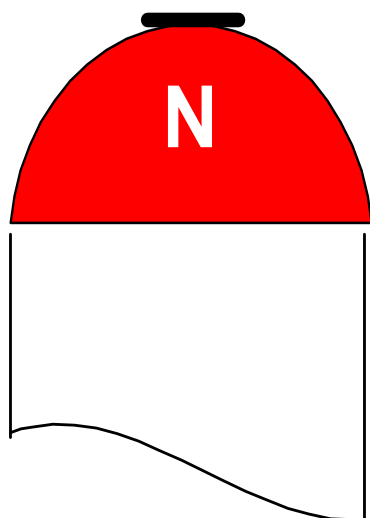


Řada: informace, normy, předpisy

## Vodík



# Vodík

Zpracoval: Ing. Vít Tuček  
Ing. Ludmila Dvořáková  
Jiří Hanzal

Odborná spolupráce: ČATP – PS- 4

Praha, červenec 2004

## **Obsah**

### **1. Úvod**

### **2. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci**

#### **2.1 Nebezpečí exploze**

#### **2.2 Zdravotní účinky**

### **3. Výroba vodíku**

#### **3.1 Elektrolytický rozklad vody**

#### **3.2 Steamreforming**

#### **3.3 Parciální oxidace**

### **4. Kvalitativní požadavky**

### **5. Nádoby k přepravě a skladování vodíku**

#### **5.1 Tlakové lahve a svazky tlakových lahví**

#### **5.2 Velkokapacitní zásobníky**

#### **5.3 Kapalný vodík**

### **6. Skladování, manipulace a přeprava**

#### **6.1 Skladování**

#### **6.2 Manipulace s lahvemi a svazky**

#### **6.3 Přeprava po silnici**

### **7. Aplikace a perspektivy použití**

#### **7.1 Metalurgický průmysl**

#### **7.2 Sklářský průmysl**

#### **7.3 Potravinářský průmysl**

#### **7.4 Elektronika**

#### **7.5 Energetika**

#### **7.6 Chemie**

#### **7.7 Ostatní**

#### **7.8 Perspektivy vodíku**

### **8. Související normy a předpisy**

**ČATP se představuje**

## 1. Úvod

Publikaci „Vodík“ vydává Česká asociace technických plynů (ČATP, <http://www.catp.cz>, [catp@catp.cz](mailto:catp@catp.cz)), která sdružuje významné výrobce a distributory technických plynů a příslušenství pro použití technických plynů. Cílem publikace je seznámit uživatele vodíku a odbornou veřejnost s vlastnostmi, výrobou, dopravou, skladováním a použitím tohoto plynu s důrazem na bezpečnostní rizika nakládání s tímto plynem a jeho směsmi.

Fyzikálně chemické vlastnosti a požárně bezpečnostní charakteristiky

Chemický vzorec	H <sub>2</sub>
Molekulová hmotnost	2,01588 g/mol
Bod tání (při tlaku 101,3 kPa)	-259,2 °C
Bod varu (při tlaku 101,3 kPa)	-252,7 °C
Kritická teplota	-239,9 °C
Kritický tlak	1,29 MPa
Hustota plynu (při 0 °C, 101,3 kPa)	0,08987 kg/m <sup>3</sup>
Relativní hustota plynu (vzduch=1)	0,07
Teplota vznícení	cca. 520 °C
Dolní mez výbušnosti se vzduchem	4 obj. %
Horní mez výbušnosti se vzduchem	75 obj. % (dle ČSN EN 60079-10)
Výhřevnost	10 789 kJ/m <sup>3</sup>
Rozpustnost ve vodě (při 0 °C)	1,9 mg/l
MESG (mezně bezpečnostní spára)	0,28 mm
Rozpustnost ve vodě (při 0 °C, 101,3 kPa)	1,9 mg/l
Barva	bezbarvý
Zápach	bez zápachu
UN	1049VODÍK, STLAČENÝ
CAS	333-74-0
ES No:	215-605-7
Označení nebezpečnosti	1 F
Teplotní třída	T1
Skupina výbušnosti	II C

Pro přepočítání množství plynu lze použít následující tabulku:

m <sup>3</sup> (15 °C; 101,3 kPa)	litr (-252,7 °C; 101,3 kPa)	kg
1	1,188	0,08409
0,8418	1	0,07079
11,89	14,126	1

## 2. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

### 2.1 Nebezpečí exploze

Vodík tvoří výbušnou směs s kyslíkem a se vzduchem v širokém koncentračním rozmezí (4 až 95 % objemu vodíku v kyslíku, 4 až 77 % objemu vodíku ve vzduchu). Na vzduchu je lehce zápalný. Výbušné jsou rovněž směsi vodíku s fluorem a chlorem (stačí iniciace světlem). Základním bezpečnostním pravidlem při manipulaci s vodíkem je zabránit vzniku směsi vodíku a vzduchu. V těchto podmínkách jakýkoliv zdroj (otevřený plamen, jiskra, cigareta, elektrostatický výboj, žhavý předmět) bude iniciovat výbuch této směsi.

Všude, kde se manipuluje s vodíkem, je nezbytné dodržování příslušných bezpečnostních, technických a protipožárních předpisů.

Celá dopravní trasa vodíku od lahve nebo zásobníku až ke spotřebiči musí být těsná, tak aby nemohlo dojít ke vzniku výbušné směsi. V případě zjevných netěsností je nutné okamžitě zastavit výstup vodíku z tlakové lahve či zásobníku, okamžitě vypnout elektrospotřebiče a odstranit zdroje otevřeného ohně, následně zajistit intenzivní větrání. Při opětovném naplnění dopravního potrubí je nutné propláchnout potrubí čistým vodíkem, ve složitých rozvodech použijte nejprve proplach dusíkem a následně vodíkem. Je také třeba zamezit mechanickému poškození dopravního potrubí vodíku od lahve či zásobníku až ke spotřebiči a zajistit zákaz manipulace nepovolaných osob a přístup těchto osob k dopravním systémům s vodíkem.

