

Bezpečné postupy u vysokotlakých kyslíkových systémů

1. ÚVOD
2. OXIDAČNÍ PLYNY
3. ZDROJE VZNÍCENÍ
4. ŘÍZENÍ POŽÁRNÍHO NEBEZPEČÍ U KYSLÍKOVÝCH SYSTÉMŮ
5. POKYNY PŘI ZASTAVENÍ PRÁCE A OPRAVÁCH
6. PŘEHLED DŮLEŽITÝCH PUBLIKACÍ O KYSLÍKU

1. ÚVOD

Návrh kyslíkového systému by měli provádět technici, kteří mají profesionální zkušenosti a znalosti v příslušných konstrukčních postupech a materiálech. V mnoha zemích jsou také dobře zavedeny normy a nařízení, které se musí dodržovat tam, kde je to vhodné.

Následující mezinárodně uznávané organizace vydaly bezpečnostní informace o kyslíku, na něž by se mělo odkazovat při návrhu (konstrukci) kyslíkových systémů.

ASTM – Americká společnost pro testování a materiály (USA)

CEN – Orgány pro standardizaci

ISO – Orgány pro standardizaci

NASA – Národní úřad pro letectví a vesmír (USA)

CGA – Asociace stlačeného plynu (USA)

EIGA – Evropská asociace průmyslových plynů (Evropa)

(Viz také odstavec 6 ohledně národních organizací, např. VBG (1a)¹, BSI (1b), NFE (1c)).

Obvykle by při každém plánování kyslíkového systému měly být k dispozici příslušné normy společnosti, které specifikují komponenty a materiály, které se mají použít, spíše než odvolání se na výše uvedené zdroje. Z toho důvodu tento dokument poskytuje pouze základní doporučení pro kyslíkové systémy.

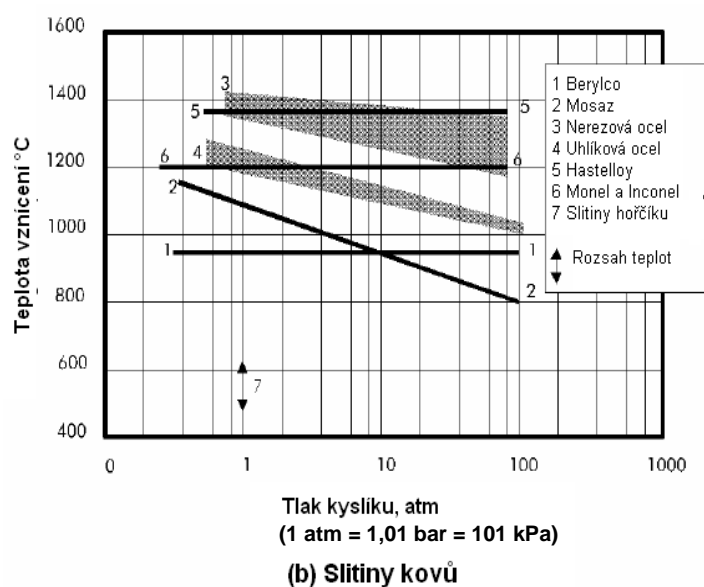
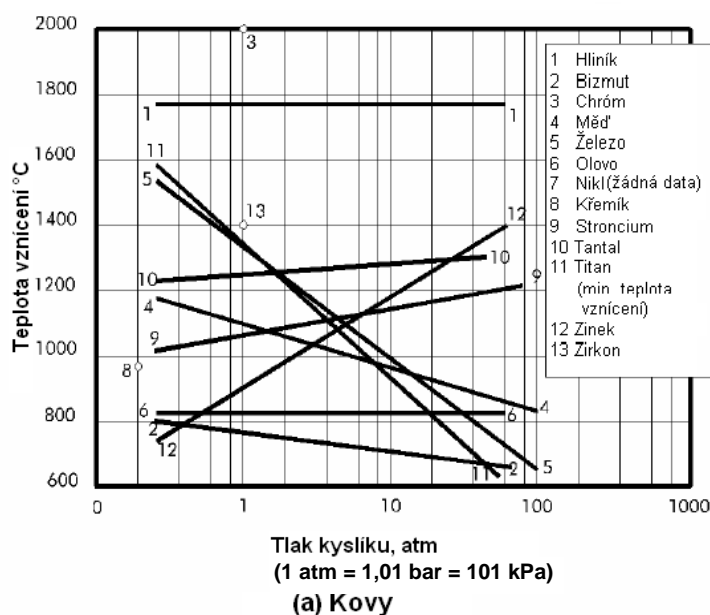
¹ Viz reference uvedené na konci dokumentu.

