شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

سوپرهیتر

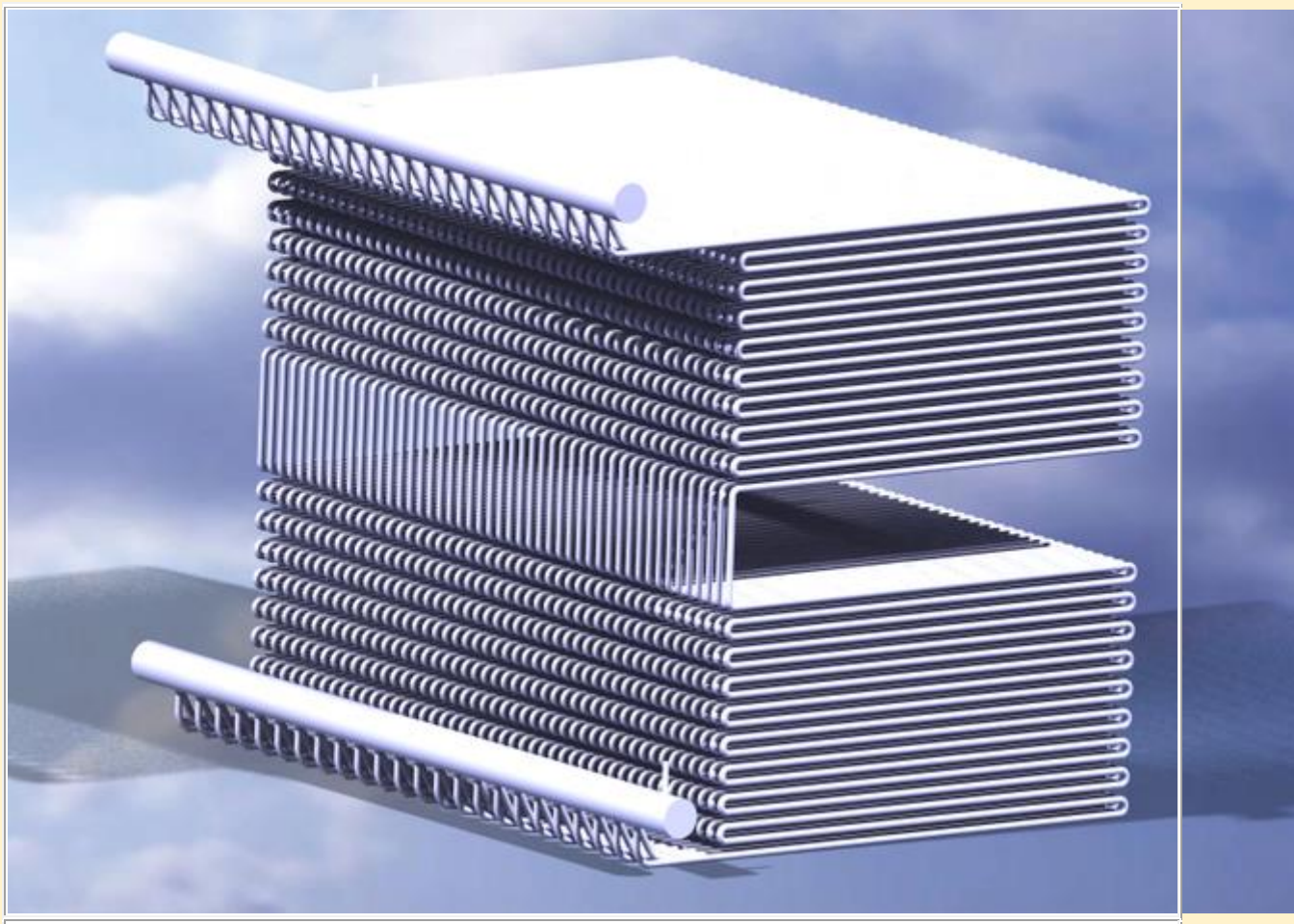
superheater

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

سوپرهیتر (**superheater**) مبدلی است که بخار خشک تولید می کند، وظیفه سوپر هیتر تولید بخار خشک از بخار اشباع می باشد. این مبدل می تواند قسمت ثانویه ای در داخل بوده و یا به صورت سوپر هیت جداگانه باشد. همچنین سیال گرم کن می تواند گاز های خروجی مشعل بوده و یا اینکه مشعل جداگانه ای تعبیه شود. سوپر هیتر راندمان کلی سیکل را برای ممانعت از کندانس شدن در آخرین مرحله توربین که باعث جلوگیری از خوردگی پره ها می شود بالا می برد.

