

Wydanie z 01.2018  
Rewizja nr 2

# Wytyczne bezpiecznego postępowania <sup>1</sup>

## Postępowanie z gazami schłodzonymi, skroplonymi (kriogenicznymi)



### 1. Uwagi wstępne

Niniejsze wytyczne zawierają rekomendacje oparte o praktyczne doświadczenia uzyskane w trakcie wielu lat postępowania z gazami silnie schłodzonymi (kriogenicznymi). Wytyczne nie zastępują jakichkolwiek obowiązujących wymagań prawnych.



Gaz lub ciecz jest w stanie silnie oziębionym (kriogenicznym), jeśli jego temperatura jest poniżej jego temperatury wrzenia. W poniższej tabeli ujęto te gazy, które są często stosowane w stanie silnie oziębionym.

### 2. Ogólne informacje o gazach skroplonych

Gdy gaz jest wystarczająco schłodzony, skrapla się i przechodzi w ciecz, która po dostarczeniu ciepła może przejść z powrotem w gaz. Tak, więc określenie „gaz schłodzony, skroplony” może określać fizyczny stan skupienia skroplony lub gazowy, zależny z reguły od jego temperatury.

Właściwości chemiczne gazów skroplonych, silnie schłodzonych są zasadniczo takie same, jak w temperaturze otoczenia. Dodatkowo należy uwzględnić **właściwości fizyczne** wynikające z ich niskiej temperatury. Z tych właściwości wynikają dodatkowe środki bezpieczeństwa, które muszą być przestrzegane w następujących przypadkach przy postępowaniu z tymi gazami.

- Kontakt: Bezpośredni kontakt z cieczami o niskiej temperaturze może powodować odmrożenia, lub poparzenia zimnem. W szczególności rozpryski cieczy mogą uszkodzić oczy.
- Kontakt z wyposażeniem: Rurociągi zawierające gazy kriogeniczne są bardzo zimne.

**Właściwości fizyczne niektórych gazów kriogenicznych**

		tlen	azot	Argon	wodór	hel	LNG	Ditlenek węgla
1	Symbol chem.	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	H <sub>2</sub>	He	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
2	Temp. wrzenia przy 1013 mbar w (°C)	-183	-196	-186	-253	-269	-161	-78,5 *)
3	Gęstość cieczy przy 1013 mbar w (kg/l)	1,142	0,808	1,40	0,071	0,125	0,42	1,178 **)
4	Gęstość gazu przy 15°C, 1013 mbar w (kg/m <sup>3</sup> )	1,34	1,17	1,67	0,084	0,167	0,72	1,85
5	Względna gęstość do powietrza przy 15°C, 1013 mbar	1,09	0,95	1,36	0,0685	0,136	0,55	1,51
6	Ilość gazu powstającego z 1l cieczy w (l)	853	691	839	845	749	587	632

\*) temperatura sublimacji

\*\*\*) przy 5,18 bar

Wydanie z 01.2018  
 Rewizja nr 2

## Wytyczne bezpiecznego postępowania **1** Postępowanie z gazami schłodzonymi, skroplonymi (kriogenicznymi)



Nieosłonięte lub nieodpowiednio chronione części ciała będąc w kontakcie z nieizolowanym rurą, osprzętem lub naczyniem zawierającymi ciecz kriogeniczną mogą przywrzeć ze względu na zamrażanie wilgoci. Nie należy wykonywać gwałtownych prób oderwania „przyklejonych” części ciała lub ubioru, ponieważ może dojść do wyrwania części ciała. Noszenie wilgotnych ubrań jest zakazane przy pracach z cieczami kriogenicznymi z powodu możliwości przymarznięcia do elementów instalacji.



- Kruchość: materiały takie jak większość tworzyw sztucznych, stal konstrukcyjna stają się bardzo kruche w niskich temperaturach.

### 3. Środki ostrożności

Środki ostrożności podane w niniejszym rozdziale stosuje się do wszystkich silnie schłodzonych gazów. Należy stosować je łącznie ze środkami bezpieczeństwa podanymi w kartach charakterystyki gazów oraz w innych mających zastosowanie *Wytycznych bezpiecznego postępowania*, np. *Atmosfery zubożone w tlen*, *Atmosfery wzbogacone w tlen*.

