## پیش‌گفتار

کتاب خدمات فنی در معادن، برای هنرجویان سال سوم رشته‌ی معدن هنرستان‌های فنی کشور به رشته‌ی تحریر درآمده است و تدریس آن در شرایطی انجام می‌شود که هنرجویان درسال دوم پیش‌نیازهای علمی و تخصصی لازم را طی درس‌هایی نظیر تکنولوژی استخراج معدن (۱) و کارگاه مربوط به آن گذرانیده، به ضرورت انجام خدمات فنی در معادن به‌خوبی پی برده‌اند و از سویی به‌طور هم‌زمان درس تکنولوژی استخراج معدن (۲) و کارگاه مربوط به آن و هم‌چنین درس تعمیر و نگه‌داری تجهیزات معدن به آنان ارائه می‌شود. درس خدمات فنی در معادن، در دوره‌ی متوسطه با مباحثی که در دوره‌های آموزش عالی مطرح می‌شود، تفاوت‌هایی دارد زیرا در دوره‌های کارشناسی، بیش‌تر به جنبه‌های نظری و محاسباتی و طراحی توجه می‌شود و حال آن‌که هنرجویان رشته‌ی معدن هنرستان‌های فنی، در زمینه‌ی فن‌ورزی نیاز به آموزش‌های تخصصی دارند و دیدگاه‌های اجرایی که مورد نیاز تکنیسین معدن است بیش‌تر مورد نظر می‌باشد.

با توجه به این‌که صنعت معدن در کشور ما از لحاظ دارا بودن منابع علمی و آموزشی با محدودیت شدیدی مواجه است و از سویی تألیف هر کتاب جدید به منابع و مآخذ علمی فراوان نیاز دارد و تأمین این منابع در زمان تهیه و تدوین مطالب این کتاب، با وجود تلاش‌هایی که از سوی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش و کمیسیون تخصصی رشته‌ی معدن به عمل آمد، احتیاجات تألیف یک کتاب جامع و مفید را فراهم نمی‌سازد ؛ لذا در نگارش این کتاب محدودیت‌های مذکور یادآوری می‌شود. هم‌چنین موضوع کمی وقت در زمینه‌ی آماده‌سازی به موقع کتاب،جهت سال تحصیلی ۸۱ــ۸۰ مزید علت گردیده، شرایطی را به‌وجود آورد که کتاب حاضر، خالی از ایراد نباشد ؛ با وجود این، نهایت کوشش به عمل آمده تا در حد امکان، مطالب از سویی با توان‌مندی‌های علمی و از سوی دیگر نیاز هنرجویان رشته‌ی معدن هنرستان‌های معدن، مطابقت داشته باشد.

در خاتمه از هم‌کاران گرامی، مدرسان هنرستان‌های معدن، درخواست می‌شود تا نظرات خود را پیرامون کتاب حاضر، به دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش ارائه نمایند تا در آینده نسبت به اعمال آن‌ها در چاپ‌های بعدی اقدام شود.

**مؤلّف**

## هدف کلی کتاب

این کتاب کوشش می‌نماید که هنرجویان رشته‌ی معدن هنرستان‌های فنی کشور را با ضرورت‌ها، مراحل و چگونگی انجام عملیات تخصصی و پشتیبانی‌دهنده‌ی فعالیت‌های اصلی معدن‌کاری (که تحت عنوان خدمات فنی معادن از آن‌ها یاد می‌شود و بدون آن‌ها فعالیت‌های اصلی معدن‌کاری غیرقابل اجرا خواهد بود) آشنا کند.

# فصل اوّل

## شناخت و ایمن‌سازی هوای معدن

**هدف‌های رفتاری:** پس از پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند :

۱ــ تغییرات هوا در معدن را شرح دهد.

۲ــ دلایل اصلی توجه به هوای معدن را بیان کند.

۳ــ گازهای موجود در هوای معدن و منابع تولید، روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری و مقابله با خطرات اتمسفر معدن را تشریح کند.

۴ــ گاز متان و نحوه‌ی ایمن ساختن هوای معدن را در برابر مخاطرات آن تشریح کند.

۵ــ گرد و غبار موجود در هوای معدن را شرح دهد.

۶ــ گرد زغال را تشریح کند.

۷ــ سایر ذرات معلق در هوای معدن را توضیح دهد.

# شناخت و ایمن‌سازی هوای معدن

## آشنایی

**تغییرات هوا در معدن:** هوایی که داخل معدن می‌شود، در ابتدای ورود، معمولاً تازه و پاک است و گازهای زیان‌آور و گرد و خاک ندارد ؛ اما در اثر عملیات مختلف استخراجی، مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای گاز و گرد و غبار تولید می‌گردد و فضای کارگاه‌های زیرزمینی را پُر می‌کند. تغییر عمده‌ای که در ترکیب هوای معدن صورت می‌گیرد، در جهت کاهش مقدار اکسیژن و افزایش مقدار گازهای «دی‌اکسیدکربن» و «منواکسیدکربن» است، هم‌چنین به علت کارهای استخراجی، گازها و مواد دیگری نیز به شرح زیر، با هوای معدن ترکیب می‌شوند :

۱ــ گازهای زیان‌آور که عبارت‌اند از گازهای خفه‌کننده‌ی سمی و انفجارآمیز مانند «نیتروژن»، «سولفید هیدروژن»، «هیدروژن» و غیره و در معادن «اورانیوم» و «توریم» مواد رادیواکتیویته‌ی گازی‌شکل «رادون» و «تورون» نیز اضافه می‌شوند ؛

۲ــ بخارهای زیان‌آور «جیوه»، «آرسنیک» و غیره ؛

۳ــ دود و گرد و غبارهای مختلف.

اصولاً درجه‌ی آلودگی اتمسفر معدن به پنج عامل بستگی دارد که عبارتند از :

الف ــ مقدار گاز موجود در کانی‌ها و سنگ‌هایی که استخراج می‌شوند ؛

ب ــ مقدار هوایی که در کارگاه‌های معدن در جریان است ؛

ج ــ طول کارگاه ؛

د ــ تمایل سنگ‌ها و کانی‌ها برای جذب اکسیژن و انجام عمل اکسیداسیون ؛

هـ ــ روش استخراج.

اصولاً هوای معدن را می‌توان از سه جنبه‌ی خاص کیفیتی مورد بررسی قرار دادکه عبارتند از :

۱ــ هوای سالم و پاکیزه ؛ ۲ــ گازهای فعال ؛ ۳ــ هوای مُرده. هوای سالم و پاکیزه همان هوای معمولی است که فاقد گازهای مضر است. گازهای فعال، به مخلوط هوا و گازهای انفجارآمیزی گفته می‌شود که در معادن زیرزمینی از سنگ‌ها و کانی‌ها آزاد می‌شوند و یا در اثر عوامل دیگری به‌وجود می‌آیند. هوای مرده در معدن، مخلوطی از گازهای «دی‌اکسیدکربن» و «نیتروژن» است که مقدار آن‌ها بیش از اندازه‌ای است که در هوای معمولی وجود دارد. این هوا فاقد گاز اکسیژن بوده، مدت زیادی از ساکن ماندن آن می‌گذرد.

**دلایل اصلی توجه به هوای معدن:** هم‌چنان که ضروری‌ترین ماده‌ی لازم جهت ادامه‌ی کار در کارگاه‌های زیرزمینی هوا است، در عین حال می‌تواند کانون بازدارنده‌ی عملیات معدنی و عامل به‌وجود آورنده‌ی حوادث، مسمومیت‌ها و بیماری‌های مختلفی نیز باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از :

***الف ــ انفجار گاز متان و گرد زغال:*** اگر در تهویه‌ی گازهای زغال‌سنگ، سهل‌انگاری شود، انفجار گاز متان و گرد زغال می‌تواند به انهدام تمام یا قسمتی از تأسیسات معدن و تلفات جانی فراوان منجر شود ؛

***ب ــ خطر مسمومیت کارگران:*** فضای کارگاه‌های زیرزمینی غالباً تنگ و کوچک است و هوای موجود در آن‌ها به سبب انفجار مواد آتش‌زا، استفاده از موتورهای احتراق داخلی، تصاعد گاز از ماده‌ی معدنی یا سنگ‌های اطراف، سوختن چراغ‌های شعله‌ای و تنفس افراد، خیلی زود آلوده و غیرقابل تنفس می‌گردد، در این‌صورت خطر مسموم شدن تا هنگامی که هوای معدن به‌خوبی تهویه نشود، کارگران را به‌طور جدی تهدید می‌کند ؛

***ج ــ کاهش بازده و افزایش حوادث:*** نامتناسب بودن هوای معدن از لحاظ مقدار اکسیژن، فشار، رطوبت، سرعت، دما و وجود گرد و غبار در آن، می‌تواند باعث ایجاد خستگی مفرط، افزایش حوادث کار و پایین آمدن بازده شود ؛

***د ــ بیماری‌های شغلی:*** در اثر عملیات استخراج معدن، مقادیر قابل ملاحظه‌ای گرد و غبار در اتمسفر کارگاه‌ها پراکنده می‌شود. اگر کارگران همیشه هوای چنین محیطی را تنفس کنند، پس از گذشت مدت زمانی، به بیماری‌های شغلی خطرناکی مبتلا می‌شوند. بنابر آن‌چه که گفته شد، اهمیت تهویه و لزوم توجه به هوای معدن، ما را بر آن می‌دارد تا از اتمسفر معدن و اثرات زیان‌آوری که هوای آلوده در بدن انسان و درنتیجه در بازده کاری برجای می‌گذارد، شناخت کافی حاصل کنیم.

