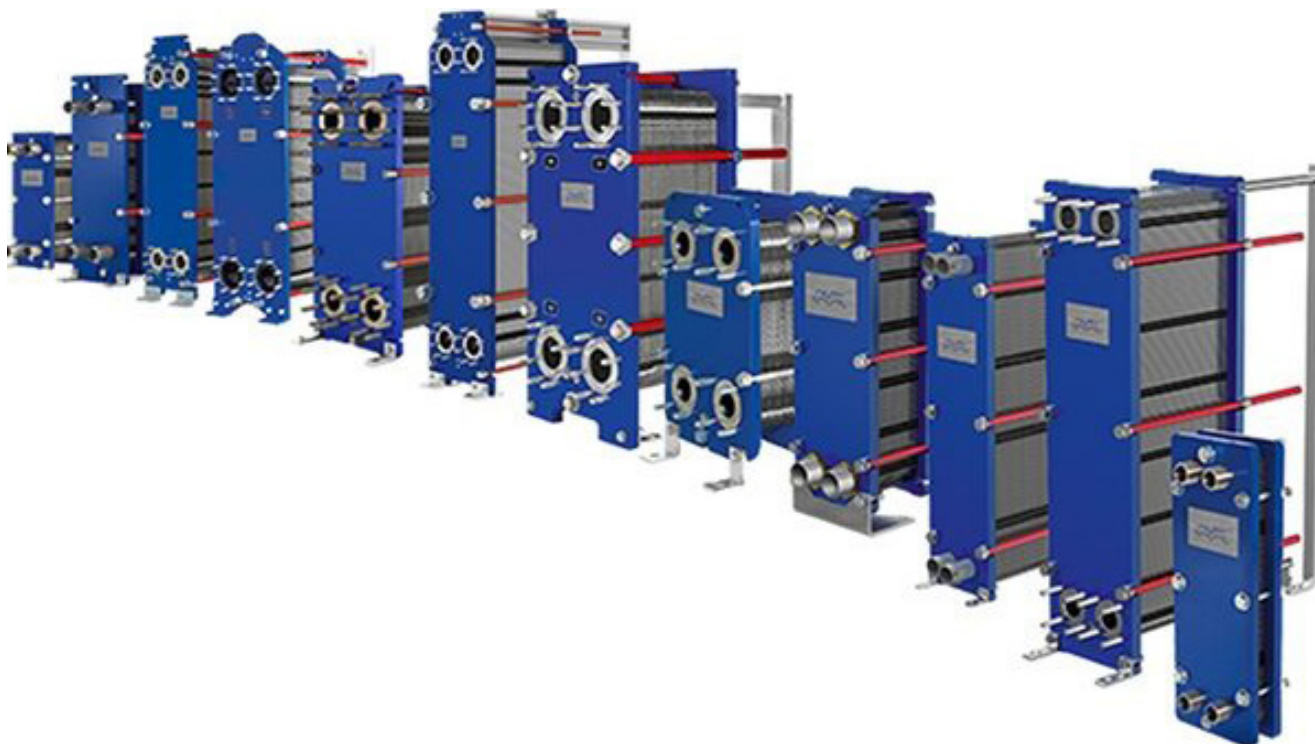




تجهیزات زیادی در صنایع در امر تولید مورد مصرف قرار می‌گیرد که یکی از آنها مبدل‌های حرارتی می‌باشد. مبدل‌های حرارتی در تمام زمینه‌های صنعتی - تجاری و زندگی روزمره که به نحوی با تبادل انرژی سروکار دارند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صنایع مختلف غذایی، دارویی و شیمیایی و فرآیندهای مختلف نفت، گاز و پتروشیمی مبدل‌های حرارتی جهت تبادل حرارت بین سیالات ورودی و خروجی کاربرد وسیعی داشته و با توجه به محدوده درجه حرارت، فشار و شرایط کاری و عملیاتی، مبدل‌ها به شکل‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند.

انرژی در واحدهای فرآیندی همواره تلاش شده است تا مبدل‌هایی طراحی گردند که ضمن داشتن حداکثر بازدهی، در کارکردهای بلندمدت، کمترین مشکلات عملیاتی را داشته باشند.

به‌طور کلی مبدل‌های حرارتی را می‌توان

مبدل حرارتی دستگاهی است که انرژی حرارتی را از سیالی به یک یا چند سیال دیگر که دارای درجه حرارت‌های متفاوت هستند منتقل می‌کند. این تعریف به طور ضمنی بیان می‌کند که در یک مبدل حرارتی حداقل دو سیال وجود دارد که حرارت بین آن دو جابجا می‌شود.

