

فصل ۵

کنترل و گرمابندی سیستم‌ها

• جدول بودجه بندی زمان – محتوای کار

روز	زمان (ساعت)	موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل	
روز اول	۰/۵	چربی آزمایش و بازرسی	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، مشارکت هنرجویان برای تکمیل جدول	تکمیل جدول ۵-۱	جدول ۵-۲ - تأیید مواد و مصالح	
	۰/۵	توضیح شیوه‌نامه بازرسی	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی	توضیح دما و فشار کار مجاز و طراحی - پاسخ به پرسش‌ها		
	۰/۵	بیان روش‌های آبندازی	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور، تخته	سخنرانی، نمایش فیلم، مشارکت هنرجویان برای تکمیل تصویر	تکمیل تصویر ۵-۱ گفت و گو در مورد معایب و مزایای هر روش آبندازی	توجه به مسائل زیست محیطی	
	۰/۵	بیان روش‌های هواگیری	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی	پاسخ به پرسش‌ها		
	۳	آبندازی و هواگیری	کارگاه	کارگاهی که لوله‌کشی سیستم گرمایی در آن انجام شده باشد.	نمایش عملی، توجه به نکات ایمنی	کار کارگاهی		
	۱	بیان مفهوم فشار	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور، تخته	سخنرانی، نمایش فیلم، پاسخ به پرسش	یادآوری آزمایش توریچلی		
	۱	تعریف فشار	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی	توضیح وزن و ارتباط آن با جرم و نیرو و چگالی و حجم		
	۱	فشار در مایعات	کلاس درس	کتاب، تخته	پاسخ به پرسش	استخراج فرمول فشار در مایعات		
	روز دوم	۲	بیان یکاهای فشار و تبدیل آن به یکدیگر	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، پرسش و پاسخ، حل مسئله	توضیح جدول یکاهای فشار و نحوه تبدیل آنها به یکدیگر	
		۱/۵	تشریح انواع فشار	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور	سخنرانی، پرسش و پاسخ، نمایش فیلم	توجه هنرجویان به انواع فشار و روش شناسایی گیج‌ها و حل چند مثال و مسئله	
۰/۵		روش افزایش فشار درون سیستم	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، پاسخ به پرسش	ایجاد پیش زمینه در ذهن هنرجو و آشنایی با مقررات ملی و مباحث مربوط		
۱		تشریح دستگاه تست فشار	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور، تخته	سخنرانی، نمایش فیلم، پاسخ به پرسش	تطابق متن با تصویر در مورد بخش‌های دستگاه پس از نمایش فیلم		
۳		افزایش فشار با دستگاه تست هیدرولیکی	کارگاه	مدار لوله‌کشی آماده برابر نقشه	نمایش عملی	توجه به نکات ایمنی در هنگام کار با دستگاه		

روز	زمان (ساعت)	موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
روز سوم	۲	روش آزمایش آب بندی سیستم لوله‌کشی	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور، تخته،	سخنرانی، نمایش فیلم، پاسخ به پرسش	چرایی جدا سازی بخش‌های لوله‌کشی در آزمایش تست	
	۴	آزمایش آب‌بندی طبقات	کارگاه	کارگاهی که در آن لوله‌کشی پخش کننده‌ها انجام شده باشد	توجه به نکات ایمنی در هنگام کار با دستگاه تست فشار، نمایش عملی	آب اندازی، هواگیری، افزایش فشار، نشت‌یابی، تخلیه آب	
	۲	ارزشیابی	کارگاه				
روز چهارم	۴	افزایش فشار و نشت یابی رایزرها	کارگاه	کارگاهی که در آن لوله‌کشی رایزر دست کم در دو طبقه انجام شده باشد	توجه به نکات ایمنی در هنگام کار با دستگاه تست فشار، نمایش عملی	آب اندازی، هواگیری، افزایش فشار رایزرها، نشت‌یابی، تخلیه آب	
	۴	چهار ساعت افزایش فشار و نشت یابی لوله‌های موتورخانه	کارگاه	کارگاهی دارای یک موتورخانه نصب شده با لوله‌کشی‌های ارتباطی	توجه به نکات ایمنی در هنگام کار با دستگاه تست فشار، توجه به آب اندازی بخش داخلی مخزن دو جداره و کوبلی قبل از آزمایش، نمایش عملی	آب اندازی، هواگیری، افزایش فشار موتورخانه، نشت‌یابی، تخلیه آب	

– آزمایش آب‌بندی سیستم لوله‌کشی

شایستگی‌های مورد نظر در این بخش:

هنرجویان پس از گذراندن این بخش باید ضمن رعایت مسائل ایمنی و زیست‌محیطی از یک نگرش همه جانبه برای انجام آزمایش آب‌بندی به شرح زیر برخوردار شوند:

■ آب‌اندازی سیستم گرمایی

■ هواگیری سیستم گرمایی

■ افزایش فشار سیستم گرمایی

■ نشت‌یابی

و علاوه بر توانایی‌های نامبرده برای اطمینان از حصول دانش کافی در هر زمینه قادر به پاسخگویی به مفاهیم زیر نیز باشند:

- چرا ما آزمایش و بازرسی می‌کنیم؟
 - آب اندازی یک سیستم گرمایی شامل چه بخش‌هایی است؟
 - برای هواگیری سیستم گرمایی مناسب‌ترین بخش کدام است؟
 - فشار در مایعات در و یکاهای آن و روش تبدیل آنها به یکدیگر چگونه انجام می‌شود؟
 - انواع فشار و وسایل اندازه‌گیری هریک کدام است؟
 - روش‌های افزایش فشار داخل سیستم چگونه است؟
 - آزمایش آب‌بندی طبقات، رایزرها و موتورخانه چگونه انجام می‌شود؟
- از آنجا که کتاب درسی تنها بخشی از بسته آموزشی ارائه شده به هنرجویان است لذا بیشتر محتوای نظری در این بخش باید از طریق فیلم آموزشی در اختیار قرار گیرد. تا فرایند آموزش از تنوع منبع برخوردار بوده و زنجیره یادگیری را کامل کند.

پیشگفتار

برای سرآغاز در مورد استانداردها و مفهوم استاندارد و مرز پذیرش استاندارد و روابط بین کارفرما و مشاور و مجری و ناظر را روشن کرده و در مورد مقررات ملی ساختمان ایران و خواست‌های کلی آن در مورد آزمایش آب‌بندی توضیحاتی داده و در ادامه مسیری که در این بخش قرار است طی آن حرکت کنیم را ترسیم نمایید.

استاندارد

در فرهنگ‌های لغت استاندارد را با واژه‌هایی همانند میزان، معیار، قاعده و... تعریف کرده‌اند که در زمینه‌های متفاوتی قابل تعریف و تفسیر است اما یکی از تعاریفی که به کار ما نزدیک‌تر می‌باشد این است:

Standard: Acceptable but of less than top quality

استاندارد: قابل قبول ولی کمتر از کیفیت عالی
این تعریف بدان معنی است که چنانچه ما شرایط گفته شده در استاندارد را بپذیریم آن مرز پذیرش است و ممکن است ما از مواد و تجهیزات بهتر استفاده کنیم و کار را با کیفیت بالاتر انجام دهیم.
استانداردها را در سطح‌های کارخانه‌ای، شرکتی، ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی دسته‌بندی می‌کنند.

مقررات ملی ساختمان مجموعه‌ای است لازم الاجرا از حداقل‌های مورد نیاز و بایدها و نبایدهای ساخت و ساز که شامل ضوابط فنی، اجرایی و حقوقی در طراحی،

نظارت و اجرای عملیات ساختمانی ایران است.

زمان انجام بازرسی

برای اینکه هنرجو یک درک درست از زمان انجام بازرسی داشته باشد قبل از هر توضیحی بهتر است جدول زیر را تکمیل نماید. می‌توانید با جابجایی نشانک‌ها هنرجو را از اهمیت زمان بازرسی آگاه نمایید. برای مثال چنانچه مواد و مصالح قبل از شروع به کار تأیید نشود ممکن است آسیب‌های غیرقابل جبرانی به سیستم وارد کند. ممکن است هنرجویان حالت‌های دیگری نیز تعریف کنند مانند تأیید نهایی لوله‌کشی تو کار خود به دو بخش دسته بندی شود یکبار پس از عایق‌کاری و بار دیگر پس از دفن لوله

جدول ۱-۵- زمان انجام بازرسی و دریافت تأییدیه در هر بخش

پس از دفن لوله	قبل از دفن لوله	پس از عایق‌کاری	قبل از عایق‌کاری	قبل از شروع کار	زمان انجام بازرسی نوع تأییدیه
				✓	تأیید مواد و مصالح
	✓		✓		تأیید اولیه لوله‌کشی توکار
✓		✓			تأیید نهایی لوله‌کشی توکار
			✓		تأیید اولیه لوله‌کشی روکار
		✓			تأیید نهایی لوله‌کشی روکار

شیوه‌نامه بازرسی

برای اینکه جایگاه افراد مشخص شود بهتر است یک تعریف از افراد حقیقی و حقوقی در یک طرح داشته باشیم:

کارفرما: شخصی حقیقی یا حقوقی است که قرارداد را امضا می‌کند و انجام خدمات موضوع قرارداد را به مهندس مشاور واگذار می‌نماید. جانشینان قانونی و نمایندگان مجاز کارفرما، در حکم کارفرما هستند.

مهندسان مشاور: طرف دیگر امضا کننده قرارداد است، که انجام خدمات موضوع قرارداد را تعهد می‌کند.

مجری: یک شخص حقوقی است که کلیه عملیات اجرایی ساختمان را بعهده دارد که در اجرای این عملیات باید مقررات ملی ساختمان، ضوابط و مقررات شهرسازی، محتوای پروانه ساختمان و نقشه‌های مصوب مرجع صدور پروانه را رعایت نماید. همچنین رعایت اصول ایمنی و حفاظت کارگاه و مسایل زیست محیطی به‌عهده مجری می‌باشد. مجری موظف است برنامه زمان‌بندی کارهای اجرایی را به اطلاع ناظر برساند و کلیه عملیات اجرایی به ویژه قسمت‌هایی از ساختمان که پوشیده خواهند شد با هماهنگی ناظر انجام داده و شرایط نظارت در چارچوب وظایف ناظر (ناظران) در محدوده کارگاه را فراهم سازد. همچنین مجری موظف است قبل از اجرا، کلیه نقشه‌ها را بررسی و در صورت مشاهده اشکال، نظرات پیشنهادی خود را برای اصلاح به طور کتبی به طراح اعلام نماید.

ناظر: شخص حقیقی یا حقوقی دارای پروانه اشتغال به کار در یکی از رشته‌های موضوع قانون نظام‌مهندسی و کنترل ساختمان است که بر اجرای صحیح عملیات ساختمانی در حیطة صلاحیت مندرج در پروانه اشتغال خود نظارت می‌نماید.

در این بخش پس از جلب توجه هنرجویان به جایگاه افراد در طراحی و ساخت یک ساختمان باید به شیوه‌نامه بازرسی اشاره کرد. همان‌طور که گفته شد در شیوه‌نامه بازرسی خلاصه‌ای از: استانداردها، الزامات فنی، مقررات ملی، کاتالوگ مواد و مصالح و دستگاه‌ها، رعایت مسائل حفاظت دستگاه و ایمنی فردی آمده است. برای مثال: در یک ساختمان جنس لوله‌های پخش‌کننده از نوع فولادی سیاه با اتصال جوشی و فشار کار ۶ بار که باید در فشار ۱۰ بار به مدت دو ساعت تحت آزمایش قرار گیرد و هیچ‌گونه نشتی مشاهده نشده و فشار گیج افت نکند.

این مثال بخشی از شیوه‌نامه بازرسی است که همه عوامل ساختمان باید در جریان آن قرار گرفته و کار را برابر آن در زمان پیش‌بینی شده تحویل دهند.

در این بخش اشاره‌ای به جنس لوله‌ها و شرایط کار آنها شود، گرچه در یک ساختمان از قبل طراحی شده، این وظیفه مجری نیست ولی همیشه مجری بهتر است در جریان الزام باشد. برای مثال به کارگیری لوله‌های PP برای گرمایش در مقررات توصیه نشده است ولی متأسفانه شاهد به کارگیری این نوع لوله‌ها به دلیل ارزانی و راحتی کار در گرمایش هستیم که باید شما هنرآموز عزیز از همین جا یک فرهنگ سازی شود که کدام مواد را برای کدام کار می‌شود به کار برد. چنانچه به جدول لوله‌های PP مراجعه شود با افزایش دما طول عمر این لوله‌ها به شدت کاهش می‌یابد که باعث می‌شود سیستم زودتر از حد معمول مستهلک شود.

اما در مورد روش‌های آزمایش نیز می‌توانید مثال‌های زیر را بزنید:

مثال یکم: فشار لوله‌های گاز داخل خانه $\frac{1}{4}$ psi می‌باشد. در دستورالعمل مقررات ملی مبحث هفده آمده که این لوله‌ها با فشار ۱۰ psi به مدت ۲۴ ساعت با هوا زیر فشار قرار گیرد. ضریب اطمینان چند برابر است.

$$n = \frac{10}{\frac{1}{4}} = 40$$

مثال دوم: فشار لوله‌های گرمایش ۴ بار می‌باشد. در دستورالعمل مقررات ملی مبحث چهارده آمده که این لوله‌ها با فشار کمینه یک و نیم برابر به طوری که از ۷ بار کمتر نباشد و به مدت ۲ ساعت با آب و یا آب همراه با ضد یخ زیر فشار قرار گیرد. ضریب اطمینان چند برابر است.

فشار آزمایش با احتساب یک و نیم برابری ۶ بار می‌شود ولی چون قید حداقل ۷ بار آمده است:

$$n = \frac{7}{4} = 1.75$$

آب اندازی

آب‌اندازی یک سیستم گرمایش ممکن است به سه منظور انجام شود:

نخست: آزمایش سیستم

دوم: شست و شوی سیستم

سوم: راه‌اندازی و بهره‌برداری از سیستم

چنانچه آب‌اندازی به منظور آزمایش سیستم انجام گردد، چون لوله‌کشی باید با اجرای کار ساختمان هماهنگ پیش برود به طور معمول کار هر بخش که انجام می‌گردد ابتدا آب‌اندازی شده و سپس آزمایش می‌شود. در این روش طبقات، ریزرها و موتورخانه به صورت مستقل آب‌اندازی و آزمایش می‌شوند.

