فهـــــرست مطالـــــــب

فصل اول : مقدمه	۴
دستگاههای تبادل حرارتی	۵
مبدلهای حرارتی پوسته و تیوب	۶
فصل دوم : اجزای مبدلهای حرارتی	۸
اجزاء و قسمتهای خارجی مبدل حرارتی	۹
پوسته	۹
کانال	۱۲
اجزاء و قسمتهای داخلی مبدل حرارتی	۱۴
دسته تیوب	۱۴
فرق کلی لوله و تیوب	۱۹
سرپوش سرشناور	۱۹
صفحه تیوب	۲۲
ترتیب قرار دادن تیوبها در صفحه تیوب	۲۳
صفحات هادی	۲۴
انواع صفحات هادی	۲۵
آندهای فدا شونده	۲۸
فصل سوم : انواع مبدلهای حرارتی	۳۰
طبقه بندی مبدلهای حرارتی	۳۱
مبدل حرارتی سرشناور	۳۱
مبدل حرارتی با تیوب U شکل	۳۲
مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب ثابت	۳۳
انواع سر شناور	۳۶
انواع پوسته	۳۷
انواع مبدل پوسته وتیوب از نظروظایف وکاربرد	۳۷
مبدل حرارتی	۳۷
کندانسوریا چگالنده	۳۸
کولریا خنک کننده	۳۸
ری بویلریا جوشاننده	۳۹

گرم کننده	۴۴
سرد کننده یا چیلر	۴۵
مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب مضاعف	۴۵
انواع دیگر مبدلها	۴۶
مبدل حرارتی دو لوله ای پره دار	۴۷
برجهای خنک کننده	۴۸
مبدلهای حرارتی بدون پوسته	۵۱
مبدلهایی که با هوا خنک می شوند	۵۱
مبدل با دسته تیوب مکعب مستطیلی	۵۲
انواع جریان در مبدل حرارتی	۵۲
گردش مایع در مبدلهای حرارتی	۵۲
طرحهای مختلف گشت در پوسته و تیوب	۵۳
غلطک تیوب	۵۶
فصل چهارم : نصب و جدا کردن اجزای مبدل	۵۹
روشهای نصب و آب بندکردن تیوبها	۶۰
پیاده کردن اجزاء	۶۴
آماده سازی قبل از باز کردن قطعات	۶۴
بیرون آوردن دسته تیوب از پوسته	۶۴
حمل و جابجایی دسته تیوپها	۶۷
تمیزکردن مبدلهای حرارتی	۶۷
بازرسی	۷۰
تعمیرات مبدلها	۷۰
تعویض کلی تیوبها	۷۱
لائی ها	۷۳
قراردادن دسته تیوب در پوسته	۷۴
آزمایشات هیدرو استاتیکی مبدلهای حرارتی	۷۵
بستن و آزمایشات مبدلها	۷۶
آزمایشات مبدلهای حرارتی سر شناور	۷۶
پلاک کردن تیوبها	۷۸
ترک تیوب ها	۸۱

آزمایش مبدلهای حرارتی با دو صفحه تیوب ثابت ۸۲
انجام آزمایش ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم ۸۳
آزمایشات مبدلهای با تیوب U شکل ۸۴
آزمایشات مبدلهای سر شناور با پکینگ خارجی ۸۵
دستورالعمل بازرسی مبدلهای حرارتی ۸۶
منابع مورد استفاده ۸۸

فصل اول

مقدمه

د ستگاههای تبادل حرارتی HEAT EXCHANGERS

بطور کلی در صنایع نفت،گاز، شیمیایی وپتروشیمیایی و پروسس وسایلی وجود دارندکه کارشان انتقال حرارت از یک مایع یا گازبه یک مایع یاگاز دیگراست. این انتقال حرارت از جداره فلزی یک لوله یا تیوب طوری انجام می گیرد که از مخلوط شدن آنها جلوگیری می کند، دستگاههایی که این تبادل حرارت را انجام می دهند بطور کلی مبدل حرارتی یا HEAT EXCHANGERS نامیده می شوند .از مبدل حرارتی برای کم کردن درجه حرارت مایعی که لازم است سرد شود و یا گرم کردن مایعی که باید درجه حرارتش بالا رود ، استفاده می شود . همچنین در دستگاههای پروسس و تقطیر برای جدا کردن و تفکیک (SEPARATION) مواد مختلف نفت ، جهت تهیه فرآورده های مختلف از نفت خام که هر کدام دارای نقطه جوش خاصی می باشد ، نفت خام را حرارت می دهند تا هر ماده در حرارت معینی به جوش آمده ، تبخیر و از بقیه مواد جدا شود و برای اینکه مواد تبخیر شده دوباره تبدیل به مایع گردند یا به درجه حرارتی برسند که بتوان عملیات بعدی را روی آنها انجام داد ویا قابل انبار کردن در مخازن گردند باید مقداری یا تمام حرارت آنها را کاهش داد .این عملیات بوسیله مبدل حرارتی انجام میشود .ضمنا برای صرفه جوئی در مصرف مقدار سوخت و هزینه پالایش، انرژی حرارتی ذخیره شده در مواد نفتی داغ و بخار را در مبدل حرارتی گرفته و به مواد نفتی خنک که باید تحت عملیات قرار گیرد می دهند. تبادل حرارت در مبدل حرارتی ممکن است بین دو مایع ، دو گاز ، یا یک مایع و یک گاز انجام شود .ما بطور کلی مایعات و گازها را در این مجموعه سیال می نامیم .مبدلهای حرارتی در طرح های مختلف و متنوع و اندازه های متفاوت ساخته می شوند و بسته به شرایط کار آنها ، اسامی مختلفی دارند ولی اساس کار همگی آنها یکی است ، یعنی تبادل حرارت انجام می دهند .

انواع مبدلهای حرارتی بطور فهرست عبارتند از :

بویلر BOILER - سوپر هیتر SUPER HEATER - پیش گرمکن یا اکونومایزر ECONOMIZER

ری بویلر یا جوشا ننده REBOILER- گرم کننده یا هیتر HEATER- تبخیر کننده EVAPORATOR

کولر COOLER - کاند نسر یا چگالنده CONDENSER- سرد کننده یا چیلر CHILER

برجهای خنک کننده آب COOLING TOWER و مبدل حرارتی یا HEAT EXCHANGER

حال هر کدام از مبدلهای فوق بطور خلاصه تعریف می شوند .

بویلر : یا دیگ بخار برای تهیه بخار آب بکار می رود .

سوپر هیتر : برای خشک کردن و تهیه بخار فوق اشباع استفاده می شود .

پیش گرم کن یا اکونومایزر : برای گرم کردن آب تغذیه دیک بخار بوسیله گازهای گرمی که از دیگ بخار به طرف دودکش حرکت می کنند ، بکار می رود و درجه حرارت آب را به ٤٥٠ درجه فارنهایت می رساند .

ری بویلر جوشاننده : مبدلی که مواد حاصل از برجهای تقطیر را بوسیله بخار آب یا نفت داغ گرم می کند و قسمتی از مواد را به بخار تبدیل می نماید .

هیتر یا گرم کننده : مبدلی است که فقط درجه حرارت سیال را افزایش می دهد بدون اینکه در حالت سیال تغییری داده شود .

تبخیر کننده : مبدلی است که باعث تبدیل مایع به بخار می شود .

کولر : مبدلی است که باعث کاهش درجه حرارت و خنک کردن سیال شده بدون اینکه حالت سیال عوض شود .

کندانسور یا چگالنده : وظیفه این مبدل حرارتی تبدیل بخارات حاصل از عمل تفکیک به مایع و همچنین جهت صرفه جوئی در آب تغذیه دیگ بخار ، بخار مرده DEAD STEAM خروجی توربینهای بخار را به آب مقطر تبدیل کرده و به دیگ بخار بر می گرداند .

سرد کننده یا چیلر : بوسیله مایع پروپان باعث سرد کردن مواد گرم می شود .

برجهای خنک کننده آب : تشکیل شده از طبقات چوبی مشبک که بطور افقی برروی هم نصب شده و آب از بالا به پائین و هوا از پائین به بالا جریان دارد و باعث خنک شدن برای استفاده مجدد می شود .

مبدل حرارتی : اگر تبادل حرارت بین دو مایع انجام شود ، دستگاه را مبدل حرارتی یا HEAT EXCHANGER گویند .

و یا می توان گفت اگر هیچکدام از سیالات نه تبخیر شود و نه تقطیر این دستگاه را مبدل حرارتی یا هیت اکسچنجر گویند .

در قسمتهای آینده در باره انواع مبدلهای حرارتی بطور مشروح بحث خواهد شد .

مبدلهای حرارتی پوسته و تیوب SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER

این نوع مبدل ، معمول ترین نوع مبدل حرارتی در صنعت نفت است و دارای سطح انتقال حرارت زیادی در واحد حجم اشغال شده می باشد . ساختمان مبدل پوسته و تیوب تشکیل شده از تعدادی تیوب های موازی که در داخل یک یا دو صفحه تیوب TUBE SHEET متصل شده اند و درون پوسته ای استوانه ای شکل قرار گرفته اند .تیوب ها ممکن است بصورت مستقیم STRAIGHT و یا U شکل باشند . تیوب های مستقیم احتیاج به دو صفحه تیوب دارند ولی در تیوب های U شکل فقط یک صفحه تیوب بکار می رود .یک سیال در داخل تیوب ها جریان دارد و بنام طرف تیوب TUBE SIDE FLUID و سیال دیگر خارج از تیوب ها و داخل پوسته و بنام طرف پوسته SHELL SIDE FLUID نامیده می شود .

از دو سیال فوق یکی سرد و دیگری گرم و بدون اینکه بطـور مـستقیم بـا یکـدیگر تمـاس داشـته باشند از طریق دیواره فلزی تیوب ها با یکدیگر تبادل حرارت انجام میدهند .بهترین تبادل حرارت وقتی امکان پذیر است که سیال درون پوسته و تیوبها عکس یکدیگر جریان داشته باشند .

میزان انتقال حرارت در مبدلها بستگی به عوامل زیر دارد :

۱. اختلال درجه حرارت بین دو مایع
۲. سطح انتقال حرارت
۳. حجم مایعات درون پوسته و تیوبها و نحوه تقسیم آنها
٤. ضخامت و جنس ساختمان مبدل

فصل دوم:
اجزای مبدلهای حرارتی

اجزاء و قسمتهای خارجی مبدل حرارتی HEAT EXCHANGER EXTERNAL PARTS

با توجه به شکل شماره ۱ اجزاء و قسمتهای مختلف خارجی مبدل عبارتند از :

پوسته SHELL

پوسته مبدل حرارتی عموما استوانه ای شکل میباشد و دسته تیوب TUBE BUNDLE در داخل آن قرار می گیرد . (شماره ۸) اندازه قطر داخلی پوسته ها استاندارد و از ۸ تا ۶۰ اینچ متغیر است. پوسته های تا ۲۳ اینچ قطر داخلی از لوله ساخته می شود و بالاتر از ۲۳ اینچ از ورقه های نورد شده استفاده می شود . درزهای طولی و محیطی پوسته بوسیله جوش اتوماتیک جوشکاری می شود. پوسته مبدلهای حرارتی را از نظر جنس ، قطر ، ضخامت و حجم پوسته با توجه به نوع موادی که در آن جریان دارد و حجم مایع درون پوسته و فشار و درجه حرارت سیال و تعداد تیوب ها و طول و قطر تیوبها طراحی می کنند .پوسته مبدلهای حرارتی را از جنس های مختلف مانند چدن ، فولاد ریختگی ، فولاد آهنگری شده و فولاد آلیاز دار (ALLOY STELL) می سازند. پوسته های چدنی به علت ارزانی و مقاومت در مقابل خوردگی مصرف زیادی دارند ولی نباید در فشارهای بیشتر از PSI ۱۵۰ پوند بر اینچ مربع و درجه حرارت بالاتر از F ٤۰۰ درجه فارنهایت مورد استفاده قرار بگیرد برای درجه حرارت و فشار بیشتر از مقدار فوق باید از پوسته های فولادی آهنگری شده که می تواند در فشار PSI ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و F ۷۰۰ درجه فارنهایت مقاومت کنند استفاده کرد .حداقل ضخامت پوسته های فولادی ۳ ، ۷ ، ۱ اینچ و حداقل ضخامت پوسته های ۸ ، ۶ ،۲فولادهای آلیاز دار ۱ ، ۳ ، ۱ ، ۵ اینچ می باشد.

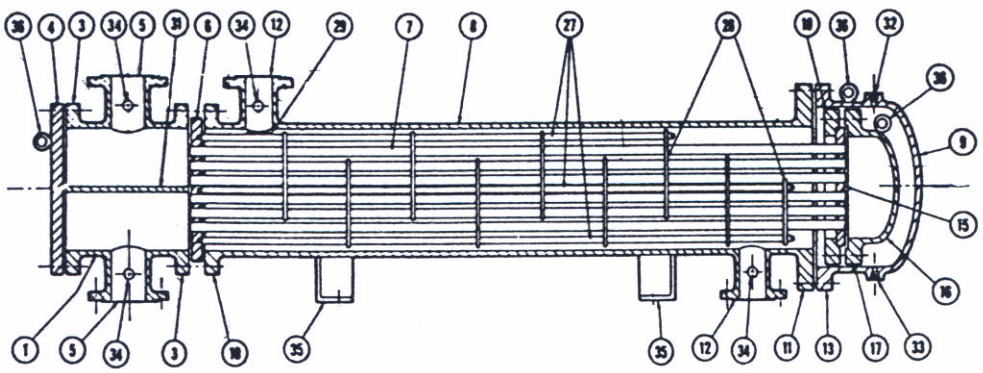
در پوسته مبدلهای ری بویلر نوع کتری KETTLE TYPE و تبخیر کننده EVAPORATOR و سرد کننده یا چیلر CHILLER فضایی جهت تبخیر درون پوسته بنام فضای تبخیر VAPOUR SPACE تعبیه شده است . جدول شماره ۱ حداقل ضخامت های پوسته را با توجه به قطر و جنس پوسته نشان میدهد .

حداقل ضخامت پوسته **MINIMUM SHELL THICKNESS**

قطر اسمی پوسته (INCH)	حداقل ضخامت (INCH) فولاد کربن دار لوله PIPE	فولاد کربن دار ورق PLATE	آلیاز ALLOY
۱۲-۸	۳	-	۱/۸
۲۹-۱۲	۳/۸	۳/۸	۳/۱۶
۳۹-۳۰	-	۷/۱۶	۱/٤
۶۰-٤۰	-	۱/۲	۵/۱۶

جدول شماره یک(۱).

1. Stationary Head—Channel
2. Stationary Head—Bonnet
3. Stationary Head Flange—Channel or Bonnet
4. Channel Cover
5. Stationary Head Nozzle
6. Stationary Tubesheet
7. Tubes
8. Shell
9. Shell Cover
10. Shell Flange—Stationary Head End
11. Shell Flange—Rear Head End
12. Shell Nozzle
13. Shell Cover Flange
14. Expansion Joint
15. Floating Tubesheet
16. Floating Head Cover
17. Floating Head Flange
18. Floating Head Backing Device
19. Split Shear Ring
20. Slip-on Backing Flange
21. Floating Head Cover—External
22. Floating Tubesheet Skirt
23. Packing Box
24. Packing
25. Packing Gland
26. Lantern Ring
27. Tierods and Spacers
28. Transverse Baffles or Support Plates
29. Impingement Plate
30. Longitudinal Baffle
31. Pass Partition
32. Vent Connection
33. Drain Connection
34. Instrument Connection
35. Support Saddle
36. Lifting Lug
37. Support Bracket
38. Weir
39. Liquid Level Connection



شکل شماره یک (۱)

اسامی قطعات به فارسی مربوط به ۱-۱۹-۲۱-۲۷-۴۸-۵۲-۵۳

۱-سر ثابت-کانال

۲-سر ثابت- سرپوش

۳-فلنج سر ثابت-کانال یا سرپوش

٤-سرپوش کانال

۵-مجرای ورود و خروج پوسته

۶-صفحه تیوب شناور

۷-تیوب

۸-پوسته

۹-سرپوش پوسته

۱۰- فلنج پوسته(طرف کانال)

۱۱-فلنج پوسته(طرف بانت)

۱۲- لوله های ورود و خروج پوسته

۱۳- فلنج سرپوش پوسته(فلنج بانت)

۱٤-اتصال انبساطی

۱۵- صفحه تیوپ شناور

۱۶- سرپوش سر شناور

۱۷- فلنج سر شناور

۱۸- حلقه پشتی سر شناور

۱۹- حلقه دو تکه

۲۰- فلنج پشت بند

۲۱- سرپوش سر شناور (خارجی)

۲۲- حاشیه صفحه تیوپ شناور

۲۳- فلنج جعبه آب بندی

۲٤- پکینگ

۲۵- گلند پکینگ

۲۶- حلقه فانوسی

۲۷- میله های رابط و فاصله دهنده

۲۸-صفحات هادی مایع و تکیه گاه تیوبها

۲۹- سپر ضربه گیر

۳۰- صفحه هادی افقی

۳۱-صفحه تقسیم کننده دهانه کانال

۳۲- محل اتصال سر تخلیه هوا

۳۳- محل اتصال سر تخلیه مایع

۳٤- محل اتصال ابزارهای اندازه گیری

۳۵- پایه مبدلهای افقی

۳۶-حلقه برای بلند کردن سرپوش

۳۷-پایه مبدل حرارتی

۳۸-صفحه سر زیر

۳۹-محل اتصال مایع نما

فلنج های پوسته SHELL FLANGE

پوسته در مبدلهای دارای سر شناور (FLOATING HEAD) مانند شکل شماره ۱ دارای دو عدد فلنج یکی بنام فلنج پوسته طرف کانال (قطعه شماره ۱۰) و دیگری بنام فلنج پوسته (بانت) قطعه شماره ۱۱ میباشد اما در مبدلهای دیگر مانند ری بویلر نوع کتری و مبدل U شکل(به شکل های شماره ۱۹ و ۲۷ مراجعه شود) پوسته دارای یک فلنج که طرف کانال قراردارد می باشد .

سرپوش پوسته (بانت) SHELL COVER (BOUNET)

سرپوش پوسته به شکل نیم کره (کاسه ای شکل) ساخته شده و دارای فلنجی است که بوسیله پیچ و مهره و قرار دادن لایی به پوسته متصل می شود (قطعه شماره۱)این سر پوش یا COVER خروج مایع را از پوسته مسدود می نماید ضخامت این سرپوش باید حداقل مساوی ضخامت پوسته باشد برای اطلاع بیشتر به جدول شماره ۱ مراجعه کنید .

سرپوش پوسته برروی یک مبدل حرارتی در شکل شماره۱ نشان داده شده است .

لوله های ورود و خروج پوسته SHELL NOZZLES

لوله های ورودی و خروجی سیال روی خود پوسته قرار دارند (قطعه شماره ۱۲) و هر کدام دارای یک فلنج برای اتصال به قطعات دیگر میباشند .

به لوله های ورود و خروج پوسته نازل NOZZLE نیز می گویند .بر روی لوله های ورود و خروج پوسته معمولا یک عدد بوشن (کوپلینگ) ¾ یا یک اینچ برای اتصال وسایل اندازه گیری INSTRUMENT CONECTION متصل می نمایند (قطعه شماره ۳٤) .

محل اتصال شیر تخلیه هوا VENT CONECTION

در بالای پوسته یا سرپوش پوسته (بانت) یک عدد بوشن (کوپلینگ) ¾ اینچ جهت اتصال شیر تخلیه هوا و نصب می گردد (قطعه شماره ۳۲).

محل اتصال شیر تخلیه مایع (زهکشی) DRAIN CONNECTION

در پایین پوسته یا سرپوش پوسته نیز یک عدد بوشن (کوپلینگ) ¾ اینچ جهت اتصال شیر تخلیه مایع تعبیه می شود (قطعه شماره ۳۳) دو عدد بوشن (COUPLING) ¾ اینچ نیز در قسمت تیوبها به منظور فوق بکار می رود .

کانال CHANNEL

مجرای ورود و خروج سیال به تیوبها از طریق کانال صورت می گیرد (قطعه شماره ۱) .کانال دارای دو فلنج (قطعه شماره ۳) که یکی همراه لایی (بین فلنج کانال و صفحه تیوب ساکن قرار می گیرد) به پوسته پیچ و مهره می شود و دیگری به سرپوش کانال (CHANNEL COVER) متصل می گردد ونیز دارای ۲ عدد نازل (قطعه شماره ۵) برا ورود و خروج سیال از تیوبها

می باشد . بر روی هرکدام از نازل ها یک عدد بوشن جهت اتصال وسایل انـدازه گیـری متـصل شده است (قطعه شماره ٣٤) تعداد کانال ها یک یا دو عدد میباشـد . ضـخامت کانـال معمـولا باید مساوی ضخامت پوسته باشد و به هیچ وجـه نبایـد کمتـر از حـداقل پوسـته کـه در جـدول شماره ۱ نشان داده شده است، باشد .

صفحات تقسیم کننده کانال PASS PARTION

صفحات تقسیم کننده کانال (قطعه شماره ۳۱) صفحاتی هستند که دهانه داخلی کانـال را بـه دو یا چند قسمت می کنند و باعث می گردند که تیوبها نیز دو یا چند بخش شوند و در نتیجه سیال تعداد مسیرهای بیشتری را در تیوب جهت تبادل حرارت زیاد تر بپیماید . در بعـضی از مبـدلهای حرارتی صفحه تقسیم کننده وجود ندارد مانند مبدلهایی که دارای ۲ کانال میباشند و تیوبها یـک گشتی (PASS) هستند سیال از یک کانال وارد تیوبها و از کانال دیگر خارج میـشود و احتیـاجی بـه صفحه تقسیم کننده نیست (شکل شماره ٤٠ -الف) .

لازم به توضیح است که گشت یـا پـا عبارتـست از مـسیری کـه سـیال در پوسـته و یـا در تیـوب می پیماید .گشت سیال در تیوب ها از طریق کانال و بوسیله صفحات تقسیم کننده کانال صـورت میگیرد .در مبدلهای ۲ گشت در تیوب یک عدد کانـال و یـک صـفحه تقـسیم کننـده وجـود دارد ومبدلهایی با چهار گشت در تیوب یک عدد کانال ولی دو صـفحه تقـسیم کننـده میباشـد(ماننـد شکل شماره٠ ٤-ب و شکل شماره٠ ٤-د) مبدلهای ٤ گـشت در تیـوب حـداقل ضـخامت پـاس پارتیشن بسته بقطر و جنس پوسته ¼ ، ⅜ ، ½ اینچ میباشد .

سرپوش کانال CHANNEL COVER

صفحه ای است فلزی مانند فلنج کور (BLIND FLANGE) که همراه یک لایی بوسیله پیچ و مهـره به فلنج کانال بـسته میـشود و خـروج سـیال را از درون تیـوب هـا بـه خـارج از مبـدل مـسدود می نماید (قطعه شماره ٤) .سرپوش کانال دارای یک یا دو یا سه شیار افقی به عمق۳/۱۶ جهت درگیر شدن با پاس پارتیشن مربوط به کانال می باشد .

حلقه برای بلند کردن سرپوشها LIFTING LUG

جهت حمل و نقل و جدا کردن قطعاتی از مبدل حرارتی که بیش از ۶۰ پوند وزن داشـته باشـند مانند کانال ، بانت و سرپوشها از مبدلهایی که دارای حلقه ای برای بلند کردن و یا سوراخ دندانه داری TAPPED HOLE جهت اتصال آی بولت EYE BOLT (قطعه شماره ۳۶) به آنها باشند اسـتفاده می شود .

پایه مبدل SUPPORT SADDLE

بـرای قـراردادن و نگهـداری مبـدل بـر روی فونداسـیون ازایـن پایـه اسـتفاده مـی شـود (قطعه شماره ۳۵) .

اجزاء و قسمتهای داخلی مبدل حرارتی HEAT EXCHANGER INTERNAL PARTS

دسته تیوب TUBE BUNDLE

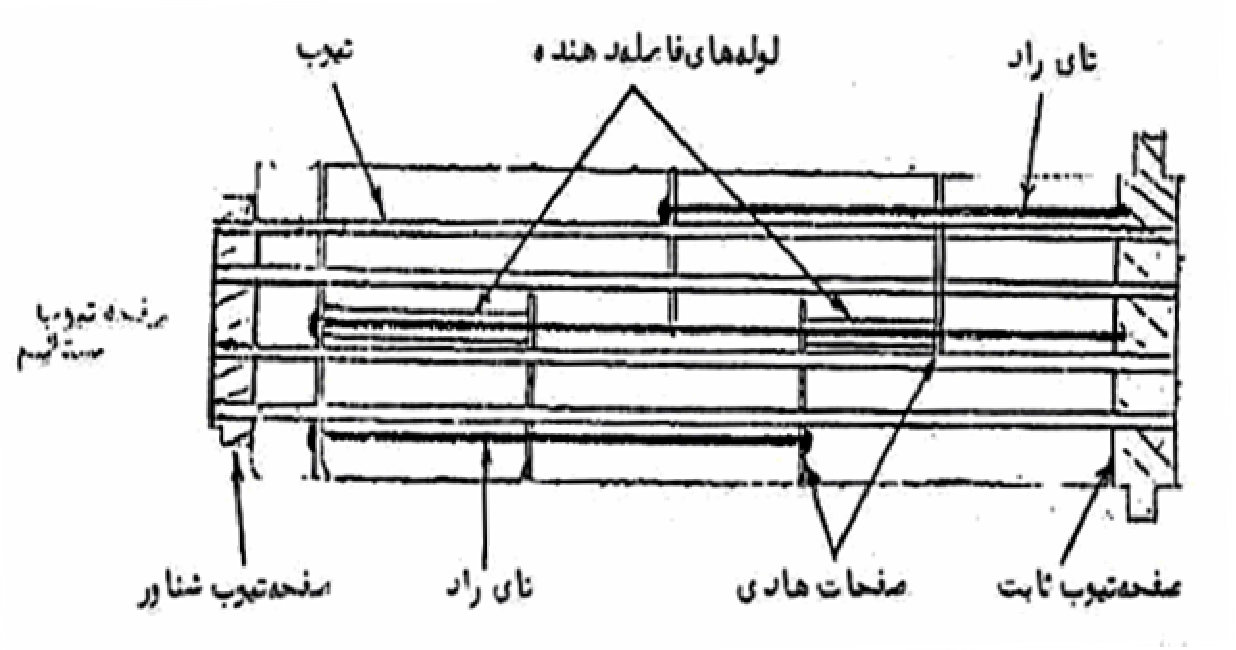
مجموعه تیوب ها ، صفحات تیوب ،با فل ها و میله های رابط (تای راد) و لوله های فاصله دهنده را اصطلاحا "دسته تیوب می گویند .

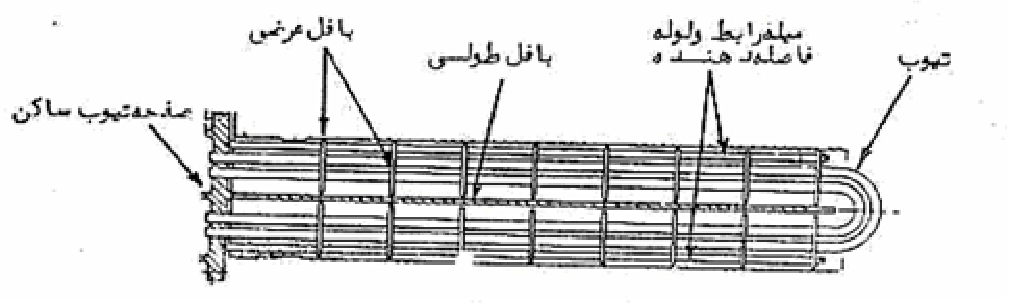
دسته تیوبها بر دو نوعند :

۱- دسته تیوب مستقیم STRAIGHT TUBE BUNDLE : که در آن از تیوبهای راست و مستقیم استفاده میشود .

۲- دسته تیوب U شکل U – TUBE BUNDLE: که در آن از تیوبهای خمیده به شکل U استفاده می شود .

در دسته تیوب مستقیم هر دو سر تیوب ها باز و آزاد است و امتیاز آن در اینست که داخل تیوب ها به آسانی قابل تمیز کردن است و دارای دو صفحه تیوب (TUBE SHEET) در ابتدا و انتهای تیوبها میباشد.دسته تیوب U شکل میتوانند منبسط و طولشان زیاد شود و درجه حرارت بیشتری را تحمل کنند .تعداد وسایل و متعلقات در این نوع دسته تیوب کمتر از دسته تیوب مستقیم است ولی تعمیر این دسته تیوب ها و تمیز کردن آنها نسبت به دسته تیوب مستقیم مشکلتر است .





شکل شماره دو(۲)

جنس تیوبها

تیوبها از جنس ها و آلیاژهای مختلف با توجه به نوع سرویس آنها ساخته میشوند . بطورکلی جنس تیوبها به خواص شیمیایی فشار و درجه حرارت سیال و سطح تبادل حرارت بستگی دارد .

جنس ها ی مختلف تیوبها بطور عمده عبارتند از :

- فولاد کربن دار CARBON STEEL
- براس (برنج) BRUSS آلیاژی با ۶۷ درصد مس و ۳۳ در صدر وی
- آلومینیوم برنز ALUMINUM-BRONZE آلیاژی با ۹۵ درصد مس و ۵ درصد آلمینیوم
- مونل MONEL (آلیاژی با ۷۰ درصد نیکل و ۳۰ درصد مس) یا ۲ قسمت نیکل ۱ قسمت مس
- مس COPPER
- گرافیت (ذغالی) در صنایع شیمیایی GRAPHITE
- برنز مفرغ BRONZE آلیاژی از دو فلز مس و قلع ۸ تا ۱۱ درصد قلع وبقیه مس
- آلومینیوم
- فولاد کروم دار یا الیاژ های کروم دار
- فولاد ضد زنگ STAINLESS STEEL ۱۸ درصد کروم و ۸ درصد نیکل

تیوبهای اکثر مبدلهای حرارتی که در معرض خوردگی بوسیله گاز هیدروژن سولفوره داغ قرار دارند از آلیاژ های کرم دار ساخته شده اند .

ادمیرالتی متال ADMIRALTY METAL آلیاژی از ۷۰ درصد مس و ۲۹ درصد روی و ۱ درصد قلع بطور کل در مبدلها ئیکه آب برای خنک کاری و یا میعان بکار می رود تیوبها از آلیاژهای مس COPPER ALLOY و ادمیرالتی متال ساخته میشود و تیوب مبدلهایی را که بین دو مایع نفتی مختلف تبادل حرارت انجام می دهند از فولاد یا فولاد آلیا ژ دار ALLOY STEEL مقاوم در برابر خوردگی می سازند و همچنین در بعضی موارد که دو سیال مختلف خورنده در داخل و خارج تیوبها جریان

دارد از دو فلز مختلف یکی برای داخل تیوبها و دیگری برای خارج تیوبها استفاده می شود که هر لایه در برابر یک نوع خوردگی مقاوم میباشد .

کروم مقاومت تیوبها را در برابر خوردگی و اکسیده شدن افزایش می دهد .

نیکل : مقاوم در برابر خوردگی و استحکام فولاد را در درجه حرارتهای بالا زیاد می کند .

مونل : در مقابل زنگ زدن وخوردگی در آب شور جاری و اسید های رقیق معدنی و بیشتر اسیدهای آلی و سود سوز آور مقاومت خوبی دارد .

ضخامت و گیج تیوبها

ضخامت جداره تیوبها با شماره هایی بنام بیرمنگام وایرگیج B.W.G (BIRMINGAM WIRE GAUGE) که به اختصار گیج نامیده می شود طبقه بندی و مشخص شده اند. شماره گیج تیوبها مشخص کننده ضخامت آنهاست . هر چه شماره گیج بالا تر رود ضخامت جداره تیوب کمتر میشود. برعکس هرچه شماره گیج کمتر باشد ، ضخامت جداره تیوب بیشتر میشود .تیوبها دارای شماره گیج های متفاوتی میباشند ولی رایج ترین شماره گیج عبارتند از ۱۰-۱۲-۱٤-۱۶-۱۸ جدول شماره ۲ نشان می دهد که هر چه گیج تیوب بالا تر رود ، ضخامت جداره تیوب کمتر میشود . تیوبهای با ضخامت کمتر را آسان تر میتوان در صفحه تیوب منبسط کرد ولی فرسودگی آنها سریع تر است .