با توجه به موضوع بهینه‌سازی مصرف

بر اساس موارد ذیل دسته‌بندی نمود:

۱- فرایند انتقال

۲- فشردگی سطوح

۳- نحوه ساخت و فشردگی هندسی

۴- آرایش جریان

۵- سازوکار انتقال حرارت

۶- تعداد سیال

۷- درجه حرارت کارکرد

مبدل‌های حرارتی به دو گروه کلی زیر تقسیم شده و با توجه به موارد استفاده هر کدام از این دو گروه نیز به انواع مختلف طراحی و مورد استفاده قرار می‌گیرند:

* مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله

(SHELL & TUBE HEAT EXCHANGER)

* مبدل‌های حرارتی قاب و صفحه

(PLATE & FRAME HEAT EXCHANGER)

یکی از مشکلات عمده مبدل‌های لوله‌ای که دارای یک پوسته و تعدادی لوله به شکل‌های مختلف مستقیم و یا یو شکل می‌باشد، تشکیل رسوب و ایجاد پدیده

FOULING است. تولید رسوب به میزان بسیار زیادی باعث کاهش سطح انتقال حرارت و در نتیجه کاهش راندمان این دستگاه‌ها می‌شود. امروزه با توجه به فن‌آوری روز و مزایای مبدل‌های صفحه‌ای به نوع مبدل لوله‌ای در طراحی‌های اخیر در فرایندهای مختلف نوع مبدل‌های صفحه‌ای بیشتر مورد توجه قرار گرفته و حتی در موارد بسیاری نیز مبدل‌های لوله‌ای موجود با مبدل‌های صفحه‌ای جایگزین گردیده و در کوتاه‌مدت با راندمان بالای این نوع مبدل‌ها که با صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های سوختی و حرارتی و افزایش کیفیت کالای تولیدی همراه می‌باشد، هزینه‌های مصرفی تأمین و تحت پوشش قرار می‌گیرد، لذا در این مبحث کوتاه به شرح این نوع مبدل‌ها خواهیم پرداخت.

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای دارای قدمتی در حدود یک‌صد سال می‌باشند. واحدهای اولیه این نوع مبدل‌ها، مشابه با فیلتر پرس‌های

جهت ایجاد نقاط تماس بین صفحات و افزایش انتقال حرارت (HEAT TRANSFER) توسط دستگاه‌های پرس سنگین بر روی صفحات بسیار نازک تورفتگی و برآمدگی‌هایی با شکل‌های مختلف ایجاد می‌شود و سطح صفحه‌ها موج‌دار می‌گردد.

با توجه به شرایط حرارتی و مکانیکی، نوع و شکل موج دهی مناسب بر روی صفحات انتخاب گردیده و این موج دهی علاوه بر افزایش سطح انتقال حرارت باعث افزایش مقاومت صفحات در برابر فشار عملیاتی و ایجاد جریان متلاطم (TURBULENCE) می‌گردد.

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای به سه نوع اصلی تقسیم می‌گردند:

* مبدل‌های صفحه‌ای واشردار و یا جوشی
(PHE PLATE TYPE HEAT EXCHANGER)

* مبدل‌های صفحه‌ای مارپیچی
(SHE SPIRAL PLATE HEAT EXCHANGER)

* مبدل‌های صفحه‌ای لایه‌ای

قاب و صفحه با صفحات برنزی سنگینی بوده‌اند، حال آنکه نوع کنونی آن‌ها که به سال ۱۹۳۰ بازمی‌گردد، کاملاً متفاوت از انواع اولیه می‌باشد.

در مبدل حرارتی صفحه‌ای، سطح انتقال حرارت از صفحات فلزی تشکیل یافته است که دارای ضخامت ناچیزی می‌باشند. صفحات به منظور تشکیل کانال‌هایی برای عبور سیال، به صورت موازی با یکدیگر قرار گرفته‌اند به طوری که یک سیال از یک سری کانال‌ها و سیال دیگر از کانال‌های دیگر عبور داده می‌شوند.

در مبدل‌های صفحه‌ای موج‌دار بودن صفحات تلاطم و آشفتگی جریان را افزایش داده و استحکام مکانیکی مناسبی را ایجاد می‌کند. در این مدل‌ها جریان آشفته در اعداد رینولدز حدود ۲۰۰ و کمتر صورت می‌پذیرد و در نتیجه ضریب انتقال حرارت نسبتاً بالا بوده و ضریب اصطکاک نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت.