#### 3.1 Środki ochrony osobistej

Środki ochrony osobistej chronią przed kontaktem z silnie schłodzonymi gazami, cieczami lub nieosłoniętymi elementami instalacji i urządzeń. Odzież powinna być czysta, sucha i wykonana z naturalnych włókien. Nie powinna być ona zbyt ciasna, co pozwala na szybkie jej

zdjęcie, po obłaniu się oziębioną cieczą. Ramiona i nogi muszą być całkowicie zakryte. Nie należy używać odzieży z otwartymi kieszeniami, rozciętymi nogawkami lub rękawami. Nie należy wpuszczać nogawek spodni do cholewek butów.



Gdy wykonuje się pracę przy zimnych częściach instalacji lub zachodzi możliwość opryskania należy nosić dobrze izolujące rękawic wykonane z suchych, odpornych na pęknięcie w niskich temperaturach materiałów (np. skóra, Kevlar®). Rękawce powinny być dopasowane, ale dające się szybko zdjąć, w przypadku przedostania się do środka silnie oziębionej cieczy. Nie należy stosować rękawic z długimi mankietami, gdyż ułatwiają one przedostanie się cieczy kriogenicznej do wnętrza.

Jeśli istnieje zagrożenie opryskania oczu silnie oziębioną cieczą, należy używać osłony na twarz, np. przy przelewaniu kriogenicznej cieczy, przyłączaniu lub odłączaniu węży lub zanurzaniu przedmiotów w cieczy. Okulary lub gogle nie dają wystarczającej ochrony.

Przy pracy z silnie oziębioną cieczą należy nosić buty ochronne. Przy pracy z kriogenicznymi gazami palnymi (np. z ciekłym wodorem, LPG, LNG) należy nosić buty na podeszwie przewodzącej (tzw. antystatycznej).

Wydanie z 01.2018  
 Rewizja nr 2

## Wytyczne bezpiecznego postępowania **1** Postępowanie z gazami schłodzonymi, skroplonymi (kriogenicznymi)



Aparaty oddechowe mogą być wymagane, gdy parujący skroplony gaz zubaża atmosferę w tlen atmosferyczny (szczegółowo: *Wytyczne bezpieczeństwa – Atmosfery zubożone w tle*).

### 3.2 Szczególne zalecenia przy pracy z gazami skroplonymi, silnie oziębionymi.

Gazy skroplone, schłodzone są w stanie wrzenia pod ciśnieniem atmosferycznym. Przy przelewaniu gazów skroplonych do otwartych (bezcisnieniowych) naczyń mających temperaturę otoczenia, początkowo wrzenie gazu gwałtownie przybiera na sile, aż naczynie ulegnie schłodzeniu. W tym czasie powstaje duża ilość frakcji gazowej gazu, zawierająca także ciecz, która wydostaje się na zewnątrz. Podobne zjawisko powstaje, gdy w skroplonych gazie zostanie zanurzony jakiś przedmiot. Gdy naczynie lub przedmiot osiągną temperaturę ciekłego gazu parowanie gazu przebiegać będzie łagodniej, choć gaz skroplony pozostanie w stanie wrzenia. Otaczająca naczynie temperatura sprawia, że cały czas skroplony gaz zmienia swój stan skupienia i ciecz przechodzi w gaz, wydostaje się poza naczynie (zbiornik) jeżeli jest ono otwarte (np. Dewar). Jeżeli zbiornik jest zamknięty, ciśnienie w jego wnętrzu będzie rosło. Im lepsza jest izolacja zbiornika, tym wolniejszy jest wzrost ciśnienia.

Z jednego litra skroplonego gazu skroplonego powstają znaczne ilości substancji w fazie gazowej (patrz tabela na stronie 1). Na stanowiskach pracy, gdzie używane są gazy kriogeniczne w naczyniach bezcisnieniowych (otwartych), wymagana jest wystarczająco efektywna wentylacja, która jest w stanie odprowadzić, co najmniej powstały przez odparowanie gaz. Wystarczająca wentylacja powinna zapobiegać znaczącej zmianie stężenia tlenu w otoczeniu: wzrost zawartości tlenu z jego normalnej zawartości 21% obj. do ponad 23% obj., zwiększa zagrożenie pożarem. Dlatego schłodzony, skroplony tlen nie może być przechowywany w otwartych naczyniach.