Vodík má, na rozdíl od ostatních plynů, při obvyklých teplotách záporný Joule-Thomsonův koeficient, a proto se zahřívá při uvolnění tlaku. Je proto nebezpečí, že při náhlé expanzi stlačeného vodíku může dojít k jeho samovolnému vznícení. Pro tyto nebezpečné vlastnosti je třeba při manipulaci se stlačeným vodíkem pracovat s největší opatrností.

**F<sup>+</sup>**



Obr. 1: Symbol nebezpečnosti – extrémně hořlavý

Ve skladech a místech skladování vodíku je třeba zajistit stálé větrání. Protože vodík je 14,4 krát lehčí než vzduch, může se při únicích zvyšovat jeho koncentrace ve stropních prostorech, což při vhodné kombinaci se zdrojem iniciace může být příčinou výbuchu. Aby se předešlo těmto situacím, je nutné místnost nebo objekt, ve kterém se vodík používá, vybavit stropním větráním, které zajistí odvod plynu mimo objekt. Pro havarijní případy je vhodné vybavit objekty nuceným větráním v nevýbušném provedení.

U tlakových lahví se stlačeným plynem se tlak v lahvi zvyšuje s rostoucí teplotou. Podmínky při skladování a používání lahví a svazků s vodíkem by měly zaručit, aby teplota plynu v tlakové lahvi nepřekročila 50 °C. Pokud jsou lahve vystavené vysokým teplotám (vysoká teplota prostředí nebo sálavý zdroj tepla), roste výrazně riziko mechanického poškození celého odběrového systému vodíku v důsledku neúměrného zvýšení tlaku (ventil, regulátor, rozvody, koncové odběrové zařízení). Poškození, kterékoliv části dopravního systému vodíku vede k nekontrolovanému úniku vodíku do okolního prostředí. Je důležité, aby v požárních plánech bylo přednostně zajištěno odpojení a následná evakuace tlakových lahví s vodíkem.

## **2.2 Zdravotní účinky**

Z toxikologického hlediska je vodík fyziologicky netečný plyn, který může jen ve vysokých koncentracích způsobit zadušení tím, že sníží obsah kyslíku ve vdechovaném vzduchu.

Vodík je klasifikován jako extrémně hořlavá látka. Z tohoto důvodu nakládání z vodíkem musí respektovat požadavky na bezpečné nakládání, které je specifikováno v bezpečnostním listu, který musí výrobce, dovozce nebo distributor předat zákazníkovi nejpozději při prvním předání látky. Proto každý, kdo tento plyn přebírá k dalšímu

používání, je touto formou o vlastnostech vodíku informován. Bezpečnostní list je rovněž k dispozici na internetové stránce ČATP <http://www.catp.cz> pod číslem BL8360.

### 3. Výroba vodíku

Vodík pro průmyslové účely se v současné době vyrábí především:

Elektrolytickým rozkladem vody

Steamreformingem (rozklad nižších uhlovodíků vodní parou)

Parciální oxidací vyšších uhlovodíků

Jako důležitý vedlejší produkt se získává vodík při elektrolýze vodných roztoků chloridů alkalických kovů a dehydrogenačních procesech při petrochemickém zpracování ropy.

#### 3.1 Elektrolytický rozklad vody

Vodík se při elektrolýze vody s přidavkem elektrolytu (hydroxid draselný) vylučuje na katodě. Na anodě se vylučuje ekvivalentní množství kyslíku, který se při tomto způsobu získává jako vedlejší produkt. K výrobě 1 m<sup>3</sup> vodíku je prakticky zapotřebí 4,2 – 5 kWh elektrické energie. Anodový a katodový prostor musí být oddělen membránou, aby se zabránilo smíšení plynů vyvíjených na obou elektrodách. Elektrolyticky vyvíjený vodík je velmi čistý (obvykle 99,9 %); má jen nepatrný obsah kyslíku, který lze snadno odstranit vedením přes kontaktní hmotu.