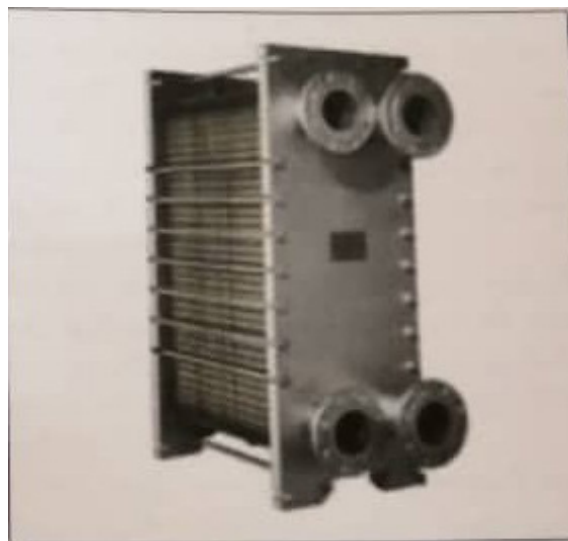


مبدل حرارتی مارپیچی

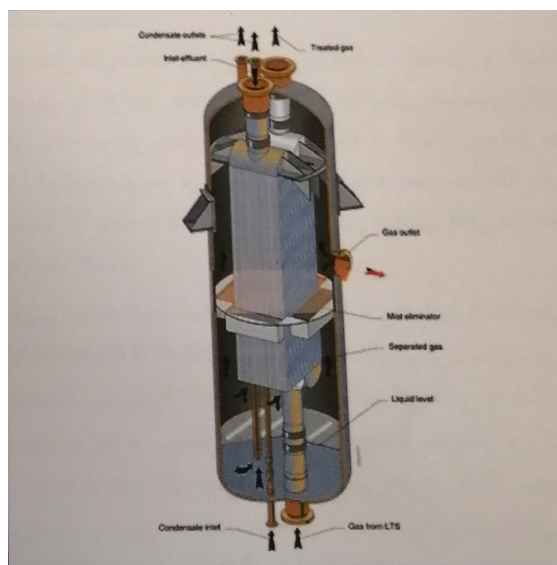
صفحه‌ها

STAINLESS STEEL	*
INCOLOY	*
NICKEL TANTALUM	*
TITANIUM TITANIUM STABILIZED	*
WITH PALLADIUM	
۲۷۶ ALLOY C	*
HASTELLOY	*

فلز از جنس تیتانیوم جهت آب دریا پیشنهاد می‌گردد و انواع فلزات از جنس استنلس استیل جهت آب خالص، روغن‌ها نفت سیاه مناسب می‌باشد.



مبدل حرارتی صفحه‌ای واشر دار



مبدل حرارتی صفحه‌ای جوشی

جنس صفحه‌ها و واشرها

با توجه به شرایط کاری و عملیاتی، نوع سیالات و از نقطه نظر خوردگی جنس صفحه‌ها و واشرها می‌تواند از مواد مختلف به شرح ذیل ساخته شود:

آشنایی با مبدل حرارتی صفحه‌ای

واشرها

* Butyl rubber مقاوم تا دمای ۱۴۰ درجه

* ETHYLENE PROPYLENE RUBBER EPDM مقاوم تا دمای ۱۷۰ درجه

* HYPALON مقاوم تا دمای ۱۴۰ درجه

* NITRIL BUTADIEN RUBBER NBR

مقاوم تا دمای ۱۴۰ درجه

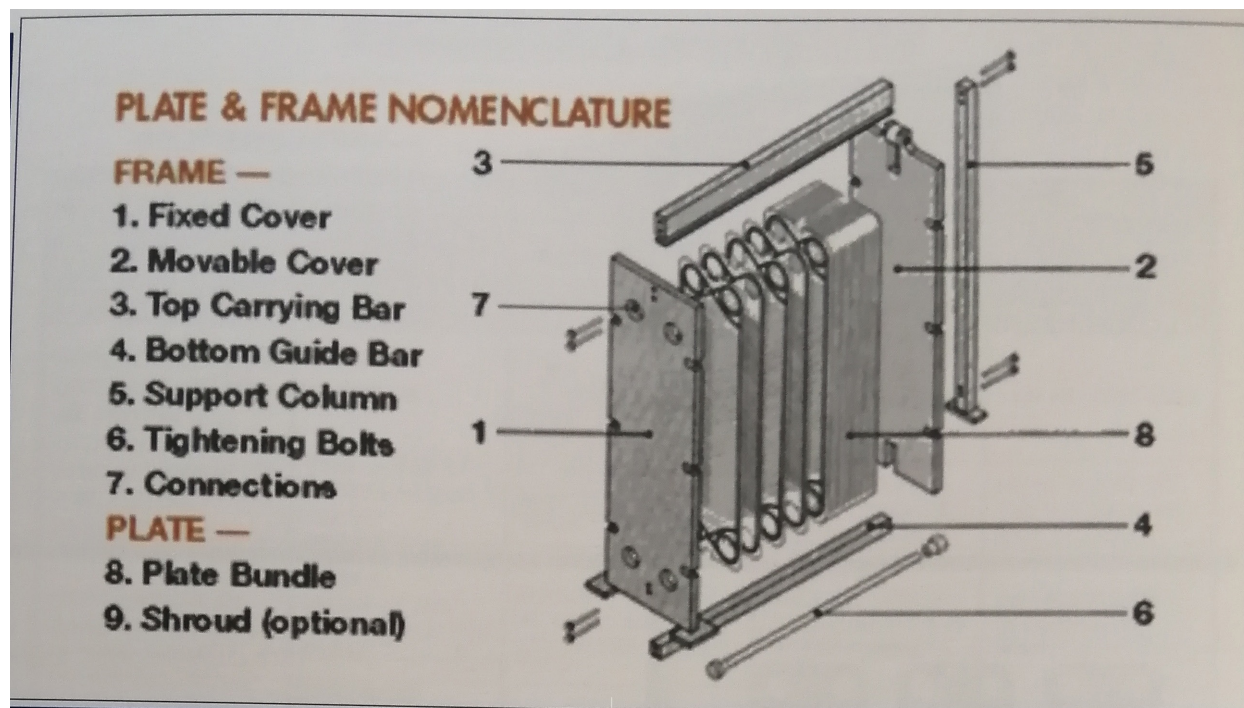
* SILICON مقاوم تا دمای ۱۷۵ درجه

* VITON مقاوم تا دمای ۱۸۰ درجه

* NEOPRENE مقاوم تا دمای ۹۰ درجه

مزایا و معایب مبدل‌های صفحه‌ای

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای با لبه‌های جوش خورده به علت داشتن ضریب انتقال حرارت بالا،



رسیدن به راندمان فوق به سطحی حدود ۶۰۰ متر مربع نیاز می‌باشد.

