rotoru musí používat zajišťovací zařízení pozitivního typu, jako pojistné podložky nebo pojistný drát. Uložení s přesahem (lisované díly) se nepovažuje za zajišťovací zařízení; nicméně těžká uložení s přesahem se mohou použít pro instalaci těsnících hřídelových kroužků do pouzdra čerpadla. Axiální pohyb hřídele čerpadla se musí jasně vymežit svými ložisky.

### 5.4.3 Těsnění hřídele

Zkušenosti s průmyslovým čerpadlem na kapalný kyslík byly buď s mechanickou lící částí (kontaktní nebo nekontaktní suchou přední částí) nebo těsněním labyrintového typu. Konstruktor musí zvážit, zda prosakování těsnění vytvoří vážné nebezpečí, které se se zvětšováním prosakování zvyšuje. Mechanická ucpávka přední části u kryogenních čerpadel se může nepředvídatelně poškodit a rychlost prosakování se může neočekávaně změnit.

Aby se zabránilo přímému vlivu (působení) prosakování těsnění hřídele na ložisko pohonu, musí se použít kroužek nebo jiné vychylovací zařízení. Tím se předejde k rychlému zamrznutí a poruše ložiska v případě prosakování těsnění hřídele.

Kryt mechanické ucpávky by měl mít odvodušňovací otvor. Čištění externích povrchů těsnění pomocí suchého plynu může prodloužit životnost těsnění tím, že se zabrání nahromadění vlhkosti a ledu na přední části těsnění. Výrobce musí poskytnout otvor, ale uživatel má možnost volby připojit k němu

<sup>2</sup> kPa musí indikovat přetlak, pokud nebylo jinak uvedeno, (kPa, abs) pro absolutní tlak nebo (kPa, diferenční) pro diferenční tlak. Všechny hodnoty kPa jsou zaokrouhlené podle CGA P-11, *Návod pro metrickou praxi pro průmysl stlačeného plynu* [5].



provzdušňovací plyn. Zkušenosti uživatele se spolehlivostí čerpadla v podobném provozu by měly stanovit, zda se použije.

Kryt mechanické ucpávky musí mít také odvětrávací/vypouštěcí otvor. Prosakováním větrání z krytu se snižuje riziko, a měření větraného průtoku může pomoci při detekci počátku poškození těsnění.

Z funkčních důvodů a důvodů stability mechanická těsnění používají vlnovce, které jsou obvykle tvořeny tenkým kovem. Mezi dmychadly a hřídelí se musí použít ochranná manžeta. Tenké díly se pravděpodobněji vznítí od tření (odírání) nebo nárazem částice. Materiál ochranné manžety musí být v souladu s Tabulkou 1.

Konstrukce (provedení) mechanického těsnění musí zabránit odírání (tření) z přímého kontaktu kovu na kov mezi držákem těsnění a otáčejícím se těsnicím kroužkem přes maximální možný axiální pohyb vlnovce.

S labyrintovým těsněním hřídele se musí zacházet jako se systémy navrženými pro specifické použití. Labyrintové těsnění hřídele používá malé řízené prosakování ochranného plynu, aby se zamezilo prosakování kapaliny. Přívodní tlak oddělovacího plynu by měl být mírně vyšší než tlak kapalného kyslíku na těsnění hřídele. Obvykle se používá diferenční regulátor tlaku pro řízení vstupního tlaku. Oddělovací plyn prosakuje do proudu kapalného kyslíku a do ovzduší. Aby nedošlo k poškození těsnění, mělo by se zvážit použití systému těsnicího plynu.

Pokud se má zabránit znečištění kapalného kyslíku při používání labyrintového těsnění, používá se jako oddělovací plyn kyslík. Pokud není přijatelné malé prosakování plynného kyslíku do ovzduší, může se použít dvojitě provedení plynového labyrintového těsnění. V tomto provedení má těsnění hřídele tři osově rozložené otvory plynu. Na konci hřídele čerpadla přívod oddělovacího plynu zabraňuje prosakování kapaliny. Na konci těsnění hřídele pohonu zabraňuje přívod odvětrávacího plynu kompatibilního s kyslíkem prosakování kyslíku do ovzduší. Střední otvor je výstupní otvor pro směs plynů a používá se pro odvětrávání kyslíku a odvod směsi plynu do bezpečné oblasti.

#### 5.4.4 Nahromadění ledu

Aby nedocházelo k vytvoření námrazy na čerpadle a přemostěním i na pohon nebo kryt ložiska, je třeba vzít v úvahu specifické konstrukční zřetele. Vytvoření námrazy by mohlo umožnit prosakování kyslíku těsněním hřídele přímo do pohonu. K vytvoření námrazy a přemostění dojde pravděpodobněji u čerpadel s nepřetržitým nebo prodlouženým provozem než u čerpadel s přerušovaným provozem. Také k nim může dojít, když se provádí údržba čerpadla ve studeném pohotovostním stavu.

Izolační štít nebo tepelná clona mezi studeným koncem a pohonem mohou být účinné pro aplikace s nepřetržitým provozem. Pokud je distanční díl zakrytý (zapouzdrěný), musí se pročišťovat profukováním plynem a musí se odvětrávat takovým způsobem, aby nemohl vytvořit žádný přetlak od prosakování těsnění.

### 5.5 Ložiska hřídele

#### 5.5.1 Typy ložisek

Nejběžnější průmyslové zkušenosti jsou s valivými ložisky, která jsou na vnější straně vůči studenému konci. Vnitřní ložiska/objímky v kontaktu s kyslíkem musí mít specifické provedení a musí být speciálně testovány na kompatibilitu s kyslíkem a kryogenní kompatibilitu před uvedením do provozu s kapalným kyslíkem.

#### 5.5.2 Ochrana proti chladu

Může se zabránit přechlazení vnějších ložisek vůči studenému konci pomocí vhodného provedení a vhodných provozních technik. Speciální pozornost se musí věnovat konstrukci (provedení) pomocných tepelných clon mezi studeným a teplým koncem (motor, převodovka nebo skříň na řemeny). Čerpadlo nemá být udržováno ve studeném režimu, mimo provoz, pohotovostním režimu delší dobu než po dobu specifikovanou v příručce výrobce a podle dohody se zákazníkem. Ložisko

nejblíže studenému konci by mělo mít topnou vložku, pokud hrozí námraza, je-li vystaveno delším dobám provozu nebo studenému pohotovostnímu stavu.

### 5.5.3 Mazání

#### 5.5.3.1 Minimální mazací účinek

Pro ložisko umístěné nejblíže ke studenému konci čerpadla se musí použít vhodné nízkoteplotní mazivo. Minimálně musí být mazivo vhodné pro provoz při teplotě  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $40\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). To je zvláště důležité pro ložiska promazaná mazivem. Jsou náchylnější k poškození namrzáním maziva od nadměrného a prodlouženého ochlazování čerpadla. Hodnota teploty je poněkud volná a je založena na použitelnosti (dostupnosti) dobrých nízkoteplotních mazadel.