Gazy skroplone podane w tabeli na stronie 1 nie mogą spowodować zatrucia, gdyż nie są toksyczne. Mogą one (oprócz tlenu) jednak spowodować obniżenie zawartości tlenu w powietrzu, co przy stężeniach poniżej 15% może prowadzić do uduszenia. Należy pamiętać, że ditlenek węgla w niskich stężeniach może prowadzić do poważnych zaburzeń oddychania. Stężenia ditlenku węgla ponad ok.

20% powodują śmierć w ciągu kilku sekund. Pomijając zagrożenie pożarowe, stężenia tlenu ponad 23% nie są niebezpieczne. Dalsze informacje na ten temat znajdują się w *Wytyczne bezpieczeństwa – Atmosfery zubożone w tlen* oraz *Wytyczne bezpieczeństwa – Atmosfery wzbogacone w tlen*.

Przebywanie w powietrzu schłodzonym przez kriogeniczne gazy, może prowadzić do wyziębienia organizmu. Wdychanie zimnego powietrza może doprowadzić do zmrózenia dróg oddechowych, w tym płuc.

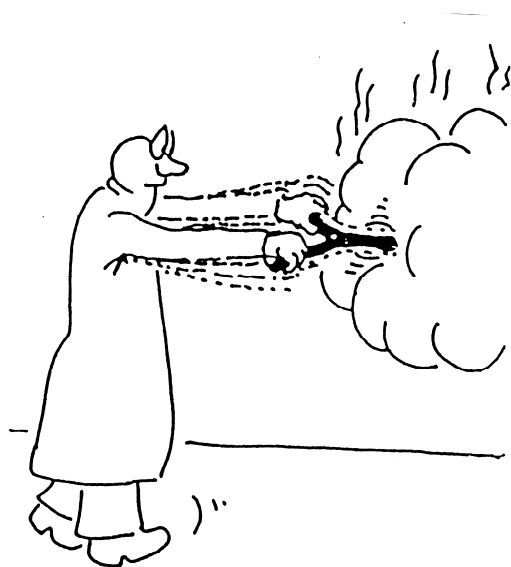
Gdy zimny gazy miesza się z powietrzem, może tworzyć się mgła w wyniku kondensacji wilgoci pod wpływem niskiej temperatury. Jeśli wyciek gazu jest większy, powstała mgła może utrudnić widoczność i orientację.



Należy zauważyć, że również poza obszarem zamglenia należy się liczyć z wyraźną zmianą składu powietrza.

Wydanie z 01.2018  
 Rewizja nr 2

## Wytyczne bezpiecznego postępowania **1** Postępowanie z gazami schłodzonymi, skroplonymi (kriogenicznymi)



Wszystkie podane w tabeli na stronie 1 gazy są w temperaturze wrzenia znacznie cięższe od powietrza. Tam gdzie istnieje możliwość uwolnienia znacznych ilości gazów schłodzonych, skroplonych nie może być żadnych kanałów bez zamknięć cieczowych, otwartych okien do piwnic lub otworów prowadzących do niżej położonych przestrzeni, kanałów itp. Cięższe gazy mogą gromadzić się w niżej położonych przestrzeniach, gdzie może powstać ryzyko uduszenia lub powstania pożaru. Przy pracy z gazami obojętnymi (np. z azotem, argonem, helem, CO<sub>2</sub>) nie ma zagrożenia pożarem. Gazy te mogą nawet być stosowane do gaszenia pożarów. Zagrożenie pożarem lub wybuchem może powstać wtedy, gdy wycieknie palny gaz skroplony (np. skroplony wodór, LNG), ulegający odparowaniu i tworzący z powietrzem mieszaninę wybuchową. Z tego powodu wydajna naturalna lub wymuszona wentylacja jest bezwzględnie konieczna.

Tlen, choć sam niepalny, wzmacnia spalanie. Materiały, które w normalnej atmosferze są trudno palne, mogą być palne w powietrzu wzbogaconym w tlen lub w samym tlenie. Jeśli

zostaną one zapalone, spalanie przebiega szczególnie intensywnie (szczegóły: *Wytyczne bezpieczeństwa – Atmosfery wzbogacone w tlen*).



