کاربرد بخار در صنایع

برای ایجاد حرارت لازم در مراحل تولید از چهار منبع انرژی زای حرارتی می‌توان استفاده کرد.

1- بخار (Steam)

2- آب داغ (Hot water)

3- روغن داغ (Hight temperature oil)

4- برق (Electricity)

بخار دارای انرژی حرارتی زیادی است و انتقال آن نیز به دلیل کمی وزن و کمی تراکم و در نتیجه کم بودن افت اصطکاکی و سرعت حرکت زیاد و انرژی حرارتی زیاد نسبت به واحد وزن ارزانتر و ساده‌تر از آب و روغن می‌باشد ضمن آنکه انتقال روغن و آب نیاز به پمپ دارد در حالی که بخار با فشار دیگ بخار انتقال می‌یابد همچنین درجه حرارت آن نسبت به آب داغ بیشتر است (بالاتر از $100^{\circ}C$ است و هر چه فشار آن بیشتر باشد درجه حرارت آن نیز بالاتر است. به جدول بخار رجوع نمائید) و افت حرارتی آن در مسیرهای طولانی هر چقدر باشد باز هم درجه حرارت آن از حد مورد نیاز بیشتر است (البته با عایق کاری مناسب لوله‌ها) در حالیکه آب داغ در مسیرهای طولانی دارای انرژی حرارتی کافی نمی‌باشد ضمناً هزینه بهره‌برداری آن نسبت به روغن داغ بسیار ارزانتر می‌باشد البته روغن داغ چون درجات حرارت بسیار بالایی را تأمین می‌کند (تا بیش از $400^{\circ}C$) و بخار اشباع قادر به تأمین درجه حرارت در حد روغن داغ نیست لذا در بعضی موارد خاص در صنایع نساجی و صنایع نفت که درجه حرارت زیادی لازم است از روغن داغ استفاده می‌کنند. خاصیت دیگری که بخار دارد این است که کنترل درجه حرارت در آن بسیار راحت است زیرا با کمک شیر فشارشکن و کاهش فشار در هر قسمت می‌توان درجه حرارت بخار را کاهش داد (به جدول بخار توجه شود که در فشارهای کمتر درجه حرارت بخار اشباع کمتر می‌باشد). بخار در صنایع نفت (پالایشگاه‌ها) در بعضی از عملیات شیمیایی که روی محصولات نفتی انجام می‌شود بطور مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (بخار مستقیماً مصرف می‌شود). آب داغ در بعضی صنایع شیمیایی که درجه حرارت کمی نیاز دارند مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا در سیستم‌های گرمایشی از آن استفاده می‌شود البته به دلیل انرژی حرارتی کمتری که نسبت به بخار دارد، وسائل تبادل حرارتی که با آب داغ کار می‌کنند سطوح بیشتری نسبت به وسائل تبادل حرارتی که با بخار کار می‌کنند دارند.

استفاده از انرژی الکتریکی بسیار گرانتر از سایر روشها است ولی چون سریعاً از صفر به درجه حرارت مورد نیاز می‌رسد در مواقع شروع کار در پیش راه اندازی بعضی از تجهیزات صنعتی تا آماده شدن بخار به کار می‌رود و یا برای گرم کردن سوخت تا آماده شدن بخار یا آب داغ و یا روغن داغ بکار می‌رود.

جدول 2 مقایسه بخار، آب داغ و روغن داغ و مسائل هر یک را نشان می‌دهد.

1- بخار برای گرم کردن مخازن ذخیره Storage tank

در صنایع شیمیایی و نفتی بسیاری از مواد ذخیره شده را لازم است قبل از انتقال به قسمت‌هایی که باید عملیاتی روی آنها انجام دهند گرم کنند و برای این منظور از بخار استفاده می‌کنند، روش کار به این صورت است که در کف مخزن بصورت مارپیچ و یا اشکال مختلف که بتواند به طور یکنواخت در تمام کف توزیع شود لوله‌کشی می‌کنند (شکل‌های 3,2,1) و سپس از یک طرف لوله به خط بخار (توسط شیر جداکننده) و طرف دیگر به خط کندانس (توسط تراپ) وصل می‌شوند، در روی خط بخار که چندین مخزن هم شرایط را تغذیه می‌کند یک شیر کنترل درجه حرارت (Temperature regulated valve) نصب می‌کنند تا همواره درجه حرارت مورد نظر را تأمین نماید.

مقدار حرارت لازم برای مخازن ذخیره

برای اینکه مایعی از درجه حرارت T_1 به درجه حرارت T_2 برسد (یا از حالت سرد به درجه حرارت T_2) مقداری حرارت لازم دارد که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$(1)\ q = Mc\ (t_2 - t_1)$$

که در آن:

q = Btu/h (kcal/h) مقدار حرارت لازم

M = lb (kgr) وزن مایع

C = Btu/lb°F (kcal/kg.°C) گرمای ویژه مایع

t_1 = °F (°C) درجه حرارت اولیه

t_2 = °F (°C) درجه حرارت نهائی مایع

پس از آنکه مایع به درجه حرارت t_2 رسید مقدار حرارتی که در ضمن زمان باید تأمین گردد برابر است با مقدار حرارتی که مایع از طریق سطح تانک از دست می‌دهد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(2)\ Q = UA\ (t_2 - t_0)$$

که در آن:

Q = Btu/h (kcal/h) مقدار حرارت تلف شده

U = Btu/ft².h.°F (kcal/m².h.°C) ضریب انتقال حرارت بدنه مخزن

A = ft² (m²) سطح جانبی مخزن

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

t_2 = °F(°C) درجه حرارت نهائی مایع داخل مخزن

t_0 =°F (°C) درجه حرارت محیط اطراف مخزن

مقدار U برحسب وضعیت استقرار مخزن از جدول 3 بدست می‌آید.

مقدار q در واقع در ابتدای گرم کردن مخزن مصرف می‌شود ولی مقدار Q بطور مداوم باید توسط کویل کف مخزن و بخار تأمین گردد.

