فصل اول

«مشخصات هوای معدن»

مقدمه

یکی از عملیات‌های مهم معدنی، تهویه معدن است. تهویه از این نظر دارای اهمیت است که برخلاف سایر عملیات‌های معدنی مانند آتشباری، حفاری، ترابری و غیره نه تنها موجب تأخیر در عملیات استخراج و معدن‌کاری، نشده بلکه راه‌اندازی و طراحی تهویه در وقت نامناسب موجب بروز سوانح و حوادث غیر قابل جبران می‌شود. در محیط‌های بسته مانند معادن زیرزمینی، ترکیب هوا در مقایسه با هوای سطح زمین متفاوت است. هرچند معدن زیرزمینی با انواع بازکننده‌ها مانند چاه، تونل و غیره با سطح زمین در ارتباط است، اما این ارتباط برای جریان کامل هوا در معدن کافی نبوده و نیاز به تأمین هوای تمیز با استفاده از وسایل مختلف و روش‌های متفاوت به داخل معدن وجود دارد.

دلایل تغییر ترکیب هوای داخل معدن:

۱ـ تنفس کارکنان معدن موجب کاهش اکسیژن و افزایش گاز کربنیک می‌شود.

۲ـ راه یافتن گازهای مضر به هوای معدن از طریق شکاف سنگ‌ها

۳ـ انفجار مواد منفجره

۴ـ اکسیداسیون زغال در معادن زغال

اجزای تشکیل‌دهنده اصلی هوای معدن از نظر تهویه عبارت اند از:

اکسیژن، دی اکسیدکربن، منواکسید کربن، هیدروژن سولفور، انیدرید سولفور، گاز زغال، گرد زغال، گرد و غبار و گازهای ناشی از آتشباری.

گازهای موجود در هوای معدن: جزئیات گازهای موجود در هوای معدن در ادامه تشریح می‌شود.

اکسیژن O_2

از خصوصیات گاز اکسیژن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ـ گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه است که اندکی در آب حل می‌شود.

۲ـ وزن مخصوص آن نسبت به هوا ۱/۱۱ است.

۳ـ حداقل عیار اکسیژن در هوای معدن بر اساس استاندارد کشور آمریکا برابر ۱۹/۵ درصد است.

عوامل مؤثر در کاهش اکسیژن هوای معدن:

۱ـ تنفس پرسنل ۲ـ استفاده از چراغ‌های شعله‌دار ۳ـ ماشین‌آلات دیزلی ۴ـ اکسیداسیون تدریجی مواد آلی و معدنی ۵ـ ورود سایر گازها به هوای معدن (رقیق‌شدن نسبی اکسیژن موجود)

علائم مشخصه:

۱ـ در عیار کمتر از ۱۸ درصد باعث تنفس سریع می‌شود.

۲ـ در عیار کمتر از ۱۴ درصد سبب استفراغ و ضعف می‌شود.

۳ـ در عیار کمتر از ۱۰ درصد سبب کبودی رنگ بدن و حالت اغماء و ادامه تنفس منجر به مرگ تدریجی می‌گردد.

۴ـ در عیار کمتر از ۵ درصد سبب مرگ آنی خواهد شد.

روش تشخیص: تنفس آسان، چراغ اطمینان شعله‌ای، دستگاه‌های اکسیژن‌سنج

منواکسید کربن CO

خصوصیات گاز منواکسید کربن عبارت‌اند از:

۱ـ گازی بی‌رنگ، بی‌بو و بی‌مزه ۲ـ وزن مخصوص آن نسبت به هوا برابر ۰/۹۷ ۳ـ گازی فوق‌العاده سمی ۴ـ حداقل عیار بر اساس مقررات آمریکا برابر ۰/۰۱ درصد

آثار مضر: سمی، قابل انفجار در عیار ۱۲ تا ۷۴ درصد

علائم مشخصه:

۱ـ در عیار ۰/۱ درصد باعث سردرد و مسمومیت‌های جزئی

۲ـ در عیار ۰/۱۵ تا ۰/۲ درصد سبب مسمومیت‌های خطرناک و ۲۰ تا ۳۰ دقیقه تنفس در عیار ۰/۵ درصد منجر به مرگ می‌گردد و در عیار ۱ درصد سبب مرگ فوری می‌شود.

۳ـ حداکثر عیار مجاز: براساس استاندارد آمریکا ۰/۰۱ درصد و براساس استاندارد شوروی ۰/۰۰۱۶ درصد.

عوامل مؤثر در تولید منواکسیدکربن:

۱ـ ماشین‌آلات دیزلی و لوکوموتیوها ۲ـ اکسیداسیون تدریجی مواد آلی و معدنی (به خصوص زغال) ۳ـ انفجار گاز یا گرد زغال و مواد منفجره ۴ـ حریق‌های معدنی

روش تشخیص: دستگاه‌های مخصوص (کپسول‌های شیشه‌ای کوچک محتوی موادی نظیر پنتااکسید ید I_2O_5)

دی‌اکسید کربن CO_2

خصوصیات گاز دی‌اکسید کربن عبارت‌اند از:

۱ـ گازی بی‌رنگ که اندکی مزه و بوی اسیدی دارد ۲ـ وزن مخصوص برابر با ۱/۵۴ ۳ـ در قسمت‌های کف کار معدنی قرار گرفته و در حقیقت جای هوا را می‌گیرد ۴ـ عیار مجاز بر اساس مقررات آمریکا برابر با ۰/۵ درصد و استاندارد شوروی برابر ۰/۷۵ درصد است.

علائم مشخصه:

۱ـ در عیار ۱ تا ۳ درصد سبب تندی تنفس

۲ـ در عیار ۵ درصد تنفس خیلی شدید و مشکل می‌شود.

۳ـ در عیار ۱۰ درصد سبب بیهوشی

۴ـ در عیار ۲۰ تا ۲۵ درصد منجر به مرگ می‌شود.

منابع تولید CO_2:

۱ـ تصاعد گاز از لایه‌های طرفین موجود در معادن زغال ۲ـ تنفس کارکنان ۳ـ استفاده از چراغ‌های شعله‌دار ۴ـ تجزیه مواد آلی ۵ـ کار لوکوموتیوها و سایر موتورهای دیزلی موجود ۶ـ انفجار گاز یا گرد زغال در معادن زغال و حریق

نکته ۱: تصاعد دی اکسید کربن از لایه‌های زغالی به آهستگی صورت گرفته و ناگهانی نیست.

طبقه‌بندی معادن زغال براساس میزان CO_2: این تقسیم‌بندی براساس میزان CO_2 حاصل به ازای هر تن زغال‌سنگ استخراج شده است.

۱ـ معادن دسته اول: میزان تصاعد تا ۵ متر مکعب بر تن

۲ـ معادن دسته دوم: تصاعد بین ۵ تا ۱۰ متر مکعب بر تن

۳ـ معادن دسته سوم: تصاعد بین ۱۰ تا ۱۵ متر مکعب بر تن

۴ـ معادن دسته چهارم: تصاد بیش از ۱۵ متر مکعب بر تن

روش تشخیص و اندازه‌گیری: نکته‌ای که در مورد اندازه‌گیری CO_2 وجود دارد این است که چون این گاز از هوا سنگین‌تر است، لذا دستگاه اندازه‌گیری را باید در پایین‌ترین قسمت کار معدنی قرار داد. روش تشخیص آن توسط دستگاه‌های مخصوص و چراغ اطمینان شعله‌ای است. در مواقعی که عیار CO_2 بالا باشد، شعله این چراغ ضعیف می‌شود و ممکن است که خاموش گردد.