#### 5.5.3.2 Ropná maziva

Ropná maziva je velmi obtížné používat kvůli jejich nižší viskozitě. Protékají podél hřídelí skrz těsné vůle a skrz těsnění. Mimoto se při použití čerpadla na kyslík nemají používat uhlovodíkové oleje.

#### 5.5.3.3 Maziva kompatibilní s kyslíkem

Speciální pozornost musí být věnována konstrukci (provedení), aby bylo zajištěno, že potenciální prosakování kyslíku nepřijde do styku s uhlovodíkovými mazivy. Pokud to nelze zajistit, musí se použít schválená maziva kompatibilní s kyslíkem. Maziva kompatibilní s kyslíkem musí vyhovovat mezinárodně uznané standardní zkoušce jako ASTM nebo BAM [6]. Pokud se používá systém profukovacího plynu, aby se zamezilo styku kyslíku a jakéhokoli maziva, které není kompatibilní s kyslíkem, musí být specificky navržen a testován, aby se ověřilo, že promazané zařízení je vhodně izolované od oblasti smáčené kyslíkem.

#### 5.5.3.4 Ochrana proti korozi

Maziva kompatibilní s kyslíkem ve skutečnosti neposkytují žádnou protikorozi ochranu v porovnání s mazivy na bázi uhlovodíku. Mají špatné vlastnosti ve styku s vlhkostí a neposkytují ochranný film proti korozi. K mnoha závadám ložisek došlo kvůli korozi, kterou způsobila atmosférická vlhkost. Doporučuje se buď metoda ochrany proti korozi, nebo suché čištění. Maziva kompatibilní s kyslíkem mají horší vlastnosti proti mazivům na bázi uhlovodíku pro ložiska odstředivého čerpadla, protože kvůli jejich vysoké hustotě budou méně vhodné pro požadavky vysokorychlostního mazání ložisek odstředivého čerpadla (viz kapitola 4.5.5).

#### 5.5.3.5 Opakované mazání ložisek

Obvykle se dává přednost trvale promazaným ložiskům, přestože aplikace s vyšší rychlostí a většími rozměry ložiska může vyžadovat použití znovu promazatelných ložisek pro přípustnou životnost ložiska. Nadměrné nebo nesprávné opětovné promazání může mít za následek velké nahromadění maziva v krytu ložiska. Vypouštěcí zátku maziva se musí odstranit, když se provádí opětovné mazání, takže se nadměrné množství nebo staré mazivo odstraní přes odtok spíše než nucený průtok do hlavního krytu ložiska. To zahrnuje množství maziva a počet provozních hodin mezi opětovnými promazáními. Díly pro mazání by se měly odstranit a zazátkovat vhodnou zátkou, aby nedošlo k nedovolenému nebo neoprávněnému použití maziva. Opětovné promazání by měli provádět pouze zaměstnanci speciálně proškolení na tyto požadavky. Také se může zvážit použití automatických mazniček pro opětovné promazání.

## 5.6 Motory pro čerpadla

### 5.6.1 Typ motoru

Elektrické motory musí být typu zcela uzavřeného chlazení ventilátorem (TEFC (totally enclosed fan cooled)), kde externě namontovaný ventilátor poskytuje chladicí vzduch přes vnější stranu motoru. Nemají se používat motory otevřeného typu, tj. s otevřenou skříní (ODP (open drip proof)), s ochranou proti klimatickým vlivům jedna (WP1 (weather protected one)), nebo s ochranou proti klimatickým vlivům dvě (WP2 (weather protected two)).

## 5.6.2 Přímé spojení nebo pevné spojení

Motory přímo spojené s čerpadlem musí mít pozitivní axiální umístění hřídele. Koncové ložisko čerpadla by se mělo promazat pomocí vhodného nízkoteplotního maziva, jak je uvedeno v kapitole 5.5.3.1.

## 6 Instalace

### 6.1 Základní bezpečná metoda instalace

#### 6.1.1 Volba

Navíc k použití materiálů pro čerpadlo definovaných v tomto dokumentu jako přijatelné musí uživatel zvolit a *používat nejméně jednu z následujících čtyř metod* jako základní způsob zajištění bezpečné instalace.

##### 6.1.1.1 Systémy s profukováním plynem

Použijte zkonstruovaný systém profukovacího plynu pro ložiska a zapouzdřené díly promazané uhlovodíkem (např. převodovka) v blízkosti čerpadla. U přímo spojených čerpadel se musí pročišťovat ložiska řemenové skříně, přínejmenším ložisko motoru na hnaném konci. U čerpadel s řemenovou skříní se musí pročišťovat ložiska řemenové skříně. Konstrukce (provedení) řemenové skříně se musí pečlivě přezkoumat, protože jeho ložiska mohou být externí vůči skříní. U čerpadel poháněných přes převodovku se musí pročišťovat ložiska převodovky stejně jako kryt a tělo převodovky. Systémy profukovacího plynu musí být buď zcela nezávislé na těsnícím systému, nebo musí mít vlastní regulátory tlaku od sběrného potrubí odvodušnění/těsnění plynu a zpětných klapek, aby se kyslík nemohl v žádném případě dostat z těsněného systému do krytu ložiska. Měla by se zvážit instalace zpětné klapky do profukovacího vedení distančního dílu, aby nedocházelo ke zpětnému toku do profukovacího vedení ložisek motoru. Plynem použitým pro profukování musí být inertní plyn.

##### 6.1.1.2 Bariéry

Na ochranu zaměstnanců a zařízení v případě nehody použijte bariéry nebo štíty (viz kapitola 6.3).

##### 6.1.1.3 Rizikové zóny

Definujte a dodržujte rizikové zóny podle kapitoly 6.2 a zamezte do nich vstup. Jedná se pravděpodobně o nejméně preferovanou metodu, protože závisí na vzdálenosti, kterou nelze jednoduše definovat a na procedurách s omezeným přístupem. Pokud se používá, musí to být logicky promyšleným rozhodnutím, které zvažuje všechny faktory.

Pro snížení možnosti vzniku následného poškození, by mělo být pečlivě zváženo umístění dalšího zařízení do rizikové zóny.

##### 6.1.1.4 Maziva kompatibilní s kyslíkem

V oblastech uvedených v kapitole 6.1.1.1 používejte maziva kompatibilní s kyslíkem namísto uhlovodíkových mazadel. Je třeba upozornit, že chybí dostatek úplných údajů na podporu této metody. Zatímco tato metoda odstraňuje uhlovodíková maziva, která byla zdrojem paliva pro hoření u nedávných událostí, existuje obava, že i jiné materiály jako materiály motoru nebo řemene by mohly dodat zdroj paliva. Neexistují žádné takové případy. Nicméně nebyly provedeny žádné studie, které by prokázaly, že by se to nemohlo stát.

#### 6.1.2 Kombinace a další kroky

Použití přijatelných materiálů pro studený konec a jedna z metod uvedených v kapitole 6.1.1 se považují za minimální požadované úvodní základní kroky. Umožněním volby se potvrzuje, že různé společnosti používají různé metody, a dokonce jednotlivé společnosti používají různé metody v různých situacích. Podle vhodnosti se ke zvolené hlavní metodě přidat mohou jiná předběžná opatření. Občas se může použít u uvedené instalace více než jedna hlavní metoda.