قبل از این‌که موضوع ایمن‌سازی و تهویه‌ی هوای معدن را مورد بررسی قرار دهیم، باید با گازهای موجود در اتمسفر معدن آشنا شویم.

## بررسی گازهای موجود در هوای معدن

### ۱ــ گاز اکسیژن ($O_2$)

گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است که به مقدار کمی در آب قابل حل است. اکسیژن به علت

میل ترکیبی زیاد با تعداد بسیاری از عناصر (مخصوصاً به کمک حرارت)، ترکیب می‌شود و اکسید به‌وجود می‌آورد. این گاز ضروری‌ترین گاز برای زندگی و نیز انجام عمل سوختن است. اگرچه می‌توان بدون غذا یک هفته به زندگی ادامه داد، ولی در محیط فاقد اکسیژن، بیش‌تر از ۳ دقیقه امکان زیستن وجود ندارد. هم‌چنین در محیطی که اکسیژن وجود نداشته باشد، عمل سوختن نیز انجام نخواهد شد.

**علل اصلی کاهش مقدار اکسیژن در معادن زیرزمینی**

الف ــ تنفس افراد ؛

ب ــ اکسیداسیون کُند مواد آلی و معدنی گوناگون موجود در معدن از قبیل چوب‌بست‌ها، کانی‌ها و سنگ‌ها ؛

ج ــ حریق‌های معدنی و انفجارهای مخلوط متان و هوا و گرد زغال ؛

د ــ آزاد شدن گازهایی که از زغال‌سنگ و طبقات اطراف متصاعد می‌شود (مثل $CO_2$ و $CH_4$) در هوای معدن ؛

هـ ــ سوختن چراغ‌های شعله‌ای ؛

و ــ گازهای خروجی از موتورهای احتراق داخلی ؛

ز ــ کم شدن سرعت جریان هوا.

## مطالعه‌ی آزاد

کاهش مقدار اکسیژن در هوای تنفسی کارگران معدن، اثرات خاصی روی آن‌ها باقی می‌گذارد که در جدول زیر ملاحظه می‌کنید.

**جدول ۱ــ۱ــ تأثیرات فیزیولوژیکی کمبود اکسیژن در انسان**

| درصد اکسیژن هوا | تأثیرات فیزیولوژیکی روی بدن انسان |
|---|---|
| ۲۰/۹۶ــ۱۸ | تنفس به حالت طبیعی صورت می‌گیرد. |
| ۱۸ــ۱۷ | تنفس سریع‌تر می‌شود. |
| ۱۷ــ۱۲ | تنگی نفس و طپش قلب. |
| ۱۴ــ۹ | تنگی نفس و طپش قلب و استفراغ. |
| ۳ــ۱ | مرگ فوری ناشی از فقدان اکسیژن. |

**حجم تنفس:** حجم تنفس عبارت است از مقدار هوایی که در یک دقیقه داخل شش‌ها شده، از آن‌ها خارج می‌شود. بدیهی است که مقدار آن در حالات مختلف متغیر خواهد بود.

| | | |
|---|---|---|
| **زمان استراحت** | ۸ـ۷/۷ | لیتر در دقیقه |
| **حالت راه رفتن** | ۱۴ـ۱۸/۶ | لیتر در دقیقه |
| **موقع دویدن آهسته** | ۶۱ | لیتر در دقیقه |
| **هنگام انجام کارهای سنگین** | تا ۱۰۰ | لیتر در دقیقه |

### طریقه‌ی اندازه‌گیری گاز اکسیژن

***الف ــ استفاده از چراغ اطمینان شعله‌ای:*** پس از بردن چراغ به محل موردنظر، شعله‌ی آن را بررسی می‌کنند. بلند بودن شعله، نشانه‌ی مناسب بودن درصد اکسیژن و کوتاه بودن شعله، نشانه‌ی درصد کم اکسیژن و خاموش شدن آن، نشانه‌ی آن است که مقدار اکسیژن از ۱۷ درصد کم‌تر است.

***ب ــ استفاده از دستگاه‌های برقی اندازه‌گیری قابل حمل:*** حمل و نقل این دستگاه‌ها به‌علت کوچکی آسان‌تر بوده، دقیق‌تر از چراغ اطمینان شعله‌ای عمل می‌کنند. سیستم کار این دستگاه‌ها به‌این صورت است که ابتدا هوای معدن به داخل دستگاه راه می‌یابد و سپس راه ورود و خروج هوا، کاملاً مسدود می‌شود. آنگاه فقط اکسیژن موجود در هوای محبوس شده به‌وسیله‌ی محلول‌های شیمیایی جذب می‌گردد ؛ به همین علت، فشار هوای محبوس شده، کم می‌شود. کاهش فشار هوا با اکسیژن جذب شده، متناسب است ؛ درنتیجه‌ی کاهش فشار، به اهرم‌های عقربه‌ی نشان‌گر فشار آورده می‌شود و می‌توان میزان اکسیژن را مشخص کرد شکل(۲ــ۱). انواع دیگر این دستگاه‌ها نیز وجود دارند که ارقام را به‌صورت دیجیتالی نشان می‌دهند شکل(۱ــ۱) و سیستم مکنده‌ی آن‌ها یا به‌صورت دستی، تلمبه‌ای است و یا توسط موتور الکتریکی کوچکی عمل مکش صورت می‌گیرد. دستگاه‌های ساده‌تری نیز وجود دارند که با محبوس کردن هوای معدن در کپسول‌های شیشه‌ای مدرج، حاوی مواد شیمیایی، با اکسیژن ترکیب می‌شوند و می‌توانند مقدار اکسیژن موجود در هوای معدن را با تغییر رنگ نشان دهند شکل (۵ــ۱). نوع اخطاردهنده‌ی جیبی کمبود اکسیژن نیز وجود دارد شکل (الف و هـ ــ ۱۳ ــ۱).

**شکل ۱ــ۱ــ دستگاه اندازه‌گیری دیجیتالی اکسیژن**

**شکل ۲ــ۱ــ دستگاه‌های اندازه‌گیری عقربه‌ای مقدار اکسیژن**
**شکل سمت راست با سیستم مکنده به‌صورت دستی تلمبه‌ای و شکل سمت چپ با سیستم مکنده توسط موتور کوچک الکتریکی**

## ۲ــ گاز منواکسیدکربن (CO)

منواکسیدکربن گازی است بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه که وزن مخصوص آن اندکی کم‌تر از هواست از این جهت در محل تشکیل باقی می‌ماند، مگر این‌که در اثر جریان هوا جابه‌جا شود.

هم‌چنین قابلیت نفوذ و پخش آن در هوا زیاد است به‌نحوی که حتی از جدار ورقه‌های آهنی نازک که تا حد گداختگی (سرخ) گرم شده است و نیز از جدار ماسک‌های معمولی، عبور می‌کند. این گاز از احتراق ناقص تولید می‌شود و قابل احتراق و انفجار است و در صورت سوختن با شعله‌ی آبی تیره تا کم‌رنگ باعث ایجاد دی‌اکسیدکربن می‌گردد[1]. منواکسیدکربن هنگامی که در شرایط معمولی با هوا، مخلوطی بین ۱۳ تا ۷۵ درصد بسازد، قابل انفجار است و هنگامی که غلظت آن در هوا در حدود ۳۰ درصد باشد، شدیدترین و پرقدرت‌ترین انفجار منواکسیدکربن می‌تواند به وقوع بپیوندد.