هیدروژن سولفور H_2S

خصوصیات گاز هیدروژن سولفور عبارت‌اند از:

۱ـ گازی بی‌رنگ، بویی تند و مشخص، شبیه بوی تخم‌مرغ گندیده ۲ـ وزن مخصوص آن برابر با ۱/۱۹ ۳ـ در عیار ۶ درصد با هوا مخلوط شده و قابلیت

فصل دوم

«روابط سرعت و فشار هوا، افت و اصطکاک»

فشار هوای معدن

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در تهویه، فشار هوا است که بُعد فیزیکی آن، $\frac{F}{L^2}$ بوده و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع یا نیوتن بر متر مربع (پاسکال) بیان می‌شود.

برای بیان فشار می‌توان از ارتفاع نظیر هوا، یعنی نسبت فشار بر وزن مخصوص $(\frac{P}{\gamma})$ استفاده کرد.

نکته۱: هر میلی‌متر آب، معادل یک کیلوگرم بر متر مربع است.

انواع فشار هوا

الف) فشار استاتیکی: فشار استاتیکی یا فشار مطلق هوا عبارت است از: نیرویی که هوای ساکن در هر نقطه بر واحد سطح اعمال می‌کند.

فشار استاتیکی هوا ناشی از ضربه‌های حاصل از برخورد مولکول‌های آن بر سطح است. بنابراین در جهتی که تعداد مولکول‌های هوا زیاد باشد (ارتفاعات پایین = تراکم هوا) یا سرعت مولکول‌ها بالا باشد (ازدیاد درجه حرارت) فشار استاتیکی هوا اضافه می‌شود.

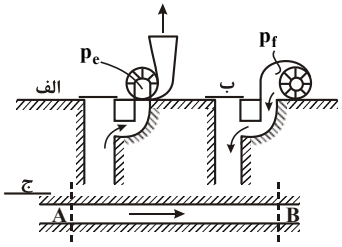
در صورتی که فشار استاتیکی در سطح زمین، P_0 باشد، فشار هوا در انتهای چاه معدنی به عمق H به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P_H = P_0 + \gamma H \xrightarrow{\text{اختلاف فشار هوا در سطح زمین و انتهای چاه معدن}} P_H - P_0 = \gamma H$$

نکته۲: فشار هوا با افزایش ارتفاع، کاهش می‌یابد، بنابراین در چاه معدنی با افزایش عمق معدن، فشار هوا افزایش می‌یابد.

نکته۳: در دمای ثابت، میزان افزایش ارتفاع نظیر فشار هوا به ازای هر ۱۰۰ متر مربع تقریباً ۹ تا ۱۰ میلی‌متر جیوه است.

ب) فشار ناشی از بادبزن‌ها: در حالتی که بادبزن اصلی معدن در حال کار باشد، فشار هوا در قسمت مکش کمتر و در قسمت دهش بیشتر از فشار اتمسفر است (شکل زیر).



اختلاف بین فشار هوای آزاد محل و فشار هوای داخل معدن در مجاورت بادبزن، سقوط یا افزایش فشار خوانده می‌شود. این اختلاف فشار ممکن است منفی یا مثبت باشد (بسته به اینکه بادبزن به حالت مکشی یا دهشی کار کند) و معمولاً بر حسب میلی‌متر آب بیان می‌شود.

ج) فشار دینامیکی هوا: هر گاه سیالی با سرعت V در حرکت باشد و پارامتر h_v ارتفاع نظیر سرعت یا ارتفاع نظیر فشار دینامیکی باشد، حاصل‌ضرب h_v در γ فشار دینامیکی سیال گفته شده و به صورت مقابل به دست می‌آید:

$$h_v = \frac{V^2}{2g} \Rightarrow P_v = h_v\gamma = \frac{V^2}{2g}\gamma$$

مثال۱: اگر اختلاف فشار بین دو نقطه از یک تونل ۳۰ میلیمتر آب باشد و سرعت هوا در فاصله دو نقطه مزبور از ۲ متر در ثانیه به ۵ متر در ثانیه افزایش یابد، افت واقعی فشار بین این دو نقطه بر حسب میلی‌متر آب چقدر می‌شود؟ (وزن مخصوص هوا برابر ۱/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب)

۱) ۲۵ ۲) ۱۵/۸ ۳) ۱۳/۳ ۴) ۲۸/۶۷

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» ابتدا در دو نقطه مورد نظر فشار دینامیکی را به دست می‌آوریم:

$$P_{V_1} = \frac{V_1^2}{2g}\gamma = \frac{2^2 \times 1/25}{2 \times 9/81} = 0/25$$ کیلوگرم بر متر مربع

$$P_{V_2} = \frac{V_2^2}{2g}\gamma = \frac{5^2 \times 1/25}{2 \times 9/81} = 1/58$$ کیلوگرم بر متر مربع

اختلاف فشار دینامیکی در دو نقطه عبارت است از:

$$\Delta P_V = P_{V_2} - P_{V_1} = 1/58 - 0/25 = 1/33$$ کیلوگرم بر متر مربع

بنابراین افت فشار واقعی هوا برابر است با اختلاف فشار استاتیکی و فشار دینامیکی:

$30 - 1/33 = 28/67$ میلی‌متر آب = افت فشار واقعی

مبنای اندازه‌گیری فشار هوا

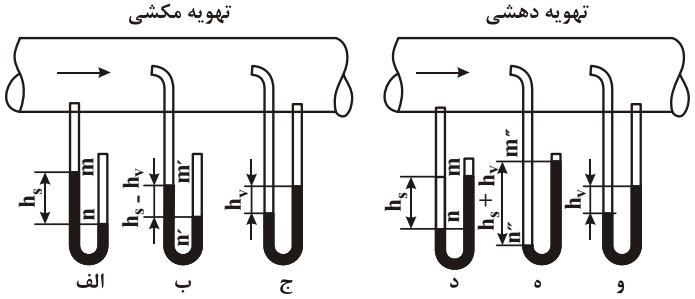
اگر در لوله‌ای U‌شکل که هوایی با فشار کمتر از فشار اتمسفر در آن جریان دارد، امتداد شاخه‌های لوله بر امتداد جریان عمود باشد، سطح آب در دو شاخه لوله یکسان نبوده و طبق شکل (الف) در نمایه زیر، اختلاف ارتفاع h_S به وجود می‌آید. اگر فشار اتمسفر از فشار داخل لوله کمتر باشد، اختلاف h_S در دو شاخه، عکس حالت نشان داده شده خواهد بود. در این حالت تنها فشار استاتیکی بر سطح آب در دو شاخه لوله U‌شکل تأثیر دارد.

اگر طبق شکل (ب)، یکی از شاخه‌های لوله U‌شکل را خم کنیم، در این حالت فشار دینامیکی هوای داخل لوله نیز به فشار استاتیکی آن اضافه شده و اختلاف سطح آب به اندازه $h_V = \frac{V^2}{2g}$ کمتر از حالت قبل خواهد بود.

