



جزوات آموزشی  
صنایع ایمن فراز ارک

عنوان محتوا:

نحوه محافظت در برابر خطرات

غلظت بالای سولفید هیدروژن ( $H_2S$ )

کد محتوا:

ARK-FO-159-049

تهیه و تدوین: گروه تولید محتوای صنایع ایمن فراز ارک



طبق آمار اداره آمار کار ایالات متحده ، چهل و شش کارگر آمریکایی بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۷ بر اثر مواجهه با سولفید هیدروژن جان خود را از دست دادند. گاز طبیعی دومین عامل مرگ ناشی از استنشاق مواد شیمیایی در ایالات متحده در آن بازه زمانی بود. متخصصان ایمنی براهمیت طرحی برای محافظت از کارگران در برابر غلظت‌های بالای سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) تاکید می‌کنند. بسیاری از صنایع از گاز طبیعی در فرآیند تولید استفاده می‌کنند. برخی دیگر ( $H_2S$ ) را به عنوان محصول جانبی فرآیندهای خود ایجاد می‌کنند.

هنگامی که کارگران به درستی در برابر غلظت‌های بالای  $H_2S$  محافظت نمی‌شوند، ممکن است از عوارض سلامتی از بی‌خوابی تا مرگ رنج ببرند.

طبق گزارش آژانس ثبت مواد سمی و بیماری‌ها ،  $H_2S$  بیشترین شیوع را در مشاغل زیر دارد:

- صنعت نفت
- معدن
- تولید ریون
- کارخانه‌های خمیر و کاغذ
- فرآوری مواد غذایی
- تصفیه خانه فاضلاب

فضاهای کم و محدود باعث ایجاد مشکلاتی با  $H_2S$  برای کارگران می‌شود. سولفید هیدروژن سنگین‌تر از هوا است و به آن اجازه می‌دهد تا در مناطق کم ارتفاع مانند زیرزمین‌ها، منهول‌ها، فاضلاب‌ها و چاله‌های کود پر شود.  $H_2S$  که به آن سولفید دی هیدروژن، گاز فاضلاب، رطوبت بدبو و گاز ترش نیز گفته می‌شود، قابل اشتعال و بسیار سمی است.

## آشنایی با گاز هیدروژن سولفید H<sub>2</sub>S

این گاز بی رنگ که به عنوان گاز ترش شناخته می شود، به طور طبیعی از تجزیه مواد آلی از جمله ذخایر نفت و گاز تولید می شود. همچنین به عنوان محصول جانبی بسیاری از فرآیندهای صنعتی، از جمله فرآیند گوگردزدایی در تولید و پالایش نفت منتشر می شود. بیشترین مواجهه با H<sub>2</sub>S از طریق استنشاق است که در آن گاز به سرعت توسط ریه ها جذب می شود. این گاز بویی شبیه تخم مرغ گندیده دارد اما افراد تنها زمانی می توانند بوی "تخم مرغ گندیده" آن را استشمام کنند که غلظت کمتری از گاز وجود داشته باشد. با این حال، پس از مواجهات مداوم در سطح پایین، یا با غلظت های بالاتر، فرد توانایی بوییدن گاز را از دست می دهد. این موضوع می تواند خیلی سریع اتفاق بیفتد و در غلظت های بالا، توانایی بوییدن گاز می تواند فوراً از بین برود و در عرض یک نفس کشنده شود.

### اثرات نامطلوب غلظت بالای گاز طبیعی بر سلامتی

کارشناسان مرکز کنترل بیماری ها (CDC) هشدار می دهند که مواجهه حاد و مزمن با H<sub>2</sub>S بسیار خطرناک است. حتی یک مواجهه با سطوح بالای سولفید هیدروژن می تواند باعث مرگ فوری شود. در موارد دیگر، مشکلات سلامتی ممکن است تا سه روز پس از مواجهه ظاهر نشوند. بر اساس CDC، افرادی که به طور مداوم در معرض سطح پایین قرار دارند ممکن است عوارضی نظیر:

- فشار خون پایین
  - از دست دادن اشتها
  - سرفه مزمن
  - کاهش وزن
- و بسیاری از بیماری های را گزارش کنند.