با توجه به روشهای تمیز کردن تیوبها از قبیل شستشوی با فشار زیاد آب (JET CLEANING) شستشوی شیمیایی و گاهی اوقات شن پاشی SAND BLAST که فشار زیادی به تیوبها وارد خواهد کرد بهتر است تیوبهای ضخیم تر بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

قطر تیوبها

همیشه قطر خارجی تیوبها اندازه گیری می شود .بطور مثال قطر خارجی تیوب ۱ اینچ همان ۱ اینچ و یا قطر خارجی تیوب $\frac{3}{4}$ اینچ برابر $\frac{3}{4}$ می باشد .

هر چه گیج تیوب کمتر شود ، ضخامت بیشتر و در نتیجه قطر داخلی تیوب کمتر خواهد شد .قطر تیوبها از $\frac{1}{4}$ تا $2\frac{1}{4}$ اینچ میباشد .

قطر های مختلف تیوبها عبارتند از $\frac{1}{4}$ ،$\frac{3}{8}$ ،$\frac{1}{2}$ ،$\frac{5}{8}$ ،$\frac{3}{4}$ ،$\frac{7}{8}$ ،1 ،$1\frac{1}{4}$ ،$1\frac{1}{2}$ ،1 ،$2\frac{1}{2}$.در گذشته تیوبها ی $\frac{1}{2}$، $\frac{5}{8}$ استفاده می شد ولی به علت رسوبها بسته می شد ند ، امروزه بیشتر از تیوبهای با قطر $\frac{3}{4}$و 1اینچ استفاده می شود و در مورد عبور مواد کثیف با قطر $1\frac{1}{4}$ استفاده می گردد .

طول و تعداد تیوبها

طول تیوبها برای تیوبها ی مستقیم و U شکل بطور اسناندارد ۸ -۱۰-۱۲-۱۶ و ۲۰ فوت می باشد . ممکن است از طولها ی دیگری نیز استفاده شود . مخصوصا تیوبهای با طول ۱۶ فوت بیشتر رایج است .

با در نظر گرفتن طول تیوبها اگر تیوبهای بلند تری استفاده شود در یک حجم معین تعداد تیوبهای کمتری مورد احتیاج است بنابراین تعمیر و نظافت تیوبها آسانتر است عوامل زیادی مانند مقدار جریان سیال (RATE) قطر و طول پوسته اختلاف درجه حرارت دو سیال داخل پوسته و تیوب نوع مبدل را تعیین می کنند.

ضخامت تیوب (MM)	ضخامت تیوب(INCH)	گیج تیوب
Thickness	Thickness	B.W.G
٤,٦١	٠,١٨	٧
٤,٢٣	٠,١٦٥.	٨
٣,٧٩	٠,١٤٨	٩
٣,٤٣	٠,١٣٤	١٠
٣,٠٧	٠,١٢٠	١١
٢,٧٨	٠,١٠٩	١٢
٢,٤٣	٠,٠٩٥	١٣
٢,١٣	٠,٠٨٣	١٤
١,٨٥	٠,٠٧٢	١٥
١,٦٦	٠,٠٦٥	١٦
١,٤٩	٠,٠٥٨	١٧
١,٢٥	٠,٠٤٩	١٨
١,٠٧	٠,٠٤٢	١٩
٠,٩	٠,٠٣٥	٢٠
٠,٧١	٠,٠٢٨	٢٢
٠,٥٦	٠,٠٢٢	٢٤
٠,٤٦	٠,٠١٨	٢٦

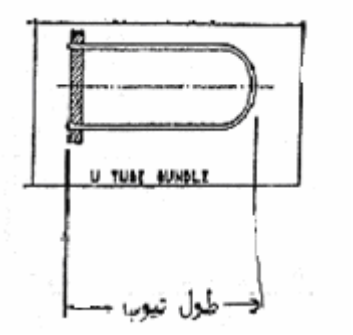
جدول شماره(۲)ضخامت تِیوبها نسبت به گیجهای مختلف

جدول شماره ۳ - مشخصات تیوبهای مبدلهای حرارتی و کاندنسرها

قطر خارجی اینچ		ضخامت جدار		سطح مقطع تقریبی داخل تیوب	سطح مقطع تقریبی	محیط هر تیوب بر حسب فوت بر واحد طول هر تیوب بر حسب فوت		سرعت برای یک GPM U.S.Gallon Min.	طرفیت با سرعت یک فوت بر ثانیه		آب پوند در ساعت	وزن در هر فوت بر حسب پوند
		اینچ	شماره BWG	فوت مربع	اینچ مربع	خارجی	داخلی		U.S.Gallon Min.			
۱		۰/۰۹۲۴	۱۰	۰/۰۰۲۶۲	۰/۰۶۷۴	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۲/۲۳۸	۱/۳۱۰	۰/۰۰۵۳	۲۰۵/۰	۰/۳۰۰
۱ ۱/۴	۲	۰/۰۴۹	۱۸	۰/۰۰۲۲۹۱	۰/۱۱۷۱	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۰/۶۲۸	۱/۴۷۲	۰/۰۲۴۵	۲۳۸/۵	۰/۴۷۳
	۱۴	۰/۰۶۵	۱۶	۰/۰۰۲۳۶۵	۰/۱۶۵۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۰/۷۲۴۵	۱/۳۶۰	۰/۰۳۴۰	۶۸۰/۰	۰/۶۱۵
	۱۲	۰/۰۸۳	۱۴	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۲۰۹۳	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۰/۸۱۳	۱/۲۳۰	۰/۰۴۳۰	۶۱۰/۰	۰/۷۲۶۸
	۱۰	۰/۱۰۹	۱۲	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۲۷۵۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۰/۹۱۸	۱/۰۰۵	۰/۰۴۷۶	۵۲۷/۰	۰/۸۳۶
	۸	۰/۱۳۴	۱۰	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۳۶۱۳	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۰/۹۶۲	۱/۸۴۱	۰/۰۴۸۱	۴۲۰/۰	۰/۴۰۱
	۶	۰/۱۸۲	۸	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۴۹۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۱/۰۲۱	۱/۴۲۵	۰/۰۶۱۲	۴۲۱/۲	۰/۴۲۰
	۴	۰/۲۳۲	۶	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۶۲۴۰	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۱/۱۲۸	۱/۵۷۲	۰/۰۷۴۸	۴۱۲/۴	۰/۶۴۷
	۳	۰/۳۰۲	۵	۰/۰۰۲۳۲۵	۰/۸۱۱۹	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۱/۴۷۲	۱/۹۳۰	۰/۰۹۲۰	۳۸۶/۴	۰/۸۱۷
	۲ ۱/۲	۰/۳۸۳	۴	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۰۳۱	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۱/۸۶۸	۲/۴۵۰	۰/۱۱۶۰	۳۶۰/۰	۱/۰۳۰
	۲	۰/۴۳۴	۳	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۱۶۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۲/۱۱۸	۲/۷۶۰	۰/۱۳۰۰	۳۴۰/۰	۱/۱۶۰
	۱ ۱/۲	۰/۴۸۳	۲	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۲۹۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۲/۳۵۸	۳/۰۷۰	۰/۱۴۵۰	۳۰۲/۰	۱/۲۸۰
	۱	۰/۵۴۳	۱	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۴۵۲۰	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۲/۶۲۸	۳/۴۲۰	۰/۱۶۱۰	۲۷۰/۰	۱/۴۳۰
	۳/۴	۰/۶۰۴	۰	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۷۱۲۰	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۲/۹۲۸	۳/۸۱۰	۰/۱۷۹۰	۲۴۰/۰	۱/۵۹۰
	۵/۸	۰/۶۲۷	۰	۰/۰۰۲۳۲۵	۱/۹۸۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۳/۲۲۸	۴/۲۰۰	۰/۱۹۸۰	۲۱۸/۰	۱/۷۶۰
	۱/۲	۰/۷۴۷	۰	۰/۰۰۲۳۲۵	۲/۲۶۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۳/۵۳۸	۴/۶۰۰	۰/۲۱۷۰	۱۹۸/۰	۱/۹۳۰
	۱/۴	۰/۸۶۷	۰	۰/۰۰۲۳۲۵	۲/۶۴۰۲	۰/۲۶۱۸	۰/۲۹۱۶	۳/۸۴۸	۵/۰۰۰	۰/۲۳۶۰	۱۸۰/۰	۲/۱۰۰

سطح تبادل حرارتی و مسائل اقتصادی تعداد و طول تیوب ها را تعیین می کند .مثلا در مبدل حرارتی دو لوله ای DOUBLE PIPE HEAT EXCHANGER که در مباحث آینده توضیح داده خواهد شد

فقط یک عدد تیوب U شکل مورد لزوم است و در سایر مبدلها بسیار متفاوت میباشد . تعداد تیوبها از کمتر از صد عدد تا هزار و چند هزار تیوب نوسان دارد .طول تیوبهای U شکل از لبه تیوب تا انتهای انحنای تیوب اندازه گیری میشود .



شکل شماره ٤

فرق کلی لوله و تیوب

۱- همانطور که اشاره شد تیوب ها با قطر خارجی اندازه گیری میشوند در صورتیکه لوله ها از قطر ۱ تا ۱۲ با قطر اسمی NOMINAL BORE و از ١٤ به بالا بوسیله قطر خارجی نام گذاری می شوند .

۲- ضخامت جداره تیوب ها با شماره گیج مشخص می شود ولی ضخامت جداره لوله ها بوسیله اسکجوئل SCHEDULE طبقه بندی شده اند .

۳- هرچه گیج تیوب بیشتر شود ضخامت جداره تیوب کمتر می شود ولی در لوله ها هر چه اسکجوئل بالا تر رود ضخامت لوله نیز بیشتر می شود .

در واقع شماره گیج تیوب با ضخامت جداره تیوب نسبت عکس دارد ولی اسکجوئل لوله با ضخامت جداره لوله نسبت مستقیم دارد .

سرپوش سرشناور FLOATING HEAD COVER

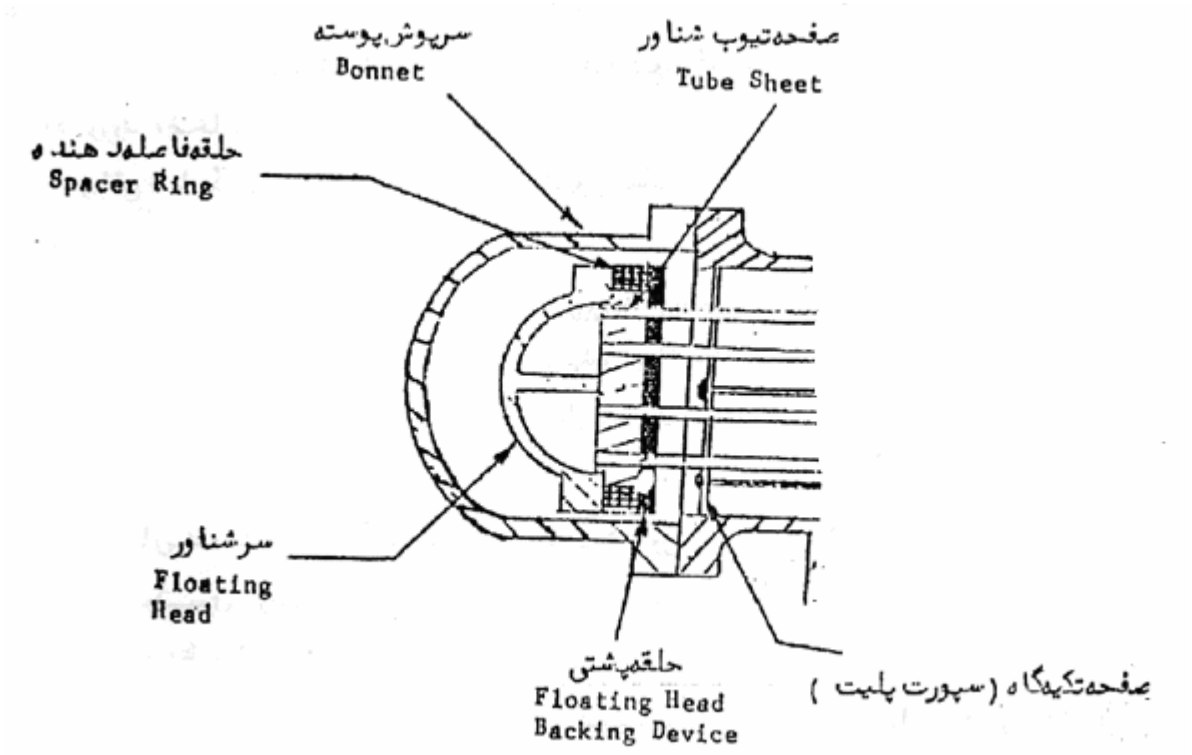
این سرپوش در مبدلهای سر شناور استفاده می شود و با اتصال به صفحه تیوب شناور مانع خروج سیال از داخل تیوب ها به درون پوسته می گردد و از مخلوط شدن دو سیال جلوگیری می کند (قطعه شماره ۱۶) .لائی بکار برده شده بین این سرپوش و صفحه تیوب شناور FLOATING RUBE SHEET نقش مهمی را در جلوگیری از مخلوط شدن دو سیال بازی می کند و در آزمایش تیوبها (تیوب تست) این مسئله را با دقت در نظر می گیرند .سرپوش سر شناور باعث تغییر جهت سیال در تیوبها می شود و جهت سیال را ۱۸۰ درجه تغییر می دهد .

در مبدلهای سر شناور با دو گشت در تیوب ، سرپوش سرشناور ، بدون صفحه تقسیم کننده (پاس پارتیشن) می باشند ، ولی سرپوش سر شناور مبدلهای ٤ گشت در تیوب دارای یک عدد صفحه تقسیم کننده می باشند(به شکل های شماره ٤٠- ب و ٤٠- د مراجعه شود) .

سرپوش سر شناور را با یک عـدد صـفحه تقـسیم کننـده PASS PARTITION نـشان مـی دهـد .بـه سرپوش سرشناور جهت اختصار و سهولت سرشناور یا فلوتینگ هد گفته می شود .

حلقه فاصله دهنده SPACER RING

حلقه ای است دایره شکل که روی صفحه تیوب شناور و بین سر شـناور (فلوتینـگ هـد) و پـشتی سر شناور قرار میگیرد و فاصله بین این دو را پر میکنـد .ایـن حلقـه در همـه مبـدلهای سرشـناور وجود ندارد .



شکل شماره ٦

حلقه پشتی سر شناور FLOATING HEAD BACKING DEVICE

حلقه ای است دو تکه که بوسیله پیچ ومهره به سر شناور (فلوتینـگ هـد) بـسته میـشود (قطعـه شماره ۱۸) بدین ترتیب که صفحه تیوب در وسط و سر شناور و حلقه پـشتی در طـرفین صـفحه تیوب بیکدیگر وصل میشوند و در حقیقت حلقه پشتی کارش نگهداری سرشناور بـه صـفحه تیـوب است . در بعضی از این نوع مبدلها حلقه پشتی وجود ندارد و سر شناور مستقیما بـه صـفحه تیـوب وصل میشود . در شکل شماره ۶ حلقه پشتی نشان داده شده است .

میله رابط TIE ROD

میله ا ست توپر به قطر $\frac{3}{8}$ تا $\frac{1}{2}$ از جنس براس یا فولاد که دو سر آن در حدود $\frac{1}{2}$ پیچ زده شده یک سر آن در(TAPPED HOLE) در صفحه تیوب ثابت پیچانده می شود کـارش نگهـداری بافلهـای

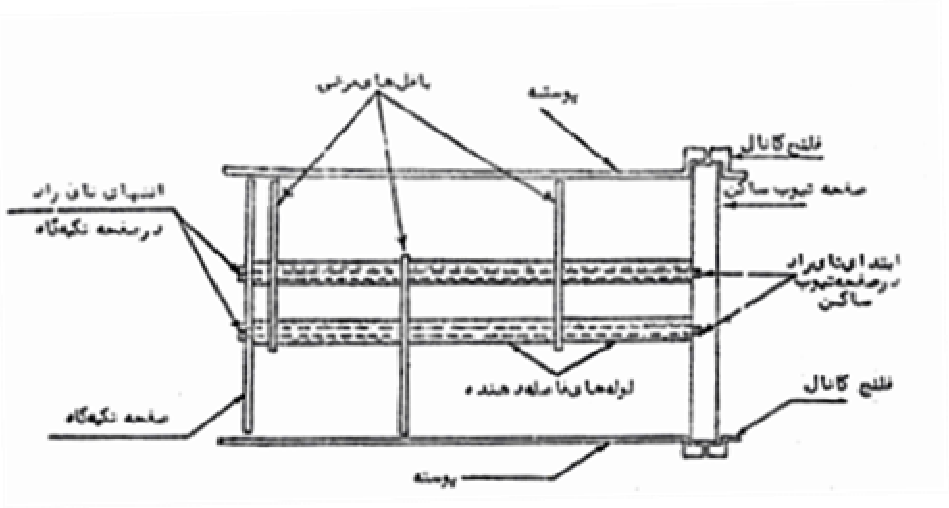
عرضی است و سر دیگر آن به بافل های عرضی و یا به صفحه تکیه گاه SUPPORT PLATE بسته می شود . در هر دسته تیوب حداقل ٤ تا ۱۰ عدد رابط وجود دارد که بسته به قطر پوسته متفاوت است . در جدول (٤) تعداد و قطر میله های رابط نسبت به قطر پوسته نشان داده شده است . قطر میله رابط نباید از $\frac{3}{8}$ اینچ کمتر باشد.

حداقل تعداد از میله‌های رابط	قطر میله رابط اینچ	قطر اسمی پوسته اینچ
۶	$\frac{3}{8}$	۸ تا ۱۰
۶	$\frac{3}{8}$	۱۲ تا ۱۷
۶	۱/۲	۱۸ تا ۲۴
۸	۱/۲	۲۵ تا ۳۸
۱۰	۱/۲	۳۹ تا بالا

جدول ٤

لوله های فاصله دهنده SPACER TUBE

قطعاتی از تیوب ها است که به اندازه لازم بریده شده و بر روی میله رابط (تای راد) و بین بافل های عرضی قرار گرفته و فاصله بین دو بافل عرضی را ثابت نگه میدارد و از حرکت بافل ها در اثر جریان سیال جلوگیری میکند .طول این لوله ها بستگی به فاصله بین دو بافل متوالی دارد .میله رابط و لوله فاصله دهنده هر دو با هم برای ثابت نگه داشتن بافل ها استفاده میشوند و جنس آنها باید شبیه جنس بافل ها باشد. شکل شماره ۷ وضعیت قرار گرفتن بافل های عرضی ، میله های رابط و لوله های فاصله دهنده را نشان می دهد .



شکل شماره ۷

صفحه تیوب TUBE SHEET

صفحات تیوب از ورقه های فولادی یا برنجی ضخیم بصورت دایره بریده میشوند. ضخامت صفحه تیوب از ۱ اینچ تا ۶ اینچ متفاوت است ولی نباید هیچوقت حداقل ضخامت صفحه تیوب منهای ضریب خوردگی از قطر خارجی تیوب کمتر باشد .

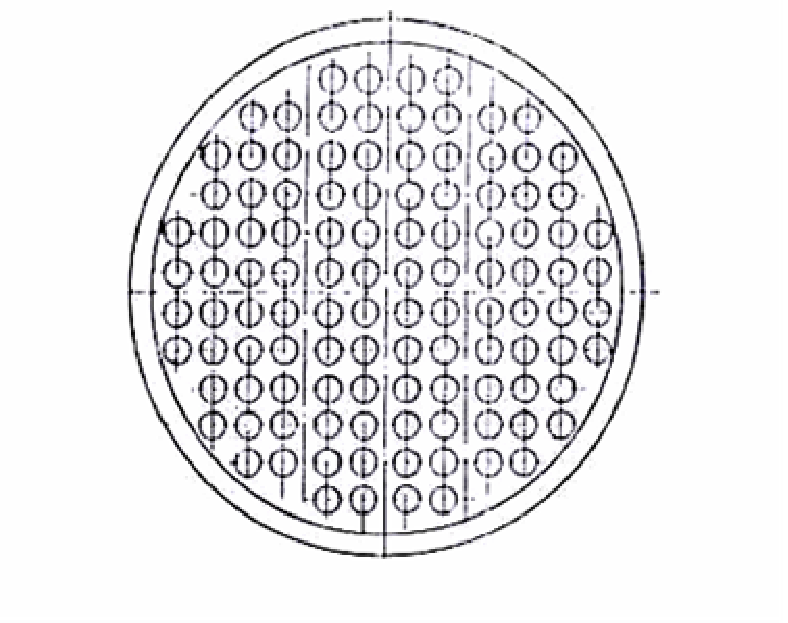
محل دقیق سوراخهای تیوب TUBE HOLE و گام تیوبها برروی صفحه تیوب مشخص و سپس مته می شوند و آنگاه شیارهایی بنام SERRATION (سریشن) در سوراخها با فرزکاری ایجاد میکنند .

تعداد این شیار ها بستگی به ضخامت صفحه تیوب دارد ، ممکن است ۲ ، ۳ و یا ٤ شیار باشد ولی حداقل از ۲ شیار کمتر نیست .

پهنای شیارها نصف $\frac{1}{4}$ و عمق آنها و فاصله بین دو شیار متوالی $\frac{3}{8}$ تا $\frac{1}{2}$ اینچ میباشد .

برای اینکه تیوب ها در موقع تعویض تیوب بتوانند از سوراخهای صفحه تیوب عبور کنند قطر سوراخها TUBE HOLE ۶ تا ۱۰ هزارم اینچ از قطر خارجی تیوب ها بزرگتر است در این مورد به جدول شماره ۹ مراجعه کنید .

بر روی صورت صفحه تیوب شیارهایی به عمق نصف $\frac{3}{8}$ اینچ برای قرار گرفتن پاس پارتیشن مربوط به کانال یا سرپوش سر شناور FLOATING HEAD COVER تعبیه میشود .فاصله مرکز تا مرکز دو تیوب موازی را گام تیوب می گویند (PITCH).



شکل ۸

وظیفه سریشن چیست ؟ SERRATION

سریشن یا شیارهای درون سوراخهای صفحه تیوب در موقع انبساط تیوبها باعث در گیر شدن تیوب ها با صفحه تیوب میشوند و از نشت تیوبها جلوگیری می کنند. در مطالب آینده در این باره بطور مشروح بحث خواهد شد .

ترتیب قراردادن تیوبها در صفحه تیوب

دو روش برای قراردادن تیوب ها در صفحه تیوب معمول است

۱- بصورت مثلثی TRIANGULAR PATTERN

۲- بصورت مربعی SQUARE PATTERN

در نمونه مثلثی مراکز تیوبها تشکیل مثلث متساوی الاضلاع و در نمونه مربعی مراکز تیوبها تشکیل مربع میدهند .

علاوه بر دو روش فوق میتوان دو روش دیگر برای چیدن تیوبها در نظر گرفت .

الف : روش مثلث چرخیده ROTATED TRIANGULAR

ب : روش مربع چرخیده ROTATED SQUARE

اگر در یک صفحه تیوب ، تیوبها با گام مثلثی چیده شده باشند و در یک صفحه تیوب دیگر به همان اندازه و قطر تیوبها با گام مربعی قرار داده شده باشند ، صفحه تیوب اول که باگام مثلثی چیده شده است تعداد تیوبها ی زیادی را در خود جای میدهد .

طرح مثلثی TRIANGULAR PATERN

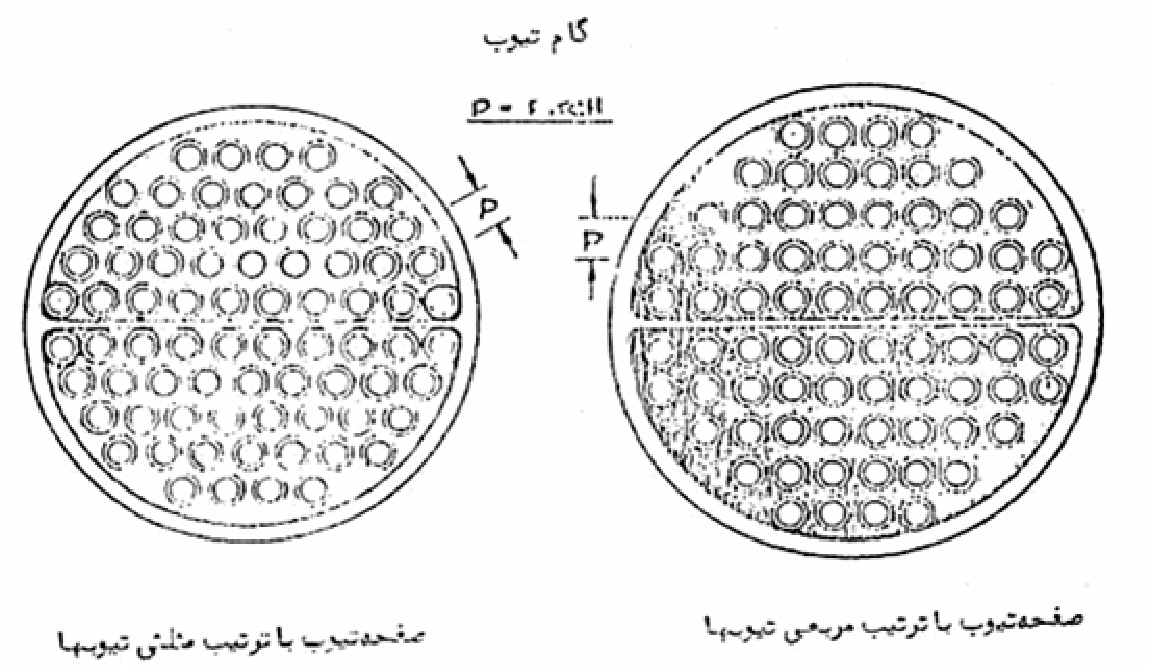
در طرح مثلث فاصله بین تیوبها کمتراست بنابراین تمیزکردن وبیرون آوردن تیوبها مشکل است و باید سیال درون پوسته در این نوع دسته تیوب بدون کثافات و رسوبات باشند .

طرح مربعی SQUARE PATTERN

در طرح مربعی فاصله بین تیوبها بیشتر در نتیجه تیوبهای کمتری در صفحه تیوب جای می گیرد.بنابراین تمیز کردن این نوع دسته تیوب آسانتر است .از طرح مربعی موقعی استفاده می شود که سیال بیرون تیوبها (داخل پوسته) کثیف باشد .در این ترتیب حداقل باید ¼ اینچ فاصله بین تیوبها جهت تمیز کردن آنها قرار داده شود .حداقل فاصله مرکز تا مرکز دو تیوب موازی (گام) را از فرمول زیر میتوان بدست آورد .

۵ × قطر خارجی تیوب = حداقل گام تیوب

حداقل گام تیوبها PITCH در جدول شماره ۵ نشان داده شده است .



شکل شماره ۹

شکل شماره ۱۰

صفحات هادی BAFFLE PLATES

این صفحات بطور کلی برای زیاد کردن سطح تبادل حرارت و هدایت سیال به اطراف تیوبها و همچنین نگهداری تیوب و جلوگیری از خم شدن آنها بکار میروند (قطعه شماره ۲۸).

انواع صفحات هادی TYPES OF BAFFLES

۱- بافل عرضی CROSS BAFFLE

این نوع بافل رایج ترین نوع بافل ها است که بطور وسیعی در سرویسهای پالایش مورد استفاده قرار میگیرد .

این بافل به شکل قطعه ای از دایره SEGMENTAL (تقریبا $^{3}/_{4}$دایره) واز جنس های مختلفی مانند فولاد ،برنج و برنز ساخته میشود و به ترتیب یک در میان بالا و پایین بطور معکوس با یکدیگر قرار میگیرند .

این صفحه های هادی قرینه صفحه تیوبها سوارخ شده اند و برای اینکه تیوبها آزادانه از سوراخهای آن عبور کنند ، قطر سوراخهای این صفحات از ۱/۶٤ تا ۱/٤۲ قطر خا رجی تیوب بزرگتر است .

وقتیکه حداکثر طول تیوب بدون تکیه گاه از ۳۶ اینچ بیشتر باشد این اندازه برابر ۱/۶٤ می باشد

حداقل گام تیوبها		
قطر خارجی تیوب اینچ	طرح مثلثی(مثلث چرخیده) اینچ	طرح مربعی (مربع چرخِیده) اینچ
۵/۸	۲۵/۳۲	۷/۸
۳/٤	۱۵/۱۶	۷/۸
۱	۵/٤	۵/٤
٤/۵	۱۸/۱۶	۱۸/۱۶
۳/۲	۱۵/۸	۱۵/۸
۱	۵/۲	۵/۲

از فرمولهای زیر می توان برای محاسبه تعداد تقریبی تیوبها در دسته تیوب استفاده کرد

تعداد تیوبها در مبدل های سر شناور(گام مربعی) = فاصله بین تیوبها/۰.۷۵×(۱،۵- قطر داخلی پوسته)

تعداد تیوبها در مبدل های سر شناور(گام مثلثی) = فاصله بین تیوبها/۰.۷۵×(۱،۵- قطر داخلی پوسته)

تعداد تیوبها در مبدل های سر ثابت تیوب با شکل u(گام مربعی) = فاصله بین تیوبها/۰.۷۵×(۱،۵- قطر داخلی پوسته)

تعداد تیوبها در مبدل های سر ثابت و تیوب با شکل u(گام مثلثی) = فاصله بین تیوبها/۰.۷۵×(۱،۵- قطر داخلی پوسته)

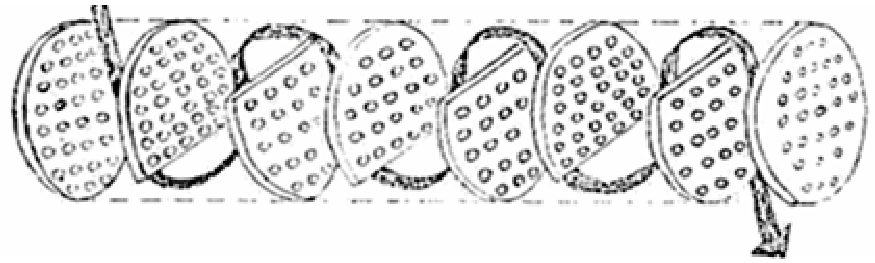
جدول شماره (۵)

این صفحه ها علاوه بر هدایت سیال و دادن حرکت مارپیچی به سیال برای بدست آوردن حداکثر تبادل حرارت باعث نگهداری کمر تیوب ها شده که بر اثر حرارت و انقباض و انبساط و فشار کج نشوند و همچنین این صفحات در مورد مایعات سنگین درون پوسته باعث اغتشاش و تلاطم بیشتر مایع شده و شدت انتقال حرارت را زیاد تر خواهد کرد .

بافل عرضی را TRANSVERSE BAFFLE نیز می گویند .

ضخامت با فلها

ضخامت بافلهای عرضی نسبت به قطر داخلی پوسته و همچنین نسبت به فاصله دو بافل متوالی متفاوت است بدین ترتیب که هر چه قطر داخلی پوسته و فاصله بین دو بافل متوالی بیشتر شود ضخامت بافل ها نیز بیشتر خواهد شد . حداقل فاصله بین بافل های عرضی برابر قطر داخلی پوسته و یا ۲ اینچ (هرکدام بیشتر است) میباشد .تعداد بافل های عرضی متفاوت و از ٤ تا ۱۶ عدد میباشد .



شکل شماره ۱۱(بافل عرضی و حرکت مارپیچ سیال درون لوله)

بین قطر خارجی بافل و قطر داخلی پوسته فاصله ای (کلیرنس) CLEARANCE در نظر گرفته میشود که دسته تیوب به راحتی ازپوسته خارج شود . این فاصله نسبت به قطر داخلی پوسته از ۳/۳۲تا ۵/۱۶ اینچ می باشد در جدول شماره ۶ استاندارد این فاصله نشان داده شده است .