Przy pracy ze wszystkimi gazami kriogenicznymi, których temperatury są niższe od temperatury wrzenia tlenu (patrz tabela na stronie 1, wiersz 2) istnieje zagrożenie kondensacją tlenu atmosferycznego, co może doprowadzić do miejscowego wzbogacenia w tlen (szczegóły: *Wytyczne bezpieczeństwa – Atmosfery wzbogacone w tlen*).

Materiały, które mogą wejść w kontakt z gazami skroplonymi, muszą być odpowiednie do zastosowań w niskich temperaturach, tj. w niskich temperaturach nie mogą pękać. Odpowiednimi materiałami są np. miedź, stal austenityczna, niektóre stopy aluminium i specjalne tworzywa sztuczne.

Jeśli ciecz kriogeniczna może zostać zamknięta między dwoma zaworami, odcinek między nimi powinien zostać zaopatrzony w zawór redukujący ciśnienie o wystarczającej średnicy. Pozostająca ciecz ogrzewa się i paruje, a ciśnienie w rurociągu rośnie. Bez możliwości redukcji ciśnienia, może dojść do uszkodzenia rurociągu. Przed wprowadzeniem skroplonych gazów kriogenicznych do aparatów, zbiorników, rurociągów, armatury, muszą zostać one dokładnie wysuszone. Oziębione gazy doprowadziłyby w przeciwnym wypadku do wymrożenia **wilgoci**, co mogłoby zakłócić funkcjonowanie np. zaworów bezpieczeństwa, manometrów, itp.

Wydanie z 01.2018  
 Rewizja nr 2

## Wytyczne bezpiecznego postępowania **1** Postępowanie z gazami schłodzonymi, skroplonymi (kriogenicznymi)



Należy także pamiętać, że każdy materiał kurczy się, gdy zostaje oziębiony. Stopień skurczenia się zależy od materiału i od obniżenia temperatury. Zróżnicowana kurczliwość różnych materiałów, może prowadzić do wycieków lub pękania np. na połączonych śrubami kotłowniach lub innych połączeniach.

### 4. Ochrona środowiska

Gazy wymienione w tabeli na stronie 1 (za wyjątkiem wodoru i LNG) są obecne w atmosferze w różnych ilościach. Mała ilość skroplonego gazu, która wyparuje do atmosfery nie powoduje jej zanieczyszczenia. Nieumyślne rozlanie gazu skroplonego nie powoduje jego nagromadzenia się w gruncie, gdyż ciecz szybko odparuje nie wnikając lub wnikając w niewielkim stopniu w podłoże. Powstałe lokalne przemarznięcie podłoża nie powoduje trwałego uszkodzenia gleby.

### 5. Pierwsza pomoc

Gdy ktoś zostanie narażony na kontakt z gazem schłodzonym, skroplonym, należy:

- przenieść poszkodowanego w bezpieczne, ciepłe miejsce, jednak nie stosować bezpośredniego ogrzewania,



- wezwać pogotowie ratunkowe, przygotować poszkodowanego do transportu: położyć ubranie, aby nie

utrudniało dopływ krwi do miejsc mających kontakt z gazem skroplonym

- splukiwać narażone miejsca dużą ilością letniej wody



**NIE UŻYWAĆ GORĄCEJ WODY LUB BEZPOŚREDNIEGO DZIAŁANIA ŹRÓDŁEM CIEPŁA!**

- założyć na narażone miejsce sterylny opatrunek, nie stosować zbyt mocnego mocowania, które mogłoby utrudniać przepływ krwi.

- przyjmij założenie, że poszkodowany jest w szoku,

- nie próbuj ściągać odzieży z miejsc narażonych, gdyż może przylegać do ciała,

### 6. Uwagi końcowe

Bezpieczne postępowanie ze schłodzonymi, skroplonymi gazami jest możliwe tylko wtedy, gdy znane są ich specyficzne własności, a postępowanie z gazem odbywa się z ich świadomością. Nieodpowiednie obchodzenie się z gazami kriogenicznymi może prowadzić np. do odmrożeń. Własności silnie schłodzonych, skroplonych gazów są dobre lub złe. Podstawą jest znajomość fizycznych i chemicznych właściwości gazów i stosowanie ich w bezpieczny sposób.