

اندازه گذاری لوله ها

شرکت پارس جم کنترل
نویسنده مقاله: مهندس سامان لاله پرور

مقدمه

خطوط بخار و کندانس همواره نقش مهمی را در صنایع فرایندی یا موتورخانه های بخار ایفا می کنند. مجموعه پایپینگ وظیفه انتقال بخار به تجهیزات مصرفی مانند مبدل های حرارتی و برگشت کندانس مربوطه را انجام می دهند. جهت اندازه گذاری و اجرای صحیح این خطوط، لازم است شرایط دقیق فرایندی و فیزیکی سایت مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا پارامترهای متعددی استفاده از تجربه را در محاسبات فراهم می نمایند.

اگرچه این مقاله به توضیح دقیق تاثیر تک تک این پارامتر ها نمی پردازد، از یک دیدگاه کلی موضوعات مختلفی را که در این خصوص بصورت روزمره تجربه می کنیم بیان خواهد گردید.

استاندارد ها

قطر اسمی: قطر اسمی لوله، فلنج یا شیرآلات با مقدار DN (قطر استاندارد) آنها بیان می گردد. در محاسبات این مقاله از قطر اسمی جهت آشنایی بیشتر استفاده شده است. اندازه محل اتصال یک شیر با DN40 دقیقاً با ابعاد فلنج هایی از یک خط با DN40 برابر خواهد بود. اندازه بیشتر لوله ها بر اساس استاندارد DIN EN 10220 کلاس بندی می گردند.

دسته بندی فشار های اسمی: در سیستم بخار غالباً از لوله های فولادی بدون درز استفاده می شود. تعیین و انتخاب جنس و ضخامت دیواره لوله ها بر اساس دما و فشار بخار صورت می پذیرد. هر لوله درجه بندی فشار (PN) مربوط به خود را دارد. این دسته بندی بیشینه فشار مجاز کارکرد را در دمای 20°C تعیین می نماید. رایج ترین دسته بندی های فشار ... PN10,16,25,40,63,100,160,250,320 می باشند. همین دسته بندی در خصوص شیرآلات و اتصالات نیز رایج است. بنابراین قطعه ای با PN40 می تواند ماگزیمیم 40bar فشار را در دمای 20°C تحمل کند. در انتخاب جنس قطعه علاوه بر فشار ، دما نیز اثر گذار خواهد بود. دمای بالاتر در افزایش ضخامت قطعه موثر است.

مقدار Kvs: به عنوان یک قانون، سایز خروجی یک شیر کنترل یا انواع دیگر آن با DN40 الزاماً 40mm نخواهد بود. میزان Kvs که ابزاری جهت تعیین افت فشار در طول یک شیر می باشد به همین منظور تعریف شده است. مقدار Kvs یک شیر به این طریق تعریف می گردد: میزانی از جریان آب با دمای 20°C بر اساس m^3/hr که باعث ایجاد 1bar افت فشار در طول شیر می گردد.

استانداردهای رایج دیگر: استانداردهای DIN EN در کشور آلمان رایج هستند. استاندارد DIN مربوط به موسسه استاندارد کشور آلمان و EN بیانگر استاندارد اروپا است. همچنین در برخی صنایع از قبیل پتروشیمی ها، پالایشگاه ها و ... استانداردهای ANSI (موسسه استاندارد ملی آمریکا) و ASME (کمیته مهندسی مکانیک آمریکا) نیز مورد استفاده می باشند.

تعیین قطر لوله ها در سیستم های مختلف

میزان افت فشار در لوله ها به میزان جریان، سرعت جریان و لزجت سیال وابسته است. جریان میزان بیشتری از بخار در لوله با قطر اسمی معین موجب افزایش اصطکاک سیال با دیواره لوله می گردد. به عبارت دیگر افزایش سرعت بخار باعث افزایش اصطکاک جداره دیواره لوله و نهایتاً افت فشار بیشتر سیال در طول لوله خواهد شد. در تامین و ارسال بخار سوپر هیت برای یک توربین بخار، افت فشار باید تا حد امکان مقداری کوچک باشد. در حالی که این نوع از لوله ها در مقایسه با نوع معمولی آنها گران قیمت می باشند، انتخاب نادرست سایز های بالاتر به شکل قابل توجهی باعث افزایش ناگهانی هزینه های اجرایی خواهد گردید.