مانند گاز کشنده هیدروژن سیانید، که همه ما درباره آن شنیده ایم، سطوح بالای سولفید هیدروژن با مهار تنفس سلولی به بدن حمله می کند. قربانیان ممکن است علائم تنفسی مختلفی داشته باشند، تشنج را تجربه کنند یا از بیهوشی سریع رنج ببرند. در بدترین سناریو، اندامها و سیستم عصبی قربانی از کار می افتند که منجر به فروپاشی فوری می شود. در موارد حاد، درمان بستگی به مدت زمان مواجهه فرد با، سطح گاز موجود در هوا و نحوه مواجهه فرد دارد. پزشکان همچنین سایر مواد شیمیایی که فرد در معرض آنها قرار دارد، سلامت کلی، سن، سبک زندگی و سایر عوامل پیش بینی کننده غلبه بر اثرات قرار گرفتن در معرض H<sub>2</sub>S را در نظر می گیرند.

### اثرات سلامتی که در سطوح مختلف مواجهه با H<sub>2</sub>S ایجاد خواهد شد

برای محافظت از کارگران در برابر مشکلات سلامتی، OSHA مقرراتی برای محدودیت های مجاز مواجهه ترکیبات شیمیایی دارد. حد مجاز برای H<sub>2</sub>S 20 قسمت در میلیون (ppm) برای حداکثر ۱۵ دقیقه در روز است. مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) دستورالعمل دقیق تری دارد که حداکثر قرار گرفتن در معرض H<sub>2</sub>S را 10 ppm برای حداکثر ۱۰ دقیقه یا بیشتر در طول روز توصیه می کند.

- اثرات مواجهه با سولفید هیدروژن در سطوح پایین: اثرات استنشاق سطوح پایین  $H_2S$  (10 ppm) یا کمتر ممکن است شامل احساس سوزش در چشم، سرفه و تنگی نفس باشد. قرار گرفتن در معرض مکرر یا مداوم در غلظت های پایین می تواند باعث التهاب چشم، سردرد، خستگی، تحریک پذیری، بی خوابی و کاهش وزن شود.
- مواجهه در سطوح متوسط: قرار گرفتن در معرض غلظت سولفید هیدروژن بین ۱۰ تا ۱۰۰ ppm می تواند منجر به تحریک شدید چشم، ریزش چشم، تحریک شدید دستگاه تنفسی (سرفه، مشکل در تنفس، مایع در ریه ها)، از دست دادن بویایی، سردرد، حالت تهوع، استفراغ و تلو تلو خوردن.
- مواجهه در غلظت های بالا: غلظت های کشنده در 100 ppm یا بالاتر رخ می دهد. افراد ممکن است شوک، تشنج، ادم ریوی، بیهوشی سریع و کما را تجربه کنند. تماس با پوست: تماس مستقیم با فرم مایع سولفید هیدروژن می تواند باعث سرمازدگی شود.

### چگونه گاز بی رنگ را شناسایی کنیم، فراتر از بویدن تخم مرغ گندیده

نظارت بر کیفیت هوا در محل کار وظیفه همه است. شناسایی سولفید هیدروژن می تواند چالش برانگیز باشد زیرا تقریباً همیشه به عنوان یک گاز بی رنگ ظاهر می شود. خوشبختانه بوی تخم مرغ گندیده اغلب نشان دهنده غلظت بالای  $H_2S$  در هوا است. با این حال، گاهی به دلیل عاملی به نام خستگی بویایی، نباید صرفاً از این بو برای تایید وجود  $H_2S$  استفاده کرد. این زمانی است که افراد پس از مواجهات طولانی مدت حس بویایی خود را از دست می دهند. بنابراین، کارگران باید برای تشخیص  $H_2S$  با روش هایی که بینی آنها را درگیر نمی کند آموزش ببینند. با مشارکت دادن کارکنان خود در نظارت بر سطوح  $H_2S$ ، بهترین شیوه ها را برای متخصصان ایمنی دنبال کنید. یکی از ابزارهای جمع آوری ورودی، یک پلت فرم آنالاین با کاربری آسان است که توسط HSI ارائه شده است. این پلتفرم به کارگران مکانی می دهد تا آنچه را که می بینند و بو می کنند در محل های کار ثبت کنند و با متخصصان ایمنی ارتباط برقرار کنند. علاوه بر مشارکت دادن کارکنان خود، چندین راه وجود دارد که می توانید کارگران را در برابر مسیرهای اصلی مواجهه با  $H_2S$  محافظت کنید:

