



---

# Recomandări de securitate

## 13 - Manipularea hidrogenului

---



**1. Introducere** Pentru manipularea în condiții de siguranță a hidrogenului, este important să se cunoască proprietățile sale și măsurile de siguranță necesare. Aceste Recomandări de securitate descriu proprietățile relevante pentru siguranță și oferă sfaturi practice pentru manipularea acestui gaz în condiții de siguranță. Acestea completează, dar nu înlocuiesc, reglementările naționale și internaționale.

**2. Proprietăți** Proprietăți fizice

Hidrogenul este cel mai ușor gaz (densitate 84 g/m<sup>3</sup> la o temperatură de 15°C și 1 bar). Din acest motiv, scăpările de hidrogen se ridică imediat și se acumulează sub tavane sau zone similare.

Hidrogenul poate fi depozitat în stare gazoasă, în butelii sau rezervoare, la temperatură ambiantă, sub presiune mare (până la 300 bari) sau poate fi depozitat ori transportat aproape fără presiune, sub formă de hidrogen lichid criogenic, în recipiente izolate.

O eliberare de presiune a hidrogenului, la temperatură normală, rezultă - spre deosebire de alte gaze - într-o ușoară creștere a temperaturii. Temperatura crește de la 20 la 25°C când presiunea scade de la 175 la 1 bar. Această creștere a temperaturii nu este suficientă pentru a provoca aprinderea scăpărilor de hidrogen, întrucât temperatura de aprindere este la 600°C.

Hidrogenul lichid (LH<sub>2</sub>) este un lichid foarte ușor (densitate 70 g/litru, la o temperatură de -253°C). LH<sub>2</sub> se evaporă foarte repede la temperatură normală, creând aproximativ 845 litri de hidrogen gazos din 1 litru LH<sub>2</sub>. Imediat după evaporare, hidrogenul gazos este încă foarte rece și are aproximativ aceeași greutate ca aerul. Din acest motiv, se împrăștie aproape orizontal. Totuși, se încălzește foarte repede. Densitatea sa continuă să scadă, după care se împrăștie în sus.

La temperatura hidrogenului lichid, toate lichidele și gazele - cu excepția heliului - sunt solide. Din acest motiv, toate celelalte substanțe trebuie ținute departe de instalațiile de LH<sub>2</sub>. Un amestec de aer solid și LH<sub>2</sub> are caracteristici potențial explozive.

Temperatura scăzută a hidrogenului lichid determină condensarea aerului atmosferic în exteriorul pieselor instalației care nu au fost izolate. Prin evaporarea parțială a azotului, aerul lichid poate deveni îmbogățit cu oxigen și, în contact cu substanțe inflamabile, acționează ca un agent cauzator de incendiu.



Avertisment de substanță inflamabilă

### Proprietăți chimice

Hidrogenul, atunci când este combinat cu aer sau oxigen și apoi, aprins, va arde și va rezulta apă. Hidrogenul poate reacționa și cu alți agenți oxidanți, de ex. clor sau gaz ilariant. Când hidrogenul este combinat cu un agent oxidant și apoi, aprins, procesul de ardere poate fi exploziv. Dacă acest proces are loc într-o încăpere închisă, poate avea loc o creștere foarte rapidă a presiunii, care poate fi foarte distructivă, din cauza căldurii generate.

Nivelurile de concentrație la care hidrogenul poate reacționa cu aerul, la presiune și temperatură normale, sunt, în raport cu alte gaze inflamabile, foarte variate (limita inferioară de explozie - LEL - 4 vol.-%; limita superioară de explozie - UEL - 75,6 vol.-%).

Amestecurile hidrogen/aer sunt aprinse prin surse de aprindere care conțin foarte puțină energie. Cea mai mică cantitate de energie necesară pentru a aprinde hidrogenul este 0.019 mJ, doar 1/10 din cea a propanului. De exemplu, particule de rugină, transportate printr-un jet rapid de hidrogen, pot dezvolta o scânteie de aprindere prin sarcină electrostatică sau prin lovirea unui obiect. Întrucât identificarea sau stabilirea acestei surse de aprindere este dificilă, s-a considerat, în mod nejustificat, că hidrogenul se poate aprinde singur.

Flacăra de hidrogen este foarte deschisă la culoare și nu poate fi văzută la lumina zilei. Trebuie folosite alte metode de verificare, de exemplu, o foaie de hârtie în zona suspectată.

Bineînțeles, hidrogenul lichid are aceleași proprietăți chimice ca hidrogenul gazos. Totuși, capacitatea de a reacționa cu oxigenul este puțin redusă, din cauza temperaturii scăzute.