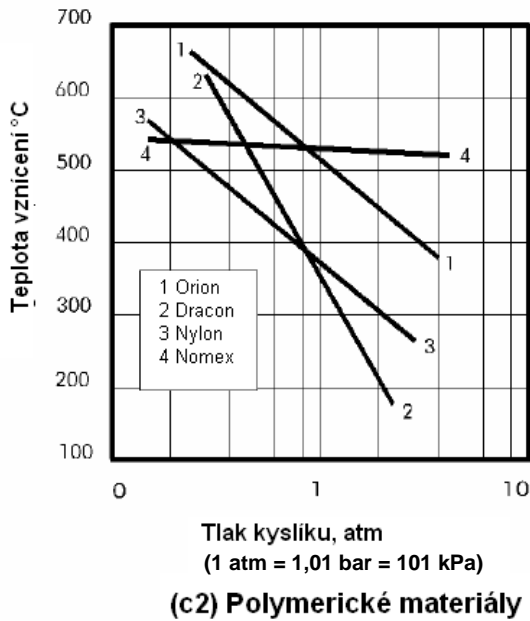
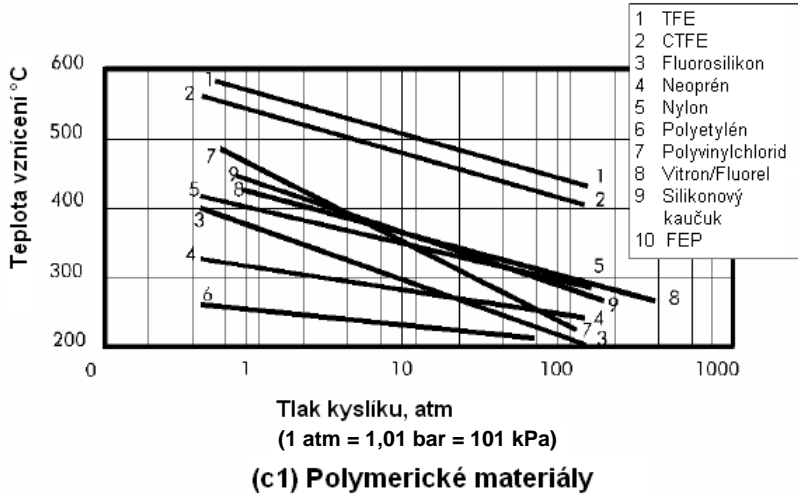
Pokud se nedodrží zavedené normy společnosti nebo tyto neexistují, poté se musí provádět další průzkum (prošetření), aby nedocházelo k nehodám. Nezapomeňte, že společnost a konstruktér systému jsou povinni zajistit, aby byly zahrnuty všechny bezpečnostní aspekty.

Rozsah a účel použití

Tyto bezpečnostní informace „Bezpečnostní postupy u vysokotlakých kyslíkových systémů“ se skládají ze všeobecných doporučení týkajících se volby komponentů a materiálů pro použití u systémů pro stlačený plynný kyslík nebo směsi kyslíku a inertních plynů, pokud směs obsahuje více než 23,5 % kyslíku (objemových) a tlak nad 30 bar. To vysvětluje hlavní příčiny požárů v kyslíkových systémech a poskytuje reference na důležité publikace o kyslíku, které by měl prostudovat technický personál, který píše normy společnosti.

V tomto dokumentu nebylo bráno v úvahu riziko toxické kontaminace ve spojení s požárem u komponentů a přívodního vedení.





Teploty vznícení materiálů jako funkce tlaku kyslíku

2. OXIDAČNÍ PLYNY

Nejběžnějším oxidačním plynem je kyslík (viz také oxidační vlastnosti ozónu, fluóru a kysličníku dusného **(2)**). Kyslík sám není hořlavý, ale podporuje spalování. Je vysoce oxidační, reaguje rázně s hořlavými materiály a rozšiřuje požár nebo výbuch, což vytváří velké množství energie v krátkém čase.