اگر فشار هوای داخل لوله بیشتر از فشار هوای اتمسفر باشد، فشار دینامیکی با فشار استاتیکی جمع می‌شود (شکل هـ).

اگر یکی از شاخه‌های لوله U‌شکل عمود بر جریان و دیگری در جهت جریان باشد، اختلاف ارتفاع در دو شاخه، معادل فشار دینامیکی هوای داخل لوله خواهد بود (شکل ج).

نکته۴: فشار دینامیکی با توجه به شکل (ج) مستقل از فشار اتمسفر بوده و تنها وابسته به سرعت هوا در لوله است.



مثال۲: کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟

۱) اگر یکی از شاخه‌های لوله U شکل عمود بر جریان و دیگری در جهت جریان باشد، اختلاف فشار در دو شاخه، معادل فشار دینامیکی هوای داخل لوله است.

۲) اگر فشار اتمسفر از فشار داخل لوله U شکل کمتر باشد، تنها فشار استاتیکی بر سطح آب در دو شاخه لوله تأثیر دارد.

۳) اگر یکی از شاخه‌های لوله U شکل خم شود، در این حالت فشار دینامیکی هوای داخل لوله از فشار استاتیکی کم می‌شود.

۴) اگر فشار هوای داخل لوله U شکل بیشتر از فشار هوای اتمسفر باشد، فشار دینامیکی با فشار استاتیکی جمع می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» اگر یکی از شاخه‌های لوله U شکل خم شود، فشار دینامیکی هوای داخل لوله به فشار استاتیکی اضافه می‌شود.

تغییرات فشار هوا نسبت به عمق

اختلاف فشار دو نقطه از یک سیال (dP) که به فاصله عمودی dz قرار دارند، عبارت است از:

$$dP = \gamma dz$$

که در رابطه فوق، γ وزن مخصوص سیال است.

رابطه فوق برای مایعات که وزن مخصوص ثابتی نسبت به عمق دارند، به صورت مقابل به دست می‌آید:

$$P = P_0 + \gamma z$$

که در رابطه فوق، $P_\circ$ فشار در سطح مایع و P فشار در نقطه‌ای به عمق z است.

برای تغییرات فشار سیالاتی مانند هوا که وزن مخصوص آن‌ها برحسب عمق تغییر می‌کند، داریم: $P = P_\circ + \int_{z_\circ}^{z} \gamma dz$

که در رابطه فوق، $P_\circ$ فشار در ارتفاع $z_\circ$ و P فشار در ارتفاع z است.

مثال ۳: در دمای ثابت، میزان افزایش فشار با افزایش عمق چاه معدنی چگونه تغییر می‌کند؟

۱) افزایش ۲) تغییر نمی‌کند.

۳) کاهش ۴) با توجه به شرایط، افزایش یا کاهش می‌یابد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» با افزایش ارتفاع، فشار هوا کاهش می‌یابد، بنابراین در چاه معدنی با افزایش عمق، فشار هوا افزایش خواهد یافت.

تغییر فشار در حالت‌های خاص

الف) تحول با حجم ثابت: به علت ثابت بودن حجم، وزن مخصوص هوا ثابت می‌ماند. در این صورت تغییرات فشار مشابه رابطه فشار برای مایعات خواهد بود که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$P = P_\circ + \gamma_\circ \cdot H$$

ب) تحول با درجه حرارت ثابت: در این حالت داریم: $PV = RT$

اگر در رابطه فوق به جای V، $\frac{1}{\gamma}$ قرار دهیم، داریم: $\gamma = \frac{P}{RT}$

در نهایت با جایگذاری مقدار γ از رابطه فوق داریم: $\frac{dP}{P} = \frac{dz}{RT}$

با انتگرال‌گیری از این رابطه خواهیم داشت: $\ln\frac{P}{P_\circ} = \frac{z - z_\circ}{RT} = \frac{H}{RT} \Rightarrow \log P = \log P_\circ + \circ/\circ\text{۱۵}\ \frac{H}{T}$

ج) تحول با مقدار حرارت ثابت: در این حالت تبادل حرارتی با محیط بیرون وجود نداشته و درجه حرارت هوا به طور متوسط حدود ۱ درجه سانتی‌گراد به ازای هر صد متر عمق افزایش می‌یابد.

در حالت کلی تغییرات درجه حرارت عبارت است از: $T_H = T_\circ + az \Rightarrow T_H = T_\circ + az$

که در رابطه فوق، a شیب زمین گرمایی زمین است و به‌صورت مقابل تعریف می‌شود: $a = \frac{T_H - T_\circ}{H}$

با انتگرال‌گیری از رابطه $\frac{dP}{P} = \frac{dz}{RT}$ داریم: $\log\frac{P}{P_\circ} = \frac{۱}{Ra}\log\frac{T_H}{T_\circ}$

که در رابطه فوق: T درجه حرارت مطلق هوا $(t + ۲۷۳)$ است. $\log P = \log P_\circ + \frac{H}{R(T_H - T_\circ)}\log\frac{T_H}{t_\circ}$

مثال ۴: چاهی با عمق ۵۰۰ متر داریم. درجه حرارت در بالا و پایین چاه به ترتیب ۵ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد و فشار بالای چاه ۷۶۰ میلی‌متر جیوه است. فشار هوا در ته چاه را در هریک از حالت‌های زیر محاسبه کنید؟

الف) در حالتی که حرکت هوا در چاه به‌صورت تحول با درجه حرارت ثابت در نظر گرفته شود.

ب) در حالتی که حرکت هوا در چاه به‌صورت تحول با مقدار حرارت ثابت در نظر گرفته شود.

۱) ۷۰۸ − ۸۰۷ ۲) ۸۰۷ − ۸۰۷ ۳) ۸۰۷ − ۷۰۸ ۴) ۱۶۱۴ − ۱۶۱۴

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» برای محاسبه فشار هوا در هر یک از حالت‌های (الف) و (ب) به صورت زیر عمل می‌کنیم:

در رابطه زیر با جایگذاری داده‌های مسئله در حالتی‌که حرکت هوا در چاه به صورت تحول با درجه حرارت ثابت است، داریم:

(الف $\log P = \log P_\circ + \circ/\circ\text{۱۵}\frac{H}{T} \Rightarrow \log P = \log ۷۶\circ + \circ/\circ\text{۱۵}\frac{۵\circ\circ}{۲۷۳ + ۱\circ} = ۲/۹\circ۷۳۲ \Rightarrow P = ۸\circ۷$

مدرسان شریف

فصل سوم

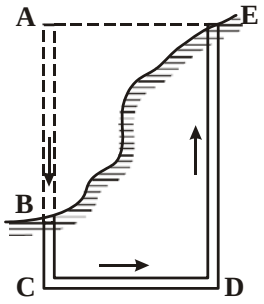
«انواع تهویه»

تهویه طبیعی

در اثر اختلاف وزن مخصوص هوا در بیرون و داخل یا قسمت‌های مختلف معدن، هوا به جریان می‌افتد که این پدیده را **تهویه طبیعی** می‌گویند.

معمولاً تهویه طبیعی در اثر **اختلاف فشار**، در ابتدا و انتهای مسیر تهویه انجام می‌شود.