### Coroziune, materiale

Hidrogenul nu este coroziv. La temperatură normală, materialele metalice obișnuite - oțel, cupru, alamă, aluminiu - sunt compatibile cu hidrogenul.

În anumite situații, anumite tipuri de oțel pot fi deteriorate de hidrogen, de exemplu când sunt prezente defecte de producție (cracare, încastrare). Din acest motiv, materialele utilizate în instalațiile de hidrogen trebuie să fie alese de experți familiarizați cu condițiile de exploatare specifice. Cu excepția materialelor metalice, cauciucul și materialele plastice pot fi folosite la instalațiile de hidrogen.

Hidrogenul este un gaz foarte „flexibil”. Moleculele minuscule pot pătrunde în materiale sau crăpături fine, impermeabile pentru alte gaze. Materialele turnate nu trebuie folosite cu hidrogen, întrucât porozitatea acestora poate cauza scurgeri.

Din cauza temperaturii scăzute, hidrogenul lichid poate provoca fragilizarea cauciucului, materialelor plastice și oțelului carbon. Din acest motiv, ductilitatea acestor materiale poate fi redusă considerabil. De aceea, aceste materiale nu sunt adecvate pentru utilizarea în instalații LH<sub>2</sub>.



Hidrogenul este un gaz incolor, inodor și insipid, prin urmare nu poate fi perceput de simțurile umane.

Hidrogenul nu este toxic. Inhalat în concentrații mari, va cauza sufocarea. Accesul persoanelor nu trebuie permis într-un astfel de mediu, din cauza pericolului de explozie. Din acest motiv, protecția respiratorie nu este relevantă atunci când se lucrează cu hidrogen. Hidrogenul criogenic, în stare lichidă sau gazoasă (tocmai evaporat), poate provoca arsuri criogenice la contactul cu pielea. Același lucru este valabil și când pielea intră în contact cu o țevă sau echipament neizolat ce conține hidrogen lichid. Aveți în vedere și Recomandările de securitate Linde 1 „Manipularea gazelor criogenice lichefiate”.

Hidrogenul nu prezintă un pericol pentru mediu. Nu afectează stratul de ozon și nu contribuie la efectul de seră. Gazul de combustie al hidrogenului este apa, nu dioxidul de carbon sau funinginea.

#### Caracteristicile amestecurilor de gaze care conțin hidrogen

Amestecurile de gaze nu se separă sub influența gravitației. De exemplu, când există scăpări formate dintr-un amestec de hidrogen /argon într-o încăpere, hidrogenul nu se acumulează sub tavan, iar argonul la nivelul podelei. Amestecul migrează în sus, ca un întreg, atunci când este mai ușor decât aerul și în jos când este mai greu decât aerul. În tot acest timp, continuă să se amestece în aer. Amestecurile de hidrogen cu heliu sau azot sunt întotdeauna mai ușoare decât aerul. Amestecurile de hidrogen / /argon de până la 71 vol.-% sunt mai ușoare decât aerul, iar cele cu un conținut mai mare de argon sunt mai grele decât aerul.



Amestecurile de hidrogen/gaz inert sunt inflamabile când conținutul de hidrogen depășește anumite limite. Valorile echivalente sunt standardizate în ISO 10156. Este specificat că amestecurile de hidrogen/azot cu H<sub>2</sub> peste 5,7 vol.-% și amestecurile de hidrogen/heliu - respectiv hidrogen/argon, cu H<sub>2</sub> peste 2,9 vol. % sunt inflamabile. Valorile menționate sunt valori teoretice, având o marjă de siguranță, și se vor folosi pentru a clasifica un amestec de gaze conform reglementărilor. Valorile limită reale de combustibilitate, identificate în experimente, se încadrează într-un conținut mai mare de hidrogen în amestecul hidrogen/gaz inert.

### 3. Măsurile de siguranță

#### Evitarea mediilor explozive în încăperi și spații deschise

Evitarea acumulării unui mediu exploziv este posibilă în zone din jurul instalațiilor cu hidrogen prin:

- construirea unităților de hidrogen în spații bine ventilate,
- asigurarea că unitățile de hidrogen sunt întotdeauna ermetice.

Dacă este posibil, unitățile de hidrogen trebuie instalate în exterior, astfel încât hidrogenul scurs să poată fi eliberat în atmosferă, fără a prezenta vreun pericol. Dacă acest lucru nu este posibil, cel puțin recipientul de depozitare al hidrogenului trebuie instalat în exterior. Conductele de evacuare de la supapele de siguranță sau pompe de vid trebuie să aibă ieșire în exterior. Orificiile de evacuare nu trebuie amplasate sub polițe, deschideri în clădiri sau în apropierea unei zone de admisie a aerului. Orificiile de evacuare trebuie marcate clar, astfel încât, în cazul unor activități de lucru la cald din apropiere, toată lumea să cunoască măsurile de precauție necesare ce trebuie aplicate.