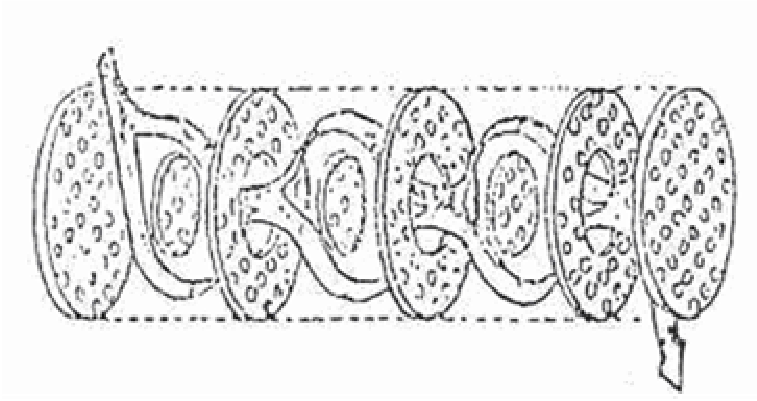
استاندارد بین قطر خارجی بافل عرضی و قطر داخلی پوسته (INCH)	قطر داخلی پوسته (INCH)
۰,۱۰۰	۱۳-۸
۰,۱۲۵	۱۷-۱٤
۰,۱۵۰	۲۳-۱۸
۰,۱۷۵	۳۹-۲٤
۰,۲۲۵	٥٤-٤۰
۰,۳۰۰	۵۰ به بالا

جدول شماره ٦

۲- بافل دیسک و حلقه DISC & RING BAFFLE

این نوع بافل مطابق شکل ۱۲ سیال را مرتبا" از خارج تیوبها بطرف مرکز هدایت می کند و دو مرتبه بطرف خارج تیوبها بر میگرداند .

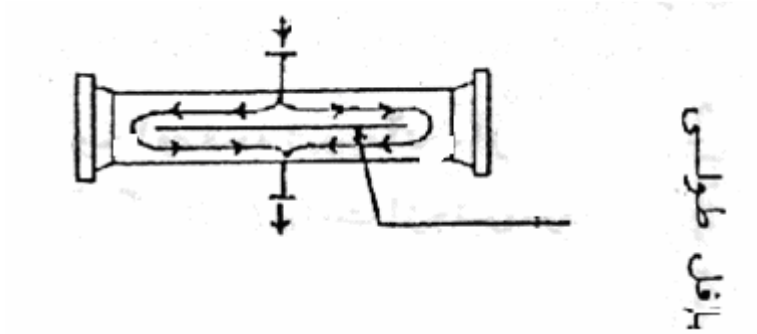
این بافل نسبت به بافل عرضی هیچگونه مزیتی ندارد و از آنهم گرانتر است .



شکل شماره ۱۲ (بافل دیسک و حلقه)

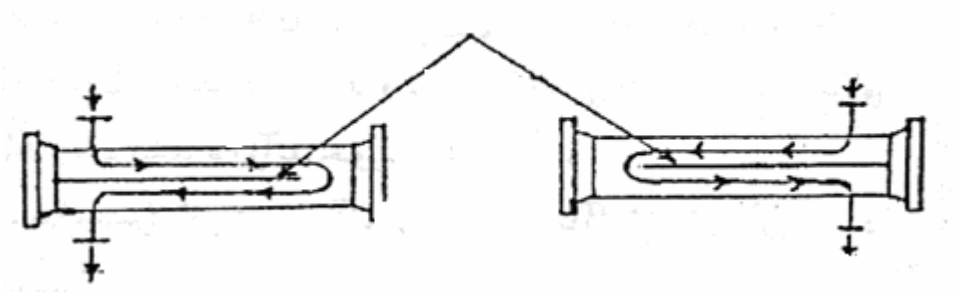
۳- بافل طولی LONGITUDINAL BAFFLE

بافل طولی صفحه ای است به ضخامت حداقل ¼ اینچ که در وسط دسته تیوب و موازی با تیوبها قرار گرفته و باعث میشود که تعداد گشت در پوسته زیادتر شود و در نتیجه زمان تبادل حرارت بیشتر گردد . در بعضی از مبدلها و کاند نسر های بخار مایع از چند بافل طولی استفاده می شود تا بخار درون پوسته حداکثر تبادل حرارت را با تیوبهای خنک انجام دهد و در مبدلهای مایع به مایع از یک بافل طول یا بدون بافل طولی استفاده می شود . در پوسته های با قطر کمتر از ۱۲ اینچ بندرت از بافل استفاده می شود .در مبدلهاییکه نازل ورودی و خروجی پوسته در وسط پوسته قرارگرفته برای تقسیم کردن مایع ورودی بطور یکنواخت در سرتاسر طول تیوبها (SPLIT FLOW) از بافل طولی استفاده می شود بدین ترتیب که سیال از مرکز پوسته وارد شده به دوانتهای پوسته رفته و در برگشت دو مرتبه بمرکز پوسته رسیده و خارج میشود(مانند شکل شماره ۱۳)



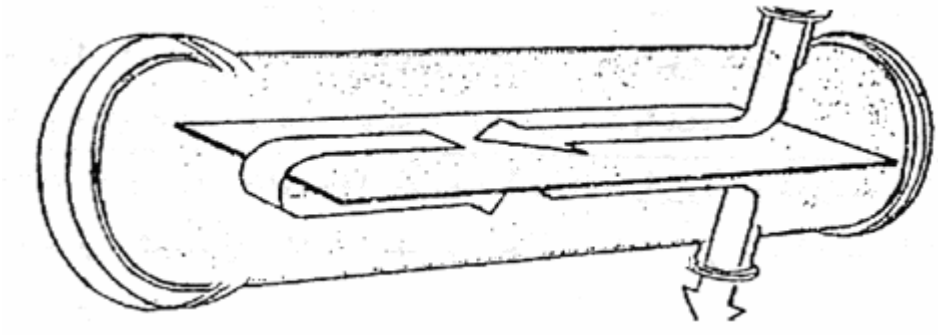
شکل شماره۱۳(جریان انشعابی با SPLIT FLOW)

همچنین اگر نازل ورودی و خروجی پوسته در یکطرف پوسته و مقابل هم باشند برای ایجاد ۲ گشت در پوسته از یک بافل طولی استفاده می شود(مانند شکل شماره ١٤).



شکل شماره ١٤(بافلهای طولی را نشان می دهد)

شکل شماره ۱۵ بافل طولی را در پوسته و مسیر جریان سیال را نشان می دهد .



شکل شماره ۱۵

٤-بافل ضربه گیر IMPINGEMENT BAFFLE

بافل ضربه گیر در نقاطی مورد استفاده قرار میگیرد که ممکن است در اثر سرعت سیال، تیوبها سائیده شود اکثرا" در زیر نازل ورودی پوسته قرار گرفته و برای جلوگیری از فرسودگی و سائیدگی تیوبها در اثر سرعت سیال ورودی بکار می رود (قطعه شماره ۲۹).از بافل ضربه گیر همچنین برای جلوگیری از تکان خوردن تیوبها و پخش شدن سیال بطور نسبتا مساوی برروی تیوبها استفاده می شود .حداقل ضخامت بافل ضربه گیر برابر ¼ میباشد .

آندهای فدا شونده SACRIFICIAL ANODE

هرگاه دو فلز و یا آلیاژ غیر همجنس در یک محیط الکترولیت قرار گیرند بین آنها اختلاف پتانسیلی بوجود می آید که باعث خورده شدن فلز و یا آلیاژی می گردد که در این محیط الکترولیت دارای پتانسیل منفی تر باشد .مثلا در مبدلهای حرارتی که جنس تیوبها و صفحه تیوب آنها از برنج و جنس کانال سرپوش کانال و سر شناور (فلوتینگ هد) و با نت از جنس فولاد باشند در هنگام سرویس به علت اختلاف پتانسیل موجود از فولاد خورده میشود .برای اینکه از این خوردگی که آنرا گالوانیکی یا GALVANIC CORROSION مینامند جلوگیری شود از فلزی یا آلیاژی که پتانسیل آن در جدول نیروی محرکه الکتریکی (ELECTRO MOTIVE FORCE (E. M.E از فلز مورد حفاظت منفی تر باشد استفاده می شود و قطعه ای از آنرا درون کانال نصب می نمایند .وجود

این قطعه که به آن فداشونده یا SACRIFICIAL ANODE میگویند باعث میشود تا قطعات فولادی خورده نشده و آند خورده شود .جنس این آندها معمولا از منیزیم ، آلومینیوم و روی یا آلیاژ های آن است .ضمنا برای از بین بردن رابطه الکتریکی بین قطعات برنجی و فولادی ، قطعات فولادی را شن پاشی کرده و سه لایه رنگ مخصوص COAL TAR میزنند .

آندهای فدا شونده علاوه بر اینکه دارای پتانسیل منفی تر نسبت به فلز مورد حفاظت میباشند بایستی از لحاظ اقتصادی مقرون بصرفه باشند و عمر مفید آنها طوری محاسبه گردد که بتوان در هنگام تعمیرات اساسی آنها را تعویض نمود . چنانچه عمر آندها پیش ا ز زمان تعمییرات کلی بپایان رسد مخارج زیادی جهت تعویض آنها صرف خواهد شد .تا اینجا اجزاء و قسمتهای داخلی و خارجی مبدلهای حرارتی پوسته و تیوب که بیشتر در صنایع نفت و گاز استفاده می شوند توضیح داده شد . حال ساختمان انواع مبدل حرارتی پوسته - تیوب بررسی می شود .

مبدلهای حرارتی دارای دسته تیوبهای متفاوت هستند. دسته تیوبها بر اساس عوامل مختلف مانند درجه حرارت ،فشار و طبیعت سیال داخل و خارج تیوبها طراحی و ساخته می شوند. ساختمان دسته تیوبها طوری طراحی می شوند که انبساط و انقباض حاصل از اختلاف درجه حرارت مایع درون دسته تیوب و پوسته باعث نشتی و یا ترک خوردگی تیوبها و سایر اتصالهای مبدل حرارت نگردد .

فصل سوم:

انواع مبدلهای حرارتی

طبقه بندی مبدلهای حرارتی

بر اساس اختلاف در ساختمان مبدلهای حرارتی به صورت زیر تقسیم می شوند :

۱- مبدل حرارتی سر شناور

۲- مبدل حرارتی با تیوب U شکل

۳- مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب ثابت

ساختمان داخلی انواع مبدلهای حرارتی پوسته و تیوب اغلب یا سر شناور و یا سر ثابت و تیوبهای U شکل می باشد .

۱-مبدل حرارتی سر شناور FLOATING HEAD HEAT EXCHANGER

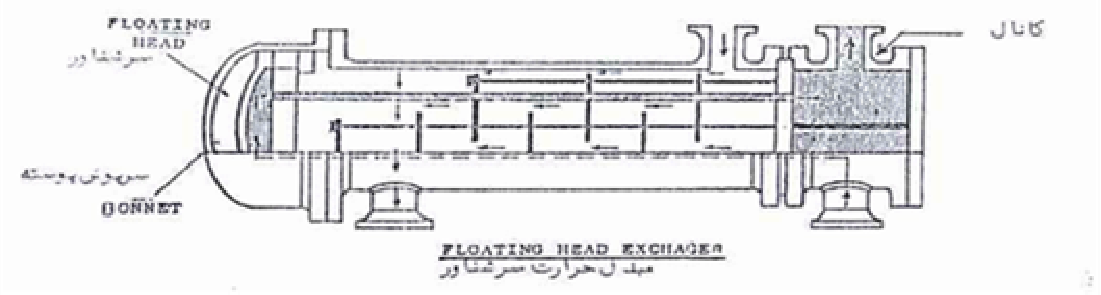
دسته تیوب این مبدل حرارتی دارای ۲ صفحه تیوب می باشد :

الف : صفحه تیوب ثابت FIXED TUBE SHEET

ب : صفحه تیوب شناور FLOATING TUBE SHEET

قطر خارجی صفحه تیوب ثابت که آنرا STATIONARY TUBE SHEET نیز می گویند از قطرخارجی صفحه تیوب شناور بزرگتر است برای اینکه بتواند بین فلنجهای پوسته و کانال قرار گرفته و ثابت باشد و قطر صفحه تیوب شناور کوچکتر است برای اینکه بتواند در پوسته آزادانه حرکت داشته باشد و ازدیاد طول و انقباض تیوبها در اثر حرارت صدمه ای به مبدل حرارتی وارد نیاورد .هر دو صفحه تیوب این مبدل برای عبور تیوبها قرینه یکدیگر سوراخکاری شده اند .مبدلهای حرارتی سر شناور بیشتر در مورد فرآورده های نفتی مورد استفاده قرار می گیرند ،چون همانطوری که گفته شد یک سر تیوبها آزادی انبساط و انقباض دارند و می توانند سر شناور را با خود به جلو و عقب ببرند .

دسته تیوب در این مبدل برای تعمییر و تمیز کردن به آسانی خارج می شود و چون تیوبهای مستقیم در این مبدلها مورد استفاده قرار می گیرد تمیز کردن داخل تیوبها امکان پذیر است .در بعضی از این نوع مبدلها در طرف صفحه تیوب شناور حلقه پشتی (بکینگ دیوایس) BACKING DEVICE و حلقه فاصله دهنده SPACER RING برای نگهداری سر شناور بکار رفته و در بعضی دیگر از این قطعات استفاده نمی شود و سرشناور مستقیما به صفحه تیوب متصل می شود. شکلهای ۱ و ۱۶ و ۱۷ مبدلهای سر شناور را نشان داده است .



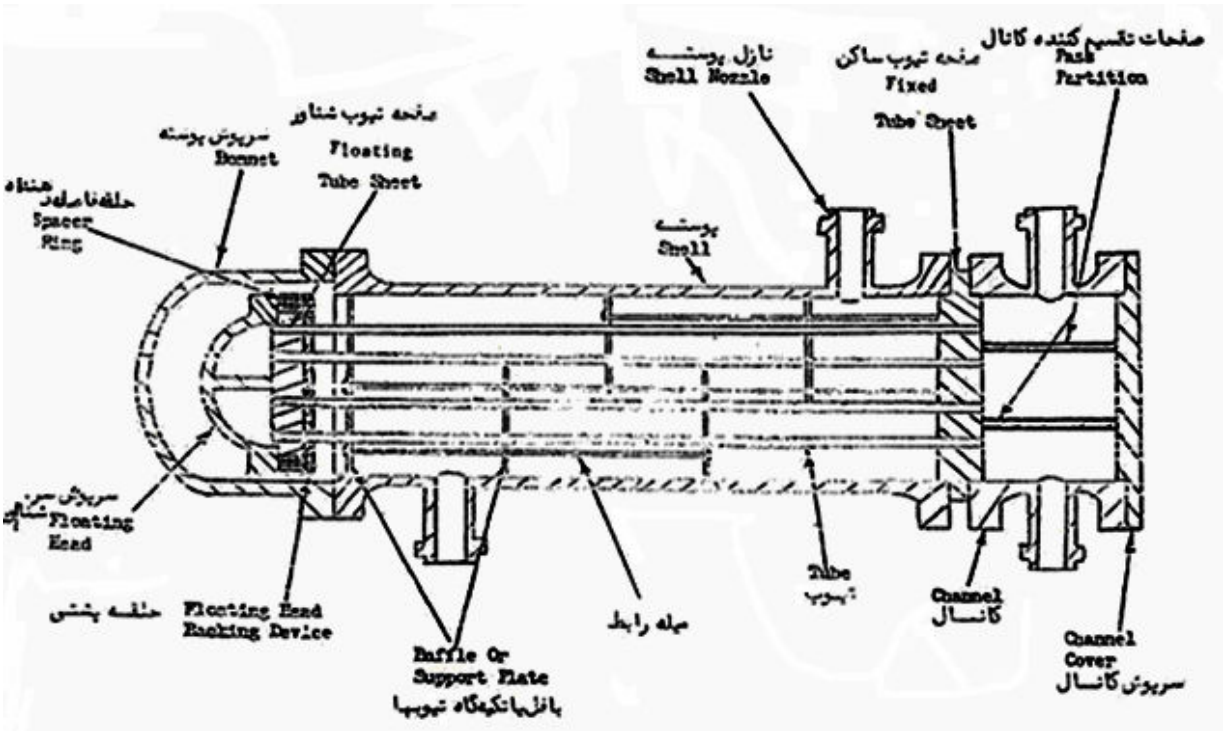
شکل شماره ۱۶

۲- مبدل حرارتی با تیوب U شکل U TUBE HEAT EXCHANGER

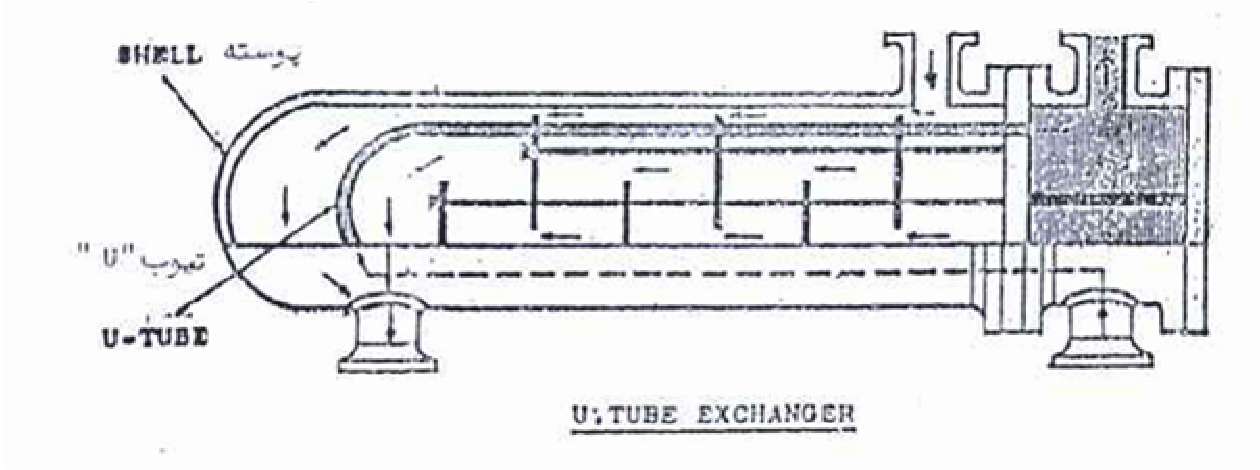
در این نوع مبدلها از تیوبهایی به شکل U استفاده شده و سیال داخل تیوبها این مسیر U را طی میکند .

چون تیوبها مستقل از یکدیگرند تیوبهای مختلف این مبدل می تواند تحت درجه حرارتهای مختلف قرار گیرند . این مبدل از نظر انبساط تیوبها مانند مبدل سر شناور میباشد و برای سیالاتی بکار می رود که اختلاف درجه حرارت زیادی داشته باشند . چون تمیز کردن داخل تیوبهای U شکل مشکل است نباید سیال درون تیوبها کثیف و پوسته زا باشد .

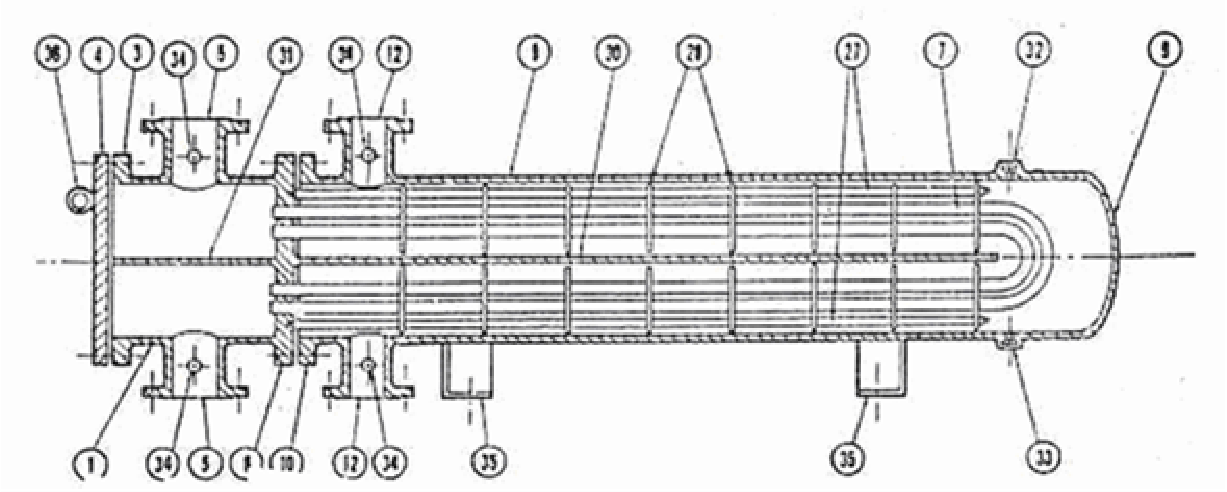
ابن مبدل حرارتی فقط یک صفحه تیوب ثابت FIXED TUBE SHEET دارد که بین فلنجهای کانال و پوسته قرار می گیرد و فقط دارای یک کانال می باشد و بوسیله یک صفحه تقسیم کننده (پاس پارتیشن) دهانه کانال به دو قسمت ورودی و خروجی تقسم می شود .سیال از قسمت ورودی کانال وارد قسمتی از تیوبها شده و پس از طی مسیر تیوبهای U شکل از قسمت خروجی کانال خارج می گردد .شکلهای ۱۸ و ۱۹ دو نوع مبدل حرارتی با تیوبهای U شکل را نشان میدهد .



شکل شماره ۱۷



شکل شماره ۱۸



شکل شماره ۱۹

۳-مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب ثابت FIXED TUBE SHEET HEAT EXCHANGER

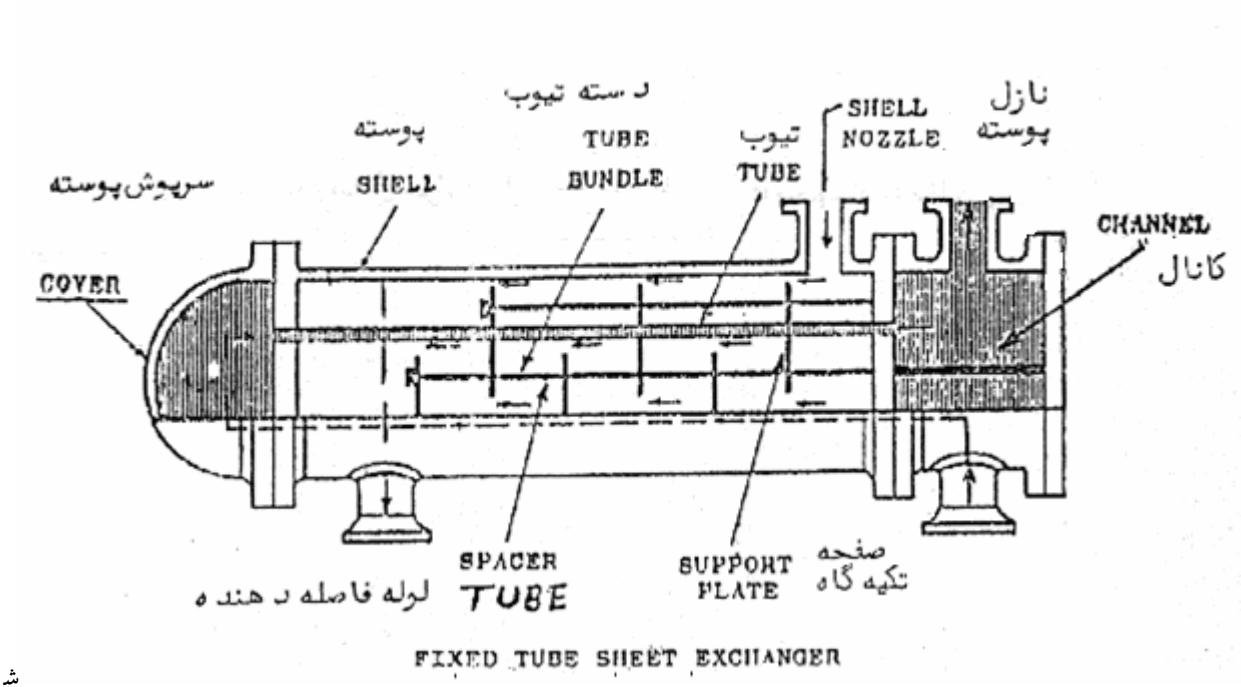
هر دو صفحه تیوب این مبدل با پوسته یکپارچه ساخته شده اند و یا هر دو صفحه تیوب به پوسته جوش و یا بوسیله پیچ و مهره بسته شده است .

در این نوع مبدل دسته تیوب را نمی توان از پوسته خارج کرد بنابراین دسترسی بداخل پوسته جهت تمیز کردن وجود ندارد و فقط محدود به شستشوی شیمیایی (CHEMICAL CLEANING) بدون خارج کردن دسته تیوب می شود .

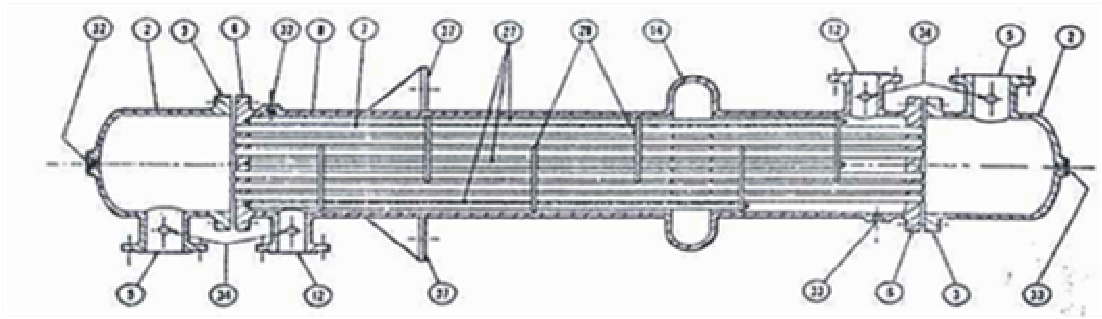
چون دو صفحه تیوب نسبت به پوسته ثابت است امکان انبساط و انقباض و یا کم و زیاد شدن طول تیوبها وجود ندارد لذا اختلاف درجه حرارت دو سیال که با هم تبادل حرارت می کنند نباید زیاد باشد .

اگر این مبدل در سرویسهای بکار رود که اختلاف درجه حرارت دو سیال زیاد باشد ، جهت جلوگیری از خرابی و نشتی تیوبها بایستی پوسته مجهز به اتصال انبساطی (EXPANSION JONT)

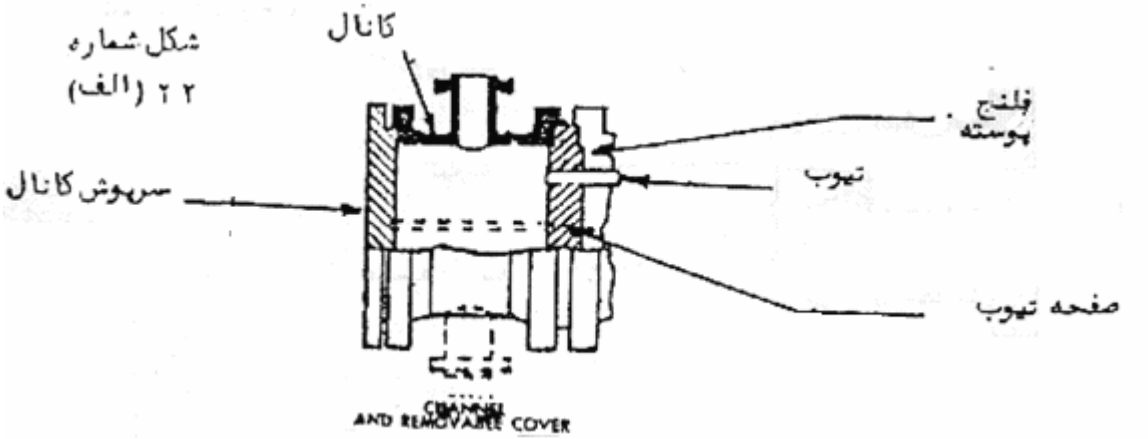
(مانند قطعه شماره ١٤)باشد که انبساط و انقباض تیوبها را در اثر اختلاف درجه حرارت زیاد خنثی کند .شکل ۲۰ مسیر جریان مایع را در یک مبدل حرارتی با صفحه تیوبهای ثابت نشان می دهد .



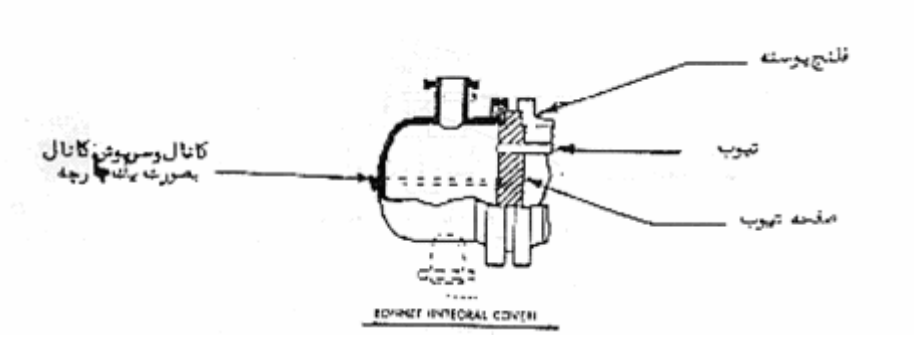
شکل شماره ۲۰



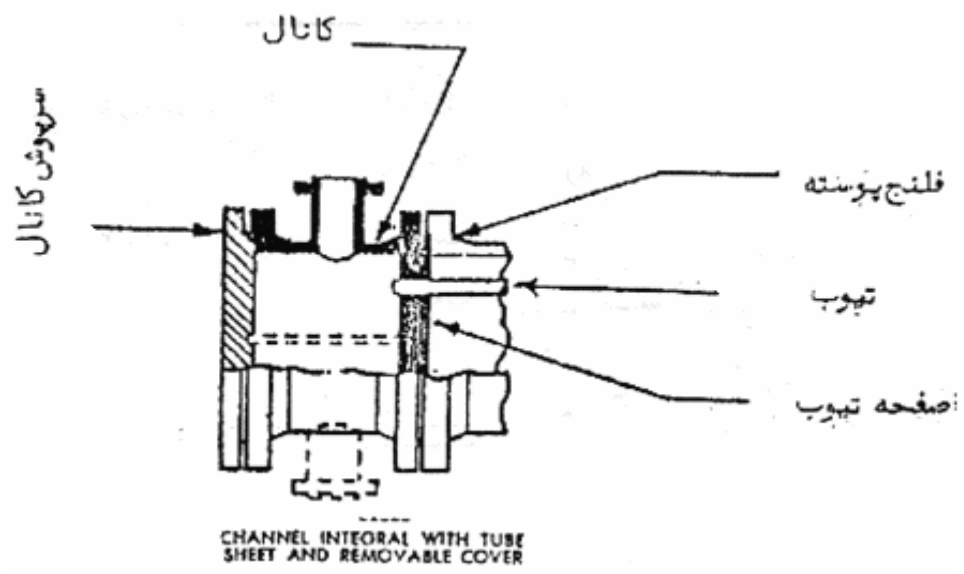
شکل شماره۲۱



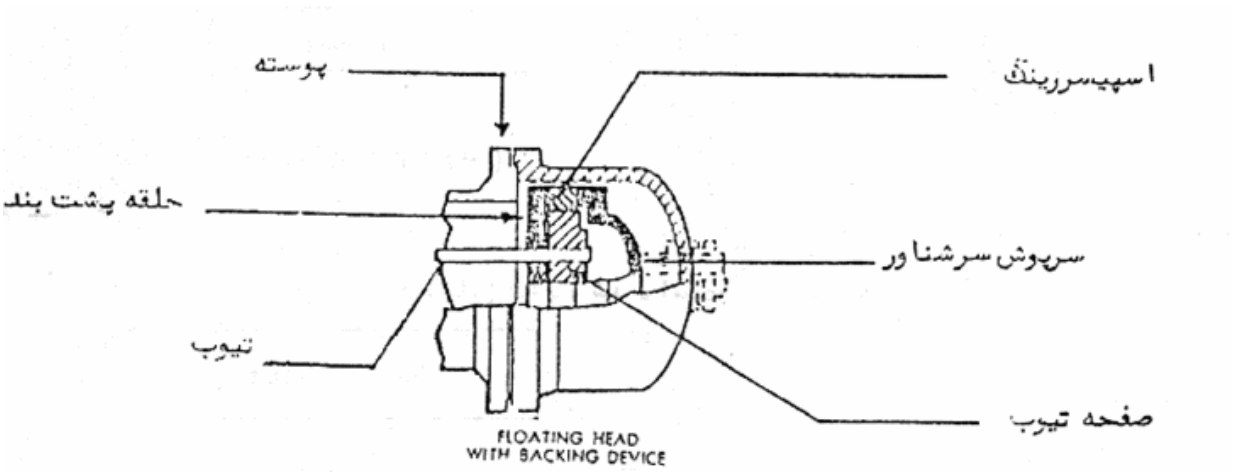
شکل ۲۲ الف



شکل ۲۲ ب



شکل ۲۲ ج



شکل ۲۳ ب

انواع سر شناور FLOATING HEAD TYPES

۱- بدون سر شناور

در این نوع مبدل سر شناور مستقیماً به صفحه تیوب وصل میشود و در اثر انقباض و انبساط تیوبها آزادی حرکت دارد .