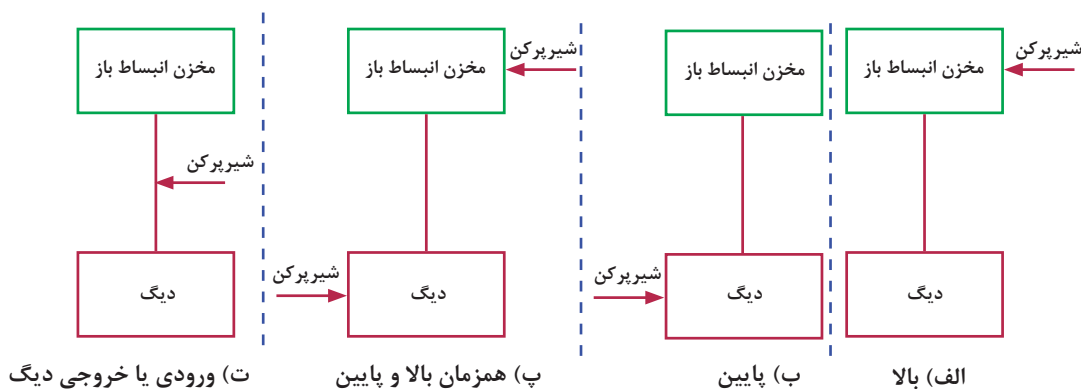
اما چنانچه آب‌اندازی به منظور شست و شوی سیستم انجام شود، دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد:

یکم اینکه شست و شوی سیستم با آزمایش در یک مرحله انجام می‌شود.

دوم اینکه شست و شوی سیستم به صورت یک پارچه و بعد از نصب دستگاه‌ها انجام شود.

اما چنانچه آب‌اندازی به منظور بهره‌برداری از سیستم انجام گردد، در این حالت

باید کل سیستم که به هم پیوسته است از یک یا چند محل با آب پر شود.



شکل ۵-۱- چند نمونه روش آب اندازی در سیستم گرمایی

همان طور که در تصویر نشان داده شده، این آب اندازی مربوط به زمان راه اندازی و بهره برداری از سیستم می باشد یا زمانی که موتورخانه لوله کشی شده و مخزن انبساط نیز بدان سیستم متصل شده است و ما قصد آزمایش موتورخانه را داشته باشیم.

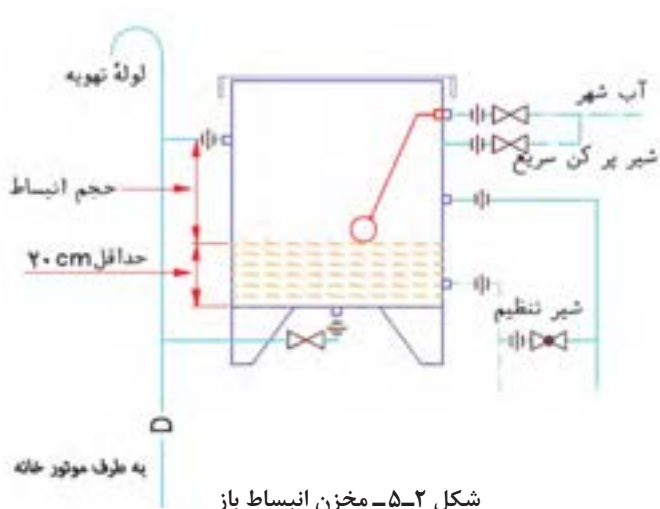
به طور معمول برای سیستم های خانگی که از مخزن انبساط باز استفاده می شود پر کردن آب از بالا انجام می شود و شیر پرکن سریع روی مخزن انبساط باز نیز به همین منظور طراحی می شود.

تصویر ۵-۲ یک مخزن انبساط باز با محل لوله هایی که به آن متصل می شود نشان داده شده است.

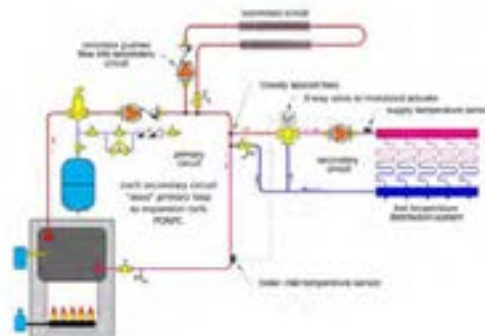
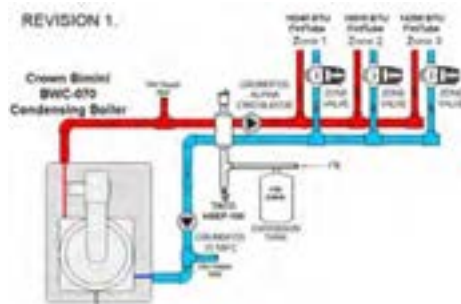
سیستم پرکن از بالا برای زمانی که سیستم گرمایی دو لوله ای و فشار آب ورودی زیاد می باشد، مناسب است.

اما چنانچه سیستم تک لوله ای بوده و یا فشار آب شهر کم باشد بهتر است از آب اندازی از پایین انجام شود.

اما چنانچه سیستم بزرگ و یا بخواهیم زمان آب اندازی را کاهش دهیم می توان از بالا و پایین سیستم را از آب پر نمود.



اما در سیستم‌هایی که مخزن انبساط بسته دارند، بسته به اینکه این مخزن روی خروجی دیگ و یا ورودی دیگ باشد لوله پرکن بین دیگ و مخزن قرار می‌گیرد. در تصویرهای ۳-۵ و ۴-۵ جانمایی دو نوع مخزن و پرکن آن نشان داده شده است.



هواگیری

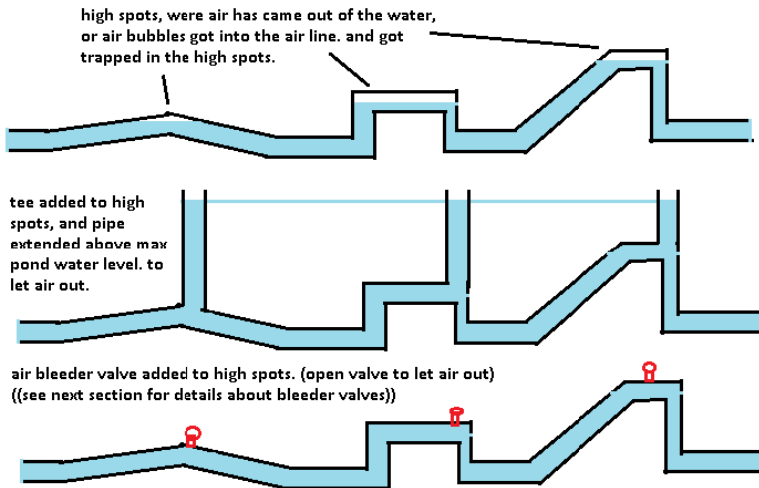
درس را با این پرسش آغاز کنیم:

چرا ما هواگیری می‌کنیم؟

و بخواهید هنرجویان پاسخ دهند. هواگیری در مراحل مختلف علت‌های مختلفی دارد.

۱ برای آزمایش: در این مرحله هواگیری به منظور افزایش فشار واقعی سیستم انجام می‌گیرد. یعنی اگر داخل سیستم هوا باشد و چون هوا قابل تراکم است دستگاه فشارسنج را در زمان تست با خطا روبه‌رو می‌کند.

۲ در زمان بهره‌برداری: چنانچه هوا در لوله گیر بیفتد تعدادی از حباب‌ها با یکدیگر تشکیل یک قفل هوا (Air Lock) را می‌دهند. در شکل ۵-۵. به دلیل یو برعکس در مسیر لوله‌کشی قفل هوا ایجاد شده و باعث حرکت کند و گاهی بسته شدن مسیر می‌گردد. و راه چاره آن این است که در طراحی تا جایی که راه می‌دهد از این روش دوری شود و در غیر اینصورت بالای آن یک شیر هواگیری دستی یا خودکار نصب شود. مانند لوله رفت آب گرمایش از دیگ به مخزن آب گرم مصرفی



شکل ۵-۵- مشکلات یو برعکس

همان‌طور که مشخص است هوا به دلیل سبکی که نسبت به آب دارد به سمت بالا حرکت می‌کند و باید از بالاترین نقاط سیستم انجام گیرد. و به همین دلیل در سیستم تک لوله‌ای ما نمی‌توانیم از بالا آب اندازی کنیم؛ چون هوا نیز به سمت بالا حرکت کرده و باعث اختلال در آب اندازی می‌شود. یا در یک طبقه بهتر است که ما از لوله‌های پایینی آب اندازی کنیم و از لوله‌های بالایی هواگیری نماییم.

در همین بخش می‌توانید پرسش زیر را مطرح نمایید:

پرسش: چرا شیرهای قطع‌کن آب رادیاتورهای هر واحد مسکونی در پایین‌ترین بخش آن واحد پیش‌بینی می‌شود؟

فکر کنید



برای اینکه در بالاترین لوله تصویر نشان داده شده بتوان هوای سیستم را

تخلیه نمود کدام یک مناسب‌تر است؟

الف) درپوش ب) شیر هواگیری پ) شیر معمولی

در کار واقعی به این شکل است که در زمان هواگیری درپوش‌های هر بخش را شل می‌کنند تا آب خارج شود و سپس درپوش را سفت می‌کنند. شیر هواگیری نیز در زمان نصب دستگاه بر روی دستگاه نصب می‌شود و در این مرحله این کار انجام نمی‌شود.

اما شیر سرشیلنگی بهترین حالت است که در بالاترین بخش مدار (حوله خشک‌کن) نصب شود که بتوانیم به صورت مداوم سیستم را هواگیری نماییم. البته قبل از آن یک سه راهی که روی آن یک گیج بسته شود.

کار کارگاهی آب‌اندازی و هواگیری

در این بخش آب اندازی و هواگیری یک طبقه که قبلاً لوله‌کشی آن انجام شده است را به صورت کار گروهی در اختیار هنرجویان قرار داده تا انجام دهند.

سپس برابر برگه ارزشیابی، هنرجویان را مورد ارزیابی قرار دهید.

قبل از انجام کار کارگاهی موارد ایمنی را حتی اگر تکراری است گوشزد نمایید تا این امر در هنرجو نهادینه شود.

مفهوم فشار

مفهوم فشار را نمایش دهید.

فیلم آموزشی



این بخش را با یک پرسش آغاز کرده‌ایم :
 ۱- علت فشرده شدن بطری در تصویر نشان داده شده چیست؟



شکل ۵-۶- بطری خالی پلمب شده در ارتفاع ۳۰۰ و ۲۷۰۰ و ۴۳۰۰ متری از سطح دریا

همان طور که در تصویر نشان داده شده بطری در یک ارتفاع بالا پلمب شده و هر چه به ارتفاع پایین تر می‌رویم به علت فشار بیشتر هوای بیرون بطری فشرده تر می‌شود. برای اینکه مفهوم فشار بهتر درک شود شاید بهتر است به خلأ نیز اشاره شود

– خلأ (Vacuum): خلأ به فضایی گفته می‌شود که خالی از ماده باشد. در چنین حالتی مولکول‌های هوا که عامل ایجاد فشار می‌باشند نیز وجود ندارند. این تعریف ایده‌آل خلأ می‌باشد. فشار صفر مطلق، در این فضا تعریف می‌شود. در عمل رسیدن به چنین محیطی امکان پذیر نیست زیرا همیشه تعدادی مولکول گاز وجود دارند. در اصطلاح به فشارهای پایین تر از فشار اتمسفر هوا، حالت خلأ گفته می‌شود. با این وصف فشار مابین فشار اتمسفر و صفر مطلق را می‌توان حوزه سیستم‌های وکیوم دانست. خلأ بسته به فشار گاز به چند دسته تقسیم‌بندی می‌شود. میزان خلأ روی ماه یک نانو پاسکال است. پایین ترین فشار قابل دستیابی تاکنون در محیط آزمایشگاهی و دمای استاندارد، حدود سیزده پیکو پاسکال می‌باشد. البته در سیستم‌های دما پایین (در حدود ۴ کلوین) فشارهای کمتری نیز به صورت غیرمستقیم اندازه‌گیری شده است. از آنجا که فشار گاز از جنبش مولکولی ناشی می‌شود و همچنین جنبش مولکولی به صورت مستقیم با دما رابطه دارد، فشارهای بسیار بسیار پایین را می‌توان در دماهای نزدیک به صفر مطلق تجربه نمود.

در جدول ۵-۲ فشار مطلق متناسب با هر ارتفاع از سطح دریا آورده شده است.

جدول ۲-۵- ارتفاع متناسب در هر فشار بر حسب میلی‌بار

Altitude [m]	Pressure [mb]	Altitude [m]	Pressure [mb]	Altitude [m]	Pressure [mb]	Altitude [m]	Pressure [mb]
0	1013	3100	692.2	6200	459	10000	264.4
100	1001	3200	683.4	6300	452.7	10500	244.7
200	989.5	3300	674.7	6400	446.5	11000	226.3
300	977.7	3400	666.2	6500	440.3	12000	193.3
400	966.1	3500	657.6	6600	434.3	12500	178.6
500	954.6	3600	649.2	6700	428.2	13000	165.1
600	943.2	3700	640.9	6800	422.3	13500	152.6
700	931.9	3800	632.6	6900	416.4	14000	141
800	920.8	3900	624.5	7000	410.6	14500	130.3
900	909.7	4000	616.4	7100	404.9	15000	120.4
1000	898.7	4100	608.4	7200	399.2	15500	111.3
1100	887.9	4200	600.5	7300	393.6	16000	102.9
1200	877.2	4300	592.7	7400	388	16500	95.08
1300	866.5	4400	584.9	7500	382.5	17000	87.87
1400	856	4500	577.3	7600	377.1	17500	81.21
1500	845.6	4600	569.7	7700	371.7	18000	75.05
1600	835.2	4700	562.2	7800	366.4	19000	64.1
1700	825	4800	554.8	7900	361.2	20000	54.75
1800	814.9	4900	547.5	8000	356	25000	25.11
1900	804.9	5000	540.2	8100	350.9	25000	25.11
2000	795	5100	533	8200	345.8	30000	11.72
2100	785.1	5200	525.9	8300	340.8	35000	5.589
2200	775.4	5300	518.9	8400	335.9	40000	2.775
2300	765.8	5400	511.9	8500	331	45000	1.431
2400	756.3	5500	505.1	8600	326.2	50000	0.7594
2500	746.8	5600	498.3	8700	321.4	55000	0.3997
2600	737.5	5700	491.5	8800	316.7	60000	0.2031
2700	728.2	5800	484.9	8900	312	65000	0.09922
2800	719.1	5900	478.3	9000	307.4	70000	0.04634
2900	710	6000	471.8	9200	298.4	75000	0.02068
3000	701.1	6100	465.4	9300	294	80000	0.00886

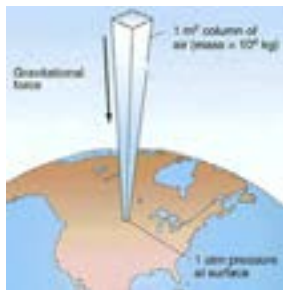
توجه هنجویان را به این نکته جلب کنید که ارتفاع پرواز هواپیماهای معمولی ۱۰ کیلومتر و هواپیماهای جنگنده ۱۸ کیلومتر است. با توجه به این جدول اعداد فشار متناسب هر ارتفاع (۳۰۰ و ۲۷۰۰ و ۴۳۰۰) که در تصویر آمده نوشته و اختلاف فشار در هر حالت را حساب کنید.

$$P_{۳۰۰} = ۵۹۲/۷, P_{۲۷۰۰} = ۷۸۲/۲, P_{۴۳۰۰} = ۹۷۷/۷$$

$$P_{۳۰۰} - P_{۲۷۰۰} = ۵۹۲/۷ - ۷۲۸/۲ = -۱۳۵/۵ \text{ mbar}, P_{۴۳۰۰} - P_{۳۰۰} = ۵۹۲/۷ - ۹۷۷/۷ = -۳۸۵ \text{ mbar}$$

در آزمایش توریچلی نیز علت اختلاف سطح خواسته شده است توجه بفرمایید که هنجو با مفهوم فشار در دوره اول متوسطه آشنا شده است و در اینجا ما قصد داریم، ضمن عمقی تر کردن مطلب آن مفاهیم را فرموله کنیم. چنانچه بخواهیم فشار هوا را بیان کنیم بدین صورت بیان می‌شود: وزن هوای روی یک واحد سطح زمین

همان طور که می‌دانیم فشار هوا ۱۰،۳۳۵ متر آب که اگر این ارتفاع در واحد سطح ضرب شود ۱۰،۳۳۵ مترمکعب شده و چنانچه در چگالی آب ضرب شود ۱۰۳۳۵ کیلوگرم به دست می‌آید. یعنی اینکه جرم هوای روی هر مترمربع سطح زمین بیش از ده تن است. ولی هرچه ما از سطح زمین بالاتر می‌رویم جرم کمتر شده (به دلیل رقیق بودن هوا در ارتفاع بالاتر) و در نتیجه فشار کمتر می‌شود.