Liniile de alimentare cu hidrogen trebuie să fie dotate cu o supapă obturatoare la intrarea într-un spațiu interior. În cazul instalațiilor cu hidrogen din interior, conexiunile neutilizate trebuie să fie acoperite cu flanșe sau piulițe oarbe, pentru a evita scurgerea gazului în încăperea.

Încăperile cu instalații cu hidrogen trebuie să aibă o ventilație naturală sau mecanică eficientă. Conținutul de hidrogen dintr-o încăperea poate fi controlat printr-un sistem de avertizare (explozimetru).

O atenție specială trebuie acordată încăperilor foarte mici, de exemplu carcasei instalațiilor de amestecare a gazelor și aparatelor de măsură a hidrogenului. Părțile carcaselor ce conțin hidrogen trebuie să fie etanșe, de exemplu prin utilizarea racordurilor permanente. Carcasa trebuie echipată cu deschideri de ventilație, astfel încât hidrogenul să poată fi eliberat.

Dacă este posibil, racordurile din instalațiile de hidrogen trebuie să fie sudate permanent sau lipite cu aliaj dur, asigurându-se astfel o etanșeitate de lungă durată.

Această recomandare este valabilă în special pentru țevile de hidrogen sub pământ sau în spații greu accesibile, de exemplu într-un canal.

Când țevile care pot fi detașate sau conectate cu flanșe filetate sau fittinguri, se vor folosi tipurile cele mai etanșe. Pentru racordurile înșurubate, se recomandă folosirea garniturilor de presiune. Verificările pentru scurgeri în instalațiile de hidrogen trebuie efectuate, mai întâi, cu un gaz neinflamabil, cum ar fi azot sau heliu. Doar după repararea scurgerilor evidente, se va efectua o a doua verificare pentru scurgeri folosind hidrogen la presiunea de lucru.

O instalație de hidrogen cu scurgeri cunoscute nu este sigură. Instalația trebuie depresurizată, golită, inertizată și reparată.

## Evitarea surselor care produc aprindere, în încăperi și spații deschise

Unitatea și instalația de hidrogen, inclusiv zona înconjurătoare, trebuie clasificate conform riscului de mediu exploziv, DIN EN 1127-1, DIN EN 60079-10 sau ale altor reglementări relevante. Clasificarea oferă orientări privind măsurile de precauție necesare pentru a evita aprinderea. Cu toate acestea, se vor lua în considerare următoarele sfaturi generale:

- Nu se vor folosi echipamente electrice sau ~~nu~~ se vor instala într-o versiune rezistentă la explozie.
- Lucrul cu focul (sudură, tăiere, lipire, polizare) este permis doar dacă în zona în pericol nu este prezent hidrogen. Acest lucru se verifică folosind un explozimetru și niciodată cu o flacără deschisă. La realizarea lucrului cu foc, este important de reținut că scânteele produse la sudare și polizare pot fi proiectate în aer până la 10 m de la locul de origine.
- Activitățile de asamblare nu sunt permise când există scurgeri de hidrogen, deoarece, chiar și atunci când se folosesc unelte fără scântei, există riscul de aprindere.

## Evitarea amestecurilor explozive în instalațiile de hidrogen

Nu este permisă prezența unui amestec exploziv într-o instalație de hidrogen. Aceste amestecuri sunt ușor inflamabile, de exemplu prin căldură produsă de frecare la operarea unei supape sau prin particule de rugină transportate (a se vedea paragraful 2). Chiar și încălzirea gazului, cauzată de presiunea-șoc a debitului rapid al hidrogenului într-o secțiune plină de aer din instalație, poate provoca aprinderea.

Aerul și oxigenul trebuie ținute departe de instalațiile de hidrogen. Acest lucru este posibil dacă instalația nu are nicio conexiune la sisteme ce conțin aer sau oxigen. În cazul în care aceste conexiuni există, de exemplu în echipamentele de sudură care funcționează cu hidrogen și oxigen, se vor monta supape de reținere, pentru a se asigura că unul dintre gaze nu pătrunde în altă linie de alimentare.



Se vor monta compresoare de hidrogen cu alarmă de presiune de aspirare scăzută și alarmă de oxigen pentru a se asigura că nu se va crea un amestec exploziv de hidrogen/aer.

Dacă hidrogenul trebuie combinat cu aer sau oxigen pentru procese tehnice speciale, acest lucru se va face doar în condiții atent supervizate - menținerea concentrației potrivite și presiunii admise și absența surselor de scântei.