با توجه به شکل زیر، در فصل زمستان هوا در بیرون معدن سردتر و بنابراین وزن ستون AB از هوای بیرون، از وزن ستونی همان ارتفاع در داخل معدن بیشتر بوده و هوا در جهت فلش به جریان خواهد افتاد.



برای به جریان‌افتادن هوا در نتیجه تهویه طبیعی، لازم است که شبکه معدن **حداقل در دو نقطه** با هوای خارج مرتبط باشد، بنابراین در شروع احداث شبکه معدن، بعد از هر ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر از حفر تونل داخلی، یک دویل مخصوص تهویه احداث می‌شود.

نکته ۱: یکی از عوامل مهم در شدت جریان هوای ناشی از تهویه طبیعی، دهانه معادل معدن است.

عوامل مؤثر در تهویه طبیعی

مهمترین عواملی که در میزان فشار ناشی از تهویه طبیعی موثرند، عبارت‌اند از:

۱ـ تغییر در فشار جو: چون تغییرات فشار جو معمولاً بیش از ۲۵± میلی‌متر جیوه نیست، لذا این پدیده تأثیر چندانی در تهویه طبیعی ندارد.

۲ـ عمق معدن: فشار تهویه طبیعی رابطه مستقیمی با عمق معدن دارد.

۳ـ درجه حرارت هوا: برای یک معدن با عمق معین، درجه حرارت هوا در چاه‌های ورودی و خروجی مهمترین عامل مؤثر در تهویه طبیعی است. چون تغییرات دمای هوا در چاه خروجی در طول سال فوق‌العاده کم است، بنابراین عامل اصلی، **درجه حرارت هوا در چاه ورودی** است.

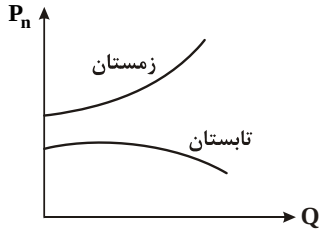
منحنی مشخصه تهویه طبیعی

این منحنی، مقادیر فشار تهویه طبیعی را به ازای شدت جریان‌های مختلف نشان می‌دهد.

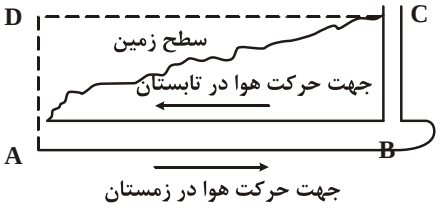
برای رسم این منحنی، شدت جریان هوا را در داخل معدن با استفاده از یک بادبزن تقویتی تغییر می‌دهند و در هر مورد فشار مربوط به تهویه طبیعی را مستقیماً اندازه‌گیری می‌کنند یا با تعیین درجه حرارت مقدار آن را معلوم می‌کنند.

بدین ترتیب در زمستان به علت ورود هوای سرد بیشتر به داخل معدن، فشار تهویه طبیعی نیز افزایش می‌یابد و منحنی آن صعودی است، در صورتی که در تابستان این مسئله عکس است. بادبزن معدن در زمستان هوای سردتر و در تابستان هوای گرمتر بیرون را به داخل معدن می‌راند، بنابراین در معادن کم‌عمق، تهویه طبیعی در زمستان در جهت کار بادبزن و در تابستان خلاف جهت آن عمل می‌کند.

منحنی مشخصه تهویه طبیعی در فصول مختلف (الف) و جهت جریان هوا در زمستان و تابستان (ب) مطابق شکل‌های زیر است:



(الف)



(ب)

محاسبه تهویه طبیعی

گرچه هنگام محاسبه فشار ناشی از تهویه طبیعی، بایستی به ساکن یا متحرک بودن هوا و نیز به نحوه عمل بادبزن اصلی توجه کرد ولی بر اثر تجربیاتی که به دست آمده، در صورتی که تهویه طبیعی بدون در نظر گرفتن این‌گونه پدیده‌ها در نظر گرفته شود، خطای قابل توجهی به وجود می‌آید. به هر حال، اختلاف فشار ناشی از تهویه طبیعی در حالت کلی با رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_n = P_۱ - P_۲$$

که در رابطه فوق، P_n فشار مربوط به تهویه طبیعی، $P_۱$ فشار در کف چاه ورودی و $P_۲$ فشار در کف چاه خروجی است.

در صورتی که γ' و γ'' به ترتیب وزن مخصوص متوسط هوا در چاه‌های ورودی و خروجی و H، عمق مشترک این چاه باشد، رابطه فوق به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$P_n = (\gamma' - \gamma'').H$$

و اگر t' و t'' به ترتیب دمای متوسط هوا در چاه‌ها باشند، وزن‌های مخصوص مذکور از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\gamma' = ۰/۴۵۵\frac{P_۰}{۲۷۳ + t'} \qquad \gamma'' = ۰/۴۵۵\frac{P_۰}{۲۷۳ + t''}$$

که در روابط فوق، $P_۰$ فشار متوسط هوا در سر چاه‌ها است. بدین ترتیب، رابطه محاسبه فشار تهویه طبیعی به صورت زیر بیان خواهد شد:

$$P_n = ۰/۴۵۵P_۰H\left(\frac{۱}{۲۷۳ + t'} - \frac{۱}{۲۷۳ + t''}\right)$$

در رابطه فوق، $P_۰$ برحسب میلیمتر جیوه، H برحسب متر و P_n برحسب میلیمتر آب است.

تهویه فرعی

در شبکه معدن قسمت‌هایی وجود دارد که تهویه طبیعی، هوای لازم را به آنجا نمی‌رساند و باید این قسمت‌ها با تهویه فرعی یا کمکی پاک‌سازی (هوادهی) شود. به طور کلی در تهویه کمکی، هوا به وسیله بادبزن‌های کمکی یا وسایل دیگر، از درون لوله‌های مخصوص مرسوم به لوله تهویه به جریان افتاده و قسمت‌های مورد نظر را هوارسانی می‌کند.

بسته به اینکه تهویه فرعی به صورت دهشی، مکشی یا ترکیبی باشد، فرمول‌های مختلف وجود دارد.

محاسبه مقدار هوای لازم در تهویه فرعی:

میزان هوای لازم برای تهویه فضاهای مرده را با توجه به موارد زیر محاسبه می‌کنند:

الف) میزان هوای لازم برای رقیق‌کردن گازهای ناشی از آتشباری

ب) میزان هوای لازم برای رقیق‌کردن گرد زغال

ج) میزان هوای لازم برای رقیق‌کردن گاز زغال

بعد از محاسبه، بزرگترین مقدار به دست آمده به عنوان هوای لازم انتخاب می‌شود.

محاسبه میزان هوا برای رقیق‌کردن گازهای آتشباری

الف) روش تهویه دهشی: یکی از رایج‌ترین فرمول‌ها در این رابطه، فرمول ورونین به صورت زیر است:

$$Q=\frac{۷/۸}{t}\sqrt[۳]{AV^{۲}} \quad (\frac{m^{۳}}{min})$$

در رابطه فوق: t زمان تهویه برحسب دقیقه، A مقدار ماده منفجره مصرف‌شده برحسب کیلوگرم و V حجم قسمتی است (برحسب متر مکعب) که بایستی توسط تهویه فرعی هوارسانی شود.