**مسمومیت با منواکسیدکربن:** برحسب شدت و ضعف مسمومیت با منواکسیدکربن، می‌توان ۳ نوع مختلف برای آن به‌شرح زیر قائل گردید :

**جدول ۲ــ۱**

| نوع مسمومیت | آثار |
|---|---|
| جزیی | وزوز کردن گوش، سر درد و سرگیجه، طپش قلب |
| سخت | علاوه بر علایم مسمومیت جزیی، استفراغ، کم شدن قوه‌ی بینایی، از دست دادن توانایی حرکت، کند شدن هوش |
| مهلک | بی‌هوشی، حرکات متشنج‌گونه، مرگ |

### منابع تولید منواکسیدکربن در معادن زیرزمینی

الف ــ آتش‌سوزی‌ها که در اثر وقوع آن‌ها وسایل و اشیای مختلفی مانند چوب‌های نگه‌داری، مواد روغنی، نوار باربری، کابل و غیره می‌سوزند و درنتیجه‌ی آن، مقدار زیادی گاز منواکسیدکربن تولید می‌گردد.

ب ــ اشتعال و انفجار گاز متان و گرد زغال (به‌ویژه گرد زغال).

ج ــ در اثر نفوذ گاز دی‌اکسیدکربن بر تورکربنی چراغ‌های شعله‌ای معدنی، گاز منواکسیدکربن

---

۱ــ $C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO + 2420\ kcal$ از سوختن ناقص کربن،منواکسید کربن حاصل می‌شود.

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 5660\ kcal$ از سوختن منواکسید کربن،دی‌اکسید کربن حاصل می‌شود.

تولید می‌شود که مقدار منواکسیدکربن تولید شده، ناچیز است.

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO$$

د ــ اکسیداسیون زغال‌سنگ که در آن اکسیژن موجود در هوای معدن به‌وسیله‌ی زغال‌سنگ جذب می‌شود و سپس به‌طور تدریجی، منواکسیدکربن تولید می‌کند.

هـ ــ مواد منفجره نیز از عوامل تولیدکننده‌ی منواکسیدکربن هستند به‌طوری که انفجار یک کیلوگرم ماده‌ی منفجره در معادن زیرزمینی، به تصاعد ۴۰ لیتر منواکسیدکربن و گاز $NO_2$ منجر می‌شود. هم‌چنین در اثر انفجار باروت گازهای منواکسیدکربن و $H_2S$ تولید می‌شود.

و ــ موتورهای احتراق داخلی، نوع موتور،سوخت، دستگاه سوخت‌پاش، قدرت و فرسودگی موتور در میزان تولید گاز منواکسیدکربن، نقش مهمی را ایفا می‌کنند. به این ترتیب، هرقدر موتور با سرعت کم‌تری کار کند، مقدار بیش‌تری CO تولید می‌شود ؛ بنابراین، بهتر است موتورها را هنگام توقف عملیات، خاموش نمود.

**طریقه‌ی تشخیص و اندازه‌گیری منواکسیدکربن:** گاز منواکسیدکربن به‌وسیله‌ی شامه‌ی افراد، قابل احساس نیست و در صورت موجود نبودن دستگاه اندازه‌گیری، فقط از آثار آن بر روی اشخاص، می‌توان حدود آن‌را حدس زد. دستگاه‌هایی که برای تشخیص و اندازه‌گیری این گاز ساخته شده‌اند،جدیداً دیجیتالی یا عقربه‌ای هستند ولی نوع معمول آن شامل کپسول‌های شیشه‌ای کوچکی است که حاوی «پنتا اکسید یُد $I_2O_5$» می‌باشد. با عبور هوای معدن از داخل این کپسول و جلوگیری کردن از ورود گازهای دیگر مانند دی‌اکسیدکربن و متان، منواکسیدکربن موجود در هوای معدن بر «پنتا اکسید یُد $I_2O_5$» اثر کرده، باعث احیاء «یُد» و تغییر رنگ آن می‌شود. طول قسمت رنگی شده،با درصد گاز موجود در هوا متناسب است که می‌توان آن‌را از روی مقیاس مدرج روی کپسول قرائت کرد شکل (۵ــ۱). نوع اخطاردهنده‌ی آن نیز به اندازه‌ی کوچک و جیبی ساخته شده است شکل (ب ــ۱۳ــ۱) و نوع اخطاردهنده‌ی عقربه‌ای معمولی آن نیز وجود دارد شکل (۱۲ــ۱).

## ۳ــ گاز دی‌اکسیدکربن ($CO_2$)

نام‌های دیگر آن «انیدریدکربنیک» یا «گازکربنیک» است. این گاز بی‌رنگ، بی‌بو و دارای مزه‌ی اسیدی (ترش) است که وزن مخصوص آن بیش‌تر از هوا است ؛ به همین علت، قسمت‌های کف و پایین کارگاه‌ها و چاه‌ها، متراکم می‌شود. این گاز قابل اشتعال نیست.

**منابع تولید دی‌اکسیدکربن یا گاز کربنیک در معادن زیرزمینی**

۱ــ تجزیه و فساد مواد آلی و غالباً پوسیدن مواد گیاهی مانند چوب‌بست‌ها ؛

۲ــ تجزیه‌ی سنگ‌ها اعم از سنگ‌هایی که منشأ معدنی یا آلی دارند ؛

۳ــ اکسیداسیون زغال‌سنگ و نیز تأثیر آب‌های اسیدی معدن بر سنگ‌های کربناته ؛

۴ــ تجزیه شدن «دولومیت‌ها» به‌وسیله‌ی اسیدسولفوریک ناشی از تجزیه شدن «پیریت» که می‌تواند روزانه تا هزار مترمکعب گاز کربنیک تولید کند ؛

۵ــ تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن از سنگ‌ها یا زغال‌سنگ که ممکن است به‌صورت خالص یا همراه با متان صورت گیرد ؛

۶ــ تنفس انسان منبع دیگر تولید گاز کربنیک در هوای معدن است. در بازدم تنفس انسان حدود ۴ درصد دی‌اکسیدکربن وجود دارد ؛ ولی میزان قطعی آن در حالات مختلف در حدزیادی تغییر می‌کند به‌طوری که در کارگاه‌های زیرزمینی، هر معدن‌چی به‌طور متوسط ۵۰ لیتر گاز کربنیک در ساعت تولید می‌کند ؛

۷ــ سوختن چراغ‌های شعله‌ای که در هر ساعت حدود ۷ــ۶ گرم سوخت مصرف می‌کنند و در خلال این مدت، حدود ۱۰ لیتر گاز کربنیک وارد هوای معدن می‌نمایند ؛

۸ــ موتورهای احتراق داخلی، تولیدکننده‌ی گاز کربنیک فراوانی هستند لوکوموتیوهای احتراق داخلی از این نوع‌اند ؛

۹ــ مواد منفجره که در اثر آتش‌کاری، مقدار زیادی گاز کربنیک تولید می‌کنند نیز عامل دیگری هستند. به‌طوری که از انفجار یک کیلوگرم دینامیت ژلاتینی، تقریباً ۲۵۰ لیتر گازکربنیک متصاعد می‌شود.

۱۰ــ در هنگام وقوع انفجار و آتش‌سوزی و انفجار مخلوط گاز متان و هوا یا گرد زغال‌سنگ، گاز کربنیک زیادی تولید می‌شود که چندین برابر گاز کربنیک تولید شده به‌وسیله‌ی تنفس کارگران است.

**مقدار تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن:** مقدار مطلق گاز دی‌اکسیدکربن که هر روز تولید می‌شود و نیز مقدار گاز حاصل از هر تن محصول روزانه، اساساً به عوامل زیر بستگی دارد :

الف ــ خاصیت و تمایل سنگ‌های کنده شده به تصاعد گاز $CO_2$ ؛

ب ــ توانایی سنگ‌ها و کانی‌ها برای اکسیداسیون و تشکیل $CO_2$ ؛

ج ــ عمر معدن که مهم‌ترین عامل است، به‌طوری که در معادن قدیمی، گاز بیش‌تر است زیرا حجم سطوح کنده شده، زیاد است درنتیجه، مقدار گازی که از منابع مختلف به‌ویژه پوسیدن چوب‌ها حاصل می‌شَود، بیش‌تر خواهد بود.

د ــ ابعاد معدن.