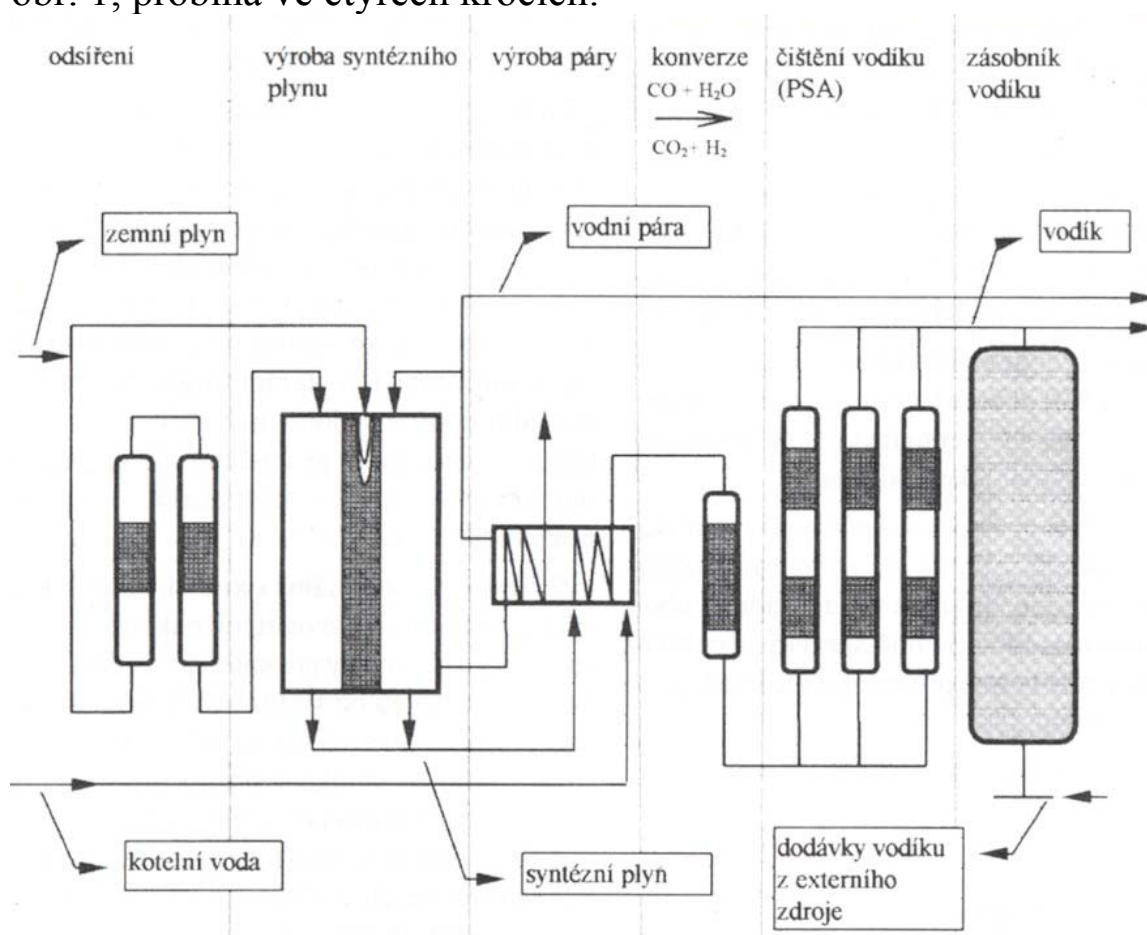
V současné době se dodávají elektrolyzéry o výrobní kapacitě několik litrů, ale i stovky metrů krychlových vodíku za hodinu.



Obr. 2: Elektrolyzér na výrobu vodíku

### 3.2 Steamreforming

Přes vysoké investiční náklady se steamreforming stává pro svou hospodárnost standardní metodou výroby vodíku, užívanou při konstantních potřebách vodíku nad 250 m<sup>3</sup>/hod. Jako výchozí suroviny se využívá především zemního plynu, alternativou je použití propanu. Proces steamreformingu, jehož zjednodušené schéma je uvedeno na obr. 1, probíhá ve čtyřech krocích:



Obr. 3: Schéma steamreformingu

#### ***Katalytické odsíření***

Sloučeniny síry ve vstupujícím zemním plynu, které by snižovaly životnost zařízení, jsou hydrogenovány vodíkem na katalyzátoru a reakční produkty odstraněny adsorpcí na oxidu zinečnatém.

#### ***Reforming***

Metan, který je hlavní složkou zemního plynu reaguje s vodní párou při 850 °C za vzniku syntézního plynu. Syntézní plyn je tvořen především směsí oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého, vodíku a vody. Energie uvolňovaná v procesu se využívá k výrobě páry.

### ***Konverze oxidu uhelnatého***

V předchozím kroku vzniklý oxid uhelnatý se nechá reagovat v reaktoru s vodní parou za vzniku dalšího podílu vodíku a oxidu uhličitého.

Syntézní plyn je po ochlazení na teplotu okolí a po odloučení procesního kondenzátu dočištěn.

### ***Čištění – separace vodíku***

Vodík je od zbytku syntézního plynu oddělen na PSA (Pressure-Swing-Adsorption) zařízení. Ostatní složky syntézního plynu kromě vodíku jsou sorbovány na uhlíkových a zeolitických molekulových sítích. Regenerace sorbentů se provádí proplachem vodíkem za sníženého tlaku. Směs desorbovaných plynů slouží k ohřevu reformingu.

Čistota vodíku opouštějícího zařízení je standardně 99,9 %. Při vyšších požadavcích na čistotu produktu je možno vyprojektovat čistící adsorbční PSA zařízení až do čistoty vodíku 99,999 %.



Obr. 4: Zařízení na výrobu vodíku steamreformingem

### 3.3 Parciální oxidace

Zařízení pro parciální oxidaci uhlovodíků vyžadují enormní investiční náklady a jsou zpravidla realizovány pro spotřeby vodíku resp. syntézního plynu od 50.000 m<sup>3</sup>/h výše. Typickou výchozí surovinou je těžký olej. Jako surový produkt vzniká syntézní plyn, který je po vyčištění veden do reaktoru, v němž dochází ke konverzi oxidu uhelnatého a vodní páry na vodík a oxid uhličitý.

### 4. Kvalitativní požadavky

Vodík je dodáván dle ČSN 65 4435 ve třech hlavních druzích, které se podle obsahu hlavní složky označují:

vodík 3.0

vodík 4.0

vodík 5.0

Obsah příměsí u jednotlivých druhů vodíku je definován v tabulce

Znak jakosti	3.0	4.0	5.0
Vodík, obj. zlomek v %, min.	99,9	99,99	99,999
Kyslík, ml/m <sup>3</sup> , max.	50	5	2
Dusík, ml/m <sup>3</sup> , max.	500	55	3
H <sub>2</sub> O, ml/m <sup>3</sup> , max.	100	20	5
Rosný bod, °C, min	-42	-55	-66
C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> , ml/m <sup>3</sup> , max.	-	-	0,5

Pro speciální účely je vodík dodáván i o větší čistotě.