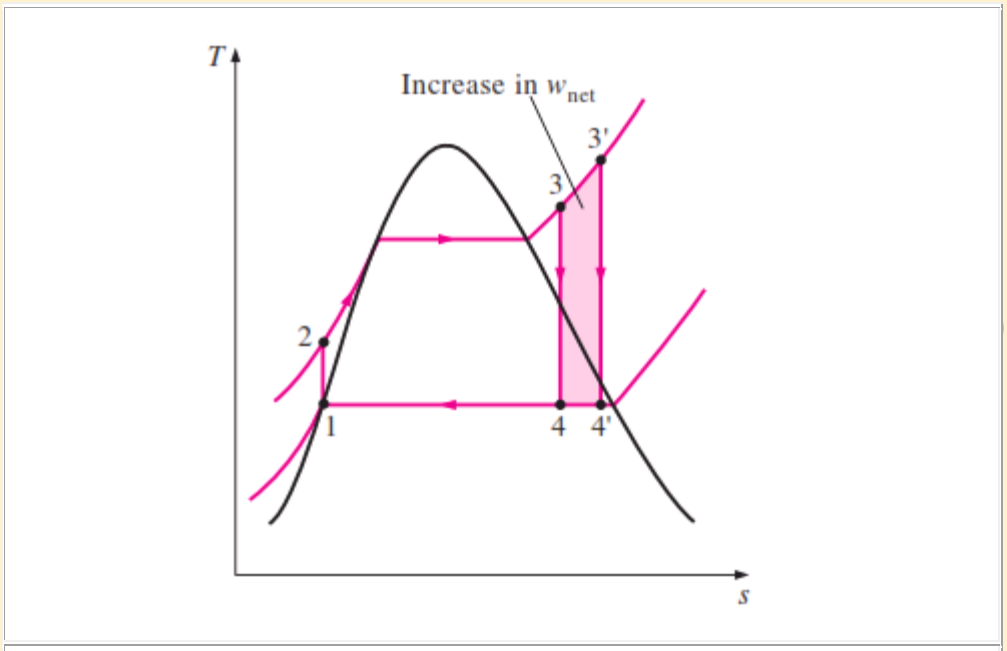


سوپر هیتر

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
وب سایت Tehranbokhar.com
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع



تاثیر سوپر هیت کردن در سیکل رانکین

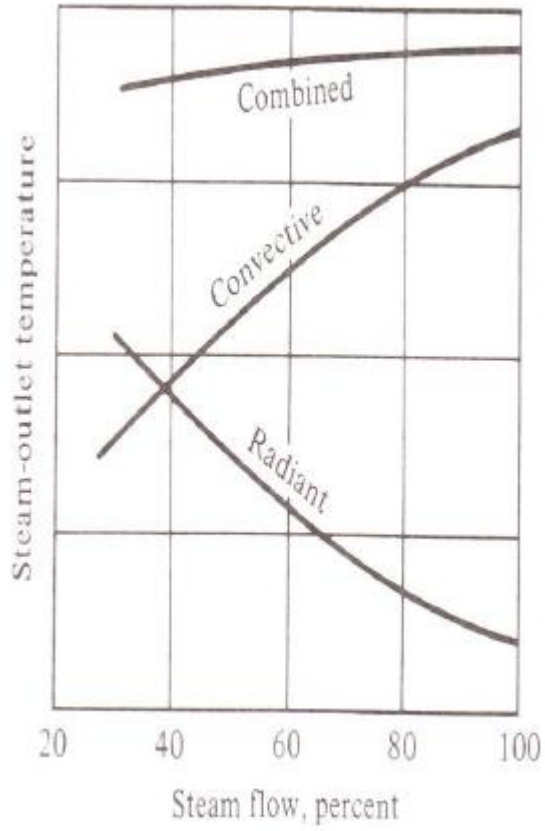
در این روش گرمای گازهای احتراق در کوره برای حذف رطوبت در بخار و فوق گرم شدن بخار مورد استفاده قرار می گیرد. سوپر هیتر عموما تعداد زیادی لوله موازی در مدار گردش خود دارند که با یک سری لوله اگزاست در تماس هستند. بخار با دریافت گرمای گازها با 3 روش جا به جایی، تشعشعی و یا ترکیبی از این دو فوق گرم می شوند که البته از بین این سه روش، روش انتقال حرارت ترکیبی نسبت به روش های دیگربه دلیل حفظ درجه حرارت ثابت در رنج های مختلف بار، نتیجه مطلوبتری را دارا می باشد.

تولید کننده های استاندارد در شرق تهران

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع



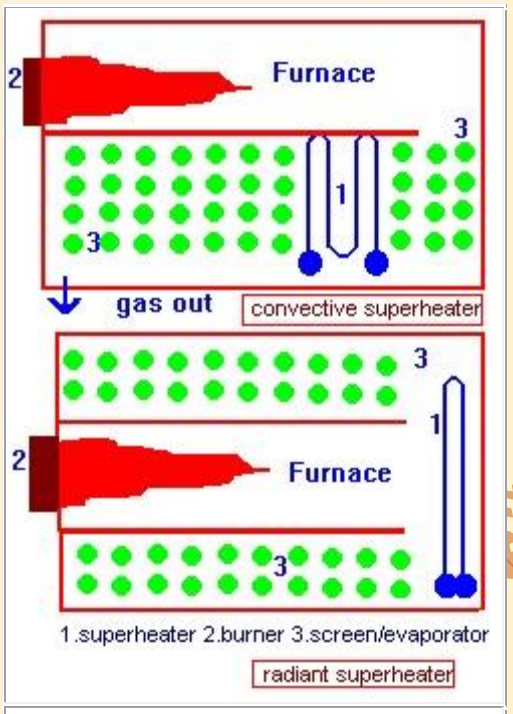
نمودار انواع روش های تبادل حرارت سوپر هیتر بسته به نرخ بخار ورودی و دما خروجی