* وزن و حجم کم، به دلیل وجود مقدار کم سیال در درون مبدل

* بازدهی و انتقال حرارت بالا

* به دلیل موج‌دار بودن صفحات، جریان سیال و فرآیند حالت تلاطم (TURBULENCE) داشته و انتقال حرارت در سطح زیادی انجام می‌گیرد.

* مقاومت ضد خوردگی بالا

* تنوع ساخت و طراحی در سایز، نوع مواد و افزایش تعداد صفحات

* مورد استفاده در دما و فشارهای بالا

* در نوع صفحات جوشی دما تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲ تا ۱۲۰ بار

* افت فشار کم $LOW \Delta P$

* افت حرارت کم $LOW \Delta T$

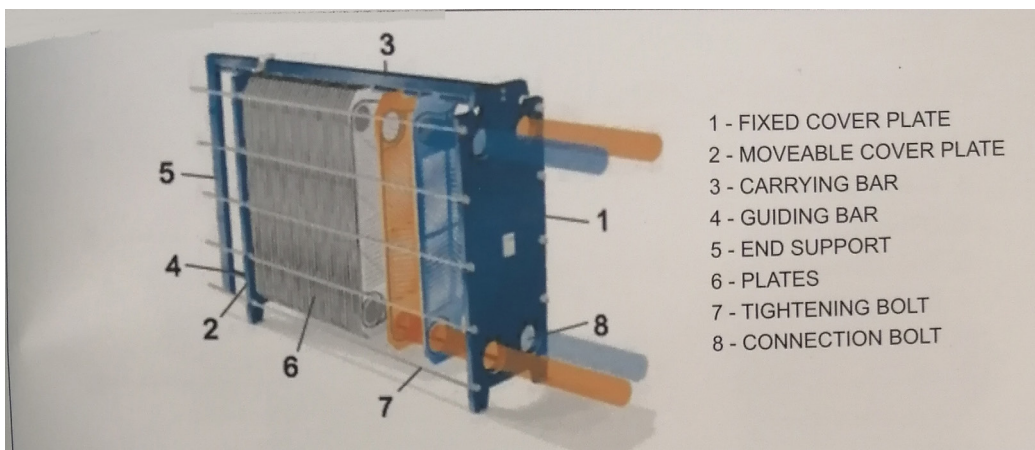
حجم کم و هزینه‌های ساخت پایین نسبت به مبدل‌های نوع لوله‌ای، به عنوان بهترین مبدل حرارتی در صنایع شناخته شده‌اند و در تولید اغلب مواد شیمیایی و پتروشیمی، چسب‌ها، لاک‌ها، داروها، صابون‌ها، مواد تمیزکننده و آرایشی نقش بسزایی دارند. مبدل‌های صفحه‌ای دارای مزایای ذیل می‌باشند:

* نصب، سرویس و نگهداری آسان

* کاهش هزینه نصب و سرمایه‌گذاری

* صرفه‌جویی حدود ۸۰٪ در جا به دلیل فشرده و کوچک بودن آن

به‌عنوان مثال جهت نیاز به سطح تبادل حرارت حدود ۲۰۰ متر مربع، حدوداً به صفحات به طول ۳ متر، عرض ۱ متر و ارتفاع ۲ متر نیاز است در حالی که در مبدل‌های حرارتی لوله‌ای جهت



تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.



شمایی از مبدل‌های صفحه‌ای واشردار

موارد استفاده مبدل صفحه‌ای

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای در صنایع مختلف به دلیل حجم کم، مقاوم در مقابل مواد خوردگی و راندمان بالا به شرح ذیل جهت انجام پروسس‌های فرآیند و واکنش‌های شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

* صنایع غذایی (FOOD INDUSTRY)

* در تهیه روغن‌های خوراکی، شیر و لبنیات، غذاهای آماده و پاستوریزه نمودن

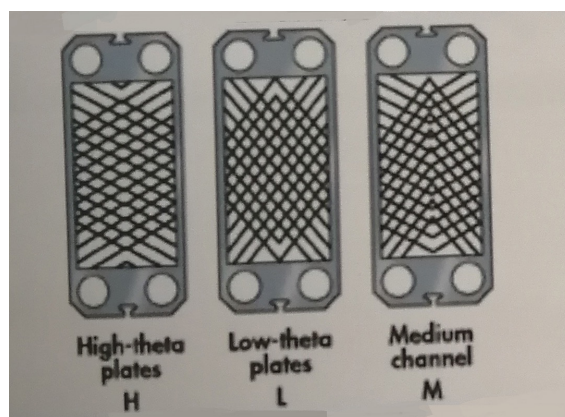
* صنایع دریایی (MARINE INDUSTRY)

* مناسب جهت سیالات به صورت مایع و گاز

* مناسب جهت مواد خورنده، با توجه به کاربرد صفحات با جنس و آلیاژهای مناسب

* بازدید و شستشوی آسان در مورد مبدل‌های صفحه‌ای واشردار

در این نوع مبدل‌ها با برداشتن فشار وارده بر صفحات، صفحات به آسانی از هم جدا شده و به راحتی تمیز می‌شوند. با استفاده از روش‌های شیمیایی (CHEMICAL WASHING) و فشار آب بدون جدا نمودن صفحات می‌توان آن‌ها را تمیز نمود و در مبدل‌های جوشی به این روش عمل می‌شود.