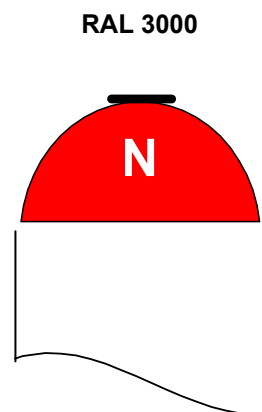
V průmyslové praxi jsou často používány různé směsi plynů obsahující vodík. Takové směsi jsou buď dodávány přímo naplněné v tlakových lahvích nebo je lze připravit mícháním v místě spotřeby z jednotlivých plynů pomocí směšovacího zařízení. Mezi nejčastěji používané směsi patří směsi argonu s 2-7,5 % vodíku pro svařování metodou WIG a směsi dusíku s 0-25 % vodíku sloužící pro ochranu kořene svaru. V analytické chemii jsou využívány směsi vodíku s argonem a heliem ve spektrometrii nebo plamenové detektoskopii.



Obr. 5: Plyny pro analytickou chemii

## 5. Nádoby k přepravě a skladování vodíku

Plynný vodík je dodáván podle potřeb spotřebitelů v tlakových lahvích, svazcích tlakových lahví nebo pomocí bateriových vozů do vysokotlakých zásobníků.



Obr. 6: Barevné značení lahví



Obr. 7: Nálepka na lahve

### 5.1 Tlakové lahve a svazky tlakových lahví

Tlakové lahve pro plnění vodíkem jsou vyrobeny z legované chrommolybdenové oceli a mají obvykle hmotnost 61 kg, vodní objem 50 litrů a jsou plněny na tlak 200 bar. Naplněny obsahují cca 8,9 m<sup>3</sup> vodíku, což odpovídá 0,75 kg, poměr hmotnosti obalu a náplně je 80:1. Vedle nejčastěji používaných 50 l tlakových lahví jsou, zvláště pro čistější druhy vodíku, používány tlakové lahve o objemu 10 a 2 litry. Při větších spotřebách vodíku je vodík dodáván ve svazcích tlakových lahví. Svazek pevně spojených lahví obsahuje 12 kusů tlakových lahví a při tlaku 200 bar pojme obvykle 107 m<sup>3</sup> vodíku.



Obr. 8: Tlakové lahve

## 5.2 Velkokapacitní tlakové zásobníky

V případě vysokých spotřeb vodíku je logisticky výhodnější vodík dodávat ke spotřebě v bateriových vozech, kdy je možné vodík z bateriového vozu přetlačit do tlakového zásobníku, trvale umístěného u spotřebitele.

Bateriové vozy jsou vybaveny buď větším množstvím tlakových lahví o standardní velikosti 50 litrů nebo devíti kusy pevně upevněných dlouhých ležatých tlakových nádob. Vodní objem obou typů bateriových vozů činí cca 20 m<sup>3</sup> a při plnicím tlaku 200 bar přepraví cca 4000 m<sup>3</sup> vodíku.

Tlakové zásobníky pro skladování vodíku v místě spotřeby jsou standardizované válcové tlakové nádoby o pracovním tlaku 50 bar, které se umísťují buď do vertikální nebo horizontální polohy. Zásobníky jsou vyráběny o vodním objemu 25, 50 a 95 m<sup>3</sup>.



Obr. 9: Velkokapacitní tlakové zásobníky

### 5.3 Kapalný vodík

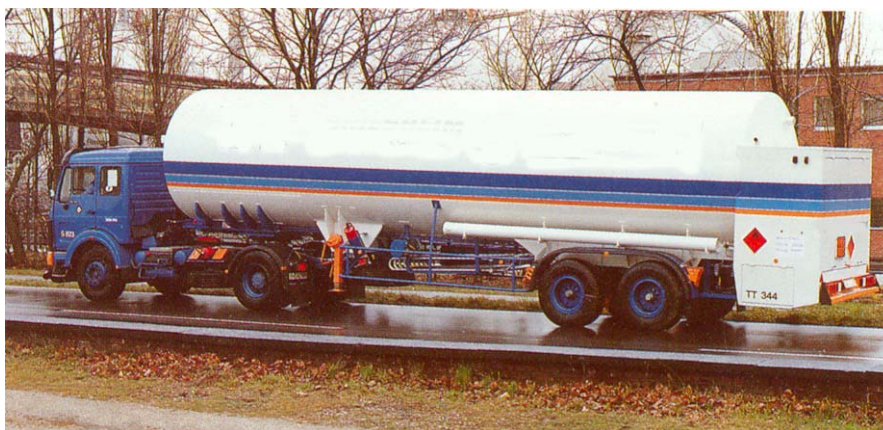
Pro spotřebitele, kteří potřebují zajistit vysokou jistotu zásobování při velmi vysoké hodinové spotřebě vodíku, přichází v úvahu zajištění dodávek pomocí kapalného vodíku.

Na rozdíl od výroby kapalných vzdušných plynů, jsou výroba a zkapalnění vodíku dva separátní energeticky náročné procesy. Díky velmi nízké kondenzační teplotě vodíku ( $-252,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a s tím spojené nízké účinnosti zkapalňovacích zařízení, je proces zkapalnění vodíku podstatně nákladnější než například zkapalnění dusíku.

Pro zkapalňování vodíku se využívá nejčastěji Claudova procesu, který lze krátce popsat ve čtyřech krocích:

1. stlačení vodíku a odvedení kompresního tepla
2. předchlazení kapalným dusíkem
3. expanze v expanzní turbíně a s tím spojené ochlazení
4. expanze na Joule- Thomsonově ventilu – další ochlazení až ke zkapalnění.