بخار در شرق تهران

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع



سوپر هیتر تشعشعی و جابجایی

یکی از روش های دسته بندی سوپر هیتر ها بر اساس روش سوپر هیت شدن آن هاست که به شکل زیر می باشد:

در واقع سوپر هیتر ها خود به دو دسته کلی تقسیم میشوند، سوپر هیتر هایی که با جریان گاز های احتراقی بویلر فرآیند سوپر هیت شدن را انجام می دهند و دسته دیگر سوپر هیتر هایی می باشند که عمل سوپر هیت شدن را مستقل از بویلر انجام می دهند.

سوپر هیتر ها از لحاظ نحوه انتقال حرارت به انواع: جابه جایی،تشعشعی و یا ترکیبی از این دو دسته بندی می شوند.

در سوپر هیتر های جابه جایی سوپر هیتر در مسیر گازهای داغ و در بالا و یا پایین محفظه آب قرار می گیرد تا از برخورد مستقیم با شعله در آن ها جلوگیری شود . عواملی که در این نوع از سوپر هیتر ها موجب افزایش انتقال حرارت می شود: 1. افزایش جریان سوخت و هوا که در نتیجه موجب افزایش گاز های حاصل از احتراق می شود. 2. افزایش نرخ دبی جرمی بخار

*سوپر هیتر های جابه جایی برای محدوده های دمایی پایین و بار بالا مورد استفاده قرار می گیرند.

نوع تشعشعی آن مسقیم در محفظه احتراق و در تماس با کوره قرار داده می شود و نوع فلز آن می بایست فلز دما بالا باشد. در مدل تشعشعی انتقال حرارت با 4Tw-4Tf ارتباط مستقیم دارد که در آن Tw دمای مطلق دیواره لوله و Tf دمای مطلق شعله می باشد . دمای شعله از دمای دیواره لوله بیشتر بوده و در نتیجه میزان انتقال حررات مستقیم به دمای شعله بستگی دارد. به هر میزان که دبی بخار افزایش یابد دمای دیواره بالا رفته و دمای خروجی کاهش می یابد. در نوع تشعشعی سطح حرارتی کمتری مورد نیاز می باشد.

*این مدل از سوپر هیتر ها در دماهای بالا و بار های کم مورد استفاده قرار می گیرند.

سوپر هیتر ها ترکیبی به دلیل ثابت بودن دما در نرخ های مختلف جریان بخار از لحاظ راندمان کاری بهره وری بالاتری را به همین دلیل دارا می باشند. به سوپر هیتر های ترکیبی چند مرحله ای نیز گفته می شود و دمای ثابت در نج های مختلف بار را تضمین می کند.

عوامل تاثیر گذار در روند کاری سوپر هیتر ها:

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

تعدادی از پارامترهای خاص در کنار هم قرار می گیرند و موجب می شوند که یک سوپر هیتر به درستی عمل کرده و عمر قابل قبولی داشته باشد.

- سطح حرارتی مناسب
- انتخاب جنس مناسب
- کنترل دمای فلز و تنظیم سطح حرارتی برای محافظت از خوردگی آن
- کنترل رسوب گیری یا همان لحاظ کردن ضریب فائولینگ

شرایط کاری سوپرهیتر ها و مواد مورد استفاده در آن ها:

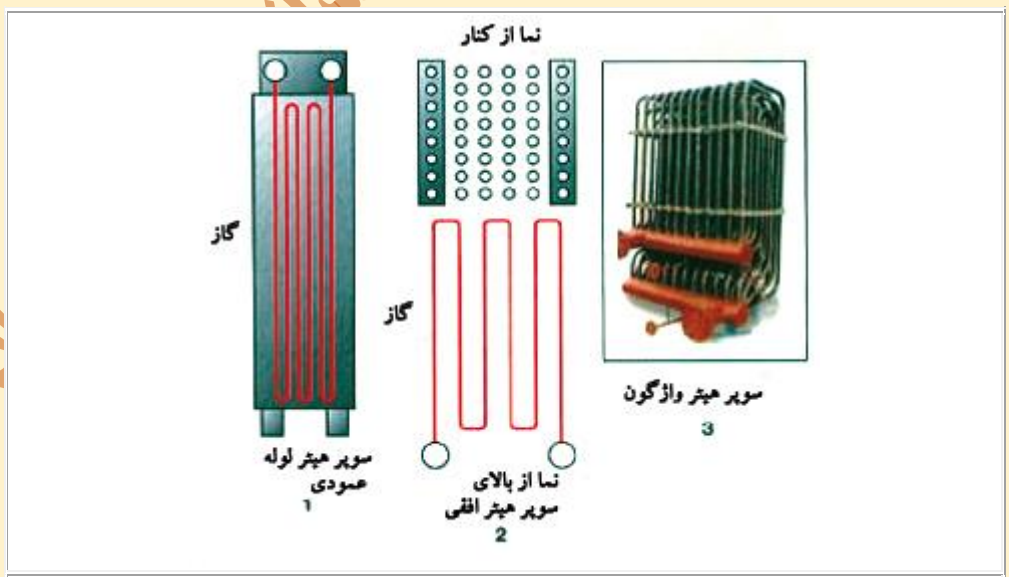
فشار کاری در واحد های صنعتی تولید همزمان و واحد های صنعتی ترکیبی رنج معمولی از 10 تا 100 بار و رنج دمایی از دمای اشباع در حدود 1000درجه فارنهایت را دارا می باشند.