شکل ۷-۵- ستون هوایی که فشار یک آنمسفر را ایجاد کرده است.

هنرآموران در مورد تصویرها و متن‌هایی که با زبان اصلی آورده شده، هدف این بوده که هنجویان با زبان تخصصی نیز به صورت تدریجی آشنا شوند. در آزمایش توریچلی نیز همان گونه که پیدا است فشار در کنار سطح دریا بیشتر از فشار روی کوه است. گرچه توریچلی آزمایش را بر روی قله اورست انجام نداده ولی در تصویر آزمایش توریچلی نماد جای بلند را کوه اورست دیده است.

تاریخچه فشارسنجی

اوان جلیستا توریچلی^۱ (۱۶۴۷-۱۶۰۸) از اولین کسانی است که به صورت علمی بر روی فشارسنجی تحقیقات گسترده‌ای انجام داد. او به توصیه گالیله بر روی پمپ‌های هیدرولیکی تحقیقاتی انجام داد و مشاهده نمود که بیشترین ارتفاع مکش پمپ آب ۱۰ متر است و چنانچه ارتفاع مکش بیشتر شود آب توسط پمپ بالا نمی‌آید. او نتیجه گرفت که هوا وزن دارد و وزن هوا باعث فشار روی مکش پمپ شده و آب را بالا می‌آورد. او برای تکمیل نظریه خود یک لوله شیشه‌ای به طول یک متر را پر از جیوه کرد، (علت انتخاب جیوه این بود که چگالی جیوه حدود $13/6$ برابر آب است و اگر می‌خواست از آب استفاده کند لوله‌ای به طول ۱۴ متر نیاز داشت که ساخت آن مشکل ساز بود.) توریچلی در کنار دریا لوله را پر از جیوه نمود و انگشت خود را روی سر آن گذاشته و لوله را داخل تشتک جیوه برگرداند. او مشاهده کرد که جیوه تا ارتفاع ۷۶ سانتی متر پایین آمد و متوقف شد و بالای لوله خالی ماند. نظریه او در مورد وزن هوا اثبات شد و گفت فشار هوا نگذاشت که جیوه پایین‌تر بیاید.

پاسکال^۲ (۱۶۶۲-۱۶۲۳) نیز مطالعاتی در زمینه هواسنج و فشار هوا دارد که بسیار مهم است. فراموش نباید کرد که پاسکال کسی بود که برای اولین بار به اختلاف فشار هوا در ارتفاعات و نقاط هم سطح دریا پی برد. او با این جمله، پیش بینی خود را اعلام کرد: حقیقت ساده‌ای وجود دارد و آن این است که فشار هوا در ارتفاعات، کمتر از فشار هوا در دشت، و یا نقاط هم سطح دریا است.

تعریف فشار

برای اینکه به فرمول فشار برسیم در کتاب درسی برابر شکل ۸-۵ دو آزمایش انجام داده‌ایم:



شکل ۸-۵ - آزمایش میخ و پونز

۱- Evangelista Torricelli

۲- Blaise Pascal

در آزمایش میخ و پونز به این نتیجه می‌رسیم که با نیروی برابر آنکه سطح مقطع کمتری دارد (پونز) فشار بیشتری را وارد می‌کند یا به عبارت دیگر فشار متناسب با عکس سطح مقطع:

$$P \propto \frac{1}{A}$$

از طرف دیگر در آزمایش میخ و چکش چنانچه نیرو را افزایش دهیم فشار افزایش یافته و میخ نیز وارد تخته می‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت که فشار متناسب با نیرو:

$$P \propto F$$

با ترکیب دو معادله بالا علامت تناسب به تساوی تبدیل شده و ضریب تناسب یک است:

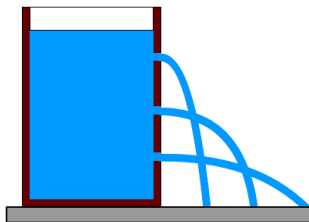
$$P \propto \frac{F}{A} \rightarrow P = \frac{F}{A}$$

در مثال داده شده نیز آب را آورده‌ایم چون هنجرویان تأسیسات بیشتر با عنوان فشار در مایعات سر و کار دارند تا موضوعاتی مثل تنش و فشار جامدات در این بخش رابطه بین نیرو و وزن و ارتباط آن با جرم و شتاب جاذبه را برای هنجرویان روشن کنید.

$$F=W=m.g \rightarrow W=\rho.V.g$$

فشار در مایعات

در این بخش می‌خواهیم ذهن هنجرویان را بدین شکل آماده کنیم که فشار ایستایی در مایعات به چه عواملی بستگی دارد و با یک مثال مخزن سوراخ دار آغاز کرده‌ایم. هنجرویان با نمونه این مثال در کتاب علوم تجربی پایه نهم آشنا شده‌اند.



شکل ۹-۵- ارتباط فشار با ارتفاع آب

کاری که در اینجا کرده‌ایم فرموله کردن موضوع بالا است:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m.g}{A} = \frac{\rho.V.g}{A} = \frac{\rho.A.h.g}{A} = \rho.g.h$$

چون در سطح زمین g مقداری ثابت فشار به دو عامل نوع مایع و ارتفاع آن بستگی دارد و برای یک مایع مانند آب فشار فقط به ارتفاع آن بستگی دارد. حال هنرجویان را متوجه این قضیه کنید که چرا هرچه از سطح مخزن پایین تر می‌رویم طول پرتاب بیشتر است.

یادآوری: اگر بخواهیم سرعت آب را در نقطه خروج از مخزن پیدا کنیم باید از معادلهٔ برنولی استفاده کنیم که با تقریب خوبی این معادله میزان سرعت آب را می‌تواند اندازه‌گیری کند:

$$v = \sqrt{2gh}$$

برای مثال اگر ارتفاع مخزن ۲۰ متر باشد سرعت آب در پایین‌ترین نقطه خروجی:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

یک داستان: در قدیم دزدان دریایی برای تفریح آب را از سر یک لوله که در نوک بادبان قرار داشت می‌ریختند و سر دیگر لوله روی عرشه به یک چلیک (بشکه چوبی) وصل بوده و چون بشکه پر از آب بوده به محض اضافه کردن مقداری آب از لوله چلیک می‌شکسته و دلیل آن همان‌طور که گفته شد رابطه مستقیم فشار و ارتفاع است. در مثال داده شده با توجه به فرمول بدست آمده می‌توانیم فشار آتمسفر را تبدیل به سایر یکاهای فشار کنیم که در کتاب برای تبدیل به کیلوپاسکال داده شده است.

یکاهای فشار

یکاهای فشار به طور معمول سه دسته می‌شوند:

- ۱ یکاهایی که معیار سنجش آنها فشار هوا است، مانند بار و آتمسفر
- ۲ یکاهایی که معیار سنجش آنها مقدار نیرو بر واحد سطح است، مانند پاسکال، پی اس آی، کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع و..
- ۳ یکاهایی که معیار سنجش آنها ارتفاع ستون مایعات است، مانند ارتفاع ستون آب و ارتفاع ستون جیوه

بسته به کشور، جنس شاره، خلأ و کاربرد آن از یکاهای فشار متفاوتی استفاده می‌شود. برای مثال برای فشار خون بیشتر از یکای میلی‌متر جیوه ولی برای فشار گاز داخل لوله از اینچ آب استفاده می‌شود. واحد فشار در سیستم SI، $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ که به پاس فعالیت‌های بلز پاسکال، Pa نامیده شد. چون این واحد کوچک است (یک پاسکال در حدود فشاری است که یک اسکناس روی میز می‌آورد) از پیشوندهای کیلو و

مگا استفاده می‌شود. (فشار اتمسفر در حدود 100 kPa یا 0.1 MPa است.) شاید اولین یکای فشار میلی‌متر جیوه (mmHg) باشد که توسط توریچلی اندازه‌گیری شد و به پاس او آن را تور (Torr) نیز می‌نامند. زمانی که گویند فشار خون $\frac{120}{70}$ است به این معنا است که فشار ماکزیمم 120 تور و فشار مینیمم 70 تور است. (فشار خون در نقاط مختلف بدن یکسان نیست و معیار رایج بازو که هم‌تراز با قلب است می‌باشد.)
از یكاهای دیگر اینچ جیوه (inHg) است که فشار هوا برابر $29/92$ می‌باشد.

$$P_{\text{inHg}} = \frac{76 \cdot \text{mmHg}}{25/4 \text{ mm/in}} = 29/921 \text{ inHg}$$

باتوجه به ارتفاع جیوه در آزمایش توریچلی فشار هوا بر حسب پاسکال برابر است با:
(چگالی جیوه در دمای صفر درجه سلسیوس $13595/1$ کیلوگرم بر مترمکعب)

$$P = \rho \cdot g \cdot h = 13595/1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9/80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0/760 \text{ m} = 101325 \text{ pa}$$

و چنانچه به جای جیوه از آب استفاده کنیم (چگالی آب در دمای 4 درجه سلسیوس است $999/975$ کیلوگرم بر مترمکعب است.)
فشار جو بر حسب متر ستون آب (water column) برابر است با:

$$\rho_1 \cdot g \cdot h_1 = \rho_2 \cdot g \cdot h_2 \rightarrow h_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times h_1 = \frac{13595/1}{999/975} \times 0/760 = 10/33 \text{ m}$$

فشار هوا در کنار دریا یک اتمسفر است که آن را اتمسفر استاندارد نیز نامیده و با (atm) نشان می‌دهند.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr} = 29/92 \text{ inHg} = 10/33 \text{ mwc}$$

در تعریف فشار، نسبت نیرو به واحد سطح آمده است بنابراین:

$$1 \text{ N} = \frac{1}{9/80665} = 0/101971 \text{ Kg}_f$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ Pa} = \frac{0/101971 \text{ Kg}_f}{10000 \text{ cm}^2} = 1/0197 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2}$$

کیلوگرم نیرو بر سانتی متر مربع را اتمسفر فنی نیز می‌نامند و با نماد (at) نشان می‌دهند.
فشار جو:

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ pa} = 101325 \times 1/0.197 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2} = 1/0.332 \frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2}$$

$$1 \text{ Lb} = 0.45359237 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ kg} = 2/20.4622 \text{ Lb} \rightarrow 1 \text{ kg}_f = 2/20.4622 \text{ Lb}_f$$

$$1 \text{ atm} = 1/0.332 \frac{\text{Kg}_f}{\text{cm}^2} = \frac{1/0.332 \times 2/20.4622 \text{ Lb}_f}{1 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ in}^2}{2/54 \times 2/54 \text{ cm}^2}} = 14/69 \frac{\text{Lb}_f}{\text{in}^2} = 14/69 \text{ psi}$$

Psi مخفف پوند نیرو بر اینچ مربع
 در دستگاه CGS یکای نیرو دین (dyne) است:

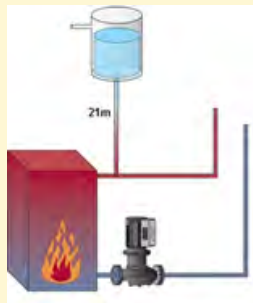
$$1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \text{ gr} \times \frac{10^5 \text{ cm}}{\text{s}^2} = 10^5 \frac{\text{gr.cm}}{\text{s}^2} = 10^5 \text{ dyne}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \times \frac{10^5 \text{ dyne}}{10000 \text{ cm}^2} = 10 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2}$$

دین بر سانتی متر مربع را باری (Barye) می‌نامند و با نماد (Ba) نشان می‌دهند.
 در سال ۱۹۰۹ یک هوا شناس به نام ویلیام ناپیر شاو پیشنهاد یکایی به نام بار (bar) را که برابر یک میلیون دین بر سانتی متر مربع است را داد، بنابراین:

$$1 \text{ Pa} = 10 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2} = 10 \times \frac{1}{10^6 \text{ bar}} = 10^{-5} \text{ bar} \rightarrow 1 \text{ atm} = 101325 \text{ pa} = 1/0.1325 \text{ bar}$$

پرسش کلاسی



شکل ۱۰-۵- فشار روی دیگ

۱ حداقل فشار آزمایش لوله‌های رادیاتور ۷ بار است؛ این مقدار برابر چند پی‌اس‌آی و چند کیلوپاسکال است؟

۲ ارتفاع یک ساختمان از موتورخانه تا بام که مخزن انبساط، آنجا قرار گرفته ۲۱ متر است چنانچه لوله‌های آب از دیگ موتورخانه تا مخزن پر از آب باشند، فشاری که آب روی دیگ وارد می‌کند، چند متر آب و چند بار است؟

برای پاسخ به این پرسش دو راه وجود دارد که بهتر است هر دو راه به هنجریان آموزش داده شود:

راه یکم: استفاده از جدول تبدیل فشار

روش کار با این جدول ۳-۵ به این صورت است که یکایی که می‌خواهیم تبدیل کنیم از ستون نخست عمودی پیدا کرده و سپس روی سطر حرکت می‌کنیم تا به یکایی که می‌خواهیم به آن تبدیل شود برسیم.

برای تبدیل بار به psi عدد ۱۴/۵۰ و برای تبدیل بار به kPa ابتدا Pa را که ۱۰۰۰۰۰ می‌باشد پیدا کرده و سپس تقسیم بر هزار می‌کنیم که ۱۰۰ می‌شود. حال ۷ را یک‌بار در ۱۴/۵۰ و بار دیگر در ۱۰۰ ضرب می‌کنیم.

و در پرسش دوم چون ستون تمام آب است پس ۲۱ متر همان ۲۱ متر ستون آب است. و برای تبدیل ستون آب به بار از جدول عدد ۰/۹۸ خوانده می‌شود. که اگر در ۲۱ ضرب کنیم تقریباً ۲ بار می‌شود.