- کنترل های مهندسی: از کنترل های مهندسی مانند سیستم های تهویه استفاده کنید که گاز را از فضاهای محدود خارج می کند. از آنجایی که سولفید هیدروژن یک گاز انفجاری است، سیستم تهویه باید طوری طراحی شود که گازهای سمی ناشی از یک انفجار غیرمنتظره را مسدود کند.
- کنترل های اداری: تدوین و ابلاغ قوانین برای ورود، خروج و کار در فضاهایی که گاز سولفید هیدروژن وجود دارد. آموزش ایمنی و تست سطح گاز نیز کنترل های اداری موثری برای سلامت شغلی هستند.
- استفاده از تجهیزات ایمنی: تجهیزات حفاظت فردی اولیه هنگام کار در اطراف  $H_2S$  حفاظت تنفسی است. ماسک های تمام صورت برای مقادیر گاز تا ۱۰۰ ppm استفاده می شود. هنگامی که سطح گاز بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ باشد، دستگاه های تنفسی مستقل یا خطوط هوایی تأمین شده، از کارگران محافظت می کنند.

- PPE برای جابجایی  $H_2S$  مایع: کارگرانی که با کپسول های  $H_2S$  کار می کنند باید از دستکش و لباس محافظ استفاده کنند. تولید کنندگان و تامین کنندگان تجهیزات ایمنی لباس های محافظ خاصی را برای عملیات شما توصیه می کنند.
- یک مطالعه کلاسیک توسط محققان پزشکی در عربستان سعودی که برای جلوگیری از صدمات در میداین نفتی کار می کنند، استفاده از آشکارساز گاز شخصی را برای جلوگیری از آسیب های ناشی از گاز توصیه می کند. این مطالعه نشان می دهد که از ۸۰ مرگ ثبت شده، ۷۷ مرگ ممکن است با استفاده از آشکارساز گاز جلوگیری شود.

### ارزیابی و کنترل مواجهه با $H_2S$

هنگام کار در محیط های خطرناک و در مواجهه با هیدروژن سولفید، الزامات OSHA را برای ورود به محیط بسته دنبال کنید. فقط در صورت لزوم وارد چنین محیطی شوید و مراحل تعیین شده را دنبال کنید:

- هوای موجود در فضا را قبل از ورود از بیرون تست (توسط مانیتور) کنید. سولفید هیدروژن هوا را آزمایش کنید (مانیتور کنید). این کار باید توسط یک فرد واجد شرایط انجام شود. از تجهیزات آزمایشی مناسب، مانند دستگاه الکترونیکی که گاز سولفید هیدروژن را تشخیص می دهد، استفاده کنید.



نمونه ای از یک دستگاه قابل حمل که می تواند سولفید هیدروژن را اندازه گیری کند.

- هوای موجود در فضا را به طور مداوم در حین کار آزمایش کنید. نظارت بر هوا را قبل از فعالیت و در فواصل منظم در طول هر فعالیت کاری که امکان قرار گرفتن در معرض سولفید هیدروژن وجود دارد، انجام دهید.
- فرآیندهایی که می توانند سولفید هیدروژن آزاد یا تولید کنند شناسایی کنید. این کار شامل شناسایی منابع شناخته شده سولفید هیدروژن و ارزیابی خطرات احتمالی آتش سوزی و انفجار است. برای شناسایی و کنترل خطرات از یک فرآیند یا تجزیه و تحلیل خطر شغلی استفاده کنید.
- تعیین کنید آیا مجوز ورود لازم است یا خیر.
- منطقه را به طور مداوم تهویه کنید تا سولفید هیدروژن انباشته شده حذف شود. هنگام کار در فضاهای محدود، نظارت بر هوا باید مطابق با استانداردهای قابل اجرا OSHA انجام شود. لوله های آشکارساز، مانیتورهای گاز قرائت مستقیم، زنگ هشدار، و کنتورهای انفجار نمونه هایی از تجهیزات نظارتی هستند که ممکن است برای آزمایش جو فضای مجاز مورد استفاده قرار گیرند.