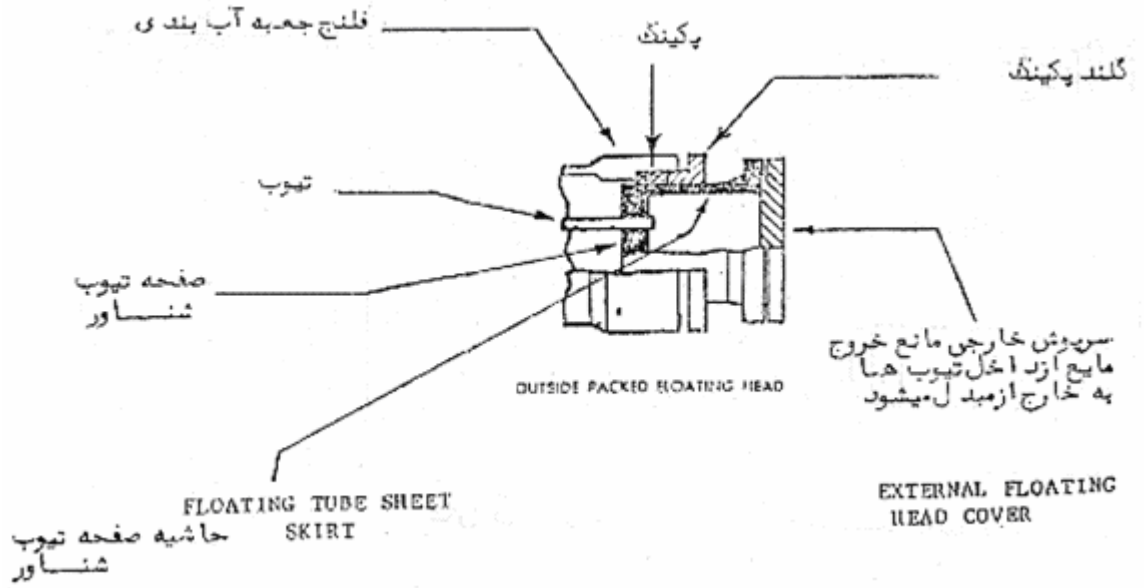
۲- سر شناور با حلقه پشت بند

در این طرح سر شناور صفحه تیوب به کمک رینگی فلزی بنام بکینگ دیوایس BACKING DEVICE به حلقه پشتی بسته می شوند .

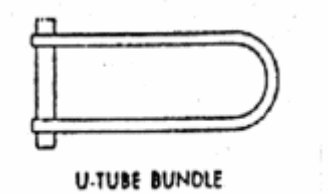
در بعضی موارد علاوه بر حلقه فوق از حلقه دیگری بنام اسپیسر رینگ SPACER RING استفاده می شود(مانند شکل شماره ۲۳ ب) .

۳- سر شناور پکینگ دار

در این طرح(مانند شکل شماره ۲۳ ج) در انتهای پوسته جعبه آب بندی تعبیه شده و بوسیله پکینگ و گلند پوسته آب بندی می شود و مانع خروج سیال از آن می گردد .تیوبهای این نوع مبدل در اثر انقباض و انبساط میتوانند همراه صفحه تیوب و سرپوش مربوطه آزادی حرکت داشته باشند (شکل ۲۳ ج) .



شکل ۲۳ ج



شکل شماره ۲۳ د

٤- سرشناوربا دسته تیوب U شکل

در این طرح به جای فلوتینگ هد از تیوبهای U برای برگشت سیال استفاده شده است. ضمناً کم و زیاد شدن طول تیوبها در اثر انقباض و انبساط که باعث خمیدگی تیوبها می گردد ، خنثی می شود (شکل ۲۳ د) .

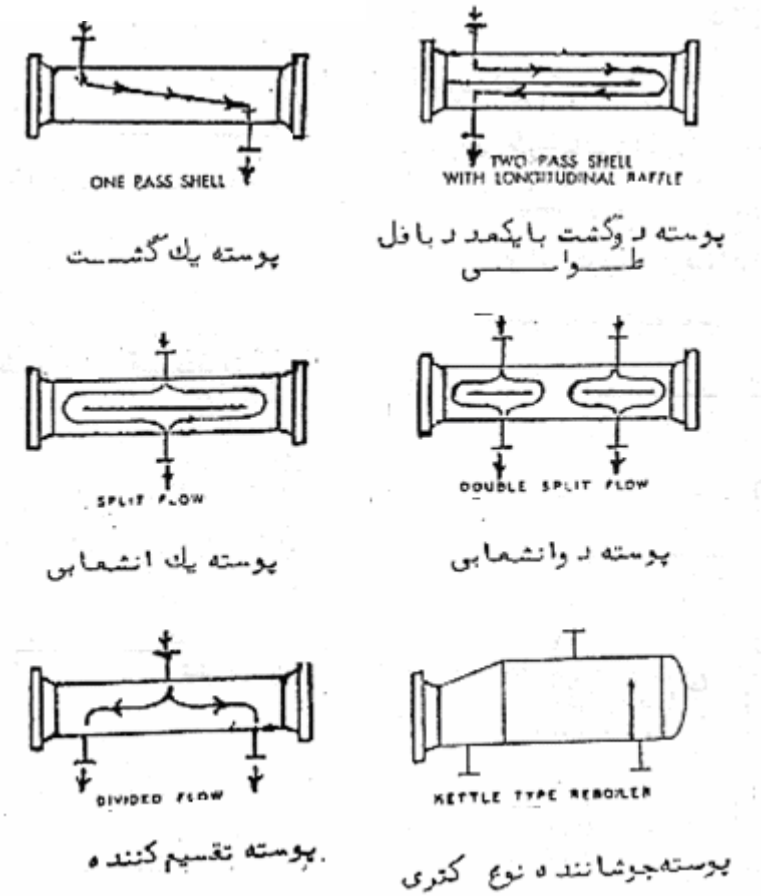
انواع پوسته

طرحهای مختلف پوسته در شکل شماره ٢٤ نشان داده شده است .

انواع مبدل پوسته و تیوب از نظر وظایف و کاربرد

مبدل حرارتی HEAT EXCHANGER

این دستگاه یک نوع مبدل حرارتی پوسته و تیوب می باشد که برای تبادل حرارت بین دو مایع بکار می رود بدین ترتیب که گرمای مایعی که باید خنک گردد به مایعی دیگری که احتیاج به گرم شدن دارد انتقال داده می شود بدون اینکه مایعات با هم مخلوط شوند .معمولا تیوبهای این مبدل فولادی و یا فولاد آلیاژ دار ALLOYSTEEL مناسب با نوع سرویس می باشد .(شکل ۲۵)



شکل شماره ٢٤

کندانسور یا چگالنده CONDENSER

برای تبدیل کردن بخارات حاصل از عمل تفکیک مواد به مایع از کندانسور استفاده می شود برای این منظور معمولا از آب و یا سیالات سرد استفاده میشود . بدین ترتیب که آب سرد وارد تیوبها و بخار موا د نفتی VAPOUR داخل پوسته شده و در اثر از دست دادن درجه حرارت به مایع تبدیل میشود . تیوبهای این مبدل چون در تماس با آب می باشند معمولا از آلیازهای مس مانند براس ، برنز و آلومینیوم ساخته می شوند .

کندانسور را می توان یک نوع هیتر یا گرم کن قلمداد کرد بدین ترتیب که بخار گرم مواد نفتی با از دست دادن حرارت خود به مایع تبدیل می شوند ضمن اینکه این حرارت محصول سرد را گرم میکند .علاوه بر این یک نوع کندانسور بنام کندانسور سطحی SURFACE CONDENSER وجود دارد که در زیر توربینهای بخار وصل شده و بخار آب مرده DEAD STEM خروجی نوربین را به آب مقطر تبدیل می کند (شکل ۲۶ الف وشکل ۲۶ ب)

کولریا خنک کننده COOLER

کولر نیز از انواع مبدلهای پوسته و تیوب می باشد و ساختمان آن نیز مانند ساختمان سایر مبدل هاست .این مبدل جهت پایین آوردن درجه حرارت سیالات بوسیله آب سرد بکار می رود و همچنین محصولات مواد نفتی را که از برجهای تفکیک بدست می آید بوسیله کولر خنک می نمایند .

از کولر جهت خنک کردن روغنهای روان کننده نیز استفاده می شود . اگر عمل خنک کردن بوسیله هوا صورت گیرد آنرا کولر هوایی یا AIR COOLER EXCHANGER گویند . درباره کولر هوایی بعداً توضیح داده خواهد شد .

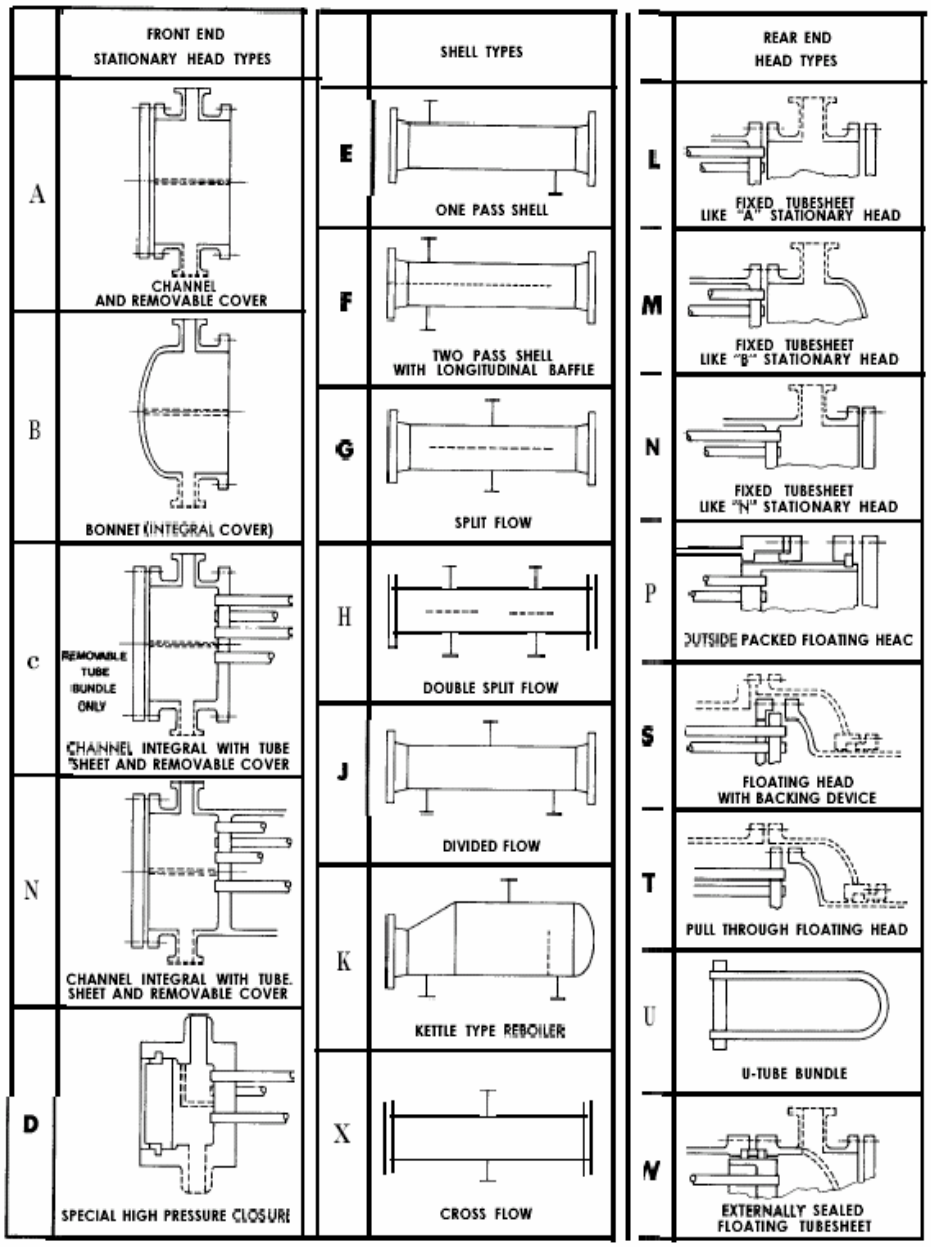


Figure 1 TEMA designation system. From Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, 6th ed., 1978, figure N-1.2.

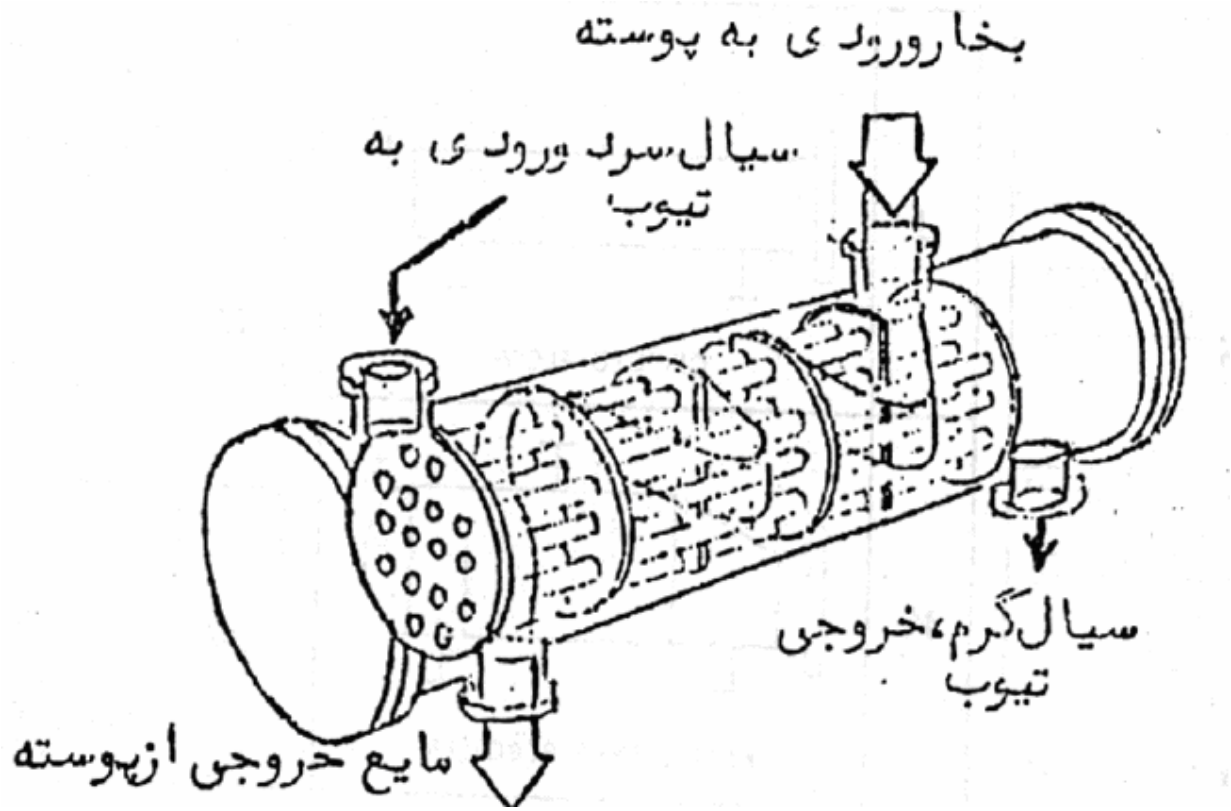
شکل شماره ۲۵(انواع مبدل پوسته – لوله)

ری بویلر یا جوشاننده REBOILER

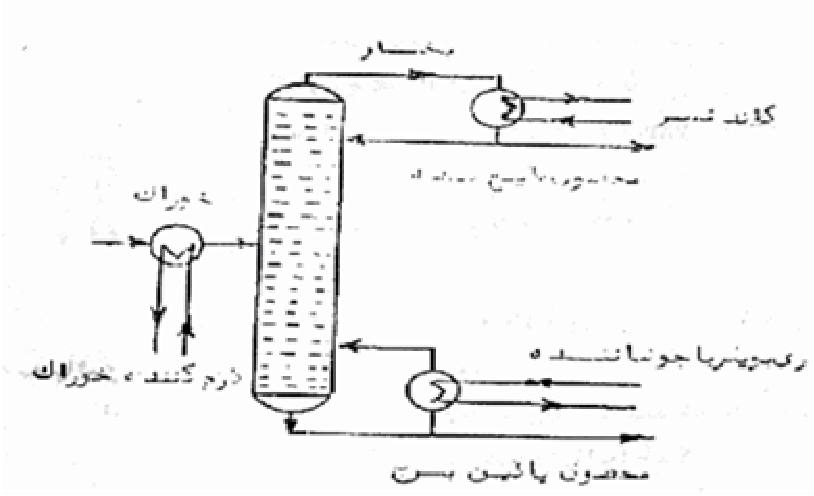
ری بویلر یا جوشاننده بر دو نوع است :

۱- نوع کتری KETTLE TYPE

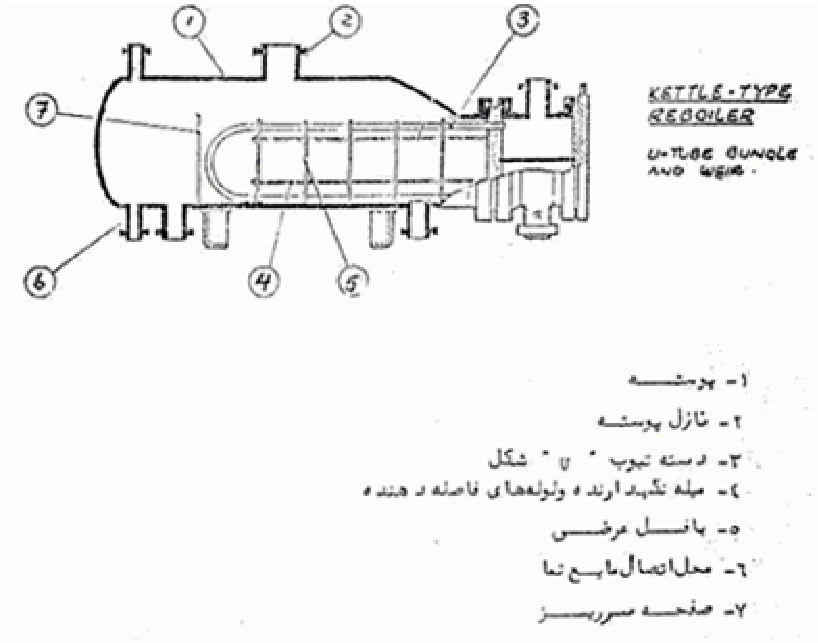
۲- نوع ترموسیفون THERMO – SYPHON TYPE



شکل شماره ۲۶ الف



شکل شماره ۲۶ ب



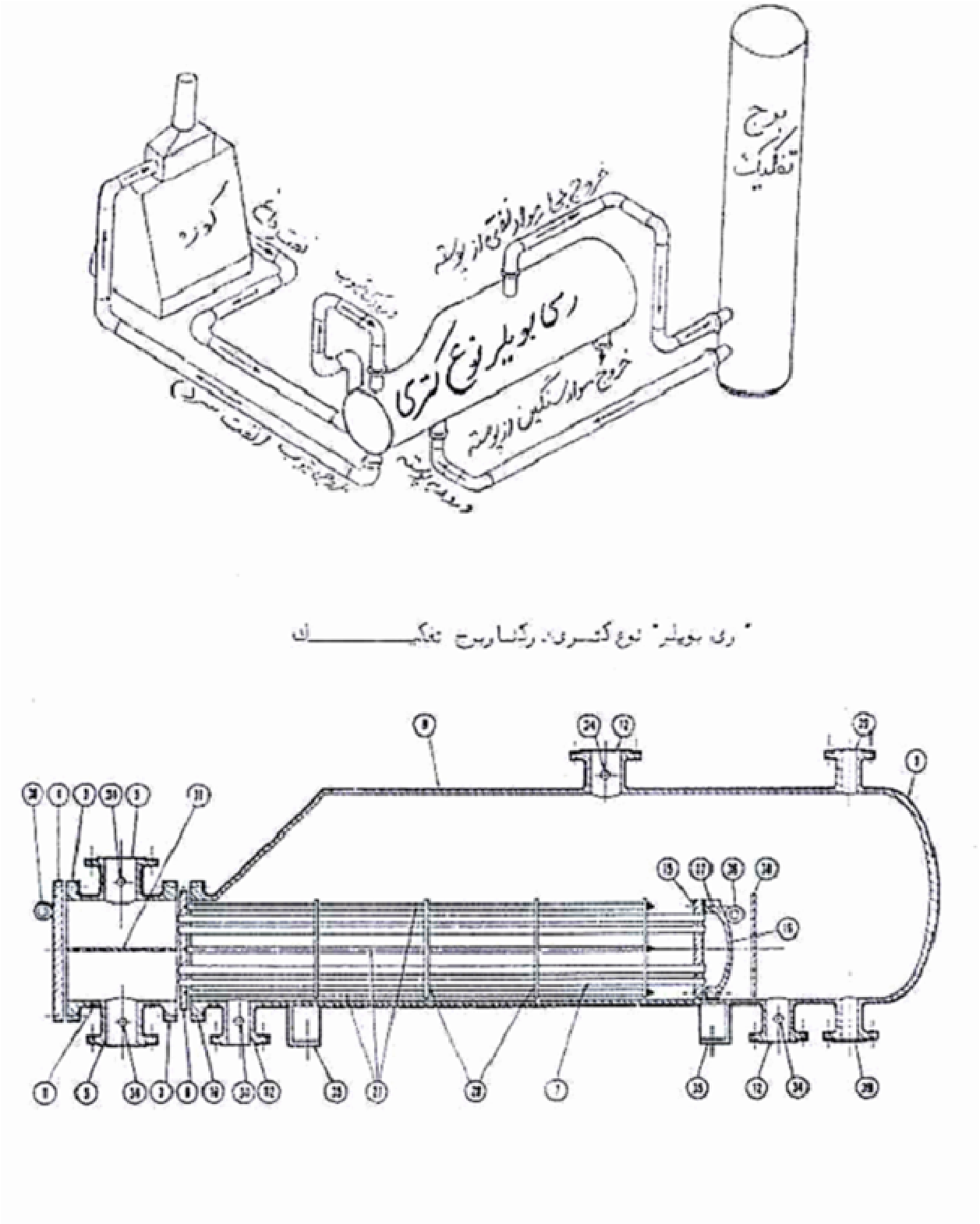
شکل ۲۷(ری بویلر نوع کتری با تیوب u شکل)

ری بویلر نوع کتری **KETTLE TYPE REBILER**

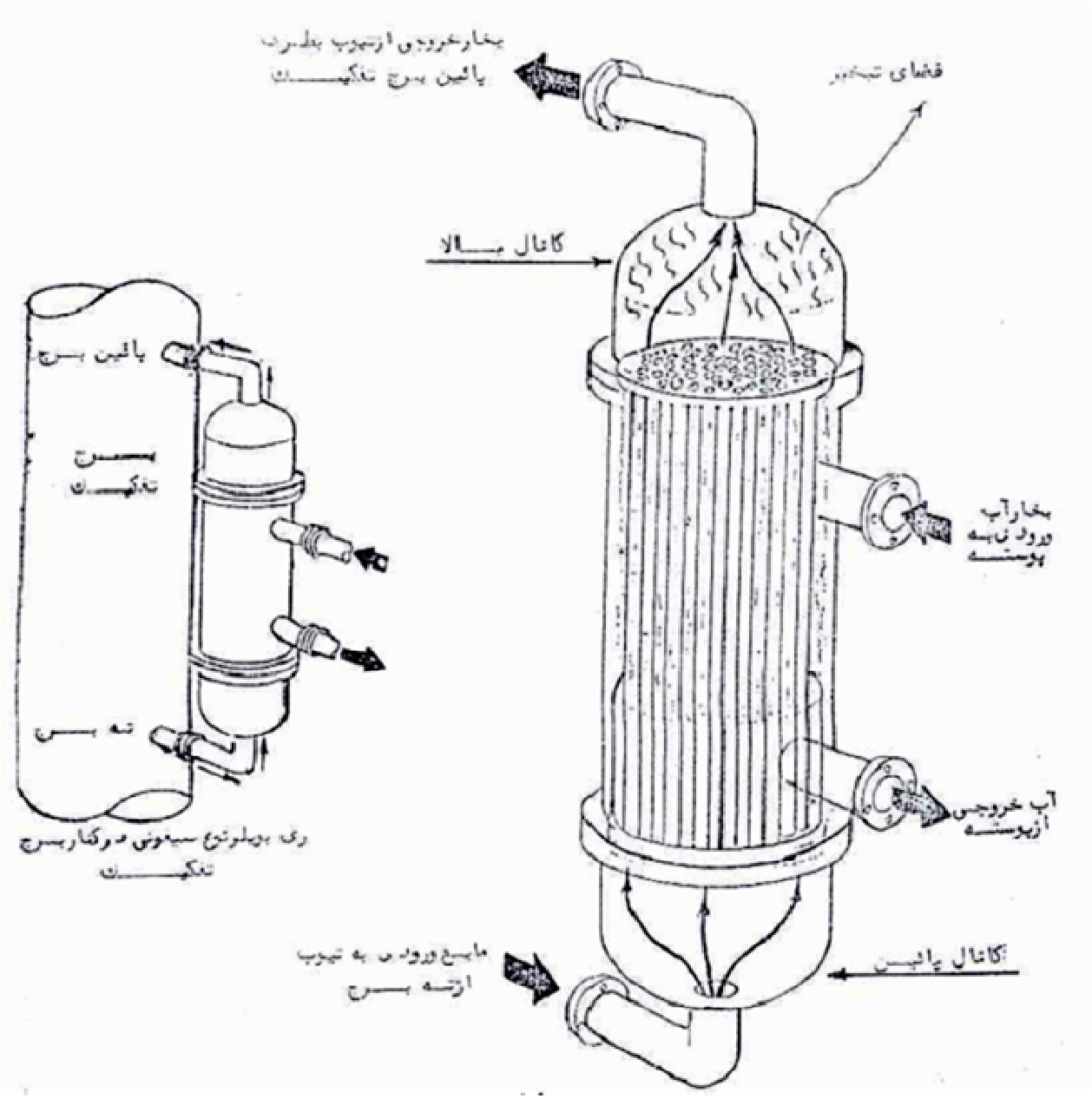
مواد نفتی را جهت عمل تفکیک بایستی تا نقطه جوش حرارت داد و برای این منظور در صنعت از ری بویلر استفاده میشود .منبع اولیه حرارت در بیشتر برجهای تقطیر بوسیله ری بویلر تهیه می شود. در اکثر جوشاننده ها عامل گرم کننده، بخار آب داغ و یا محصول گرم می باشد. ری بویلر فقط قسمتی از مایع نفتی را جوش آورده و تبخیر می کند .

ساختمان جوشاننده ها شبیه سایر مبدلهای حرارتی می باشد و از پوسته و تیوب تشکیل شده اند فقط در نوع کتری که بصورت افقی در کنار برج تفکیک قرار می گیرد یک فضای بزرگ بالای تیوبها داخل پوسته برای تجمع بخار بنام فضای تبخیر VAPOUR SPACE در نظر گرفته شده است. در این ری بویلر مایعی که باید جوشانده شود در پوسته و عامل گرم کننده در تیوبها وارد میشود و نازل ورود و خروج به پوسته در زیر پوسته قرار دارد .مایع تبخیر شده بوسیله حرارت در فضای تبخیر جمع شده و از نازل خروجی که وسط و بالای پوسته قرار گرفته خارج و به پایین برج تفکیک برگردانده می شود .

یک صفحه سر ریز در انتهای دسته تیوبها بنام WEIR PLATE تعبیه شده و باعث می گردد که مایع درون پوسته تا لبه سرریز قرار گرفته و تمام سطح تیوبها را احاطه کند .ری بویلر نوع کتری می تواند از نوع سر شناور و یا تیوبهای U شکل باشد بنابراین اختلاف درجه حرارت زیاد را تحمل می کند (شکل ۲۷) .


برج تقطیر
کوره
خروج جریان بخار نفتی از پرلیتر
خروج جریان سنگین از پرلیتر
ری بویلر نوع کتری

شکل شماره ۲۷



شکل شماره ۲۸

ری بویلر نوع ترموسیفون **THERMO-SYPHONE REBOILER**

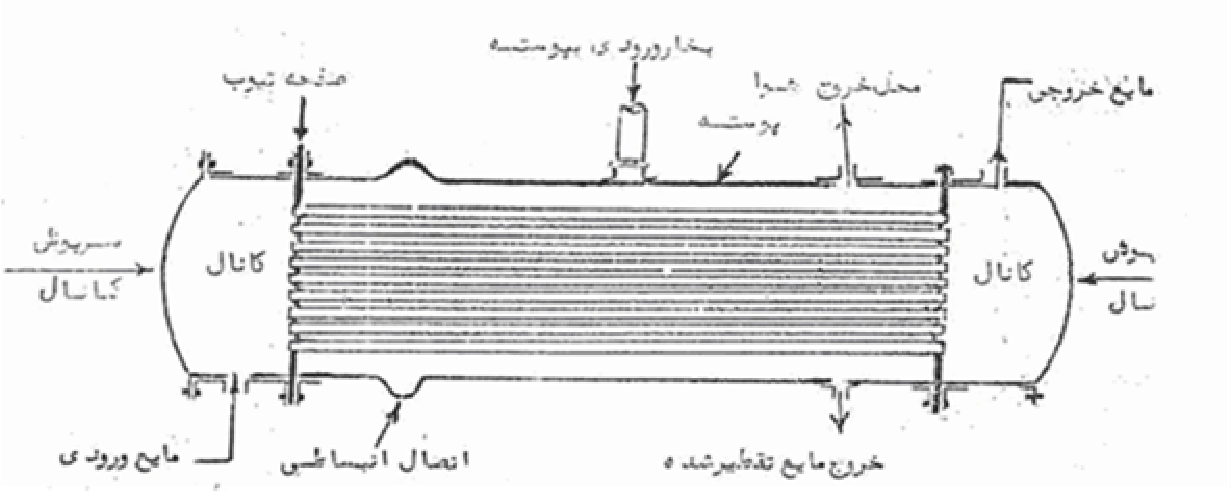
این جوشاننده که بطور عمودی در کنار برجهای تفکیک قرار می گیرد برای تبخیر مواد سنگین بکار میرود و معمول ترین ری بویلر در صنایع پروسس می باشد .مبدلی است دارای پوسته و

تیوب و برعکس ری بویلر نوع کتری در این ری بویلر عامل گـرم کننـده بـه داخـل پوسـته وارد می شود .نازلهای ورودی و خروجی پوسته جهت تقسیم جریـان بطـور مـساوی در وسـط پوسـته قرار گرفته اند. این تقسیم جریان افت فشار را در قسمت پوسته کم می کند .محـصولی کـه بایـد حرارت ببیند و تبخیر شود وارد تیوبها می گردد .سطح و مقدار تبخیر در این بویلر کمتر از نـوع کتری میباشد .ری بویلر ترموسیفون کـه بـه اختـصار آنـرا سـیفونی مینـامیم دارای ۲ کـا نـال یـا سرپوش در ۲ سر ری بویلر می باشد .مایع ورودی که از ته بـرج تفکیـک گرفتـه شـده از کانـال پایین وارد تیوبها می شود و چون اطراف تیوبها و داخل بخار آب و یـا محـصول گـرم قـرار دارد باعث جوشاندن و تبخیر جزیی مایع درون تیوبها می گردد .

بخارات حاصله همراه قـسمتی از مـایع از درون تیوبهـا متـصاعد شـده و بـه طـرف کانـال بـالای ری بویلر می روند و از لوله خروجی کانال به طرف پایین برج تفکیک هـدایت مـی شـوند مـسیر جریان مایع CIRCULATION در ری بویلر سیفونی بدین ترتیب است که سطح مایع در برج تفکیـک معمولا بالاتر از سطح مایع داخل تیوبها تنظیم شده و وقتی قـسمتی از مـایع داخـل تیوبهـا در اثـر حرارت تبخیر و به داخل کانال بالایی ری بویلر متصاعد شد، سطح مـایع داخـل تیوبهـا نـسبت بـه سطح مایع در برج پایین تر رفته و این اختلاف سطح از یکطرف و اختلاف وزن مخصوص بین مـایع درون برج و مخلوط (مایع بخار) درون تیوبها از طرف دیگر باعث جریان دائمی مایع از برج بـه ری بویلر می شود (شکل ۲۸).