محاسبات همواره بر اساس پیک بار کاری و نه بر اساس متوسط مصرف صورت می پذیرد. برای مثال در صورتیکه در زمان پیک مصرف 1000kg بخار در طی مدت ۱۵ دقیقه نیاز باشد، ظرفیت گذر لوله انتقال برابر

$$4000 \text{ kg/hr} = 1000 \times \frac{60}{15} \text{ خواهد بود.}$$

محاسبات: در ادامه محاسبات مربوط به سیستم بخار، هوای فشرده و آب که از فرضیات مشترک پیروی می کنند بیان خواهد گردید. محاسبات مربوط به اندازه گذاری خطوط کندانس با ماهیت متفاوت در ادامه مطرح خواهد گردید.

فرمول اساسی در محاسبه قطر لوله ها به شرح زیر است:

$$Q = 1/4 \pi \times D^2 \times v$$

که در آن:

Q = m³/s نرخ جریان بخار، آب یا هوا بر اساس

D = m قطر لوله بر اساس

V = m/s ماگزیمم سرعت سیال بر اساس

از آن جهت که در صنعت نرخ جریان بر اساس m³/h و سایز لوله ها بر اساس mm استفاده می شود، فرمول فوق جهت تعیین سایز لوله بدین شکل اصلاح می گردد:

$$D = \sqrt{\frac{354 \times Q}{v}}$$

که در آن:

$D = \text{mm}$ قطر لوله بر اساس

$Q = \text{m}^3/\text{h}$ نرخ جریان بخار، آب یا هوا بر اساس

$V = \text{m/s}$ ماگزیمم سرعت سیال بر اساس

اصولاً در کاربرد محاسبات تعیین ساین لوله ها بیشتر بر اساس دبی حجمی (m^3/h) صورت می پذیرد تا دبی جرمی (kg/h). در شرایطی که تنها میزان دبی جرمی سیال معلوم است، با استخراج میزان حجم مخصوص از جداول بخار، میزان دبی حجمی آن قابل محاسبه خواهد بود.

مثال: حجم مخصوص بخار در فشار 11bar برابر $0.1747 \text{ m}^3/\text{kg}$ می باشد. بنابراین جریان حجمی 1000 kg/hr از بخار اشباع در فشار 11bar برابر خواهد بود با $174.7 \text{ m}^3/\text{h} = 1000 \times 0.1747$. در صورتیکه مقدار مشابه از بخار سوپر هیت با فشار 11bar و دمای 300°C مد نظر باشد، حجم مخصوص برابر $0.2337 \text{ m}^3/\text{kg}$ و جریان حجمی بخار برابر $233.7 \text{ m}^3/\text{h}$ می باشد. به عبارتی دیگر، لوله ای که برای انتقال میزان معینی از بخار اشباع انتخاب می شود لزوماً قابل استفاده جهت انتقال همان میزان از بخار سوپر هیت نخواهد بود.

در محاسبات مربوط به سیستم های هوای فشرده یا گازهای صنعتی دیگر، فشار گاز نیز مورد نیاز خواهد بود. تولید کنندگان کمپرسور در دنیا ظرفیت کمپرسور را بر اساس m^3/hr به معنی m^3 اتمسفریک در دمای 0°C اعلام می کنند.

اگر ظرفیت کمپرسوری $600 \text{ m}^3/\text{hr}$ بوده و هوای فشرده با فشار 6bar مورد استفاده قرار گیرد، جریان حجمی برابر $100 \text{ m}^3/\text{hr} = \frac{600}{6}$ بوده و محاسبات تعیین ساین نیز بر همین اساس انجام می پذیرد.