راه دوم: با مقیاس فشار آتمسفر (حفظی)

به طور معمول فشار آتمسفر با چند بار تمرین حل کردن در یاد می‌ماند و ما می‌توانیم نسبت‌های آن را به کار بگیریم. فشار آتمسفر به طور تقریبی در زیر جدول آمده است که بهتر است هنجریان را تشویق به حفظ این اعداد نمایید. برای پاسخ به پرسش بالا، فشار آتمسفر را در بالای ستون‌ها می‌نویسیم:

mWc	bar
۱۰/۳۳۴	۱/۰۱
۲۱	$p = \frac{۲۱ \times ۱/۰۱}{۱۰/۳۳۴} = ۲/۰۵$

bar	kPa	psi
۱/۰۱	۱۰۱	۱۴/۷
۷	$p = \frac{۷ \times ۱۰۱}{۱/۰۱} = ۷۰۰$	$p = \frac{۷ \times ۱۴/۷}{۱/۰۱} = ۱۰۱$

جدول ۳-۵- تبدیل فشار در یکاهای SI و IP

↓↑ به	atm	bar	psi	torr	inHg	Pa	kgf/cm ²	dyn/cm ²	mWc
	1	1.0132501	(lb _f /in ²) 14.695950254	≈ mmHg 760.000066005	at 0 °C 29.9212583001	(N/m ²) 101325.01		1.0332275548	
bar	0.986923169	1	14.5037738	750.0616738	29.52998307	100000	1.019716213	1000000	10.19977334
psi	0.068045957	0.068947573	1	51.71493187	2.036020658	6894.757282	0.070306958	68947.57282	0.703249615
torr	0.001315789	0.001333224	0.019336775	1	0.039370073	133.32237	0.00135951	1333.2237	0.01359858
inHg	0.033421054	0.033863887	0.491154152	0.491154152	1	3386.388667	0.034531554	33863.88667	0.345403968
Pa	0.0000098692	0.00001	0.0001450377	0.0075006167	0.0002952998	1	0.0000101972	10	0.0001019977
kg/cm ²	0.96784101	0.980665	14.22334333	735.5592313	28.95902085	98066.5	1	980665	10.00256072
dyn/cm ²	0.0000009869	0.000001	0.0000145038	0.0007500617	0.00002953	0.1	0.0000010197	1	0.0000101998
mWc	0.096759324	0.098041394	1.421970206	73.53709233	2.895160715	9804.139432	0.099974399	9804.139432	1

برای مثال: $1 \text{ atm} \approx 1.01 \text{ bar} \approx 14.7 \text{ psi} \approx 760 \text{ torr} \approx 29.92 \text{ inHg} \approx 101325 \text{ Pa} \approx 10.334 \text{ mWc}$

انواع فشار

فیلم آموزشی



انواع فشار را نمایش دهید.

فشار در شارها بر چهار گونه جو، نسبی، مطلق و تفاضلی می‌باشد:

۱ فشار جو: (Ambient Pressure): جو یا آتمسفر زمین لایه‌ای از گازها است که زمین را احاطه کرده‌اند که این گازها به وسیله جاذبه زمین نگه‌داشته شده‌اند. مرز دقیقی بین لایه‌های جو وجود ندارد و با افزایش ارتفاع جو رقیق می‌شود و هیچ مرز مشخصی بین جو و فضای خارج از جو وجود ندارد. ۷۵٪ از جو زمین تا ارتفاع ۱۱ کیلومتر از سطح زمین است. فشار جو نتیجه مستقیمی از وزن هواست. این به این معنی است که به همراه مکان و زمان فشار جو تغییر می‌کند چون وزن هوای بالای زمین به همراه مکان و زمان تغییر می‌کند. پس فشار جو تابعی از ارتفاع، دما، رطوبت هوا و... است. این فشار را فشار محیط یا فشار محلی نیز می‌نامند و برای نمایش آن از حرف b (ambient) استفاده می‌کنند. در جدول ۴-۵ فشار متناظر در ارتفاع آورده شد. در جدول زیر ارتفاع و فشار متناسب با آن همچنین دمای آن نقطه در جو نیز آمده است.

جدول ۴-۵- فشار و دمای متناظر با ارتفاع

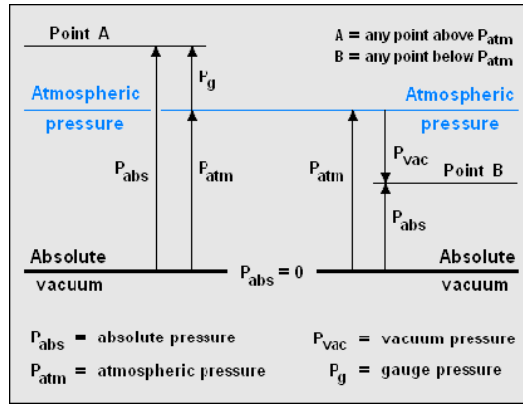
Altitude (feet)	Pressure (in/Hg)	Pressure (mm/Hg)	Pressure (psi)	Temperature (°C)	Temperature (°F)
Sea Level	29.92	760.0	14.69	15.0	59.0
10,000	20.58	522.6	10.11	-4.8	23.3
18,000	14.95	379.4	7.34	-20.7	-5.3
20,000	13.76	349.1	6.75	-24.6	-12.3
25,000	10.51	281.8	5.45	-34.5	-30.1
30,000	8.90	225.6	4.36	-44.4	-48.0
34,000	7.40	187.4	3.62	-52.4	-62.3
35,332	6.80	175.9	3.41	-55.0	-67.0
40,000	5.56	140.7	2.72	-55.0	-67.0
43,000	4.43	119.0	2.30	-55.0	-67.0
50,000	3.44	87.3	1.69	-55.0	-67.0

۲ فشار نسبی (Gauge Pressure): فشار نسبی، فشاری است که صفر آن، فشار محلی است. چون این فشار با فشارسنج‌های معمولی قابل اندازه‌گیری است آن را فشار، فشارسنج نیز می‌نامند.

۳ فشار مطلق: (Absolute Pressure): فشار مطلق، فشاری است که صفر آن خلأ کامل است.

رابطه بین سه فشار نامبرده برابر است با: $P_a = P_g + P_b$

۴ فشار تفاضلی (Differential Pressure): فشار تفاضلی، اختلاف فشار بین دو نقطه است. برای نشان دادن آن از P_d یا ΔP استفاده می‌شود.



شکل ۱۰-۵- انواع فشار و رابطه آنها

فشارسنج‌ها

برای اندازه‌گیری فشار و خلأ دستگاه‌های اندازه‌گیری متفاوتی ساخته شده است که براساس بازه اندازه‌گیری، بازه دمایی عملکرد و از همه مهم‌تر نوع فشار اندازه‌گیری طبقه‌بندی می‌شوند. در زیر به چند نمونه آنها اشاره می‌شود:

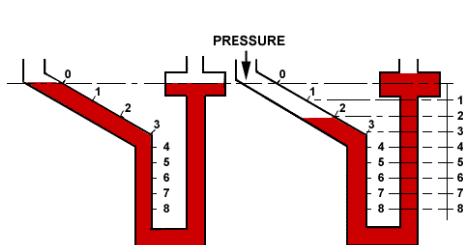
۱ بارومتر: (Barometer): برای اندازه‌گیری فشار جواز آن استفاده می‌شود. مقدار هوا همواره در حال تغییر است در نتیجه وزن آن که همان فشار هواست به‌طور مداوم تغییر می‌کند. تغییر در فشار هوا باعث تغییر در شرایط



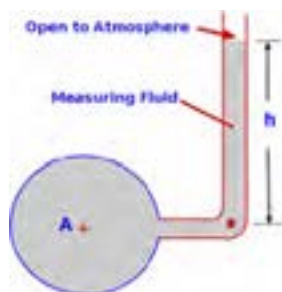
شکل ۱۱-۵- بارومتر ساعتی

آب و هوایی می‌شود که این تغییرات را با بارومتر نشان می‌دهند. بارومترها به‌گونه‌ای زینه‌بندی می‌شوند که فشار در ارتفاعات و دره‌ها را نمایش دهند. ساده‌ترین نوع بارومتر، همان فشارسنج تورچلی است. چون حمل این بارومتر سخت است از بارومترهای دیگری نظیر بارومتر ساعتی استفاده می‌شود.

۲ **پیزومتر (piezometer)** : ساده‌ترین وسیله اندازه‌گیری فشار پیزومترها هستند. آنها یک لوله شفاف می‌باشند که به صورت عمودی به مخزن یا لوله‌ای که می‌خواهیم فشار آن را اندازه‌گیری کنیم متصل می‌شوند. از پیزومتر برای اندازه‌گیری مایعات استفاده می‌شود. بر خلاف بارومتر، در پیزومترها انتهای لوله باز می‌باشد. پیزومترها ممکن است قائم یا شیب‌دار باشند



شکل ۱۳-۵- پیزومتر شیب‌دار

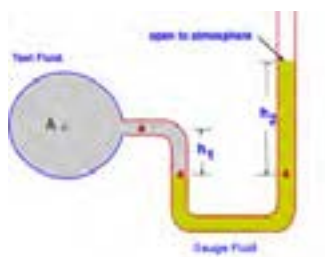


شکل ۱۲-۵- پیزومتر قائم

معادله فشار نسبی در مخزن A در پیزومتر نشان داده شده را بیابید.

$$P_A - P_{atm} = \rho \cdot g \cdot h$$

۳ **مانومتر یو (U-tube)** : لوله یو جایگزینی مناسب برای پیزومتر است. در لوله یو (U) از یک مایع غیر قابل اختلاط با سیال استفاده می‌شود.



شکل ۱۴-۵- لوله یو

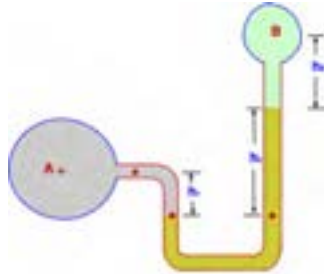
معادله فشار نسبی در مخزن گاز A در لوله U نشان داده شده را بیابید.

$$P_A + \rho_1 \cdot g \cdot h_1 = P_{atm} + \rho_2 \cdot g \cdot h_2$$

چون چگالی گاز در برابر چگالی مایع ناچیز است می‌توان از آن صرف‌نظر کرد و چون فشار نسبی مد نظر است پس:

$$P_A - P_{atm} = \rho_r \cdot g \cdot h_r$$

۴ مانومتر یو تفاضلی (Differential U-tube): لوله یو تفاضلی یکی از فشارسنج‌های مفید برای اندازه‌گیری اختلاف فشار به طور مستقیم است.



شکل ۱۵-۵- لوله یو تفاضلی

اختلاف فشار بین دو مخزن در لوله یو تفاضلی نشان داده شده را بیابید.

$$P_A + \rho_l \cdot g \cdot h_1 = P_B + \rho_r \cdot g \cdot h_r + \rho_r \cdot g \cdot h_r \rightarrow$$

$$P_A - P_B = \rho_r \cdot g \cdot h_r + \rho_r \cdot g \cdot h_r - \rho_l \cdot g \cdot h_1$$

۵ فشارسنج بوردون (Bourdon gauge): در سال ۱۸۴۹ میلادی این اختراع به نام ایگنه بوردن در فرانسه ثبت و به دلیل حساسیت عالی، عملکرد خطی و درستی آن به‌طور گسترده‌ای در حال حاضر از آن در اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری اختلاف فشار نیز می‌توان از فشارسنجی که دارای دو لوله بوردون مختلف که بطور مناسبی با هم ارتباط دارند استفاده کرد.



شکل ۱۶-۵- فشارسنج تفاضلی بوردون

انواع دیگری نیز از فشارسنج‌ها مانند فشارسنج الکترونیکی رایج است.

پرسش



نام وسیله اندازه‌گیری که با آن انواع فشار را اندازه‌گیری می‌کنند در زیر آن بنویسید.



ب) فشارسنج نسبی



الف) فشارسنج تفاضلی



ت) فشارسنج جو



پ) فشارسنج مطلق

شکل ۱۷-۵- انواع گیج فشار برای چهار نوع فشار

همان‌طور که از شکل فشارسنج‌ها مشخص است، می‌توان به این پرسش پاسخ داد بدین‌گونه که فشارسنج تفاضلی دو مجرا داشته و با توجه به عملکرد آن می‌توان به آن رسید. فشارسنج مطلق نیز صفر نسبی و وکیوم دارد. در روی بارومتر نیز اعداد از ۹۰۰ میلی‌بار به بالا درج شده است. و می‌ماند فشارسنج نسبی که یک لوله‌ای و از صفر شروع می‌شود.



۱ به نظر شما برای اندازه‌گیری فشار آب در لوله کدام فشارسنج بالا مناسب‌تر است؟ فشارسنج نسبی

۲ می‌خواهیم فشار یک سیستم تأسیسات گرمایی ساختمان را با فشار ۷ بار آزمایش کنیم. به نظر شما دامنه کاری فشارسنج نسبی باید چند بار باشد؟ چرا؟
الف) ۶-۸ ب) ۷-۱۰ پ) ۱۰-۱۵ د) ۵-۱۰

پاسخ: دقت فشارسنج برای اندازه‌گیری فشار خیلی مهم است. برای مثال برای اندازه‌گیری فشار لوله‌های گاز با فشار ۱۰ psi در مقررات ملی ساختمان تأکید شده که از فشارسنج ۱۵ psi استفاده شود. چون فشارسنج‌های بالاتر به تبع از دقت کمتری برخوردار است. و اگر از فشارسنج‌ها کمتر استفاده شود ضمن اینکه نمی‌تواند فشار دلخواه را نشان دهد فشار بالا به فشارسنج آسیب وارد می‌کند. پس فشارسنجی که تا حدود ۱/۵ تا دوبرابری فشار حداکثر را نشان دهد فشارسنج مناسبی است که گزینه پ ۱۰- می‌شود.

۳ چنانچه با گیج فشار مطلق میزان اندازه‌گیری فشار یک سیستم، ۹ بار باشد و ما در شهر تهران این اندازه‌گیری را انجام داده باشیم، فشار نسبی چند بار است؟ (فشار آتمسفر در تهران در حدود ۹۰۰ میلی‌بار است البته شما می‌توانید با توجه به شهری که در آن زندگی می‌کنید، ارتفاع محل را گفته و هنرجو با توجه به جدول فشار متناظر با ارتفاع فشار محلی را پیدا کند).
پاسخ: رابطه $P_a = P_g + P_b$ را نوشته و عددها را جای گذاری می‌کنیم.

$$P_a = P_g + P_b \rightarrow 9 = P_g + 0/9 \rightarrow P_g = 8/1 \text{ bar}$$

روش افزایش فشار درون سیستم

این موضوع را با طرح یک گفت و گوی کلاسی آغاز کرده‌ایم:

چنانچه بخواهیم از عدم نشتی یک سیستم لوله کشی با آب مطمئن شویم، به کارگیری چه میزان فشار مؤثرتر است؟

الف) بدون فشار یا همان فشار آب شهر ب) افزایش فشار تا فشار کار مجاز
پ) افزایش فشار تا فشار کار طراحی ت) افزایش فشار تا بیش از فشار کار طراحی
هدف از این گفت و گو و پاسخ‌های آن این است که ذهن هنرجو را به فشار آزمایش که باید بیشتر از فشار طراحی باشد معطوف کنیم. در ادامه چند نکته از مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان ایران آورده شده است تا هنرجو شرایط استاندارد آزمایش را بشناسد.

