سامان پایا ایده

از: مهندس عباس رحیمی

مرجع: SpiraxSarco

سیستم هوای فشرده در صنعت (قسمت چهارم)

- **مقدمه :**

در ابتدا قسمتهایی از مقالات پیشین در خصوص سیستم های هوای فشرده و کمپرسور و نحوه خنک کاری آن مطرح می گردد و در ادامه مقاله مطالبی را در مورد نحوه سایزینگ خطوط هوای فشرده و همچنین چگونگی استفاده از جداول مربوط به این کار را توضیح می دهیم.

خلاصه ای بر کلیات سیستم هوای فشرده در صنعت:

اغلب کارخانجات از تاسیسات هوای فشرده بهره مند می باشند. بسته به نوع فعالیت و نوع تولید در ابعاد کوچک یا بزرگ سیستم هوای فشرده گسترش یافته است. سیستم هوای فشرده یکی از پر هزینه ترین سیستمهای یک کارخانه به شمار می رود، لذا می بایست توجه زیادی به آن نمود تا بتواند با ماکزیمم راندمان خود و کمترین تلفات عمل نماید. کمپرسورهای متنوعی جهت تامین هوای فشرده وجود دارند. کمپرسور رفت و برگشتی (Reciprocating)، کمپرسور با پره های دوار (Rotary Vane)، کمپرسور پیچشی (Screw) و کمپرسور توربینی (Turbine). به دلیل افزایش دمای هوا بعد از تراکم، نیاز به استفاده از یک نوع سیستم خنک کاری وجود دارد، بطوریکه دما تا حدی پایین آید که روانکاری رضایتبخش فراهم شود و تنش حرارتی زیادی به دستگاه وارد نگردد. این سرمایش توسط هوا و یا آب امکانپذیر است. یک روش متداول سرمایش کمپرسور استفاده از ژاکت آب می باشد. زمانی که آب داخل ژاکت گرم شد با آب مخزن ذخیره که سرد است جابجا می شود و عملیات خنک کاری براحتی صورت می گیرد. برای کمپرسورهای بزرگتر، قدرت چرخش ترموسیفونی برای جدا کردن حرارت کافی نبوده و نیازمند به نصب یک پمپ سیرکوله به منظور افزایش سرعت آب می باشد. روش متداول دیگری که به منظور سرمایش کمپرسور از آن استفاده می گردد، عبور مستقیم آب از میان کمپرسور می باشد.

اگرچه استفاده از خط لوله آب به عنوان یک روش پر مصرف مطرح می گردد اما بکار گیری آن برای کمپرسور های بزرگتر و نیز استفاده از یک سیکل سرمایش بسته مناسب به نظر می رسد. در این روش حرارت آب گرم شده، در

برج خنک کن به محیط اطراف پراکنده می گردد. در این روش از شیر کنترلی سه راهه جهت بهتر کنترل کردن دمای آب می توان استفاده نمود.

هدف اصلی استفاده از کمپرسورها رساندن هوا به نقطه مصرف با بهترین شرایط از لحاظ تمیزی و خشک بودن آن با کمترین افت ایجاد شده در فشار هوا می باشد. وجود رطوبت در هوا باعث کاهش عمر بسیاری از تجهیزات از جمله شیرآلات کنترلی می گردد، بنابراین میزان رطوبت موجود در هوا باید بدرستی مورد بررسی قرار گیرد. به منظور کاهش میزان رطوبت هوای فشرده شده می توان از فرایند سرد کردن در فشار ثابت استفاده نمود که این امر می تواند به وسیله یک خنک کن میانی(Inter Cooler) و یا یک خنک کن پایانی (After Cooler) صورت پذیرد.
سایر اجزاء سیستم هوای فشرده عبارتند از: مخزن اولیه جمع آوری و پخش هوا (Receiver) ، جداکننده (Separator) و خشک کن(Dryer)

مخزن اولیه جمع آوری و پخش هوا (Receiver) : برای برخی کاربردهای صنعتی این مسئله خیلی مهم است که فشار مثبت تولید شده توسط کمپرسور رفت و برگشتی، تا آنجا که امکان دارد تعدیل شود. بنابراین کلکتور به عنوان یک متعادل کننده فشار (ضربه) عمل می کند. کلکتور به عنوان یک مخزن ذخیره می تواند هوای فشرده را در خود ذخیره کند و برای ظرفیت های مختلف از میزان هوای ذخیره شده در مخزن استفاده کند.