ب) روش تهویه مکشی: برای این منظور از فرمول سنوفونترا استفاده می‌شود:

$$Q=\frac{۶}{t}\sqrt{V(۷۵+A)} \quad (\frac{m^{۳}}{min})$$

ج) روش تهویه مختلط: اگر فاصله لوله تهویه تا جبهه کار (L) کمتر از ۵۰ متر باشد، داریم:

$$Q=\frac{۱۵/۶}{t}\sqrt{AV} \quad (\frac{m^{۳}}{min})$$

و در حالتی که L بیش از ۵۰ متر باشد، داریم:

$$Q=\frac{۱۱۲}{t}\sqrt{\frac{AV}{L}} \quad (\frac{m^{۳}}{min})$$

محاسبه میزان هوا براساس میزان گرد و غبار تولیدشده

الف) محاسبه براساس حداقل سرعت جریان هوا: براساس مطالعات انجام‌شده، برای برطرف کردن گرد و غبار سرعت هوا، در تهویه مکشی، از حداقل ۰/۶ متر در ثانیه و در تهویه دهشی از ۰/۲ متر در ثانیه نباید کمتر باشد.

ب) محاسبه براساس شدت تشکیل گرد و غبار: برای این منظور از فرمول عمومی مقابل استفاده می‌کنیم:

$$Q=\frac{A}{N_P-N_O}$$

که در رابطه فوق، A شدت تشکیل گرد و غبار، N_P میزان گرد و غبار مجاز موجود در راهروی برگشت هوا و N_O میزان گرد و غبار در هوای ورودی به محل است.

برای محاسبه V، یعنی حجم قسمتی که بایستی تهویه شود، از روابط مقابل استفاده می‌شود:

$$L=۴۵۰\times\frac{A}{S} \quad \text{و} \quad V=L\times S$$

که در روابط فوق: L طول قسمت مورد تهویه، S سطح مقطع، A مقدار ماده منفجره مصرف‌شده است.

مثال۱: حداقل سرعت هوا در تهویه مکشی و دهشی برحسب متر در ثانیه به ترتیب برابر است با:

۱) ۰/۶ و ۰/۲ ۲) ۰/۲ و ۰/۶ ۳) ۰/۶ و ۰/۳ ۴) ۰/۳ و ۰/۶

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» حداقل سرعت مورد نیاز برای برطرف کردن گرد و غبار در تهویه مکشی برابر ۰/۶ متر در ثانیه و در تهویه دهشی برابر ۰/۲ متر در ثانیه است.

ج) محاسبه براساس تعداد دستگاه‌های چالزنی: به‌طور سرانگشتی می‌توان گفت میزان هوای لازم برای برطرف کردن گرد و غبار ناشی از هر دستگاه چالزنی معمولی ۱ تا ۱/۲ متر مکعب در ثانیه است.

محاسبه میزان هوا براساس میزان گاز زغال

میزان هوا با توجه به میزان غبار مجاز گاز زغال در قسمت مورد نظر و میزان گازخیزی لایه‌ها تعیین می‌شود. اگر q، حجم گاز زغال به ازای هر تن زغال و W، میزان تولید زغال در زمان t باشد، داریم:

$$Q=\frac{۱۰۰Wq}{t}$$

محاسبه میزان هوا براساس تعداد افرادی که در یک زمان در داخل معدن مشغول به کار هستند:

$$Q=۶n$$

نکته ۲: میزان هوای لازم برای هر نفر از کارکنان معدن بایستی $۶(\frac{m^{۳}}{min})$ در نظر گرفته شود.

فصل چهارم

«محاسبه شبکه تهویه»

مقدمه

در حالت کلی شبکه تهویه معدن از تعدادی کار معدنی که در نقاط مختلف با یکدیگر در ارتباط هستند، تشکیل شده است. شبکه تهویه دارای مقاومتی است که تابع مقاومت اجزای شبکه، یعنی کارهای معدنی تشکیل‌دهنده آن است. هدف از محاسبه شبکه تهویه؛ تعیین مقاومت، شدت جریان و افت فشار مربوط به هر یک از اجزا و کل شبکه است. معمولاً مسئله‌های شبکه تهویه دو حالت دارد. در حالت اول باید مجموع هوایی که از یک شبکه تهویه معین (با یک یا چند بادبزن) عبور می‌کند را تعیین کرد و در حالت دوم مقدار کلی هوا معلوم است و باید میزان هوایی که از هر کدام از اجزای شبکه عبور می‌کند، تعیین شود. برای حل مسئله در هر دو حالت، ابتدا مقاومت کلی شبکه تعیین می‌شود.

اگر $R_1, R_2, ..., R_n$ مقاومت کارهای معدنی مختلف یک شبکه باشد؛ در حالت عمومی، مقاومت کلی از مجموع مقاومت اجزا، کمتر یا حداکثر مساوی با آن خواهد بود. یعنی:

$$R_t \le R_1 + R_2 + ... + R_n$$

هنگام محاسبه مقاومت شبکه‌ای مرکب از چندین کار معدنی مختلف، حالت‌های زیر ممکن است پیش آید:

الف ـ افت فشار کلی بین نقطه ورود و خروج هوا به ازای شدت جریان معینی از هوا معلوم است که در این حالت به آسانی می‌توان از تقسیم افت فشار کلی بر مجذور شدت جریان، مقاومت شبکه را به دست آورد.

ب ـ نحوه توزیع هوا در داخل کارهای معدنی مختلف شبکه در دست است. در این حالت، می‌توان افت فشار هر قطعه از شبکه را تعیین کرد و با توجه به قوانین مربوط به شبکه‌های سری، موازی، قطری و مرکب، مقاومت کلی شبکه را به دست آورد.

ج ـ مشخصات کارهای معدنی و میزان هوایی که بایستی از هر یک عبور کند، در دست است. در این حالت، ابتدا افت فشار ناشی از عبور هوای لازم در قسمت‌های مختلف شبکه حساب می‌شود و در مورد مسیرهای مختلف، بیشترین افت فشار به عنوان افت فشار کلی در نظر گرفته شده و در مسیرهایی که افت فشار کمتر از این مقدار است، دریچه تنظیم‌کننده نصب می‌شود.

د ـ فقط مشخصات اجزای مختلف شبکه از قبیل طول، مقطع و ضریب اصطکاک در دست است. در این حالت، بایستی شبکه را به کمک قوانین مربوط به شبکه‌های سری، موازی قطری، مرکب محاسبه کرد.