چند نکته از مقررات ملی:

- برای آزمایش نشستی سیستم باید دست کم تحت فشار ۱/۵ برابر فشار کار طراحی آزمایش شود.
 - فشار آزمایش نباید از ۷ bar کمتر شود.
 - در هنگام آزمایش فشار، هیچ دستگاهی به سیستم لوله کشی متصل نشود.
 - در آزمایش، فشارسنج در بالاترین نقطه شبکه لوله کشی قرار گیرد.
 - مدت زمان آزمایش باید دست کم دو ساعت پیوسته باشد.
 - هواگیری سیستم از بالاترین نقطه انجام گیرد.
- در نهایت موضوع را با طرح دو پرسش به پایان رسانده‌ایم:

پرسش



۱ فشار کار طراحی یک سیستم لوله کشی گرمایی bar ۱۰ می‌باشد. کمترین فشار آزمایش چند بار است؟

پاسخ: با عنایت به بند نخست پیش گفتار ۱۵ بار

۲ فشارسنجی را در پایین ترین نقطه لوله کشی به سیستم متصل نموده‌ایم و فشار را ۱۰ بار نشان می‌دهد، چنانچه ارتفاع ساختمان ۲۰ متر و فاصله گیج تا دورترین نقطه لوله کشی ۵۰ متر باشد، فشار در بالاترین نقطه لوله کشی چند بار است؟
پاسخ: در این پرسش قصد داشته‌ایم که هنرجو را متوجه این موضوع کنیم که طول مسیر در فشار استاتیکی بدون تأثیر است و فقط ارتفاع مؤثر است. پس فشار در بالاترین نقطه $10 + 2 = 8$ بار می‌شود.

دستگاه آزمایش فشار

این بخش را با یک پرسش در مورد نام دستگاه تست هیدرولیکی آغاز کرده‌ایم. هیدرو به معنی آبی است و هیدولیکی نیز به معنی سیستمی است که با آب کار می‌کند البته در بعضی موارد به سیستم‌هایی که با مایع و روغن کار می‌کنند نیز هیدرولیکی گویند. و کلمه تست هم که همان آزمایش است.



شکل ۱۸-۵- دستگاه تست هیدرولیکی برقی شکل ۱۹-۵- دستگاه تست هیدرولیکی دستی

فیلم آموزشی



کار کلاسی



دستگاه تست هیدرولیکی را نمایش دهید.

پس از نمایش فیلم شماره بخش‌هایی یک دستگاه تست هیدرولیکی دستی از آن تشکیل شده است در صورت امکان بر روی تصویر ۱۱-۵ مشخص کرده و آنرا با تصویر ۱۲-۵ که یک نوع دیگر از همین دستگاه است مطابقت دهید. و در مورد وظیفه هر بخش گفت‌وگو کنید.

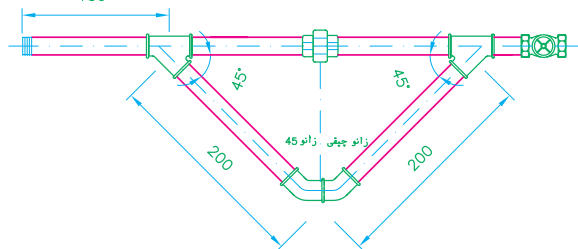
۱ مخزن ۲- تلمبه ۳- اهرم ۴- شیلنگ رابط ۵- شیر یک طرفه ۶- فشارسنج

۷- شیر قطع و وصل

همان‌طور که مشاهده می‌کنید تعدادی از وسایل که تقریباً در همه انواع دستگاه تست هیدرولیکی وجود دارد آورده شده است. و در جزئیات ممکن است اختلاف باشد. پس از نمایش فیلم، دستگاه در کارگاه را مقایسه کنید و از هنرجویان بخواهید که روش کار دستگاه در کارگاه را نشان دهند.

افزایش فشار با دستگاه تست هیدرولیکی

در این بخش می‌خواهیم قبل از اینکه هنرجو یک ساختمان کامل را چک کند توانایی کار با دستگاه تست هیدرولیکی را پیدا نماید. برای این کار از یک مدار لوله‌کشی ساده که قبلاً توسط هنرجو بسته شده استفاده کنید. چون این مدار جدای از ساختمان است و بست و گیره‌های لازم را ندارد، حتماً از هنرجو بخواهید که مدار را به گونه‌ای محکم کند تا احتمال بلند شدن و حرکت آن در حین کار وجود نداشته باشد. برای مثال می‌توان گیره لوله را به کار گرفت. چون در این بخش موضوع آشنایی با دستگاه است می‌توان سیستم را زیر فشارهای کمتر از ۷ بار نیز قرار دهد و این بستگی به رویه کار شما دارد.



شکل ۲۰-۵- یک مدار برای آزمایش فشار

در زمان انجام کار شاخص‌ارزیابی را مد نظر قرار داده و برابر جدول هنرجو را در مورد این کار ارزیابی نمایید.

ارزشیابی تکوینی افزایش فشار با دستگاه تست هیدرولیکی

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (۳نمره)	قابل قبول (۲نمره)	غیر قابل قبول (۱نمره)	نمره کسب شده
۱	آماده سازی برای آزمایش فشار		۱- بستن مدار به گیره به صورت عمودی	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- اتصال شیلنگ دستگاه به مدار	<input type="checkbox"/>	
			۳- پرکردن آب مخزن دستگاه	<input type="checkbox"/>	
۲	افزایش فشار		۱- باز گذاشتن شیر انتهایی مدار به مقدار کمی برای خروج هوا	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- بستن شیر پس از خروج کامل هوا	<input type="checkbox"/>	
			۳- بستن شیر روی دستگاه	<input type="checkbox"/>	
			۴- تلمبه زدن تا رسیدن فشار ۵ بار	<input type="checkbox"/>	
۳	کنترل نهایی		۱- کنترل نشستی به صورت چشمی	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- کنترل نشستی با گیج	<input type="checkbox"/>	
			۳- برداشت فشار پس از دو ساعت	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					
۴	رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی		به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کار با دستگاه تست هیدرولیکی	<input type="checkbox"/>	
			زمان بندی شروع و پایان کار	<input type="checkbox"/>	
۵	دقت و سرعت در انجام کار				
۶	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار		رعایت مسائل زیست محیطی تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار	<input type="checkbox"/>	
۷	پایه سازی آراستگی محیط کار (5S)		سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استانداردسازی - انضباط	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					

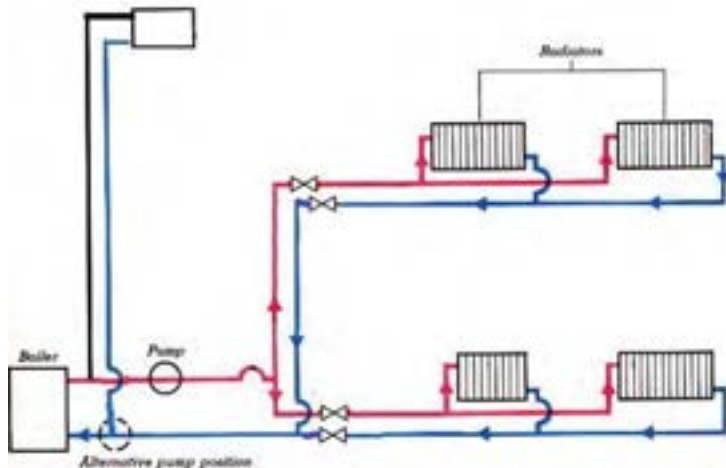
روش آزمایش آب بندی سیستم لوله کشی

فیلم آموزشی



روش آزمایش آب بندی سیستم لوله کشی را نمایش دهید.

هدف از ارائه این بخش توجه هنرجو به زمان انجام بازرسی و شیوه نامه آن که در ابتدای این فصل آمده است برای یک سیستم گرمایشی کامل است (شکل ۵-۲۱).



شکل ۵-۲۱- سیستم گرمایش

در این سیستم سه بخش طبقات، موتورخانه و رایزرها نمایش داده شده است. علت نمایش پمپ بر روی لوله رفت و به صورت خط چین روی برگشت این است که با توجه به طراحی پمپ ممکن است در یکی از این دو بخش نصب شود.

اما در ساختمان اشخاص مختلفی در زمان‌های مختلف کار می‌کنند. برای مثال اولین بخش معمولاً رایزرها هستند چون انشعاب طبقات به آن وصل می‌شود و روی آنها باید پوشیده شود. بخش بعدی طبقات است که هر طبقه به صورت مستقل لوله کشی و تست می‌شود و مجریان کار را به ناظر یا بازرس تحویل داده و با توجه به اینکه لوله در زیر کف دفن می‌شود یا در سقف کاذب قرار داده می‌شود، دستور پوشش داده می‌شود و سپس وارد طبقه دیگر می‌شوند.

در موتورخانه با توجه به نوع ساختمان ممکن است در زمان‌های متفاوت و با مهارت بالاتری نسبت به افرادی که در طبقات کار می‌کنند کار انجام می‌شود. برای مثال برای ساختمان‌های کوچک به علت زمان‌بری کم، معمولاً موتورخانه در آخرین مرحله انجام می‌شود ولی در ساختمان‌های بزرگ و بیمارستان‌ها و سایر موارد مشابه، موتورخانه همزمان با سایر بخش‌ها کار می‌شود.

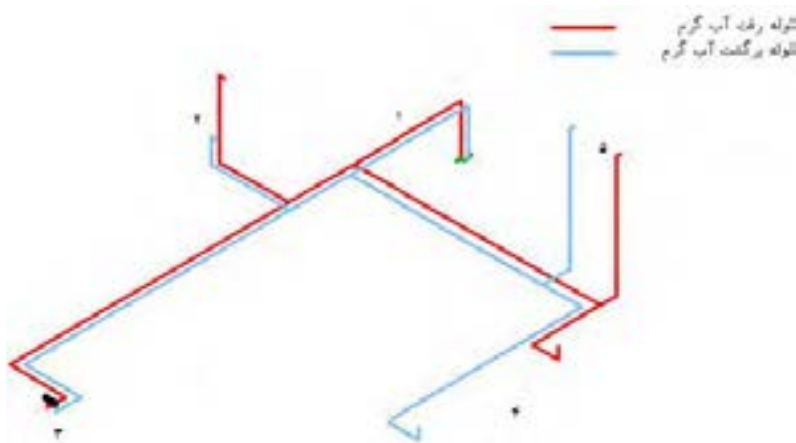
پس از نمایش فیلم و با توجه به تصویر (۱۴-۵) لوله کشی سیستم گرمایی یک ساختمان، فکر می‌کنید، بهتر است آزمایش آب بندی به کدام صورت انجام شود؟ چرا؟
 الف) آزمایش آب‌بندی طبقات، رایزرها و موتورخانه جداگانه انجام شود؟
 ب) طبقات و رایزرها با هم و موتورخانه جدا آزمایش شوند؟
 پ) هر سه با هم آزمایش شوند؟
 با توجه به مواردی که مطرح شده حالت الف) مناسب‌ترین گزینه است ولی باز همان بحث شیوه‌نامه را مطرح کنید و توجه هنرجو را به خواسته مهندسین مشاور سوق دهید.

گفت‌وگوی کلاسی



افزایش فشار طبقات

در این بخش هنرجو باید لوله‌کشی یک طبقه را که قبلاً توسط خود آنها انجام شده است، با آزمایش انجام دهد.



شکل ۲۲-۵- لوله کشی یک طبقه

- برای آزمایش نخستین کار بستن شیرهای طبقات و قطع ارتباط طبقه با رایزر و سایر طبقات است. (نقطه ۱)
- علت اتصال دستگاه تست فشار به لوله انشعاب برگشت یکی از رادیاتورها، این است که لوله برگشت در پایین است و بهتر است آب از پایین تزریق و هواگیری از بالا انجام شود. (نقطه ۲)
- اتصال لوله رفت و برگشت با یک شیلنگ فشار قوی برای این است که در یک مرحله هر دو لوله رفت و برگشت را چک کنیم. (نقطه ۳)
- چون مقررات ملی صراحت به بستن فشارسنج در بالاترین نقطه (رادیاتور حوله خشک کن - نقطه ۵) را دارد بهتر است این موضوع در اینجا گفته شود. گرچه در یک طبقه که حداکثر اختلاف ارتفاع یک متر است (۱/۰ بار) در مقایسه با ۱۰ بار قابل صرفنظر است.
- پس از اضافه کردن آب باید ابتدا تمام سرپوش‌ها شل شده تا هوای هر بخش خارج شود. در روی حوله خشک کن نیز می‌توان یک سه راهی نصب نمود که یک طرف آن گیج و طرف دیگر سرپوش یا شیرسرشیلنگی برای تخلیه هوا نصب نمود. (نقطه ۵)
- توجه کنید که برای لوله‌های پلیمری ممکن است شیوه‌نامه تفاوت کند و مقداری افت فشار را مجاز می‌دانند. ولی در لوله‌های فلزی افت فشار پذیرفته نمی‌باشد.
- دو روش برای شناسایی نشت وجود دارد. نخست اینکه ما نشت را با افزایش فشار مشاهده می‌کنیم. دوم اینکه فشارسنج افت را نشان داده و باید دنبال نشت بگردیم.
- پس از پایان کار می‌توان سیستم را تخلیه نمود و با بستن سرپوش در همه بخش‌ها، به منظور صرفه‌جویی، همین مرحله را به عنوان شست و شوی سیستم در نظر گرفت.
- در زمان انجام کار شاخص‌آرزیابی را مدنظر قرار داده و برابر جدول هنرجو را در مورد این کار آرزایی نمایید.

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (نمره ۳)	قابل قبول (نمره ۲)	غیر قابل قبول (نمره ۱)	نمره کسب شده
۱	آماده سازی برای آزمایش فشار		۱- اتصال شیلنگ دستگاه به مدار	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- پرکردن آب مخزن دستگاه	<input type="checkbox"/>	
۲	افزایش فشار		۱- باز گذاشتن شیر انتهایی مدار به مقدار کمی برای خروج هوا	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- بستن شیر پس از خروج کامل هوا	<input type="checkbox"/>	
			۳- بستن شیر روی دستگاه	<input type="checkbox"/>	
			۴- تلمبه زدن تا رسیدن فشار ۱۰ بار	<input type="checkbox"/>	
۳	کنترل نهایی		۱- کنترل نشتی به صورت چشمی	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- کنترل نشتی با گیج و مقایسه دو گیج	<input type="checkbox"/>	
			۳- برداشت فشار پس از دو ساعت	<input type="checkbox"/>	
			۴- رفع نشتی در صورت وجود	<input type="checkbox"/>	
			۵- تخلیه و شست و شوی مدار	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					
۴	رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی		به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کار با دستگاه تست هیدرولیکی	<input type="checkbox"/>	
۵	دقت و سرعت در انجام کار		۱- تخلیه آب در صورت وجود هوای سرد	<input type="checkbox"/>	
			۲- زمان بندی شروع و پایان کار	<input type="checkbox"/>	
۶	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار		۱- صرفه جویی در مصرف آب با یک مرحله	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار	<input type="checkbox"/>	
۷	پایاده سازی آراستگی محیط کار (5s)		سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استاندارد سازی - انضباط کار	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					

افزایش فشار و نشت یابی رایزرها

در این بخش هنرجو باید لوله‌کشی رایزری که دست‌کم در دو طبقه از آن انشعاب گرفته شده، با آزمایش انجام دهد.

