

## دقت در انتخاب مناسب سرعت بخار

شرکت پارس جم کنترل  
نویسنده مقاله: مهندس عادل قهرمانی

حفظ سرعت بخار در اندازه مناسب از مهمترین نکاتی است که در زمان طراحی و اندازه گذاری لوله های بخار باید مد نظر قرار گیرد. افزایش بیش از حد سرعت می تواند موجب صدمات جبران ناپذیری به سیستم گردد. ایجاد صدا ، ارتعاشات ، خوردگی در جداره داخلی لوله هاوشیرآلات و نیز افزایش احتمال وقوع ضربه چکش از عواقب سرعت بیش از اندازه بخار است. همچنین استفاده از سرعت کم نیز موجب افزایش قطر لوله ها و شیرآلات شده که هزینه اولیه را افزایش خواهد داد. ضمنا با توجه به افزایش سطح انتقال حرارت سیستم (بزرگ تر شدن سیستم) مقدار اتلافات حرارتی و ایجاد کندانس افزایش می یابد. بنابراین دقت در انتخاب سرعت مناسب در زمان طراحی بسیار حائز اهمیت می باشد.

بمنظور اندازه گذاری لوله های بخار می توان از روش زیر استفاده کرد :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V^{\circ}}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times m^{\circ} \times V_g}{\pi \times v}}$$

$$V^{\circ} = \text{م}^{\circ} \times V_g = \text{گذر حجمی بخار}$$

$$V_g = \text{حجم مخصوص بخار در فشار مورد نظر}$$

$$m^{\circ} = \text{گذر جرمی بخار}$$

$$v = \text{متوسط سرعت حرکت بخار}$$

بسیاری از مهندسين و مشاورين در داخل کشور (وهمچنين در خارج از کشور) با توجه به توصیه های استاندارد ASHRAE محاسبات مربوط را انجام می دهند. آیا استفاده از این سرعت ها در هر شرایطی مناسب است و تا چه حد قابل اطمینان می باشد؟

در این مرجع سرعت مناسب بخار بین 8000fpm(40m/s) الی 12000 fpm (60m/s) و حداکثر 15000fpm (76m/s) ذکر شده است. این توصیه برای لوله افقی دارای شیب در جهت حرکت جریان است. در لوله هائی که با شیب معکوس (رو به بالا) حرکت می کنند این سرعت ها بسیار کمتر و با توجه به قطر لوله مشخص شده اند. بصورت مثال در یک لوله 2" با شیب معکوس برابر 4" در 10ft حداکثر سرعت به 10m/s یا 2000 fpm محدود شده است .

از طرف دیگر در مراجع فنی سازندگان تجهیزات بخار معتبر این سرعتها به حدود 30m/s محدود شده اند که تفاوت زیادی با مقادیر (40-76m/s) دارد.