## مطالعه‌ی آزاد

یکی از خواص دی‌اکسیدکربن، ممانعت از انجام عمل احتراق است با توجه به‌این‌که موضوع سوختن و خاموش شدن چراغ‌های شعله‌ای، می‌تواند دلیلی بر تراکم زیاد این گاز در هوای کارگاه باشد. شعله‌ی چراغ اطمینان در هوای آرام و غلظت ۴ـ۳ درصد گاز کربنیک، رو به خاموشی می‌رود و حال این‌که اگر هوا در حرکت باشد، چراغ در غلظت‌هایی حتی بیش‌تر از این به سوختن ادامه می‌دهد.

**عوارض ناشی از غلظت‌های مختلف گاز کربنیک:** گاز کربنیک در عیارهای مختلف اثرات گوناگونی روی انسان می‌گذارد که در جدول زیر به آن‌ها اشاره شده است.

**جدول ۳ـ۱**

| درصد | عوارض | درصد | عوارض |
|---|---|---|---|
| ۰/۰۳ تا ۰/۵ | زیانی ندارد. | ۶ | تنگی نفس شدید و ضعف می‌آورد. |
| ۰/۵ | سرعت تنفس زیاد می‌شود. | | |
| ۳ | میزان تنفس حتی در حالت استراحت ۲ برابر می‌شود. | ۱۰ | بی‌هوشی |
| ۵ | سرعت تنفس ۳ برابر می‌شود و مشکل است. | ۲۰ تا ۲۵ | مرگ فوری |

**طریقه‌ی تشخیص و اندازه‌گیری گاز دی‌اکسیدکربن:** به علّت سنگین بودن گاز دی‌اکسیدکربن نسبت به هوا، دستگاه اندازه‌گیری را در پایین‌ترین قسمت کارگاه قرار می‌دهیم. برای انتقال و اندازه‌گیری این گاز و هر گاز دیگری، می‌توان از شیشه‌های مخصوص نمونه‌گیری استفاده کرد. از این طریق گاز را به بیرون از کارگاه برده، آزمایش می‌کنیم. شعله‌ی چراغ اطمینان، عامل تشخیص خوبی برای اندازه‌گیری عیار گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن است. درصورتی که شعله کوتاه یا خاموش شود، متوجه می‌شویم که عیار دی‌اکسیدکربن زیاد و اکسیژن کم است و برعکس.

در دستگاه‌های دیگری هم‌چون دستگاه‌های اندازه‌گیری منواکسیدکربن، هوای معدن را از کپسول‌های مدرج شیشه‌ای که حاوی مواد شیمیایی است، عبور می‌دهیم و در اثر فعل و انفعالات

شیمیایی، دی‌اکسیدکربن هوای عبور داده شده بر ماده‌ی شیمیایی اثر کرده، ماده‌ی شیمیایی تغییر رنگ می‌دهد طول قسمتی از شیشه که تغییر رنگ داده است با توجّه به قسمت مدرّج، خوانده می‌شود و عدد خوانده شده بیان‌گر درصد گاز دی‌اکسیدکربن است شکل (۵ ــ۱). دستگاه‌های دیگری نیز وجود دارد که در آن‌ها، هوای معدن در محفظه‌ی مخصوصی محبوس می‌شود و دی‌اکسیدکربن موجود در آن به‌وسیله‌ی ماده‌ی شیمیایی مخصوص جذب می‌شود. در اثر کاهش فشار در محفظه، اهرم‌ها عقربه‌ی نشان‌گر را منحرف کرده، میزان عیار مشخص می‌شود. نوع دیجیتالی آن نیز وجود دارد شکل (۳ــ۱).

**شکل ۳ــ۱ــ وسیله‌ی دیجیتالی اندازه‌گیری گاز دی‌اکسیدکربن**

## ۴ــ گاز سولفید هیدروژن[1] ($H_2S$)

گازی است بی‌رنگ، با بوی مشخص تخم‌مرغ گندیده و مزه‌ی شیرین، وزن مخصوص آن کمی

---

۱ــ هیدروژن سولفوره هم به آن می‌گویند.

بیش‌تر از هوا است. این گاز قابل اشتعال است و هنگامی که با هوا مخلوط شود، انفجارآمیز است در فاضلاب‌ها و نیز در آب چشمه‌های گوگردی وجود دارد. این گاز چشم‌ها و دستگاه تنفسی را به سوزش درمی‌آورد و سیستم عصبی را تحریک می‌کند و فوق‌العاده سمی و خطرناک است.

**منابع اصلی تولید سولفید هیدروژن در معادن زیرزمینی**

الف ــ فساد مواد آلی به‌ویژه چوب، سولفید هیدروژن تولید می‌کند بنابراین، هر قدر کارگاه معدنی قدیمی‌تر باشد، به همان نسبت سولفید هیدروژن بیش‌تری در آن وجود خواهد داشت ؛

ب ــ تجزیه‌ی ترکیبات گوگردی مانند «پیریت»، «ژیپس» و غیره به‌وسیله‌ی آب ؛

ج ــ تراکم گاز در شکاف‌ها و حفره‌های سنگ‌ها و کانی‌ها به‌ویژه در سنگ نمک ؛

د ــ انباشته کردن کانی‌های گوگردی در کارگاه‌ها ؛

هـ ــ تصاعد اتفاقی «$H_2S$» همراه با متان ؛ زیرا در موقع تولید زغال‌سنگ همراه با گاز متان سولفید هیدروژن نیز تشکیل می‌شود ؛

و ــ انفجار ناقص و سوختن فتیله‌ی انفجاری، انفجار مواد منفجره‌ی گوگرددار یا باروت و نیز انفجار دینامیت در سنگ‌های گوگرددار ؛

ز ــ سوختن رگه‌های زغال‌سنگ ؛

ح ــ در کان‌های گچ نیز سولفید هیدروژن مشاهده می‌شود.

## مطالعه‌ی آزاد

میزان مسمومیت سولفید هیدروژن براساس جدول زیر است :

**جدول ۴ــ۱**

| عیار هیدروژن سولفوره | | مدت تنفس | اثر |
|---|---|---|---|
| میلی‌گرم درلیتر | درصد حجمی | | |
| ۰/۱۴ | ۰/۰۱ | چند ساعت | مسمومیت جزیی |
| ۰/۲۸ | ۰/۰۲ | تا یک ساعت | مسمومیت بدون تأثیر وخیم |
| ۰/۷ | ۰/۰۵ | ۳۰ تا ۶۰ دقیقه | مسمومیت سخت |
| ۱/۴ | ۰/۱۰ | خیلی کم | مرگ فوری |

بوی نامطبوع سولفید هیدروژن بهترین راه شناخت این گاز در هوای معدن است، ولی در غلظت ۰/۰۱۵ تا ۰/۰۱ درصد به علّت از کار افتادن حس بویایی، بوی آن تشخیص داده نمی‌شود ؛ به همین جهت باید از روش‌های دیگر استفاده کرد.

**طریقه‌ی تشخیص و اندازه‌گیری گاز سولفید هیدروژن:** به علّت این‌که این گاز در عیارهای کم، بوی زننده‌ی مخصوصی دارد، به‌آسانی قابل تشخیص است. برای تعیین درصد سولفید هیدروژن، از کاغذهای آغشته به استات سرب استفاده می‌شود. اثر مقدار کم گاز سولفید هیدروژن بر این ماده‌ی شیمیایی، رنگ کاغذ را سیاه می‌کند. اگر کاغذ در طول مدت یک تا دو دقیقه سیاه شود، علامت این است که عیار گاز در حد خطرناکی است. استفاده از کپسول‌های ویژه‌ی شناسایی این گاز، وسیله‌ی دیگری برای اندازه‌گیری آن است. مکانیزم استفاده از این کپسول‌ها مانند موارد قبل است با این تفاوت که ماده‌ی شیمیایی موجود در آن، در مقابل سولفید هیدروژن حساس است و تغییر رنگ می‌دهد عدد قسمت مدرّج رنگی شیشه، نشانه‌ی عیار این گاز است شکل (۵ــ۱). دستگاه‌های عقربه‌ای و دیجیتالی نیز برای اندازه‌گیری این گاز وجود دارند که مکانیزم عمل‌کرد آن‌ها مانند موارد قبل است، با این تفاوت که ماده‌ی شیمیایی داخل محفظه، فقط سولفید هیدروژن را جذب می‌کند. شکل (۴ــ۱) نوعی از دستگاه‌های اندازه‌گیری هیدروژن سولفوره را نشان می‌دهد. دستگاه‌های جیبی هشداردهنده در ابعاد کوچک و سبک ساخته شده‌اند(شکل ۱۳ــ۱).