جداکننده (Separator) : با توجه به اینکه تله های درین اتوماتیک برای تخلیه مایع یا کندانس جمع شده در انتهای خط اصلی یا در زیر کلکتور، می توانند بسیار مفید باشند، اما برای جدا سازی قطرات آب که در هوا معلق هستند، تله های درین نمی توانند موثر باشند. در چنین شرایطی استفاده از یک جداکننده (سپراتور) در خط اصلی توزیع، می تواند باعث جداسازی قطرات معلق در هوا شده و راندمان سیستم را بالا ببرد

خشک کن(Dryer) : در سیستم توزیع هوای فشرده در برخی کاربردها تنها تمیز بودن هوا کفایت نمی کند و رطوبت موجود در هوا می بایست گرفته شود در چنین شرایطی استفاده از یک خشک کن می تواند باعث کاهش رطوبت موجود در هوای فشرده شود. سه روش متفاوت برای این منظور وجود دارد: خشک کن جذب سطحی (Adsorption Dryers) ، خشک کن جذبی (Absorption Dryers) و خشک کن تبریدی (Refrigerant or Chiller Dryers)

نحوه سایزینگ خطوط هوای فشرده:

سایز خطوط هوای فشرده به کمپرسور هوا و محلی که هوای فشرده مورد استفاده می گیرد، ارتباط دارد. نصب خطوط هوای فشرده با سایز بسیار کوچک، سبب افت فشار زیادی می شود. به طور مثال، در سیستمی فشار هوای فشرده مورد نیاز ۷ بار می باشد می بایست کمپرسور این سیستم در فشار ۸ بار کار کند. با در نظر گرفتن افت فشار،

فشار خطوط هوای فشرده به ۷ بار می رسد. همواره برای جبران افت فشار بوجود آمده، این اضافه بار ۱۰ درصدی می بایست در نظر گرفته شود.

اگر سایز خطوط هوای فشرده خیلی کوچک باشد، منجر به سرعت زیاد سیال در خطوط می شود. در نتیجه جدا شدن مایع کندانس شده (آب) از هوا به سختی انجام می گیرد زیرا مقداری از مخلوط هوای فشرده و مایع کندانس شده به سرعت از خطوط لوله حرکت کرده و عمل جداسازی به خوبی انجام نمی گیرد. پس همواره می بایست میزان افت فشار و سرعت حرکت سیال کنترل شود. سرعت هوای فشرده در خطوط انتقال می بایستی بین ۶ تا ۹ متر بر ثانیه باشد که هم از افزایش افت فشار جلوگیری کند و هم رطوبت موجود در هوای فشرده و مایع کندانس شده بتواند به طور کامل جدا شود. از طرف دیگر این رطوبت اثر نامطلوب دیگری نیز به همراه دارد. این اثر خوردگی اصطکاکی است و هر چه به سرعت انتقال هوا افزوده شود این اثر نامطلوبتر می گردد.

بسیاری از سیستم های هوای فشرده با راندمان پایین کار می کنند به علت اینکه در مسیر حرکت در لوله، افت فشار زیادی بوجود می آید برای حل این مشکل می بایست یک دستگاه افزایش فشار پنوماتیک به مجموعه اضافه کرد و نیازی به اضافه کردن کمپرسور هوا یا خطوط انتقال نمی باشد. برای طراحی چنین دستگاهی، تمامی پارامترها از قبیل فشار کاری، حجم هوای فشرده تولیدی، ظرفیت کمپرسور، سایز لوله ها و ... را باید در نظر گرفت. در نظر گرفتن دبی حجمی سیال در تعیین سایز لوله، برای طراحی سیستم هوای فشرده بسیار اهمیت دارد به طوریکه این مقدار با واحد دسی متر مکعب بر ثانیه از هوای آزاد بیان شده و حجم این میزان هوای فشرده نباید کم شود.