گرم کننده HEATER

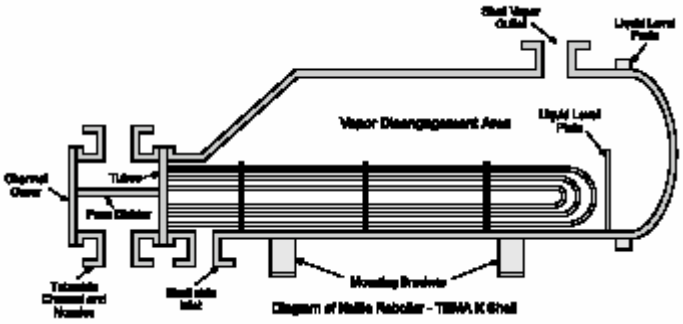
یک نوع مبدل حرارتی پوسته و تیوب است که می تواند از نوع سر شـناور یـا سـر ثابـت و یـا بـا تیوبهای U شکل باشد .وظیفه آن گرم کردن و بالا بردن درجه حرارت مواد می باشد .عامل گـرم کننده بخار آب و یا سیال گرم است که وارد پوسته و سیال سرد وارد تیوبها می گـردد و پـس از گرم شدن خارج می شود .درجه حرارت سیال خروجی از تیوبها بحدی است که فقط گرم شده و به نقطه تبخیر نمی رسد . وقتی این مبدل از نوع سـر ثابـت FIXED TUBE SHEET باشـد پوسـته را باید مجهز به یک اتصال ا نبساطی کرد EXPANSION JOINT اگر عامل گرم کننـده در هیتـر بخـار آب یا بخار مواد نفتی باشد چون این بخار در تماس با مایع سرد تقطیر می شود می تـوان هیتـر را یک نوع کندانسور یا چگالنده نامید .جنس تیوبهای هیتر معمولا از فـولاد و یـا آلیـاژ هـای مـس می باشد .



شکل ۲۹

سرد کننده یا چیلر CHLLER

چیلر نیز یک نوع مبدل پوسته وتیوب SHELL&TUBE می باشد که پوسته آن مانند پوسته ری بویلر نوع کتری و تبخیر کننده دارای فضای تبخیر می باشد VAPURE SPACE. چیلر ممکن است از نوع سر شناور، سر ثابت و یا دارای تیوبهای U شکل باشد . وظیفه این مبدل همانطور که از نامش پیدا است سرد کردن مواد گرم است . مایع گرم وارد تیوبها و مایع سرد کننده در پوسته جریان دارد ، معمولا مایع سرد کننده در این نوع مبدل حرارتی ، مایع پروپان C3H8 میباشد که اطراف تیوبها را فرا گرفته و با گرفتن حرارت تیوبها خود تبدیل به بخار شده و باعث سرد شدن مایع درون تیوبها می شود . تبخیر مایع پروپان احتیاج به فضای زیادی دارد به مین دلیل فضای تبخیر در پوسته چیلر در نظر گرفته شده است .

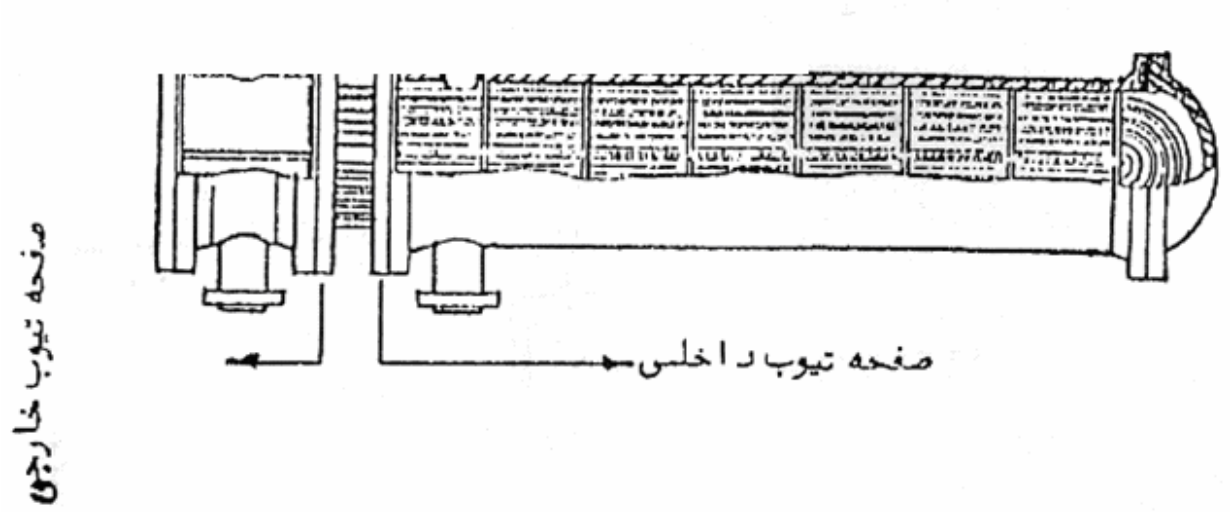


شکل شماره ۳۰

مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب مضاعف DOUBLE TUBE SHEET EXCHANGER

در سرویسهای معین که حتی نمی توان مقدار کمی نشتی از یک مایع را در داخل مایع دیگری صرف نظر کرد از مبدل حرارتی با دو صفحه تیوب مضاعف استفاده می شود (شکل شماره ۳۱این نوع مبدل را نشان میدهد) .کاربرد این مبدل به خاطر نشت احتمالی از محل اتصال تیوبها که رول شده اند می باشد . دو صفحه تیوب به فاصله کمی از هم (معمولا ۱ اینچ یا کمتر) قرار

گرفته اند ، صفحه تیوب خارجی به کانال و صفحه تیوب داخلی به پوسته وصل می گردد . تیوبها در هر دو صفحه تیوب رول شده اند . این مبدلها فقط با تیوبهای U شکل مورد استفاده قرار می گیرند. بنابراین صفحه تیوب دیگری غیر از صفحه تیوبهای مضاعف ندارند .سیال موجود در پوسته پشت تیوب هائیکه در صفحه تیوب داخلی رول شده اند قرار دارد و قسمتی از تیوبها که بین دو صفحه تیوب مضاعف قرار گرفته اند با مایع پوسته تماسی ندارند (A) بنابراین تنها جائیکه احتمال نشت دارد محل اتصال تیوبها به صفحه تیوب داخلی است که در این صورت سیالی که نشت پیدا کرده از فاصله بین دو صفحه تیوب خارج می گردد و نمی تواند به درون کانال رفته باعث اختلال سیال درون پوسته و تیوب گردد . این مبدل در شمار مبدلهای پوسته و تیوب می باشد .



شکل شماره ۳۱

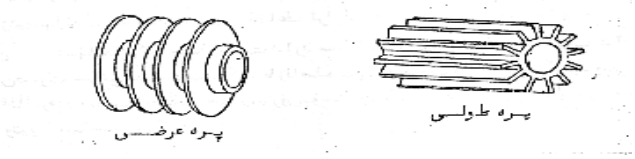
انواع دیگر مبدلها

علاوه بر مبدلهای پوسته و تیوب که شرح آنها گذشت مبدلهایی هستند که جز ء این طبقه بندی بشمار نمی آیند. تعدادی از آنها عبارتند از :

۱- مبدل حرارتی دو لوله ای پره دار
۲- برجهای خنک کننده
۳- مبدلهای بدون پوسته
٤- مبدلهای هوایی FIN-FAN TYPE
۵- مبدلهای با دسته تیوب مکعب مستطیلی

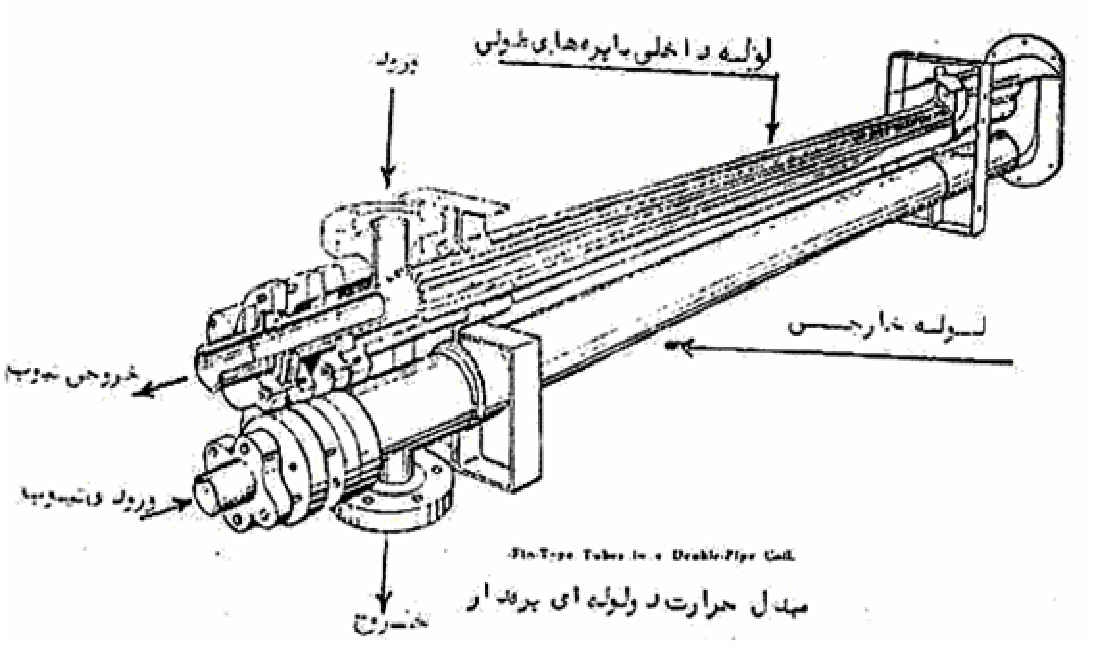
مبدل حرارتی دو لوله ای پره دار DOUBLE PIPE FIN TUBE HEAT EXCHANGER

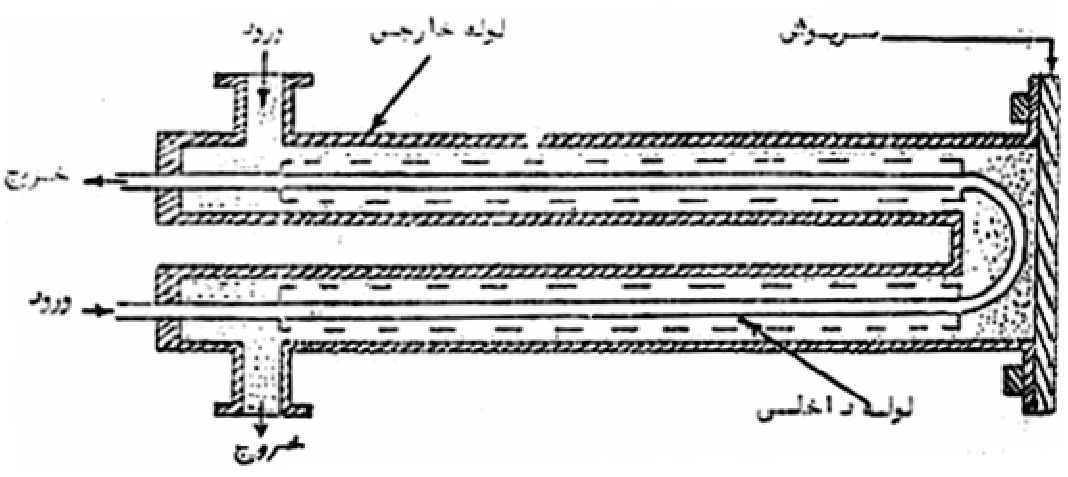
ساختمان این مبدل حرارتی از دو لوله U شکل و هم مرکز ساخته شده است .اطراف لوله داخلی از پره هایی بنام FIN جهت بالا بردن سطح انتقال حرارت استفاده شده است . پره ها ممکن است طولی LONGITUDINAL FINS و یا عرضی CROSS FINS باشند .



شکل شماره ۳۲

یک سیال در لوله داخلی و سیال دیگر در فاصله بین لوله داخلی و خارجی جریان دارد .جهت حرکت سیال در این مبدلها عکس یکدیگر است. بنابراین یک جریان مخالف COUNTER FLOW ایجاد می شود .از تیوبهای پره دار بطور وسیع برای تبادل حرارت با راندمان زیاد استفاده می گردد .قطر لوله خارجی در یک نمونه استاندارد 2 1/2 اینچ و قطر لوله داخلی 1 1/4 اینچ می باشد .از این مبدل مخصوصا برای گازها ، مایعات با ویسکوزیته زیاد استفاده می شود. چون وجود پره ها (FINS) سطح تبادل حرارت را بطور قابل ملاحظه ای افزایش میدهند .این مبدلها را می توان بطور سری و موازی با هم ترکیب کرد . از آنها می توان لوله های مارپیچی (COIL) کوئل ساخت .





شکل ۲۴(مبدل حرارتی دو لوله ای پره دار)

برجهای خنک کننده COOLING TOWER

تاکنون از مبدلهایی بحث شده که مدارشان بسته بوده و به هوای آزاد ارتباطی نداشتند برجهای خنک کننده دستگاهایی هستند که با هوای آزاد در تماس هستند و درجه حرارت آب در اثر تماس مستقیم با هوا و تبخیر قسمتی از آب کم شده و خنک می گردد .برجهای خنک کننده دارای انواع مختلفی هستند که اسا می چند نوع آن بدین ترتیب است :

۱- برج خنک کننده با پنکه مکنده INDUCED DRAFT COOLING TOWER

۲- برج خنک کننده با پنکه دمنده FORCED DRAFT COOLING TOWER

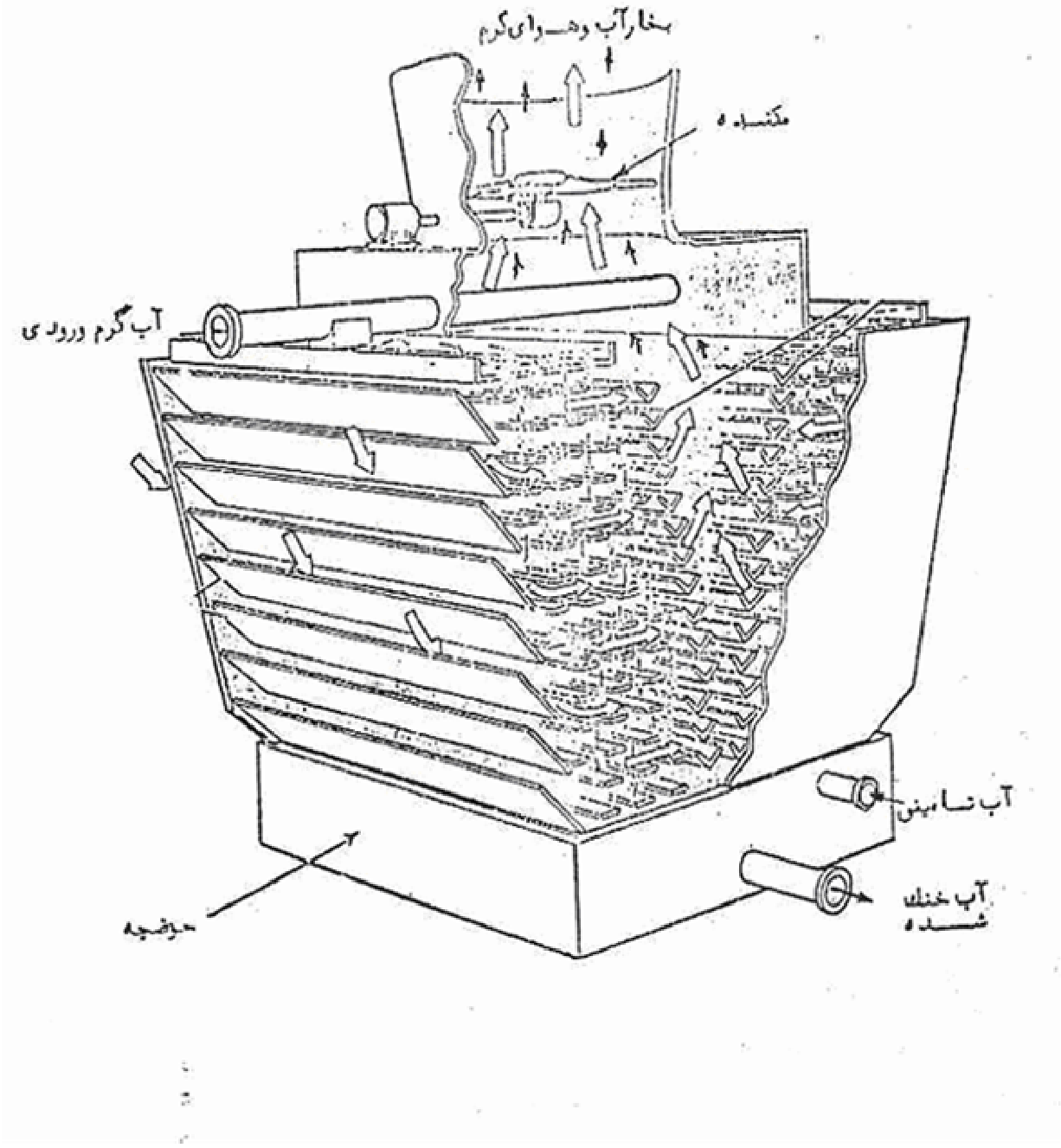
۳- برج خنک کننده اتمسفریک (بادی) COOLING TOWER ATMOSPHERIC

بطور کلی ساختمان برجهای خنک کننده تشکیل شده از صفحات چوبی پخش کننده آب ، بادگیرها ، لوله های توزیع آب و حوضچه یا مخزن آب خنک شده و پنکه میباشد .اساس کار برجهای خنک کننده بدین ترتیب است که آب گرم برگشتی از مبدلهای حرارتی وارد بالای برج شده و برروی صفحات چوبی پخش کننده آب ریخته . به سمت پایین حرکت می کند و هوا از قسمت زیر برج بطرف بالا می رود و تبادل حرارت بین هوا و آب گرم صورت گرفته و آب خنک شده وارد مخزن یا حوضچه پایین برج گردیده بوسیله تلمبه به مبدلهای حرارتی منتقل می شود . مقدار تبخیر آب بستگی به سطح تماس آب با هوا دارد و اگر هوای ورودی به برج از بخار آب اشباع شد تبخیر صورت نمی گیرد و همیشه مقداری از آب از راه تبخیر از بین میرود .

خنک شدن آب در برجهای خنک کننده به مقدار رطوبت هوا و درجه حرارت هوا و درجه حرارت آب ورودی و همچنین قدرت پنکه ها بستگی دارد. ر برجهای خنک کننده مکنده ای ،

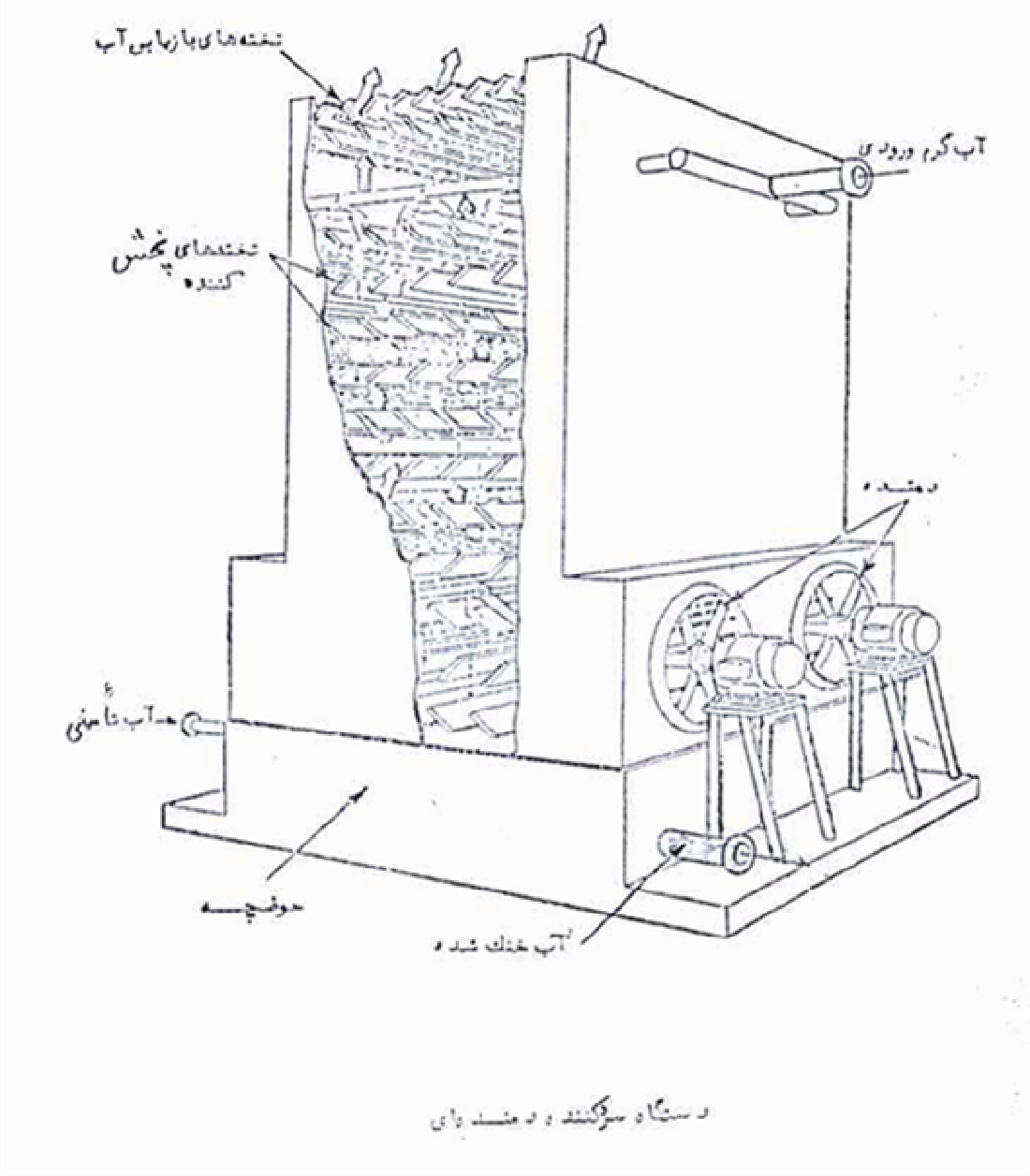
پنکه ها در بالا ی برج نصب شده اند و هوای اشباع شده از بخـار را از داخـل بـرج بـه خـارج می فرستند و هوای تازه از اطراف برج به جای هوای خارج شده قرار می گیـرد .در برجهـای خنک کننده دمنده ای، پنکه ها در پایین برج ورودی زمین قرار دارند و هوا را از پـایین بـرج به بالا می رانند . در این نوع تعمیرات پنکه ها بعلت پایین بودن راحت تر اسـت .اطـراف بـرج خنک کننده دمنده ای بسته ولی اطراف برج خنک کننده مکنده ای باز است .بـه همـین دلیـل در برجهای مکنده هوا از تمام جهات و بطور یکنواخت بـا آب تمـاس پیـدا مـی کنـد ولـی در برجهای دمنده هوا بطور یکنواخت در همه جا با آب در تماس نخواهد بود .

برجهای خنک کننده اتمسفریک با فشار جو و بوسیله جریان طبیعی هوا کار می کنند و برای به جریان انداختن هوا از پنکه استفاده نمی شود . راندمان این برج به سرعت باد و رطوبت هـوا بستگی دارد . اگر سرعت باد زیاد باشد مقدار بیشتری آب از دست مـی رود و اگـر سـرعت باد خیلی کم باشد آب به اندازه کافی خنک نمی گردد. یک جریان ملایم بـاد اثـر خـوبی دارد. همچنین اگر رطوبت هوا زیاد باشد ، تبخیر آب به خوبی صورت نمی گیرد و آب خنـک نمـی شود .



شکل ۳۵

(برج خنک کننده)



شکل ۳۶

مبدلهای حرارتی بدون پوسته SHELL LESS HEAT EXCHANGER

در بعضی شرایط ممکن است دسته تیوب بدون پوسته اصلی خود استفاده شود مانند وقتی که دسته تیوب در یک مخزن بزرگ مانند برج تقطیر نصب شود. در واقع پوسته مخزن به جای پوسته مبدل بکار رفته است .

مبدلها ئیکه با هوا خنک می شوند AIR COOLED EXCHANGER

یک نوع مبدل بدون پوسته می باشد. در نقاطی که آب کمیاب و تهیه آن مشکل است و یا به دلیل اقتصادی گران تمام می شود از مبدلهای هوایی استفاده می شود . این مبدلها معمولا از تعداد زیادی تیوب که دارای پره های عرضی (FIN) هستند و در داخل قاب فلزی

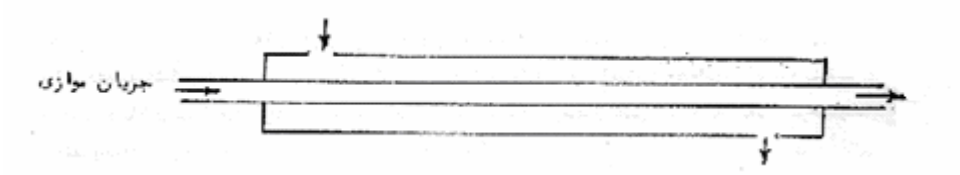
STEEL FRAME قرار گرفته اند، تشکیل شده اند . سیالی که باید سرد شود وارد تیوبها می شود و هوا بوسیله یک پنکه مکنده که بالای مبدل قرار گرفته و یا بوسیله یک پنکه دمنده که زیر مبدل نصب شده به تیوبها برخورد می کند و سیال درون تیوبها پس از سرد شدن خارج می گردد .کولر هوایی ممکن است برای تقطیر بخار و گاز و یا خنک کردن مایعات بکار رود. به این نوع مبدل FIN-FAN COOLER نیز می گویند .

مبدل با دسته تیوب مکعب مستطیلی NON-CIRCULAR BUNDLE

مبدل با دسته تیوب مکعب مستطیلی نمونه دیگری از مبدلهای بدون پوسته می باشد که در بعضی از برجهای خلاء ، دستگاهای تقطیر محصولات بالای برجها را تقطیر می کند مانند OVER HEAD CONDENSER سایر جنبه های این مبدل مانند مبدلهای دیگر است .

انواع جریان در مبدل حرارتی

۱- جریان موازی PARALLEL FLOW



که حرکت سیال در پوسته و تیوب در یک جهت است

۲- جریان مخالف COUNTER FLOW

که حرکت سیال در پوسته و تیوب در جهت مخالف یکدیگر است .

برای بدست آوردن بهترین تبادل حرارت سعی می شود که سیال درون پوسته و تیوب عکس یکدیگر جریان داشته باشند. جهت جریان مایعات در داخل پوسته و تیوب بستگی به درجه حرارت مایعات در نقطه خروج آنها از مبدل دارد .اگر دمای خروجی دو مایع نزدیک به یکدیگر باشند، می توان هر دو مایع را در یک جهت (جریان موازی) حرکت داد ولی اگر اختلاف دمای دو مایع زیاد باشد آنها را در جهت عکس یکدیگر جریان میدهند(جریان مخالف).

گردش مایع در مبدلهای حرارتی

تعداد گشت یا پاس در پوسته و تیوب: بطور کلی گشت یا پاس عبارتست از مسیری که سیال در پوسته یا در تیوب می پیماید. تعداد گشت در پوسته و تیوب به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله :درجه حرارت خروجی، فشار،سرعت و نوع سیال ، تعداد ، قطر و طول تیوبها ،

قطر پوسته، سطح تبادل حرارت در مبدل ، مسائل اقتصادی و مخارج تعمیرات که طراح مبدل بسته به شرایط و پروسس کار در نظر می گیرد .

در گذشته مبدلهایی ساخته شده بودند که در پوسته خود دارای ۶ گشت بودند ولی به علت اشکالات تعمیراتی و پیچیده شدن ساختمان مبدل ناشی از قراردادن بافلهای طولی در پوسته دیگر ساخته نمی شوند . اکنون بیشتر از پوسته های دارای یک یا ۲ گشت استفاده می شود. تاکنون تا ۱۶ گشت در مورد تیوبها انجام گرفته است . بطورکلی اگر تعداد گشتها در پوسته و تیوب زیاد باشد شرایط جریان مخالف بطور حقیقی بدست نخواهد آمد .

مبدلهای دارای یک گشت دارای مزایای زیادی هستند از جمله :

- جریان مخالف بدست میاید
- تمیز کردن و تعمیرات مبدل آسان است

در حالیکه مبدلهای با پوسته های دارای گشت زیاد دارای حجم و وزن زیادی هستند و به آسانی نمی توان آنها را از سیستم جدا و تعمیر کرد به جای افزودن گشت در پوسته می توان مبدلهای یک پاس در پوسته را بطور سری بهم متصل کرد و همان نتیجه را گرفت .

طرحهای مختلف گشت در پوسته و تیوب

۱- مبدل یک یک با جریان مخالف COUNTER FLOW 1-1 EXCHANGER

در این نوع مبدل یک گشت در پوسته و یک گشت در تیوب انجام می شود(مانند شکل ٤٠ الف).

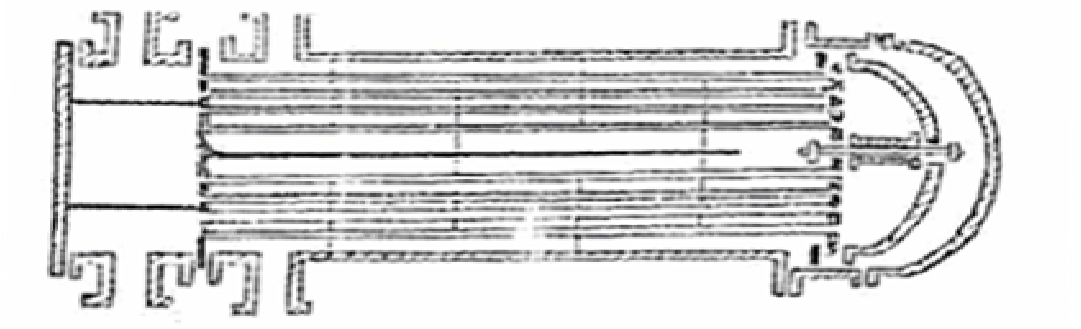
۲- مبدل یک - دو 1-2 EXCHANGER

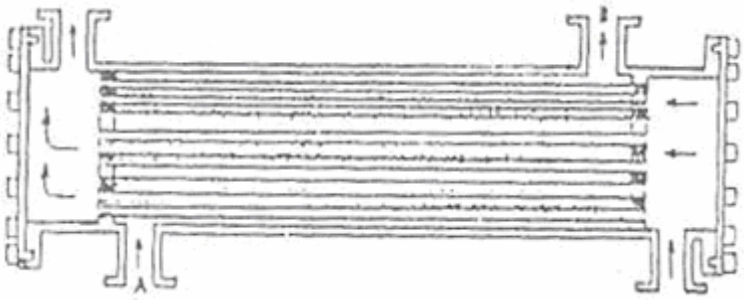
این نوع مبدل تشکیل شده از یک پوسته یک گشتی و تیوبهای ۲ گشتی (با ضرایبی از دو)

این طرح معمول ترین طرح برای مبدلهای پوسته و تیوب می باشد و از نظر نگهداری آسانتر از همه مبدلهاست (شکل ۱) .