انواع صفحات

TITLE	TYPE OF HEAT EXCHANGER			
	STRAIGHT BUNDLE TUBES	U BUNDLE TUBES	GASKETED PLATE	WELDED PLATE
REPLACEMENT OF ONE PART (TUBE OR PLATE)	SIMPLE	ONLY EXTERNAL BENDS OTHERWISE ALL TUBES MUST BE TOOK OFF	COMPLEX BECAUSE NEEDS THE DISMANTLING OF THE OTHER PARTS	NOT PRACTICABLE
REPLACEMENT OF THE ENTIRE BUNDLE	EASY IN THE OF A BUNDLE WHICH CAN BE DISMANTLED	EASY IF THE TUBE SHEET IS CLAMPED	EQUIVALENT TO THE EXCHANGER REPLACEMENT	EQUIVALENT TO THE EXCHANGER REPLACEMENT
REPARATION IN CASE OF LEAKAGE	SIMPLE PLUGS AT THE BOTH END OF THE TUBES	SIMPLE PLUGS AT THE BOTH END OF THE TUBES	COMPLEX BECAUSE NEEDS THE DISMANTLING OF THE OTHER PLATES	IMPOSSIBLE IN ECONOMICAL WAY
CLEANING	EXTERIOR: CHEMICAL CLEANING OR WITH HP WATER CLEANER IF THE BUNDLE CAN BE DISMANTLED INTERIOR: CHEMICAL CLEANING OR MECHANICAL CLEANING BY THE MEANS OF BRUSH, BALLS OR WITH HP WATER CLEANER	EXTERIOR: CHEMICAL CLEANING OR WITH HP WATER CLEANER IF THE BUNDLE CAN BE DISMANTLED INTERIOR: CHEMICAL CLEANING OR MECHANICAL CLEANING BY THE MEANS OF BRUSH, BALLS OR WITH HP WATER CLEANER	CHEMICAL CLEANING IF THE GASKET MATERIAL ALLOWS IT. WITH HP WATER CLEANER AFTER DISMANTLING	CHEMICAL CLEANING
DILATATION	USE OF EXPANSION BELLOW	BUNDLE EXPANSION IS FREE	DIFFERENTIAL EXPANSION ALLOWED BY THE PRESENCE OF THE GASKET, IT IS NOT GOOD FOR GASKETS	NO EXPANSION FREEDOM / STRESS
OPERATING PRESSURE LIMITS	NO THEORETICAL LIMIT, IN PRACTICE DEPENDS TO THE SIZE	NO THEORETICAL LIMIT, IN PRACTICE DEPEND TO THE SIZE	LIMITED TO A FEW BARS	LIMITED
OPERATING TEMPERATURE LIMITS	AS ALLOWED METAL TEMPERATURE LIMIT	AS ALLOWED METAL TEMPERATURE LIMIT	LIMITED BY THE GASKET TEMPERATURE	LIMITED TO PREVENT DAMAGE DUE TO

مقایسه انواع مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای و لوله‌ای

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.



حرفه‌ای باش!



نمونه‌ای از صفحات موجدار شده

طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

در طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، جنس صفحات و شکل موج دهی روی صفحات، با توجه به شرایط عملیاتی، دما و فشار سیال ورودی و خروجی، انتخاب می‌گردد. در فشار و دماهای کمتر از مبدل‌های صفحه‌ای واشردار استفاده می‌شود و برای جلوگیری از نشت سیال به خارج در اطراف لبه صفحات از واشرهایی با جنس‌ها و مقاومتهای مختلف استفاده می‌گردد. همچنین کانال‌هایی که یک

به‌عنوان دستگاه خنک‌کننده (COOLER) در موتورهای دیزلی و کمپرسورهای در روی کشتی‌های بزرگ نصب می‌گردد.

* صنایع قند و شکرسازی

(SUGAR INDUSTRY)

* صنایع کاغذسازی (PAPER INDUSTRY)

* صنایع نیروگاهی (POWER INDUSTRY)

* صنایع شیمیایی (CHEMICAL INDUSTRY)

* صنایع دارویی (PHARMACEUTICAL)

(INDUSTRY)

* صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

(OIL INDUSTRY)

در صنایع نفت، گاز و پتر و شیردهی و سایر صنایع مدل صفحه‌ای به شکل رو کاربردهای مختلفی مانند:

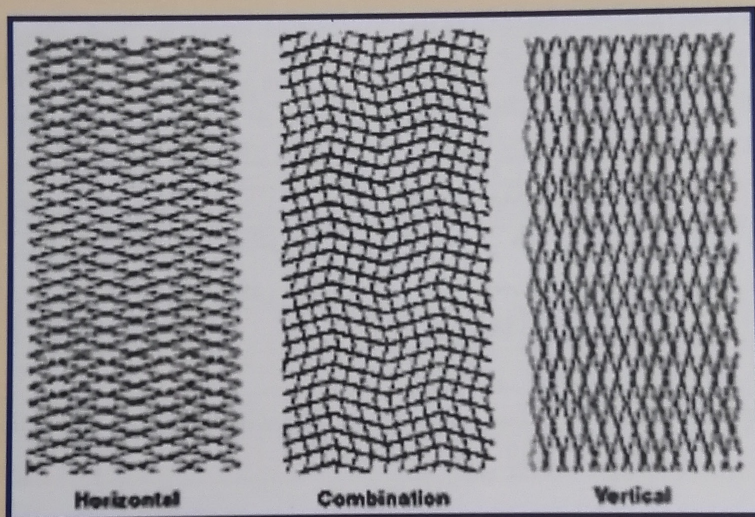
EVAPORATORS, ECONOMIZER,
DESUPERHEATERS, CONDENSER,
SUB COOLER, PREHEATER, OIL
COOLERS

مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Air conditioning
Boiler blow down coolers
Boiler water preheaters
Chiller by-pass
Chiller condensers
Chiller evaporators
Closed loop cooling
Cooling tower isolation
Condensate cooling
Condenser water closed loop
Condenser water heat recovery

De-ionized water cooling
Desuperheaters
Diesel oil cooling
District heat
Domestic water heating
Dual circuit evaporators
Free-cycle cooling
Geothermal applications
Geothermal heating
Hvac applications
Jacket water heat recovery

lube oil coolers
Primary/secondary interchangers
Oil heating/cooling
Refrigeration applications
Seal water cooling
Solar heating/cooling
Space heating
Steam heating
Subcoolers
Swimming pool heaters
Thermal ice storage



Absorption columns
Acid cooling
Amine exchangers
Ammonia liquor cooling
Bleach water cooling
Blow heat recovery
Broth sterilization
Caustic liquor cooling
Closed loop cooling
Continuous caster coolers
De-ionized water cooling
Diesel engine heat

Diesel oil cooling
Effluent heat recovery
Electrolyte heating/cooling
Engine water cooling
Extrusion line cooling
Feed preheaters
Furnace water coolers
Glycol coolers
Heat recovery applications
Hydrocarbon cooling
Lube oil coolers
Mash coolers

Mold water coolers
Paint applications
Polyol coolers
Rolling mill coolant cooling
Solvent heating/cooling
Sour water stripping
Sugar solution heating/cooling
Sulphuric anodizing
Tall oil applications
Wash oil coolers
Weld machine water cooling
White water coolers

موارد استفاده مبدل‌های صفحه‌ای در صنعت

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.

سیال می‌تواند از داخل آن‌ها و بر روی صفحات جریان یابد، توسط واشرهایی در اطراف دهانه ورودی و خروجی تعیین می‌شود. جهت جلوگیری از امتزاج دو سیال در قسمت ورودی سیال‌ها از دو واشر جداگانه استفاده می‌شود.

به‌منظور دستیابی به ظرفیت‌های حرارتی و محدوده دما در این نوع از مبدل‌ها از انواع آرایش‌های جریان به صورت سری موازی و آمیخته استفاده می‌شود.

در دما و فشارهای بالا از مبدل‌های صفحه‌ای جوشی به جای مبدل‌های واشردار استفاده می‌شود و معمولاً جهت اتصال به یکدیگر از جوش لیزری استفاده می‌گردد.

به طور کلی طراحی حرارتی مبدل‌های صفحه‌ای که اخیراً از نرم‌افزارهای مخصوص استفاده می‌شود دارای مراحل ذیل می‌باشد:

* مشخصات سیال فرآیند از نقطه‌نظر نوع سیال، افت فشار مجاز، دبی جرم و دماهای ورودی و خروجی

* مشخصات سیال سرویس از نقطه‌نظر نوع سیال، افت فشار مجاز، دبی جرم و دمای ورودی

* خواص فیزیکی سیال فرایند در دمای میانگین از نقطه‌نظر ویسکوزیته، دانسیته، ضریب هدایت حرارتی، ضریب فولینگ (رسوب‌گذاری) و ضریب گرمایی ویژه

* خواص فیزیکی سیال سرویس در دمای میانگین گرمای ویژه

* انتخاب جنس صفحات و محاسبه ضریب هدایت حرارتی صفحات

* انتخاب نوع صفحه و مشخصات آن شامل: ضخامت صفحه، نسبت طول به عرض صفحه و نسبت سطح انتقال حرارت گسترش‌یافته به سطح حرارت تصویر شده

* تعیین سطح مؤثر صفحه در جایی که سیال فرآیند شامل مواد جامد، کریستالی، خمیری و یا ویسکوزیته بالا باشد معمولاً فاصله بین صفحات بیشتر انتخاب گردیده و تا ۱۲ میلی‌متر

جهت موجدار نمودن صفحات مبدل از دستگاه‌های پرس سنگین استفاده می‌کنند و با این دستگاه‌ها می‌توان صفحاتی آتا طول ۴ متر را پرس نمود بعضی از سازندگان با استفاده از انرژی موج انفجار ایجادشده در زیر آب توانسته‌اند صفحاتی تا طول ۱۲ متر را نیز موجدار نمایند و به این طریق مبدل‌های جوشی بزرگی را بسازند. صفحات جوش‌خورده به صورت باندل درون پوسته و مخازن تحت فشار قرار داده می‌شود.