Autocisterna s kapalným vodíkem má přepravní kapacitu 5 000 až 47 000 litrů, což odpovídá cca desetinásobku transportní kapacity konvenčních 200 barových bateriových vozů. Kapalný vodík je z cisterny plněn čerpadlem do kryogenního zásobníku. K dispozici jsou zásobníky o skladovací kapacitě 5 000 až 47 000  $\text{m}^3$  vodíku.



Obr. 10: Autocisterna s kapalným vodíkem

Nestandardní zásobníky mohou mít však značně větší rozměry. Například v roce 2002 byly vyrobeny v České republice dva zásobníky

o objemech 110 000 litrů a 360 000 litrů pro evropský raketový program Ariane.

## 6. Skladování, manipulace a přeprava

### 6.1 Skladování

Požadavky na skladování plynů stanoví ČSN 07 8304.

Skladují se ve skladech technických plynů mimo vnitřní prostory, na dobře odvětraných místech, která jsou chráněna před povětrnostními vlivy a před přímým slunečním zářením. Vhodný je přístřešek s částečně otevřenými bočními stěnami. Místo musí být označeno tabulkami s názvy skladovaných plynů. Ve vnitřních prostorech je skladování vodíku možné za předpokladu zajištění výměny vzduchu 3x za hodinu.

Vodík nesmí být skladován společně s látkami podporujícími hoření. Lahve s vodíkem musí být zajištěny proti pádu a nesmí být umístěny poblíž topných těles, parních potrubí a dalších zdrojů sálavého tepla, které mohou způsobit nebezpečné ohřátí lahve. Je nutné vyloučit veškeré zdroje vznícení, vyloučit zdroje statické elektřiny, neboť vodík je extrémně hořlavý a výbušný plyn, snadno vznětlivý při všech teplotách.

V objektech, kde bývá skladováno nebo manipulováno s větším množstvím vodíku, platí zvláštní předpisy pro bezpečný provoz.



Obr. 11: Sklad tlakových lahví

Zásobníky pro skladování vodíku musí být postaveny podle předem schválených projektů, které zajišťují bezpečnost provozu.

## 6.2 Manipulace s lahvemi a svazky

Při manipulaci s lahvemi musí být na ventilu ochranný kryt, tzv. klobouček, který ochrání lahev v případě pádu. Bezpečnou manipulaci lahví na kratší vzdálenosti zaručí speciální manipulační vozík na tlakové lahve. Menší lahve je možné přemísťovat také mírně nakloněné tzv. odvalováním po spodním okraji lahve. S většími lahvemi může být takováto manipulace již nebezpečná, vzhledem k jejich rozměrům a hmotnosti. Lahve se nesmí smýkat po spodním okraji, odvalovat po plášti, přenášet držené za ochranný klobouček nebo shazovat volným pádem dolů.

Svazky je bezpečné přemísťovat vysokozdvížným vozíkem.



Obr. 12: Manipulace se svazky

Pokud dojde k viditelnému poškození lahve, je nutno lahev okamžitě vyřadit, zřetelně označit a poškození nahlásit dodavateli. Další postup musí být konzultován s dodavatelem.

Při odběru plynu musí stát lahev vertikálně, s ventilem nahoru, zajištěna proti pádu.

Lahev musí být připojena jen k zařízení určenému pro odběr vodíku.

### **6.3 Přeprava po silnici**

Vodík stlačený je podle Evropské dohody o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí (ADR) zařazen takto :

UN číslo:	1049
třída:	2
klasifikační kód:	1F
bezpečnostní značka :	2.1
přepravní kategorie :	2
identifikační číslo nebezpečnosti:	23

#### **Přeprava v lahvích**

Přeprava v lahvích musí být prováděna podle platných ustanovení ADR. Lahve musí splňovat požadavky pokynu pro balení P200 ADR, musí být řádně označeny a náklad musí být na vozidle upevněn proti posunutí. Je nutné dodržet požadavky na zákaz společné nakládky s některými dalšími nebezpečnými věcmi, viz kapitola 7.5.2 ADR. Vozidlo musí být vpředu i vzadu označeno oranžovou tabulí, ve vozidle musí být výbava předepsaná dle ADR a písemných pokynů pro případ nehody a řidič vozidla musí být řádně proškolen a musí mít u sebe platnou průkazku ADR. Odesílatel je povinen přiložit k zásilce řádně vyplněný nákladní list a pokyny pro případ nehody.

Do 333 l celkového vodního objemu přepravovaných lahví lze použít ustanovení 1.1.3.6 ADR – vynětí z platnosti pro množství přepravovaná jednou dopravní jednotkou. Toto ustanovení umožňuje určité úlevy z požadavků ADR, např. vozidlo nemusí být označeno

oranžovými tabulemi, řidič nemusí být držitelem průkazky ADR, pouze proškolen jako ostatní zúčastněná osoba na přepravě nebezpečných věcí atd.

### Přeprava v bateriových vozech

Bateriový vůz pro přepravu stlačeného vodíku musí odpovídat požadavkům kapitoly 6.8 ADR, týkající se schvalování typu, inspekce a zkoušení a značení bateriových vozidel, musí absolvovat pravidelné předepsané prohlídky a musí být řádně označen. Pro jízdní soupravu jsou požadavky na označení následující:

- vpředu a vzadu oranžová tabule s identifikačním číslem nebezpečnosti a UN číslem,
- na bocích a zadní části bateriového bezpečnostní značky 2.1.

Tahač i podvozek bateriového vozidla musí být v provedení FL. Jízdní souprava musí být vybavena prostředky podle požadavků ADR a písemných pokynů pro případ nehody, posádka musí být držitelem platného osvědčení o absolvování školení ADR pro přepravu nebezpečných věcí v cisternách a bateriových vozech. Odesílatel je povinen přiložit k zásilce řádně vyplněný nákladní list a pokyny pro případ nehody. Pro přepravu prázdného nevyčištěného bateriového vozidla platí stejné požadavky jako pro přepravu plného bateriového vozidla.