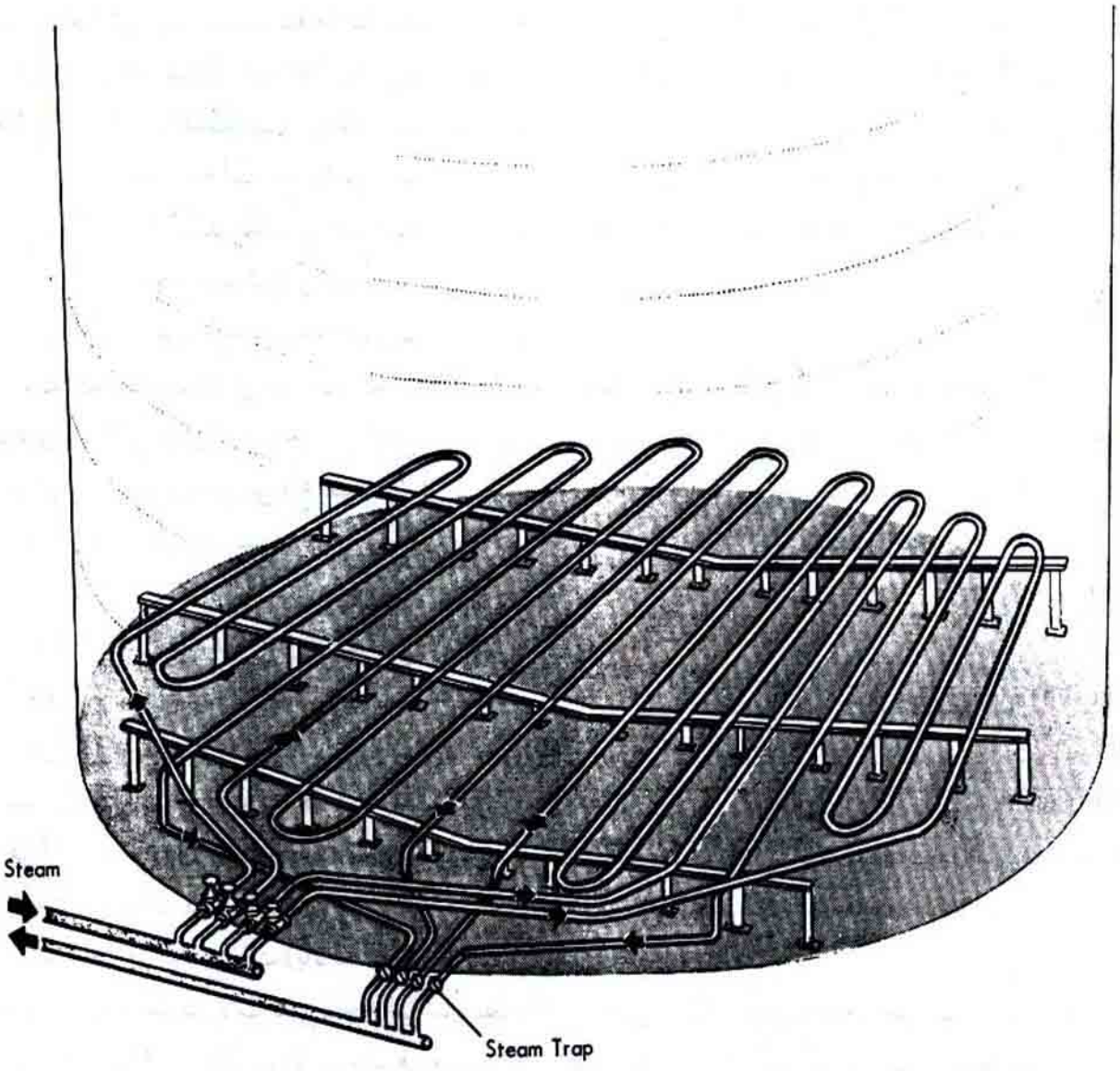


Fig 1

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

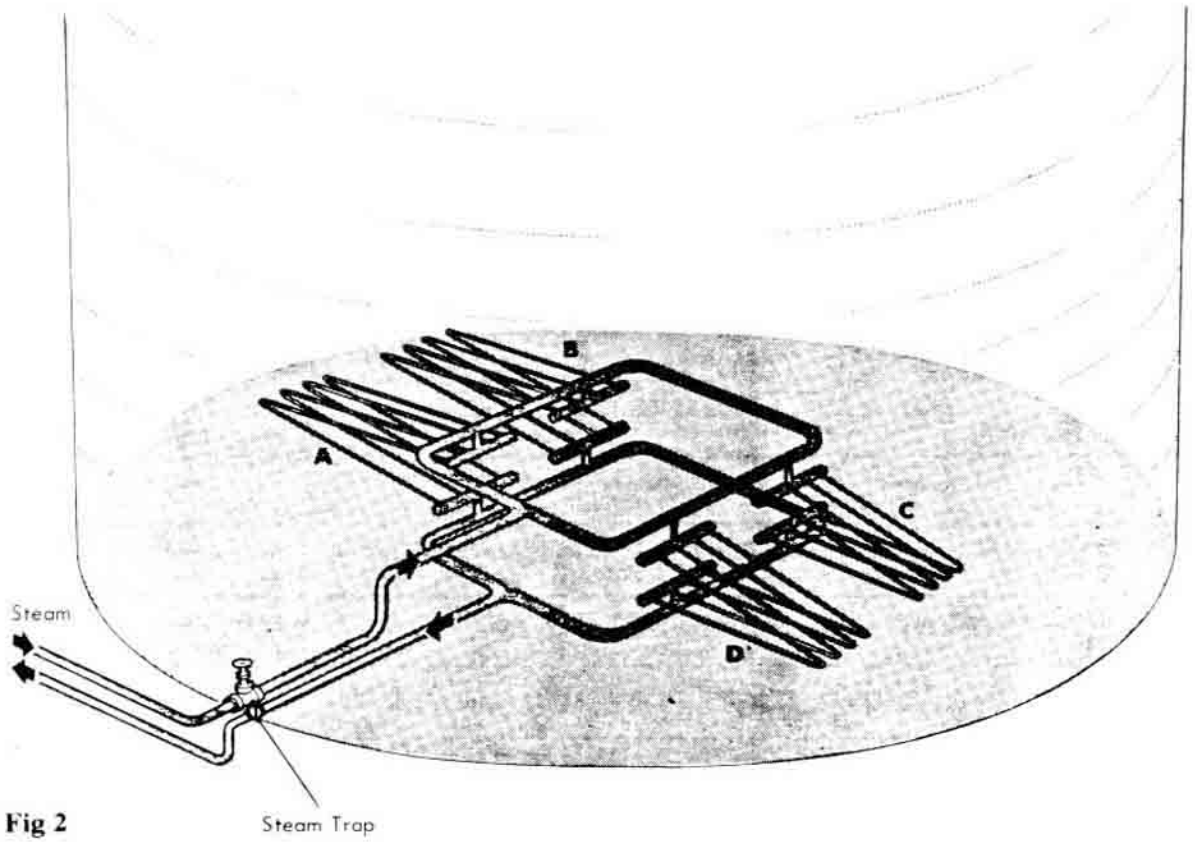


Fig 2

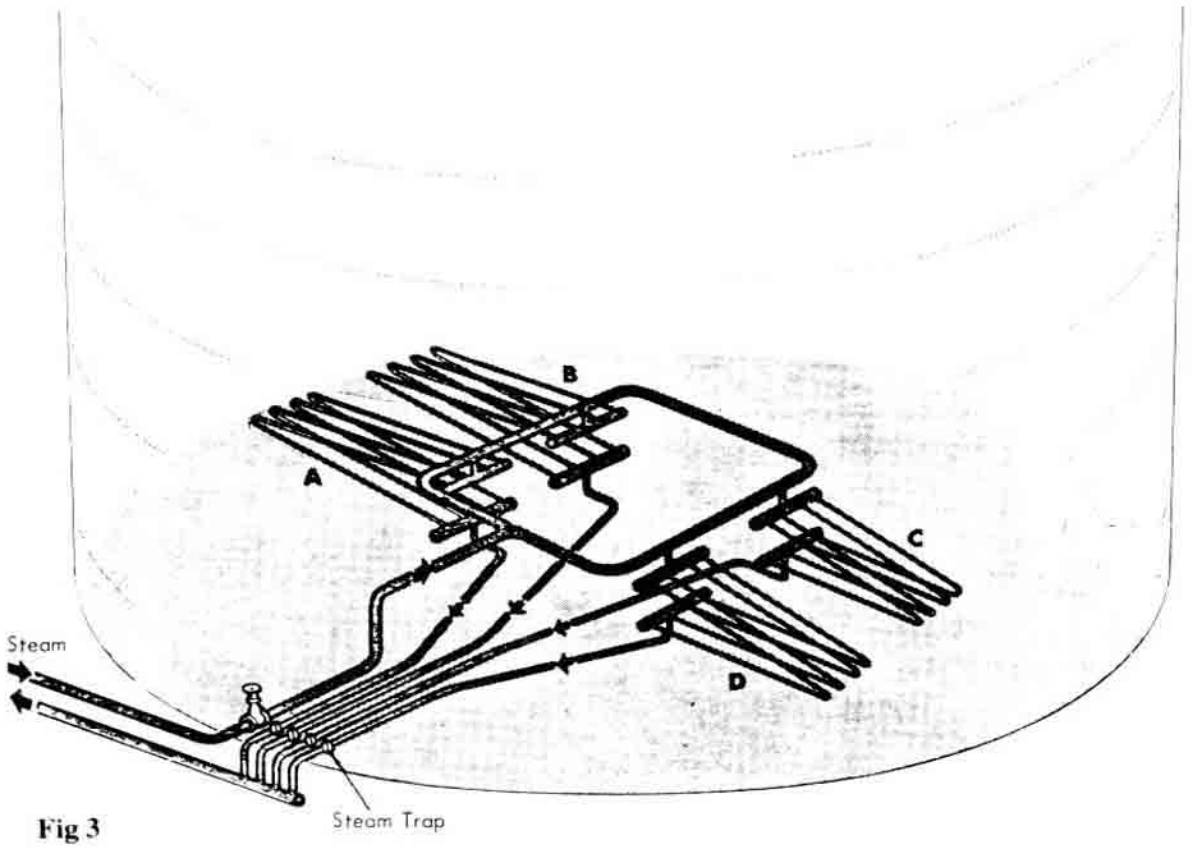


Fig 3

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 2 comparison of steam, high pressure hot water and high temperature oil systems

	Steam	Hot Water	High Temperature Oil
1	High heat content. Latent heat approximately 900 Btu/lb	Moderate heat content. Specific heat — 1	Poor heat content Specific heat often 0·4 – 0·7
2	Cheap but some water treatment cost	Cheap. Only occasional dosing	Expensive
3	Good heat transfer coefficients	Moderate heat transfer coefficients	Relatively poor heat transfer coefficients
4	High pressure required for high temperatures	High pressure required for high temperatures	Low pressures only to get high temperatures
5	No circulating pump required	Circulating pump required	Circulating pump required
6	Small pipes	Large pipes	Larger pipes
7	Easy to control with 2-way valves	Less easy – 3-way valves or differential pressure valve may be required	Less easy – 3-way valves or differential pressure valves may be required
8	Temperature breakdown easy through reducing valve	Temperature breakdown less easy	Temperature breakdown less easy
9	Steam traps required	No steam traps	No steam traps
10	Condensate to be handled	No condensate handling	No condensate handling
11	Flash problems	No flash problems	No flash problems
12	Blowdown loss	No blowdown loss	No blowdown loss
13	Corrosion problems	Less corrosion	Negligible corrosion
14	Reasonable pipework required	Searching medium, welded or flanged joints usual	Very searching medium, welded or flanged joints usual
15	No fire risk	No fire risk	Fire risk
16	System flexible	System less flexible	System inflexible

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Table 3 Average Heat Loss from Oil in Tanks and Pipe Lines

	Position	Oil Temperature	* Heat Transfer Rate in BTU/hr/ft² /°F temperature difference between oil and surrounding air (W/m² °C)	
			Unlagged	Lagged
Tank	Sheltered	Up to 50°F (10°C)	1·2 (6·81)	·3 (1·70)
		Up to 80°F (27°C)	1·3 (7·38)	·325 (1·84)
		Up to 100°F (38°C)	1·4 (7·95)	·35 (1·99)
Tank	Exposed	Up to 50°F (10°C)	1·4 (7·95)	·35 (1·99)
		Up to 80°F (27°C)	1·5 (8·52)	·375 (2·13)
		Up to 100°F (38°C)	1·6 (9·08)	·4 (2·27)
Tank	In Pit	All Temperatures	1·2 (6·81)	-
Pipe Line	Sheltered	Up to 80°F (27°C)	1·5 (8·52)	·375 (2·13)
		80 to 260°F (127°C)	2·3 (13·05)	·575 (3·26)
Pipe Line	Exposed	Up to 80°F (27°C)	1·8 (10·22)	·45 (2·55)
		80 to 260°F (127°C)	2·75(15·61)	·7 (3·97)

* For maximum heat loss the "surrounding air temperature" may be say 25°F (-4°C) or higher or lower according to country and locality.

For rough calculations it may be taken that 1 ton (1016 kg) of fuel oil occupies 40 cu ft (1·1 cubic metres). The specific heat of heavy fuel oil is 0·45/0·48.

HEAT TRANSFER FROM STEAM COILS
Approximately 20 BTU per hr per sq ft of heating surface per deg F difference between oil and steam temperature (114 W/m² °C).

HEAT TRANSFER FROM HOT WATER COILS
Approximately 10 BTU per hr per sq ft of heating surface per deg F difference between oil and water temperature (57 W/m² °C).