در جدول ۱ نرخ تراکم و حجم واقعی مربوط به فشارهای مختلف نمایش داده شده است. می خواهیم در قالب یک مثال این جدول را توضیح دهیم. در فشار ۸ بار، نرخ تراکم در جدول، ۸/۹ نشان داده شده است که اگر ما ۱۹۰ دسی متر مکعب بر ثانیه هوای فشرده در اختیار داشته باشیم، فضای اشغال شده برای این میزان هوای فشرده شده را این چنین به دست می آوریم:

$$\frac{190}{8.9} = 21.35\ dm^3$$

Gauge Pressure bar	0·5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18
Ratio of Compression	1·5	1·99	2·97	3·96	4·95	5·94	6·92	7·91	8·9	10·87	12·85	14·82	18·77

جدول ۱: نرخ تراکم و حجم واقعی مربوط به فشارهای مختلف

در جدول ۲ حجم هوای فشرده شده در فشارهای معمول نمایش داده شده است. در جدول ۳ حجم هوای فشرده ای که می تواند در سایز های مختلفی از لوله در سرعت های مختلف انتقال داده شود، به نمایش در آمده است. با در اختیار داشتن این جداول به راحتی می توان سایز لوله های مورد نیاز را انتخاب کرد.

مثال: برای تعیین سایز یک خط با ۱۰۰ دسی متر مکعب بر ثانیه از هوای فشرده در فشار کاری ۷ بار، این چنین عمل می کنیم.

با استفاده از جدول ۱ در فشار ۷ بار، میزان نرخ تراکم ۷.۹ را می توانیم بیابیم. بنابراین حجم واقعی از ۱۰۰ دسی متر مکعب از هوای فشرده بدین طریق به دست می آید:

$$\frac{100}{7.91} = 12.64$$

Volume of Free Air dm^3	Equivalent Volume (dm^3) when compressed to gauge pressures of		
	4 bar	5 bar	7 bar
5	1·01	0·84	0·63
10	2·02	1·68	1·26
15	3·03	2·52	1·90
20	4·04	3·37	2·53
25	5·05	4·21	3·16
30	6·06	5·05	3·79
35	7·07	5·89	4·42
40	8·08	6·73	5·06
50	10·1	8·42	6·32
60	12·1	10·1	7·58
70	14·1	11·8	8·85
80	16·2	13·5	10·1
90	18·2	15·1	11·4
100	20·2	16·8	12·6
125	25·2	21·0	15·8
150	30·3	25·2	19·0
175	35·3	29·5	22·1
200	40·4	33·7	25·3
225	45·4	37·9	28·4
250	50·5	42·1	31·6
275	55·5	46·3	34·8
300	60·6	50·5	37·9
350	70·7	58·9	44·2
400	80·8	67·3	50·6
500	101·0	84·2	63·2
750	151·0	126·0	95·0
1000	202·0	168·0	126·0
1250	252·0	210·0	158·0

جدول۲: حجم معادل از هوای فشرده در فشارهای معمول

با استفاده از جدول ۲، ما با در دست داشتن حجم هوای فشرده (۱۰۰ دسی متر مکعب) و فشار کاری (۷ بار) میتوانیم جواب را مستقیما از جدول مشاهده کنیم که عدد به دست آمده ۱۲.۶ دسی متر مکعب می باشد. می دانیم که سرعت سیال نباید از ۶ متر بر ثانیه تجاوز کند بنابراین با استفاده از جدول ۳ و انتخاب سرعت ۶ متر بر ثانیه و با در نظر گرفتن حجم واقعی از هوای فشرده شده (۱۲.۶ دسی متر مکعب)، سایز ۵۰ میلی متر (با حجم هوای ۱۳

دسی متر مکعب) به شرایط کاری مورد نیاز ما نزدیک می باشد پس سایز خط انتخاب شده در سیستم متریک ۵۰ میلی متر می باشد.

Velocity	Volume of air through medium grade steel pipe, to BS 1387, minimum bore (mm)											
m/s	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200
3·0	0·6	1·1	1·7	3·0	4·1	6·5	10·9	15·1	25·7	39·2	56·2	98·5
3·5	0·7	1·3	2·0	3·5	4·7	7·6	12·7	17·6	30·0	45·7	65·5	115·0
4·0	0·8	1·4	2·3	4·0	5·4	8·7	14·6	20·1	34·2	52·2	74·9	131·0
4·5	0·9	1·6	2·6	4·5	6·1	9·8	16·4	22·6	38·5	58·8	84·2	147·0
5·0	1·0	1·8	2·8	5·0	6·8	10·8	18·2	25·1	42·8	65·4	93·6	164·0
5·5	1·1	2·0	3·1	5·5	7·4	11·9	20·0	27·6	47·1	71·9	103·0	181·0
6·0	1·2	2·1	3·4	6·0	8·1	13·0	21·8	30·1	51·3	78·5	112·0	197·0
6·5	1·3	2·3	3·7	6·5	8·8	14·1	23·7	32·6	55·6	85·0	122·0	213·0
7·0	1·4	2·5	4·0	7·0	9·5	15·1	25·5	35·1	59·9	91·5	131·0	230·0
7·5	1·5	2·7	4·3	7·5	10·1	16·2	27·3	37·6	64·2	98·0	140·0	246·0
8·0	1·6	2·8	4·5	8·0	10·8	17·3	29·1	40·1	68·5	105·0	150·0	263·0
8·5	1·7	3·0	4·8	8·5	11·5	18·4	31·0	42·6	72·8	111·0	159·0	278·0
9·0	1·8	3·2	5·1	9·0	12·2	19·5	32·8	45·1	77·1	118·0	169·0	296·0