Obr. 13: Bateriový vůz

## 7. Aplikace a perspektivy použití

Vodík se využívá při tepelném zpracování kovů, výrobě potravin, elektroniky, chemikálií a dále jako zdroj energie a v rozmanité škále dalších oborů. V současnosti se nejčastěji vyskytuje jako součást ochranných atmosfér, které využívají vlastností vodíku při zpracování nebo úpravě různých materiálů.

### 7.1 Metalurgický průmysl

Vodík, který je součástí ochranných atmosfér, udržuje redukční prostředí, které zabraňuje oxidaci materiálu a v případě uhlíkových ocelí i jejich oduhličení při tepelném zpracování. V závěru cyklu tepelného zpracování se využívá dobré tepelné vodivosti vodíku ve srovnání s ostatními plyny, pro urychlení ochlazování vsázky pece.

#### *Tepelné zpracování*

Uhlíkové oceli jsou tepelně zpracovávány v atmosférách, kde se obsah vodíku v dusíku pohybuje v rozsahu od 3 % do 30 % v závislosti na typu pece, tvaru výrobku a požadavcích na kvalitu povrchu a oduhličení. Nerezové oceli vyžadují vodíkovou atmosféru od 40 – 100 % vodíku v dusíku podle druhu slitiny, způsobu tepelného zpracování a typu pece. Vysoký obsah vodíku je požadován z důvodu náchylnosti slitinových prvků (především chromu) k oxidaci. Pro slitiny na bázi



mědi se uplatňuje nejčastěji atmosféra obsahující 1 – 4 % vodíku v dusíku. U mosazi, fosforového bronzu a alpaky se používá atmosféra až s 30 % vodíku v dusíku. Atmosféry s obsahem vodíku zajišťují čistotu, flexibilitu a bezpečnost spolu s vyšší kvalitou a reprodukovatelností.

Obr. 14: Žihací pokloповá pec

### ***Výroba barevných kovů***

Vodík slouží jako redukční prostředek pro výrobu wolframu a molybdenu z jejich oxidů. Zároveň se vodík využívá v následných procesech zpracování uvedených kovů jako ochranná atmosféra. Při rafinaci hořčíku se vodík vyžaduje k zamezení oxidace kovu. Dále existuje možnost používat vodík při rafinaci mědi, niklu a skupin platinových kovů jako je rhodium, paládium a ruthenium.

### ***Pájení***

Pro dosažení optimální pevnosti a spolehlivosti spoje se tvrdé pájení komponentů z mědi a měkké oceli provádí v atmosférách s 5 % vodíku v dusíku. Přesné řízení obsahu vodíku dovoluje pájet vysokouhlíkaté i nerezové oceli a neželezné kovy. Pájení v podmínkách atmosfér s vysokým obsahem vodíku (až do 100 %) také umožňuje vyloučení tavidla, dosažení čisté povrchové úpravy a urychluje proces díky zlepšenému přestupu tepla.

### ***Spékání***

Proces spékání je prováděn v ochranné vodíkové atmosféře, a to z důvodů přítomných teplot a značné ploše vystavené oxidaci nebo znečištění. Procenta vodíku v dusíku běžně využívaná v tomto procesu se liší dle zpracovávaného materiálu: neželezné kovy 0 až 20 %, mosaz 30 %, karbid wolframu 50 až 75 %, nerezová ocel 50 až 100 %.

## **7.2 Sklářský průmysl**

Při výrobě skla se vodík používá jako součást ochranné atmosféry cínové lázně pro plavení plochého skla a jako topné médium pro zpracování tvrdých skel plamenem.



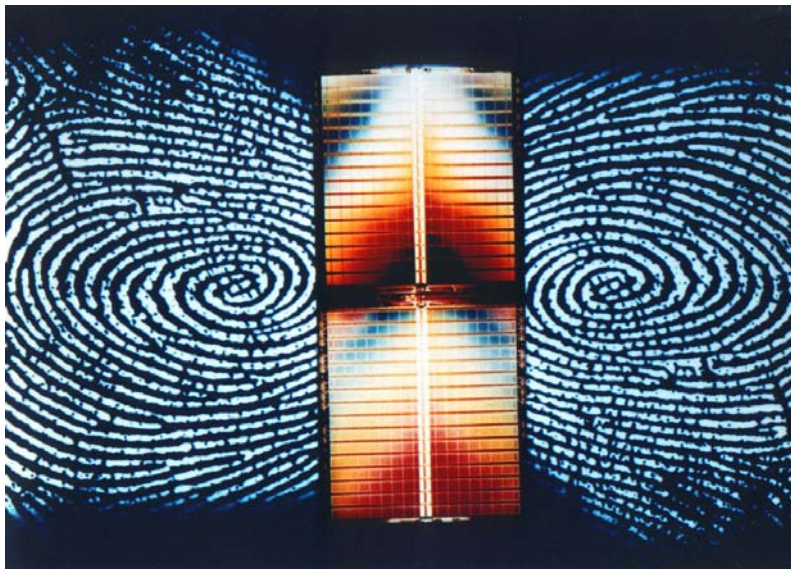
Obr. 15: Výroba žárovek

### 7.3 Potravinářský průmysl

Vodík je důležitou součástí výrobního procesu výroby ztužených jedlých tuků z rostlinných olejů hydrogenací.

### 7.4 Elektrotechnický průmysl

V elektronickém průmyslu se využívá řada aplikací s vodíkem. Příkladem těchto aplikací je jejich používání jako ochranné atmosféry při redukci oxidu křemičitého při výrobě silikonových destiček pro integrované obvody, dále použití vodíku jako reagující složky a nosného plynu při výrobě bipolárních integrovaných obvodů.