### 6.1.3 Logická předběžná opatření

Použití jedné nebo mnoha bezpečných metod by nemělo vést k domněnce, že jsou všechna rizika zažehnána. To znamená, že u nových instalací by se měly přijmout všechny jednoduché a logické pomocné kroky, které zvyšují míru bezpečnosti. Například, kdykoli je to možné, umístěte nové čerpadlo na místo, které není za běžných okolností frekventované, i když se provádí pročišťování ložiska.

## 6.2 Rizikové zóny

### 6.2.1 Historická definice

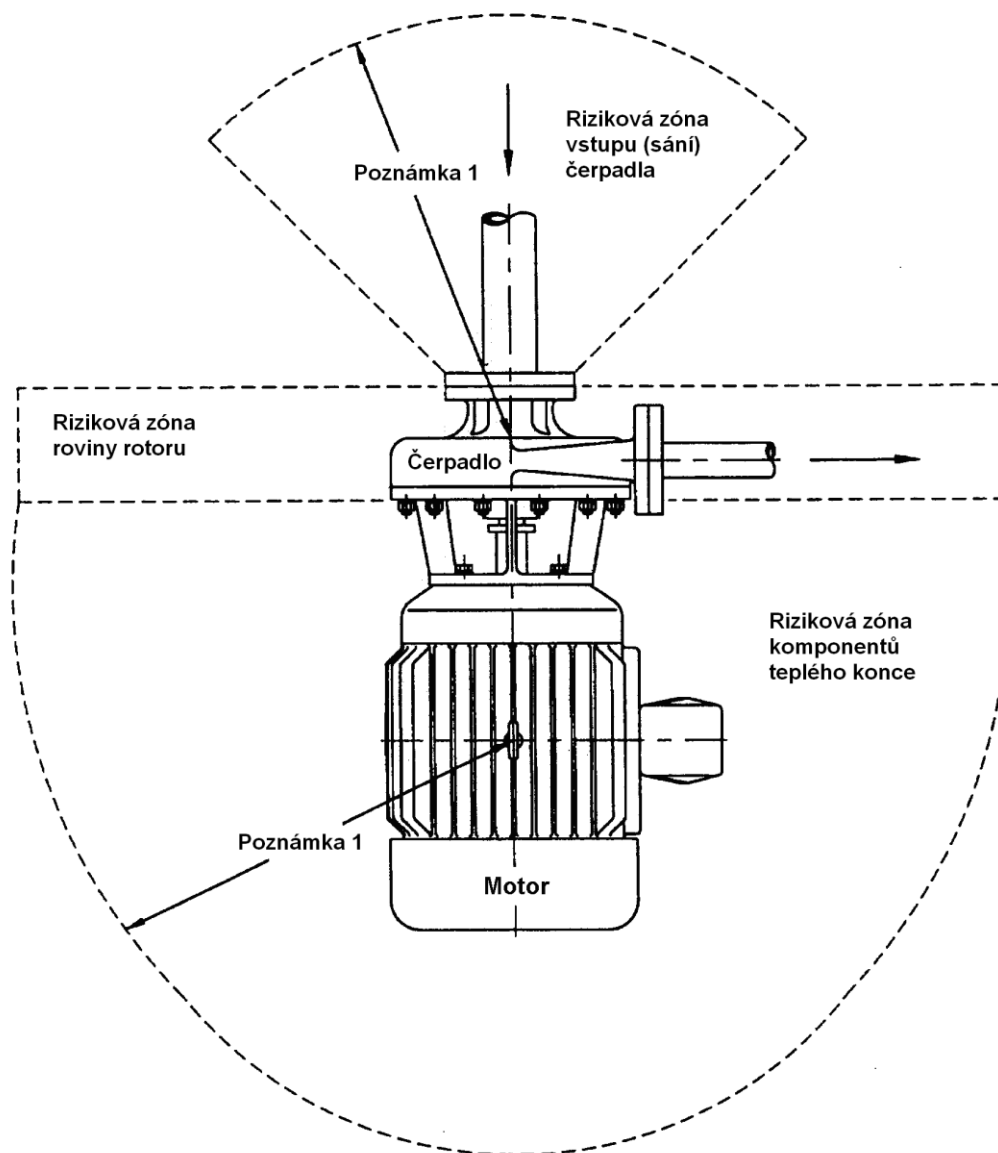
Před provedením změny na přijatelné materiály pro studený konec docházelo k mnoha nehodám souvisejícím se studeným koncem (viz kapitola 4.5.2). Když k těmto případům došlo, obvykle došlo ke zranění zaměstnanců nebo poškození zařízení v jedné nebo v obou dvou oblastech. První se stal v rovině otáčení rotoru a druhý v oblasti okolo vstupu (sání) čerpadla. Tyto oblasti, viz Obrázek 2, byly nazvány rizikovými zónami nebo oblastmi. Předpokládalo se, že se rozšíří buď k bariéře, pokud byla poskytnuta, nebo do předepsané vzdálenosti od čerpadla. Tuto vzdálenost nastavily různé společnosti libovolně na různá rozpětí. Běžně používanou vzdáleností bylo 4,5 m. Od změny na přijatelné materiály pro studený konec již nebyly hlášeny žádné nehody týkající se studeného konce, které měly za následek poranění osob nebo poškození zařízení v těchto oblastech.

### 6.2.2 Poslední zkušenosti

Od provedení změny na přijatelné materiály pro studený konec došlo k nehodám v komponentech teplého konce, jako jsou motory nebo zvyšovače rychlosti (převodovky, řemenové skříně) horizontálních čerpadel. Tyto případy měly za následek potenciální riziko pro zařízení nebo zaměstnance v oblasti za nebo vedle motoru nebo zvyšovače rychlosti (viz Obrázek 2).

### 6.2.3 Nová definice rizikových zón

Nová definice rizikových zón vyžaduje několik vět a vysvětlení. Pro účely definice neexistuje žádná riziková zóna, pokud se používají doporučené materiály a do provedení (konstrukce) čerpadla jsou zahrnuty pročišťování (viz kapitola 6.1.1.1) nebo maziva kompatibilní s kyslíkem (viz kapitola 6.1.1.4), a dodržují se metody uvedené ve zbytku kapitoly 6.1. Pokud není specifikováno pročištění nebo maziva kompatibilní s kyslíkem, poté se riziková zóna považuje za existující během provozu čerpadla, jak je uvedeno na Obrázku 2. Vzdálenosti, do nichž se tato riziková zóna rozšíří od čerpadla, musí jednoduše identifikovat kvalifikovaný technik navrhující systém. Tuto vzdálenost nelze snadno identifikovat. Tato vzdálenost se liší u jednotlivých společností a instalací. Některé společnosti používaly vzdálenost 4,6 m (15 stop), zatímco jiné používaly vzdálenost 9,1m (30 stop). Některé společnosti používaly postupy vyhodnocení rizika pro zavedení rozsahu (rozlohy) rizikové zóny. Mělo by se rozpoznat, že některé z těchto vzdáleností byly zavedeny během doby, kdy docházelo především k událostem (nehodám) týkajícím se studeného konce. K událostem týkajícím se teplého konce docházelo tam, kde docházelo k vyhození dílů motoru nebo tyto díly urazily více než 30,5 m (100 stop). Z tohoto důvodů a kvůli omezenému množství údajů, je kladen důraz na upozornění uvedené v kapitole 6.1.1.3. Pokud se používá bariéra, riziková zóna se považuje za ukončenou touto bariérou (viz kapitola 6.3). I když riziková zóny neplatí, mělo by se předpokládat, že riziko existuje.