اگر بجای گرم کردن مایع فقط مایعی که پمپ می‌شود گرم شود در رابطه (1) بجای مقدار وزن مایع داخل مخزن باید مقدار مایعی که در ساعت پمپ می‌شود قرار داد:

(3) $q = fc\ (t_2 - t_1)$

که f برابر است با مقدار جریان مایع در ساعت: f=lb/h(kg/h)

محاسبه مقدار سطح جانبی کویل (لوله کشی کف تانک)

سطح تبادل حرارت مورد نیاز در کویل از رابطه زیر بدست می‌آید:

(4) $Q = UA\ (T_2 - T_1)$

که در آن:

Q = Btu/h(kcal/h) مقدار حرارتی که کویل باید تأمین کند

U = Btu/ft².h/°F (kcal/m².h.°C) ضریب انتقال حرارت جداره کویل به مایع

A = ft² (m²) سطح جانبی کویل

T_2 = °F(°C) درجه حرارت سطح کویل

T_1 = °F(°C) درجه حرارت مایع

ضریب U بستگی به طول کویل و نوع مایعی دارد که در مخزن ذخیره شده است. برای مایعات مخلوط مثل مازوت مقدار U تقریباً برابر است با 14-20Btu/ft².h.°F (68-98kcal/m².h.°C)، برای مایعات رقیق مثل گازوئیل دو تا سه برابر این مقدار و برای آب 100-200Btu/ft².h.°F (488-976kca/m².h°C) می‌باشد که بستگی به فشار بخار داخل کویل دارد، البته این مقادیر با توجه به این نکته است که همیشه مقداری آب در داخل کویل وجود دارد و راندمان آن کمتر از حالتی است که فقط بخار در کویل باشد که به طور عملی چنین حالتی اتفاق نمی‌افتد و همیشه مقداری آب کندانس در کویل می‌ماند. ضمناً بخار با هر فشاری که به کویل وارد شود اگر در ورودی لوله شیر کنترل درجه حرارت نصب شده باشد (Thermostatic valve) افت فشاری معادل 10% تا 40% در فشار بخار ایجاد می‌کند که میزان آن بستگی به مشخصات داده شده توسط سازنده شیر و سایز شیر دارد، ضمناً افت فشار داخل کویل بطور متوسط برای لوله $1\frac{1}{2}$" یا 2" برابر 5psi/100 (1.2atu/30m) در نظر گرفته می‌شود.

اگر کویل بطور پیوسته ساخته شود همیشه قسمتهای انتهایی

WWW.TOOSBOILER.COM

مقادیر زیادی آب خواهند داشت و در نتیجه راندمان کویل کاهش می‌یابد. بنابراین بهتر است کویل چند قسمتی ساخته شود و همه قسمت‌ها به یک رینگ بخار وصل گردند تا لوله‌های سرد کمتر داشته باشد (به شکل‌های 3,2,1 توجه شود).

البته باید توجه نمود که سیستم فوق الذکر برای گرم کردن مواد شیمیایی در پالایشگاه‌ها و یا صنایع شیمیایی می‌باشد که ممکن است لازم باشد تا درجه حرارت معینی گرم شود و برای سوخت‌ها مثل مازوت و گازوئیل لازم نیست در فصل سرما تمام مخزن گرم شود بلکه فقط اطراف محل لوله خروجی در تانک باید گرم گردد تا سوخت رقیق شده و پمپ دنده‌ای (در مازوت) بتواند آنرا پمپ نماید ولی گازوئیل را لازم نیست در درون مخزن اصلی گرم کنند.

نوع تراپ (Trap) در کویل

چون آب کندانس تا ایجاد شد باید سریعاً خارج شود تا راندمان کویل کاهش نیابد و از طرفی احتمال ایجاد ضربه آب (Water hammer) نیز وجود دارد لذا تراپ نوع IB (Inverted Bucket trap) باید مورد استفاده قرار گیرد تا آب کندانس سریع خارج شود.

اگر از کویل چند قسمتی استفاده شود از تراپ نوع TD (Thermo-Dynamic trap) نیز می‌توان استفاده کرد زیرا در این حالت آب کندانس باندازه کویل پیوسته ایجاد نمی‌شود، ولی تراپ نوع F (Float trap) برای این منظور بهتر از دو نوع IB و TD می‌باشد (باید توجه کرد که تراپ F با FT تفاوت دارد البته شکل ظاهر هر دو یکی است لذا در انتخاب نوع F باید دقت کرد) شیر هواگیر اتوماتیک (air vent) نیز لازم می‌باشد که باید قبل از تراپ نصب گردد. (در باره تراپ‌ها بعداً بطور مفصل توضیح داده می‌شود).

نصب شیر کنترل درجه حرارت

برای جلوگیری از مصرف بیش از نیاز انرژی حرارتی لازم است که در لوله بخار ورودی به کویل شیر کنترل درجه حرارت نصب گردد که از ترموستات فرمان گرفته و فقط در مواقع لزوم مسیر بخار را باز می‌کند. البته می‌توان بجای شیر کنترل درجه حرارت که گران می‌باشد از شیر مغناطیسی مخصوص بخار (Solo valve) و ترموستات نیز استفاده کرد ولی در این حالت کنترل دقیق درجه حرارت ممکن نیست زیرا شیر کنترل درجه حرارت برحسب نیاز مقدار بخار را تأمین می‌کند ولی شیر مغناطیسی فقط باز یا بسته می‌شود.

2-گرم کردن مخازن سوخت مایع

در اینجا منظور از سوخت بیشتر تکیه روی مازوت است، البته اگر مازوت در ایران از نظر غلظت درجه بندی شده باشد درجه حرارت گرم کردن آن برای پمپ کردن متفاوت خواهد بود که بین 27^{oc} تا 49^{oc} می‌باشد و بطور کلی برای مازوت ایران درجه حرارت حدود 27^{oc} مناسب است. گرم کردن سوخت در مخازن ذخیره به دو صورت انجام می‌گیرد.

- گرم کردن تمام سوخت در مخزن
- گرم کردن سوخت در محل خروج از مخزن (اتصال به لوله مکش پمپ یا به محل مصرف)

روش اول برای مازوت مناسب نیست زیرا گرم کردن تمام سوخت ضرورتی ندارد و تلف کردن انرژی می‌باشد مگر آنکه غلظت در حدود قیر باشد، برای سوخت (مازوت) باید از روش دوّم استفاده کرد.

گرم کردن تمام سوخت در مخزن

برای گرم کردن سوخت توسط کویل بخار (لوله کشی در کف مخزن مانند شکل‌های 3,2,1). مقدار تبادل حرارت از سطح کویل را برابر $20Btu/ft^2.°F$ $(114w^2/m^{2o}C)$ در نظر می‌گیریم. اگر بجای بخار از آبگرم استفاده شود این مقدار برابر $10Btu/ft^2.°F$ $(57w/m.^{2o}c)$ می‌باشد. کلیه مواردی که در مورد گرم کردن مخازن ذخیره شرح داده شده در مورد سوخت نیز صدق می‌کند (ساختمان کویل - نوع تراپ - شیر کنترل درجه حرارت و ...)

فشار مناسب بخار برای کویل برابر $20-30psi(1.5-2^{bar})$ می‌باشد زیرا در فشار بیشتر به دلیل بالاتر بودن درجه حرارت بخار کنترل درجه حرارت کویل مشکل می‌شوند. از طرفی درجه حرارت زیاد سبب پخته شدن مازوت و ایجاد لایه سخت روی کویل گردد که راندمان کویل را کاهش می‌دهد. لذا فشار 20-30psi شرایط مناسبی را از هر نظر برای کویل فراهم می‌کند.

شکل (4) اتصال لوله بخار و کندانس را با تجهیزات لازم در یک مخزن گرم کننده نشان می‌دهد.

گرم کردن سوخت در محل خروج از مخزن (اتصال به لوله مکش پمپ یا محل مصرف)

در قسمت بالای شکل (4) یک گرمکن ساده نشان داده شده است. (شکل 5) نمونه‌ای از گرمکن موضعی سوخت را نشان میدهد، صفحاتی که در داخل گرمکن نصب شده‌اند برای طولانی نمودن مسیر سوخت و در نتیجه جذب گرمای بیشتر از کویل بخار می‌باشد، اتصال لوله بخار و کندانس و تجهیزات لازم در آنها نیز در

WWW.TOOSBOILER.COM

شکل نشان داده شده است.