Obr. 16: Silikonová destička

## 7.5 Energetika

V elektrárnách se vodík využívá především pro chlazení alternátorů turbin, kde se využívá výborné tepelné vodivosti vodíku při chlazení elektrických strojních zařízení.

## 7.6 Chemie

Vodík se používá hlavně při syntéze čpavku, aminů a chlorovodíku. Dále se využívá při výrobě dalších organických sloučenin jako např. metanolu a v procesu výroby syntetického benzínu z uhlí.

## 7.7 Ostatní

Kosmický program využívá kapalného vodíku jako paliva k pohonu raket, raketoplánů a je také průkopníkem použití vodíku pro výrobu elektrické energie a vody za pomoci palivových článků na palubách kosmických lodí.



Obr. 17: Start raketoplánu

## 7.8 Perspektivy vodíku

Vodík je obnovitelnou surovinou a je považován do budoucna za jeden z nejdůležitějších zdrojů energie. Zásoby vodíku ve vodě jsou téměř

nevyčerpatelné. Vodík má vysokou hustotu energie (vztaženo na jednotku hmotnosti) a dá se transportovat i skladovat. Z hlediska ochrany životního prostředí je spalování vodíku čistší než spalování fosilních paliv, vznik vody není provázen toxickými sloučeninami ani skleníkovými plyny. Představuje tedy trvale udržitelný a obnovující se energetický zdroj, schopný pracovat za podmínek čistého životního prostředí.

### ***Palivové články***

Stěžejní možností pro využití vodíku jako zdroje energie jsou palivové články. Palivové články jsou galvanické články určené pro přímou přeměnu chemické energie vodíku na elektrickou, reakcí s kyslíkem za vzniku vody. Palivové články se dělí podle druhu použitého elektrolytu na několik typů. Jednotlivé palivové články vykazují napětí jen kolem 1 V, proto jsou v praktickém uspořádání řazeny sériově nebo paralelně do vrstev, aby se dosáhlo požadovaných výkonů.

Možnosti uplatnění palivových článků v praxi je velmi rozsáhlé. Lze je použít ve velkých energetických zdrojích pro výrobu elektrické energie a tepla, v kosmickém programu, pro pohon automobilů, lodí či ponorek, ale také pro napájení malých elektronických zařízení.

### ***Vodíkové elektrárny***

Novou možností výroby elektrické energie jsou vodíkové elektrárny, kde se využívá kombinovaná výroba vodíku a elektřiny. V těchto elektrárnách je nejdříve získáván vodík, který se dále využívá pro výrobu elektrické energie v generátorech nebo se dále distribuuje do průmyslu nebo jako palivo pro dopravní prostředky.

### ***Spalovací motory***

Vodík lze také spalovat i ve speciálně konstruovaných pístových nebo proudových spalovacích motorech. Principiálně pracují tyto motory stejně jako na dosud používaná paliva, rozdíly jsou však v systému skladování vodíku a řízení spalovacího procesu. Největší uplatnění tato řešení pravděpodobně najdou v osobních a užitkových automobilech a letadlech. V současné době se hledají konstrukční a materiálová řešení vodíkových pohonných systémů pro tyto aplikace a dá se předpokládat jejich brzké masovější nasazení.



Obr. 18: Čerpací stanice vodíku pro pohon vozidel

## 8. Související normy a předpisy

ČSN 66 4435	Vodík plyný stlačený
ČSN EN 1089 –1	Lahve na přepravu plynů – Označování lahví (kromě lahví na LPG) – Část 1: Značení ražením (07 8500)
ČSN EN 1089– 2	Lahve na přepravu plynů – Označování lahví (kromě lahví na LPG) – Část 2: Informační nálepky (07 8500)
ČSN EN 1089– 3	Lahve na přepravu plynů – Označování lahví – Část 3: Barevné značení (07 8500)
ČSN ISO 7225	Lahve na přepravu plynů – Bezpečnostní nálepky (07 8501)
ČSN 07 8304	Tlakové nádoby na plyny – Provozní pravidla
ČSN EN 60079-10	Elektrická zařízení pro výbušnou plynou atmosféru – část 10: Určování nebezpečných prostorů

Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR) platná od 1.ledna 2003, Sbírka mezinárodních smluv č. 65/2003 ve znění pozdějších změn a doplňků

Sdělení Ministerstva zahraničních věcí o vyhlášení Přílohy 1 – Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečného zboží (RID). Jednotné právní předpisy pro smlouvu o mezinárodní železniční přepravě zboží (CIM) k Úmluvě o mezinárodní železniční přepravě (COTIF) ze dne 9. května 1980, úplné znění včetně pozdějších změn a doplňků

Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

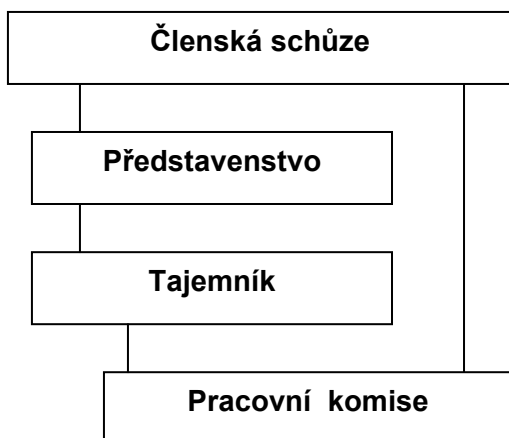
## ČATP

Firmy, které v České republice vyrábějí a/nebo plní a distribuují technické plyny a firmy, které vyrábějí zařízení pro jejich výrobu a distribuci, založily Českou asociaci technických plynů (ČATP), která má formu zájmového sdružení právnických osob. ČATP je specializované sdružení Svazu chemického průmyslu ČR (SCHP) a člen European Industrial Gases Assotiation (EIGA).