**شکل ۴ــ۱ــ دستگاه اندازه‌گیری گازهای هیدروژن سولفوره**

## ۵ــ گاز دی‌اکسید گوگرد ($SO_2$)

نام دیگر آن «انیدرید سولفورو» است این گاز اشتعال‌ناپذیر، خفه‌کننده، بی‌رنگ و دارای مزه‌ی تند و تیزی است که بوی تند آن همان بوی سوختن گوگرد است. وزن مخصوص آن بیش‌تر از وزن مخصوص هوا است به همین علت، در قسمت‌های کف و پایین کارگاه‌ها و نیز ته چاه‌ها متراکم می‌شود.

### منابع اصلی تولید $SO_2$ در معادن زیرزمینی

الف ــ آتش‌کاری در پاره‌ای از معادن گوگردی ؛

ب ــ سوختن پیریت آهن در هنگام آتش‌کاری ؛

ج ــ آتش‌سوزی ؛

د ــ عملیات انفجار ؛

هـ ــ استخراج سنگ‌های معدنی سولفور، پیریت، مس پرگوگرد، ترکیبات گوگردی.

### مطالعه‌ی آزاد

اثرات $SO_2$ در بدن انسان در جدول زیر آمده است :

**جدول ۵ــ۱**

| غلظت $SO_2$ برحسب درصد | اثرات |
|---|---|
| ۰/۰۰۰۰۳–۰/۰۰۰۵ | بوی آن قابل استشمام است. |
| ۰/۰۰۲۰ | باعث سوزش شدید چشم‌ها می‌شود. |
| ۰/۰۱۵ | تا چند دقیقه قابل تحمل است ولی به‌زودی مسمومیت شدید حاصل می‌شود. قدرت تکلم زایل و نوک انگشتان سرد می‌شود ناراحتی و تحریک پوست به‌وجود می‌آید. |
| ۰/۰۵ به بالا | خطر مرگ فوری است. |

**طرز تشخیص و اندازه‌گیری گاز دی‌اکسید گوگرد:** گاز دی‌اکسید گوگرد در عیارهای کم، بوی به‌خصوص خود را دارد و به‌راحتی می‌توان آن‌را بدون دستگاه حس کرد. برای اندازه‌گیری دقیق این گاز، کپسول‌های شیشه‌ای مخصوصی وجود دارد که مکانیزم آن‌ها همانند دستگاه‌های اندازه‌گیری گازهای دیگر است ؛ با این تفاوت که ماده‌ی شیمیایی داخل آن‌ها به دی‌اکسید گوگرد حساس است و در صورت مجاورت با گاز دی‌اکسید گوگرد، تغییر رنگ می‌دهند. دستگاه‌های عقربه‌ای و دیجیتالی آن نیز وجود دارد شکل(۵ ــ۱).

الف

ب

ج

د

**شکل ۵ــ۱ــ دستگاه اندازه‌گیری گازهای معدن با کپسول‌های شیمیایی مختلف**

**الف ــ دستگاه قدیمی مکنده‌ی هوای معدن با کپسول اندازه‌گیری گاز**

**ب ــ کپسول‌های اندازه‌گیری گازهای مختلف همراه دستگاه مربوطه**

**ج ــ دستگاه جدید مکنده‌ی هوای معدن با کپسول اندازه‌گیری گاز**

**د ــ انجام عمل اندازه‌گیری با دستگاه مکنده**

## ۶ــ گاز نیتروژن ($N_2$)

گاز نیتروژن یا ازت گازی است بی‌بو، بی‌رنگ، بدمزه و غیرقابل سوختن که تقریباً $\frac{۴}{۵}$ حجم هوا از آن تشکیل شده است این گاز در کار تنفس و عمل احتراق هیچ نقشی ندارد. گاز نیتروژن زمانی روی زندگی اثر سوء می‌گذارد که مقدار آن زیاد شود و جای اکسیژن هوا را بگیرد. هم‌چنین در انفجار گازها در معدن دخالتی ندارد.

**منابع نیتروژن درمعادن زیرزمینی**

۱ــ فساد و تجزیه مواد آلی ؛

۲ــ انفجار ؛

۳ــ تصاعد نیتروژن به‌صورت خالص یا مخلوط با گاز متان از شکاف‌های موجود در سنگ‌ها یا زغال‌سنگ‌های دوران سوم زمین‌شناسی ؛

۴ــ انتشار هوای مرده. (هوای مرده در معدن مخلوطی از گازهای دی‌اکسیدکربن و نیتروژن است که مقدار آن‌ها بیش از اندازه‌ای است که در هوای تازه وجود دارد. این گاز فاقد اکسیژن بوده، از سکون هوا و نفوذ دو گاز ذکر شده در طول زمان به‌وجود می‌آید.)

**اکسیدهای نیتروژن** : گاز نیتروژن در ترکیب با اکسیژن ایجاد اکسیدهای مختلف $N_2O_5$ ، $N_2O_3$ ، $N_2O_4$ ، $NO_2$ ، NO و $N_2O$ می‌کند. تمام اکسیدهای ذکر شده به‌استثنای $N_2O$ سمی هستند. مهم‌ترین اکسیدهای سمی نیتروژن NO، $NO_2$ و $N_2O_4$ هستند.

اکسیدهای نیتروژن در اثر سوخت موتورهای احتراق داخلی اعم از بنزینی و دیزلی، انفجار مواد منفجره، سوختن یا تجزیه‌ی نیترات‌ها و مواد نیتراتی تولید می‌شوند. هرگاه هوایی که شامل اکسیدهای نیتروژن باشد از روی بی‌احتیاطی به‌طور عمیق استنشاق شود، حتی در غلظت کم، ممکن است باعث ایجاد خطرات جدی برای سلامت گردد ؛ زیرا اکسیدهای نیتروژن در رطوبت شش‌ها حل می‌شوند و تولید «اسید نیترو» و «اسید نیتریک» می‌کنند، این اسیدها سبب خورندگی دستگاه تنفسی می‌شوند. شخصی که به این‌ترتیب از محل کار به خانه بازمی‌گردد، پس از ۲۰ تا۳۰ ساعت فوت خواهد کرد.

**طریقه‌ی تشخیص و اندازه‌گیری:** رنگ خرمایی این گازها، عامل خوبی برای تشخیص آن‌ها است. اگر یک کاغذ نواری را به یدور پتاسیم آغشته کنیم و در هوای حاوی دی‌اکسید ازت قرار دهیم، رنگ کاغذ به‌سرعت سیاه می‌شود. راه دیگر، استفاده از دستگاه‌هایی است که دارای کپسول

شیشه‌ای هستند و همان‌طور که در مورد گازهای دیگر شرح داده شد، ماده‌ی شیمیایی داخل شیشه به گازهای اکسید نیتروژن حساس بوده، به‌سرعت تغییر رنگ می‌دهد. طول قسمت رنگی، عیاراین گاز است. دستگاه‌های عقربه‌ای و دیجیتال نیز برای اندازه‌گیری این گاز وجود دارد.

## ۷ــ هیدروژن

گازی است بی‌رنگ و بی‌مزه و فوق‌العاده سبک به‌طوری که ۱۵ مرتبه از هوا سبک‌تر است از همین‌رو، در صورت تراکم، باید در قسمت‌های بالا و سقف کارگاه به جستجوی آن پرداخت. قابلیت نفوذ این گاز بسیار زیاد است در درجه‌ی حرارت معمولی معدن، مخلوط انفجارآمیز آن در غلظت حدود ۴ درصد تشکیل می‌شود. این گاز به مراتب از متان ساده‌تر مشتعل می‌شود. پرقدرت‌ترین انفجار هنگامی روی می‌دهد که مخلوطی از ۲۸/۶ درصد هیدروژن و ۷۱/۴درصد هوا داشته باشیم. درجه‌ی حرارت اشتعال هیدروژن، چندین برابر کم‌تر از متان است. شکل (۶ــ۱) نوعی از دستگاه‌های اندازه‌گیری هیدروژن را نشان می‌دهد.

**شکل ۶ــ۱ــ دستگاه اندازه‌گیری گاز هیدروژن**

### منابع تولید هیدروژن

۱ــ در معادن زغال‌سنگ، هیدروژن به همراه هیدروکربورهای سنگین یافت می‌شود ؛

۲ــ در معادن پتاس (کربنات پتاسیم $K_2CO_3$) هم، مکرراً خروج هیدروژن همراه با گاز متان است ؛

۳ــ برای خاموش کردن حریق، هنگامی که آب بر روی زغال گداخته‌ی جبهه‌ی کار پاشیده می‌شود، منواکسیدکربن و هیدروژن متصاعد می‌گردد[۱] ؛

---

۱ــ $H_2O + C \rightarrow CO + H_2$

۴ــ باطری‌های موجود در لوکوموتیوهای برقی نیز عامل تولید هیدروژن هستند. باطری‌های قلیایی ۶ برابر باطری‌های اسیدی از نظر حجمی هیدروژن تولید می‌کنند.