#### POZNÁMKY

- 1 Poloměr rizikové zóny musí být minimálně 4,6 m (15 stop). Větší poloměr může být aplikován v závislosti na zkušenostech a konstrukční politice uživatele.
- 2 Pokud je použita bariéra, riziková zóna se považuje za ukončenou touto bariérou.
- 3 Tento výkres nezobrazuje všechny možné orientace nebo konfigurace čerpadla. Je určen pro zobrazení rizikových zón.

**Obrázek 2 — Rizikové zóny čerpadla na kapalný kyslík**

#### 6.2.4 Vstup do rizikové zóny

Zatímco je čerpadlo v provozu, nikdo nesmí vstoupit do rizikové zóny. Musí se umístit značky, které zakazují vstup od oblasti. Dokonce, i když je instalace taková, že definovaná riziková zóna neplatí, musí se dodržovat obezřetné konstrukční a provozní metody, které minimalizují dobu nezbytnou, aby se zaměstnanci nacházeli v blízkosti čerpadla v provozu.

### 6.2.5 Zvláštní situace

Definovaná použití rizikové zóny, použití bariéry nebo oboje jsou založena na aktuální běžné praxi, kdy všechna jiná specifika splňují dobré bezpečné praxe, jako ty uvedené v tomto dokumentu. Musí se stále používat dobrý technický posudek pro vyhodnocení každé instalace ke stanovení, zda existují speciální situace, které zaručují rozšíření nebo opětovnou konfiguraci rizikových zón, pomocí bariér v oblastech, které nebyly v tomto návodu definovány jako rizikové zóny, nebo pomocí jiných bezpečnostních opatření. Některé, ale ne všechny možné situace, kdy by se mohla učinit zvláštní opatření, jsou následující:

- Nové neschválené provedení, aplikace nebo instalace čerpadla.
- Vyšší průtoky, tlaky nebo rychlost než obvyklé.
- Jakákoli nehoda s běžnou bezpečnou praxí u normálních čerpadel, jako jsou zde definované. Zvláště to platí pro používání jakýchkoli různých materiálů.
- Čerpadla se zásobníky uhlovodíkových mazadel v těsné blízkosti oblasti čerpadla omočené kyslíkem, která nepoužívají prokázané oddělovací nebo separační systémy. Např. toto by mohlo zahrnovat čerpadla poháněná převodovkou s vestavěnými zásobníky.
- Obvykle použití čerpadel při nepřetržitém ochlazování nebo provozu, nebo která by mohla být nepřetržitě používána po určitou dobu jejich životnosti, dokud to neprokázaly provozní zkušenosti.
- Oblasti, ve kterých zaměstnanci, kteří provádějí údržbu nebo jiné činnosti, mají být v těsné blízkosti k potrubí/komponentům/ventilům systému čerpadla, které mohou být používány (nebo být uvedeny do provozu) a které mohou představovat další riziko během událostí, jako například spuštění čerpadla.

## 6.3 Bariéry

### 6.3.1 Všeobecné informace

Pokud bylo provedeno rozhodnutí uvedené v kapitole 6.1.1.1, aby se použily bariéry, platí následující pravidla.

### 6.3.2 Definice

Bariéra nebo štít jsou zařízení, která poskytují fyzickou ochranu osob nebo zařízení před požárem a šrapnely, které by mohly vzniknout následkem nehod týkajících se studeného nebo teplého konce v systému čerpadla. Jejich hlavním účelem je zmenšit vzdálenost od čerpadla, ve které mohou osoba nebo předmět pracovat bezpečně v případě nehody. Zmenšují velikost rizikové zóny a poskytují ochranu během spuštění a provozu. Na stranách, kde se nevyžaduje použití bariér na ochranu obsluhy nebo zaměstnanců nebo zařízení na provedení údržby, se předpokládá, že riziková zóna existuje a musí splňovat požadavky uvedené v kapitole 6.2.3 a na Obrázku 2.

### 6.3.3 Konstrukce

Bariérou může být vyztužený beton nebo jeho obdoba, ocelová deska s nízkým obsahem uhlíku nebo jiné vhodné materiály. Musí být konstrukčně navržena tak, aby odolala nárazu vrhaných dílů nebo úlomků, proudu kapaliny a možnému vlivu požáru. Bariéra by měla mít takové rozměry, aby chránila zaměstnance zapojené do provozu čerpadla, do údržby na sousedních zařízeních, nebo osoby pracující v oblasti nebo procházející oblastí, která by měla být rizikovou zónou čerpadla. Bariéra by se neměla instalovat příliš blízko k čerpadlům nebo způsobem, který omezuje cirkulaci vzduchu okolo čerpadla nebo který nahromaduje unikající kyslík. Její provedení musí také umožnit kontrolu čerpadla, které není v provozu včetně kontroly otáčení a údržby. U studených konců „namontovaných v jámách (šachtách)“ nebo chladicích skříních se ohrazení obsahu považuje za bariéru studeného konce, nicméně teplý konec by se měl také přezkoumat (viz kapitola 6.1.1).

### 6.3.4 Pomocné zařízení

Ruční ventily, které musí být otevřené nebo uzavřené, zatímco je čerpadlo v provozu, musí být umístěny z vnější strany bariéry nebo tak, že dřív ventilu vyčnívá skrz bariéru a tím se minimalizuje ohrožení zaměstnanců během provozu čerpadla. Všechna zařízení vyžadující manipulaci nebo pozorování za provozu čerpadla se musí umístit tak, že je operátor chráněn bariérou, zatímco provádí tyto činnosti. To zahrnuje kromě jiného chlazení ventilu, tlačítka pro spuštění/zastavení, měřidla tlaku, spínače tlaku a vypouštěcí ventil.

## 6.4 Uspořádání

### 6.4.1 Okolí čerpadla

Oblast okolo čerpadla musí být pečlivě navržena, aby napomáhala bezpečnosti kyslíku. Pro odstranění nebo provedení údržby kryogenního čerpadla je nutná přístupnost.

V bezprostřední blízkosti čerpadla je požadováno dobré větrání pro zeslabení koncentrace kyslíku a zabránění nahromadění kyslíku v nízkopoložených místech nebo klidových oblastech v blízkosti čerpadla, pokud dojde k úniku. Tam, kde je nainstalován studený konec v uzavřeném prostoru, tj. namontovaný v chladicí skříni nebo v šachtě, a má přírubové a/nebo šroubové spoje v rámci ohrazení, by měl uživatel zvážit monitorování přítomnosti unikajícího kyslíku.