بیشینه سرعت جریان

بیشینه سرعت سیال در لوله ها تابع عوامل مختلفی خواهد بود:

- هزینه های اجرا: سرعت پایین یعنی ساین بزرگتر لوله ها.
- افت فشار: سرعت بالا یعنی قطر لوله کمتر و در نتیجه افت فشار بیشتر.
- فرسایش: سرعت بالا یعنی خوردگی بیشتر، خصوصاً در خطوط کندانس.
- صدا: سرعت بالا یعنی صدای بیشتر، برای مثال در نتیجه شیرهای تقلیل فشار.

جدول زیر سرعت های پیشنهادی جریان را برای سیالات مختلف نشان می دهد:

Medium	Function	Velocity in m/s
Steam	Less than 3 bar	10--15
	3-10 bar	15--20
	10-40 bar	20-40
Condensate	Filled with condensate	2
	Condensate-steam mixture	6--10
Feed water	Suction pipe*	0.5--1
	Discharge pipe	2
Water	Drinking water	0.6
	Cooling water	2
Air	Compressed air	6--10

*Suction pipe of the feedwater pump: the low velocity means a smaller pressure drop, so that cavitation is avoided at the inlet of the feed pump.

مسائل نمونه

الف) آب: محاسبه قطر لوله برای $100 \text{ m}^3/\text{h}$ آب و سرعت $v = 2 \text{ m/s}$:

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 100}{2}} = 133 \text{ mm} \Rightarrow \text{قطر اسمی انتخابی سایز DN125 یا DN150 خواهد بود}$$

ب) هوای فشرده: محاسبه قطر لوله برای $600 \text{ m}^3/\text{hr}$ هوای فشرده در فشار 5 bar و سرعت 8 m/s :

تبدیل $600 \text{ m}^3/\text{hr}$ به میزان واقعی m^3/h : $\frac{600}{5} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 120}{8}} = 72 \text{ mm} \Rightarrow \text{قطر اسمی انتخابی سایز DN65 یا DN80 خواهد بود}$$

ج) بخار/اشباع: محاسبه قطر لوله برای 1500 kg/hr بخار اشباع در فشار 16 barg و سرعت 15 m/s :

با مراجعه به جداول بخار، حجم مخصوص بخار اشباع در فشار 16 barg برابر $0.1237 \text{ m}^3/\text{kg}$ می باشد. بنابراین:

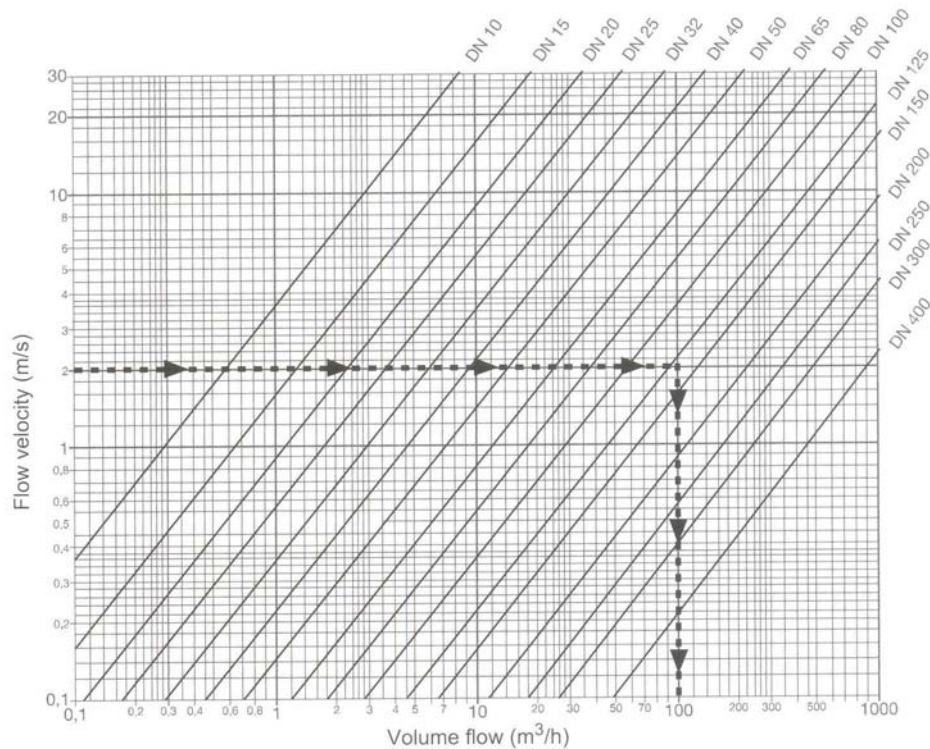
$$D = \sqrt{\frac{354 \times 1500 \times 0.1237}{15}} = 66 \text{ mm} \Rightarrow \text{قطر اسمی انتخابی سایز DN65 یا DN80 خواهد بود}$$