- از هنرجویان بخواهید که برابر نقشه داده شده یا رایزر مشابه‌ای که در کارگاه اجرا شده و نقشه آن تهیه شده است آزمایش آب‌بندی را انجام دهند.

- در یکی از طبقات برای صرفه‌جویی در زمان آزمایش لوله رفت و برگشت توسط یک شیلنگ فشارقوی به هم متصل شود.

- آب اندازی می‌تواند از بالا یا پایین یا هردو انجام گیرد.

- در این حالت تک تک شیر طبقات برای هواگیری نیاز به باز کردن ندارند و هواگیری از بالاترین نقطه بس است.

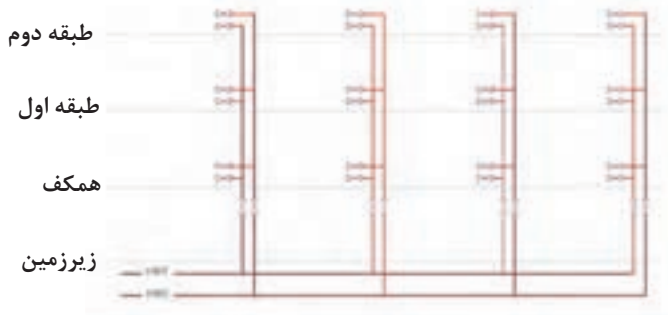
- چنانچه دستگاه تست هیدرولیکی را به پایین‌ترین نقطه و بالاترین نقطه متصل می‌کنید یک گیج دیگر نیز در نقطه مقابل نصب کنید تا ارتفاع و تناسب آن با فشار را به دست آورید.

- چنانچه قبل از دو ساعت نشستی مشخص شد به هنرجویان گوشزد کنید که در همان زمان رفع عیب را انجام دهند.

- چنانچه گیج ۱۵-۰ بار، تهیه نشد از گیج‌های نزدیک به آن مانند ۱۶-۰ یا موارد مشابه استفاده نمایید.

- علت استفاده از گیج و دقت کار آن را برای هنرجویان توضیح دهید. برای مثال می‌توانید یک فشارسنج ۱۰۰-۰ بار را نشان داده و دقت اندازه‌گیری که آن گیج نشان می‌دهد و دقتی که شما به آن نیاز دارید با هم مقایسه کنید.

- در زمان انجام کار شاخص‌ارزیابی را مد نظر قرار داده و برابر جدول هنرجو را در مورد این کار ارزیابی نمایید.



شکل ۲۳-۵- نشت یابی رایزرها و برگشت به تفکیک

ارزشیابی تکوینی افزایش فشار و نشت یابی رایزرها

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (۳نمره)	قابل قبول (۲نمره)	غیر قابل قبول (۱نمره)	نمره کسب شده
۱	آب‌اندازی		<input type="checkbox"/>	۱- جدا سازی رایزرها از یکدیگر و از طبقات با شیر قطع کن	انجام ندادن یکی از موارد
			<input type="checkbox"/>	۲- اتصال سه راهی به انشعاب لوله رفت بالاترین رادیاتور	
			<input type="checkbox"/>	۳- نصب گیج در بالاترین نقطه	
			<input type="checkbox"/>	۴- اتصال شیلنگ فشار قوی	
			<input type="checkbox"/>	۵- باز کردن شیر آب تا پر شدن رایزر	
۲	هواگیری		<input type="checkbox"/>	۱- هواگیری با باز کردن شیر	انجام ندادن یکی از موارد
			<input type="checkbox"/>	۲- اطمینان از خروج کامل هوا	
۳	افزایش فشار		<input type="checkbox"/>	۱- آماده‌سازی دستگاه تست	انجام ندادن یکی از موارد
			<input type="checkbox"/>	۲- هواگیری ثانویه	
			<input type="checkbox"/>	۳- بستن شیر روی دستگاه	
			<input type="checkbox"/>	۴- تلمبه زدن تا رسیدن فشار ۱۰ بار	
۴	کنترل نهایی		<input type="checkbox"/>	۱- کنترل نشتی به صورت چشمی	انجام ندادن یکی از موارد
			<input type="checkbox"/>	۲- کنترل نشتی با گیج و مقایسه دو گیج	
			<input type="checkbox"/>	۳- برداشت فشار پس از دو ساعت	
			<input type="checkbox"/>	۴- رفع نشتی در صورت وجود	
			<input type="checkbox"/>	۵- تخلیه و شست‌وشوی مدار	
جمع نمره					

		<input type="checkbox"/>	به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کار با دستگاه تست هیدرولیکی	رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی	۵
		<input type="checkbox"/>	۱- تخلیه آب در صورت وجود هوای سرد	دقت و سرعت در انجام کار	۶
		<input type="checkbox"/>	۲- زمان بندی شروع و پایان کار		
		<input type="checkbox"/>	۱- صرفه جویی در مصرف آب با آزمایش فشار و شست و شوی مدار در یک مرحله	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار	۷
		<input type="checkbox"/>	۲- تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار		
		<input type="checkbox"/>	سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استاندارده سازی - انضباط	پایاده سازی آراستگی محیط کار (5S)	۸
جمع نمره					

افزایش فشار و نشت یابی لوله‌های موتورخانه

در این بخش هنرجو باید لوله‌کشی یک موتورخانه را که قبلاً انجام شده آزمایش آب‌بندی کرده و نشت‌یابی نماید.

- این سوال ممکن است مطرح شود: کسی که تا به حال لوله‌کشی موتورخانه را انجام نداده و آموزش ندیده چگونه می‌خواهد آن را آزمایش آب‌بندی نماید؟

- پاسخ: توجه کنید یکی از اهداف برنامه نظام جدید دسترسی هنرجویان به شایستگی در آن موضوع است. و شاید برای انجام بعضی از کارها نیاز به یادگیری تمام موضوع‌های آن حرفه نباشد و هنرجو بتواند پس از کسب یک یا چند شایستگی بدون آنکه تمام فن‌ها و تکنیک‌های آن حرفه را آموزش دیده باشد بتواند وارد بازار کار در آن شغل شود.

- برای مثال کسی که عایق کار تأسیسات است در بازار فقط این کار را انجام می‌دهد و ممکن است از عملکرد دستگاه‌های گرمایشی و سرمایشی بدون اطلاع باشد. یا در موارد زیادی دیده شده که لوله‌کش تأسیسات ساختمان به ویژه لوله‌کش لوله‌های پخش‌کننده‌ها که مهارت بالایی نیاز ندارد همان لوله‌کش گاز است که از تأسیسات گرمایشی سررشته ندارد. ولی البته لوله‌کشی موتورخانه تخصصی‌تر بوده و کسانی که در این بخش کار می‌کنند چه بسا باید سیستم را نیز بشناسند.

- از هنرجویان بخواهید که برابر نقشه داده شده یا موتورخانه مشابه‌ای که در

کارگاه اجرا شده و نقشه آن تهیه شده است و برابر شیوه‌نامه ارائه شده آزمایش آب‌بندی را انجام دهند.

- نخستین کار در آزمایش آب‌بندی باید آب اندازی مخرن داخلی مخرن دوجداره یا کویل مخزن کویلی باشد. زیرا چنانچه لوله یا جدار داخلی، خالی از آب باشد به علت اختلاف فشار مخزن و لوله چقرمه می‌شوند.

- قبل از آب اندازی از خاموشی پمپ‌های گردش آب اطمینان حاصل کنند.

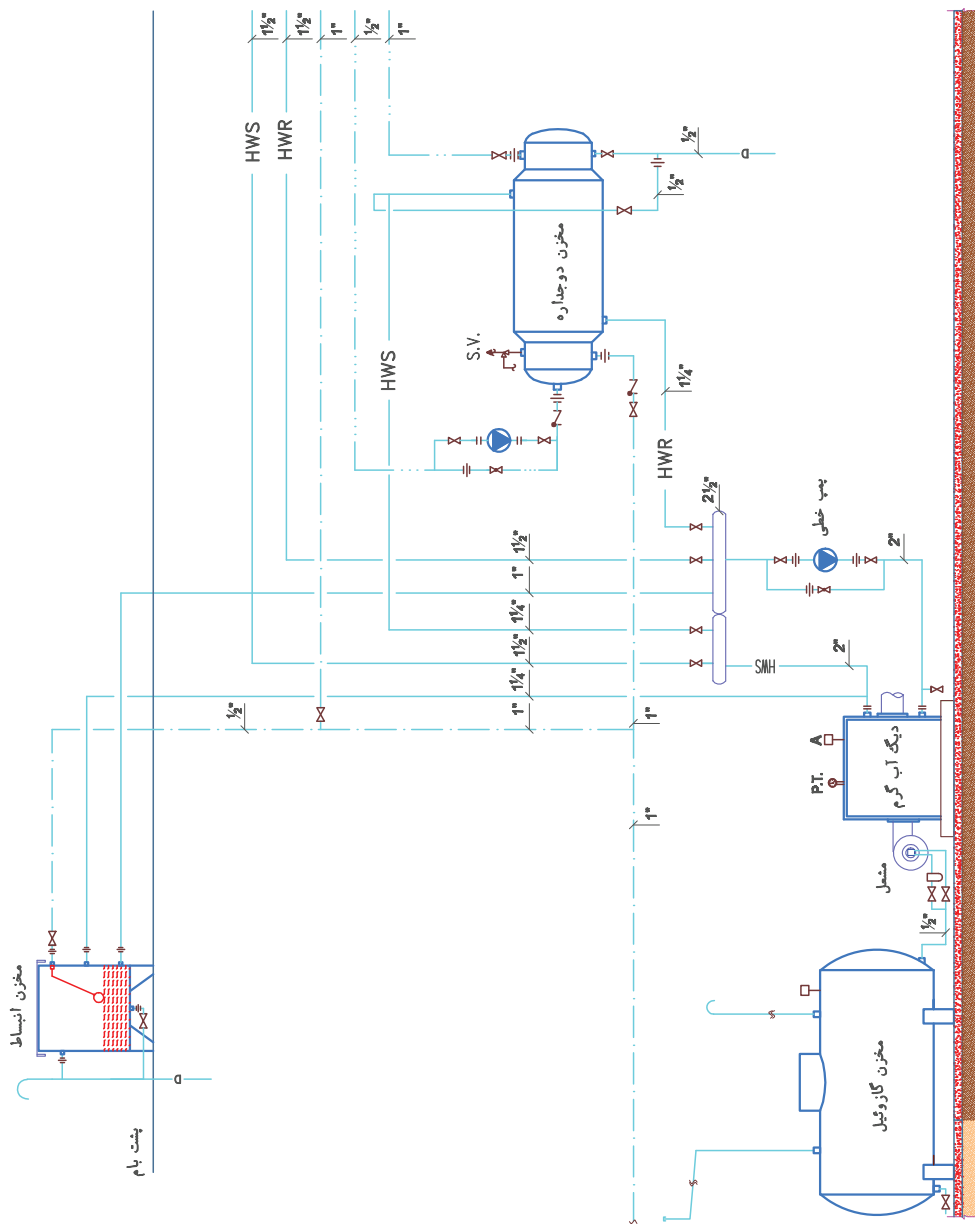
- همان‌طور که قبلاً گفته شد آب اندازی می‌تواند از هر محل مجاز انجام شود.

- چون طبقات و رایزرها قبلاً آزمایش شده‌اند باید شیر ارتباطی بین آنها بسته شود.

- هواگیری را از بالاترین نقطه موتورخانه که معمولاً یک شیر هواگیری نیز برای آن پیش‌بینی شده است انجام دهند.

- اتصال دستگاه تست فشار و افزایش فشار سیستم تا ۱۰ بار

- در زمان انجام کار شاخص‌ارزیابی را مد نظر قرار داده و برابر جدول هنرجو را در مورد این کار ارزیابی نمایید.



شکل ۲۴-۵- نقشه لوله کشی ارتباطی موتورخانه حرارت مرکزی

ارزشیابی تکوینی افزایش فشار و نشت یابی لوله‌های موتورخانه

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (نمره ۳)	قابل قبول (نمره ۲)	غیر قابل قبول (نمره ۱)	نمره کسب شده
۱	آب‌اندازی		۱- آب اندازی مخزن داخلی یا کویل	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- قطع موتورخانه از طبقات و رایزرها	<input type="checkbox"/>	
			۳- نصب گیج در بالاترین نقطه موتورخانه	<input type="checkbox"/>	
			۴- آب اندازی از بالا یا پایین	<input type="checkbox"/>	
۲	هواگیری		۱- باز گذاشتن شیر هواگیری تا خروج آب	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- اطمینان از خروج کامل هوا	<input type="checkbox"/>	
۳	افزایش فشار		۱- آماده سازی دستگاه تست	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۳- بستن شیر روی دستگاه	<input type="checkbox"/>	
			۴- تلمبه زدن تا رسیدن فشار ۱۰ بار	<input type="checkbox"/>	
			۱- کنترل نشتی به صورت چشمی	<input type="checkbox"/>	
۴	کنترل نهایی		۲- کنترل نشتی با گیج و مقایسه دو گیج	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۳- برداشت فشار پس از دو ساعت	<input type="checkbox"/>	
			۴- رفع نشتی در صورت وجود	<input type="checkbox"/>	
			۵- تخلیه و شست‌وشوی مدار	<input type="checkbox"/>	
			جمع نمره		

فصل پنجم: کنترل و گرمابندی سیستم‌ها

		<input type="checkbox"/>	به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کار با دستگاه تست هیدرولیکی		رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی	۵
		<input type="checkbox"/>	۱- تخلیه آب در صورت وجود هوای سرد		دقت و سرعت در انجام کار	۶
		<input type="checkbox"/>	۲- زمان بندی شروع و پایان کار			
		<input type="checkbox"/>	۱- صرفه جویی در مصرف آب با آزمایش فشار و شست و شوی مدار در یک مرحله		رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار	۷
		<input type="checkbox"/>	۲- تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار			
		<input type="checkbox"/>	سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استانداردها - انضباط		پایاده سازی آراستگی محیط کار (5S)	۸
جمع نمره						

- عایق کاری گرمایی سیستم لوله کشی

روز	زمان (ساعت)	موضوع	مکان	ابزار	روش تدریس	کار کلاسی	کار در منزل
روز اول	۰/۵	تعریف عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، مشارکت هنرجویان	بحث کلاسی	
	۰/۵	دلایل به کارگیری عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، مشارکت هنرجویان	فکر کنید	
	۰/۵	بیان روش های انتقال گرما	کلاس درس	کتاب، تخته	سخنرانی، مشارکت هنرجویان	تکمیل تصویر ۱-۵ بحث کلاسی و نکته	
	۱/۵	محاسبه گرمای انتقالی	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئوپروژکتور	سخنرانی، حل مسئله	حل تمرین	
	۱	بیان مشخصات عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئوپروژکتور	سخنرانی	کار کلاسی	
	۱	بیان کاربرد انواع عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی	کار کلاسی تشخیص کاربرد انواع عایق	تحقیق
	۳	بیان ویژگی انواع عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی، نمایش فیلم	کار کلاسی، بحث کلاسی	