جدول ۳: حجم هوای فشرده در سایز های مختلفی از لوله در سرعت های مختلف

انتخاب سایز لوله ها به نوع آنها، شرایط کاری و مقاومت اتصالات به کار رفته بستگی دارد. در محاسبات می بایست جهت رفع افت فشار ناشی از اتصالات به کار رفته، طول معادل آنها را نسبت به طول مستقیم لوله در نظر گرفت. در جدول۴ این مقادیر برای انواع اتصالات نمایش داده شده اند. می توان با اضافه کردن طول معادل این اتصالات به طول اصلی خط لوله، میزان افت فشار ایجاد شده را در نظر داشت و سایز لوله ها را با دقت بیشتری انتخاب نمود.

	Nominal Pipe Size (mm)									
Type of Fitting	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
Elbow	0·26	0·37	0·49	0·67	0·76	1·07	1·37	1·83	2·44	3·2
90°Bend (long)	0·15	0·18	0·24	0·38	0·46	0·61	0·76	0·91	1·2	1·52
Return Bend	0·46	0·61	0·76	1·07	1·2	1·68	1·98	2·6	3·66	4·88
Globe Valve	0·76	1·07	1·37	1·98	2·44	3·36	3·96	5·18	7·32	9·45
Gate Valve	0·107	0·14	0·18	0·27	0·32	0·40	0·49	0·64	0·91	1·20
Run of Standard Tee	0·12	0·18	0·24	0·38	0·40	0·52	0·67	0·85	1·2	1·52
Through Side Outlet of Tee	0·52	0·70	0·91	1·37	1·58	2·14	2·74	3·66	4·88	6·40

جدول۴ :طول معادل اتصالات نسبت به طول مستقیم لوله

در نمودار (۱)، میزان افت فشار برای لوله های به کار رفته در صنعت نمایش داده شده است. از فرمول زیر برای به دست آوردن افت فشار جهت مقادیر خارج از جدول، استفاده می کنیم.