## ۸ــ آلدئیدها

از نظر شیمیایی آلدئیدها از اکسیداسیون الکل‌ها پدید می‌آیند، ولی در معادن، همراه با دی‌اکسیدکربن و منواکسیدکربن ایجاد می‌شوند و همراه اکسیدهای نیتروژن از طریق گازهای خروجی موتورهای احتراق داخلی، گازهای حاصل از انفجار و سوخت مواد منفجره در اتمسفر معدن پراکنده می‌گردند. بو و آثار تحریک‌کننده‌ی پس گازِ موتورهای دیزلی، بیش‌تر در اثر گازهای آلدئیدی است اگر مقدار آلدئیدها در هوا زیاد باشد، چشم‌ها، بینی و سیستم تنفسی را تحریک می‌کند. اگر آلدئید با مقدار زیادی هوا، آن‌قدر رقیق شود که اثر تحریک‌کننده‌ی آن از بین برود، باز هم بوی بد آن در محیط باقی می‌ماند. تنفس هوایی با بیش از ۰/۰۰۱ آلدئید خطرناک است.

تشخیص آلدئیدها به‌طریقه‌ی شیمیایی و در آزمایش‌گاه‌ها صورت می‌گیرد.

## ۹ــ گاز متان[1]

گاز متان بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است وزن مخصوص آن‌ها کم‌تر از هواست و به همین علت به‌طرف بالا حرکت می‌کنند و اغلب در زیر سقف کارگاه‌ها و جاهای بلند راه‌روها و داخل حفره‌های سقف، جمع می‌شوند این گاز ۱/۶ برابر سریع‌تر از هوا منتشر می‌شود این گاز به علّت سبکی، به‌آسانی از میان جداره‌ها و دیواره‌های خلل و فرج‌دار عبور می‌کند. اگرچه گاز متان به‌تنهایی بویی ندارد، ولی چون در بعضی معادن، همراه با آن ناخالصی‌هایی مانند هیدروکربن‌ها و هیدروژن سولفوره و غیره متصاعد می‌شود ؛ در مجموع گازهای مذکور خصوصیت بوی سیب را به متان می‌دهند. مقدارکم گاز متان در تنفس انسان اثر سوء کمی دارد ولی هنگامی که این گاز رفته رفته جانشین اکسیژن هوا شود و مقدار آن در هوای تنفسی افزایش یابد، زیان‌آور می‌گردد. از سوختن یا انفجار متان، دی‌اکسیدکربن، بخار آب و حرارت حاصل می‌شود[2].

**ضربه‌های انفجار گاز متان:** متان گازی است که در اثر شعله و حرارت منفجر می‌شود و صدمات

---

۱ــ واژه‌های فرانسوی گریزو آلمانی شلاگ وتر و روسی رودنیچنی در معادن مشتمل بر مخلوطی از گازهایی هستند که ۱۰۰ــ۹۵ درصد آن‌ها را متان و بقیه را $CO_2$ ، $N_2$ ، $H_2$ و گاهی $H_2S$ ، $SO_2$ و CO همراه با هیدروکربن‌های سنگین و غالباً اِتان تشکیل می‌دهند.

۲ــ $CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O + 210kcal$

و خسارات فراوانی را به‌بار می‌آورد. انفجارهای گاز متان در معدن، همیشه همراه با دو ضربه است :

**۱ــ *ضربه‌ی پیش‌رس:*** در اثر وقوع انفجار، تولیدات گازی داغ حاصل شده، تحت فشار زیاد، موج هوایی پدید می‌آورد که دارای نیروی قابل ملاحظه‌ای است. این موج از نقطه‌ای که در آن انفجار رخ داده، سریعاً به قسمت‌های دیگر منتقل شده، در مسیر خود باعث خرابی و آسیب‌های زیادی می‌شود.

**۲ــ *موج ثانویه یا معکوس:*** درنتیجه‌ی افت فشار در نقطه‌ی انفجار (که به علّت سرد شدن گازها و میعان بخار آب به‌وجود می‌آید) موج معکوسی ایجاد می‌گردد که نیروی آن نسبت به ضربه‌ی پیش‌رس، کم‌تر است ؛ زیرا این موج، مجدداً همان راهی را می‌پیماید که ضربه‌ی پیش‌رس، پس از طی کردن، باعث ایجاد خسارت شده است. از این جهت، موجب تکمیل ضایعات می‌گردد و به همین دلیل تأثیرات مکانیکی موج معکوس، اغلب نیرومندتر از موج پیش‌رس به نظر می‌رسد.

**انواع تصاعد گاز متان:**

۱ــ انتشار معمولی گاز از روزنه‌ها و شکاف‌های میکروسکوپی موجود در سراسر سطح نمایان زغال‌سنگ یا سنگ‌های اطراف که به آرامی خارج می‌شود ولی این عمل به‌طور مداوم و در مدت طولانی ادامه دارد. به این حالت «تصاعد عادی» می‌گویند.

۲ــ خروج گاز از شکاف‌ها و سوراخ‌های قابل رؤیت موجود در زغال‌سنگ و چینه‌های اطراف که گاهی اوقات کم‌دوام است ولی اغلب به مدت زیادی حتی تا دو سال و یا بیش‌تر به‌طول می‌انجامد و با صدای سوت همراه است. به این تصاعد، «تصاعد وزشی» می‌گویند.

۳ــ تصاعد ناگهانی گاز متان یا دی‌اکسیدکربن و یا هر دو با یک‌دیگر که گاهی به مقدار بسیار زیادی از رگه‌ی زغال‌سنگ یا سنگ‌های اطراف به‌وقوع می‌پیوندد و با پرتاب مقادیر قابل‌ملاحظه‌ای زغال خرد شده و ریز توأم می‌گردد ؛ به همین دلیل معمولاً «طغیان ناگهانی گاز و زغال‌سنگ» نامیده می‌شود و خطر وقوع صدمه و مرگ را دارد.

**وسایل اندازه‌گیری غلظت گاز متان در معادن زیرزمینی**

**۱ــ *استفاده ازگازسنج نوری:*** نام دیگر آن، «متان‌سنج» است و در معادن ایران به‌نام گازسنج روسی معروف است. اصول کار دستگاه، به این صورت است که هرگاه دو دسته، اشعه‌ی نوری از داخل دو لوله‌ای که از هوای معدن به‌وسیله‌ی تلمبه زدن پر شده است، عبور کند، ضریب شکست هوا و هوای مخلوط با گاز متان متفاوت است ؛ لذا این دو اشعه‌ی نوری در خروج از تداخل‌سنج با هم اختلاف فاز پیدا کرده، نوارهای تداخلی آن‌ها جابه‌جا می‌شود. هر اندازه درصد گاز متان در هوای معدن زیادتر باشد، به همان نسبت جابه‌جایی نوارهای تداخلی بیش‌تر است.

**۲ــ *استفاده از دستگاه متانومتر مقاومتی:*** دستگاه‌های سنجش موسوم به متانومتر برای اندازه‌گیری و نمایش میزان گاز متان موجود در هوا، طراحی شده است و با این وسیله، می‌توان مقدار این گاز را در دامنه ٪ حجمی ۵ ــ ۰ اندازه‌گیری کرد.

این دستگاه‌ها کوچک و دستی بوده، عموماً با دو دکمه عمل می‌کنند. با فشار دادن دکمه‌ی بالایی، مراحل کامل اندازه‌گیری، به‌وسیله‌ی یک میکروکامپیوتر کنترل می‌شود. این میکروکامپیوتر دارای آژیر صوتی بوده، هم‌چنین یک عدد سه رقمی را نمایش می‌دهد که نمایان‌گر غلظت متان موجود است. پس از اندازه‌گیری، آخرین عدد نمایش داده شده، معمولاً تا دو دقیقه بر روی صفحه، باقی می‌ماند و هم‌چنین با فشار دادن دکمه‌ی پایینی، می‌توان صفحه را روشن نمود. در مکان‌هایی که دست‌رسی به آن‌ها آسان نیست، گاز به‌وسیله‌ی پمپ الکترونیکی توکار و لوله‌ی لاستیکی نمونه‌برداری یا لوله‌ی فلزی نمونه‌گیری به «سنسورها» منتقل می‌شود شکل‌های (۷ــ۱) و (۸ ــ۱).