مثال۱: کدام‌یک از گزینه‌های زیر جزء اهداف محاسبه شبکه تهویه نیست؟

۱) تعیین مقاومت
۲) تعیین مقدار هوا
۳) تعیین شدت جریان
۴) تعیین افت فشار مربوط به کل شبکه

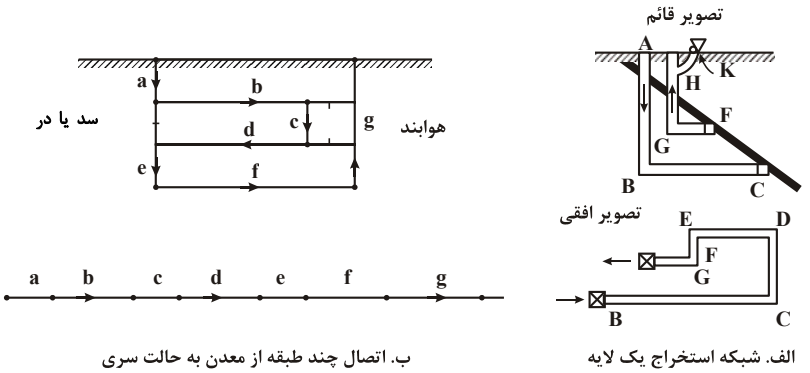
☑ **پاسخ:** گزینه «۲» هدف از محاسبه شبکه تهویه؛ تعیین مقاومت، شدت جریان و افت فشار مربوط به هر یک از اجزا و کل شبکه است.

انواع شبکه تهویه

شبکه تهویه به سه نوع **شبکه سری**، **شبکه موازی** و **شبکه قطری** تقسیم می‌شود که خصوصیات هر یک از این شبکه‌ها در زیر شرح داده شده است:

شبکه سری

اگر شبکه تهویه شامل چندین کار معدنی بوده و جریان هوا پی‌درپی و بدون انشعاب از داخل آن‌ها عبور نماید، این شبکه را شبکه با اتصال سری می‌نامند. نمونه‌هایی از شبکه سری در شکل زیر نشان داده شده است.



الف. شبکه استخراج یک لایه ب. اتصال چند طبقه از معدن به حالت سری

شدت جریان شبکه سری

اگر هوا از هیچ نقطه‌ای از شبکه به بیرون درز نکند و وزن مخصوص هوا در تمام قسمت‌ها یکسان در نظر گرفته شود، باعث می‌شود که شدت جریان هوا در تمام قسمت‌های شبکه سری یکسان شود، یعنی:

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = ... = Q_n$$

افت فشار در شبکه سری

افت فشار کلی هوا در شبکه سری، مساوی مجموع افت فشار در قسمت‌های مختلف شبکه است. به عبارت دیگر، اختلاف فشار بین ابتدا و انتهای شبکه، مساوی مجموع افت فشار در قسمت‌های مختلف آن است، یعنی داریم:

$$\Delta P_t = \Delta P_1 + \Delta P_2 + ... + \Delta P_n$$

مقاومت در شبکه سری

با توجه به رابطه عمومی $\Delta P = RQ^2$، رابطه فوق را می‌توان به صورت زیر نوشت و چون شدت جریان هوا در تمام قسمت‌های شبکه یکسان است، لذا رابطه کلی مقاومت نیز به دست می‌آید:

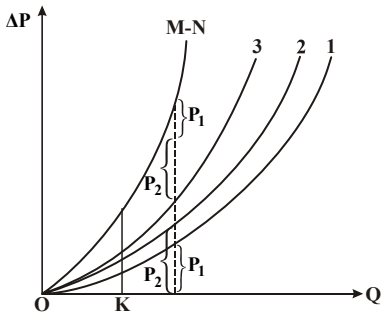
$$R_t Q_t^2 = R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + ... + R_n Q_n^2 \xrightarrow{Q_t = Q_1 = Q_2 = ... = Q_n} R_t = R_1 + R_2 + ... + R_n$$

با توجه به رابطه $R = \frac{0/144}{A^2}$، رابطه مقاومت R را برحسب دهانه معادل (A) بازنویسی می‌کنیم و در نتیجه خواهیم داشت:

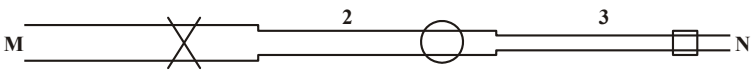
$$\frac{0/144}{A_t^2} = \frac{0/144}{A_1^2} + \frac{0/144}{A_2^2} + ... + \frac{0/144}{A_n^2} \Rightarrow \frac{1}{A_t^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + ... + \frac{1}{A_n^2}$$

منحنی مشخصه شبکه سری

اگر یک شبکه سری از سه قسمت مانند شکل زیر تشکیل شده باشد (شکل الف) ابتدا منحنی مشخصه هر یک از قسمت‌های شبکه را در یک دستگاه مختصات رسم می‌کنیم. سپس یک سری خطوط قائم دلخواه رسم کرده و در هر مورد با جمع‌کردن عرض سه منحنی ۱، ۲ و ۳ یک نقطه از منحنی مشخصه کلی را به دست می‌آوریم. پس از اینکه تعداد کافی نقطه به دست آمد با اتصال این نقاط به هم، منحنی مشخصه کلی شبکه حاصل می‌شود.



(ب)



(الف)

منحنی مشخصه شبکه سری

مثال۲: در چه حالتی شدت جریان هوا در تمام قسمت‌های شبکه سری یکسان است؟

۱) اگر هوا فقط از یک نقطه از شبکه به بیرون درز کند.

۲) اگر هوا از هیچ نقطه‌ای از شبکه به بیرون درز نکند و وزن مخصوص هوا در تمام قسمت‌ها یکسان نباشد.

۳) اگر هوا از تمام نقاط شبکه به بیرون درز کند.

۴) اگر هوا از هیچ نقطه‌ای از شبکه به بیرون درز نکند و وزن مخصوص هوا در تمام قسمت‌ها یکسان باشد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» تنها در حالتی شدت جریان هوا در تمام قسمت‌های شبکه سری یکسان است که هوا از هیچ نقطه‌ای از شبکه به بیرون درز نکند و مخصوص هوا در تمام قسمت‌ها یکسان در نظر گرفته شود.

مثال۳: در حالتی که شبکه تهویه شامل چندین کار معدنی است و جریان هوا پی‌درپی و بدون انشعاب از داخل آن عبور می‌کند از چه نوع شبکه تهویه‌ای استفاده شده است؟

۱) سری ۲) موازی ۳) قطری ۴) موازی و قطری

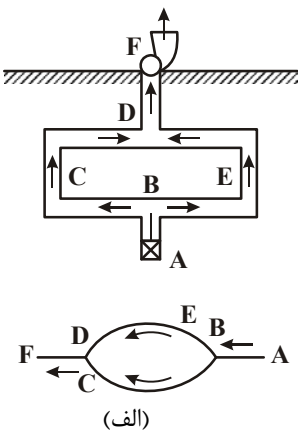
☑ **پاسخ:** گزینه «۱» در حالتی‌که جریان هوا به صورت پی‌درپی و بدون انشعاب در داخل شبکه تهویه جریان دارد، این شبکه را شبکه با اتصال سری می‌نامند.

شبکه تهویه موازی

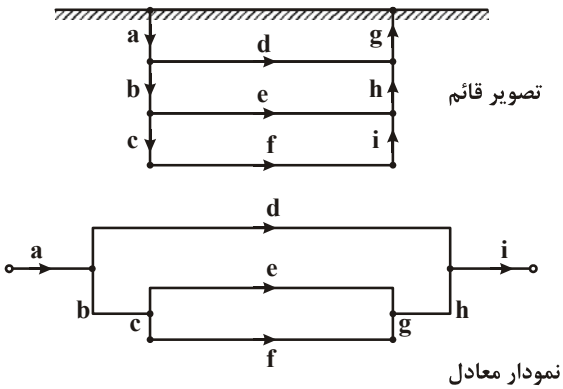
در مواردی که دو یا چند کار معدنی از یک نقطه منشعب شوند و در نقطه‌ای دیگر مجدداً به هم برسند و غیر از دو نقطه مزبور هیچ گونه ارتباطی دیگر بین آن‌ها وجود نداشته باشد، شبکه حاصل را شبکه با اتصال موازی گویند.