لوله های آلیاژی بدون درز از قطر 1.25 تا 2.5 اینچ با جنس های آمده در جدول در ساختمان سوپر هیتر ها استفاده می شود. میزان تنش به دمای دیواره لوله ها بستگی دارد و ضخامت لوله ها بر اساس فرمول های آمده در استاندارد ASME SEC.1 & 8 محاسبه می شود.رنج سرعت در لوله های سوپر هیتر ها در حدود 50 تا 140 fps بسته به فشار کاری، افت فشار و کاهش بار می باشد.

به طور کلی افت فشار در کاربری های صنعتی در رنج 10 تا 70 psi بسته سایز ، فشار و کاهش با کاری می باشد. البته افت فشار بسته به تعداد مراحل سوپر یت شدن می توان مقادیری بیش از این مقدرا بوده و تا 150-psi200 بالا رود.

روش های مختلفی برای محاسبه سوپر هیتر ها وجود دارد که به پارامتر های گاز و بخار و شرایط واحد مربوطه بستگی دارد.

لوپ لوله های مورد استفاده در ساخت سوپر هیتر انواع مختلف دارد که یکی از آن ها نوع وارون است که در پکیج بویلر ها به فراوانی استفاده می شود حال آنکه نوع قائم پره دار آن ها نیز در سیستم های HRSG معمول می باشد. طراح نوع افقی این لوله ها با کلهگی افقی در هر دو نوع HRSG و پکیج بویلر ها استفاده می شود. میله مفتولی ها به طور معمول در پکیج های تولید بخار که دما آن ها در رنج 1500 -2200 درجه فارنهایت هستند و یا در شرایطی که دمای میله برای مهم است مورد استفاده می شود. اگر چه که در سیکل های HRSG که رنج دمای پاین بوده (در حدود 900-1400 درجه فانهایت) و سطح حرارتی بالاتری مورد نیاز است از این تیپ لوله ها استفاده می شود. موارد استفاده این لوله ها موجب خلاصه شدن کاربری های آن ها شده است.



انواع لوپ سوپر هیتر

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان
سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

مواد مورد استفاده در سوپر هیتر بسته به دما		
Material	Composition	Allowable temperature, °F
SA-192	Carbon steel	950
SA-213 T11	1.25 Cr-0.5 Mo-Si	1,050
SA-213 T22	2.25 Cr-1 Mo	1,125
SA-213 T91	9 Cr-1 Mo-V	1,200
SA-213 TP 304H	18 Cr-8 Ni	1,400
SA-213 TP 347H	18 Cr-10 NI-Cb	1,400
SB-407-800H	Ni-Cr-Fe	1,500
SA-213 TO 310H	25 Cr 20 Ni	1,500

روش سایز زنی سوپر هیتر:

دو روش محاسباتی با هر سطح حرارتی برای سوپر هیتر ها وجود دارد، یکی از آن ها محاسبه و طراحی با هدف رسیدن به سطح حرارتی، طرح لوله و افت فشار سمت گاز و بخار و انتخاب مواد اولیه است. روش off-design به ما همان سطح حرارتی در یک طرف گاز و یا بخار می دهد.

با استفاده از معادله انرژی، انرژی کل جذب شده توسط سوپر هیتر بدین شکل تعریف می شود:

محاسبه سطح حرارتی مبدل های حرارتی و ضرب انتقال حرارت آن ها:

UAΔT=Q
wcΔhc=whΔhh
A=ft2 سطح حرارتی به
W= ، lb/h دبی جریان
Δh=(h= hot و c=cold) تغیرات آنتالپی
Δ T = ، اختلاف دمای لگاریتمب تصحیح شده ° f
U= ضریب انتقال حرارت کلی، btu/ft2h°f
ηho1+lnddi*Km24d*AtAw+ffo+AtAi*ffi+AthiAi=U1
At= سطح حرارتی لوله پره دار ft2/ft
Ai=πdi/12 سطح داخلی لوله ft2/ft
Aw=سطح متوسط حرارتی π(d+di)/12,ft2/ft
Km=رسانش گرمایی دیواره لوله btu/ft.h.°f
d,d i=، قطر داخلی و خارجی لوله in
ffi,ffo=ضریب فائولینگ داخل و خارج لوله
ho,hi= آنتالپی سمت گاز و آب btu/ft.h.°f
Z= اثر بخشی پره