۳- مبدل دو- چهار 2-4 EXCHANGER

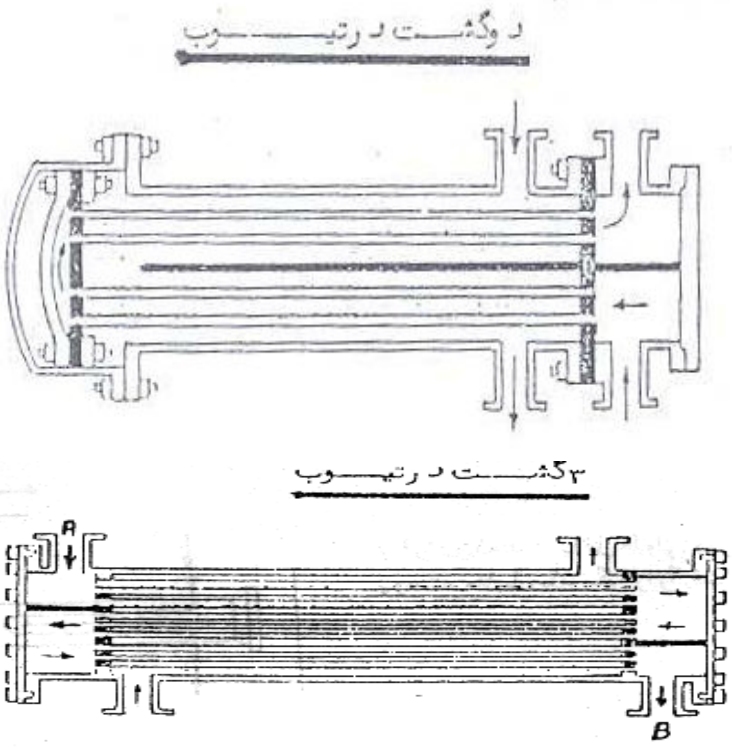
در این نوع مبدل پوسته دارای ۲ گشت (با قراردادن یک عدد بافل طولی) و تیوبها دارای ٤ گشت یا (ضرایبی از ۲) می باشد .



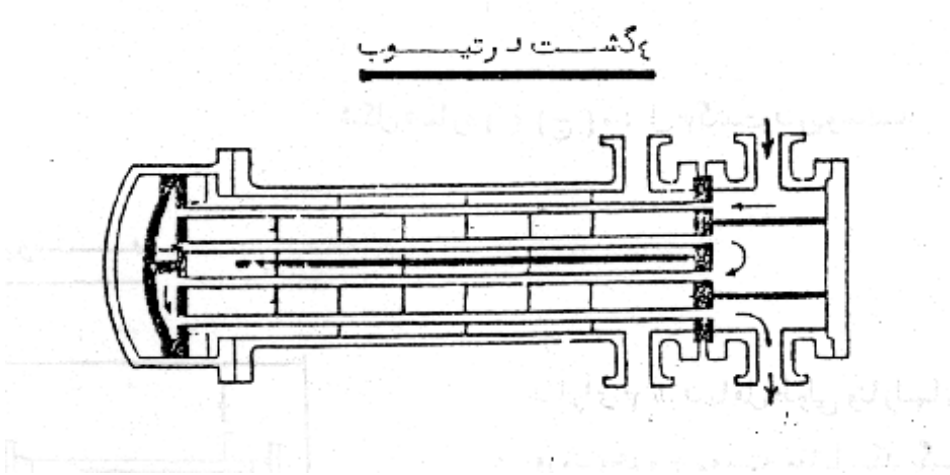


شکل ۳۹ و ۴۰ الف

این مبدل دارای ۲ کانال یکی برای ورود و دیگری برای خروج مایع از تیوبها مـی باشـد .بـر روی هر کانال یک عدد نازل تعبیه شده است .این مبـدل دارای یـک کانـال و نازلهـای ورود و خـروج تیوبها برروی همان یک عدد کانال قرار دارند . همچنین کانال دارای یـک صـفحه تقـسیم کننـده (پاس پارتیشن) می باشد که دهانه کانال را به دو قسمت تقسیم کرده و باعـث مـی شـود کـه سیال ۲ بار در تیوبها گردش کند . مبدل فوق درای ۲ کانال و هر کانال دارای یک صـفحه تقـسیم کننده که قرینه یکدیگر نصب شده اند می باشد . طبق شکل سیال از نازل A وارد تیوبها و پس از طی ۳ گشت در تیوبها از نازل B خارج می گردد .

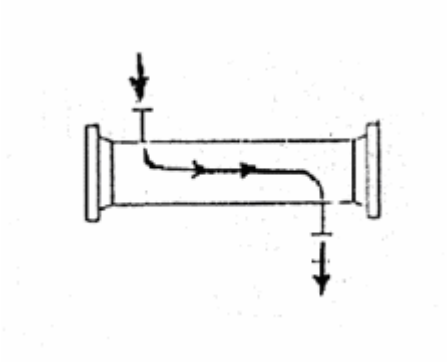


شکل ۴۰ ب وج

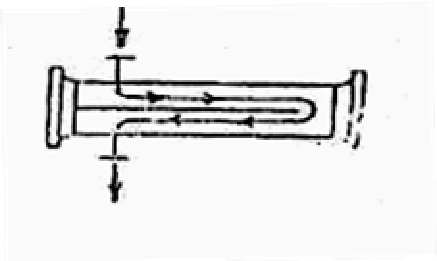


شکل ۴۰ د

کانال این مبدل دارای ۲ صفحه تقسیم کننده و سر شناور (فلوتینگ هد) آن نیز دارای یک صفحه تقسیم کننده می باشد. سیال طبق شکل وارد تیوبها و پس از طی ٤ گشت از نازل خروجی بیرون می رود .اشکال زیر تعداد گشت در پوسته را نشان می دهد.

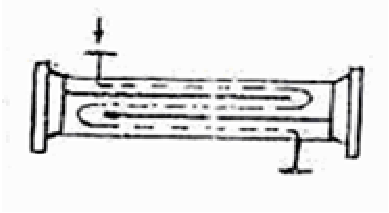


شکل ۴۱ الف



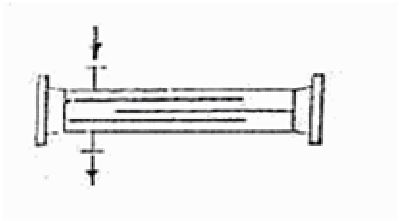
شکل ۴۱ ب

(۲ گشت در پوسته، دارای یک عدد بافل طولی و ورود و خروج پوسته مقابل همدیگر قرار گرفته اند)



شکل ۴۱ ج

(۳ گشت در پوسته، دارای دو عدد بافل طولی و نازلهای ورود و خروج پوسته در جهت عکس یکدیگرند)



شکل ٤١ د(دارای ۳ عدد بافل طولی و نازلهای ورود و خروج پوسته مقابل یکدیگرند)

بطور کلی در گشتهای زوج مانند ۲ گشت و ٤ گشت نازلهای ورود و خروج پوسته مقابل هم هستند و در گشتهای فرد مانند یک گشت و ۳ گشت نازلهای ورود و خروج پوسته در جهت عکس یکدیگر قرار گرفته اند .

موادی که از درون تیوبها می گذرانند:

۱- بطورکلی مواد کثیف را از داخل تیوبها عبور می دهند زیرا تمیز کردن داخل تیوبها آسانتر است مشروط به اینکه تیوبها مسقیم باشد .

۲- در مورد مبدلهائیکه پوسته و صفحات تیوب یک پارچه هستند و در نتیجه نمی توان دسته تیوب را از پوسته برای تمیز کردن پوسته خارج کرد مایع کثیف را از داخل تیوبها میگذارنند.

۳- سیالات دارای فشار زیاد وارد تیوبها می شوند .

٤- آب و مواد خورنده را وارد تیوبها می کنند چون تیوبهای مقاوم در مقابل خوردگی نسبتا ارزان هستند و همچنین رسوبات و پوسته آب WATER SCALE براحتی از داخل تیوبها تمیز می شوند .

موادی که از درون پوسته می گذرند:

۱- وقتی سیال کثیف و تمیز کردن داخل تیوبها مشکل باشد نظیر تیوبها U شکل سیال کثیف از داخل پوسته عبور داده می شود .

۲- معمولا سیالات دارای حجم زیاد (مانند بخار مایعات) را ازدرون پوسته عبور می دهند .

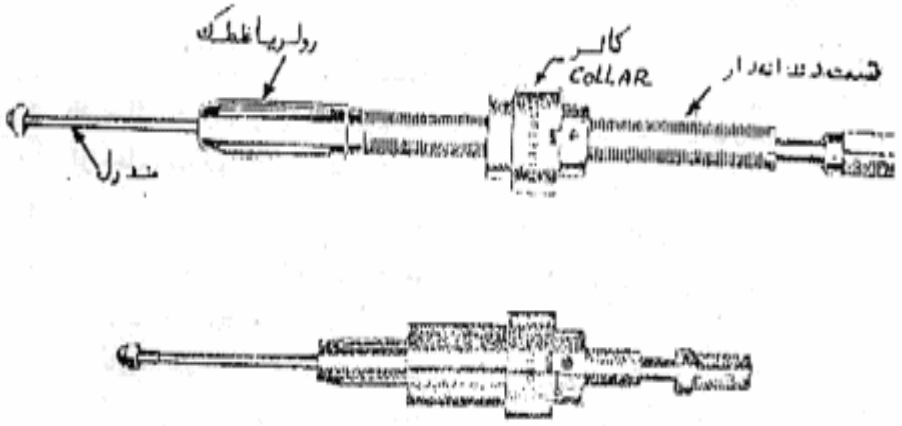
۳- اگر سیال دارای شدت انتقال حرارت کمی باشد چون انتقال حرارت را می توان بوسیله بافلهای عرضی در پوسته بالا برد .

٤- موادبا ویسکوزیته (گرانروی) زیاد تر از پوسته گذرانده می شود .چون می توان بوسیله بافلهای عرضی اغتشاش زیادتری در پوسته ایجادکرد .

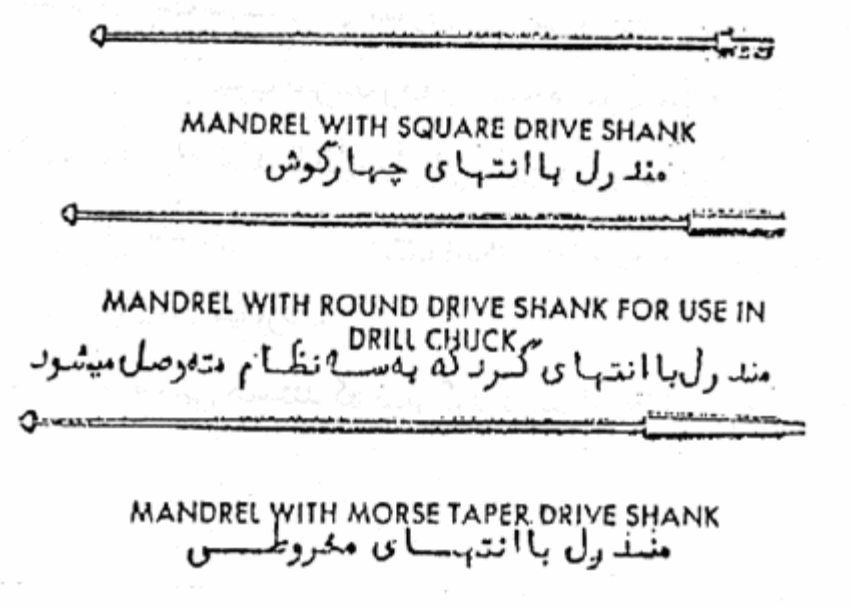
غلطک تیوب TUBE EXPANDER

منبسط کننده وسیله ای است مانند شکل ٤۲ که برای اتصال تیوبها در صفحه تیوب بکار میرود و باعث انبساط یکنواخت و محکم تیوب در شیارهای صفحه تیوب می گردد .تیوب اکسپندر یا غلطک تیوب دارای چند غلطک یا رولر ROLLER مخروطی شکل می باشد. از بین غلطکها نیز میله ای مخروطی بنام مندرل MANDREL می گذرد. این میله ضمن چرخیدن و جلو رفتن غلطکها را بیشتر بیرون میاورد .نوک غلطکها دارای انحنای مناسبی هستند که ضمن گردش

سطح داخلی تیوبها را زخمی نکند .طول غلطک تیوب بوسیله قسمت دندانه دار THREAD خود برای ضخامت های مختلف صفحه تیوب قابل تنظیم است . همچنین غلطکهای تیوب نسبت به قطر و گیج تیوبها در اندازه های مختلف ساخته می شوند . برروی غلطک تیوب قطر و گیج تیوبها نشان داده شده است مثلا روی غلطک تیوب نوشته شده ۱٤ × ۳/٤ که عدد ۳/٤ نشان دهنده قطر تیوب و عدد ۱٤ گیج تیوب را مشخص می کند .در موقع غلطک زنی بایستی دقت کرد که غلطک تیوب بطور صحیح نسبت به قطر و گیج تیوب تعیین گردد زیرا در غیر این صورت تیوب به درستی آب بندی نشده و باعث خرابی تیوب و صفحه تیوب می گردد و همچنین طول غلطک با توجه به ضخامت صفحه تیوب تعیین می شود و بطورکلی طول غلطک باید ۱/۸ اینچ از ضخامت صفحه تیوب کمتر باشد . شکل ٤۲ دو نوع غلطک تیوب قابل تنظیم را نشان می دهد .

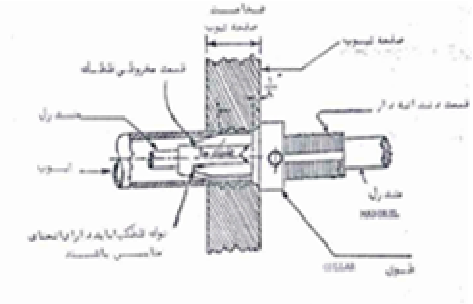


شکل ٤۲



شکل ۴۳ الف

شکل ۴۳ب



شکل ۴۳ج

فصل چهارم:
نصب و جدا کردن اجزای مبدل

روشهای نصب و آب بندکردن تیوبها UBE SEALING METHODS

تیوبها را به روشهای مختلف در صفحه تیوب نصب و آب بندی می کنند که عبارتند از :

۱- منبسط کردن تیوبها بوسیله غلطک تیوب ROLLED SEAL

۲- فرول و پکینگ PACKED SEAL

۳- غلطک زنی و جوش ROLL & WELD

۱-منبسط کردن تیوبها بوسیله عمل غلطک زنی : رول کردن

معمول ترین روش نصب تیوبها رول کردن تیوبها در سوراخهای صفحه تیوب به وسیله غلطک تیوب یا تیوب اکسپندر می باشد . همانطوریکه قبلا گفته شد در داخل سوراخهای صفحه تیوب شیارهایی بنام سریشن SERRATION ایجاد شده و در موقع غلطک زنی جداره تیوب درون این شیار ها رفته اتصال محکمی را بوجود می آو رد .تعداد سریشنها حداقل ۲ عدد و بسته به ضخامت صفحه تیوب زیاد تر نیز می توانند باشند .عمق این شیارها ۱/۶۴ اینچ و پهنای آن ۱/۸ اینچ و فاصله بین ۲ شیار متوالی ۳/۸ اینچ تا ۱/۲ اینچ میباشد . عمل رول کردن تیوبها احتیاج به یک تکنسین با تجربه دارد و باید دقت کرد که تیوبها را زیاد تر از حد معمول غلطک نزد چون استحکام و جداره تیوب را کم کرده باعث خرابی تیوب می گردد (OVER-ROLLED) .

نباید برای رول کردن تیوبها از سمبه یا پانچ PUNCH و یا دریفت پین (پین مخروطی DRIFT PIN) استفاده کرد چون باعث خرابی تیوب و صفحه تیوب می گردد .

وقتی ضخامت صفحه تیوب کمتر از ۲ اینچ باشد تیوبها معمولا ۱/۸ اینچ کمتر از ضخامت صفحه تیوب غلطک زده می شوند و اگر ضخامت صفحه تیوب بیشتر از ۲ اینچ باشد طول قسمت غلطک خورده باید حداقل ۲ اینچ باشد ولی عمل غلطک زنی نباید از صورت صفحه تیوب (صورتیکه طرف پوسته قرار دارد) تجاوز نماید .اگر ضخامت صفحه تیوب کم باشد (تقریبا ۲ اینچ) غلطک زدن تیوب پس از تنظیم کردن طول غلطک تیوب در یک مرحله انجام می شود ولی اگر ضخامت صفحه تیوب بیشتر از ۲ اینچ باشد ممکن است به دو مرحله عملیات غلطک زنی احتیاج پیدا کند .بدین ترتیب که طول غلطک تیوب طوری تنظیم می شود که در مرحله اول نصف عمق نهایی و در مرحله بعد بطور کامل غلطک خواهد خورد .عملیات غلطک زنی باید با نیروی ملایمی انجام شود زیرا در غیر اینصورت اتصال تیوب محکم و آب بندی نشده و سوراخ صفحه تیوب به طور محسوسی گشاد خواهد شد .

غلطک تیوب بوسیله گرداننده ای TUBE EXPANDER MACHIN که ممکن است برقی یا هوایی باشد به حرکت در میاید. بدین ترتیب که انتهای میله مخروطی (مندرل) که مربعی یا دایره شکل است به عامل گرداننده وصل و می چرخد که در نتیجه باعث گردش غلطک تیوب

می گردد .پس از غلطک خوردن تیوبها به اندازه لازم عملیات غلطک زنی بوسیله جعبه کنترل کننده اتوماتیکی متوقف خواهد شد .

در هنگام رول کردن تیوب نباید گرد و خاک و براده و ذرات خارجی در سطح بیرونی تیوب و داخل سوراخهای صفحه تیوب و سریشنها وجود دا شته باشد . گفتیم که اگر تیوبها بیش از اندازه لازم رول شوند باعث خرابی تیوب و صفحه تیوب و اگر کمتر از حد لازم اکسپند گردند تیوبها لق و بخوبی آب بندی نمی شوند . پس علاوه بر تجربه و مهارت تکنسین ، اندازه ای برای رول کردن باید در دست باشد . معمولا بازرسین فنی این اندازه را در اختیار تکنسین مربوطه قرار خواهند داد و ما در اینجا به ذکر نکاتی می پردازیم :

فاصله ای که بین قطر خارجی تیوب و قطر سوراخ صفحه تیوب TUBE HOLE وجود دارد را کلیرنسCLEARANCE گویند .

این فاصله در مورد تیوبهای ۱/۲ ، ۵/۸ ، ۳/٤ برابر ۱۰ هزارم اینچ می باشد در جدول شماره (۷)کلیرنس تیوبها نشان داده شده است .

این اندازه ها میتواند مقداری کم و زیاد (تلرانس) داشته باشند کلیرنس را می توان عملا ضمن کار از تفاضل قطر سوراخ در صفحه تیوب و قطر خارجی تیوب بدست آورد .

CLEARANCE = TUBE HOLE – TUBE O.D

قطر خارجی تیوب - قطر سوراخ در تیوب = کلیرنس

و سپس اندازه کلیرنس را با اندازه ای که در جدول شماره (۸) برای انبساط تیوبها داده است (ستون TUBE EXPANSTON) جمع کرده تا اندازه لازم جهت رول کردن تیوب به دست آید .

اندازه بدست آمده می تواند یک هزارم اینچ کمتر یا زیاد تر شود پس :

اندازه انبساط + کلیرنس = اندازه لازم جهت رول کردن تیوب

مثال : اگر بخواهیم یک تیوب ۳/٤ اینچ با گیج ١٤ را رول کنیم اندازه لازم برای رول کردن چقدر است ؟

ابتدا کلیرنس را طبق جدول شماره ۹ یا بطور عملی از روی کار اندازه می گیریم که برای تیوب ۳/٤ طبق جدول فوق برابر ۱۰ هزارم اینچ است و سپس با توجه به جدول شماره ۱۰ اندازه انبساط (تیوب اکسپنشن) را بدست می آوریم که برابر ۸ هزارم اینچ می باشد .

اکنون مقدار کلیرنس را با اندازه انبساط جمع کرده تا اندازه لازم جهت رول کردن تیوب به دست آید .

۰.۰۱۰ + ۰.۰۰۸ = ۰.۰۱۸

هیجده هزارم اینچ اندازه لازم جهت رول کردن تیوب فوق می باشد که این اندازه را برروی دستگاه کنترل کننده غلطک زن تنظیم می کنیم . بعد از رول کردن تیوب ، قطر داخلی تیوب

اندازه گیری می شود و با قطر داخلی قبل از رول شدن مقایسه می شود . تفاضل دو عدد باید برابر اندازه تعیین شده جهت رول کردن باشد .

TUBE O.D.	CLEARANCE
قطرخارجی تیوب " اینچ "	فاصله بین قطرخارجی تیوب وقطر سوراخ صفحه تیوب - اینچ
½ "	۱۰ هزارم
⅝ "	۱۰ هزارم
¾ "	۱۰ هزارم
1 "	۱۲ هزارم
1 ¼ "	۱۴ هزارم

جدول شماره ۷

MMENDED EXPANSION OF TUBES FOR OPTIMUM JOINT STRENGTH IN HEAT EXCHANGERS AND CONDENSERS

Use expansion listed in tube expansion column plus clearance between tube O. D. and sheet hole I. D.

Recommended expansion may be plus or minus .001"

GA.	TUBE EXPANSION	O. D. SIZE	GA.	TUBE EXPANSION	O. D. SIZE	GA.	TUBE EXPANSION
14	.006"	¾"	12	.008"	1¼"	8	.010"
15	.006"	¾"	13	.008"	1¼"	10	.010"
16	.006"	¾"	14	.008"	1¼"	12	.009"
17	.005"	¾"	15	.007"	1¼"	14	.008"
18	.005"	¾"	16	.006"	1¼"	16	.007"
19	.004"	¾"	17	.005"	1¼"	18	.006"
20	.004"	¾"	18	.005"			
21	.004"	¾"	19	.003"	1½"	8	.012"
		¾"	20	.005"	1½"	10	.012"
12	.008"	¾"	21	.004"	1½"	12	.010"
13	.008"				1½"	14	.010"
14	.006"	1"	8	.009"	1½"	16	.008"
15	.006"	1"	9	.009"	1½"	18	.008"
16	.006"	1"	10	.009"			
17	.005"	1"	12	.009"	2"	8	.012"
18	.005"	1"	13	.008"	2"	10	.012"
19	.004"	1"	14	.008"	2"	12	.011"
20	.004"	1"	15	.007"	2"	14	.010"
21	.004"	1"	16	.006"	2"	16	.008"
		1"	17	.005"	2"	18	.008"
10	.008"	1"	18	.005"			
11	.008"						

ADDITIONAL SIZES

⅛" O. D. tube - expand all gauges .003" after contact with tube sheet hole
¼" O. D. tube - expand all gauges .004" after contact with tube sheet hole

EXAMPLE

¾" O. D. x 14 gauge tubes

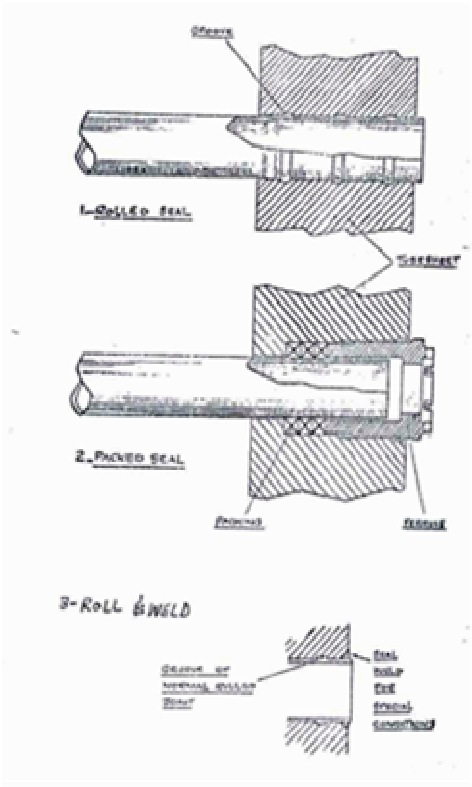
Recommended expansion ..... .008"
Tube sheet hole ..... .760"

Therefore, expand as follows:
Tube I. D. before expanding ..... .584"
Recommended expansion ..... .008"
Clearance between tube & tube sheet hole ..... .010"
FINISH I.D. .602"

جدول شماره ۸

۲- نصب و آب بندی به طریق فرول و پکینگ (PACKED SEAL)

یکی دیگر از روشهای نصب تیوب در صفحه تیوب طریقه فرول و پکینگ می باشد . در بعضی از کندانسور ها که اختلاف درجه حرارت داخل و بیرون تیوبها زیاد است برای اینکه انبساط و انقباض تیوبها خرابی ببار نیاورد ، تیوبها را به طریق فرول و پکینگ نصب می کنند . همانطور که در شکل شماره ٤٥ نشان داده شده است سوراخهای صفحه تیوب به جای شیار ، دندانه دارد و هر تیوب دارای یک جعبه آب بندی برای پکینگ و یک فرول FERRULE مخصوص به خود می باشد که در صفحه تیوپ پیچانده می شود و به هر تیوب این امکان را می دهد که با کم و زیاد شدن طول آن در اثر سرد و گرم شدن تیوب آزادانه در صفحه حرکت داشته باشد و بلغزد . پکینگ ها از نشتی دور تیوبها جلوگیری می کنند . این روش نصب در کندانسور های مرکز برق بخار استفاده می شود مانند کندانسور های سطحی SURFACE CONDENSER که بخار مرده خروجی از توربین های بخار را به مایع (آب) تبدیل می کنند .



شکل شماره ۴۵

۳- نصب تیوب به روش غلطک و جوش (ROLL & WELD)

در پروسسهای بخصوص که نشت جایز نمی باشد بعضی مواقع سرهای تیوب علاوه بر اینکه رول شده اند به صفحه تیوب جوشکاری می شوند ولی این عمل تعویض تیوبها را بسیار مشکل می کند .

پیاده کردن اجزاء:

آماده سازی قبل از بازکردن قطعات PREPARATION

قبل از هرگونه اقدام در جهت پیاده کردن اجزاءِ دستگاهها از جمله مبدل حرارتی بایستی بوسیله مسئولین دستگاه (عملیات بهره برداری) اقدامات زیر انجام شود . در اینگونه موارد گروه تعمیرات کمک خواهند کرد .

۱- اگر قرار است قسمتهای دیگر واحد صنعتی به کار خود ادامه دهند باید دستگاه را بای پاس BY-PASS کرد.

۲- محتویات ظروف ، خالی و اگر آغشته به مواد نفتی و آتش زا هستند بوسیله بخار شستشو شوند (STEAM OUT) .

۳- دستگاه مورد تعمیر را بوسیله صفحات مسدود کننده مانند اسپید (SPADE) از بقیه دستگاها جدا کرد .

٤- اگر احتمال وجود گاز می رود بایستی دستگاه آزمایش گاز GAS TEST شود .

۵- در مورد مبدلهایی که عامل خنک کننده آنها آب است باید نفرات و وسایل مورد نیاز جهت تمیز کردن مبدل بلافاصله بعد از باز کردن ، آماده باشند زیرا در غیر اینصورت گل و لای و رسوبات خشک شده و تمیز کردن آنها مشکل خواهد شد .

۶- قبل از باز کردن قطعات مختلف ، لازم است این قطعات بوسیله استامپ نشانه گذاری شوند تا در موقع بستن اشکالی ایجاد نشود .

سپس قطعات باز شدنی مانند کانال- سرپوش کانال - سرپوش پوسته (بانت) - سرپوش سرشناور (فلوتینگ هد کاور) باز و خارج گردد و بعد از آن اقدام به بیرون آوردن دسته تیوب از پوسته خواهد شد .

بیرون آوردن دسته تیوب از پوسته TUBE BUNDLE REMOVAL

الف : بیرون آوردن دسته تیوبهای افقی HORIZONTAL BUNDLE REMOVAL

دسته تیوبهای افقی از طریق کشیدن از طرف سر ساکن یا بوسیله فشار دادن از طرف صفحه تیوب شناور یا با هر دوی این روشها بیرون آورده می شوند . هرکدام از روشهای فوق که برای بیرون آوردن دسته تیوب اعمال شود می بایست در موقع خارج شدن دسته تیوب از پوسته احتیا ط لازم برای جلوگیری از معیوب شدن دسته تیوب و پوسته رعایت شود .بدین ترتیب که بوسیله تسمه های پهن فلزی با روکش بافته شده (PAD) و به کمک جرثقیل یا چین بلاک CHAIN BLOCK که به یک اسکلت فلزی قوی بسته شده محور طولی دسته تیوب را موازی محور پوسته و بصورت افقی قرار داده که باعث نگهداری وزن آن و جلوگیری از صدمه و گیر کردن دسته تیوب در موقع بیرون کشیدن می شود .در دسته تیوبهایی که قطر صفحه تیوب

آنها بیشتر از ۱۲ اینچ و یا طول تیوبها از ۸ فوت بلند تر است در صورت صفحه تیوب ساکن آنها ۲ عدد سوراخ رزوه دار TAPPED HOLE برای نصب آی بولت EYE BOLT جهت بیرون کشیدن دسته تیوب از پوسته تعبیه شده است . این سوراخها ممکن است موقعی که مبدل در سرویس است پلاک و مسدود شده باشد .

۱- بیرون آوردن دسته تیوب از طریق کشیدن PULLING

برای بیرون آوردن دسته تیوبهای افقی از طریق کشیدن بدین طریق عمل می کنیم :

۱- اگر سوراخ رزوه دار TAPPED HOLE FVHD در صفحه تیوب ساکن در نظر گرفته شده باشد پلاک آنرا اگر نصب شده بازکرده و آی بولت را بجای آن محکم می پیچیم .

۲- اگر سوراخ جای آی بولت تعبیه نشده و یا دندانه های آن خراب و زخمی شده باشد ، یک میله گرد فولادی STEEL ROD که یک سر آن حلقه ای شکل (EYE) و سر دیگر آن دندانه داشته باشد و قطر آن متناسب با قطر تیوب و وزن دسته تیوب طبق جدول شماره (۹)باشد از درون سوراخ یکی از تیوبها ا ز طرف صفحه تیوب ساکن عبور داده تا از سر دیگر تیوب خارج شود .میله دیگری به همین ترتیب قرینه میله اول عبور داده می شود .دو سر دندانه دار میله گرد را که از تیوبها خارج شده اند به یک ورق فلزی با ضخامت متناسب که قبلا سوراخ شده و روی صفحه تیوب شناور قرار گرفته بوسیله مهره بسته می شود . برای جلوگیری از خرابی سرهای تیوب بین صفحه تیوب شناور و ورق فلزی یک الوار چوبی قرارداده می شود .

۳- حلقه آی بولت یا میله فلزی را به قلاب وسیله ای که باید دسته تیوب را بیرون بکشد وصل کرده و شروع به بیرون کشیدن دسته تیوب از داخل پوسته می کنیم .

٤- وقتی دسته تیوب به اندازه کافی بیرون کشیده شد برای نگهداری وزن آن و افقی نگداشتن دسته تیوب از جرثقیل یا چین بلاک CHIAN BLOCK (که نوعی جرثقیل دستی است)و تسمه های پهن فلزی یا روکش بافته شده PAD استفاده می شود .

۵- عملیات بیرون کشیدن را ادامه داده و در موقع لازم تسمه را برای همچنان افقی نگهداشتن دسته تیوب تنظیم می کنیم . باید دقت کرد که تسمه طوری دور دسته تیوب قرار داده شود که روی بافلهای عرضی قرار گیرد به خود تیوبها فشار وارد نشود .

۶- وقتی دسته تیوب به اندازه کافی بیرون کشیده شد از تسمه دیگری با فاصله معین برای جلوگیری از خم شدن تیوبها استفاده شود .

۷- بالاخره دسته تیوب را کاملاً بیرون کشیده و روی زمین و یا روی پایه های چوبی (پالت PALLET) قرارداده می شود .

در این موقع باید دقت کرد که تیوبها خمیدگی و تحت تنش قرار نگیرند و وزن دسته تیوب روی بافلها و صفحه های تکیه گاه SUPPORT PLATE و صفحات تیوب قرارگیرد(TUBE SHEETS) جدول شماره ۹ مقدار بار مجاز را که آی بولت و میله فولادی می تواند تحمل کند نشان می دهد.

2. EYE BOLTS آی پولت

SIZE قطرآی پولت	SAFE LOAD بارمجاز
⅜"	4,000 lb. پاوند
1 "	6,000 lb. "
1¼"	10,000 lb. "
1½"	15,000 lb. "

2. RODS میله تولادن

TUBE SIZE قطرتیوب	ROD SIZE قطرمیله تولادن	SAFE LOAD PER ROD بارمجاز
5/8"	3/8"	1,000 lb. پاوند
3/4"	1/2"	2,000 lb. "
1" OR LARGER	5/8"	3,000 lb. "

جدول ۹

۲- بیرون آوردن دسته تیوب از طریق فشار دادن (PUSHING)

اگر دسته تیوب برای مدت نسبتا" زیادی بدون بیرون آمدن در سرویس بوده است جهت بیرون آوردن آن ممکن است لازم باشد که بوسیله جک هیدرولیکی از طرف صفحه تیوب شناور به آن فشار داد تا کمی جا به جا شود ، تیوبها نباید در اثر این فشار صدمه ببینند و لازم است که ابتدا روی سطح صفحه تیوب شناور یک الوار چوبی و سپس روی چوب یک ورق فولادی قوی گذاشته و سپس بوسیله جک اقدام به جابجایی شود .