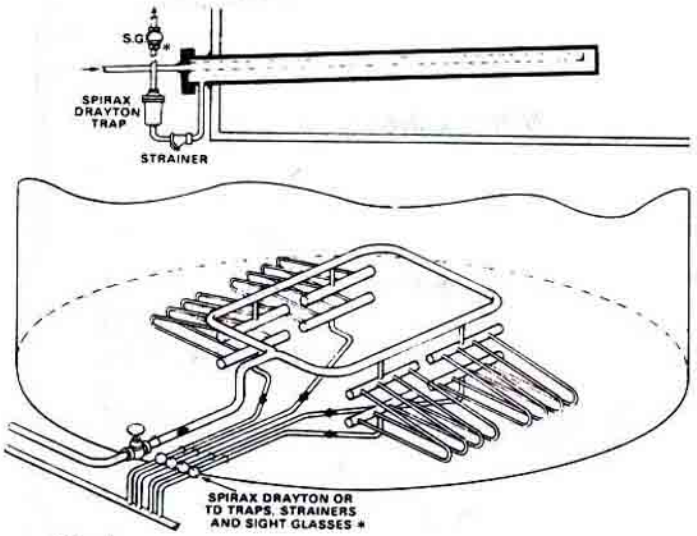


Fig 4

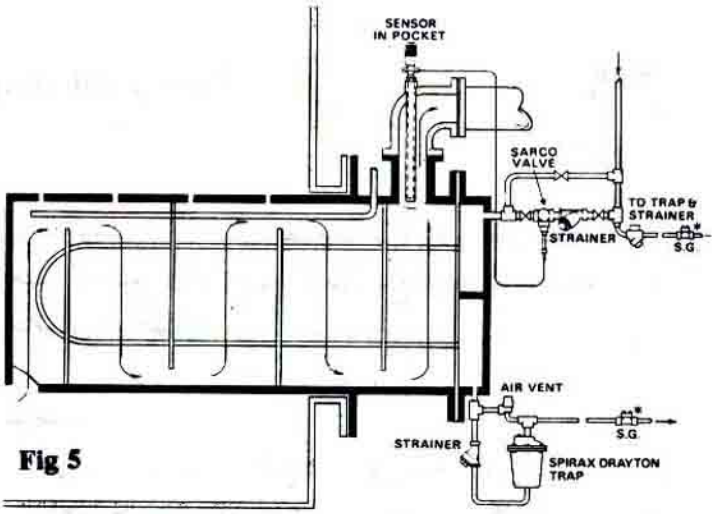


Fig 5

شیر کنترل درجه حرارت و محل نصب سنسور آن در شکل دیده می‌شود باید توجه کرد اگر جریان بخار با شیر کنترل درجه حرارت و یا شیر مغناطیسی کنترل نشود و بخار بطور مداوم در گرمکن جریان داشته باشد حرارت سوخت بسیار زیاد می‌شود و اگر مازوت زیاد رقیق شود (غلظت آن از حد مناسبی کمتر شود) میزان پاشش آن در دیگ از حالت نرمال آن بیشتر می‌شود و دود زیادی در دیگ ایجاد می‌کند چون قسمتی از مازوت بصورت نیم سوخته از دیگ خارج می‌شود بنابراین درجه حرارت سوخت مازوت باید طبق مشخصات سازنده مشعل دیگ باشد و بیش از آن مسئله فوق‌الذکر را بوجود می‌آورد. نوع دیگری از گرمکن سوخت مازوت در شکل (6) مشاهده می‌شود که سطح لوله داخلی باید برای تبادل حرارت محاسبه شود (از رابطه 3) این نوع نسبت به نوع اول مناسب‌تر است چون ضخامت لوله میانی بدلیل بالا بودن قطر لوله بیشتر از لوله کویل بخار است و عمر بیشتری دارد وچون طول کمتری نیز نسبت به لوله کویل دارد لذا احتمال سوراخ شدن و ورود بخار و آب به سوخت خیلی کمتر خواهد بود.

اندازه شکل 6 وضعیت قابل قبول برای گرم کردن سوخت می‌دهد لذا در منابع سوخت مازوت بدون نیاز به محاسبه سطح حرارت می‌توان همین شکل را با اندازه‌های داده شده اجرا کرد.

درجه حرارت گرم کن در مخزن ذخیره باید به اندازه‌ای باشد که فقط سوخت برای پمپ شدن، روان شود و گرم کردن سوخت تا درجه حرارت لازم برای احتراق در دیگ بخار در مخزن سوخت روزانه باید انجام گیرد.

گرم کردن سوخت در مخزن سوخت فقط در فصل سرما و برای رقیق شدن سوخت (مازوت) جهت پمپ به منبع سوخت روزانه (Daily tank) می‌باشد و در سایر فصول گرمکن مخزن سوخت خاموش می‌باشد که باید شیرهای جداکننده بخار و کندانس را نیز بست. ولی چون باید سوخت مازوت برای دیگ بخار همواره درجه حرارت بین 50^{oc} تا 80^{oc} (به کاتالوگ سازنده مشعل دیگ بخار رجوع شود) داشته باشد لذا باید منبع سوخت روزانه خود دارای گرمکن باشد شکل (7) ساختمان منبع سوخت روزانه را نشان می‌دهد در این منبع دو گرمکن در نظر گرفته شده، یکی که دقیقاً ساختمان آن مشابه شکل 6 می‌باشد و دیگری بصورت یک لوله راست که از کمر منبع عبور نموده و به آن بطور دائم جوش شده (هنگام ساخت مخزن) (شکل 7) داخل این گرمکن از روغن استنتر پُر می‌شود و یک المنت برقی در یک سر آن نصب می‌شود (این المنت باید بطور سفارشی برای بوشن مشخص ساخته شود که بتواند در داخل بوشن بپیچد) در سر دیگر آن لوله قائمی نصب شده که برای گرفتن انبساط روغن و نیز پر کردن روغن و کنترل سطح آن می‌باشد.

دو عدد ترموستات جداره‌ای که روی بدنه منبع ونزدیک گرمکن بخار که به شیر مغناطیسی گرمکن بخار فرمان می‌دهد و دیگری روی لوله بخار گرمکن بخار قبل از همه شیرها نصب می‌شود که به کنتاکتور المنت (در تابلو موتورخانه باید در نظر گرفته شود) فرمان می‌دهد. روش کار به این صورت است که چون در ابتدای کار دیگ بخار هنوز بخار تولید نشده لذا گرمکن بخار عملاً کاری نمی‌تواند انجام دهد در نتیجه در شروع کار سوخت باید توسط گرمکن برقی گرم شود (یک ساعت قبل از شروع کار) و مازوت به دیگ تزریق می‌شود تا آنکه بخار تولید شود و ترموستات گرم کن بخار فرمان باز شدن شیر مغناطیسی را بدهد و ترموستات گرمکن برقی فرمان قطع

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

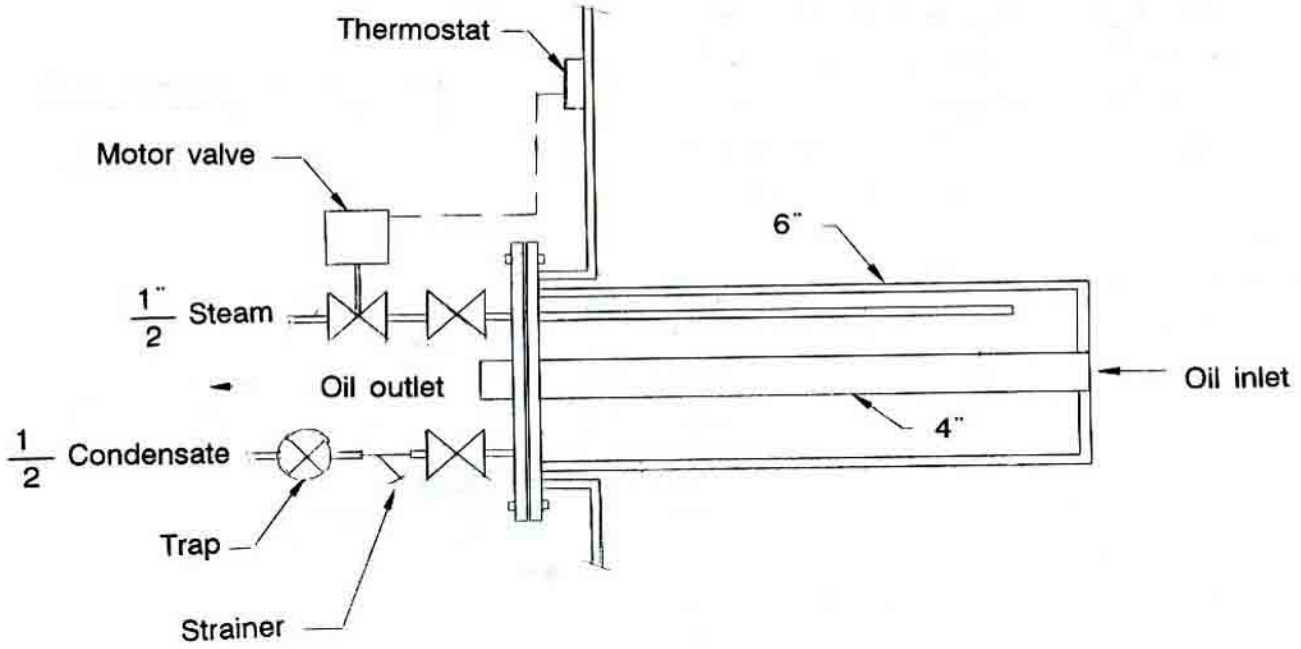


Fig 6 Heavy oil steam heater

آنرا بدهد برای این منظور اگر درجه حرارت مازوت باید 50°c باشد ترموستات گرمکن برقی روی 45°c باید فرمان قطع بدهد و ترموستات گرمکن بخار باید روی 45°c فرمان باز شدن به شیر مغناطیسی بدهد در واقع چون همیشه درجه حرارت بخار بیش از 50°c است، لذا گرمکن برقی در هنگام بودن بخار هرگز روشن نخواهد شد.

اگر به ساختمان منبع روزانه توجه کنید در بالای منبع یک دریچه فلانجی وجود دارد که همیشه باید محکم بسته شود و کاملاً درزبندی شود در نتیجه منبع روزانه تمام بسته است و هیچ نوع شناور یا مشابه ان برای کنترل سطح سوخت ندارد و منبع دارای یک لوله پُرکن و یک لوله برگشت در کنار همان لوله پرکن می‌باشد که در نتیجه وقتی سوخت توسط پمپ از مخزن اصلی به منبع روزانه پمپ می‌شود و منبع پر شود، سوخت اضافی از طریق لوله برگشت از بالای مخزن اصلی به آن می‌ریزد و لذا احتمال ریختن سوخت در موتورخانه تقریباً منتفی است، برای اینکه کارگر موتورخانه از پر شدن منبع آگاه شود می‌توان یک سیستم آلارم روی لوله برگشت سوخت (مثل فلوسویچ) نصب کرد ولی برای مازوت هر سیستمی بعد از مدتی بدلیل چسبندگی از کار می‌افتد ولی برای گازوئیل می‌توان آلارم نصب نمود، البته کارگر موتورخانه بعد از مدتی تجربه پس از روشن کردن پمپ (بطور دستی) برای انتقال سوخت مخزن اصلی به منبع روزانه زمان پر شدن منبع را خواهد فهمید و پمپ را خاموش خواهد کرد.