Ve vzdálenosti do 4,6 m (15 stop) od každého čerpadla na kyslík by se neměl skladovat ani používat žádný jiný hořlavý materiál než maziva používaná pro pohonné jednotky čerpadla. Oblast do poloměru 4,6 m (15 stop) od čerpadla musí být vždy bez úlomků (odpadu). Ve vzdálenosti do 4,5 m od čerpadla by neměly být žádné příkopy, jámy nebo odtoky s výjimkou odtoků zkonstruovaných pro odklonění rozlité ze skladovací cisterny do bezpečné oblasti. Ve vzdálenosti o poloměru 4,6 m (15 stop) (včetně oblasti nad čerpadlem na kyslík) by se neměly nacházet žádné elektrické kabely jiné než kabely pro přístrojové vybavení čerpadla nebo motor čerpadla.

Při provedení (konstrukci) a uspořádání jiného potrubí na závodě se musí zvážit vliv na tato potrubí, pokud dojde k nějaké nehodě. Jako možné následky nehody se musí považovat jak požár, tak šrapnely. Konstrukce (provedení) musí zabránit penetraci nebo poškození potrubí souvisejícím s vysokotlakými systémy nebo systémy s velkou skladovací kapacitou (plyn nebo kapalina), pocházející z události (nehody) čerpadla. To se musí provést udržováním tohoto potrubí (s výjimkou vstupu (sání) čerpadla a odváděcího potrubí) v bezpečné vzdálenosti od čerpadla, když není potrubí chráněno dobrým hydraulickým provedením nebo jinak chráněné pomocí bariér nebo štítů. Potrubí v bezprostřední blízkosti musí být také chráněno před vlivem kontaktu s kryogenní kapalinou pomocí materiálů vhodných pro použití při nízkých teplotách nebo pomocí vhodné ochrany.

Povrch země, kde může dojít k rozlité kyslíku, musí být z anorganického materiálu, který je kompatibilní s kapalným kyslíkem. Asfalt nebo látky na bázi dehtu mohou být výbušné, když nasáknou kyslíkem. Kde se používá beton jako základna pro jakoukoli instalaci kryogenního čerpadla, je třeba dávat pozor, aby nedošlo k rozlité nebo působení studené kapaliny nebo plynů, protože tím by došlo k rozbití betonu. V této oblasti by se měl použít materiál pro dilatační spoje kompatibilní s kyslíkem a těsnivo.

Při návrhu a uspořádání čerpadla (pomocné konstrukce) by měl konstruktér zvážit to, aby konstrukční integrita nebyla ohrožena, pokud kryogenní kapalina uniká z čerpadla nebo komponentů systému čerpadla.

### 6.4.2 Umístění tlačítka pro lokální spuštění/zastavení

Existuje důkaz, že během spuštění je riziko větší. Proto by se mělo tlačítko pro lokální spuštění/zastavení nacházet ve vzdálenosti nejméně 4,6 m (15 stop) od čerpadla a ne v oblasti přímo za motorem nebo v oblasti přímo kolmo ke krytu. Pokud toto nelze provést, měla by se postavit bariéra za místo, kde mohou stát osoby, když se používá tlačítko pro spuštění/zastavení.

Tlačítko(a) pro nouzové zastavení viz kapitola 7.2.4.

### 6.4.3 Detekce prosakování těsnění

Pokud se má vizuální kontrola spoléhat na určení prosakování, uspořádání musí zajistit, že taková pozorování lze provádět bezpečně a že nápravná opatření lze provést, aniž by došlo k ohrožení zaměstnanců nebo sousedících zařízení. Když je čerpadlo umístěno vzdáleně, je nepřístupné pro vizuální kontrolu nebo se obsluhuje automaticky, je třeba poskytnout detektor (viz kapitola 7.2.1.2).

## 6.5 Potrubí

### 6.5.1 Potrubí

Sací potrubí by mělo být co možná nejkratší a rovné s minimálním počtem ohybů a mělo by být navrženo tak, aby byla zajištěna požadovaná čistá pozitivní sací výška (NPSH (net positive suction head)) udržovaná na nízkých hladinách (úrovních) kapaliny a při vysokých i nízkých průtocích.

Sací a vypouštěcí potrubí by se měla připojit k čerpadlu tak, aby nebyly překročeny výrobcem čerpadla doporučené hodnoty zatížení příruby za okolních podmínek, podmínek kryogenního provozu nebo pohotovostního stavu. Pro řízení smrštění a prodloužení potrubí kvůli teplotním výkyvům se mohou používat pružné hadice nebo vlnovce. Nicméně když se používají pružné hadice nebo vlnovce, měly by být nainstalovány tak, aby hadice nebyla napnutá, zmáčknutá nebo překroucená za provozních podmínek nebo kvůli uzpůsobení vychýlení.

Je známo, že následky závad pružných hadic nebo vlnovců mohou být vážné, zvláště když se zvyšuje tlak. Měly by se zvážit jiné prostředky pro řízení požadavků na pružnost kvůli teplotním výkyvům teploty a mechanické zátěži. U ventilů a přístrojů, které přijdou do styku s kyslíkem během normálních nebo přechodných činností.

### 6.5.2 Teplotní pojistný ventil

Každá část systému, do které se může pomocí ventilů zachytit kyslík, musí mít vhodný pojistný (odlehčovací) ventil. Teplotní pojistný ventil se musí nainstalovat tak, aby za běžných provozních podmínek nezamrzl nebo se neuzavřel do ledu.

### 6.5.3 Větrací otvory a odtoky

Potrubí musí být navrženo (zkonstruováno) tak, aby bezpečně odchýlilo kapalinu nebo plyn odtékající nebo vypouštěný během ochlazování nebo z pojistných ventilů z provozní oblasti. Měly by se odvádět tak, aby plyn nebo kapalina nezasáhly zaměstnance nebo jiná zařízení nebo nezpůsobily vznik vysoké koncentrace kyslíku.

### 6.5.4 Uzavírací ventil pro případ nouze

Porušeodolný, uzavírací ventil pro případ nouze se musí nainstalovat na sací potrubí kyslíkových čerpadel připojených k velkým objemům kyslíku [7]. Ventil by se měl automaticky uzavřít při vypnutí čerpadla nebo by měl být aktivován operátorem v případě potíží. Uživatel musí určit, pro jaký objem se ventil používá, a mít na paměti, že záměrem je vyvarovat se velkému rozliti kyslíku a následným bezpečnostním rizikům.

Mohou vzniknout okolnosti, kde více čerpadel, která mají společnou sběrnou trubku, může záviset na běžném uzavíracím ventilu sání. Například: (a), kde je vhodné vypnout obě čerpadla, pokud se jedno vypne, nebo (b), kde jsou čerpadla nainstalována paralelně a současně je pouze jedno zařízení v provozu.

Uzavírací ventil pro případ nouze, pokud není vnitřní do skladovací cisterny, se musí umístit mezi zásobník kyslíku a jak sací filtry, tak koleno, nejbližší ke vstupu (sání) čerpadla. Pokud se nainstaluje dostatečně blízko k čerpadlu tak, že by ventil mohl být kvůli požáru nebo létajícím šrapnelům nedostupný následkem nehody související buď se studeným nebo teplým koncem, měl by být chráněný bariérou.