در صورت استفاده از لوله یکنواخت مساحت به جای بالا به این شکل می شود:

12 / πd = t A

حالت ساده شده معادله به این شکل می باشد:

hi1+lnddi*km24d+ffo+ddi*ffi+dhidi=U1
η = 1
f f o = 0 . 0001
f f o = 0 . 0005 - 0 . 001
ho=ضریب انتقال حرارت جابه جایی جداره خارجی
hi=ضریب انتقال حرارت جابه جایی جداره داخلی
ΔT=FT*ΔTmax-ΔTminlnΔTmaxΔTmin

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

ضریب تصحیح جریان، که برای جریان مخالف برابر 1 و برای سایر جریان ها در کتاب های مختلف رنجی بین 0.6 تا 0.95 FT متغیر می باشد . که درسوپر هیتر ها و اکونومایزر ها این عدد می تواند 1 فرض شود.

Δ T m a x , Δ T m i n اختلاف دمای بیشینه و کمینه محل می باشد.

محاسبه i h

hi=2.44w0.8*c/d1.8i

محاسبه فاکتور C برای جریان های مختلف هوا و گاز بر حسب دما در جدول زیر موجود است.

Temp (°F)	C
200	0.162
400	0.172
600	0.180
800	0.187
1000	0.194
1200	0.205

.همچنین فاکتورcبرای بخار بر حسب فشار

هدایت گرمایی K

W/m·K	kcal/m·h·°C	J/cm·s·°C
1	8.60×10^{-1}	1×10^{-2}
1.163	1	1.163×10^{-2}
1×10^{2}	8.60×10	1

و دما از جدول زیر قابل برداشت می باشد

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان
سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

	Pressure (psia)				
	100	200	500 Saturation	1000	2000
Temperature (°F)	0.282	0.310	0.383	0.498	0.8733
400	0.2716	0.3059			
500	0.2737	0.2909	0.3595		
600	0.2813	0.2896	0.3228	0.413	
700	0.2917	0.2965	0.3161	0.3586	0.5206
800	0.3050	0.3090	0.3206	0.3453	0.4214
900	0.3161	0.3197	0.3277	0.3477	0.3946
1000	0.3276	0.3302	0.3392	0.3531	0.386

.در نتیجه با فاکتور های در دست می توان ضریب را برای هر دو سمت گاز و بخار محاسبه نمود .که البته در سوپر هتر سمت لوله بخار بوده و این مقدار تنها در محاسبه بخار مورد استفاده می باشد :حال لازم است تا ضریب انتقال حرارت سمت گاز را محاسبه نماییم

ho=hc+hN

در این دو مقدارhcضریب انتقال حررات جا به جایی وhN ضریب انتقال حررات جریان نا ارام می باشد که این مقادیر بسته به اثر گذاری پره ها می بایست تصحیح شود،در این دو مقدار hNدر دمای زیر°800F قابل صرف نظر می باشد

محاسبه مقدار ضریب انتقال حرارت جا به جایی:

hc=0.9G0.6*Fd0.4

Temp (°F)	*F*
200	0.094
400	0.103
600	0.110
800	0.116
1000	0.123
1200	0.130

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

G=12*wgNw*L(sT-d)

:سرعت جرمی گاز می باشد که با فرمول بالا قابل محاسبه استG

Nwتعداد لوله ها

sTفاصله عرضی لوله ها

L طول لوله

wgدبی گاز

عوامل مانند اندازه لوله، تعداد جریانهای حامل جریان بخار، فاصله لوله، سرعت توده گاز و غیره، بر اساس تجربه انتخاب می شود که البته این مقدار بستگی مستقیم به تعداد لوله ها و شرایط هندسی مسئله دارد و ما در مرحله اول به دلیل عدم دسترسی به جزئیات طراحی و هدف از رسییدن به این مهم، با تکیه بر مقادیر قید شده در منابع معتبر این عدد در حدود 3 تا w/m2.k10 برای سوپر هیتر آمده است

افت فشار سمت لوله:

Δp=3.36x10-6*fw2lev/d5i

اگر سوپر هیتر با این روند طراح شود (طراحی لوله های وارون) برای محاسبه تعادل باید برای هر المان به طور جداگانه انجام شود.
در صورت بالا بودن دما و عدم صرف نظر کردن از روند زیر می بایست انجام شود .