Kyslík

Jak riziko vznícení tak rychlost spalování se zvyšují s vyššími koncentracemi oxidačního plynu. Vyšší tlak má obvykle za následek nižší teplotu vznícení a zvýšenou rychlost spalování. Navíc vyšší tlak vytvoří v případě adiabatické komprese vyšší teplotu. Zvýšená teplota vytvoří také pravděpodobněji riziko vznícení, protože se snižuje množství energie, která se musí přidat ke vzniku požáru. Teploty vznícení polymerických materiálů jsou nižší než teploty kovů, a významně se snižují se zvyšujícím se tlakem. Viz tabulky na obrázku, které znázorňují přibližné teploty vznícení pro zvolené kovy, plasty a elastomery. Klasifikace materiálů, které se mají použít v kyslíkových systémech, viz zkušební organizace a regulační úřady podle odstavce 6.

S dostatečným tlakem a energií vznícení mohou téměř všechny látky v čistém kyslíku hořet, včetně látek, které nejsou obvykle považované za hořlavé, např. kovy (porovnejte s řezáním kyslíkem). Náhodné vznícení kovů v kyslíku běžně vyžaduje zapalovací řetězec, tj. vznícení nečistot nebo nekovových materiálů, jako jsou měkké těsnicí vložky ve ventilech, těsnicí O-kroužky atd. Organické látky např. oleje a mazadla se vznítí velmi snadno a mohou fungovat jako zdroj vznícení pro jiné materiály, které se vzněcují obtížně.

Směsi plynů obsahující kyslík

U směsí plynů obsahujících 21-23,5 % (objemových) kyslíku se musí vzít v úvahu oxidační vlastnosti s ohledem na požadavky na mazadla, těsnicí materiály a čištění. U koncentrací kyslíku překračujících 23,5 % mohou platit stejná pravidla jako pro kyslík **(3)**.

3. ZDROJE VZNÍCENÍ

- Jednoduché nebo opakované násilné tlakové rázy (teplo z adiabatické komprese).
- Nadměrná rychlost plynu v potrubích nebo komponentech.
- Nárazy částeček.
- Tření mezi pohybujícími se a stabilními díly (např. zablokovaný ventil, hrubé zacházení s ventilem, energie otěru a tření).
- Rezonance (přestože není u průmyslových aplikací běžná).
- Elektrický oblouk (včetně statické elektřiny nebo blesku).
- Kontaminace např. mazadlem nebo olejem v kombinaci se vznícením (řetězcem vznícení).

Energie vznícení u kyslíkových systémů často pochází z adiabatické komprese. Např. na stanovištích zákazníka by měly být otvírány vysokotlaké lahve proti regulátorům nebo uzavřenému potrubí a hadicím **(4)** pomocí speciálních koncových hlavic s dobrým odvodem tepla. Adiabatická komprese může být také problémem na plnicích stanicích, protože je zde možnost připojení vrácených lahví při plném tlaku k plnicímu potrubí nebo obsluha ventilů ve špatném pořadí. Hadice má přípojky na obou koncích, jež by měly být zkonstruovány pro pohlcování kompresního tepla stejným způsobem, jako to činí příčné spojky používané u hadic pro vyprázdnění potrubí. Tlakovým rázům se může zabránit nepoužíváním ventilů, které se rychle otevírají, jako např. kulové ventily, a ty by se měly vždy otevírat pomalým otevíráním ručních nebo samočinných ventilů.

4. ŘÍZENÍ POŽÁRNÍHO NEBEZPEČÍ U KYSLÍKOVÝCH SYSTÉMŮ

Bezpečná filozofie návrhu (konstrukce) kyslíkových systémů:

Žádný systém nebude bezpečný, pokud se nepoužijí vhodné materiály a bezpečné komponenty: tj. materiály a komponenty, které mají bezproblémovou historii v provozu s kyslíkem nebo které byly řádně testovány a byly příslušně schváleny uznávanou zkušební organizací.

Žádný komponent nebude bezpečný, pokud není zkonstruován, vyroben a testován podle postupů, které zajišťují bezpečný provoz v provozu s kyslíkem.

Konstrukční pravidla a materiály nelze zvolit, pokud nejsou k dispozici vědomosti o kompatibilitě s kyslíkem, konstrukci systému a zkušební metody.

Materiály musí být vyčištěny a uchovávány čisté, aby se zajistilo, že nedojde ke kontaminaci s hořlavými materiály nebo látkami, které nejsou kompatibilní s kyslíkem.