Předmětem činnosti Asociace je:

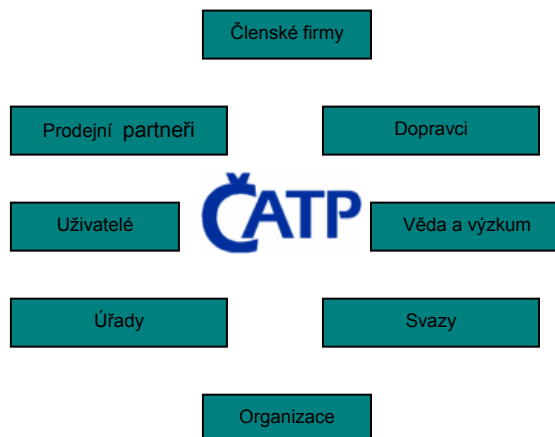
- podpora bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí při výrobě, úpravě, skladování, přepravě, používání a zneškodňování technických plynů,
- spolupráce v komisích, které připravují (celostátní) zákony, předpisy, normy a další směrnice ve sféře bezpečnosti a ochrany životního prostředí,
- poradenství v otázkách bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí.

Struktura ČATP



## Úkoly ČATP

ČATP jako zprostředkovatel informací



ČATP zajišťuje plnění předmětu své činnosti formou:

- poradenství,
- podpory bezpečnostně technického vzdělávání,
- výměny informací o příslušných bezpečnostních událostech a jejich rozbor,
- výměny informací o bezpečnostně relevantních výsledcích a jejich rozbor,
- vypracování norem, směrnic a doporučení.

Jednotlivé úkoly jsou plněny pracovními komisemi, které mají na starosti technické, normalizační, bezpečnostně technické a ekologické úkoly, případně úkoly z jiných pracovních oblastí. Pracovní komise jsou sestaveny ze zástupců jednotlivých členů ČATP. Členy komisí jsou jmenováni zvláště experti pracující v příslušných oborech, popřípadě v mezinárodních pracovních skupinách. Externí znalci mohou být jmenováni jako členové pracovních komisí po schválení představenstvem ČATP. Asociace může publikovat všechna rozhodnutí učiněná pracovními komisemi jako oficiální nebo interní doklady.

## Co jsou technické plyny?

K technickým plynům patří v první řadě plyny získávané destilací kapalného vzduchu – kyslík, dusík, argon – dále plyny získávané chemickými procesy – acetylen, vodík, oxid uhličitý. Do oblastí technických plynů se dále zahrnují jejich směsi, vzácné a zvláště čisté plyny. Samostatnou skupinu tvoří plyny medicínální (např. kyslík, dusík, oxid uhličitý, oxid dusný a některé směsi). Své využití nacházejí technické plyny ve všech oblastech hospodářství – od výroby kovů přes jejich zpracování, chemický průmysl, potravinářskou techniku až po stavební průmysl -, ale také v oblastech lékařství, výzkumu a vývoje. Nepostradatelné jsou rovněž pro ochranu životního prostředí.

Technické plyny řeší rozmanité úkoly:

Kyslík urychluje oxidační procesy a zvyšuje tím kapacitu, např. při biologickém čištění odpadní vody, ale také ve vysoké peci a při řezání kovů. Snižuje současně množství emisí oxidu dusíku do ovzduší, jestliže je používán místo vzduchu v různých chemických procesech. Inertní plyny jako dusík nebo argon chrání před nežádoucími reakcemi jak při chemických procesech, tak při balení potravin a při sváření v ochranné atmosféře. Chlad zkapalněných plynů zpevňuje základy staveb, umožňuje mletí termoplastů a supravodivost. Kalibrační plyny s přesně definovaným podílem jednoho či více plynů se používají pro měřicí techniku jako referenční materiály, např. při měření emisí a imisí, v lékařství a pod. Od ruční práce přes průmyslovou výrobu až po využití v High-Tech oborech jsou technické plyny stále důležitějším faktorem ekologického a ekonomického pracovního procesu.

## Členské firmy ČATP

acp Česká republika s.r.o.  
Gorkého 1613  
436 00 Litvínov

AIR LIQUIDE CZ, s.r.o.  
Jinonická 80  
158 00 Praha 5

AIR PRODUCTS spol. s r.o.  
Ústecká 30  
405 30 Děčín

APT s.r.o.  
V Potočkách 1537/8  
143 00 Praha 4

CRYOSERVIS s.r.o.  
Vojanova 22  
405 02 Děčín 8

GCE s.r.o.  
Žižkova 381  
583 14 Chotěboř

Chart – Ferox a.s.  
Ústecká 30  
405 30 Děčín

LINDE TECHNOPLYN a.s.  
U Technoplynu 1324  
198 00 Praha 9

Messer Technogas s. r.o.  
Zelený pruh 99  
140 50 Praha 4

Riessner Gase s.r.o.  
Komenského 961  
267 51 Zdice

Rotarex Praha spol. s r.o.  
Plzeňská ul.  
347 01 Tachov

SIAD CZECH s.r.o.  
435 22 Braňany u Mostu

VÍTKOVICE Lahvárna a.s.  
Ruská 24/83  
706 00 Ostrava-Vítkovice



U Technoplynu 1324  
198 00 Praha 9  
tel.: 272100143, 272100100  
fax: 272100158  
E-mail: [catp@catp.cz](mailto:catp@catp.cz)  
[www.catp.cz](http://www.catp.cz)