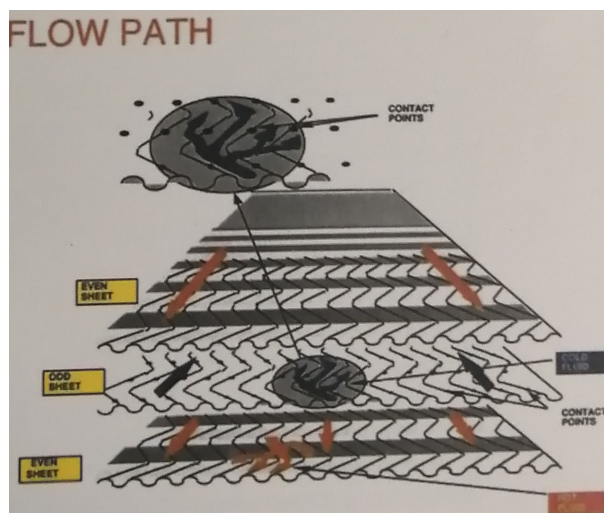
تمیز کردن مبدل صفحه‌ای

CIP CLEANING IN PLACE

تمیز نگه‌داشتن صفحات مبدل حرارتی باعث افزایش راندمان عمل مبدل خواهد شد. رسوب‌گذاری نه‌تنها باعث کاهش ضریب انتقال حرارت و کارکرد مبدل می‌شود، بلکه در کیفیت سیال درون مبدل نیز درازمدت تأثیر سوئی می‌گذارد. با استفاده از تجهیزات و دستگاه‌هایی طبق شکل روبرو می‌توان در محل، مبدل حرارتی را بدون باز کردن صفحات آن شستشوی شیمیایی کرد.

نیز استفاده می‌شود. این نوع صفحات اصطلاحاً FREE FLOW PLATE نامیده می‌شوند و به دلیل شکل خاص کانال‌های ایجادشده، جهت عبور سیال فرآیند مقاومت کمی دارند.

اخیراً در طراحی صفحات واشردار به جای استفاده از چسب جهت نصب واشرها از سیستم پرس استفاده می‌شود و در این روش جدا نمودن واشر و تعویض آن آسان‌تر و سریع‌تر می‌باشد. در طراحی مبدل‌های حرارتی جهت افزایش انتقال حرارت جریان سیال فرآیند و سیال سرویس به صورت جریان برعکس انتخاب می‌گردد.



DESIGN CONDITION	HOT SIDE	COLD SIDE
FLUID NAME		
FLOW RATE (GPM)		
INLET TEMPERATURE (°F)		
OUTLET TEMPERATURE (°F)		
*PHYSICAL PROPERTIES		
MOLECULAR WEIGHT		
SPECIFIC GRAVITY		
SPECIFIC HEAT (BTU/Lb FT °F)		
THERMAL CONDUCTIVITY (BTU/HR FT °F)		
VISCOSITY (Cp) AT TWO TEMPERATURE	CP @ °F	Cp @ °F
	CP @ °F	CP @ °F
ALLOWABLE PRESSURE DROP (PSI)		
OPERATING PRESSURE (PSIG)		
DESIGN PRESSURE (PSIG)		
DESIGN TEMPERATURE (°F)		

NOZZLE MATERIAL	☐ 304 SS	☐ 304 SS
	☐ 316 SS	☐ 316 SS
	☐ TITANIUM	☐ TITANIUM
	OTHER:	OTHER:

PLATE MATERIAL	☐ 304 SS
	☐ 316 SS
	☐ TITANIUM
	OTHER:

GASKET MATERIAL	☐ EPDM
	☐ NITRILE
	OTHER:

* PHYSICAL PROPERTIES REQUIRED FOR UNCOMMON FLUIDS ONLY

اطلاعات و مشخصات مورد نیاز در طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