$$\textbf{Pressure Drop in bar} = \frac{KLQ^2}{R \times d^{5.3}}$$

که در این فرمول

K = ۸۰۰

L = طول لوله به متر

Q = حجم هوای عبوری از لوله به دسی متر مکعب بر ثانیه

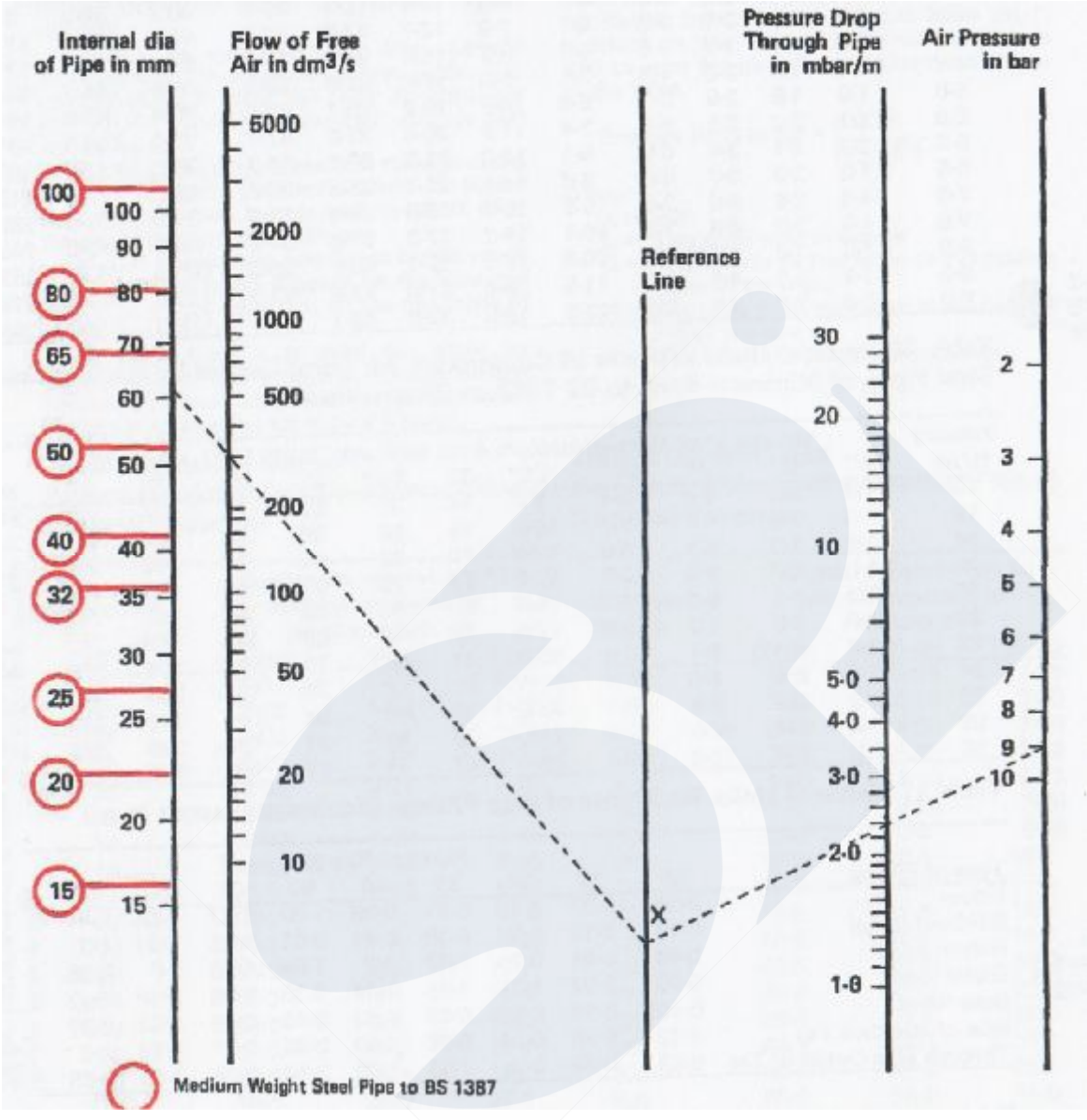
R = میزان نرخ تراکم در ابتدای لوله

d = قطر داخلی لوله به میلی متر

مثال: برای تعیین سایز لوله ای که حجم هوای عبوری از آن ۳۰۰ دسی متر مکعب بر ثانیه و فشار هوا ۹ بار باشد و افت فشار ایجاد شده بیشتر از ۳۰۰ میلی بار در ۱۲۵ متر از لوله نباشد، با استفاده از نمودار (۱) این چنین عمل می کنیم:

۳۰۰ میلی بار در ۱۲۵ متر از لوله معادل $\frac{300}{125} = 2.4$ میلی بار بر متر

بر روی خط فشار هوا از نقطه ۹ بار در امتداد نقطه ۲/۴ روی خط افت فشار ادامه می دهیم که به خط مرجع برسیم از آنجا در امتداد نقطه ۳۰۰ دسی متر مکعب بر ثانیه بر روی خط حجم هوای عبوری از لوله، ادامه می دهیم، می بینیم خط مذکور، خط قطر داخلی لوله را در نقطه ۶۱ قطع می کند برای انتخاب سایز لوله می بایست انتخاب ما بیشتر از ۶۱ باشد تا بتواند شرایط طراحی شده را تحمل کند بنابراین منطقی به نظر میرسد که برای این لوله در سیستم متریک سایز ۶۵ میلی متر را انتخاب کنیم.



جدول۵ : افت فشار در لوله های استیل (۱۵میلیمتر تا ۱۰۰ میلیمتر)

علاقه مندان جهت کسب اطلاعات بیشتر می توانند با دفتر فنی شرکت سامان پایا ایده تماس حاصل فرمایند: ۴- ۲۶۲۱۸۵۲۳