Q:تبادل خالص تابش بین گازها و محیط اطراف

QA=σεg(T4g-T4o)=hN(Tg-To)
hN=σεgT4g-T4oTg-To
L=1.08*STSL-0.785d2f
εg=εc+ηεw-Δε
Tg انتشار گاز در دمای εg
To ضریب جذب در αg

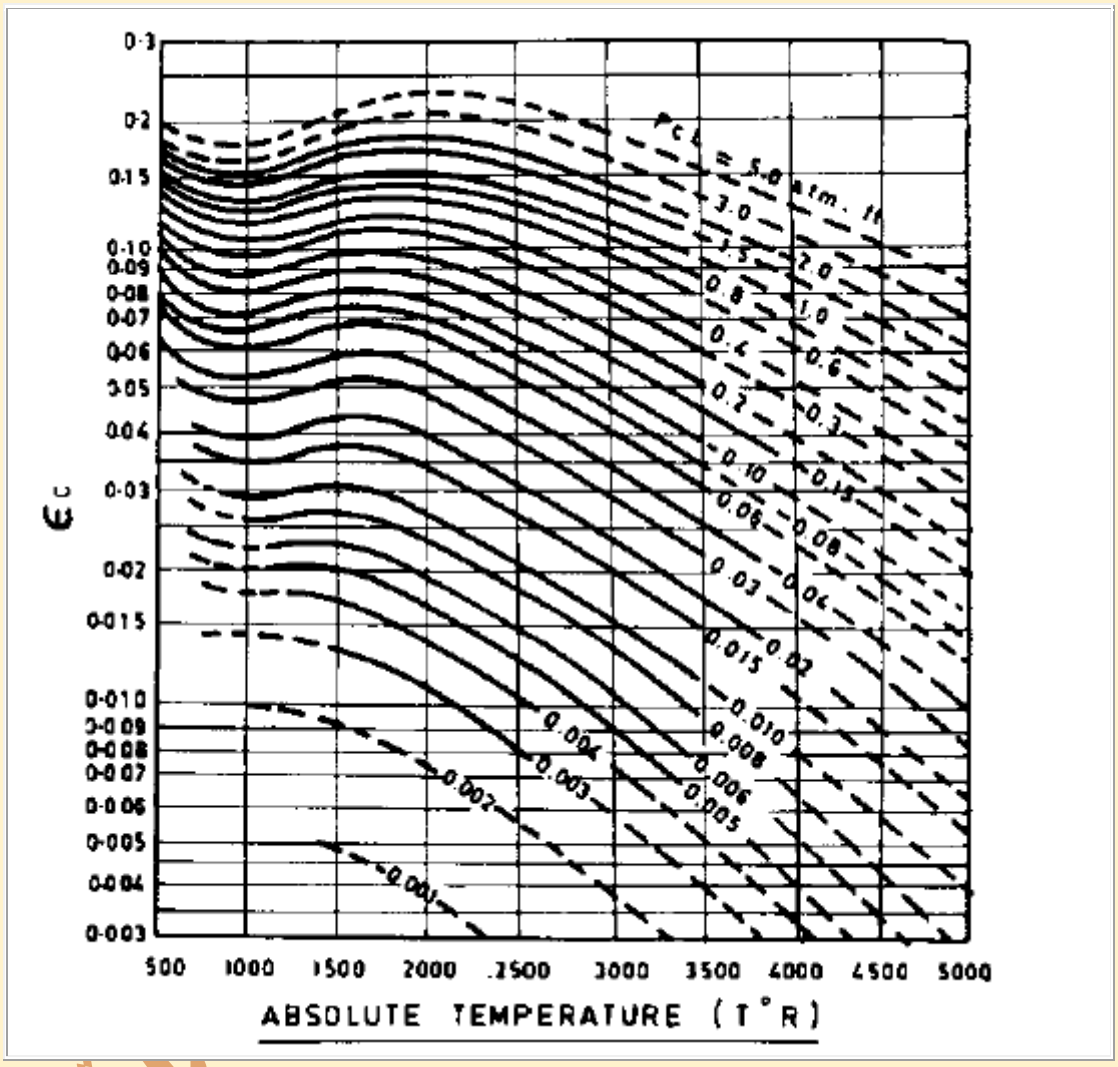
Tg: دمای مطلق گاز ^{o}R
Toدمای مطلق سطح لوله ^{o}R