توجه:

در مورد مازوت هیچ نوع شناوری بعد از مدتی کار نخواهد کرد و لذا همه چیز باید بطور دستی باشد. ولی برای گازوئیل می‌توان از شیر شناور و منبع روزانه باز استفاده کرد و توسط شناور به پمپ مخزن اصلی فرمان قطع و وصل داد ولی چون تعداد قطع و وصل پمپ زیاد خواهد شد کار کردن سیستم بطور دستی بر هر روش دیگری ارجح است.

گرم کردن لوله انتقال سوخت

در بعضی مواقع برحسب وضع هوای منطقه یا غلظت زیاد سوخت و یا لزوم حفظ درجه حرارت سوخت تا انتهای مسیر لازم می‌شود که لوله‌های اتصال سوخت نیز گرم شود برای این منظور اقتصادی‌ترین راه استفاده از لوله بخار بصورت چسبیده به لوله سوخت در طول لوله می‌باشد. (Tracing) که در همین فصل بطور کامل شرح داده می‌شود.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

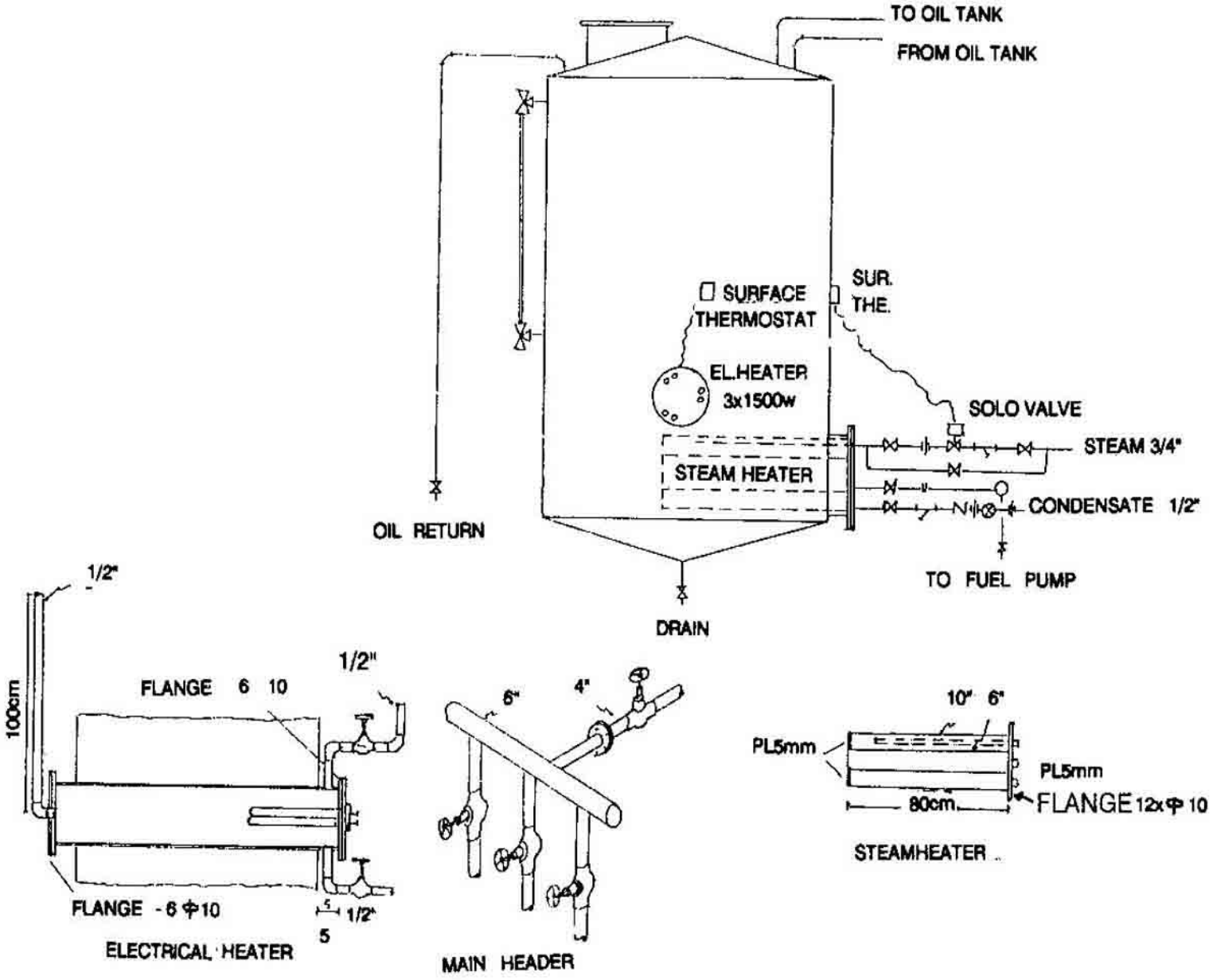


Fig 7

گرم کردن سوخت توسط مبدل حرارتی Line Heater

می‌توان سوخت را همواره از مخزن ذخیره در یک مدار بسته مطابق شکل (8) پمپ کرد و برای دیگ‌های بخار بجای منبع سوخت روزانه از مبدل حرارتی با بخار استفاده نمود.

گرمکن با مبدل حرارتی در شکل (9) نشان داده شده تجهیزات روی لوله بخار و کندانس نیز در شکل مشاهده می‌شود.

همانطور که در شکل (8) مشاهده می‌شود در مدارسیرکولاسیون سوخت یک شیر سه راهه که از ترموستات نصب شده روی کلکتور مکش پمپ فرمان می‌گیرد مسیر برگشت سوخت را به پشت پمپ و یا به مخزن ذخیره هدایت می‌کند که هرگاه درجه حرارت سوخت برگشتی کم باشد آنرا به مخزن ذخیره می‌فرستد و اگر زیاد باشد آنرا به پشت پمپ می‌دهد تا گرمکن سوخت زیاد کار نکند و از انرژی حرارتی موجود در سوخت برگشتی استفاده شود. شیر اطمینان فشاری (Pressure relief valve) نیز برای مواقعی که فشار از حد مناسب بیشتر شود (بدلیل انبساط سوخت و یا بسته شدن شیر سه راهه به هر دلیل) شبکه را از شکستگی حفظ نماید. معمولاً در نیروگاه‌های بزرگ (نیروگاه بخار) استفاده از این روش اقتصادی‌تر از استفاده از مخزن سوخت روزانه است ولی در موتورخانه‌های کارخانجات صنعتی استفاده از منبع سوخت روزانه ساده‌تر و مناسب‌تر است زیرا لازم نیست همواره پمپ سوخت کار کند و تجهیزات کمتری نیز لازم دارد، که ارزانتر می‌شود البته طراح باید همواره بین سیستم‌ها مقایسه اقتصادی نماید.

گرم کردن خطوط لوله انتقال مواد (خط گرمکن) Tracing

گاهی در صنایع شیمیایی یا پالایشگاه‌ها لازم می‌شود که درجه حرارت مایع در طول مسیر لوله انتقال حفظ شود که برای این منظور یا لوله حاوی مواد را از داخل لوله بزرگتری عبور می‌دهند و در لوله بزرگتر بخار وارد می‌کنند (jacketed lines) و یا اینکه لوله بخار را در طول مایع و چسبیده به سطح آن نصب می‌کنند (Tracer line).