Înainte de punerea în funcțiune a instalațiilor de hidrogen, aerul trebuie scos prin

pompe de vid sau degajare. Cea mai sigură metodă este degajarea prin azot, dacă se atinge un conținut de oxigen sub 1 vol.-% în instalație. Dacă se folosesc amestecuri inflamabile de argon/hidrogen sau care formează gaze (amestec azot/hidrogen) pentru lipirea containerelor, aerul trebuie scos prin degajare, pentru a preveni o explozie în container. (Din motive tehnice de sudură - prevenirea culorii

de revenire - conținutul de oxigen trebuie să fie sub conținutul menționat mai sus). De asemenea, la oprire, instalația de hidrogen trebuie golită de hidrogen prin pompe de vid sau degajare. Conținutul de hidrogen trebuie redus la 1 vol.-% înainte ca instalația să fie deschisă. Dacă, la oprirea instalației, părți din aceasta rămân sub presiune, hidrogenul trebuie întrerupt cu atenție din partea care este sub presiune, de exemplu printr-un bibloc cu supapă de control între, deconectare etc... În toate procesele de degajare, este important să se rețină că gazul de purjare va merge pe calea cu cea mai puțină rezistență.

Prin urmare, se va acorda atenție specială ambelor capete. Poate fi necesar să se observe dacă toate supapele sunt în poziția de control necesară. (Supapele care par să fie deschise nu permit întotdeauna trecerea, iar supapele închise nu sunt întotdeauna etanșe.).



Avertisment de mediu exploziv

### Cum să reacționați când există scurgeri de hidrogen sau un incendiu cu hidrogen

Dacă sunt scurgeri accidentale de hidrogen, alimentarea cu gaz trebuie oprită prin închiderea comenzilor necesare. Nu încercați să reparați scurgerea cât timp încă există scurgeri de hidrogen, întrucât pericolul de aprindere este ridicat. În cazul unei scurgeri semnificative de hidrogen în încăpere, există un pericol iminent de explozie. Personalul trebuie să părăsească încăperea, care este foarte bine ventilată. Pentru a dovedi eficacitatea ventilației, se va efectua o măsurare de verificare.

Dacă scurgerea de hidrogen a luat foc, poate fi stinsă prin oprirea liniilor de alimentare cu hidrogen. Dacă acest lucru nu are efect, nu încercați să stingeți incendiul cu agenți de stingere, întrucât fluxul continuu de hidrogen poate prezenta pericol de explozie. În acest caz, incendiul trebuie lăsat să ardă complet, până când se stinge de la sine. Poate fi necesar să răciți cu apă zonele, care pot fi afectate de incendiu (de ex. butelii cu gaz). Atunci când procesul de ardere este aproape finalizat, instalația afectată trebuie purjată cu azot, pentru a se asigura că nu există un retur al flăcării în interior.

### Manipularea în condiții de siguranță a buteliilor de hidrogen

Reglementările naționale cuprind diferite cerințe privind manipularea buteliilor cu gaz. Următoarele instrucțiuni trebuie avute în vedere la manipularea buteliilor și bateriilor de hidrogen: Supapele buteliilor și bateriilor de butelii trebuie deschise doar după conectarea cu atenție a reductoarelor de presiune cu sigilii intacte. Se vor verifica punctele de conectare pentru a se asigura că nu există scurgeri. Supapele buteliilor și bateriilor trebuie închise atunci când nu sunt utilizate, pentru a preveni scurgeri de gaze de la conexiunile cu scurgeri.

În cazul în care o supapă a buteliei sau a unei baterii de butelii prezintă scurgeri sau când scăpările de hidrogen nu pot fi oprite prin închiderea supapei, containerul cu hidrogen trebuie transportat în exterior, unde va fi golit. Reparațiile la buteliile sau la bateriile de butelii cu hidrogen, inclusiv supape, se vor efectua prin furnizorul de gaze.

#### Evitarea utilizării abuzive

Din cauza riscului de explozie, hidrogenul nu trebuie folosit pentru umflarea baloanelor de jucărie.

De asemenea, hidrogenul nu trebuie utilizat ca transportor pentru energie pneumatică, de exemplu pentru vopsirea prin pulverizare sau alte procese similare. Hidrogenul nu trebuie inhalat în mod intenționat în cantități mari. Efectul sufocant poate fi simțit imediat după prima inhalare.

#### 4. Furtunuri în sistemele de gaz

Hidrogenul poate fi utilizat în multe scopuri. Specialiștii noștri în domeniul gazelor vă stau la dispoziție pentru a vă oferi informații privind utilizarea sigură și eficientă.