وقتی دسته تیوب آزاد شد بوسیله کشیدن (PULLING) یا فشار دادن (PUSHING) و یا ترکیبی از هر دو می توان دسته تیوب را خارج کرد .

ب- بیرون آوردن دسته تیوب عمودی VERICAL BUNDLE REMOVAL

اگر دسته تیوب به طور عمودی قرار گرفته باشد همانند دسته تیوب افقی بوسیله وصل کردن آی بولت یا میله فولادی STEEL ROD به صفحه تیوب بالایی و اگر لازم باشد بوسیله جک هیدرولیکی از طرف صفحه تیوب پائینی دسته تیوب را کمی جابجا کرده و سپس بوسیله جرثقیل هوایی (OVERHEAD CRANE) و یا بوسیله جرثقیل و یا چین بلاک CHIAN BLOCK شروع به خارج کردن دسته تیوب خواهیم کرد .

اگر از نظر تحمل دسته تیوب بوسیله آی بولت در شک و تردید باشیم بایستی پس از اینکه مقداری از صفحه تیوب ازپوسته خارج شد بجای آی بولت از کلمس مطمئنی که بتواند تحمل

وزن دسته تیوب را بنماید استفاده کرد و بیرون آوردن دسته تیوب را ادامه داد.برای راحت بیرون آمدن دسته تیوب و جلوگیری از صدمات احتمالی بایستی محور طولی دسته تیوب موازی محور پوسته قرار گیرد وقتیکه دسته تیوب کاملا از پوسته خارج شد به ترتیبی که قبلاًتوضیح داده شد روی زمین و یا روی پالت قرار می گیرد .

حمل و جابجایی دسته تیوبها HANDLING TUBE BUNDLES

دسته تیوبها اغلب دارای وزن زیادی هستند . تیوبهای با قطر کم و نسبتا نازک با جابجایی غیر صحیح به راحتی صدمه می بینند . برای حمل و جابجایی صحیح دسته تیوب به نکات زیر توجه کنید :

۱- دسته تیوب را طوری روی زمین یا بالت قرار دهید که به تیوبها فشار وارد نشود و وزن آن روی بافل ها و صفحات نگهدارنده SUPPORT PLATES و صفحه تیوبها تقسیم شود .

۲- در موقع جابجایی دسته تیوب در حالت افقی همیشه باید از سیلینگهای پهن با روکش بافته شده که برای این منظور ساخته شده اند استفاده کرد . از بکار بردن وسایلی که باعث زخمی شدن تیوبها می شود اجتناب گردد .

۳- هرگز دسته تیوب را روی زمین نکشید و برای جابجایی، آن را روی پالت PALLET قرار دهید .

٤- به طور کلی در موقع جابجایی دسته تیوب باید از برخود و صدمه دیدن تیوبها و بافل ها و صورت ماشین شده صفحه تیوبها جلو گیری کرد .

تمیز کردن مبدلهای حرارتی CLENING OF HEAT EXCHANGER

در مبدلهای حرارتی پس از مدتی کار موادی که در داخل و خارج تیوبها جریان دارد ته نشین شده و به صورت رسوبات باقی مانده از راندمان مبدل کاسته می شود و باعث خوردگی و کاهش عمر دستگاه می گردد .آبهای سخت و بعضی از نمکهای محلول در آب با افزایش درجه حرارت رسوب تشکیل میدهند و گل و لای معلق در آب درون تیوبها ته نشین می شوند .سیالات آلی (مانند مواد نفتی) در درجه حرارتهای زیاد تجزیه شده یک ماده سخت نظیر ذغال کک بوجود می آورند . برای بالا بردن راندمان مبدل حرارت بایستی دسته تیوبها را تمیز کرد . روشهای مختلفی برای تمیز کردن دسته تیوب ها وجود دارد که هر کدام بر روی نوعی از رسوبات موثر است . روش ثابت و معینی بر روی دسته تیوبها ی مختلف نمی توان پیاده کرد .

خصوصیات رسوبات بین دو مبدل با سیال مشابه می تواند مختلف باشد . بنابر این در مبدلهای مختلف روشهای گوناگونی برای تمیز کردن بایستی اعمال گردد . بطور کلی

روشهای زیر برای تمیز کردن دسته تیوب وجود دارد که برای هر مبدلی شاید لازم باشد از چند روش متناوبا" استفاده کرد .

۱- شستشوی شیمیایی CHEMICAL CLEANING

در چند سال اخیر قدمهای بزرگی برای تمیز کردن وسایل با مواد شیمیایی مختلف برداشته شده است. در این روش رسوبات مختلف بوسیله مواد شیمیایی مناسب شستشو و تمیز می شوند. ترکیبات و مقدار محلولهای شیمیایی مختلف و زمان شستشو با توجه به نوع رسوبات و جنس تیوبها تعیین می گردند .

۲- شستشو با آب دارای فشار زیاد HIGH-PRESSURE WATER CLEANING

در این روش دسته تیوب ها بوسیله جت آب با فشار تا ۶۰۰۰ پوند بر اینچ مربع P.S.I تمیز می شوند . به این روش جت کلینینگ JET CLEANING نیز می گویند .

۳- شن پاشی SAND BLASTING

از این روش بندرت برای تمیز کردن دسته تیوب استفاده می شود زیرا امکان صدمه دیدن تیوبها وجود دارد اما در مورد قسمتها و اجزا ء دیگر دسته تیوب مانند کانال و سرپوش ها و پوسته روش بسیار موثری است .

٤- مته زدن یا دریلینگ DRILLING

دریلینگ روشی موثر برای باز کردن تیوبهای مسدود شده یا برای خارج کردن رسوبات سخت از داخل تیوبها است . ابزاری است که ضمن چرخیدن در داخل تیوب و تراشیدن رسوبات ، بوسیله فشار آبی که از وسط مته بیرون می آید ، مواد زائد به خارج رانده می شوند . به این ابزار سری های HEADS مختلف را با توجه به قطر تیوبها میتوان وصل کرد .

۵- گردش دورانی CIRCULATION نفت داغ با سرعت زیاد، لجن SLUDGE و با رسوبات مشابه را میتواند از تیوبها و پوسته خارج کند .

۶- گردش دورانی آب داغ تمیز بعضی از رسوبات نمک دار را در خود حل و تمیز می نماید

۷- جت آب WATER JET

جت آب روشی است عمومی که برای برطرف کردن رسوبات نرم از داخل و خارج تیوبها یا برای آخرین شستشو در موقعی که قبلا" از روشهای دیگر جهت تمیز کردن استفاده شده است ، بکار می رود .

۸- هوای فشرده COMPRESSED AIR

از این روش برای خارج کردن نهایی رسوبات و مواد زائد یا آب های اضافی باقیمانده از روشهای دیگر استفاده می شود .

۹- تمیز کردن بوسیله بخار STEAM

جهت تمیز کردن رسوبات سخت هیدروکربن ها (مانند مواد نفتی) از این روش استفاده می شود . بدین ترتیب که دسته تیوب را در محلی مطمئن قرار داده و با وسیله مناسبی مانند چادر برزنتی یا ورق آهنی و یا هر وسیله دیگر آن را پوشانده و لوله بخار را در آن محل باز می کنند تا چندین ساعت دسته تیوب در میان بخار قرار گیرد و گرم شود در نتیجه رسوبات و کثافات بخوبی نرم شده و سپس بوسیله جت بخار رسوبات داخل و خارج تیوبها را خارج می نمایند . وقتی که دسته تیوب سرد است و لازم باشد در بعضی از تیوبها برای تمیز کردن ، جت بخار زده شود ، باید خیلی احتیاط کرد که افزایش خیلی زیاد درجه حرارت باعث ایجاد فشار و نشتی در سایر تیوبها و دسته تیوب نشود .

۱۰- میله یا سیخ زدن RODDING

در این روش بوسیله داخل کردن یک میله گرد مناسب با قطر تیوب ، هر گونه مواد کثیف نرم را تمیز می کنند .

۱۱- تمیز کردن بوسیله برس زدن و تراشیدن BRUSHING & SCRAPING

از این روش برای تمیز کردن کثافات خارجی که بوسیله روشهای دیگر قابل تمیز کردن نباشند استفاده می شود . لبه های اسکراپ نباید آنقدر تیز باشد که به تیوب ها آسیب رساند .

تمیزکردن دسته تیوبهایی که بوسیله آب خنک میشوند ATER –COOLED BUNDLE CLEANING

چون کندانسورها وکولر ها عامل خنک کننده آب می باشد بایستی قبل از باز کردن این نوع مبدلها مقدمات اولیه جهت تمیز کردن مواد ته نشین شده داخل تیوب ها فراهم شود و قبل از این که رسوبات خشک و سخت شوند اقدام به خارج کردن آنها کرد .

رعایت نکات زیر باعث خواهد شد که زمان خارج کردن رسوبات به نصف مدت معین تقلیل پیدا کند .

۱- قبل از باز کردن سرپوش ها و خارج کردن آب از داخل تیوبها باید نفرات کافی برای تمیز کردن دسته تیوب و خارج کردن گل ولای و رسوبات آماده باشند و سپس اقدام گردد. همچنین بایستی وقت کافی برای ادامه نظافت تا اتمام کار در نظر گرفته شود .

۲- در مبدلهای عمومی ابتدا نباید سرپوش سر شناور باز شود و تیوبها همچنان بایستی پر از آب باقی بمانند تا اینکه مقدمات اولیه جهت تمیز کردن تیوبها بوسیله میله زدن RODDING فراهم شود و سپس سرپوش سر شناور را برداشته و تیوبها تمیز گردد وپس از آن دسته تیوب خارج گردد .

بازرسی INSPECTION

وقتی که دسته تیوب از پوسته خارج شد و مطابق روشهای ذکر شده کاملا از رسوبات و کثافات تمیز گردید و همچنین سایر قطعات مبدل مانند کانال و سرپوش ها و داخل پوسته نیز تمیز و شن پاشی شد قسمتهای مختلف مبدل بوسیله بازرسی فنی بازرسی می شوند .

استاندارد های حداقل ضخامت پوسته ،بافل ها و تکیه گاه تیوبها، ضخامت تیوبها، قطر میله های رابط و کلیرنس بین قطر خارجی بافل عرضی و قطر داخلی پوسته در جداول شماره ۸،۷،۵،۲،۱ نشان داده شده است . پس از بازرسی تمام قطعات تمیز شده از نظر خوردگی ، سائیدگی و آبله آبله بودن PITTING ، ترک در بدنه پوسته و یا در جوش درزهای داخل و خارج و نازل های پوسته، معیوب بودن انتهای تیوب ،ضخامت تیوبها و لق بودن انها ، بیرون آوردن تعدادی از تیوبها جهت بررسی و برش ،بررسی ضخامت تیوب و کلیرنس بین سوراخهای بافل و تیوب ها و محل نشستن لایی ها JOINT LANDING و سایر قطعات و غیره دستور تعمیر جزئی و یا کلی و یا تعویض قطعات از جمله تعویض تمام تیوبها RETUBE بوسیله بازرسین فنی داده خواهد شد .

تعمیرات مبدلها MAINTENANCE OF HEAT EXCHANGER

درباره تعمیرات قطعات مختلف مبدلهای حرارتی مطالب بسیار زیاد و متنوع است از جمله جوشکاری و ترکهای موجود در جوش درزهای داخلی و خارجی پوسته و نازل مربوطه ، تعمیر خوردگی و سائیدگی کانال و سرپوش کانال ، سرپوش سرشناور و سرپوش پوسته بوسیله جوش BUILD UP و چسب آهن PLASTIC STEEL ، جوشکاری و تراشیدن صورت صفحات تیوب و تراز کردن آنها، جوشکاری و تراش محل نشستن لائی ها ، ساختن صفحه تیوب جدید و سوراخکاری آن ، تعویض جزئی یا کلی تیوبها RETUBE ، تعمیر یا تعویض بافل ها، میله ها رابط ، لوله های فاصله دهنده SPACER TUBE و آند ،تغییر و اصلاح در بعضی از مشخصات و اندازه های قطعات MODIFICATION مانند تغیر قطر تیوب و در نتیجه تغییر صفحات تیوب و بافل ها ، تغییر طرح تیوبها مثلا" از طرح مثلثی به طرح مربعی بنا به صلاحدید و پیشنهاد ادارات پروسس، بازرسی فنی و مهندسی عمومی (انواع طرح تیوب ها قبلا توضیح داده شده است)و آزمایشات پوسته و تیوب و رفع معایب آنها .

بحث درباره تمام مطالب فوق در این جزوه مقدور نیست و فقط به ذکر قسمتهایی از آن پرداخته می شود . وقتی که خرابی تیوبها منجر به پلاگ وبسته شدن تعدادی معین از تیوبها که باعث پایین آمدن راندمان و سطح انتقال حرارت مبدل شود و در سیستم و وظایف دستگاه خلل وارد نماید بایستی تیوبها ی مبدل تعویض گردند . لازم به توضیح است که تعداد

تیوبهایی که میتوانند پلاگ و مسدود شوند بسته به شرایط غیر بحرانی که کم شدن سطح انتقال حرارت در اثر مسدود شدن تیوبها مسئله مهمی ایجاد نمی کند میتوان حتی ۵ تا ۲۰ درصد تیوبها را پلاگ کرد . ولی بطور کلی در شرایط متعارف میتوان تا ۱۰ درصد تیوبها را مسدود کرد . وقتی دسته تیوب برای تعویض تیوب به کارگاه فرستاده می شود موقعیت مناسبی است که اگر اجزاء دیگر مانند بافلها و تکیه گاه تیوبها SUPPORT PLATE و غیره احتیاج به تعمیر یا تعویض داشته باشند انجام شود . و یا هر گونه تعمیرات و اصلاح MODIFICATION در این فرصت اعمال گردد . بعضی مواقع در کارگاه صورت صفحه تیوب جهت تراز شدن بصورت لایه نازکی تراشید ه میشود باید توجه داشت که با این عمل نسبت بین ضخامت صفحه تیوب شناور و ضخامت حلقه فاصله دهنده SPACER RING بهم خورده و بایستی حلقه فاصله دهنده نیز تراشیده شود . و یا ممکن است به جای دسته تیوب تعمیری از دسته تیوب جدیدی که قبلا" تعمیر شده و آماده است استفاده شود که در این صورت نیز ضخامت حلقه فاصله دهنده بایستی متناسب با ضخامت صفحه تیوب جدید گردد .

تعویض کلی تیوبها RETUBE

قبل از اقدام به تعویض کلی تیوب (ری تیوب) باید مشخصات کامل دسته تیوب را روی نقشه ساده ای SKETCH از دسته تیوب یادداشت کرد که در موقع جمع کردن دسته تیوب اشکالی ایجاد نشود . از جمله :

قطر و ضخامت صفحات تیوب - فاصله بین صورت تا صورت دو صفحه تیوب - فاصله بین صفحات هادی (بافل ها) و همچنین فاصله اولین و آخرین بافل نسبت به دو صفحه تیوب - صفحات بافلها - قطر و طول میله های رابط TIE ROD و قطر ، جنس ، طول و گیج تیوب .

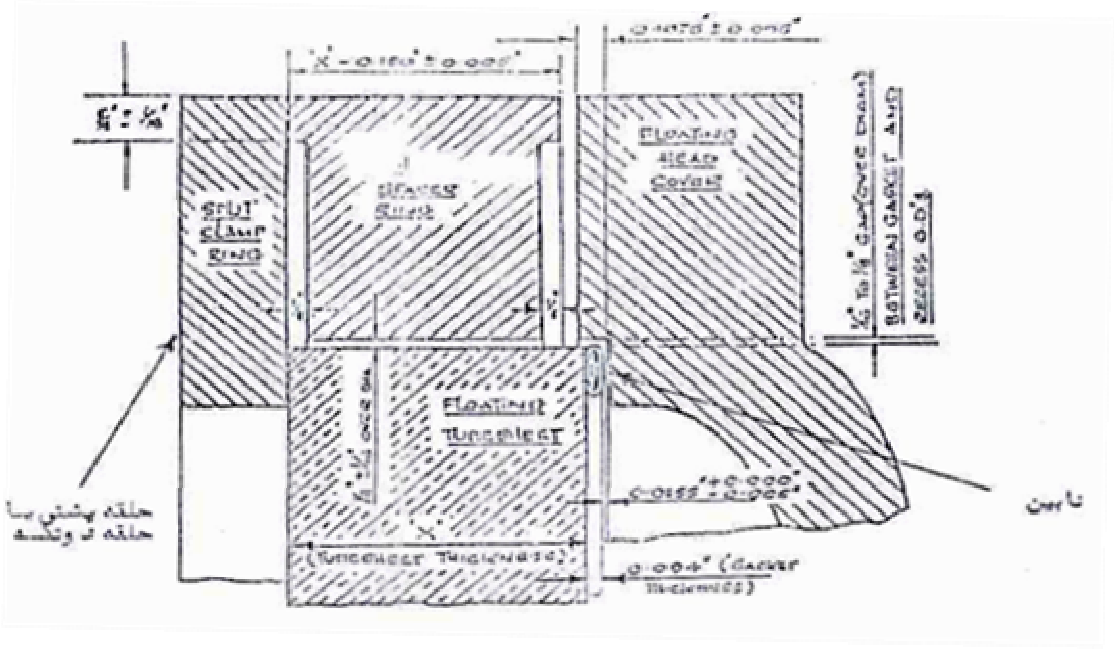
پس از یادداشت مشخصات دسته تیوب ، تیوب ها تقریبا" از ۶ اینچی صفحات تیوب به کمک ماشین اره SAW MACHINE بریده می شوند و صفحات تیوب از دسته تیوب جدا می گردند . تیوبها یی که از داخل بافل ها عبور کرده اند چون غلطک نخورده اند بوسیله ضربه کاکینگ ماشین CAULKING MACHINE بیرون خواهند آمد .تکه های ۶ اینچی تیوب که در داخل صفحات تیوب متصل هستند بدین ترتیب خارج خواهند شد .

الف- اگر گیج تیوبها از ١٤ بیشتر باشد مانند ۱۵-۱۶-۱۷-۱۸و ..... که نشان دهنده ضخامت کم تیوب ها می باشد (به جدول شماره ۲ مراجعه شود) بوسیله قلم ناخنی DIAMOND CHISEL لبه های تیوب را کمی جمع کرده تا از داخل شیارها و صفحه تیوب آزاد شده و با ضربه کاکینگ ماشین یا بوسیله تیوب پولر TUBE PULLER تیوب ها بیرون کشیده می شوند . به همین ترتیب تمام تیوب ها از صفحات تیوب بیرون آورده خواهند شد .

ب - اگر تیوبها از گیج ١٤ به پایین باشند مانند ١٤-١٣-١٢-١٠-٨ ٠٠٠٠ که ضخامت آنها بیش از ۲ میلیمتر و تا ٤ میلیمتر هم می رسد و به راحتی بوسیله قلم ناخنی جمع نمی شوند ، بایستی بوسیله مته ای که قطرش ۱/۱۶ اینچ کمتر از قطر خارجی تیوب است ابتدا سرهای تیوب را در صفحه تیوب مته کرد . باید دقت کرد که در هنگام مته کردن شیارهای درون سوراخهای صفحه تیوب زخمی و خراب نشوند . سپس بوسیله قم ناخنی لبه های تیوب را جمع کرده و مانند روش فوق از صفحه تیوب خارج می کنند . پس از تمیز کردن و احیانا" شن پاشی قطعات مختلف و بازرسی و تعمیر یا تعویض بعضی از آنها مخصوصا" شیارهای درون سوراخهای صفحات تیوب و بریدن تیوبهای جدید به اندازه های لازم و آماده کردن سایر قطعات می توان نصب تیوب را شروع کرد . برای نصب تیوبها ابتدا صفحه تیوب ثابت را بر روی پایه ای قرار داده و میله های رابط (تای راد) در سوراخهای خود TAPPED HOLETAPPED HOLE بر روی صفحه تیوب ثابت پیچانده می شوند و سپس لوله های فاصله دهنده SPACER TUBE و بافلهای عرضی با رعایت فواصل بین آنها به ترتیب سوار می شوند . اگر دسته تیوب دارای بافلهای طولی نیز باشد، نصب می گردد . باید توجه داشت که بافلهای عرضی در جهت صحیح خود نصب گردند . سپس سر دیگر میله های رابط به بافل ها مهره می شوند ، اکنون تیوبها را یکی یکی و به ترتیب از سوراخهای صفحه تیوب ثابت و بافلها می گذرانند . حال برای نصب صفحه تیوب شناور آن را مقابل تیوب ها قرار داده و از چهار نقطه ، هر نقطه ۲ عدد تیوب از درون سوراخهای صفحه تیوب شناور عبور میدهند و فاصله صورت تا صورت صفحات تیوب را با توجه به اندازه قبلی که یادداست شده میزان و تراز کرده ، تیوبها را در صفحه تیوب شناورو صفحه تیوب ثابت رول می کنند تا بطور ثابت نگه داشته شوند .قبل از شروع رول کردن یک پلاک بطور موقت تیوبها را در جای خود نگه میدارد و از دوران آنها در موقع ورود غلطک جلوگیری می کند . سپس بقیه تیوبها را از صفحه تیوب شناور عبور داده و همه تیوبها را در هر دو صفحه تیوب غلطک می زنند . (درباره غلطک زدن تیوب ها قبلا" توضیح داده شده است). انتهای تیوبها نباید بیشتر از ۱/۱۶ تا ۱/۸ اینچ از صفحه تیوب بیرون باشد و اضافات آن را با ابزاری بنام فیس کاتر FACE CUTTER کوتاه می کنند. در مورد دسته تیوبهایی که تیوبهای آنها به شکل U می باشد پس از آنکه صفحه تیوب و میله های رابط و بافل ها و لوله های فاصله دهنده به یکدیگر متصل شدند از تیوبها یی که دهانه آنها کوچکتر است بترتیب شروع کرده و تیوبها را از میان بافل ها عبور داده تا در سوراخهای صفحه تیوب قرار گیرند اگر تیوبهای شماره گذاری شده باشند به ترتیب شماره نصب خواهند شد و سپس غلطک زده می شوند .

لایی ها GASKETS

در مبدلهای حرارتی از لایی دو پوسته نسوز دار (دابل ژاکت گسکت) DOUBLE JACKETED GASKET و یا لایی فلزی توپر SOLID METAL GASKET استفاده می شود ضمناً در تمام اتصالات که دارای فشار PSI ۳۰۰ پوند بر اینچ یا بیشتر هستند و یا تمام اتصالاتی که با هیدرو کربن تماس دارند باید از لائیها ی فوق استفاده شود . وسط لایی دو پوسته نسوز ASBESTOS ورق نازکی آن را روکش کرده و لبه های ورق به اندازه ۱/۸ اینچ رویهم برگشته اند بنابراین یکطرف لایی صاف و بدون درز ولی طرف دیگر که لبه ها برگشته اند درز دار می باشد. ضخامت لایی ۳/۳۲ تا ۱/۸ اینچ است . جنس ورق های روکش فولاد نرم ، فولاد کم کربن ، فولاد ضد زنگ و براس می باشد. وقتی از لائیهای دو پوسته در مورد فلنج هایی که دارای نابین NUBBIN هستند استفاده می شود مانند سرپوش سر شناور مبدل باید دقت کرد که طرف صاف و بدون درز لایی روبروی نابین قرار گیرد . با توجه به شکل شماره ٤٦ نابین قسمت برجسته ای است به اندازه ۱/٦٤ و پهنای ۱/۸ بر روی سرپوش سر شناور در محلی که به صفحه تیوب شناور می چسبد و اتصال را محکم تر می نماید ،بطوریکه مقطع لایی نشان داده است قسمت صاف و بدون درز لایی بر روی نابین و قسمت درز دار و برگشته بر روی صفحه تیوب شناور قرار دارد . همچنین در مورد این لائیها باید دقت شود که درست وسط لایی روبروی نابین قرار گرفته مخصوصا وقتی لایی به طور عمودی نصب می شود و صحت قرار گرفتن لایی را تا آخرین مرحله سفت کردن بولتها باید در نظر گرفت . بولتها را باید به اندازه ای سفت کرد که از نشت جلوگیری کند و نباید باعث له شدن لایی گردد .



شکل ٤٦

از لایی اسپیرال وند SPIRAL WOUND برای قسمتهایی از مبدل که بدون پاس پارتیشن هستند استفاده می شود . لایی فوق از نوارهای فلزی مانند فولاد ضد زنگ - آلومینیم و آلیاژهای نرم بصورت حلقه و مارپیچ همراه حلقه های نسوز ASBESTOS بصورت یک در میان ساخته شده است . لائیهای مورد استفاده باید صاف و بدون بریدگی و ترک و چین و چروک باشد . در مورد فلنجهای چدنی فقط از لائیهای تمام صفحه FULL FACE باید استفاده شود . دقت کنید که در محل نشستن لایی JOINT LANDING اثری از زنگ و ذرات و جرقه جوش و همچنین باقیمانده و اثرات لایی قبلی نباشد و قبل از بستن قطعات مبدل مطمئن شوید که لایی بطور صحیح انتخاب شده است . حداقل پهنای لایی حلقه ای RING GASKET در مورد اتصالات خارجی EXTERNAL JOINT برای پوسته های تا قطر ۲۳ اینچ برابر ۳/۸ اینچ و برای پوسته های با قطر بزرگتر از ۲۳ اینچ برابر ۱/۲ اینچ می باشد . همچنین پهنای لایی مورد استفاده روی صفحات تقسیم کننده (پاس پارتیشن) مربوط به کانال ها و سرپوشها در مورد مبدلهایی که دارای پوسته تا قط ۲۳ اینچ هستند نباید از ۱/٤ اینچ کمتر باشد و در مبدلهای با پوسته بزرگتر از قطر ۲۳ اینچ این پهنا نباید کمتر از ۳/۸ اینچ باشد . در مبدلهای حرارتی همچنین از لایی کلینگرایت KLINGRITE استفاده می شود. این لایی از کاغذ نسوز فشرده شده و روغن و گرافیت درست شده است . در وسط نوع تقویت شده این لایی سیمهای فولادی عبور داده شده که میتواند RSI ۱۸۰۰ پوند بر اینچ مربع فشار و ۷۵۰ درجه فارنهایت درجه حرارت را تحمل کند ضخامت این لائیها ۱/۳۲ -۱/۱۶- ۱/۸ می باشند .

قرار دادن دسته تیوب در پوسته FITTING THE BUNDLE

۱- در ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم قبل از قرار دادن دسته تیوب در پوسته باید آزمایش تیوب TUBE TEST شود و سپس دسته تیوب در پوسته قرار داده شود زیرا آزمایش تیوب این نوع مبدل در پوسته با اشکالاتی همراه است .

۲- قبل از اینکه دسته تیوب داخل پوسته گذاشته شود باید دقت کرد که تست پلاگ TEST PLUG و یا سایر اتصالها با سطح داخلی پوسته هم سطح باشند FLUSH و برآمدگی وجود نداشته باشد .

۳- قبل از قراردادن دسته تیوب در داخل پوسته باید لایی بین صفحه تیوب ساکن و فلنج پوسته از طرف صفحه تیوب شناور در محل خود جای گیرد .

٤- دسته تیوب از طرف صفحه تیوب شناور به آهستگی وارد پوسته می شود و باید از برخورد صفحه تیوب ساکن با فلنج پوسته که منجر به صدمه دیدن لایی بین آنها که لزوم تعویض آن را باعث می شود خودداری گردد .

۵- در موقع قراردادن دسته تیوب های عمودی به داخل پوسته وزن دسته تیوب اصطکاک بین سطح داخلی پوسته و صفحه تیوب و بافل را خنثی کرده باعث پایین رفتن دسته تیوب در جای خود می گردد .

۶- در موقع قرار دادن دسته تیوبهای افقی به داخل پوسته باید از وسایل طناب بندی و یا در صورت امکان از جرثقیل برای فشار دادن دسته تیوب استفاده کرد. در این مورد باید دقت کرد که در هنگام قراردادن دسته تیوب در پوسته به تیوبها فشار وارد نشود برای این منظور باید از تسمه های پهن فلزی با روکش بافته شده و جرثقیل و یا وسیله دیگری برای نگهداری وزن دسته تیوب استفاده کرد .

۷- در موقع قراردادن دسته تیوب در پوسته باید توجه داشت که محور دسته تیوب با محور پوسته موازی قرار گیرد تا دسته تیوب به راحتی و بدون اینکه به سطح داخلی پوسته گیر کند در پوسته داخل شود .

آزمایشات هیدرواستاتیکی مبدلهای حرارتی HYDROSTATIC TEST

مبدلهای حرارتی را قبل از تعمیر جهت عیب یابی و یا بعد از تعمیر برای اطمینان از بی عیب بودن آنها آزمایش می کنند . برای آزمایشات مبدل ها اکثر ا از آب استفاده می شود مگر در مواقعی که آب در دستگاه ایجاد خورندگی نماید که در آن صورت از نفت سفید KEROSENE استفاده می گردد .

آب برای تست باید در درجه حرارت محیط باشد. آب سرد باعث عرق کردن تیوبها مخصوصا" در هوای مرطوب محیط و به خطا در آزمایش خواهد شد . آب داغ سبب اختلاف انبساط بین تیوبها و پوسته مخصوصا" در مبدلهای با صفحه تیوب ثابت گشته صدماتی وارد می آورد. میزان فشار و روش آزمایش را، استاندارد بر مبنای ضخامت جداره و ضریب اطمینان جوش تعیین می کند . فشار آزمایش معمولا ۱/۵ برابر فشار طراحی در درجه حرارت محیط است و حداقل یک ساعت باید ثابت بماند . در مورد مبدلهاییکه پوسته و قطعات آن از چدن ساخته شده اند آزمایش فشار تحت شرایط و مقررات دیگری انجام می شود . آزمایش پوسته و تیوب هر یک بطور جداگانه انجام می شود و جوشهای پوسته بایستی قبل از آزمایش کاملا" تمیز تا هنگام آزمایش بازدید شوند .

آزمایش با هوا PNEUMATIC

وقتی که مایع (آب - نفت....) برای آزمایش جایز نباشد مبدل حرارتی ممکن است بوسیله هوا یا گاز مورد آزمایش قرار گیرد . فشار آزمایش ۱/۲۵ برابر فشار طراحی در درجه حرارت محیط می باشد و از گازهای شناخته شده و بی خطر استفاده می شود . وقتی که آزمایش با هوا یا گاز انجام می گیرد باید احتیاطات لازم بر طبق مجموعه استانداردها و کدهای داده شده

اعمال شود . برای تعیین نشت از محلول صابون که بـر روی سـطوح جوشـها و اتـصالات و غیـره مالیده می شود استفاده می گردد .

بستن و آزمایشات مبدلها RE-ASSEMBLY AND TESTING

مبدلهای حرارتی را نمی توان وقتی که کاملا" بسته شده اند آزمایش کـرد و بایـستی آزمایـشات همزمان با بستن قطعات انجام شود . در موقع بستن کانال و سرپوش آن بایستی به تعداد پـاس پارتیشن آنها دقت کرد . ضمنا" به نکاتی که در قسمت لایی ها توضیح داده شد در موقـع بـستن مبدل توجه کنید . همانطور که ساختمان مبدلها متفاوت است آزمایش بر روی هر یـک از انـواع آنها نیز فرق می کند .

آزمایشات به طریق زیر طبقه بندی می شوند :

آزمایشات مبدلهای حرارتی سر شناور
FLOATING HEAD HEAT EXCHANGER TESTING
آزمایشات مبدلهای حرارت با دو صفحه تیوب ثابت
FIXED TUBE SHEET HEAT EXCHANGER TESTING
این نوع مبدلها بر دو نوعند :

الف : وقتی که صفحات تیوب با پوسته یکپارچه و جوش شده اند(مانند شکل ۲۱)

ب: وقتی که صفحات تیوب با پوسته یکپارچه نیستند .

- آزمایشات مربوط به ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم

STRAIGHT TUBE KETTLE TYPE REBOILER TESTING

- آزمایشات مبدلهای با تیوب U شکل

U-TUBE HEAT EXCHANGER TESTING

- آزمایشات مبدلهای سر شناور با پکینگ خارجی

OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD TESTING

آزمایشات مبدلهای حرارتی سر شناور

دسته تیوب طبق برنامه ای که قبلا" توضیح داده شد در داخل پوسته قرارداده می شود .