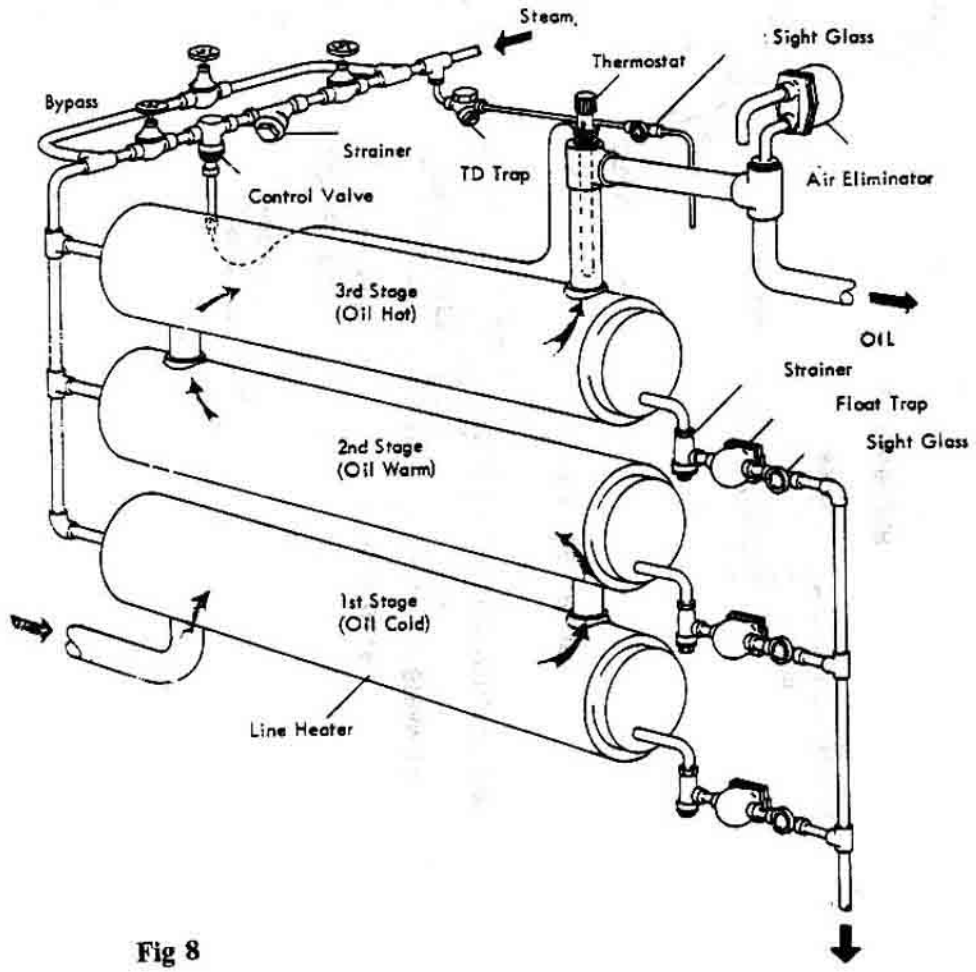


Fig 8

WWW.TOOSBOILER.COM

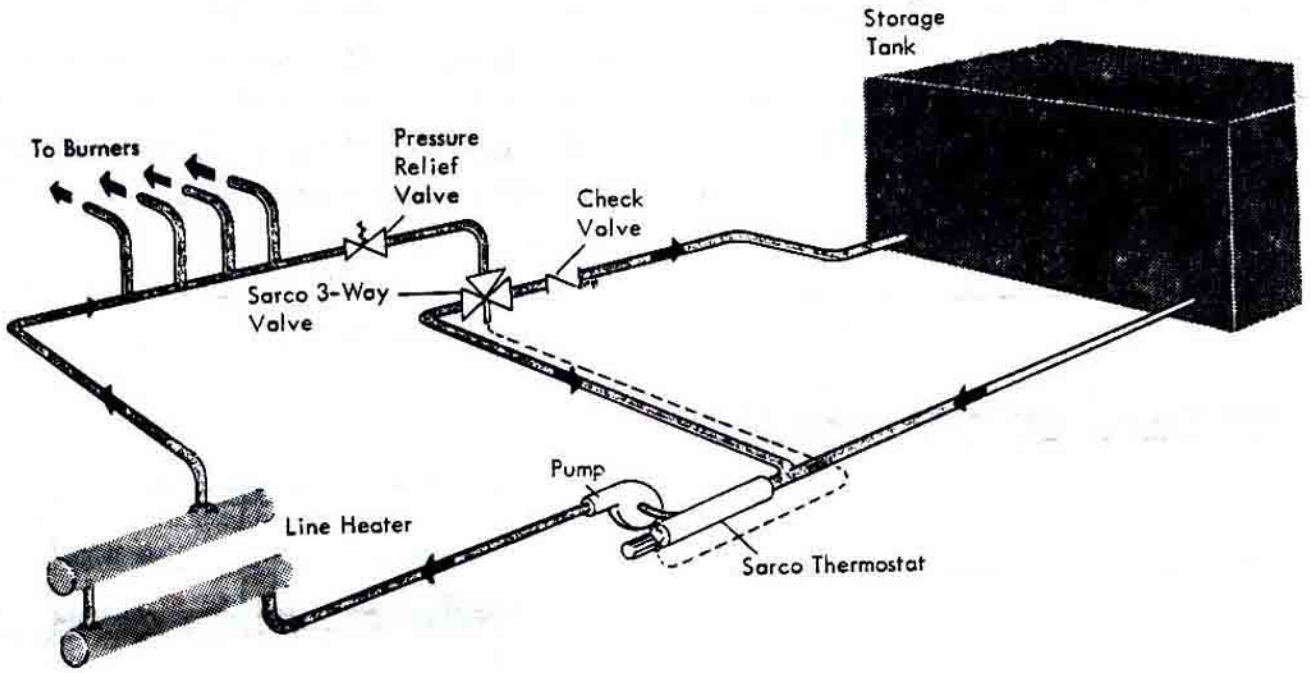


Fig 9

نقش واقعی خط گرمکن‌ها بصورت زیر می‌باشد:

1- در بسیاری از مایعات مثل مازوت که دارای غلظت (Viscosity) زیاد هستند پمپ کردن سخت و گران می‌شود لذا خط گرمکن غلظت مایعات غلیظ را تا حد لازم کاهش می‌دهد.

2- در صنایع شیمیایی بسیاری از مواد هستند که در صورت تغییر کردن درجه حرارت آنها تغییراتی در حالت آنها ایجاد می‌شود (شیمیایی، فیزیکی) که با خط گرمکن درجه حرارت آنها را در حد لازم نگه می‌دارند.

3- در بعضی صنایع غلظت مواد باید در حد مورد نظر حفظ گردد تا هنگام عبور از کنتور و یا سایر سیستم‌های اندازه‌گیری خطائی در سیستم ایجاد نشود.

4- برای مناطقی که سرمای زیاد دارند برای جلوگیری از یخ زدن مایعات و یخ زدن ذرات آب در گازها درجه حرارت باید بالای نقطه انجماد آنها باشد که با خط گرمکن می‌توان این عمل را انجام داد.

طرز قرارگرفتن لوله بخار (Tracer) نسبت به مواد اولیه

لوله بخار که برای گرم کردن لوله‌های مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد در قطرهای $\frac{1}{4}$ الی 1" می‌باشد که در طول لوله و زیر آن و چسبیده به آن نصب می‌شود (شکل 10) انتقال حرارت به سه طریق به لوله مواد انجام می‌گیرد یک قسمت توسط تماس مستقیم لوله بخار و مواد و قسمت دیگر توسط هوای گرمی که در اطراف لوله بخار ایجاد می‌شود و قسمت سوم توسط حرارت تابشی (Radiation).

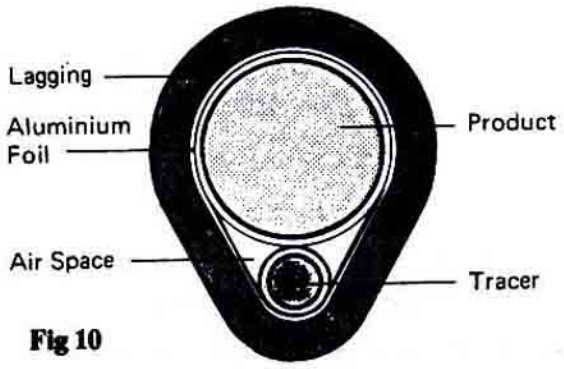
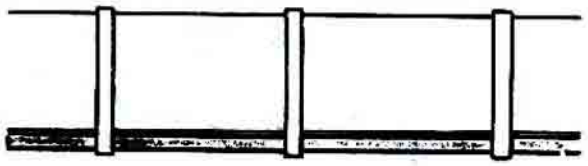


Fig 10

WWW.TOOSBOILER.COM

اتصال لوله بخار به لوله به طرق زیر انجام گیرد:

1- اتصال با بست با فاصله هر 30 تا 45 سانتیمتر روی لوله "18-"12 ـ به فواصل 60-45 سانتی‌متر روی لوله "24-"18 و لوله بخار به قطر $\frac{1}{2}$" و برای لوله "36-"24 به فواصل 60-90cm و لوله بخار با قطر $\frac{3}{4}$" (شکل 11). جنس بست می‌تواند تسمه گالوانیزه یا فولاد ضد زنگ باشد که باید عرض آن 12mm و ضخامت آن 1.25mm یا 0.9mm باشد. در سر زانوها باید حداقل سه عدد بست قرار داد (شکل 10)، اگر دور بدنه شیرآلات نیز لازم باشد لوله Tracer عبور کند بهتراست از مفتول نازک گالوانیزه (قطر 1.25mm) بجای تسمه استفاده کرد.



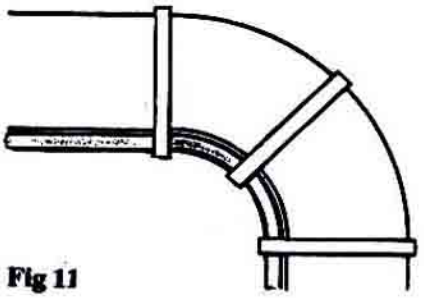


Fig 11

2- اتصال با جوش می‌تواند بصورت پیوسته برای وقتی که حداکثر تماس جهت تبادل حرارت بیشتر لازم است انجام شود و یا بصورت بریده در فواصل معین می‌تواند انجام گیرد (شکل 12).

3- برای مواقعی که مواد نسبت به حرارت زیاد حساس هستند مثل فنل، بعضی اسیدها و حتی آب و Tracer فقط برای گرم نگه داشتن هوای اطراف لوله جهت جلوگیری از یخ زدن بکار می‌رود بهتر است از بست گالوانیزه استفاده کرد که در محل نصب بست دور تا دور لوله نوار نخ پیچیده تا از تماس مستقیم لوله بخار و لوله مواد یا آب جلوگیری گردد (شکل 13).

تعیین قطر لوله بخار خط گرمکن خارجی Tracer

قطر لوله خط گرمکن می‌تواند $\frac{1}{2}$" و $\frac{3}{4}$" و 1" باشد، فشار مناسب بخار برای این منظور 3.5bar (50psi) و گاه کمی بالاتر می‌تواند باشد جدول (4) تعداد خط گرمکن‌ها را براساس قطر $\frac{1}{2}$" برای مواد با نقطه انجماد مختلف در لوله با قطرهای گوناگون نشان می‌دهد. اگر اتصال لوله‌های مواد فلانجی باشد عبور خط گرمکن از یک لوله به لوله دیگر مطابق شکل (14) باید باشد. البته در اتصال نوع جوشی لوله مواد، نیز برای جذب انبساط لوله خط گرمکن باید در فواصل معین حلقه انبساط (Expansion loop) نصب گردد که مطابق شکل (12) می‌تواند اجرا شود.