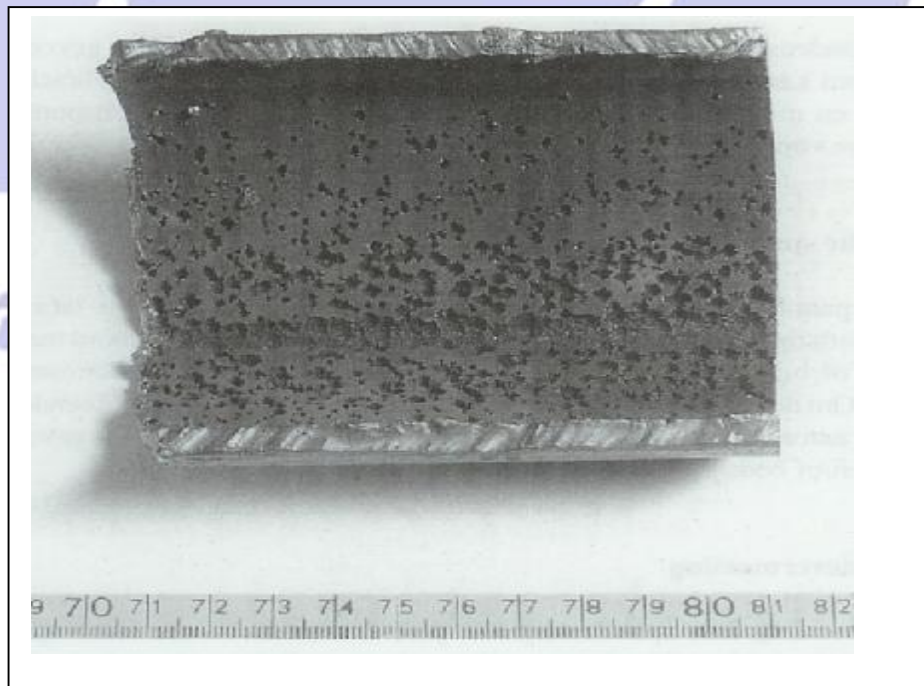
همانطور که ذکر شد رعایت سرعت مناسب بخار به منظور کاهش خور دگی ، صدا ، افت فشار و نیز اجازه تخلیه کندانس به نقاط تعبیه شده می باشد .

باید توجه نمود که استفاده از سرعت‌های که در استاندارد ASHRAE ذکر شده است فقط در صورتی صحیح است که:

- بخار کاملاً خشک باشد .
- لوله کاملاً با عایق مناسب پوشانیده شود.
- با توجه به افت فشار زیاد (در صورت استفاده از سرعت‌های بالا) ، فشار موجود در انتهای لوله جهت مصرف کننده مناسب باشد .

سؤالی که باید پرسیده شود این است که تضمینی وجود دارد که بخار در طول زمان کاری سیستم همواره خشک مانده و هیچگاه مرطوب نشود ؟ بهترین بویلرهای shell&tube بخار را با کیفیت 95% یا کمتر تولید می کنند که بمنزله وجود حداقل 5% رطوبت در ابتدای حرکت بخار در سیستم است. عملکرد نامناسب بویلر (کنترل های سطح ضعیف و یا کنترل نامناسب TDS ) این مسئله را تشدید می کنند. مسافت های طویل انتقال لوله ، شرایط جوی نامناسب (سرما و باد) و عایق کاری ضعیف موجب افزایش رطوبت بخار می شود. شیرآلاتی نظیر دی سوپرهیترها که با پاشش آب بداخل بخار کار می کنند می توانند بعلت عدم کنترل صحیح مقادیر زیادی از آب را بداخل بخار تزریق نمایند و ... بنابراین همواره باید احتمال مرطوب شدن بخار را در نظر گرفت.

همانطور که مستحضر هستید وجود رطوبت بسیار مشکل زا است و نتایج ضربه چکش (که در اثر باقی ماندن کندانس زیاد در سیستم است!) می تواند خسارات زیادی به بار آورد. در صورت وجود رطوبت در بخار خوردگی بسیار تشدید شد و بطور مثال ممکن است در زمانی کمتر از سه ماه ، بدنه فولادی شیرها ی تقلیل فشار سوراخ شوند و این قضیه در مورد اکثر قسمت های داخلی شیر آلات(که دارای اریفس هستند) نیز اتفاق خواهد افتاد . همینطور زانوئیهها و قسمتهائی از مسیر که در بر ابر عبور جریان ممانعت می نماید ، صدمه پذیرتر خواهند بود .



شکل 1 : خوردگی در قسمت داخلی لوله بخار



## شکل 2: ایجاد حفره عظیم در لوله بخار 18" در اثر ضربه چکش

بمنظور درک بیشتر از میزان سرعت  $60\text{m/s}$  ، با تبدیل آن به  $216\text{km/hr}$  مقدار بالای سرعت ملموس تر خواهد بود.