آزمایش پوسته SHELL TEST

بدین ترتیب عمل می شود :

۱- کانال را (شماره ۱) همراه لایی به فلنج پوسته از طرف صفحه تیوب ساکن ببندید .

۲- بجای سرپوش پوسته (شماره ۹) یک حلقه آزمایش (TEST RING) در اندازه و نـوع صـحیح به اضافه یک عدد لایی حلقه ای RING GASKET به فلنج پوسته بسته شود . حلقـه آزمـایش در شکل شماره ۵۰ نشان داده شده است .

۳- روی محیط صفحه تیوب شناور (شماره ۱) یک ردیف پکینگ با ضخامت مناسب قرار داده شود و سپس گلند GLAND را به تست رینگ محکم ببندید . در موقع پکینگ گذاری و نصب گلند باید دقت کرد که صفحه تیوب زخمی نشود .

٤- نازل بالایی پوسته (L ۱۲) را بوسیله یک فلنج کور BLIND FLANGE که قبلاً یک شیر تخلیه هوا WENT بر روی آن نصب شده همراه یک عدد لایی ببندید .

۵- نازل پایینی پوسته (K ۱۲) را بوسیله یک فلنج کورولایی مسدود کنید .

۶- یک فشار سنج مناسب به محل اتصال ابزارهای اندازه گیری نازل بالایی پوسته (P ۳٤) متصل نمائید .

۷- یک شیر ورودی آب به محل اتصال ابزارهای اندازه گیری نازل پایینی پوسته (M ۳٤) ببندید و لوله آب را به آن وصل کنید .

۸- شیر تخلیه هوا و سپس شیر ورودی آب را باز کنید تا پوسته کاملاً پر و آب بدون حباب هوا از شیر تخلیه خارج شود .

۹- شیر تخلیه هوا و شیر ورودی آب را نیز بسته و لوله آب HOSE PIPE را باز کرده و تلمبه فشار TEST PUMP را به شیر ورودی آب وصل نمائید .

۱۰- شیر ورودی آب را باز کنید و تلمبه را که از آب پر شده بکار اندازید ، تا فشار به اندازه لازم بالا رود .

۱۱- شیر ورودی آب و تلمبه را ببندید .(شکل ٤۸)

آزمایش پوسته به منظور پیدا کردن عیوب و نشتی های زیر انجام می گیرد :

الف : ترک خوردگی یا سوراخ بودن پوسته

ب : معیوب بودن لایی های قطعات متصل به پوسته

پ : شل بودن پیچ و مهره های قطعات متصل به پوسته

ت : سوراخ بودن تیوب ها

ث : نشت از محل اتصال تیوبها در صفحه تیوب ROLL LEAK

اگر معایب فوق وجود نداشت و فشار حداقل یکساعت ثابت باقی ماند آزمایش پوسته قابل قبول خواهد بود اما اگر عیوبی مشاهده شد بایستی رفع گردد .

اشکالات احتمالی و طریقه رفع آنها بدین قرار است :

الف : اگر پوسته دارای ترک و یا سوراخ باشد ، پس از پایین آوردن فشار پوسته و خالی کردن آن و باز کردن قطعات متصل به پوسته و خارج کردن دسته تیوب بازرسی و طبق استاندارد جوشکاری می شود .

ب : ممکن است لایی های بین قطعات و پوسته معیوب باشند مانند لایی بین صفحه تیوب ساکن و پوسته بالایی و یا بین حلقه آزمایش و پوسته که در این صورت نیز پس از پایین آوردن فشار پوسته و خالی کردن آن و باز کردن قطعات ، لائیها ی فوق تعویض و آزمایش تکرار می شود .

پ : اگر پیچ و مهره های قطعات متصل به پوسته مانند پیچ و مهره های کانال به پوسته و یا پیچ و مهره های حلقه آزمایش و گلند آن محکم نباشد و نشت داشته باشند آنها را سفت کنید .

ت : سوراخ بودن تیوب : اگر تیوب ها سوراخ باشند ، آب درون آنها رفته و از انتهای تیوبها خارج شده به آسانی مشخص می شوند، ولی اگر نشتی کم باشد برای اطمینان از وجود نشتی دو سر تیوب مشکوک را می توان بوسیله پلاک موقتاً مسدود کرد تا تیوب پر از آب شده و پس از ۱۵ الی ۲۰ دقیقه یک پلاک را از یک طرف تیوب برداشته تا آب خارج شود که در این صورت می توان تیوبهای سوراخ را بوسیله پلاگ هایی که در شکل ٤٩ نشان داده شده است مسدود کرد. خشک کردن داخل و انتهای تیوبها بوسله هوای فشرده نیز کمک به تشخیص تیوبهای معیوب خواهد کرد .

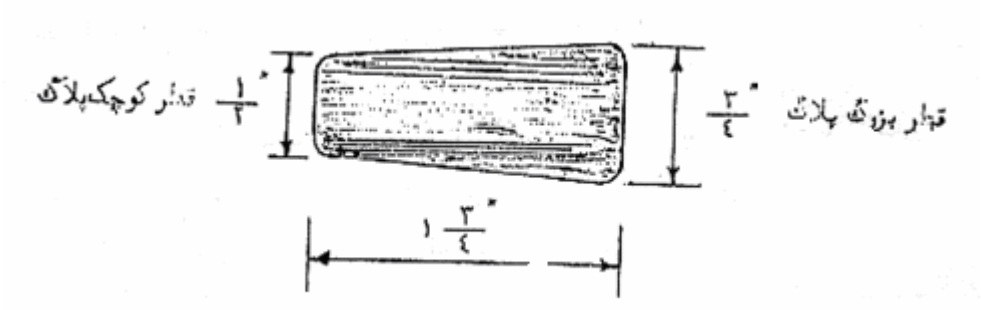
پلاگ کردن تیوبها PLUGGING A TUBE

پلاک مسدود کننده ای است فلزی و مخروطی شکل که باید متناسب با قطر داخلی تیوب و جنس آن با جنس تیوب یکی باشد .

استفاده از پلاگ غیر همجنس با تیوب مشروط به موافقت بازرسین فنی می باشد .برای مسدود کردن تیوب بدین طریق عمل می شود :

الف: پوسته را از فشار بیندازید.

ب: پلاگ را داخل هر دو طرف تیوب سوراخ شده کرده و سپس با چکش به آهستگی ضربه زده تا محکم شود دقت کنید که پلاگ بیش از اندازه داخل تیوب نرود چون باعث ترک خوردن تیوب و انبساط سوراخ صفحه تیوب میشود . مطمئن شوید که پلاگ ها در همان تیوبهای سوراخ قرار گرفته اند. آزمایش پوسته را با فشار لازم دنبال کنید .



شکل ٤٩

قطر بزرگ پلاگ معمولا" برابر قطر خارجی تیوب و قطر کوچک آن مساوی ۰/۷ قطر خارجی تیوب می باشد . اغلب ۳/۲ طول پلاگ داخل تیوب نشت دارو ۱/۳ آن بیرون از تیوب قرار می گیرد .

- شکل٤٩ یک پلاگ یا مسدود کننده تیوب را در ابعاد استاندارد نشان می دهد که برای مسدود کردن تیوبهای ٤/٣ اینچ ساخته شده است .

ث : اگر نشت از محل اتصال تیوبها به صفحه تیوب TUBE SEAL باشد تیوبهای نشت دار را علامت گذاری و بدین ترتیب عمل کنید :

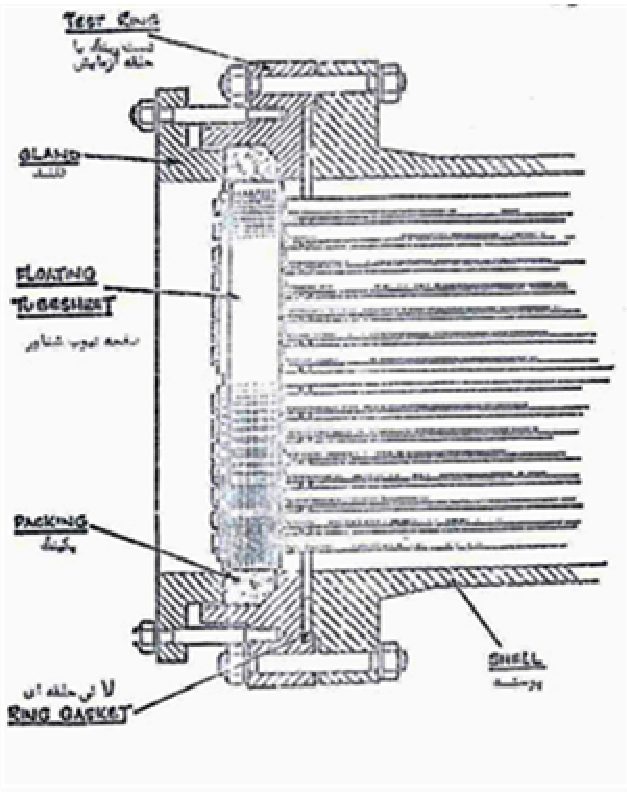
- پوسته را از فشار بیندازید .
- وسائل غلطک زنی را آماده و تیوبهای معیوب را طبق برنامه ای که قبلا" توضیح داده شد غلطک بزنید .
- اگر تعداد تیوبها در صفحه تیوب شناور که بایستی غلطک زده شوند بیشتر از ۵ درصد کل تیوبها باشند قبل از غلطک زدن تیوبها حلقه آزمایش را که در قسمت سر شناور برای آزمایش پوسته بسته شده بود باز کنید زیرا در اثر غلطک زدن تیوبها صفحه تیوب شناور که ممکن است از جنس براس و یا فلز نرم دیگری ساخته شده باشد کمی انبساط پیدا کرده و باز کردن حلقه آزمایش TEST RING را غیر ممکن می سازد .
- آزمایش پوسته را مجددا" دنبال کنید .

اگر باز در حین آزمایش پوسته ، تیوبها هنوز نشت داشته باشند می توان مجددا" تیوبها را غلطک زد و اگر نتیجه نداد تیوب را پلاگ و مسدود کنید. جوشکاری تیوبها به صفحه تیوب (SEAL WELD) نباید تا آنجائیکه امکان دارد انجام شود ، مگر اینکه عملیات پالایش در خواست و بازرسی فنی موافقت کند .

اشکالی که جوشکاری تیوبها بوجود می آورد این است که اولا" در اثر انقباض و انبساط صفحه تیوب ، تیوبهای مجاور نیز نشت پیدا می کنند و ثانیا" تعویض تیوب را مشکل می سازد . اگر تیوبی که قبلا" جوشکاری شده نشت پیدا کند ، از دو طرف آنرا پلاگ و مسدود نمایید . اگر تیوبها از نوع فرول و پکینگ باشند برای بر طرف کردن نشت تیوبها فرول را سفت تر می پیچیم در صورتیکه نتیجه نداد پکینگ های آنرا عوض نمائید . لازم به تذکر است که اگر مبدل به صورت مجموعه چند تایی (بانک) باشد و آزمایش باید بر روی یک مبدل انجام گیرد ، مبدل را بوسیله صفحه مسدود کننده (SPADE) از سایر مبدلها جدا کنید .

شکل شماره ۵۰ حلقه آزمایش و گلند مربوطه در موقع آزمایش پوسته که در قسمت سر شناور نصب شده را نشان می دهد .

پس از تائید شدن آزمایش پوسته آب را از داخل پوسته خـالی نمـوده و حلقـه آزمـایش را بـاز کنید و بوسیله هوای فشرده پوسته راخشک نمائید .
فشار آزمایش تیوب اغلب بیشتر از فشار آزمایش پوسته می باشد .



شکل ۵۰

آزمایش تیوب TUBE TEST

با نوجه به شکل آزمایش تیوب بدین ترتیب انجام می شود:

۱- سرپوش کانال (شماره ٤) را با یک عدد لایی مناسب ببندید .

۲- سرپوش سر شناور (شماره ۱۶) FLOATING HEAD COVER به اضافه لایی مربوطه بـه کمـک حلقه پشت بند BACKING DEVICD (شماره ۱۸) و در صـورتیکه دارای حلقـه فاصـله دهنـده SPACER RING باشد ، بسته شود .

۳- نازل پایینی پوسته (K ۱۲) را باز بگذارید .

٤- نازل بالایی کانال (B ۵) را بوسیله یک فلنج کور BLIND FLANGE که قبلاً یک شیر تخلیـه هـوا VENT بر روی آن نصب شده با یک عدد لایی ببندید .

۵- نازل پایینی کانال (A ۵) را بوسله یک فلنج کورو لایی مسدود کنید .

۶- یک فشارسنج مناسب به محل اتصال ابزارهای اندازه گیری INSTRUMENT CONNECTION نازل بالایی کانال (H ۳٤) متصل نمائید .

۷- یک شیر ورودی آب به محل اتصال ابزارهای اندازه گیری نازل پایینی کانال (D ۳٤) ببندید و لوله آب HOSE PIPE را به آن وصل کنید .

۸- شیر تخلیه هوا و سپس شیر ورودی آب را باز کنید تا تیوبها کاملاً پروآب بدون حباب هوا از مسیر تخلیه خارج شود .

۹- شیر تخلیه هوا و شیر ورودی آب را نیز بسته و لوله آب را باز کرده و تلمبه فشار PUMP TEST را به شیر ورودی آب وصل نمائید .

۱۰- شیر ورودی آب را باز کنید و تلمبه را که از آب پر شده بکار اندازید تا فشار به اندازه لازم بالا رود .

۱۱- شیر ورودی آب و تلمبه را ببندید .

این آزمایش به منظور پیدا کردن عیوب و نشتی های زیر انجام می گیرد :

الف : ترک تیوبها

ب : شل بودن پیچ و مهره های فلوتینگ هد

پ : معیوب بودن لایی فلوتینگ هد

ت : معیوب بودن لایی بین کانال و صفحه تیوب ساکن

ث : شل بودن پیچ و مهره های سرپوش کانال

ج : معیوب بودن لایی سرپوش کانال

اگر معایب فوق وجود نداشت و فشار حداقل یک ساعت ثابت باقی ماند، آزمایش مورد تائید خواهد بود اما اگر عیوبی مشاهده شد بایستی رفع گردد .

اشکالات احتمالی و طریقه رفع آنها بدین ترتیب است :

ترک تیوبها

اگر فشارسنج افت فشار را نشان دهد ولی هیچگونه نشتی از لایی فلوتینگ هد و لایی کانال و همچنین لایی سر پوش کانال دیده نشود نشان دهنده ترک ریز در تیوبها است که در آزمایش پوسته بر اثر فشار وارده از بیرون به محیط تیوب مشخص نشده ولی در آزمایش تیوب چون فشار از داخل تیوب وارد می شود ترک بازو باعث افت فشار شده است .

وجود آب درداخل پوسته را بوسیله چراغ روشنایی از طرف صفحه تیوب شناور می توان دید . در صورتیکه تعداد تیوبهای ترک دار زیاد باشد ، آب از نازل پائینی پوسته که قبلاً باز شده خارج می گردد .

وقتی که تیوبها دارای ترکهای بسیار ریز موئی باشند به طوریکه فشار سنج افت فشار کمی را نشان دهد، برای اطمینان، فشاردرون تیوبها را می توان تا دو برابر فشار طراحی بالا برد تا ترک تیوبها ی فوق بیشتر باز شده و نشت آنها به طور محسوسی مشخص گردد .

در آزمایش تیوبها به طورکلی فقط معلوم می شود که تیوب یا تیوبهایی دارای ترک هستند ولی مشخص نیست که کدام تیوب است و برای پیدا کردن تیوبها ی معیوب باید مجددا آزمایش پوسته تکرار شود . در این مرحله مایع وارد تیوبهایی که ترک آنها باز شده می شود و از انتهای تیوبهای معیوب خا رج می گردد بدین ترتیب تیوبهای معیوب مشخص خواهند شد که بایستی پلاگ و مسدود گردند .

- اگر نشت از محل اتصال قطعات به دسته تیوب باشد ابتدا پیچ و مهره های هر قسمت را که نشتی دارد سفت کنید در صورتیکه نتیجه نداد فشار را پایین آورده و لایی مربوط به آن قسمت را تعویض نمایید و آزمایش را دنبال کنید . وقتی درون تیوبها فشار وجود داشته باشد ممکن است به اندازه لازم و کافی نتوان بولتهای فلوتینگ هد را سفت کرد بنابراین بعد از آزمایش تیوب ها بولتهای فلوتینگ هد را از این نظر مجدداً بررسی کنید .

بعد از مورد تائید قرار گرفتن آزمایش تیوب آب داخل تیوبها را خالی کرده و وسایل اضافی که جهت آزمایش نصب شده بود باز کرده و سر پوش پوسته SHELL COVER یا بانت (شماره ۹) را همراه یک عدد لایی جدید ببندید . از لایی قبلی که با حلقه آزمایش بسته شده بود استفاده نکنید .

آزمایش مبدلهای حرارتی با دو صفحه تیوب ثابت IXED TUBE SHEET HEAT EXCHANGER TESTING

الف- اگر صفحات تیوب به پوسته یک پارچه جوش شده باشند مانند شکل شماره ۲۱ آزمایشات بدین طریق انجام می شود . لازم به توضیح است که در این مورد ابتدا مبدل بطور کامل بسته است و برای آزمایشات بر حسب نیاز قطعات لازم باز و یا بسته می شوند .

آزمایش پوسته SHELL TEST

هر دو سرپوش یا بانت ابتدا و انتهای پوسته را باز کنید (شماره ۲) و پوسته را از آب پر کنید . چون صفحات تیوب با پوسته یک پارچه و یا جوش شده اند خروج مایع از پوسته را مسدود می نمایند و احتیاج به نصب تست رینگ نیست . در این حالت صفحات تیوب و انتهای تیوبها قابل رویت هستند. سپس آزمایش پوسته را طبق مراحلی که قبلاً توضیح داده شد انجام دهید در این نوع مبدل به بانت یا سرپوشهای پوسته ، کانال نیز می گویند .

آزمایش تیوب TUBE TEST

برای آزمایش تیوب این نوع مبدلها که دارای دو صفحه تیوب ثابت و یک پارچه با پوسته هستند ابتدا پوسته را از آب خالی کرده و بوسیله هوای فشرده خشک کنید . با توجه به شکل شماره ۲۱ هر دو کانال ویا سرپوش پوسته را (شماره ۲) به اضافه لایی به ابتدا و انتهای پوسته ببندید . تیوبها را از آب پر کنید و طبق معمول مراحل آزمایش را دنبال کنید .

ب - اگر صفحات تیوب TUBE SHEETS با پوسته یک پارچه نباشند مراحل آزمایش بدین ترتیب است :

آزمایش پوسته SHELL TEST

برای آزمایش پوسته مبدل فوق چنین عمل می شود :

۱- سرپوشهای ابتدا و انتهای پوسته را باز کنید .

۲- اگر صفحات تیوب دارای سوراخ جهت عبور بولت هستند (STUD HOLE) آنها را به فلنج پوسته پیچ و مهره کنید .

۳- اگر صفحات تیوب دارای سوراخ بولت نیستند آنها را بوسیله تست فلنج TEST FLANGE و یا تست گلند TEST GLAND مانند شکل شماره ۵۱ به فلنج پوسته به وسیله پیچ و مهره ببندید و سپس آزمایش پوسته را مانند گذشته انجام دهید . بعد از مراحل آزمایش تست فلنج و یا تست گلند را باز کنید و پوسته را خشک کنید. شکل شماره ۵۱ بستن صفحه تیوب را به وسیله تست فلنج و تست گلند نشان می دهد .

شکل ۵۱

آزمایش تیوب TUBE TEST

برای آزمایش تیوب این نوع مبدل بایستی سرپوشهای ابتدا و انتهای پوسته را همراه لایی بست و مانند مبدلهای قبلی آزمایش کرد .

انجام آزمایش ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم

STRAIGHT TUBE KETTLE TYPE REBILLER TESTING

در بیشتر مبدلهای حرارتی در هنگام آزمایش پوسته هر دو صفحه تیوب قابل رویت بوده، نشت داخلی تیوبها و نشت از محل اتصال تیوبها به صفحه تیوب مشخص می باشد اما در ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم که دارای ۲ صفحه تیوب است به علت یک پارچه بودن پوسته و سرپوش پوسته (BONNET) صفحه تیوب شناور دیده نمی شود و فقط صفحه تیوب ثابت قابل رویت است .

بنابراین در آزمایشات این مبدل نشت بین فلوتینگ هد و لایی آن و همچنین نشت از محل اتصال تیوبها به صفحه تیوب شناور و سوراخ بودن تیوبها قابل تشخیص نیست . چون در آزمایش

پوسته آب وارد تیوبهای سوراخ و مقداری از آن وارد فلوتینگ هد می شود و از آنجا به داخل تیوبهای دیگر رفته و تشخیص تیوب سوراخ را مشکل می سازد .

به همین دلیل دسته تیوب قبل از اینکه در پوسته قرارداده شود ابتدا به ترتیب زیرتحت آزمایش تیوب قرار می گیرد (با توجه به شکل شماره ۲۷) .

۱- سرپوش سر شناور (شماره ۱۶) را همراه لایی نصب کنید .

۲- کانال (شماره ۱) را به اضافه لایی به صفحه تیوب ساکن با استفاده از کلمس دو تکه مخصوص SPLIT CLAMP RING به جای فلنج پوسته ببندید .

۳- سرپوش کانال (شماره ٤) را با یک عدد لایی به کانال نصب نمائید .

٤- مانند سایر مبدلها آزمایش تیوب را انجام دهید. تیوبها را از نظر ترک،سوراخ بودن، نشت لایی فلوتینگ هد به دقت بررسی و علامت گذاری و یادداشت کنید . هچنین بایستی نشت از محل اتصال تیوبها به صفحات تیوب را ROLL LEAK از پشت صفحات تیوب با دقت زیاد پیدا کرد .

۵- در صورت مشاهده هر گونه نشتی سرپوش سر شناور را باز کرده و مرمت نمائید .

۶- آزمایش را مجدداً تکرار کنید. در صورتیکه عیوب بر طرف شده باشد کانال و سرپوش کانال را باز کرده ولی سرپوش سر شناور را باز ننمائید .

۷- دسته تیوب را داخل پوسته قرارداده و کانال را بسته و مانند سایر مبدلها آزمایش پوسته را انجام دهید. در آزمایش پوسته ری بویلر از حلقه آزمایش استفاده نمی شود .

۸- برای پلاگ کردن تیوبهای ری بویلر نوع کتری با تیوبهای مستقیم دسته تیوب باید از طرف فلوتینگ هد از پوسته خارج شود . ولی اگر ری بویلر دارای تیوبهای U شکل باشد چون انتهای همه تیوبها در یک صفحه تیوب قراردارند بدون خارج کردن دسته تیوب می توان تیوبهای معیوب را پلاگ و مسدود کرد .

آزمایشات مبدلهای با تیوب Uشکل U TUBE HEAT EXCHANGER TESTING

آزمایش پوسته SHELL TEST

چون مبدلهای با تیوب U شکل بدون سرپوش سر شناور FLOATING HEAD COVER می باشند و انتهای همه تیوبها در یک صفحه ساکن STATIONARY TUBESHEET قرار دارند جهت آزمایش پوسته احتیاج به حلقه آزمایش ندارند،بنابراین فقط کافی است که دسته تیوب را داخل پوسته قرار داده و کانال را همراه لایی به صفحه تیوب ساکن و فلنج پوسته ببندید (در موقعی که سر پوش کانال باز است) و سپس مانند سایر مبدلها آزمایش را دنبال کنید. پس از آزمایش پوسته را خالی کرده و خشک کنید .

آزمایش تیوب TUBE TEST

جهت آزمایش تیوب مبدلهای با تیوب U شکل سرپوش کانال را به اضافه لایی به کانال ببندید و طبق معمول مراحل آزمایش را بگذرانید .

آزمایشات مبدلهای سرشناور با پکینگ خارجی OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD TESTING

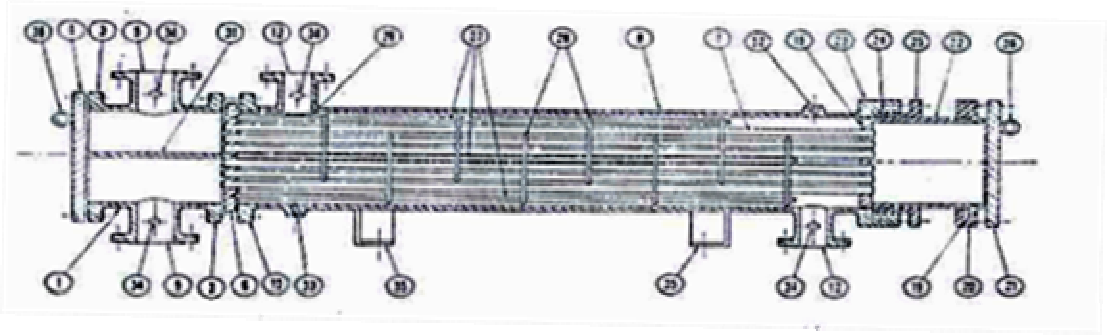
مبدل سرشناور پکینگ دار مانند شکل شماره ۵۲ مبدلی است که در انتهای پوسته آن از طرف سر شناور، جعبه آب بندی PACKING BOX (شماره ۲۳) تعبیه شده و برای جلوگیری از نشت پوسته از پکینگ و گلند استفاده می شود (شماره های ۲٤ و ۲۵) . تیوبهای این نوع مبدل در اثر انقباض و انبساط می توانند آزادی حرکت داشته باشند .

آزمایش پوسته SHELL TEST

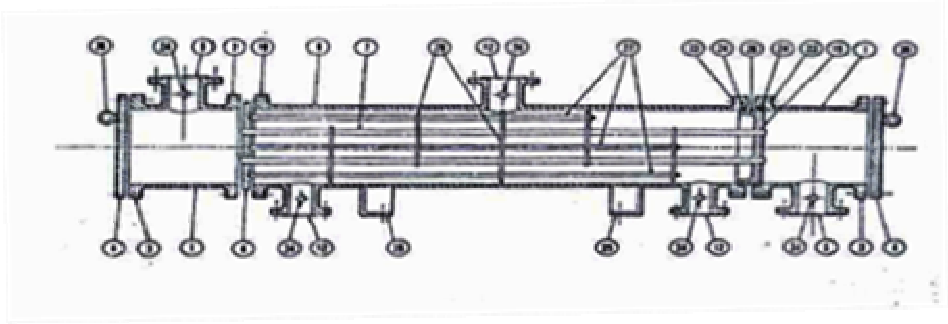
برای آزمایش پوسته این نوع مبدل پس از اینکه دسته تیوب در داخل پوسته قرار گرفت پوسته بوسیله پکینگ و گلند از طرف سر شناور مسدود می شود و از طرف دیگر کانال را همراه لایی به صفحه تیوب ساکن و فلنج پوسته ببندید . در این حالت سرپوشهای ابتدا و انتهای مبدل (شماره های ٤ و ۲۱) باز است . جهت آزمایش پوسته این نوع مبدل احتیاج به نصب حلقه آزمایش TEST RING نیست . بقیه مراحل آزمایش مانند سایر مبدلها است .

آزمایش تیوب TUBE TEST

برای آزمایش تیوب این نوع مبدل هر دو سرپوش ابتدا و انتهای مبدل (شماره های ٤ و ۲۱) را همراه لایی ببندید و طبق معمول آزمایش کنید .



شکل ۵۲



شکل ۵۳

مبدل فوق (شکل شماره ۵۳) مبدلی است سر شناور دارای پکینگ (شماره ۲٤) و جعبه آب بندی (شماره ۲۳) و حلقه فانوسی LANTERN RING (شماره ۲۶) .
نازل ورودی پوسته در وسط قرار گرفته و در نتیجه یک جریان تقسیم شده DEVIDED FLOWبه وجود خواهدآمد. این مبدل دارای دو کانال در ابتدا و انتهای پوسته می باشد بنابراین تیوبها یک گشتی هستند .

دستور العمل بازرسی مبدلهای حرارتی

در صورت نیاز ضخامت این قسمتها اندازه گیری و با مقدار اولیه مقایسه گردند درجه آزادی SEPPORT ها دقیقا چک شود .
فونداسیون و پایه های سیمانی با استفاده از بازرسی چشمی برای یافتن ترک پوسته، پوسته ای شدن سیمان و ضایعات کلی دیگر بازرسی شود . از نظر SETTLEMENT چک شود . قسمتهای فولادی پایه ها بوسیله بازرسی چشمی و HAMMER TEST بازرسی شوند و در صورت نیاز ضخامت آنها بوسیله TRANSFER CALIPER با وسیله مناسب دیگر اندازه گیری و کنترل گردد .
ANCHOR BOLT ها با استفاده ا از HAMMER TEST بازرسی و از عدم وجود ترک یا بریدگی آنها مطمئن شوید .
PIPE CONNECTION ها و نازلهای اطراف با استفاده از بازرسی چشمی جهت یافتن خوردگی خارجی، اثرات ازدیاد طول، نشتهای مشهود و قابل دید، تغییر رنگ ناگهانی و پدیده HOT SPOT و احیانا" ترک یا فرسودگی دقیقا" کنترل شود. REINFORCE PAD های اطراف نازلها و فلنج ها نیز دقیقا چک شود .در صورت نیاز می توان از روشهای بازرسی NDT یا MT یا PT یا ULTRASONIC SHEAR WAVE استفاده کرد .تمام بدنه خارجی پوسته به ویژه قسمت EXPANTION JOINT با استفاده از چشم دقیقا" بازرسی شود و از عدم وجود پیچیدگی ، پدیده تاول هیدروزنی ، پدیده LAMINATION سطحی ، بادکردگی و تغییر شکل یا احیانا" ترک در نقاط روی بدنه بویژه در کناره های جوشهای طولی و عرضی و هر گونه شرایط نا معقول و HOT SPOTمطمئن شوید. در صورت نیاز میتوانید از روشهای سختی سنجی ، فریت سنجی ، ضخامت سنجی و کلیه روشهای NDT جهت اطمینان از سلامت پوسته مبدل کمک بگیرید .
رنگ و عایق روی بدنه مبدلها و اطراف نازلها که جهت جلوگیری از خوردگی خارجی و اتلاف انرژی مبدلها بکار رفته لازم است با استفاده از بازرسی چشمی و در صورت نیار با کمک وسایل بازرسی عایق و رنگ دقیقا" بازرسی شوند. دقت شود که لکه های گرد و خاک، پوسته ای شدن و بادکردگی رنگ روی بدنه ، سوختگی رنگ و ... همه عواملی برای ضایع کردن رنگ بوده و عوامل خوردگی خارجی محسوب می شوند که بایستی از بین بروند .سیم اتصال زمین را نیز با استفاده از بازرسی چشمی کنترل و مطمئن شوید که اتصال برقرار است .در صورت یافتن هر

گونه اشکالی که نیاز به تعمیر دارد ، دستور تعمیراتی صادر شود .در پایان این بازرسی تمام یافته های بازرسی را در فرمهای گزارش بازرسی STEEL STRUCTURE درج نمائید.

بازرسی جزء به جزء در زمانیکه مبدل خارج از سرویس است انجام می گیرد.

ابتدا جهت انجام بازرسی دقیق لازم است سطح مورد نظر یعنی سطح داخلی پوسته ، سطح خارجی پوسته و داخلی تیوب و ..... با استفاده از فشار آب و یا سند بلاست یا برس سیمی یا شستشوی شیمیایی کاملا تمیز و آماده بازرسی شوند.سطوح خارجی تیوبها بوسیله هوا یا VACUM CLEANER تمیز و گرد زدایی شود سپس قسمتهای لازم با دقت بازرسی شود .

منابع مورد استفاده :

1- MAINTENANCE PROCEDURES GUIDES NO 1&2 UNFIRD PRESSURE
VESSELS 7 TUBULARS 1963 IRANIAN OIL REFINING COMPANY
2- STANDARDS OF TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION (TEMA) FIFTH EDITION 1968
3- GUIDE FOR INSPECTION OF REFINERY EQUIPMENT CHAPTER V11-HEAT EXCHANGER , CONDENSER , COOLER BOXES .
SECOND EDITION 1967
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (A.P.I)
4- HEAT EXCHANGER FOR GENERAL REFINERY SERVICES AMERICAN PETROLEUM INS INSTITUTE (A.P.I)
5- THE AIRETOOL MANUFACTURING CO . SPRINGFIELD .OHIO
6- MARERIAL & EQUIPMENT STANDARDS 7 CODS (M.E.S.C BOOKS) N . I . O . C ABADAN REFINERY
۱جزوه مبدل. اتشارات پالایشگاه اصفهان