Snížení nebezpečí požáru u kyslíkových systémů zahrnuje řízení mechanismu vznícení a šíření požáru. Například je důležité, aby bylo teplo odváděno z reakční zóny. Množství nekovového materiálu by mělo být udržováno malé, a musí být dobře usazené v okolním kovu kvůli vodivosti (odvodu) tepla.

Systém nebo komponenty musí být vyčištěny pro provoz s kyslíkem, tj. neznečištěny např. uhlovodíky. Měla by se používat pouze testovaná (5) a schválená mazadla v co nejmenším možném množství. Systém musí být zkonstruován na ochranu operátorů v případě požáru např. pomocí štítů (panelů) před ventily a jiných komponentů nebo pomocí dálkově ovládaných ventilů z bezpečné vzdálenosti.

Technické pokyny vyžadují výběr materiálu:

Kovové materiály:

Hliník a slitiny hliníku včetně *hliníkové bronzi* se nesmí běžně používat u potrubí nebo jiných komponentů, které byly v historii zdrojem vznícení, např. u regulátorů, ventilů atd. Hliníková těsnění musí být dobře zabudovaná. Nicméně hliník je považován za vhodný materiál pro plynové lahve, odpařovače atd.

Potrubí a komponenty:

Výběr kovových slitin pro potrubní systémy závisí na tlaku, rychlosti a konfiguraci potrubí (průtok s nárazy a bez nárazů). Návod pro výběr materiálů poskytnou místní úřady, a je uveden v dokumentu IGC Doc 13/XX.

Pro ventily, kde dojde pravděpodobněji ke vznícení, se upřednostňují materiály jako měď, slitiny mědi (např. mosaz, cínový bronz, Monel), nikl atd. u vysokotlakých kyslíkových systémů, tj. nad 30 bar. Hliníkové bronzi s vyšším obsahem hliníku >2,5 % by se neměly používat bez zvláštního posouzení odborníky. Specifický návod pro výběr materiálu ventilu je uveden v dokumentu IGC Doc 13/XX.

Základním požadavkem je čistota. Části ze slitiny mědi nebo podobného materiálu by se měly vložit tam, kde se očekává, že dojde k nárazu částic, tlakovému rázu nebo nadměrným rychlostem.

Mělo by se vyvarovat použití interních dílů tenkých částí vyrobených z nerezové oceli zvláště tam, kde může dojít k adiabatické kompresi a kde jsou přítomny nekovové materiály nebo materiály, které se snadno vznítí.

Nekovové materiály:

Upřednostňuje se použití materiály s vysokou teplotou vznícení a nízkým spalným teplem (uvolněná energie)

Dobrý návrh (konstrukce) může účinně snížit pravděpodobnost vzniku požáru.

Při výběru těsnícího média jako první volbu použijte kovové nebo anorganické materiály, které nejsou hořlavé v ovzduší s kyslíkem. Organické materiály musí být testovány a schváleny před použitím za aktuálních provozních podmínek. Přehled zkoušek a organizace testování, které se používají, viz kapitola 6.

Správná praxe při návrhu (konstrukci) a stavbě kyslíkových systémů:

Při plánování nebo práci u vysokotlakých kyslíkových systémů si vždy buďte vědomi velkého rizika reakce mezi kyslíkem a nesprávnými nebo kontaminovanými materiály. Požár často způsobí intenzivní poškození. Proto by mělo být splněno následujících pět konstrukčních pravidel, stejně jako definování bezpečných provozních postupů.