از طرفی معمولاً در فواصل 30 الی 50 متر در طول مسیر حرکت لوله بخار از نقاط تخلیه (وتله بخار) جهت خروج کندانس استفاده می شود. در صورت استفاده از سرعت  $216\text{km/hr}$  تقریباً تمامی کندانس موجود در خط از روی نقاط تخلیه پرواز کرده و عبور خواهد کرد و بنابراین تله های بخار تقریباً بلا استفاده خواهند ماند.

قضیه به همین جا ختم نمی شود. لوله های با قطر کوچکتر دارای افت فشار بیشتر بوده (جهت همان مقدار جریان) که موجب کاهش راندمان سیستم می شود زیرا بویلر بعنوان منبع تولید قدرت باید این مقدار انرژی اتلافی را تولید کند. در صورت اندازه گذاری لوله با قطر کوچکتر از حد لازم ممکن است هزینه اولیه کمی تقلیل یابد ولی این مقدار بعلافت افزایش هزینه بهره برداری در زمان کوتاهی کاملاً محو شده و به ضرر سیستم خواهد بود .

حفظ سرعت های پایین تر ذکر شده (کم تر از  $30\text{m/s}$ ) حاصل تجربیات بسیار زیادی است که بمنظور حفظ کمیت و فشار بخار در نقطه مصرف و جلوگیری از مشکلات مذکور ضروری است.

لازم به ذکر است که با افزایش قطر لوله هاو یا افزایش فشار ، افت فشار حاصل کم تر شده و قابل تحمل تر خواهد بود. (با حفظ سرعت یکسان) . نگاهی به جدول شماره 1 که با توجه به طول صدمتر لوله و سرعت مورد توصیه استاندارد (ASHRAE) برابر با  $60\text{m/s}$  تهیه شده است ، خالی از لطف نیست . همانطور که دیده می شود افت فشار حاصل جهت لوله 2" با فشار 5bar در حدود 48% فشار ورودی است که بسیار زیاد است .

این مقدار جهت لوله 8" به 6% کاهش پیدا می کند.

به منظور اطمینان از عدم ایجاد مشکل رعایت سرعت ها به شرح زیر پیشنهاد می گردد :

25-30m/s در اکثر نقاط لوله کشی بجز موارد زیر:

35-40m/s خروجی از سپریتورها و شیرهای تقلیل فشار:

20-25m/s لوله باعایق کاری ضعیف یا دارای نقاط تخلیه کندانس کم و نا مناسب :

15-20m/s رایزرها و لوله های باشیب معکوس (به سمت بالا) و کلکتورهای بخار :

در جدول شماره 2 مقادیر گذر جریان بر حسب سرعت بخار ارائه شده است و از آن می توان بمنظور انتخاب اولیه قطر لوله ها در مسافت های لوله با طول کمتر از 50 متر استفاده نمود. در طول های بیشتر توصیه می شود تا علاوه بر محدود کردن سرعت به مقادیر مذکور ، افت فشار داخل لوله نیز چک شود تا مشکل افت فشار بیش از حد و یا کمبود جریان مورد نیاز جهت تجهیزات بوجود نیاید. در صورت افت زیاد ، با کاهش سرعت (حتی به مقادیر کمتر از 15m/s) اندازه مناسب لوله را انتخاب نمائید.

Pipe size DN	Pressure bar g	Velocity m/s	Pressure drop bar	Pressure drop %	Flowrate kg/h
50	5	60	2.4	48	1 300
100	5	60	0.9	18	5 400
150	5	60	0.5	10	12 000
200	5	60	0.3	6	21 000
300	5	60	0.2	4	107 000
400	5	60	0.1	2	190 000
50	10	60	3.8	38	5 200
100	10	60	1.4	14	21 000
150	10	60	0.8	8	21 000
200	10	60	0.6	6	83 000
300	10	60	0.3	3	85 000
400	10	60	0.2	2	152 000
50	15	60	5.3	35	7 600
100	15	60	1.9	13	14 000
150	15	60	1.1	7	31 000
200	15	60	0.8	5	55 000
300	15	60	0.5	3	123 000
400	15	60	0.3	2	220 000
50	20	60	6.6	33	4 500
100	20	60	2.4	12	39 000
150	20	60	1.4	7	40 000
200	20	60	1.0	5	71 000
300	20	60	0.6	3	161 000
400	20	60	0.4	2	286 000