بدنه‌ی اکثر این دستگاه‌ها، ضدآب و آنتی‌استاتیک است و ورودی و خروجی گاز آن‌ها به‌وسیله‌ی یک فیلتر خاص در برابر آب و غبار محافظت می‌گردند. انواع دیگر دستگاه‌های متانومتر در شکل‌های (۹ــ۱) و (۱۰ــ ۱) مشاهده می‌شود.

**شکل ۷ــ۱ــ متانومتر**

**شکل ۸ــ۱ــ صفحه‌ی دیجیتالی**

### *محاسن و امتیازات متانومترهای دستی*

۱ــ دستگاه متانومتر دستی، کوچک است و تنها با دو دکمه عمل می‌نماید.

۲ــ دستگاه دارای پمپ الکترونیکی توکار و یک کنترل میکروکامپیوتری است که به‌طور دائم و خودکار، مراحل اندازه‌گیری را انجام می‌دهد.

۳ــ با دقت، سه رقم مقدار گاز را نشان می‌دهد و صفحه‌ی آن، به‌راحتی قابل قرائت بوده، دارای نشان‌گر نقص نیز می‌باشد.

۴ــ پس از اندازه‌گیری، مقدار نمایش داده شده را تا دو دقیقه‌ی بعد، می‌توان مشاهده نمود.

۵ــ باطری‌های نیکل کادمیوم (NiCd) به‌کار رفته در آن‌ها حتی در شرایط بسیار خطرناک، قابل تعویض و شارژ می‌باشد.

۶ــ بدنه‌ی دستگاه ضدآب است.

۷ــ ورودی و خروجی گاز توسط یک فیلتر در برابر آب و غبار محافظت می‌شود.

۸ــ برای تنظیم نقطه‌ی صفر و میزان حساسیت، نیازی به باز کردن دستگاه نیست.

**شکل ۹ــ۱ــ دستگاه گازسنج متان از نوع مقاومتی**

**شکل ۱۰ــ۱ــ نوعی دستگاه متانومتردستی**

## دستگاه‌های اعلام خطر خودکار

این دستگاه‌ها به‌طور مداوم، درحال اندازه‌گیری هوا در نقاط حساس معدن هستند. به این صورت که عیار گاز موردنظر روی این دستگاه تنظیم می‌شود و اگر عیار گاز از این حد معمول تجاوز کند، دستگاه به صدا درآمده، آژیر می‌کشد و چراغ آن روشن و خاموش می‌شود شکل‌های (۱۰ــ۱)، (۱۱ــ۱) و (۱۲ــ۱).

شکل ۱۱ــ۱ــ دستگاه اعلام خطر

شکل ۱۲ــ۱ــ دستگاه اعلام‌کننده‌ی گاز منواکسیدکربن

الف ب ج

د

هـ

**شکل ۱۳ــ۱ــ دستگاه‌های کوچک، سبک و جیبی هشداردهنده برای**
**الف ــ کم بودن درصد گاز اکسیژن**
**ب ــ زیاد بودن درصد گاز CO**
**ج ــ زیاد بودن درصد گاز $H_2S$**
**د و هـ ــ طرز نصب دستگاه‌ها روی کلاه ایمنی و در لبه‌ی جیب**

## گازهای موجود در هوای فشرده

روغن‌هایی که برای روغن‌کاری و روان کردن کمپرسورها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌علّت درجه‌ی حرارت زیاد در کمپرسورها، بخار شده، یا به گازهای منواکسیدکربن و متان و غیره تجزیه می‌شوند بخارها و گازهای مزبور، در طول خطوط لوله به جریان افتاده، به محل مصرف هوا در معدن می‌رسند و مکرراً انفجارات پرقدرتی را ایجاد می‌کنند که نه‌تنها باعث انفجار کمپرسور می‌شود، بلکه باعث انفجار کمپرسورخانه نیز شده، و در مواقعی باعث مسمومیت افراد می‌شود. تجزیه‌ی ۲۰ گرم روغن روان‌کننده، قادر است یک مترمکعب هوا را به مخلوطی انفجارآمیز تبدیل کند.

برای جلوگیری از این انفجار، موارد زیر باید به موقع اجرا شود :

۱ــ سیستم خنک‌کننده‌ی کمپرسور باید در شرایط ایده‌آل تعمیر و نگه‌داری شود ؛

۲ــ روغن‌هایی که برای روان کردن کمپرسور به‌کار می‌روند، باید از نوع روغن‌های معدنی با

درجه‌ی اشتعال بالا و درجه‌ی حرارت تجزیه‌ی زیاد باشند ؛

۳ــ کمپرسورها باید به‌طور منظم و با حداقل مقدار روغن، روغن‌کاری شوند ؛

۴ــ مخازن کمپرسور، باید در فواصل معین، پاکیزه شوند تا سبب تمرکز و تغلیظ روغنی که در کمپرسور بخار شده است، نگردد.

## گرد و غبار موجود در هوای معدن

گرد و غبار عبارت است از ذرات بسیار کوچک کانی‌ها و سنگ‌ها که برای مدت کم یا زیاد در هوای معدن معلق می‌ماند و اندازه‌ی آن‌ها از یک میلی‌متر تا کسری از میکرون متغیر است. توانایی ذرات گرد و غبار برای معلق ماندن در هوا در یک مدت معین، به اندازه و وزن مخصوص گرد و نیز به‌رطوبت، درجه‌ی حرارت و سرعت جریان هوا بستگی دارد.

## تعیین میزان گرد و غبار هوای معدن

۱ــ تعداد میلی‌گرم‌های گرد در هر مترمکعب هوا معین می‌شود (روش وزنی یا ثقل‌سنجی) ؛

۲ــ تعداد ذرات گرد در واحد حجم (سانتی‌متر یا مترمکعب) هوا تعیین می‌گردد (روش شمارش ذرات).

از نقطه نظر تنفسی گرد و غبارهای موجود در هوای معدن به دو دسته‌ی سمی و غیرسمی تقسیم می‌شوند. مثلاً گرد و غبار حاصل از کان‌سنگ‌های کُرم، منگنز و سرب و... سمی هستند و ذرات ریز کوارتز، زغال و آزبست و مواد مشابه دیگر غیرسمی هستند ولی در طول زمان بیماری‌زا هستند.

در مورد گردهای غیرسمی با توجه به مقدار آن‌ها در هوا، می‌توان درجات و شدت‌های مختلف آلودگی قائل گردید که این درجه‌ها از غیرآلوده (بدون گرد و غبار)، تا بسیار آلوده (فوق‌العاده گرد و خاکی) به شرح زیر تغییر می‌کنند.

| مقدار گرد و غبار بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب | کیفیت هوا |
|---|---|
| کم‌تر از ۱ | گرد و غبارآلود نیست |
| کم‌تر از ۵ | تقریباً گرد و غبارآلود |
| کم‌تر از ۱۰ | گرد و غبارآلود |
| کم‌تر از ۲۰ | بسیار گرد و غبارآلود |
| کم‌تر از ۱۰۰ | فوق‌العاده گرد و غبارآلود |

به منظور تبدیل استانداردهای وزنی، غلظت گرد و غبار به نسبت‌های عددی، پذیرفته شده است که هر یک میلی‌گرم گرد و غبار در مترمکعب معادل با ۲۰۰ ذره (با مقطع تا ۲ میکرون) در هر سانتی‌مترمکعب باشد.

تا آن‌جایی که به هوای معدن مربوط می‌شود، مقدار گرد معلق در کارگاه‌های فعال معدن بین چند میلی‌گرم و چند صد میلی‌گرم، در نوسان است که گاهی این مقدار در نزدیکی شیب‌های تندی که به‌وسیله‌ی آن‌ها مواد استخراجی به پایین انتقال می‌یابد و سینه کارهایی که در آن‌ها ماشین‌های برش زغال مشغول به‌کار هستند و هم‌چنین در موقع فعالیت ماشین‌های حفار بارکننده و غیره، به چند گرم در مترمکعب مثلاً ۷ــ۵ و حتی ۱۵ــ۱۰ گرم در مترمکعب می‌رسد.