	۱	بیان ویژگی انواع عایق گرمایی	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی، نمایش فیلم	کار کلاسی، بحث کلاسی
	۲	بیان محاسبه ضخامت و ابعاد عایق	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی، پرسش و پاسخ، حل مسئله	کار کلاسی،
روز دوم	۱	توضیح ابزار برش عایق و روش بریدن	کلاس درس	کتاب، ویدئو پروژکتور	سخنرانی	کار کلاسی
	۵/۰	تشریح روش عایق کاری لوله	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی، فیلم آموزشی	مشاهده فیلم
	۵/۲	برش عایق و پوشاندن لوله با عایق	کارگاه	کتاب، ابزار برش و عایق	نمایش عملی	کار عملی در کارگاه
	۱	توضیح پوشش نهایی عایق	کلاس درس	کتاب، تخته، ویدئو پروژکتور	سخنرانی	کار کلاسی
	۳	پوشش نهایی عایق	کارگاه	ابزار مل چسب چوب عایق شم شیشه و...	نمایش عملی	کار کلاسی
روز سوم	۵	پوشش نهایی عایق	کارگاه	ابزار مل چسب چوب عایق شم شیشه و...	نمایش عملی	کار کلاسی

تعریف عایق گرمایی

عایق‌های ضدحریق

حقیقت این است که ماده‌ای به نام «عایق ضد حریق» (proof-Fire) یا ترکیبی که واقعاً «نسوز» باشد، وجود ندارد. هر ماده‌ای، وقتی دما به اندازه کافی بالا رود می‌سوزد یا اگر شعله ورنشود، ذوب می‌شود. اما دمای سوختن مواد مختلف با هم فرق می‌کند. درحالی کلی، عایق‌های ضدحریق یا جلوگیری کننده آتش، به موادی گفته می‌شود که می‌توانند مدت زمان بسیار بیشتری در مقابل حرارت ناشی از شعله‌های آتش معمولی مقاومت کنند و یا نقش اصلی آنها، جلوگیری از انتشار آتش به قسمت‌های دیگر است. باید توجه داشت که عایق‌های ضد حریق، الزاماً نرخ انتقال حرارت را کاهش نمی‌دهند و به‌عنوان عایق حرارتی عمل نمی‌کنند و تنها وظیفه مقابله با آتش را دارند.

منظور از عایق ضد حریق، عایق یا سیستمی است که به اطفای حریق کمک کرده و یا از انتشار آتش جلوگیری کرده و یا آن را تا حد امکان به تعویق انداخته و یا در مقابل شعله آتش، مقاوم هستند.

کلاس بندی آتش

در بحث مواجهه با آتش‌سوزی، آتش به کلاس‌های مختلف، برحسب نوع سوختن آن، طبقه‌بندی می‌شود. کلاس‌بندی آتش به تشخیص مناسب‌ترین ماده اطفاء حریق کمک می‌کند. کشورها و مناطق مختلف، کلاس‌بندی‌های استاندارد مختلفی برای آتش در نظر می‌گیرند.

جدول ۵-۵

کلاس بندی استرالیا	کلاس بندی اروپا	کلاس بندی امریکا	منبع آتش
Class A	Class A	Class A	مواد سوختنی معمولی
Class B	Class B	Class B	مایعات آتش زا
Class C	Class C		گازهای آتش زا
Class E	-	Class C	تجهیزات الکتریکی
Class D	Class D	Class D	فلزات آتش زا
Class F	Class F	Class K	چربی و روغن

بیان مشخصات عایق گرمایی

مشخصات مهم مواد عایق

الف) قابلیت هدایت گرمایی (mechanical strength): برای رسیدن به یک مقاومت بالا در برابر انتقال گرما، قابلیت هدایت گرمایی پایین مطلوب است. بنابراین برای یک اتلاف گرمایی مفروض، ضخامت یک ماده با قابلیت هدایت گرمایی پایین، کمتر از ضخامت ماده‌ای با قابلیت هدایت بالا خواهد بود. این یک امتیاز ویژه برای لوله‌هاست. چون لایه‌های نازک‌تر عایق، سطح انتشار گرما و همچنین سطح خارجی را که نیاز به محافظت دارد، کاهش می‌دهند. قابلیت هدایت گرمایی اغلب مواد عایق با دما و چگالی حجمی تغییر می‌کند، لذا این دو عامل باید مورد توجه قرار گیرد.

ب) چگالی حجمی (Bulk density): چگالی حجمی اغلب مواد عایق معمولاً بین ۱۶ تا ۳۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب قرار می‌گیرد و کارایی آنها به‌طور عمده وابسته به تعداد حفره‌های ریز حاوی هوا یا گاز موجود در آنهاست که انتقال گرما از طریق جابجایی (convection) و تشعشع (radiation) را همزمان کاهش می‌دهد.

واحدهای چگالی حجمی

- واحد این کمیت در دستگاه SI، کیلوگرم بر مترمکعب ($\frac{kg}{m^3}$) است.
 - سایر واحدهای متریک متداول برای این کمیت گرم بر میلی‌لیتر ($\frac{gr}{ml}$) یا گرم بر سانتی‌متر مکعب ($\frac{cm}{m^3}$) می‌باشد.
 - واحدهای انگلیسی متداول بر این کمیت، پوند بر اینچ مکعب ($\frac{lb}{m^3}$) و پوند بر فوت مکعب ($\frac{lb}{ft^3}$) است.

پ) مناسب بودن عایق برای دمای کاربرد: دمایی که ملاک انتخاب و به‌کارگیری عایق است باید در دامنه‌ای واقع باشد که عملکرد مطمئن عایق را در یک دوره طولانی و در شرایط عادی کاربرد فراهم سازد.

در مورد عایق‌هایی که در دماهای بالا به‌کار می‌روند، لازم است عوامل مختلفی که احتمالاً عایق را پس از نصب دچار تخریب تدریجی می‌کنند بررسی شود. این عوامل عبارتند از انقباض طولی، کاهش وزن و کاهش مقاومت در برابر فشردگی درحین گرم شدن، اثرات ارتعاش و امکان پدیده خود گرمایی. هنگام تعیین حداکثر دمای کاربرد برای عایق‌های پیش‌ساخته در دماهای بالا و به‌ویژه در مورد عایق‌های پیش‌ساخته لوله‌ای، باید توانایی عایق نسبت به تحمل بارهای دائمی و ارتعاش‌های پس از نصب مورد توجه قرار گیرد.

ت) انبساط گرمایی (Thermal expansion)

ث) مقاومت در برابر فشردگی (Resistance to compaction)

ج) مقاومت در برابر نفوذ و جذب بخار آب: نفوذ آب آثار نامطلوبی بر قابلیت هدایت گرمایی و کارایی عایق دارد. عایق های مورد استفاده برای سطوح سرد باید نسبت به نفوذ بخار آب، که موجب افزایش ضریب هدایت گرمایی می شود، محافظت گردند. چنانچه آب نفوذ کند و در عایق یخ بزند، احتمالاً موجب گسیختگی حفره های عایق و در نهایت تخریب دائمی آن خواهد شد. نفوذپذیری پایین (در مورد بخار آب) برای عایق یک امتیاز محسوب می شود.

چ) استحکام مکانیکی و دوام

۱) استحکام مکانیکی (mechanical strength): مواد عایق معمولاً از نظر مکانیکی ضعیف هستند و استحکام آنها به طور طبیعی بر اثر گرما کاهش می یابد. روکش به ندرت عایق را در برابر صدمات مکانیکی حفاظت می کند، اما خود عایق باید برای عملکرد مورد نظر به اندازه کافی مقاوم باشد. استحکام و مقاومت عایق در مقابل سایش باید متناسب با نوع کاربری باشد.

۲) دوام (durability): دوام یک سیستم عایق کاری در خارج ساختمان اهمیت پیدا می کند. برای مثال تغییر شکل عایق در آفتاب یا تخریب آن بر اثر یخ زدن می تواند پیامدهای نامطلوب و جدی داشته باشد.

ح) خطرات آتش سوزی و انفجار

۱ اگر چه نسوختنی بودن مواد عایق مطلوب است، در بعضی فضاها استفاده از این مواد الزامی ندارد.

۲ خطرهای ناشی از گسترش شعله و یا تولید دود و گازهای سمی، بر اثر سوختن مواد عایق را می توان به طور مؤثری با استفاده از پوشش های حفاظتی و سایر مواد کمکی از قبیل چسب ها، عایق های رطوبتی و درزگیرها کاهش داد.

۳ بسیاری از مواد عایق کاری بی خطر هستند ولی در صورت عدم محافظت کافی ممکن است مقداری نفت یا مواد مشابه را جذب کرده و دچار اشتعال خود به خودی شوند.

۴ در فضاها ویژه، که احتمال آتش سوزی یا انفجار زیاد است، عایق باید عاری از مواد آلی باشد.

خ) مقاومت در برابر جانوران موذی و قارچ‌ها: مقاومت عایق در برابر جانوران موذی، حشرات و رشد قارچ، به ویژه در مواردی از قبیل کارخانه‌های تولید مواد غذایی دارای اهمیت است. سطح عایق‌هایی که احتمال ترشدن دارد، نباید با موادی روکش شود که در معرض حمله این عوامل قرار گیرد. در این موارد استفاده از مواد غیر جاذب برای روکش مطلوب است.

ذ) خوردگی (corrosion)

۱ مواد عایقی که با اجزای فلزی ساختمان در تماس هستند، نباید در شرایط عادی موجب خوردگی آنها شوند.

۲ چنانچه عایق در شرایط مرطوب نصب شود یا پس از نصب امکان ترشدن طولانی مدت بیابد، خوردگی ایجاد می‌کند که ممکن است گسترده یا موضعی باشد.

ر) عاری بودن از بوی نامطبوع: نداشتن بوی نامطبوع از ویژگی‌های مهم عایق پس از نصب است. در مواردی که عایق در کارخانه‌های تولید مواد غذایی، رستورانها و ساختمان‌هایی از این قبیل نصب شود، ویژگی مزبور اهمیت بارزتری می‌یابد.

ز) عمر مطلوب (optimum life): نظر به این که عمر لازم سیستم عایق کاری بر هزینه سالانه و در نتیجه ضخامت اقتصادی عایق مؤثر است، لذا باید مورد توجه قرار گیرد. چنانچه یک دوره زمانی (عمر) کوتاه موردنظر باشد، یک سیستم عایقکاری ارزان کفایت می‌کند و چنانچه عمر بیشتری مورد نیاز کار باشد، ممکن است یک سیستم عایقکاری گرانتر و با عمر بیشتر، اقتصادی باشد.

ضخامت عایق

الف) چنانچه ضخامت‌های درج شده در جدول‌های پیشنهادی این مشخصات فنی عمومی با ضخامت‌های تجاری موجود منطبق نباشد، نزدیک‌ترین ضخامت تجاری بالاتر، پس از تصویب دستگاه نظارت، باید انتخاب گردد.

ب) منظور از دمای سطح عایق شونده، دمای سیالی است که در تماس با سطح می‌باشد، مگر در مواردی که جز این مشخص شده باشد.

پ) تولیدکننده موظف است حداکثر و حداقل دمایی که عملکرد مطمئن عایق مورد نظر را در یک دوره طولانی و در شرایط عادی کاربرد فراهم می‌سازد، ارائه نماید.

ت) چنانچه دمای سطح عایق شونده بالاتر از حد دمای مطلوب عایق اصلی باشد، باید از عایقکاری مرکب استفاده شود تا امکان به کارگیری یک عایق با مقاومت گرمایی بالاتر به عنوان لایه داخلی، فراهم گردد. در این حالت مجموع ضخامت‌ها باید متناسب با قابلیت هدایت گرمایی معادل باشد. ضخامت هر لایه باید به نحوی محاسبه شود که دمای سطح مشترک بین هردو ماده عایق از حد بالای دمای عایق بیرونی تر تجاوز نکند.

انواع عایق های الاستومری

معروف ترین عایق های این دسته، نیتریل بوتادین را بر (NBR) و اتیلن پروپیلن دیان مونومر را بر (EPDM) می باشند که از لحاظ ظاهری کاملاً مشابه یکدیگر می باشند و تفاوت آنها را فقط اشخاص متخصص متوجه می گردند.

مزیت های EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer) نسبت به NBR (Nitrile Butadiene Rubber)

در مقابل نور خورشید عایق های بدون روکش EPDM مقاومت بیشتری نسبت به عایق های بدون روکش NBR از خودشان نشان می دهند.

برتری های NBR نسبت به EPDM

مقاومت بیشتری در برابر مواد نفتی و هم چنین مواد روغنی از خود نشان می دهند. نصب محصولات NBR ساده تر است. این دسته نه تنها انعطاف پذیرند بلکه به راحتی نیز بریده می شوند. علاوه بر این به علت ضریب اصطکاک کمی که دارند هیچ کشیدگی چاقو در آن دیده نمی شود. NBR از جمله پلیمرهای دوقطبی هستند. و به همین دلیل قابلیت چسبندگی و پذیرش رنگ بالایی دارند.

عایق NBR مقاومت کششی، فشاری و سایشی بالاتری دارند. این خصوصیات مقاومتی نه تنها نصب را آسان تر می کنند بلکه آنها را در طول زمان با دوام تر می کنند. هوا به راحتی در سلول های NBR نفوذ نمی کنند. در حالی که EPDM نفوذ پذیری بیشتری دارند.