جدول شماره 1: مقادیر جریان و افت فشار در داخل لوله های بخار با توجه به سرعت 60m/s در چندین فشار مختلف

Pressure bar g	Velocity m/s	Pipe size (nominal)										
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
		Actual inside pipe diameter Schedule 40										
		15.80	20.93	26.64	35.04	40.90	52.50	62.70	77.92	102.26	128.20	154.05
		Pipeline capacity kg/h										
0.4	15	9	15	25	43	58	95	136	210	362	569	822
	25	14	25	41	71	97	159	227	350	603	948	1369
	40	23	40	66	113	154	254	363	561	965	1517	2191
0.7	15	10	18	29	51	69	114	163	251	433	681	983
	25	17	30	49	85	115	190	271	419	722	1135	1638
	40	28	48	78	136	185	304	434	671	1155	1815	2621
1	15	12	21	34	59	81	133	189	292	503	791	1142
	25	20	35	57	99	134	221	315	487	839	1319	1904
	40	32	56	91	158	215	354	505	779	1342	2110	3046
2	15	18	31	50	86	118	194	277	427	735	1156	1669
	25	29	51	83	144	196	323	461	712	1226	1927	2782
	40	47	82	133	230	314	517	737	1139	1961	3083	4451
3	15	23	40	65	113	154	254	362	559	962	1512	2183
	25	38	67	109	188	256	423	603	931	1603	2520	3639
	40	61	107	174	301	410	676	964	1490	2565	4032	5822
4	15	28	50	80	139	190	313	446	689	1186	1864	2691
	25	47	83	134	232	316	521	743	1148	1976	3106	4485
	40	75	132	215	371	506	833	1189	1836	3162	4970	7176
5	15	34	59	96	165	225	371	529	817	1408	2213	3195
	25	56	98	159	276	375	619	882	1362	2347	3688	5325
	40	90	157	255	441	601	990	1411	2180	3755	5901	8521
6	15	39	68	111	191	261	430	613	947	1631	2563	3700
	25	65	114	184	319	435	716	1022	1578	2718	4271	6167
	40	104	182	295	511	696	1146	1635	2525	4348	6834	9867
7	15	44	77	125	217	296	487	695	1073	1848	2904	4194
	25	74	129	209	362	493	812	1158	1788	3080	4841	6989
	40	118	206	334	579	788	1299	1853	2861	4928	7745	11183
8	15	49	86	140	242	330	544	775	1198	2063	3242	4681
	25	82	144	233	404	550	906	1292	1996	3438	5403	7802
	40	131	230	373	646	880	1450	2068	3194	5501	8645	12484
10	15	60	105	170	294	401	660	942	1455	2506	3938	5686
	25	100	175	283	490	668	1101	1570	2425	4176	6563	9477
	40	160	280	453	785	1069	1761	2512	3880	6682	10502	15164
14	15	80	141	228	394	537	886	1263	1951	3360	5281	7625
	25	134	235	380	657	896	1476	2105	3251	5600	8801	12708
	40	214	375	608	1052	1433	2362	3368	5202	8960	14082	20333

جدول شماره 2: اندازه گذاری لوله های بخار با استفاده از سرعت در لوله های SCH40

خوانندگان محترم می توانند جهت دریافت اطلاعات تکمیلی با شماره تلفن های 24-88708223 و یا پست الکترونیک [info@pars-jam.com](mailto:info@pars-jam.com)

تماس حاصل نمایند.