- اطمینان حاصل کنید که روش های نجات، پرسنل و تجهیزات (مثلاً SCBA های فشار مثبت) در محل هستند.



دستگاه تنفس (SCBA)

- از سیستم های تهویه برای کاهش سطح سولفید هیدروژن استفاده کنید. اطمینان حاصل کنید که این سیستم ها؛ بدون جرقه، محکم، مقاوم در برابر خوردگی، مستقل و ضد انفجار هستند.
- ارتباط خود را با متصدی آموزش دیده حفظ کنید.

### اقدامات لازم برای محافظت از کارگران در معرض سولفید هیدروژن

- میزان مواجهه را ارزیابی کنید و تعیین کنید آیا گاز H<sub>2</sub>S وجود دارد یا خیر و در چه سطوحی پخش شده است.
- در صورت امکان منبع سولفید هیدروژن را حذف کنید.
- اگر منبع را نمی توان حذف کرد، با روش های زیر از گسترش بیشتر گاز ممانعت کنید:
  - ✓ استفاده از کنترل های مهندسی به عنوان بهترین خط دفاعی بعدی.
  - ✓ توسعه کنترل های اداری و شیوه های کار ایمن برای کاهش مواجهه به سطوح ایمن.
- اگر کنترل های مهندسی و شیوه های کاری به تنهایی نمی توانند سولفید هیدروژن را به سطوح ایمن کاهش دهند، از تجهیزات حفاظت فردی استفاده کنید.



علامتی که به کارگران در مورد خطرات سولفید هیدروژن هشدار می دهد.

آموزش کارگران در مورد خطرات و کنترل ها بسیار مهم است. موضوعات آموزشی می تواند شامل موارد زیر باشد:

- آموزش ویژگی ها، منابع و خطرات سلامتی سولفید هیدروژن
- آموزش علائم قرار گرفتن در معرض سولفید هیدروژن
- آموزش انواع روش های تشخیص سولفید هیدروژن

- آموزش شیوه ها و روش های محل کار برای محافظت در برابر گرفتن در معرض سولفید هیدروژن
- آموزش طرح های اضطراری، محل تجهیزات ایمنی، تکنیک های نجات، کمک های اولیه

### چه وسایل حفاظت فردی برای مواجهه با هیدروژن سولفید لازم است؟

انواع مختلفی از PPE وجود دارد که می تواند برای محافظت از کارگران در معرض هیدروژن سولفید استفاده شود. اینکه دقیقاً چه نوع ضروری است به شرایط هر محل کار بستگی دارد، از جمله اینکه چه میزان گاز  $H_2S$  وجود دارد و در چه سطوحی. اولین خط دفاعی باید شامل یک متخصص واجد شرایط باشد که یک ارزیابی کامل با مانیتورهای آزمایشی انجام دهد تا تعیین کند چه مقدار از  $H_2S$  را می توان در منبع حذف کرد. به دنبال آن، بهترین شیوه های بهداشت و ایمنی شغلی پیشنهاد می کند که کارفرما مواجهات را با تجهیزات حفاظت فردی و شیوه های کار ایمن برای کاهش مواجهه اجرا و حفظ کند. PPE مناسب برای استفاده با  $H_2S$  باید بخشی از آموزش برای کارگران و همچنین بازدیدکنندگانی باشد که ممکن است در محل کار در معرض گاز قرار گیرند. این آموزش باید شامل طرح های اضطراری، مکان تجهیزات ایمنی، تکنیک های نجات و محل یک خط ایمنی برای خروج سریع از یک فضای محدود یا مکان دور (در صورت نیاز)، کمک های اولیه و روش های مناسب نجات برای امدادگران اولیه باشد.