مقایسه ای بین EPDM و NBR

همواره اختلافات بین مشخصات EPDM و NBR مورد بحث متخصصین بوده است ولی حقیقت این است که بسیاری از مشخصات NBR و EPDM کاملاً شبیه هم هستند و اختلافات بسیار ناچیزی با هم دارند. در کل می توان گفت که ممکن است کاربری EPDM در بعضی موارد بسیار خاص، اندکی از NBR بهتر باشد ولی

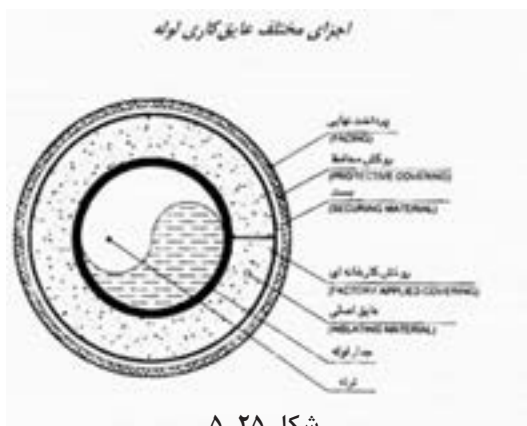
باید توجه کرد که تولید EPDM بسیار مشکل است و بزرگ‌ترین عایق‌سازان نیز EPDM با خلوص ۱۰۰٪ نمی‌سازند چراکه اصلاً مقرون به‌صرفه نیست. جدول ۵-۶ برای مقایسه بهتر عایق‌های سلول بسته انعطاف‌پذیر EPDM و NBR و تفاوت‌های آنها، ارائه می‌شود:

جدول ۵-۶

EPDM	NBR	خاصیت فیزیکی
Ethylene Propene Diene Methylene	Nitrile Butadiene Rubber	نوع ماده
۶۰ (±۵)	۶۰ (±۵)	سختی اسمی (IRHD)
سیاه با دانه های زرد	سیاه	رنگ
$\geq 10 \text{ N/mm}^2$	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$	استحکام کششی
$\leq 300\%$	$\leq 300\%$	میزان کشیدگی تا حد پارگی
$-40^{\circ}\text{C} - 135^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C} - 120^{\circ}\text{C}$	محدوده دمای کاری متوسط
متوسط عالی خوب	متوسط عالی خوب	مقاومت در مقابل سایش
ضعیف	بسیار خوب	مقاومت در مقابل روغن‌های معدنی
متوسط عالی خوب	بسیار خوب	مقاومت در مقابل روغن‌های گیاهی
ضعیف	بسیار خوب	مقاومت در مقابل بنزین
ضعیف	متوسط عالی خوب	مقاومت در مقابل ترکیبات آروماتیک و هیدروکربنات‌ها
بسیار خوب	بسیار خوب	مقاومت در مقابل اسیدها و بازها
متوسط عالی خوب	متوسط عالی خوب	مقاومت در مقابل آتش
بسیار خوب	بسیار خوب	مقاومت در مقابل رطوبت / بخار
بسیار خوب	متوسط عالی خوب	مقاومت در مقابل پرتو خورشید و اشعه ماوراء بنفش
هیچ واکنشی با لوله ندارد	با لوله ترکیب می‌شود	لوله‌های مسی
بسیار خوب	بسیار خوب	مقاومت حرارتی

بیان محاسبه ضخامت و ابعاد عایق

اجزای مختلف عایق کاری لوله



شکل ۲۵-۵

برش عایق و پوشاندن لوله با عایق

عایق‌های پیش ساخته (preformed materials)

۱ عایق‌های پیش ساخته لوله باید با رعایت الزامات مشخص شده در یکی از استانداردهای معتبر تولید شده باشد.

۲ عایق باید به‌طور کامل (چسبان) لوله را بپوشاند و تمام فاصله‌ها و حفره‌های ایجاد شده غیرقابل اجتناب در محل درزهای طولی و عرضی با مواد عایق مناسب (سازگار با عایق اصلی) پر شود.

۳ چنانچه عایق کاری به‌صورت چند لایه اجرا می‌شود، تمام درزهای طولی و عرضی باید به‌طور متناوب قرارگیرد.

۴ هر قطعه عایق پیش‌ساخته باید در محل خود با بست یا مفتول به‌صورت حلقوی، با فاصله حداکثر ۴۵۰ میلی‌متر نصب شود. به‌طوری که فاصله بست‌ها از دو سر قطعه کمتر از ۵۰ میلی‌متر شود. پس از نصب عایق، سرهای اضافه مفتول باید به داخل جسم عایق فشرده شود. انتخاب جنس بست یا مفتول و حفاظت آنها در برابر خوردگی باید با توجه به شرایط محیط صورت گیرد.

۵ چنانچه قطعات عایق پس از استقرار در محل با پارچه پوشانده شود، باید لبه‌ها را با کوک زدن یا استفاده از یک چسب مناسب محکم کرد. چنانچه از روش کوک استفاده شود، باید لبه‌ها حداقل ۲۵ میلی‌متر همپوشانی داشته باشد و چنانچه از نوار چسب استفاده شود، حداقل همپوشانی مطلوب ۲۵ درصد می‌باشد. هنگام به‌کارگیری یک پارچه یا روکش ورقی شکل روی عایق پیش‌ساخته لوله‌ای، به‌ندرت از بست‌های حلقوی برای بستن (نصب) عایق استفاده می‌شود.

۶ عایق‌های پیش‌ساخته لوله‌ای که دارای یک شکاف هستند، با باز کردن شکاف و فشار دادن آن روی لوله، مستقر و سپس بسته می‌شوند. انواع خاصی از عایق‌های لوله‌ای پیش‌ساخته را می‌توان با استفاده از ماشین‌های دوخت که مجهز به سوزن‌های مقاوم در برابر خوردگی هستند، نصب نمود. در این حالت فاصله سوزن‌ها نباید بیش از ۱۰۰ میلی‌متر باشد.

۷ در لوله‌کشی قائم یا نزدیک به قائم، جلوگیری از لغزیدن عایق به طرف پایین با استفاده از نگهدارهای مناسب اهمیت دارد. این نگهدارها می‌توانند به شکل حلقه، نیم‌حلقه یا پیچ‌های فلزی باشد. فاصله این نگهدارها نباید بیش از ۵ متر شود. ولی به هر صورت باید فاصله پس از هر درز انبساط در سیستم عایق‌کاری و در بالا دست آن یک نگهدار عایق نصب شود.

مشخصات عایق‌های پیش‌ساخته

۱ قطر داخلی عایق‌های پیش‌ساخته بسته به سفارش از سایز یک دوم الی ۲۵ اینچ تولید می‌شود.

۲ طول آنها از ۹۰ cm تا ۱۲۰ cm می‌باشد.

۳ ضخامت این عایق‌ها از ۲۵ mm تا ۵۰ mm می‌باشد.

ارزشیابی تکوینی آماده‌سازی عایق (مرحله ۱)

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (۳نمره)	قابل قبول (۲نمره)	غیر قابل قبول (۱نمره)	نمره کسب شده
۱	محاسبه نوار عایق		۱- محاسبه ضخامت عایق با توجه به قطر لوله	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- محاسبه عرض نوار عایق با توجه به قطر لوله	<input type="checkbox"/>	
۲	انتخاب ابزار برش عایق		۱- انتخاب ابزار برش عایق پشم سنگ	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- انتخاب ابزار برش عایق پشم شیشه	<input type="checkbox"/>	
			۳- انتخاب ابزار برش عایق الاستومری	<input type="checkbox"/>	
۳	برش کاری عایق		۱- برش کاری عایق پشم سنگ	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- برش کاری عایق پشم شیشه	<input type="checkbox"/>	
			۳- برش کاری عایق الاستومری	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					
۴	رعایت ایمنی و کارگاهی		به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کارگاهی	<input type="checkbox"/>	
۵	دقت و سرعت در انجام کار		زمان بندی شروع و پایان کار	<input type="checkbox"/>	
۶	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار		رعایت مسایل زیست محیطی تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار	<input type="checkbox"/>	
۷	پایه سازی 5s در محیط کار		سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استانداردها سازی - انضباط	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					

توضیح پوشش نهایی عایق

روکش فلزی

روکش‌های فلزی عموماً برای محافظت عایق از صدمات مکانیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از روکش فلزی برای مقاومت در برابر آسیب‌های شیمیایی نیز امکان‌پذیر است.

ماستیک

ماده‌ای نسبتاً غلیظ و چسبناک که پس از خشک شدن به یک روکش محافظ تبدیل می‌شود، مناسب برای کاربرد با عایق گرمایی در ضخامت‌های بیش از ۰/۷۶ میلی‌متر.

طرز تهیه ماستیک: مقداری مل را با آب مخلوط کرده و کاملاً بهم بزنید سپس مقدار یک دهم وزن ملی که با آب مخلوط کرده بودیم را چسب چوب اضافه کرده و دوباره بهم می‌زنیم تا خمیر چسبنده و روانی (بتونه) حاصل شود.

فیلم آموزشی



روش تهیه ماستیک را مشاهده کنید.

پوشش نهایی عایق

ارزشیابی تکوینی پوشش نهایی (مرحله ۲)

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (۳نمره)	قابل قبول (۲نمره)	غیر قابل قبول (۱نمره)	نمره کسب شده
۱	نوار پیچی با پلاستیک		۱- برش پلاستیک	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- پیچیدن نوار پلاستیکی	<input type="checkbox"/>	
۲	نوار پیچی با پارچه		۱- برش نوار پارچه‌ای	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- پیچیدن نوار	<input type="checkbox"/>	
۳	مل و ماستیک		۱- ساخت محلول	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- زدن محلول روی نوار	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					
۴	رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی		به کارگیری وسایل ایمنی شخصی و کارگاهی	<input type="checkbox"/>	
۵	دقت و سرعت در انجام کار		زمان بندی شروع و پایان کار	<input type="checkbox"/>	
۶	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار		رعایت مسایل زیست محیطی تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار	<input type="checkbox"/>	
۷	پیاده سازی 5s در محیط کار		سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استاندارد سازی - انضباط	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					

ارزشیابی تکوینی بستن عایق (مرحله ۳)

ردیف	طرح فعالیت	بالاتر از حد انتظار (۳نمره)	قابل قبول (۲نمره)	غیر قابل قبول (۱نمره)	نمره کسب شده
۱	انتخاب مواد و مصالح		۱- انتخاب عایق معدنی بدون روکش، توکار	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- انتخاب عایق معدنی با روکش، روکار	<input type="checkbox"/>	
			۳- انتخاب عایق پیش ساخته	<input type="checkbox"/>	
۲	اتصال موقت		۱- اتصال موقت عایق بدون روکش، توکار	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- اتصال موقت عایق با روکش، روکار	<input type="checkbox"/>	
			۳- اتصال موقت عایق پیش ساخته	<input type="checkbox"/>	
۳	اتصال دائم		۱- اتصال دائم عایق بدون روکش، توکار	<input type="checkbox"/>	انجام ندادن یکی از موارد
			۲- اتصال دائم عایق با روکش، روکار	<input type="checkbox"/>	
			۳- اتصال دائم عایق پیش ساخته	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					
۴	رعایت ایمنی شخصی و کارگاهی		۱- به کارگیری دستکش بلند برای کار با عایق پشم شیشه	<input type="checkbox"/>	
			۲- به کارگیری استفاده از ماسک تنفسی	<input type="checkbox"/>	
			۳- به کارگیری لباس کار و وسایل ایمنی کارگاه	<input type="checkbox"/>	
۵	دقت و سرعت در انجام کار		۱- دقت در پیشگیری از فشرده شدن عایق در هنگام بستن با سیم	<input type="checkbox"/>	
			۲- دقت در خشک بودن عایق و ممانعت در رسیدن رطوبت به آن	<input type="checkbox"/>	
			۳- زمان بندی شروع و پایان کار	<input type="checkbox"/>	
۶	رعایت نکات زیست محیطی در محیط کار		رعایت مسایل زیست محیطی	<input type="checkbox"/>	
			تمیز نمودن محیط کار پس از خاتمه کار	<input type="checkbox"/>	
۷	پایه سازی 5s در محیط کار		سامان دهی - پاکیزه سازی - نظم و ترتیب - استاندارد سازی - انضباط	<input type="checkbox"/>	
جمع نمره					

ملاحظات کلی

۱ برای عایق کاری لوله باید از عایق‌های پیش‌ساخته لوله‌ای استفاده شود، مگر در مواردی که:

- عایق پیش‌ساخته برای دمای موردنظر مناسب نباشد.

- به علت بزرگ بودن قطر لوله، عایق پیش‌ساخته در دسترس نباشد.

- با تأیید دستگاه نظارت، استفاده از عایق‌های دیگر مشخص شده باشد.

۲ چنانچه به دلیل بزرگ بودن قطر لوله، عایق پیش‌ساخته در دسترس نباشد، سطح لوله باید با قطعات مستطیلی بلند و پخدار که دارای انحنای شعاعی هستند عایق شود.

۳ هنگام نصب عایق سیستم لوله کشی، باید همواره نیاز به تعویض، تعمیر و تغییر لوله و قطعات، با ایجاد حداقل اختلال در عایق کاری، مد نظر باشد و عایق کاری‌های دائمی لوله‌ها در فاصله کافی از فلنج‌ها، فیتینگ‌ها و شیرها خاتمه یابد، تا امکان باز کردن این اجزای لوله کشی فراهم شود.

۴ فلنج‌ها باید تا حد امکان با عایق‌های قالبی یا جعبه‌های عایق که هنگام تعویض، تعمیر و نگهداری فلنج قابل جابجایی و برداشت هستند، عایق شود.

۵ محل پیوند عایق کاری دائم و عایق کاری قابل برداشت باید مشخص شود. مثلاً با رنگ آمیزی، یا قرار دادن یک نوار پارچه‌ای مناسب در انتهای عایق کاری دائم.

۶ شیرها و فیتینگ‌ها حتی‌المقدور با عایق‌های پیش‌ساخته عایق شوند.

۷ گرچه عایق کاری سطوح نامنظم مانند فلنج‌ها و فیتینگ‌ها با عایق‌های پیش‌ساخته، ممکن است مشکل باشد، ولی استفاده حداکثر از این عایق‌ها کمترین اتلاف را نسبت به سایر مصالح که باید هنگام بازرسی جابجا یا تعویض شوند، همراه دارد.

۸ عایق کاری باید به طریقی اجرا گردد که در دوره بهره‌برداری، دسترسی به اجرای لوله کشی آسان باشد.

۹ محفظه تمام ترمومترها شامل ناف و لوله رابط باید عایق شود. در بعضی لوله‌کشی‌های بخار (super heat) که فشارسنج با فاصله از لوله قرار می‌گیرد، ممکن است به منظور جلوگیری از افت فشار بر اثر سرما، لازم شود لوله در فاصله بین فشارسنج و لوله اصلی عایق شود.

۱۵ آویزها و تکیه‌گاه‌ها باید به‌نحو مناسبی نسبت به سطح لوله عایق شوند.

۱۱ سیستم‌های لوله‌کشی معمولاً باید تست آب‌بندی شود، بنابراین پیش از اطمینان از آب‌بندی کامل سیستم در شرایط کاربری، نباید نصب (بستن) عایق در محل اتصال‌ها نهایی شود. برای سهولت بازرسی منظم، اتصال‌های جوشی و پیچ و مهره‌ای، عایق‌های قابل برداشت و روکش آن، باید در محل‌های مناسب پیش‌بینی شود.

منابع و مآخذ

- ۱- سیدحسن میرمنتظری، حسن ضیغمی و احمد آقازاده هریس، کارگاه تأسیسات بهداشتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.
- ۲- احمد شعبانی، حسن زهی سعادت، جبار افرا، امیر لیلانز مهرآبادی، وحید دوستی و محمد باقر صفی، کارگاه تأسیسات حرارتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.
- ۳- غلامرضا شیرزای رستمی و آرش حبیبی، جوشکاری با فرایند قوس الکتریکی E8 و E9، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.
- ۴- محمود پارسا، آرش حبیبی، امید گل‌محله، غلامرضا شیرازی رستمی و علی شاهدی، جوشکاری با فرایند قوس الکتریکی E3 (جلد دوم)، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.
- ۵- محمود پارسا، امید گل‌محله، غلامرضا شیرازی رستمی، علی شاهدی و آرش حبیبی، جوشکاری با فرایند قوس الکتریکی E3 (جلد اول)، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران ۱۳۹۴.
- ۶- نشریه ۱۲۸، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی ویرایش دوم جلد اول ۱۳۷۷.
- ۷- نشریه ۱۲۸، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی ویرایش دوم جلد چهارم ۱۳۸۳.
- ۸- کاتالوگ کارخانجات و شرکت‌های داخلی.