### 6.5.5 Ruční uzavírací ventil

Mezi cisternou a každým ovládaným uzavíracím ventilem by měl být nainstalován ruční uzavírací ventil pro skladovací cisterny tak, aby ventil pro případ nouze bylo možné odstranit kvůli provedení údržby [7]. Ruční uzavírací ventily jako sací, vypouštěcí a recirkulační ventily by se měly používat v případě, kdy je nutné izolovat čerpadlo od potrubního systému.

### 6.5.6 Vstupní filtr

Vždy se musí použít odnímatelné síto/filtr, aby se minimalizoval počet částic vnikajících do čerpadla. Ideálně by měl povolit pouze průchod částic menších než je nejmenší navržená (konstrukční) mezera mezi hlavními otáčejícími se a stacionárními částmi čerpadla. Z tohoto požadavku se mohou vyloučit labyrintová těsnění hřídele, interní ložiska, štěrby mezi rotorem a hlavní částí a kvůli malé velikosti jejich mezer u některých provedení čerpadel. Velikost oka sítě se musí opatrně volit vzhledem k významu poklesu tlaku a filtrace. Rozměry běžně používaných filtrů se značně liší od 30 oček do 100 oček síta (otvor mezi 0,595 mm a 0,1490 mm [0,0234 palců a 0,0059 palců]). Filtr musí mít robustní konstrukci, musí být z jemného síťového filtračního materiálu, který je vhodně vyztužen opěrnými deskami obvykle vyrobenými z nerezové oceli nebo slitiny niklu a mědi. Filtrační síto musí být vyrobeno z vhodných materiálů, jako je nikel nebo slitiny niklu a mědi. Pro filtrační síto se nedoporučuje použít nerezová ocel. Nerezová ocel by se neměla použít u nových instalací, dokud vyhodnocení rizika nepotvrdí, že možné zdroje vznícení za stávajících podmínek čerpadla nebudou mít za následek vznícení síta z nerezové oceli.

### 6.5.7 Izolace potrubí

Tepelná izolace potrubí musí být kompatibilní pro provoz s kyslíkem.

### 6.5.8 Vypouštěcí zpětná klapka

Na výstupní trubku kyslíkového čerpadla *ve směru toku za první ohyb* se musí nainstalovat zpětná klapka. Instalace by měla zajistit, že zpětná klapka nemůže být kvůli požáru nebo odlétajícím šrapnelům neaktivní následkem nehody související buď se studeným nebo teplým koncem.

### 6.5.9 Vypouštěcí uzavírací ventil

Ve směru toku vypouštění za zpětnou klapku by se měl umístit ruční nebo automatický ventil.

## 6.6 Další pokyny

### 6.6.1 Skladování kapalin

Mimo rozsah tohoto dokumentu se musí dodržovat běžné bezpečnostní požadavky na skladování kapalin podle odpovídajících norem a jiných dokumentů EIGA. Některé z těchto norem jsou uvedeny v kapitole referencí.

### 6.6.2 Přístup pro vozidla a parkování

Pokud je to možné, neměl by být umožněn průjezd vozidel do vzdálenosti 4,6 m (15 stop) od činných kyslíkových čerpadel nebo v rizikových zónách; parkování v této oblasti musí být zakázáno kromě přívěsů, které se mají plnit. Omezení vzdálenosti 4,6 m (15 stop) se zakládá pouze na běžné praxi.

## 7 Ovladače a přístrojové vybavení

### 7.1 Všeobecné informace

Ovladače čerpadla na kapalný kyslík by měly být v souladu s dobrou konstrukční praxí, která platí pro všechna kryogenní odstředivá čerpadla. Podrobné postupy ovládání čerpadla na kapalný kyslík se mění, protože systém může mít obsluhu nebo být bez obsluhy a sekvence spuštění čerpadla může být ruční nebo automatická. Všechny ovladače čerpadla včetně zařízení pro spuštění/zastavení by měly být umístěny tak, aby zaměstnanci nemuseli vstupovat do žádné rizikové zóny, jak bylo uvedeno

v kapitole 6.2.3 pro obsluhu čerpadla. Řídicí jednotky, které nelze umístit vně rizikové zóny, a které umožňují kritické zásahy do funkce řízení, by měly být chráněny před uvolněním energie studeného nebo teplého konce čerpadla. Každý systém čerpadla na kapalný kyslík musí zahrnovat prostředky pro uzavření sání a výstupu čerpadla, jak je uvedeno v kapitolách 6.5.4 a 6.5.5.

## 7.2 Ovladače

### 7.2.1 Ovladače, hardware, činnost operátora

Navíc k běžným kryogenním ovladačům (pro kryogenní systémy) by se měly poskytnout následující ovladače, hardware a umožnit činnost operátora směřující k vypnutí čerpadla, aby se minimalizovaly škody a nebezpečné podmínky.

#### 7.2.1.1 Detekce vysokého výstupního tlaku čerpadla

Musí se zajistit detekce výstupního tlaku. Pokud čerpací systém může vyvinout výstupní tlak vyšší než maximální přípustný provozní tlak (MAWP), musí se poskytnout prostředky pro omezení výstupního tlaku vyvinutého čerpadlem. Toto zařízení se musí nainstalovat navíc k přetlakovému pojistnému ventilu nastavenému při hodnocení MAWP komponentu ovládaní systému. Příkladem takových zařízení jsou vysokotlaký vypínací ventil nebo přepouštěcí ventil.

#### 7.2.1.2 Detekce prosakování těsnění čerpadla

Musí se zajistit použití prostředků pro detekci prosakování těsnění. Je k dispozici mnoho metod včetně vizuální kontroly. U čerpadel s obsluhou během provozu, by se měla dát provést vizuální kontrola kvůli prosakování těsnění, aniž by se vstoupilo do rizikové zóny, při každém spuštění čerpadla a v pravidelných intervalech na základě historie údržby. Bezobslužná čerpadla a čerpadla, která nelze zkontrolovat, aniž by se vstoupilo do rizikové zóny, by měla mít tepelné nebo odpovídající zařízení, které automaticky detekuje prosakování těsnění, spustí alarm a může vypnout čerpadlo. Musí být zajištěno použití prostředků pro detekci snížení průtoku/tlaku systému těsnícího plynu: detekční systém může aktivovat alarm a/nebo vypnout čerpadlo.