1. Používejte pouze materiály a schválené produkty kompatibilní s kyslíkem. Při výběru materiálů a rozměrů je nutné vzít v úvahu rychlost průtoku tlakového plynu a konfiguraci potrubí **(8)**.
2. Komponenty by se měly používat pouze za podmínek (tlak, směr průtoku), pro které byly testovány a schváleny. Pro ventily až do 25 mm jsou k dispozici testovací údaje „vyhoření“ a schválení **(9)**. Přehled zkoušky „vyhoření“ viz kapitola 6.2.
3. Potrubí a jiné komponenty používané v provozu s kyslíkem musí být vyčištěny a zbaveny mazadla pomocí vhodného rozpouštědla a postupu. Pískování bez oleje se může použít pro interní čištění potrubí z uhlíkové oceli. Všechny nebezpečné stopy rozpouštědla se musí odstranit před vpuštěním kyslíku. Dobrou praxí je provést čištění před montáží kyslíkového systému a zabránit vniknutí nečistot během prací. Kyslíkové zařízení by mělo být před uvedením do provozu testováno na čistotu.
4. Cizí částice jako okuje, rez, špína a kousky PTFE pásky, třísky a kapky svaru se musí před spuštěním systému pečlivě odstranit. Částice se musí co nejrychleji zachytit ve filtrech a nesmí se povolit přenos z jedné části systému na druhou. Tyto filtry se musí po čištění před povolením napuštění kyslíku do systému vyčistit (vyměnit). Dobrou volbou pro systémy, které pracují při poněkud vysokých tlacích, např. při plnění lahví nebo vyprazdňování potrubí, je spěkaná bronz. Je třeba dávat pozor s ohledem na tloušťku materiálu. Některé materiály, které nebudou hořet v provozu s kyslíkem při obvyklé tloušťce, mohou být hořlavé, pokud je jejich tloušťka velmi malá, např. filtrační síto.
5. Přestože nezkapalněné (permanentní) plyny nezpůsobí elektrostatický výboj, plnicí potrubí, hadice a přípojky k ventilu plynové lahve se musí připojit k zemnicí propojce závodu (uzemnění) **(10)**, aby se zabránilo internímu elektrostatickému výboji a jiskrák. Důvodem je, že je velmi obtížné vyvarovat se cizím částicám, zvláště pokud se používá některé zařízení pro vyprazdňování lahví. Cizí částice v proudu plynu zvyšují riziko elektrostatického výboje, např. plast ve vnitřní trubce oceli opředené pružné hadice **(11)**.

5. POKYNY PŘI ZASTAVENÍ PRÁCE A OPRAVÁCH

Během opravy kyslíkových systémů se musí vzít v úvahu nebezpečí obohacení kyslíkem a zranění kvůli požáru. Všechny práce prováděné ve stísněných prostorech se musí řádně naplánovat a dozorovat, aby po pročištění nedocházelo k příliš vysoké koncentraci kyslíku nebo jeho nedostatku. Před svařováním nebo řezáním na kyslíkovém potrubním systému se musí vypnout přívod kyslíku, a pokud je to možné, zaslepit příruby a uvolnit jejich tlak. Nelze spoléhat pouze na jeden uzavírací ventil. Musí se zvážit dvojité oddělovací a odvzdušňovací ventil. Potrubní část se musí pročišťovat inertním plynem nebo vzduchem, dokud neklesne koncentrace kyslíku na 21 %. Nezapomeňte, že během řezání mohou začít hořet velmi zkorodované potrubní systémy, dokonce i když byly pročištěny inertním plynem. Udržujte čistotu kyslíkových systémů pomocí nástrojů bez mazadla atd.

Riziko obohacení kyslíkem nebo ztráty kyslíku během údržby a pročišťování je popsáno v následujících IGC dokumentech:

004/XX	Nebezpečí požáru kyslíku a kyslík
044/XX	Nebezpečí nedostatku kyslíku
040/XX	Pracovní povolení
033/XX	Čištění zařízení pro provoz s kyslíkem

6. PŘEHLED DŮLEŽITÝCH PUBLIKACÍ O KYSLÍKU

Použitá metoda, postup nebo praxe	Zkušební organizace/regulační úřad BAM ¹⁾ /VBG ²⁾ ASTM ³⁾ /NFPA ⁴⁾	Jiné zkušební organizace nebo normy např. NASA ⁵⁾ , BSI ¹⁰⁾ , DIN ⁷⁾ , jiné ¹⁴⁾	
1. Pneumatická rázová zkouška (PIT) materiálů – GOX ⁵⁾	Hlavní zkušební metoda, viz „seznam“ ⁶⁾	G74 Standardní zkušební metoda	
2. Pneumatická rázová zkouška komponentů, např. ventilů, regulátorů atd. – GOX. (Zkouška vyhoření)	Hlavní zkušební metoda. Podmínky pro „schválení“ ⁶⁾	G74 Standardní zkušební metoda se může také použít pro komponenty	TRG (DIN) ⁷⁾ , DIN 8546, DIN 8545, TRG770 Příloha 1 ISO 2503 ⁸⁾ EN 849-CEN/TC 23SC 2N 138 ⁹⁾
3. Teplota samovznícení (AIT) – GOX (vysoký tlak)	volitelné	G72 Standardní zkušební metoda	BS 4N 100-2: 1999 (Bomb test) ¹⁰⁾ NF E 29-763/94 ¹¹⁾ ISO TC 58/WG7, Kompatibilita s kyslíkem
4. Index kyslíku (OI)	volitelné	D2863 Standardní zkušební metoda	ISO 4589-1984 (DIN 22117) Standardní zkušební metoda
5. Spalné teplo (HoC)	volitelné	D4809 Standardní zkušební metoda	DIN 51900
6. Mechanická rázová zkouška – LOX ⁵⁾ (MIT-LOX)	volitelné	D2512 Standardní zkušební metoda	BS 4N 100-2:1999 (Stroj pro rázovou zkoušku Lox)
7. Návrh (konstrukce) systémů pro provoz s kyslíkem (kyslík)	Nařízení/VBG 62	G88 Standardní návod G63, G94 (vyhodnocení materiálů)	IGC ¹²⁾ Doc 13/XX BS 4N 100:2 1999 NASA ⁵⁾ (např. SP 3090, 8060)
8. Metody čištění pro materiály a zařízení v provozu s kyslíkem	Nařízení/VBG 62	Norma G93	IGC Doc 33/XX CGA prospekt G-4.1 – 1996
9. Nebezpečí požáru v kyslíkem obohacených atmosférách		NFPA příručka (53 M 19909)	IGC Doc 04/XX
10. Kompatibilita s kyslíkem u nekovových materiálů		BAM VBG 62	ASME