## منابع عمده‌ی تولید گرد و غبار در معدن

این منابع عبارت‌اند از :

۱ــ حفاری ؛ ۲ــ ماشین‌های برش و بارگیری ؛ ۳ــ انفجار ؛ ۴ــ بارگیری و انتقال مواد معدنی ؛ ۵ــ حمل و نقل مواد معدنی و سنگ‌ها ؛ ۶ــ کانه‌آرایی و تغلیظ خشک مواد معدنی. در معادن زغال‌سنگ بیش‌ترین مقدار گرد و غبار توسط ماشین‌های زغال‌بر و یا ماشین‌های حفار بارکننده، مخصوصاً آن‌هایی که با زنجیر برش و یا ابزارهای ضربه‌ای کار می‌کنند، تولید می‌شود. انتقال زغال‌سنگ با ناوهای جنبان و حمل آن‌ها از طریق شیب‌های تند و نیز استفاده از ناو باربری، موجب تولید مقدار زیادی گرد و غبار در معدن می‌شود. مجموع مقدار گردی که در معادن فلزی از منابع مختلف به‌وجود می‌آید، به شرح زیر است :

| | |
|---|---|
| از حفاری تا | ٪۸۵ |
| از آتش‌باری | ٪۱۰ |
| از سایر قسمت‌ها | ٪۵ |
| جمع | ٪۱۰۰ |

## روش‌های کم کردن گرد و غبار هوای معدن

### ۱ــ جلوگیری از تشکیل گرد و غبار

الف ــ استخراج ماده‌ی معدنی به روش هیدرولیکی ؛

ب ــ استخراج کان‌سارهای فلزی با استفاده از آتش‌باری‌های سنگین و با استفاده از چاله‌های عمیق ؛

ج ــ در به‌کارگیری روش حفر چاله بدون گرد و خاک مثل روش‌های فرکانس زیاد ارتعاشی و غیره. باید توجه داشت که استفاده از روش‌های یاد شده تا حدودی از تشکیل گرد و غبار جلوگیری می‌کند.

**۲ــ جلوگیری از پراکنده شدن گرد و غبار**

**الف ــ تهویه‌ی مؤثر قسمت‌های مختلف معدن ؛**

ب ــ استفاده از تزریق آب به هنگام حفر چاله (آب، کار جذب گرد و غبار را در حفاری انجام می‌دهد) ؛

ج ــ جمع‌آوری گرد و خاک هنگامی که استفاده از آب مقدور نباشد (استفاده از محفظه‌های غبارگیر حفاری و دستگاه‌های مکنده‌ی گرد و غبار) ؛

د ــ پراکنده کردن آب در هوای معدن،(به‌وجود آوردن پرده‌ی آب توسط دوش‌های آب مخصوص) ؛

هـ ــ تزریق آب (تزریق آب به‌وسیله‌ی چاله‌های متفرقه و مرطوب کردن منطقه‌ی حفاری) ؛

و ــ روش الکترواستاتیک (عبور ذرات از داخل میدان الکتریکی با ولتاژ زیاد و منفی شدن بار ذرات و جذب شدن و به دام افتادن ذرات به‌وسیله‌ی الکترودهای مثبت).

## گرد زغال

در معادن زغال‌سنگ، ذرات ریز زغال به‌صورت گرد و غبار پراکنده‌اند و در صورت به‌وجود آمدن شعله مشتعل‌شده و سبب انفجار بزرگی می‌شوند که معمولاً از انفجار گاز متان خطرناک‌تر است.

**طرز تشکیل و مشخصات گرد زغال:** هنگام استخراج لایه‌ی زغال‌سنگ، مقدار زیادی گرد زغال در هوا پراکنده می‌شود. این گرد و غبار به مدت زیادی در فضای معدن معلق می‌ماند و به‌تدریج در کف، سقف و دیواره‌ها رسوب می‌کنند. هرچه ذرات ریزتر باشند، مسافت بیش‌تری را طی کرده، در محدوده‌های وسیع‌تری رسوب می‌نمایند. اندازه‌ی ذرات زغال حدود ۷۵ میکرون[1] است.

مقدار گرد زغالی که در معادن مختلف تولید می‌شود، متفاوت است و در هر نوع، به روش استخراج بستگی دارد. مثلاً هنگام آتش‌کاری لایه‌ی زغال، مقدار زیادی گرد زغال تولید می‌شود که به‌طور کلی قسمت اعظم گرد زغال در فاصله‌ی ۲۰ تا ۵۰ متری از محل تشکیل، رسوب می‌کنند و تنها ذرات ریزتر در فاصله‌های دورتر دیده می‌شوند.

---

۱ــ هر میکرون ۰/۰۰۱ میلی‌متر است.

## سایر ذرات معلق در هوای معدن

**دود:** ذرّات بسیار ریز مواد جامد و مایع که به‌طور معلق در هوا به حرکت درمی‌آیند و عموماً از مواد کربنی و قیری تشکیل می‌شوند را دود می‌نامند. علت پیدایش دود ناشی از آتش‌سوزی و خروج سریع گازهایی است که در اثر حریق، از ماده‌ی سوختنی جدا می‌شوند. ذرات کربن حاصل از تجزیه‌ی مواد سوختنی، در گازهای متصاعد شده‌ی ناشی از سوختن مواد نفتی نیز به مقدار زیادی وجود دارند به‌طوری که هرچه مواد نفتی سنگین‌تر باشد، میزان دود بیش‌تر خواهد بود. دود حاصل از آتش‌سوزی دو زیان عمده را سبب می‌شود : اول آن‌که این ذرات ممکن است دارای چنان رنگ و اندازه‌ای باشند که راه‌های ورود نور و هوا را مسدود نموده، باعث فقدان دید و عدم رؤیت راه‌های خروجی و علایم اضطراری شوند. به‌علاوه دود نشانه‌ی خوبی برای پی بردن به آتش‌سوزی است و باعث دلهره و دست‌پاچگی افراد می‌شود. دوم این‌که تنفس ذرّات دود به مقدار زیاد و مدّت طولانی، ممکن است به سیستم تنفسی آسیب برساند و موجب آب‌ریزش چشم و مزاحمت در دید، عطسه و سرفه شود.

**آکرولئین ($C_3H_4OH$):** محلولی فرّار با بوی بسیار بد و نفرت‌انگیز است که در گازهای خروجی از موتورهای درون‌سوز وجود دارد. بخارهای آکرولئین ۱/۹ برابر سنگین‌تر از هواست به‌همین دلیل در قسمت‌های پایین کارگاه‌ها متراکم می‌شود. این گاز کاملاً سمی بوده، تراکم آن‌ها در معدن از تمامی گازها خطرناک‌تر است. تنفس آکرولئین باعث احساس سنگینی در سینه، سرفه و گاهی سرگیجه، خواب‌آلودگی و غش‌های کوتاه‌مدت می‌شود. حداکثر مجاز گاز آکرولئین در هوای معدن ۰/۸ در میلیون است. اگر این مقدار به ۱۰ قسمت در میلیون برسد، به‌سادگی شخص را از پا می‌اندازد و مقدار ۵ قسمت در میلیون آن باعث مرگ می‌شود.

## خودآزمایی

۱ــ تغییرات عمده‌ای که در هوای معدن و در حین استخراج صورت می‌گیرد، به چه نحوی است؟

۲ــ گازها و آلودگی‌هایی را که در اثر استخراج، وارد هوای معدن می‌شوند، شرح دهید؟

۳ــ درجه‌ی آلودگی هوای (اتمسفر) معدن به چه عواملی بستگی دارد؟

۴ــ گازهای فعال در معادن به چه گازهایی گفته می‌شود؟

۵ــ هوای مرده چیست؟

۶ــ خطرات ناشی از عدم بررسی گاز متان و گرد زغال را شرح دهید؟

۷ــ علل اصلی کاهش مقدار گاز اکسیژن در هوای معدن را نام ببرید؟

۸ــ طرق مختلف اندازه‌گیری گاز اکسیژن را شرح دهید؟

۹ــ منابع تولید منواکسیدکربن در هوای معدن کدام‌اند؟

۱۰ــ طریقه‌ی تشخیص میزان گاز منواکسیدکربن در معدن به چه صورتی است؟

۱۱ــ مشخصه‌ی گاز سولفید هیدروژن ($H_2S$) چیست؟ منابع تولید آن کدام‌اند؟

۱۲ــ به‌طور کلی گازهایی را که در معادن برای اندازه‌گیری و بررسی حائز اهمیت هستند، نام ببرید؟

۱۳ــ برای جلوگیری از انفجار مخلوط روغن در هوای فشرده، چه اقداماتی باید صورت گیرد؟

۱۴ــ روش‌های کم کردن گرد و غبار هوای معدن را نام ببرید؟

۱۵ــ زیان‌های دود در هوای معدن چیست؟

۱۶ــ آکرولئین چیست و چه ویژگی‌هایی دارد؟

۱۷ــ گازهایی را که در این فصل شناختید نام ببرید و توضیح دهید که دستگاه‌های اندازه‌گیری هرگاز در کدام قسمت معدن باید قرار گیرد؟