#### 7.2.1.3 Detekce ztráty výkonu

Provoz čerpadla za stavu ztráty výkonu může mít za následek předčasné poškození těsnění a dokonce katastrofické následky. Musí být zajištěno použití prostředků pro detekci a vypnutí čerpadla za stavu ztráty výkonu čerpadla. U čerpadel s obsluhou to může být operátor. Tento systém chrání čerpadlo před neobvyklými činnostmi čerpadla jako je kavitace, provoz čerpadla bez kapaliny nebo prasklého potrubí ve směru toku a zajistí provoz čerpadla v rámci specifických mezních hodnot zařízení. Běžně používané metody zahrnují monitorování výstupního tlaku, diferenčního tlaku napříč čerpadlem, měření průtoku nebo nízkého proudu motoru. Za každý uzavírací ventil nebo filtr (sítka) ve směru toku a před čerpadlem by se měly nainstalovat sací tlakové kohouty. Výpustné tlakové kohouty musí být nainstalovány za výstupem z čerpadla a před jakýmkoliv uzavírací ventil nebo zpětnou klapku. Může být vytvořen postup pro přechodný obtok detekčního systému ztráty výkonu pro spuštění čerpadla. Za nastavení tlaku, průtoku nebo podproudu motoru odpovídá konstruktér systému. Tato nastavení musí být založena na výkonnostní charakteristice čerpadla.

#### 7.2.1.4 Detekce nadměrného průtoku

Do návrhu systému se může zapojit kontrola nadměrného průtoku čerpadla. Čerpadla se mohou poškodit kvůli silám nevysvětleným v návrhu zařízení při rychlostech průtoku, které překročily zamýšlené provedení. Čistá pozitivní sací výška (NPSH) požadovaná odstředivým čerpadlem se zvyšuje s průtokem. Při nadměrném průtoku by nemusela být dostupná NPSH dostačující pro zabránění silné kavitaci. Také může být nutné v závislosti na hydraulickém návrhu systému nainstalovat zařízení omezující průtok čerpadla, jako je regulační ventil nebo clona. Kontrolní zařízení uvedená v kapitole 7.2.1.3 se mohou integrovat do návrhu systému, který může poskytnout tuto ochranu.

### 7.2.2 Detekce rozlítí

Pro čerpací systémy ve směru toku za skladovacími velkoobjemovými cisternami na kapaliny se může zvážit instalace systému detekce rozlítí, který může automaticky aktivovat uzavírací ventil pro případ nouze v případě velkého rozlítí.

### 7.2.3 Pohony s proměnnými otáčkami

Konstruktor by měl dodržovat správnou konstrukční praxi u čerpadel vybavených pohony s proměnnými otáčkami, takže čerpadlo a přidružené komponenty systému jsou vhodně chráněny v případě překročení otáček. Musí se zajistit kontrola, jak je uvedeno v kapitole 7.2.1.1 stejně jako správně dimenzovaný přetlakový pojistný ventil.

### 7.2.4 Tlačítko(a) pro nouzové zastavení

Stanoviště tlačítka pro nouzové nastavení se musí nainstalovat na místo(a), které(á) bude obsluha a zaměstnanci údržby běžně procházet při ukončování chodu čerpadla během stavu nouze. Stanoviště tlačítka pro nouzové nastavení musí být zřetelně označené(a) a identifikované (á) u systému, který je v provozu. Pomocí tlačítka pro nouzové zastavení se musí zastavit čerpadlo a okamžitě aktivovat všechny automatické uzavírací ventily.

## 7.3 Nástroje pro údržbu a analytické nástroje

Jednotliví uživatelé by měli zvážit použití dalších nástrojů pro detekci požadavku pro údržbu, analýzu výkonu čerpadla nebo specializované použití čerpání. Běžně používané nástroje zahrnují:

- Indikace sacího tlaku čerpadla.
- Pokles tlaku na sacím filtru čerpadla.
- Počítadlo hodin chodu čerpadla pro stanovení uplynulé provozní doby.
- Provozní světlo indikující, že je čerpadlo v provozu.
- Snímání vibrací pro detekci neobvyklé funkce čerpadla.

## 8 Provoz a údržba

### 8.1 Varovná značení

#### 8.1.1 Značení rizikové zóny

Pokud je riziková zóna hlavní používanou bezpečnostní metodou instalace (viz kapitoly 6.1 a 6.2), musí se umístit varovná značení na viditelná místa tak, aby byli všichni zaměstnanci informováni o tom, že POKUD JE ČERPADLO NA KAPALNÝ KYSLÍK V PROVOZU, JE PŘÍSTUP DO VYHRAZENÝCH RIZIKOVÝCH ZÓN ZAKÁZANÝ. Přístup pro operátora k čerpadlu, které je v provozu, by měl být omezen na oblasti mimo vyhrazenou rizikovou zónu.

#### 8.1.2 Značení kyslíkového čerpadla

V blízkosti čerpadla by se mělo umístit značení, které by upozornilo všechny zaměstnance na to, že se jedná o KYSLÍKOVÉ ČERPADLO.

#### 8.1.3 Další varovná značení

Další varovná značení pro upozornění operátorů na potenciální nadměrné prosakování těsnění, atmosféru obohacenou kyslíkem/s nedostatkem kyslíku, vytvoření ledové krusty. Mohou se zvážit jiná potenciální rizika (viz kapitola 4.5).

## 8.2 Školení

Všichni operátoři čerpadla a zaměstnanci údržby musí absolvovat vhodná školení, jako základy čerpadla (hydraulické a mechanické); specifické postupy pro spuštění, provoz a údržbu; detekce anomálií (prosakování těsnění, kavitace, neobvyklé hluky ložiska/pohonu); kyslíková čistota; a bezpečnostní požadavky pro zacházení s kryogenním kapalným kyslíkem.

## 8.3 Spuštění a provoz

### 8.3.1 Písemné pracovní postupy

Pro každé čerpadlo na kapalným kyslík musí být zavedeny písemné pokyny, které definují spuštění, provoz, vypnutí a postupy pro případ nouze. Tyto pokyny musí být uchovávány na závodě ve složkách. Kopie těchto pokynů se pravidelně přezkoumávají a musí být k dispozici pro operátory čerpadla. Pokyny musí zahrnovat kromě jiného podrobné údaje týkající se následujících položek:

- Metody požadované pro stanovení, že k ochlazení došlo bez zamrznutí maziva čerpadla/ložiska motoru, a pro zvážení doporučení výrobce čerpadla.
- Předběžná opatření, která se mají dodržovat pro zajištění vhodného podchlazení kapaliny na vstupu čerpadla, aby se zamezilo kavitaci, jako minimální hladina/tlak kapaliny v cisterně.
- Vhodné pozice všech ventilů potrubního systému pro každý režim provozu (chlazení, spuštění, provoz, vypnutí, atd.).
- Metoda použitá pro kontrolu hřídele čerpadla na volnost otáčení (zahřátý a studený stav) a četnost těchto kontrol. Všechny kontroly volnosti otáčení se musí provádět pouze po provedení elektrického odpojení, uzamčení a označení motoru čerpadla. Typické metody používané pro kontrolu volnosti otáčení je otáčení hřídele čerpadla ručně, odstranění koncové kupole motoru a otáčení ventilátoru nebo hřídele motoru čerpadla, pomocí klíče na zploštěné strany hřídele čerpadla, a otvírání řemenové skříně a opatrné použití síly na řemeny. Doporučuje se, aby se volnost otáčení hřídele zkontrolovala po provedení údržby nebo po prodloužených zastaveních výroby.
- Ověření směru otáčení čerpadla na jakémkoli zařízení, kde by mohlo dojít k záměně fází přívodů motoru. Záměnu fází přívodů je možné provést po každé údržbě motoru/čerpadla, které vyžadují odpojení přívodního kabelu motoru nebo motorického rozváděče.
- Povolené provozní mezní hodnoty procesu pro zamezení poškození čerpadla. Například rozsahy povoleného průtoku nebo výstupního tlaku pro zamezení kavitace a maximální rychlost pro pohony s proměnnými otáčkami.
- Seznam běžných provozních podmínek, jako rychlost průtoku čerpadla, rychlost průtoku těsnícího plynu, výstupní tlak a zatížení motoru (Ampéry).
- Metody určení, zda čerpadlo ztrácí výkon během spuštění a běžného provozu a postupy pro zastavení čerpadla dříve, než dojde k poškození čerpadla.
- Mají se dodržovat předběžná opatření pro zastavení čerpadla, pokud jsou detekovány neobvyklé podmínky jako prosakování těsnění nebo neobvyklé hluky.