تصمیم بر انتخاب سایز DN80 یا DN65 به پتانسیل موجود در پیک مصرف بستگی دارد. همچنین آینده نگری در توسعه سایت نیز ممکن است در این تصمیم تاثیر گذار باشد.

(د) بخار سوپر هیت: اگر بخار اشاره شده در مثال فوق تا دمای 300°C سوپر هیت شود، حجم مخصوص به میزان $0.1585 \text{ m}^3/\text{kg}$ تغییر خواهد یافت.

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 1500 \times 0.1585}{15}} = 75 \text{ mm} \Rightarrow \text{قطر اسمی انتخابی سایز DN80 خواهد بود}$$

نمودار زیر چگونگی انتخاب قطر لوله سیستم های بخار اشباع، بخار سوپر هیت، آب و گاز را بدون محاسبه نمایش می دهد.



۵) کندانس: در صورتیکه لوله کندانس فاقد بخار فلاش باشد، محاسبه سایز لوله مشابه لوله آب خواهد بود. بخشی از کندانس داغ خروجی از تجهیزات مصرفی و پایپینگ بخار در گذر از تله بخار مربوطه به بخار فلاش تبدیل می گردد. درصد جرمی بخار فلاش از رابطه روبروتعیین می شود: (دمای بالا دست تله بخار - دمای پایین دست تله بخار) ×

0.2

جهت محاسبه قطر لوله کندانس به حجم بخار فلاش نیاز خواهیم داشت. در این مواقع حجم آب باقیمانده در خطوط کندانس در مقایسه با حجم بخار فلاش ناچیز بوده و می توان از آن صرفنظر کرد.

محاسبه قطر لوله انتقال کندانس به ظرفیت تخلیه 1000kg/hr از بخار با فشار 11bar ($h_f=781 \text{ kJ/kg}$) که به سیستم کندانس با فشار 4bar فلاش می شود ($h_{fg}=2133 \text{ kJ/kg}$, $v_g=0.4622 \text{ m}^3/\text{kg}$ and $h_f=604 \text{ kJ/kg}$) به قرار زیر است:

محاسبه درصد جرمی بخار فلاش:

$$\frac{781 - 604}{2133} \times 100\% = 8.3\%$$

نرخ جریان بخار فلاش بدین ترتیب خواهد بود:

$$1000 \times 0.083 = 83 \text{ kg/h یا } 83 \times 0.4622 = 38 \text{ m}^3/\text{hr}$$

همانگونه که مشخص است، درصد حجمی بخار فلاش تشکیل شده در سیستم کندانس برابر ۹۷٪ خواهد بود.

قطر لوله برای مخلوط کندانس بر اساس سرعت 8 m/s به قرار زیر است:

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 1000 \times 0.083 \times 0.4622}{8}} = 40 \text{ mm}$$

درصد بخار فلاش برای سیستم کندانس با فشار اتمسفریک ($v_g = 1.694 \text{ m}^3/\text{kg}$) به قرار زیر است:

$$\frac{781 - 418}{2258} \times 100\% = 16\% \text{ یا } 160 \text{ kg/hr}$$

در این شرایط قطر لوله بدین ترتیب محاسبه می گردد:

$$D = \sqrt{\frac{354 \times 1000 \times 0.16 \times 1.694}{8}} = 110 \text{ mm}$$

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم کنترل (شماره تلفن های ۴-۸۸۷۰۸۲۲۳ و E-mail : info@pars-jam.com) تماس حاصل فرمایند.