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

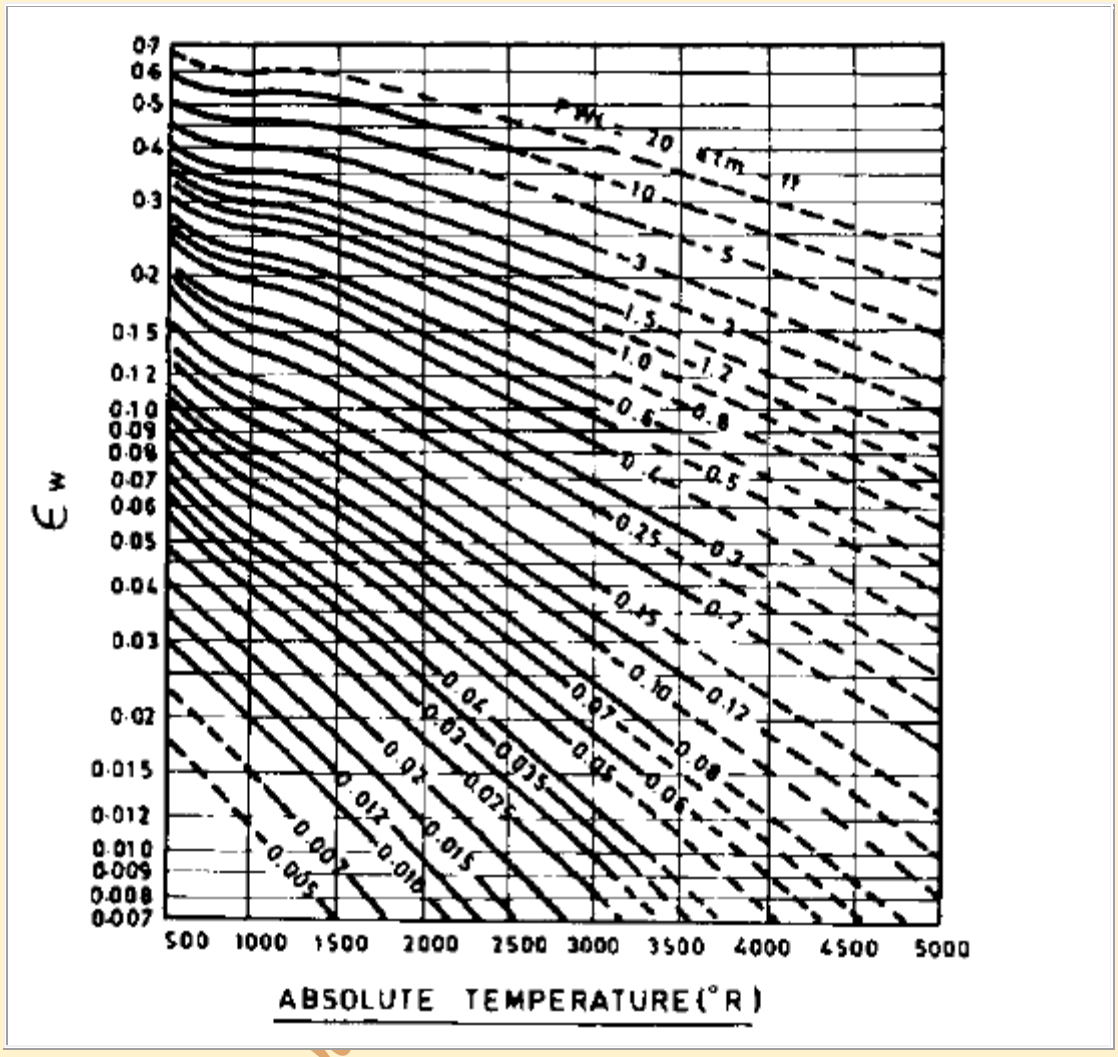
ηضریب تصحیح فشار آب
Δεکاهش انتشار بر اثر فشار بخار آب و کربن دی اکسید



آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان

سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع



مرکز فروش و توزیع دیگ بخار در شرق تهران

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
وب سایت Tehranbokhar.com
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان
سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