### 8.3.2 Nepřetržitě nebo prodloužené ochlazení

U čerpadel při nepřetržitě nebo prodlouženém ochlazení by se mělo zvážit následující:

- Měly by se použít prostředky pro zamezení zamrznutí maziva ložisek čerpadla. V kapitolách 5.5.2 a 5.5.3 jsou uvedeny předpoklady pro návrh (konstrukci) čerpadla pro zamezení zamrznutí maziva ložisek.

- Čerpací systémy mají potenciál hromadit nebezpečné rozpuštěné uhlovodíky v nízko položených místech v systému. Čerpadlo by se mělo pravidelně proplachovat nebo by se měl zavést program pravidelného vzorkování/analýzy pro zjištění přítomnosti uhlovodíků v nízko položených místech systému.

### 8.3.3 Přemostění ledu

Upřednostňuje se použití čerpadla navrženého pro zamezení přemostění ledu ze studeného konce přes distanční díl k teplému konci, aby se zabránilo tunelování kyslíku z prosakujícího těsnění na teplý konec. Nicméně pokud čerpadlo vytvoří silnou námrazu, musí se použít pro zmenšení velikosti ledové koule jiné metody. Příkladem jsou zastavení a odmrazení čerpadla pomocí suchého, horkého vzduchu nebo horkého plynu pro roztání ledu nebo fyzické odstranění ledu pomocí nejiskřícího nástroje. Při odstraňování ledu se musí dávat pozor na to, aby se zamezilo vzniku přetlaku nebo poškození čerpadla.

## 8.4 Vyhodnocování stavu

### 8.4.1 Vyhodnocení čerpadla

Pravidelně se musí provádět kontrola mechanického a hydraulického výkonu čerpadla. Doporučuje se zaznamenávat poznatky z pozorování nebo alespoň podrobné údaje o abnormalitách pro budoucí činnosti nebo reference. Tyto kontroly by měly zahrnovat:

- Analýzu provozních údajů.
- Ruční otáčení hřídele čerpadla pro vyhodnocení stavu ložiska nebo mechanických oděrek.
- Dle vhodnosti doplnit hladinu oleje/maziva.
- Prosakování těsnění.

### 8.4.2 Četnost vyhodnocování stavu

Četnost těchto přezkoumání (kontrol) závisí na rozsahu použití, doporučení výrobce a aktuálních provozních zkušenostech.

## 8.5 Údržba a oprava

### 8.5.1 Program údržby

Musí se vytvořit program údržby, který zahrnuje doporučení výrobce čerpadla a zkušenosti uživatelů.

### 8.5.2 Pracovní postupy oprav

U každé opravy čerpadla se musí dodržovat písemné pracovní postupy pro opravu vytvořené výrobcem.

Když se provádí na čerpadle údržba nebo oprava, musí se dodržovat systém pracovních povolení. U čerpadel nainstalovaných ve stísněných prostorech, jako jsou čerpadla obestavěná v chladicí skříní, se musí přijmout další a zvláštní předběžná opatření.

### 8.5.3 Díly

Musí se použít díly schválené pro provoz s kyslíkem, které jsou řádně zkontrolovány a vyčištěny. Viz dokument EIGA Doc 33 [2].

#### 8.5.4 Kvalifikace zaměstnanců

Veškeré údržbové práce musí provádět osoby kvalifikované na provádění oprav kyslíkových čerpadel stejně jako na postupy čištění kyslíkem.

#### 8.5.5 Záznamy

Měly by se uchovávat podrobné chronologicky vedené záznamy o veškerých provedených údržbách a opravách na čerpadle. Tyto záznamy jsou užitečné při identifikaci a diagnostice chronických potíží.

### 8.6 Filtry/stínítka

#### 8.6.1 Čištění filtrů/sítek

Pravidelně se musí kontrolovat a čistit vstupní filtry/sítka čerpadla.

#### 8.6.2 Četnost čištění filtrů/sítek

Četnost čištění závisí na úrovni znečištění přírodního (sacího) potrubí a je zvláště kritická buď po modifikacích, nebo opravách systému. Pro stanovení četnosti čištění by se mělo zvážit následující:

- Po uvedení čerpacího systému do provozu nebo modifikacích/opravách systému, by se měly kontrolovat a čistit filtr/sítka čerpadla v průběhu prvních cca 100 hodin provozu.
- Doba mezi kontrolami se může prodloužit v závislosti na zlepšující se úrovni čistoty systému nebo indikaci diferenčního tlaku nebo obou.
- Vhodnou příležitostí pro provedení kontroly poskytuje výměna čerpadla nebo jeho odstranění pro provedení údržby/opravy. Filtry/sítka by se měly vždy kontrolovat při každé výměně čerpadla, bez ohledu na dobu od předchozího čištění.

## 9 Reference

Pokud nebylo specifikováno jinak, musí platit poslední vydání.

[1] EIGA Doc 33, *Čištění zařízení pro provoz s kyslíkem. Návod*, [www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)

[2] EIGA Doc 04, *Nebezpečí vzniku požáru v kyslíkových a kyslíkem obohacených atmosférách*, [www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)

[3] ASTM G94, *Standardní návod pro vyhodnocení kovů pro provoz s kyslíkem*, ASTM International, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428. [www.astm.org](http://www.astm.org)

[4] ASTM D2512, *Standardní zkušební metoda pro kompatibilitu materiálů s kapalným kyslíkem (Prahová hodnota citlivosti k nárazu a techniky splnění-nesplnění)*, ASTM International, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428. [www.astm.org](http://www.astm.org)

[5] CGA P-11, *Návod pro metrickou praxi pro průmysl stlačeného plynu*, Compressed Gas Association, Inc., 14501 George Carter Way, Suite 103, VA 20151. [www.cganet.com](http://www.cganet.com)

[6] ASTM G63, *Standardní návod pro vyhodnocení nekovových materiálů pro provoz s kyslíkem*, ASTM International, 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19423. [www.astm.org](http://www.astm.org)

[7] EIGA Doc 127, *Velkoobjemové skladovací systémy kapalného kyslíku, dusíku a argonu na výrobních stanovištích*, [www.eiga.eu](http://www.eiga.eu)