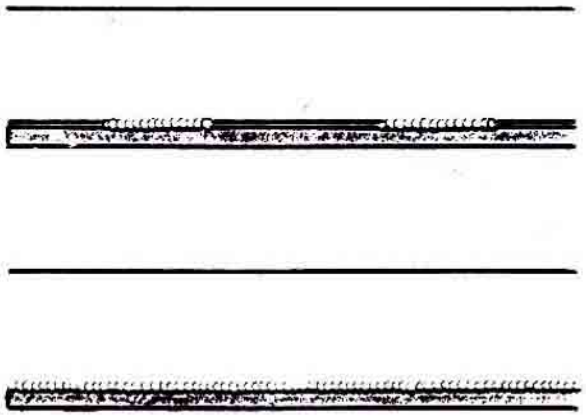


Fig 12

شکل ۱۳

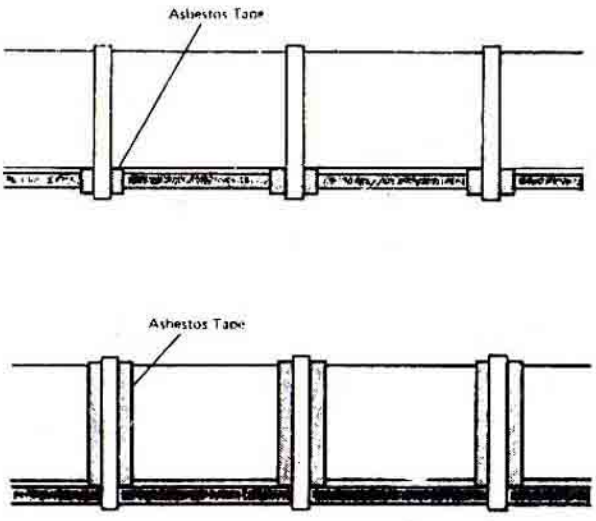


Fig 13

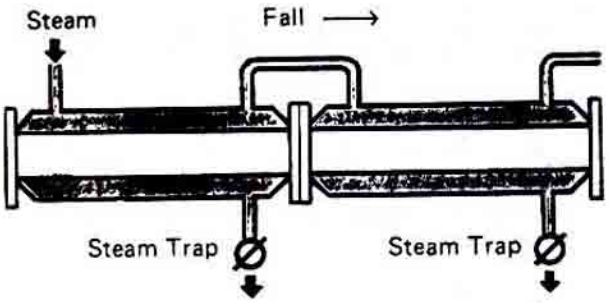
تعیین قطر لوله بخار خط گرمکن پوششی Jacketed line

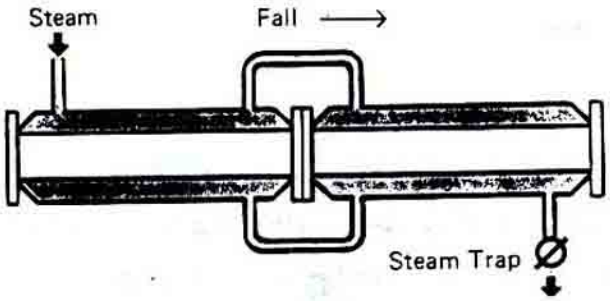
اگر حرارت زیادی برای مواد داخل لوله لازم باشد می‌توان از روش لوله پوششی استفاده کرد، چون طول لوله‌ها معمولاً 6m می‌باشد لذا هر 6 متر باید یک لوله رابط از بالا و از یک لوله به لوله

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

دیگر وصل کرد (شکل 15) تا بخار از یکی به دیگری وارد شود و نیز برای عبور آب کندانس یک لوله رابط از زیر از یک لوله به لوله دیگر وصل نمود و هر پنج شاخه (30m) آب کندانس را توسط یک تراپ خارج نمود (در جاهای بسیار سرد در هر دو شاخه باید یک تراپ نصب کرد) باید دقت نمود که حتماً باید دو لوله رابط، یکی در بالا برای بخار و یکی در پائین برای کندانس نصب کرد چون اگر فقط لوله بالایی نصب شود مقدار زیادی آب کندانس باید در هر شاخه جمع شود تا قسمتی از آن بتواند از طریق لوله رابط بالایی خارج شود در نتیجه هم لوله بالایی برای عبور بخار کافی نخواهد بود و هم راندمان کار به دلیل جمع شدن مقدار زیادی آب کندانس در هر شاخه کاهش می‌یابد و اگر فقط لوله رابط پایین نصب شود این مشکل برای عبور بخار بوجود می‌آید، لذا باید هر دو رابط نصب گردد.





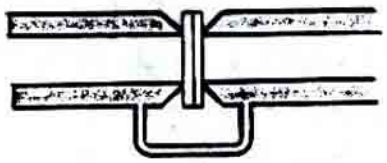
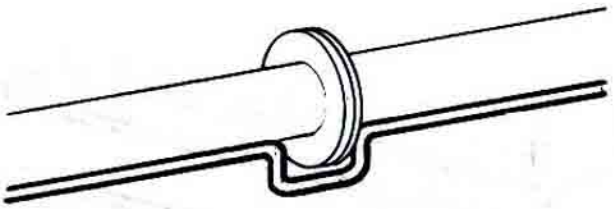


Fig 15 Incorrect Arrangement



Incorrect Arrangement

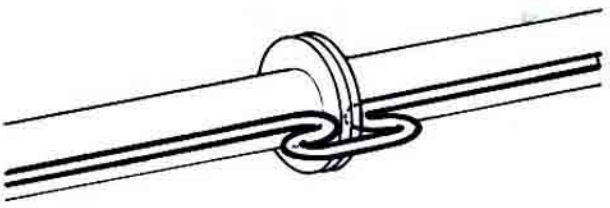


Fig 14 Correct Arrangement

جدول (5) قطر لوله بخار را برحسب قطر لوله مواد و لوله پوششی نشان داد، و برای عبور آب کندانس همیشه لوله به قطر $\frac{1}{2}$" کافی خواهد بود.

Product Line	Jacket Diameter	Steam Connection
2½"	4"	½"
3"	6"	¾"
4"	6"	¾"
6"	8"	¾"
8"	10"	1"
10"	12"	1"

Table 5 Steam size connections for jacketed lines.

WWW.TOOSBOILER.COM

WWW.TOOSBOILER.COM

Product Line Size	1"	1½"	2"	3"	4"	6"	8"	10"-12"	14"-18"	18"-20"
Type A General frost protection or where solidification may occur at temps below 24°C (75°F)	Number of ½" Tracers 1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Type B Where solidification may occur at temps between 24-66°C (75-150°F).	Number of ½" Tracers 1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Type C When solidification may occur at temps between 66-149°C (150-300°F).	Number of ½" Tracers 1	2	2	3	3	3	3	6	8	10

Table 4 Number of ½" tracers used with different sizes of product lines.

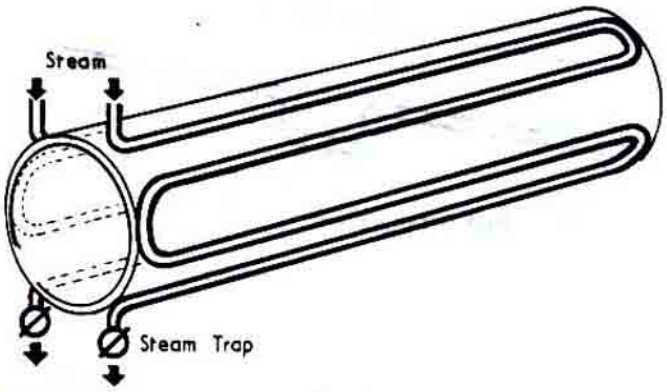


Fig 16

لوله بخار خط گرمکن خارجی چند ردیفه

می‌توان مطابق شکل (16) لوله خط گرمکن را اجراء کرد، البته می‌توان 2 یا 3 و یا چند ردیف اجرا نمود، باید توجه کرد که طول هر رشته لوله حداکثر 45m باید باشد تا آب کندانس در حد مناسبی تخلیه گردد.

تعیین قطر کلکتور خط گرمکن‌ها

فشار بخار در خط گرمکن‌ها می‌تواند از 10psi (0.7bar) الی 250psi (17bar) باشد ولی باید توجه کرد که هر چه فشار بخار کمتر باشد کنترل درجه حرارت ساده‌تر خواهد بود و اتلاف انرژی نیز کمتر می‌باشد (چون مقداری از حرارت بخار در فشار زیاد برای گرم کردن مواد لازم است و بقیه بخار بصورت آب کندانس خارج می‌شود) بطور کلی جدول (6) قطر کلکتور (Header) را برحسب تعداد خط گرمکن‌ها نشان می‌دهد.

قطر کلکتور	تعداد خط گرمکن‌ها به قطر $\frac{1}{2}''$
$\frac{3}{4}''$	2
1"	3-5
$1\frac{1}{2}''$	6-15
2"	16-30

جدول (6)

WWW.TOOSBOILER.COM

انشعاب کلکتور باید مطابق شکل (17) باشد و در زیر کلکتور باید یک تراپ جهت تخلیه آب کندانس ناشی از خط گرمکن‌ها که هنگام خاموش بودن سیستم در کلکتور جمع می‌شوند نصب نمود.

برای نصب لوله بخار خط گرمکن در اطراف شیر آلات و پمپ و نظایر آن می‌توان از شکل‌های (21,20,19,18) ایده گرفت.