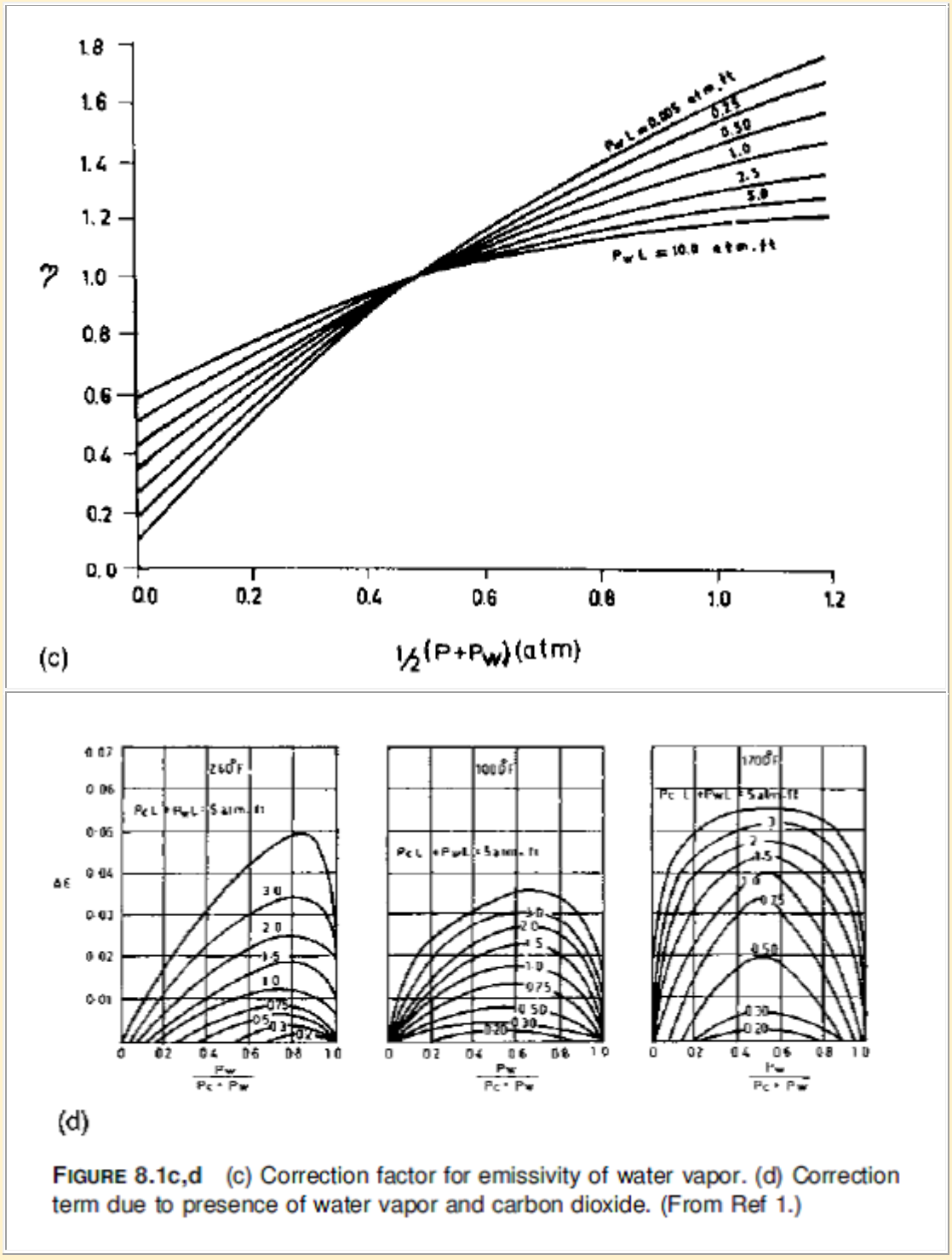


FIGURE 8.1c,d (c) Correction factor for emissivity of water vapor. (d) Correction term due to presence of water vapor and carbon dioxide. (From Ref 1.)

افت فشار معمول در سورپرهیتر ها در حدود 8درصد فشار خروجی آن ها می باشد .

سایز لوله های مورد استفاده در سوپر هیتر ها
لوله های ساده مورد استفاده در سوپر هیتر ها در رنج های معمول با قطر داخلی 38.1-44.5-50.8-63.5 هستند و سایز

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
Tehranbokhar.com وب سایت
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454

شرکت طهران بخارگرماسازان
سازنده انواع دیگ های بخار،ابگرم،بویلرروغن،فیلترشنی،
سختیگیر،دی اریتور و مخازن تحت فشار و تانکرهای حمل گاز مایع

های 70 mm و 31.8 نیز در این زمینه وجود دارند که البته کمتر رایجند.لوله ها با سایز های بالا در رنج های جریان بخار بالا مورد استفاده قرار می گیرند. البته لوله ها با قطر پایین انتقال حرارت بهتری دارند اما به دلیل ضعم در ساختار مکانیکی کمتر مورد استفاده نمی باشند. عموما سایز های 50.8 و 63.5 در بویلر های قدرت و سایز های 44.5-38.1 و 50.8 در کاربرد های صنعتی مورد استفاده می باشد. کمترین ضخامت برای مقابله با خم شدگی 3.5 mm بوده و برای کاربری هایی که از زغال سنگ استفاده می شود این ضخانت نی بایست در حدود 3.66 بوده و مقادیر ضخامت لوله ها بسته به فشار و دمای کاری تغییر می کند.برای لوله های پره دار در سیکل های HRSG در حدود 2.9/2.65 در نظر گرفته می شود.در این لوله ها ضخامت های پایین مورد استفاده بوده که این ضخامت ها به دلیل وجود پره ها و مقاومت آن ها قابل استفاده است.

Fuel	Gas		Oil	Pulverized Fuel Low/Soft Ash	Pulverized Fuel Abrasive Ash	Spreader	Stokers
Distillate Residual	Coal	Bagasse/ Biomass					
Maximum gas velocity (m/s)	30	30	18	15-18	12-14	18	15-18
Maximum gas velocity (ft/s)	100	100	60	50-60	40-45	60	50-60
Clear spacing front (mm)	50	50	100-150	200	250-400	100-150	175
Clear spacing rear (mm)	50	50	50	75-150	100-150	50	63.5

دمای کاری سوپر هیتر ها

Permissible Metal Temperature Limits for Various Tube Materials

Tube Material	Composition	Maximum Temperature (°C)
Carbon steel	Carbon <0.25%	455-480
Alloy steel	0.5% Mo	510
Alloy steel	1.25% Cr + 0.5% Mo	565-595
Alloy steel	2.25% Cr + 1.0% Mo	575-595
Alloy steel	9% Cr + 1% Mo	595
Stainless steel	18% Cr + 8% Ni	~650

تنظیم: مهندس علیرضا بهشتی فرد.....پاییز ۱۴۰۰

آدرس دفتر مرکزی : جاده خاوران-ابتدای شریف اباد روبروی بیمارستان زعیم
وب سایت Tehranbokhar.com
شماره تماس:09188638836-09128913427-09129516454