#### • محافظ تنفسی

OSHA زمانی که کارگران مستقیماً در معرض  $H_2S$  هستند یا در نزدیکی محلی که گاز در آن وجود دارد کار می کنند، PPE را الزام کرده. زمانی که از ماسک های تنفسی استفاده می شود، کارفرما باید یک برنامه حفاظت تنفسی داشته باشد که با الزامات استاندارد حفاظت تنفسی (OSHA 29 CFR 1910.134) مطابقت داشته باشد. این برنامه باید شامل انتخاب مناسب تنفس، تست تناسب، ارزیابی های پزشکی و آموزش باشد. استانداردهای دقیق ماسک تنفسی باید با یک متخصص ایمنی واجد شرایط بحث شود.

#### • محافظت از چشم

اگر از ماسک تنفسی تمام صورت استفاده می کنید، محافظ چشم در حال حاضر بخشی از تجهیزات است. اگر ماسکی که استفاده می کنید چشم ها را نمی پوشاند، محافظت بیشتری از چشم مورد نیاز است، زیرا مواجهه طولانی مدت ممکن است باعث تهوع، اشک ریزش چشم ها، سردرد یا از دست دادن خواب شود. برای مواجهات بیش از ۱۰۰ ppm، خطر "گاز چشم" و ملتحمه همراه با تحریک دستگاه تنفسی وجود دارد. قرار گرفتن در معرض بیش از ۱۰۰ پی پی ام بلافاصله برای زندگی و سلامتی خطرناک در نظر گرفته می شود و کارفرمایان باید استفاده از دستگاه تنفس مستقل را که نیاز به فشار کامل صورت دارد، هدایت کنند.

#### • دستکش و لباس مقاوم در برابر آتش

سولفید هیدروژن قابل اشتعال است، بنابراین در برخی موارد به دستکش و لباس محافظ نیاز است. مجدداً، نیاز به این لایه حفاظتی اضافی به کار انجام شده و محیطی که در آن انجام می شود بستگی دارد. شرایط آب و هوا و دما نیز

می تواند تأثیر بگذارد و سیاست ایمنی باید شامل دستورالعمل هایی در این مورد باشد.  $H_2S$  می تواند برخی از مواد را خورده کند، بنابراین مواد مورد استفاده در هر PPE که برای استفاده کارگری که در معرض  $H_2S$  قرار دارد ساخته می شود، باید استانداردهای صنعت و هر گونه مقررات انطباق را داشته باشد. مانند همیشه، هنگام کار در فضاهای محدود، تهویه باید به طور مداوم عمل کند.

### حفاظت از امدادگر هنگام نجات مصدوم در معرض سولفید هیدروژن

برای نجات ایمن فردی که در معرض سولفید هیدروژن قرار گرفته، باید روش های نجات مناسبی را ایجاد کرد.

هشدار: اولین امدادگران باید قبل از ورود به مناطقی با سطوح بالای سولفید هیدروژن آموزش دیده و به درستی محافظت شوند.

برای حفاظت امدادگر باید موارد زیر رعایت شود:

- وجود دستگاه تنفسی با فشار مثبت (SCBA)
  - وجود یک خط ایمنی برای خروج سریع در صورت خطرناک شدن شرایط
  - از وسایل تنفسی و سایر وسایل حفاظت فردی استفاده کنید.
- اگر کنترل های مهندسی و اداری نتوانند سولفید هیدروژن را کمتر از حد مجاز مواجهه OSHA کاهش دهند، کارفرمایان باید حفاظت تنفسی و سایر تجهیزات حفاظت فردی (PPE) مانند محافظ چشم و احتمالاً لباس های مقاوم در برابر آتش را ارائه دهند. کارفرمایان باید قبل از شروع هر گونه فعالیت کاری، یک ارزیابی خطر PPE و فرآیند انتخاب تجهیزات را مطابق با مقررات OSHA تکمیل کنند.
- ✓ برای مواجهات کمتر از 100 ppm، از یک ماسک تصفیه کننده هوا با کارتریج های تخصصی برای سولفید هیدروژن استفاده کنید. یک ماسک تنفسی تمام صورت از چشم محافظت می کند.
  - ✓ برای مواجهات بیش از 100 ppm، از یک دستگاه تنفسی مستقل تمام صورت با فشار (SCBA) با حداقل عمر مفید 30 دقیقه یا ترکیبی از ماسک تنفسی با فشار تمام صورت با یک منبع هوای خوددار کمکی استفاده کنید.
  - ✓ مواجهات بیش از 100 ppm بلافاصله برای زندگی و سلامت (IDLH) خطرناک در نظر گرفته می شود.
- هنگامی که ماسک های تنفسی استفاده می شود، کارفرما باید یک برنامه حفاظت تنفسی داشته باشد که با الزامات استاندارد حفاظت تنفسی (OSHA (29 CFR 1910.134) مطابقت داشته باشد. این برنامه باید شامل انتخاب مناسب تنفس، تست تناسب، ارزیابی های پزشکی و آموزش باشد.