نمونه‌هایی از شبکه‌های تهویه موازی در شکل زیر نشان داده شده است. ساده‌ترین شبکه موازی حالتی است که در طرفین یک لایه یا رگه، برای استخراج آن دو کارگاه استخراج احداث شده باشد (شکل الف). هوا پس از عبور از تونل AB در نقطه B به دو شاخه BC و BE تقسیم شده و این دو شاخه مجدداً در نقطه D به هم وصل می‌شوند. در شکل (ب) نوع دیگری از شبکه موازی نشان داده شده است.

تصویر افقی



(الف)



(ب)

نمودار معادل شبکه تهویه با اتصال موازی

مدرسان شریف

فصل پنجم

«تأسیسات و طراحی تهویه در معادن»

تأسیسات تهویه

برای انجام صحیح مراحل مختلف تهویه بایستی تأسیسات خاصی در داخل معدن تعبیه شود. از جمله این تأسیسات می‌توان راهروی مخصوص بادبزن، درهای مخصوص سرچاه و تونل‌های اصلی، درهای داخل معدن، وسایل داخل معدن، وسایل تغییر جهت جریان هوا و تأسیسات نظیر آن‌ها را نام برد.

تأسیسات تهویه باید حداقل مقاومت را در برابر جریان هوا داشته و نشت هوا در آن‌ها نیز حداقل باشد.

به طور کلی تأسیسات مربوط به تهویه را به دو گروه تقسیم می‌کنند:

۱ـ تأسیساتی که برای عبور هوا یا تغییر جهت جریان هوا به کار می‌رود مانند: راهروی بادبزن.

۲ـ تأسیساتی که برای توقف جریان هوا به کار می‌رود مانند: درها، دریچه‌ها و سدها.

تأسیسات گروه ۱ باید دارای شکل آیرودینامیک و مقاومت آن‌ها در برابر حرکت هوا حداقل باشد؛ درصورتی‌که تأسیسات گروه ۲ باید در مقابل عبور هوا حتی‌المقدور غیرقابل نفوذ باشند.

تأسیسات داخل معدن

راهروی مخصوص بادبزن (Fan drift): تمامی حجم هوایی که وارد معدن یا از آن خارج می‌شود، باید از این راهرو عبور کند. در مورد راهروهای بادبزن، نکات زیر را باید مورد توجه قرار داد:

۱ـ سطح مقطع راهرو بایستی به اندازه‌ای باشد که سرعت حرکت هوا در آن از ۱۰ متر در ثانیه تجاوز نکند (سرعت هوا تا حد ۱۵ متر در ثانیه نیز چندان اشکالی ندارد). همچنین بایستی از ایجاد پیچ‌وخم در راهرو حتی‌المقدور خودداری کرد.

۲ـ طول راهروی بادبزن حتی‌المقدور بایستی کوتاه و محل نصب بادبزن تا آنجا که تأسیسات سطحی معدن اجازه می‌دهد، به دهانه چاه نزدیک باشد.

۳ـ اتصال راهروی بادبزن به چاه بایستی به صورت انشعات یا خم ملایم باشد. همچنین در صورتی که از چاه مجاور بادبزن به منظور باربری استفاده نمی‌شود، می‌توان در انتهای راهرو یک سری پره‌های هادی نصب کرد.

۴ـ سطح داخلی راهرو بایستی حتی‌المقدور صاف و صیقلی باشد و در صورتی که در مسیر آن انحنایی وجود دارد، سطح آن صاف یا دارای پره‌های هادی باشد.

۵ـ در مورد بادبزن‌های شعاعی با مکش ساده، محور بادبزن و محور میانی راهرو بایستی در یک سطح قائم قرار داشته و در مورد انواع با مکش مضاعف، محور بادبزن عمود بر محور راهرو قرار گیرد. برای حفظ تقارن جریان هوا در پره‌های بادبزن، راهرو در جلوی بادبزن نبایستی دارای انحنا یا خم باشد.

۶ـ انشعاب راهرو هنگام وصل به مجرای ورودی بادبزن‌های شعاعی با مکش مضاعف بایستی مقطع دایره‌ای داشته باشد.

۷ـ اگر راهرو در بالاتر از سطح زمین احداث شده باشد، در زمستان‌ها به منظور جلوگیری از یخ‌زدن، بایستی آن را گرم کرد.

۸ـ برای تمیزکردن و نیز اندازه‌گیری مشخصات جریان هوا، راهرو بایستی دارای یک راه آدم‌رو باشد که در حالت عادی به وسیله دو دریچه محکم و غیرقابل نفوذ، بسته می‌شود.

۹ـ در مواردی که راهرو دارای آب زیاد باشد و از طریق آن آب به داخل چاه راه یابد (که این امر در پاره‌ای موارد، موجب افزایش مقاومت به میزان قابل توجهی می‌شود)، بایستی شیار کوچکی در کف آن احداث کرد تا آب در آن جمع شود. این آب را می‌توان به وسیله تلمبه‌ای کوچک به بیرون هدایت کرد.

تمهیدات لازم برای کاهش سر و صدای بادبزن:

۱ـ ساخت محفظه صداخفه‌کن در قسمت خروجی راهرو که با مواد عایق صدا پر شده است (منجر به افزایش مقاومت می‌شود).

۲ـ ساخت مجرای شیپوری‌شکل در قسمت خروجی برای کاهش سر و صدا که با ماسه ریز، نمک یا خاک پر شده است.

در معادن زغال گازدار، برای کاهش فشار وارده بادبزن در هنگام انفجار گاز یا گرد زغال، دریچه اطمینانی در راهروی بادبزن نصب می‌کنند که هنگام انفجار به راحتی باز می‌شود و راهرو را با هوای آزاد مرتبط می‌کند.

تأسیسات دهانه چاه

برای جلوگیری از ایجاد اتصال کوتاه بین بادبزن و هوای آزاد، دهانه چاه دارای بادبزن باید به طریقی، همواره بسته بماند. درهای یکپارچه چاه‌ها، از الوار یا تخته‌های کلفت که در هم قفل شده‌اند، همراه با ورق فلزی ساخته می‌شود. در مورد چاه‌های تهویه‌ای که از آن‌ها به عنوان حمل و نقل استفاده می‌شود، پوشش چاه باید به نحوی باشد که در امر رفت‌وآمدِ قفس یا اسکیپ خللی وارد نشود.

هوابندها

در حالت کلی هوابندها از دو در مرتبط به هم که یکی از آن‌ها همواره بسته است، تشکیل شده و عبور و مرور افراد و حمل و نقل مواد، به آسانی انجام می‌شود.

هوابندها، در محل‌هایی که حمل و نقل زیاد بوده و درها زیاد باز و بسته می‌شوند، نصب می‌گردند. بدیهی است که فاصله دو در باید از طول بزرگترین قطار یا قفس و اسکیپ بیشتر باشد.