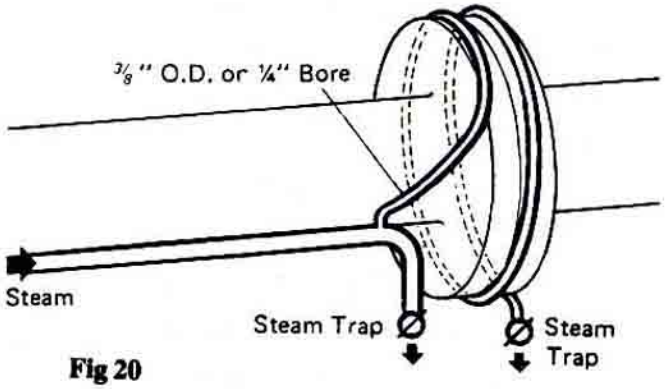


Fig 20

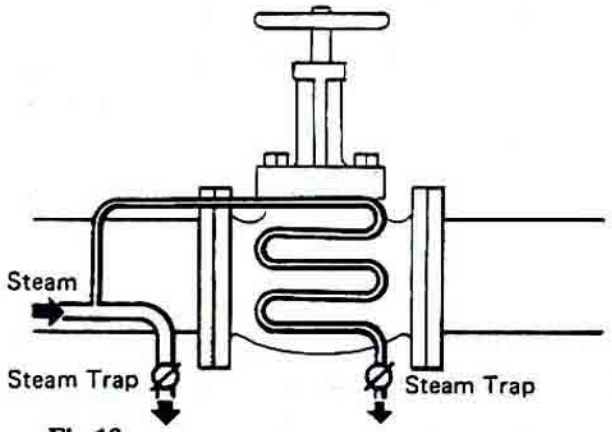


Fig 18

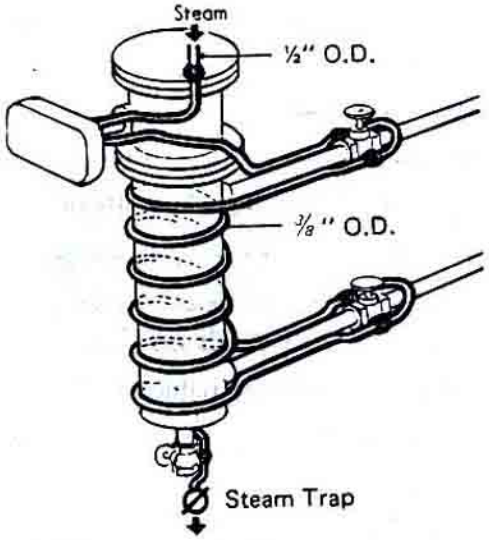


Fig 21 Typical Instrument Tracing

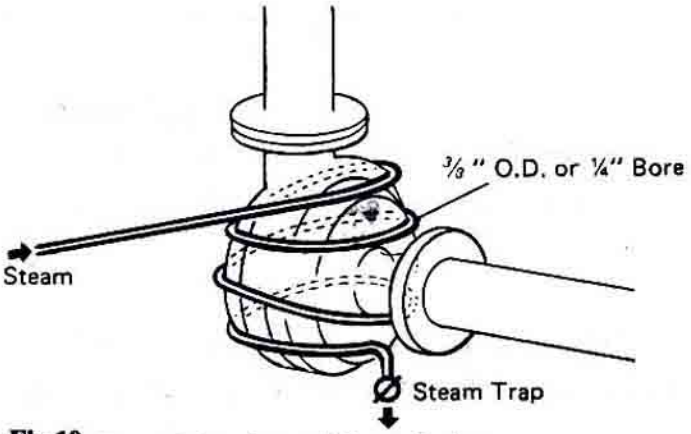
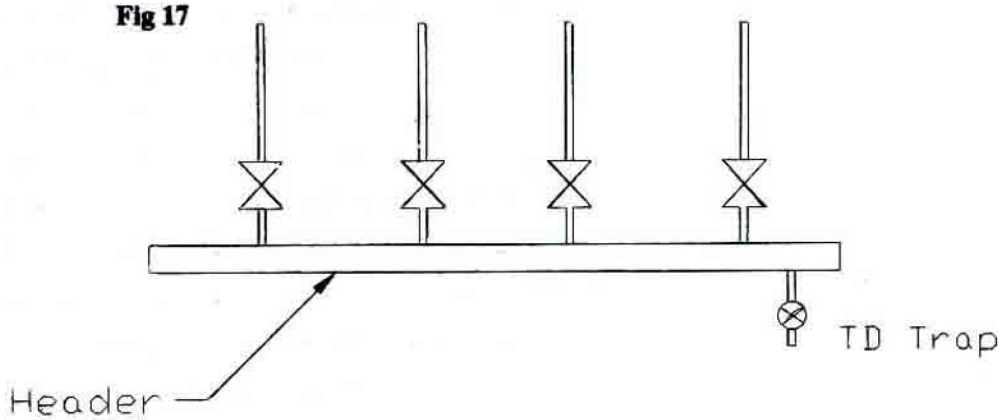


Fig 19 Tracer Lines Around Pump Casing

Fig 17



WWW.TOOSBOILER.COM

سایر کاربردهای بخار در صنایع گوناگون

صنایع نساجی : یکی از مصرف کننده‌های عمده بخار صنایع نساجی می‌باشد که در بخش‌های زیر از آن استفاده می‌کند:

رنگرزی : در این بخش بخار برای گرم کردن آب در دیگ‌های رنگرزی در مراحل شستشو و رنگ کردن بکار می‌رود مواد بصورت الیاف یا نخ یا پارچه و هر یک در ماشین‌های مخصوص خود رنگ می‌گردند و مصرف بخار در 90 درصد آنها بطور غیر مستقیم (مدار بسته) می‌باشد یعنی برای گرم کردن آب کویل بخار نصب گردیده است که میزان درجه حرارت لازم با کنترل فشار و مقدار بخار انجام می‌گیرد، اگر مواد خام بصورت الیاف باشند (طبیعی یا مصنوعی) آنرا الیاف رنگ کنی (Loose dying) می‌گویند که الیاف طبیعی مثل پشم و پنبه و الیاف مصنوعی مانند اکریلک، پلی‌استر، نایلون و نظایر آن می‌باشد و اگر این الیاف را قبل از رنگرزی بصورت نخ درآورند و روی دوک‌های مخروطی (Cone) پیچیده شوند و سپس رنگ کنند آنرا نخ رنگ کنی (Cone dying) می‌گویند و اگر نخ بصورت کلاف باشد و آنرا رنگ کنند سیستم را کلاف رنگ کنی (Hank dying) می‌گویند و اگر مواد را به صورت پارچه درآورند و سپس رنگ کنند در ماشین‌های مختلف برحسب جنس پارچه و نوع رنگرزی عمل رنگرزی انجام می‌گیرد نام بعضی از این ماشین‌ها، وینچ (Winch) و Soft stream و Jet dyeing و غیره می‌باشد که بخار در ماشین وینچ بصورت مستقیم (مدار باز) مصرف می‌شود، در هر یک از ماشین‌های رنگرزی برحسب شرایط سازنده باید بخار با یک فشار مشخص به آن داده شود که کاهش فشار شبکه توسط یک فشار شکن (Pressure reducing valve) انجام می‌گیرد که یا انحصاراً برای هر ماشین نصب می‌شود و یا اگر چندین ماشین به یک فشار مساوی نیاز دارند در مسیر خط اصلی که آنها را تغذیه می‌کند و در محل مناسب نصب می‌کنند و درجه حرارت با کنترل مقدار بخار توسط شیر کنترل درجه حرارت تنظیم می‌گردد.

در ماشین‌های رنگرزی معمولاً شیرهای کنترل درجه حرارت سیستم نیوماتیکی (هوای فشرده) هستند یعنی سنسور از طریق یک لوله کم قطر هوای فشرده (پلاستیکی یا مسی) به دیافراگم شیر فرمان باز و بسته شدن میدهد (کنترل نوع Muodolating).

در بخش رنگرزی مواد پس از رنگ شدن آبگیری می‌شوند (توسط ماشین سانتریفیوژ) و سپس وارد ماشین خشک کن می‌گردند تا خشک شوند، خشک کن الیاف و نخ (Dryer) و خشک‌کن پارچه را استنتر (Stenter) می‌گویند. در خشک‌کن و استنتر بخار بطور غیر مستقیم و توسط کویل مورد استفاده قرار می‌گیرد. (حرارت بعضی از استنترها و خشک کن‌ها توسط مشعل‌های گازی و یا گازوئیل بجای بخار تأمین می‌شود).

ریسندگی و بافندگی

هوا در ریسندگی‌ها و بعضی از بافندگی‌ها مثل پارچه‌بافی باید رطوبت معینی داشته باشد و مقدار آن برحسب نوع الیاف متغیر می‌باشد (به قسمت تهویه نساجی رجوع گردد) که این رطوبت توسط سیستم تهویه نساجی تأمین می‌گردد و در این سیستم برای کویل‌های حرارتی از بخار استفاده می‌شود، فشار بخار در تهویه نساجی برحسب شرایط سازنده متفاوت است که توسط فشار شکن فشار خط اصلی به فشار مورد نظر کاهش می‌یابد.

در بافندگی فرش و موکت بخار برای ماشین‌های آهار زنی (Back sizing) و فوم زنی (Foaming) بکار می‌رود.

ماشین چاپ پارچه

در ماشین‌های چاپ پارچه پس از اینکه روی پارچه در قسمت اول ماشین چاپ گردید وارد تونل حرارتی می‌شود تا رنگ‌ها تثبیت گردند، در این تونل کویل‌های گرمائی نصب شده که با بخار کار می‌کنند (بخار غیر مستقیم).

در بسیاری از ماشین‌هایی که در صنعت نساجی بکار می‌روند بخار برای منظور خاصی بکار می‌رود که باید اطلاعات لازم را از سازنده ماشین و متخصصین نساجی کسب نمود.

صنایع شیمیایی و نفت

در این صنایع بخار به منظور ایجاد حرارت لازم جهت فعل و انفعلات شیمیایی جهت تولید فراورده‌های نفتی و شیمیایی بکار می‌رود.

علاوه بر موارد فوق بخار در سیستم‌های تهویه جهت گرمایش و سرمایش (در چیلرهای ابزورشن Absorption) و تهیه آب گرم مصرف گسترده‌ای دارد.

WWW.TOOSBOILER.COM