Poznámky

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) BAM – „Spolkový ústav pro výzkum materiálů a testování“, Německo | 8) ISO – Mezinárodní organizace pro standardizaci |
| 2) VBG – „Bezpečnostní předpisy profesního sdružení pro chemický průmysl“ | 9) CEN – Evropský výbor pro standardizaci |
| 3) ASTM – Americká společnost pro testování a materiály, USA | 10) BSI – Britský normalizační institut
BS – Britská norma |
| 4) NFPA – Národní asociace pro protipožární ochranu, USA | 11) NFE – Francouzská norma |
| 5) NASA – Národní úřad pro letectví a vesmír, USA | 12) EIGA/IGC – Evropská asociace průmyslových plynů/Rada pro průmyslové plyny (Doc 13/XX) |
| 6) Seznam nekovových materiálů – BG chemie (viz pozn. 2). Zkušební výsledky provádí BAM. | 13) CGA – Asociace stlačených plynů, USA |
| 7) DIN – „Německý institut pro normalizaci“
TRG – „Technická pravda pro stlačené plyny“ (DIN) | 14) a) Air Liquide, Zkušební středisko, Francie
b) DNV, Norsko
c) Wendall Hull Associates, USA |

Ref. V textu dokumentu najdete následující reference:

- (1a) VBG - Bezpečnostní předpisy profesního sdružení pro chemický průmysl (Německo)
- (1b) BSI - Britský normalizační institut (Spojené Království)
- (2) Stejná pravidla platí v podstatě pro systémy oxidu dusného jako pro kyslík. Oxidační reakce s oxidem dusným uvolňuje více tepla než kyslík. Na druhé straně reakce oxidu dusného vyžadují vyšší aktivační energii, proto je obtížnější je vznítit. Může docházet k prudkým reakcím po spuštění vznícení, protože oxid dusný se může rozkládat. Nesmí se provádět práce v nadměrných teplotách na žádném zařízení pod tlakem nebo na zařízeních, která nebyla pročištěna (také porovnejte s vlastnostmi rozkladu ozónu).
- (3) Reference: ASTM G88-84, „Atmosféra obohacená kyslíkem“
- (4) Reference IGC Doc. 42/XX „Prevence proti poškození hadic u vysokotlakých plynových systémů“.
- (5) Seznam mazadel kompatibilních s kyslíkem, který připravila společnost BAM v Německu, „Seznam nekovových materiálů“, lze objednat u Jedermann-Verlag KG – č. faxu +49 6221-278 70.
- (6) (nepoužito)
- (7) (nepoužito)
- (8) Ref. IGC Doc 13/XX Přeprava a distribuce kyslíku potrubím.
- (9) Nesmí se vždy spoléhat na označení kompatibility s kyslíkem od výrobců ventilů. V případě pochybností zkontrolujte protokol o zkoušce od zkušební organizace.
- (10) Ref. ASTM G 88-84.
- (11) Změřený odpor 10 MΩ nebo menší zabrání elektrostatickému výboji např. potrubí nebo hadice.

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 neuzná v této souvislosti jakoukoliv odpovědnost.

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