از آنجا که میزان نشت هوا در درها به طور کلی با ریشه دوم مقاومت نسبت عکس دارد، لذا وجود درِ دوم، سبب کاهش نشت با ضریب ۱/۴ و وجود درهای دوم و سوم تواماً، سبب کاهش نشت با ضریب ۱/۷ خواهد شد.

سد هوا (Stopping)

سد هوا به منظور جلوگیری از ورود هوا یا به قصد جداکردن یک قسمت شبکه تهویه از سایر قسمت‌ها احداث می‌شود. برای سدهای دائمی، معمولاً دو دیواره آجری به فاصله کمی از هم احداث شده و فضای بین آن‌ها از ماسه، رس یا مخلوط آن دو پر می‌شود. سدهای مقاوم در برابر انفجار و آتش معمولاً دو دیواره هستند و فاصله دو دیوار چند متر است.

درها

درها در داخل سدها و به منظور امکان عبور و مرور افراد و وسایل نقلیه احداث می‌شوند. از نظر کلی، درها به دو دسته؛ **درهای تهویه** و **درهای آتش** تقسیم می‌شوند. درهای تهویه، برای عبور و مرور و درهای آتش که در مواقع عادی، باز هستند و در موقع حریق، بسته می‌شوند.

درها، از جمله مهمترین تأسیسات تهویه هستند که از نقطه نظر نشت هوا نیز بسیار اهمیت دارند. درها معمولاً از فولاد یا تخته‌های محکم که به وسیله تسمه‌های فولادی تقویت شده‌اند، ساخته می‌شوند.

درهای خودکار

در مواقعی که رفت‌وآمد وسایل نقلیه در کار معدنی زیاد باشد از این درها استفاده می‌شود. انواع مختلفی از درهای خودکار در معادن مختلف به‌کار می‌رود که نحوه کار آن‌ها به سه شکل زیر است:

۱ـ باز و بسته شدن در به طریق مکانیکی

۲ـ باز و بسته شدن در به وسیله هوای فشرده

۳ـ باز و بسته شدن در به کمک یک موتور الکتریکی کوچک

دریچه‌ها (Trap doors)

دریچه‌ها، از جمله تأسیسات متداول تهویه هستند که به صورت یک یا دو لبه ساخته می‌شوند. دریچه‌ها به منظور جداکردن دو جریان مختلف هوا از یکدیگر و نیز جلوگیری از ورود هوای اصلی به قسمت‌های کور شبکه تهویه به‌کار می‌روند. این دریچه‌ها معمولاً از تخته یا قاب چوبی یا فلزی ساخته شده و در محل خود توسط بتن محکم می‌شوند.

پرده‌ها (Brattice sheeting)

در مواقعی که محدودکردن و نه متوقف‌کردن کامل جریان هوا مورد نظر بوده یا رفت‌وآمد وسایل حمل و نقل زیاد باشد، به جای در، از پرده‌ها استفاده می‌شود. پرده، معمولاً از جنس پارچه‌های ضخیم است که به یک میله چوبی میخ شده و در مقطع کار معدنی آویزان می‌شود.

پرده‌ها عموماً در حوالی کارگاه‌ها برای جدا کردن قسمتی از تهویه به کار می‌رود. در صورتی که بخواهند از پرده طولی به مدت طولانی استفاده کنند، برای احداث پرده ممکن است به جای پارچه از مصالح ساختمانی استفاده شود.

پل تهویه

در مواقعی که دو کار معدنی، مانند دو تونل، یکدیگر را قطع می‌کنند، در صورتی که از نظر تهویه با یکدیگر در ارتباط مستقیم نباشند، بایستی تدابیری اتخاذ کرد که در رفت‌وآمد و نیز تهویه مشکلی پیش نیاید. در ساده‌ترین روش، ارتفاع مقطع یکی از دو تونل را در محل تقاطع بیشتر کرده و روی تونل دیگر پل می‌زنند و بدین ترتیب تهویه هر دو تونل امکان‌پذیر می‌شود (شکل الف). برای جلوگیری از افت فشار هوا، بایستی سقف تونل زیرین، به حالت منحنی و به گونه‌ای که افت موضعی به حداقل برسد احداث شود (شکل ب).

(ب) (الف)

دو نوع پل تهویه

مثال۱: پرده‌ها در چه مواقعی احداث می‌شود؟

۱) برای محدودکردن جریان هوا ۲) وقتی رفت‌وآمد وسایل نقلیه کم است.

۳) برای متوقف‌کردن کامل هوا ۴) وقتی رفت‌وآمد وسایل نقلیه زیاد است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» پرده‌ها برای محدودکردن جریان هوا در موقع زیادبودن رفت‌وآمد وسایل نقلیه استفاده می‌شود.

مثال۲: کدام گزینه در رابطه با هوابندها صحیح است؟

۱) درهای هوابند به طور مکانیکی باز و بسته می‌شوند.

۲) هوابندها در محل‌هایی که حمل و نقل زیاد است و درها زیاد باز و بسته می‌شوند، نصب می‌گردند.

۳) میزان نشت هوا در درها با ریشه دوم مقاومت، نسبت عکس دارد.

۴) افت فشار در درها با ریشه دوم مقاومت رابطه مستقیم دارد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» افت فشار در درها با ریشه دوم مقاومت نسبت عکس دارد و یکی از درهای هوابند معمولاً بسته بوده و به صورت دستی باز و بسته می‌شوند.

طراحی تهویه معادن

طراحی تهویه از جمله مهم‌ترین مسائلی است که هنگام طراحی کلی معدن بایستی در نظر گرفته شود. مراحل طراحی تهویه عبارتند از:

۱ـ تعیین شبکه تهویه، انتخاب روش تهویه و محل تأسیسات بادبزن ۲ـ محاسبه مقدار هوای لازم جهت معدن ۳ـ محاسبه افت فشار کلی در شبکه تهویه ۴ـ انتخاب نوع بادبزن (بادبزن‌ها) ۵ـ طرح تأسیسات تهویه مطبوع ۶ـ محاسبه مخارج تهویه

بدیهی است که طراحی تهویه باید به گونه‌ای انجام شود که در تمام مراحل معدن یعنی گشایش، تجهیز و بهره‌برداری بتواند هوای لازم را تأمین کند.

طرح شبکه تهویه (Ventilation layout)

طرح شبکه تهویه معمولاً در دو مرحله صورت می‌گیرد، در مرحله اول، محل بادبزن اصلی و روش تهویه را تعیین کرده و در مرحله بعد، جهت جریان هوا را در قسمت‌های مختلف آن تعیین می‌کنند. در طراحی معدن ابتدا بایستی تعیین شود که آیا تمامی شبکه معدن از نظر تهویه باید به عنوان یک شبکه واحد در نظرگرفته شود یا اینکه آن را به چند قسمت مختلف تقسیم کرد. در حالت کلی باید تهویه معدن را با استفاده از بادبزن‌ها انجام داد ولی در موارد نادری مانند بعضی از معادن فلزی می‌توان تهویه را با استفاده از تهویه طبیعی انجام داد. در مواقعی که تهویه معدنی مرکب از چندین طبقه یا لایه مختلف باشد، بهتر است به جای استفاده از چندین بادبزن کوچک، از یک بادبزن قوی بهره برد.