### کمک های اولیه برای مواجهه با $H_2S$

کمک های اولیه از کمک به کارگران مبتلا به سوزش چشم تا انجام CPR را شامل می شود. به چشم ها، پوست و تنفس قربانیان بسیار توجه کنید.



- تماس چشمی: اگر مصدوم از لنزهای تماسی استفاده می کند، آنها را بردارید. چشمان مصدوم را به مدت ۱۵ دقیقه با آب بشوید و پلک ها را بالا بیاورید تا اطمینان حاصل شود که آب به تمام قسمت های چشم می رسد. به دنبال مراقبت های پزشکی فوری باشید.
- مواجهات پوستی: بلافاصله پوست مصدوم را بشوید. لباس ها و کفش هایی که در معرض H<sub>2</sub>S قرار دارند قابل اشتعال خواهند بود. برای کاهش خطر ترشحات ساکن و احتراق، لباس های آلوده را در حالی که هنوز در حال پوشیدن هستند، کاملاً خیس کنید. لباس را در آورید، سپس فوراً به پزشک مراجعه کنید.
- تنگی نفس در اثر استنشاق خفیف: مصدوم یا مصدومان را به هوای تازه ببرید. در صورت استنشاق شدید فوراً با اورژانس تماس بگیرید.
- قبل از تلاش برای کمک به مصدوم، از خود محافظت کنید. در صورت امکان، رویه های عدم ورود شرکت خود را دنبال کنید. اگر باید وارد فضای خطرناکی شوید، از دستگاه تنفس تمام صورت استفاده کنید، سپس این مراحل را دنبال کنید.
- مصدوم را به هوای تازه ببرید.
- اگر مصدوم به سرعت بیهوش شد، ببینید آیا او نفس می کشد یا خیر. اگر علائم حیاتی نبود، CPR را شروع کنید. اگر مصدوم نفس می کشد، برای حفظ راه هوایی و جلوگیری از خفگی او را به وضعیت بهبودی منتقل کنید.
- اگر قلب فرد متوقف شده است، یا نفس نمی کشد، اگر آموزش دیده اید، CPR را شروع کنید.

### هنگام انفجار و یا آتش سوزی چه اقداماتی باید انجام شود؟

- علاوه بر ارائه کمک های اولیه و ارزیابی میزان جراحات، متخصصان ایمنی به آتش نشانان در هنگام فوران آتش در اثر انفجار سولفید هیدروژن کمک می کنند. آتش نشان ها برای کمک به مهار آتش به اطلاعاتی در مورد کارخانه یا تأسیسات نیاز دارند. اقدامات لازم هنگام مواجهه با آتش ناشی از انفجار سولفید هیدروژن:
- در صورت امکان منبع انتشار سولفید هیدروژن را ببندید.
  - برای خاموش کردن شعله های آتش از اسپری آب استفاده کنید.
  - برای خنک کردن ظروف، سازه ها یا تجهیزاتی که در معرض آتش هستند، آب اسپری کنید.
  - اگر آب در دسترس نباشد از مواد شیمیایی خشک، کف و دی اکسید کربن برای خاموش کردن آتش استفاده کنید.

### منابع

1. <https://www.osha>
2. <https://hsi.com/blog>
3. [www.niosh.com](http://www.niosh.com)



4. <https://ehsdailyadvisor.blr.com>
5. <https://www.safeopedia.com>