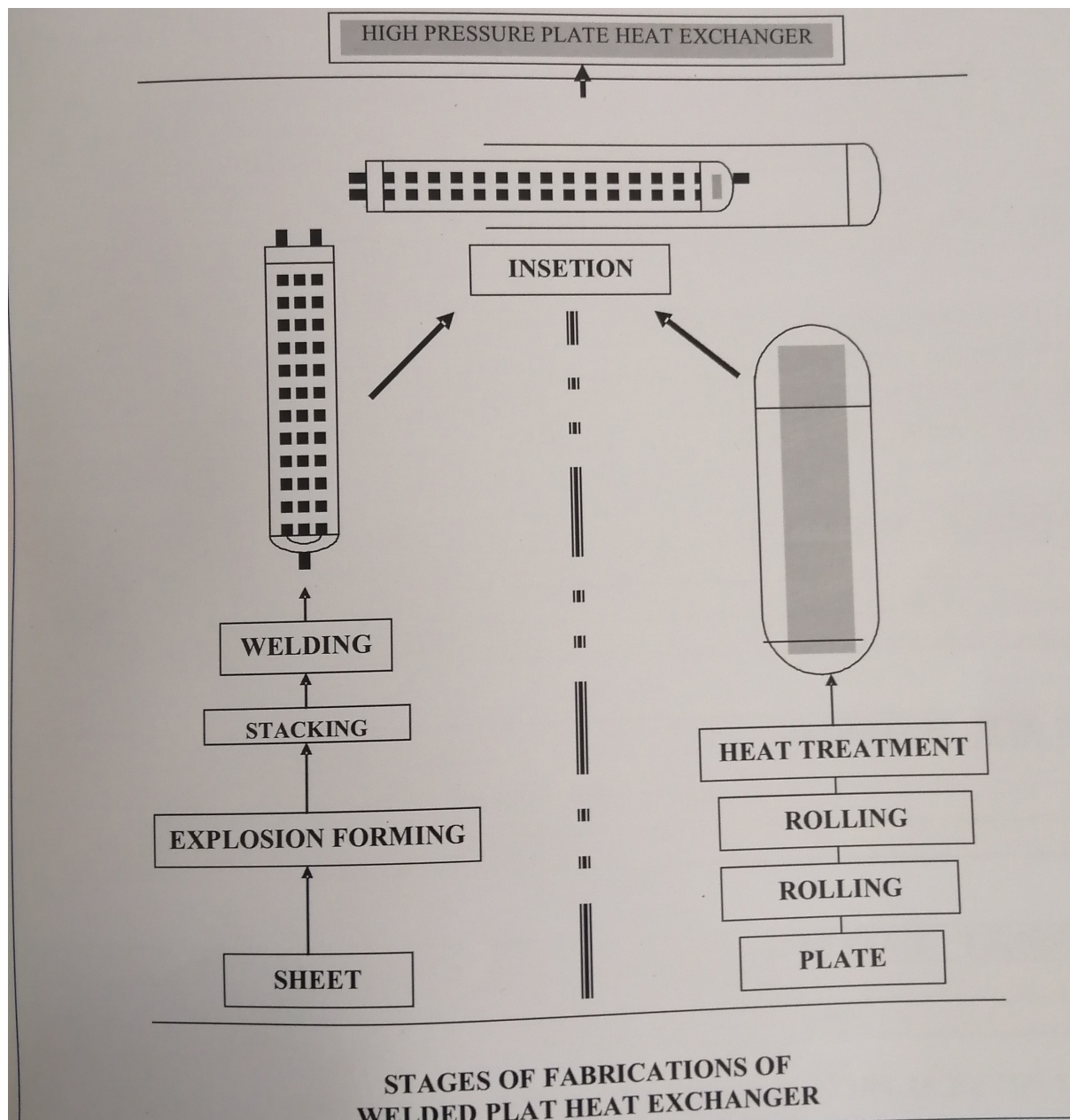
تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می‌باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.



حرفه‌ای باش!

به مدت حدود ۴ تا ۶ ساعت ماده شیمیایی را با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد درون مبدل به گردش درمی‌آورد؛ و در مدت شستشو مقدار PH با نمایشگر مخصوص کنترل شده و از

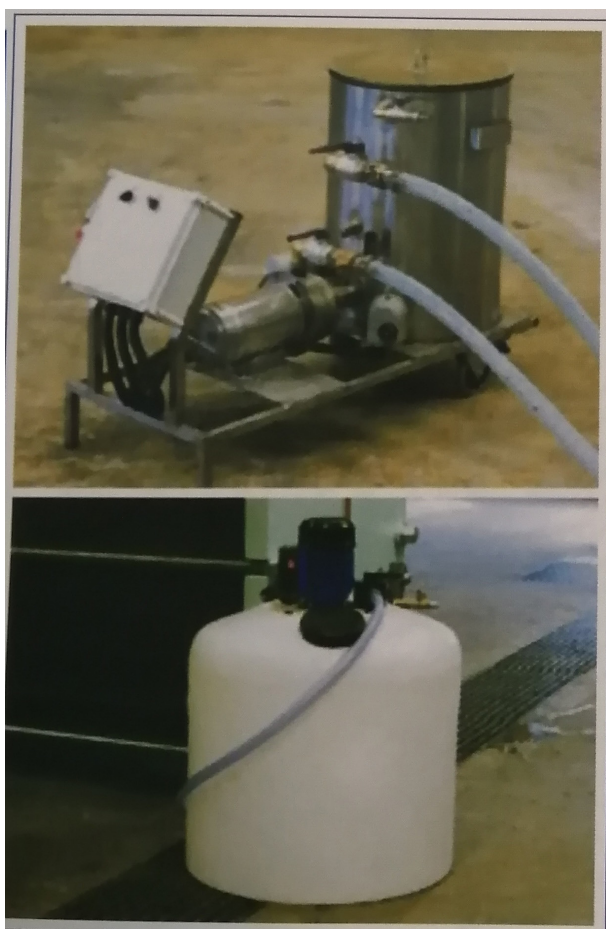
دستگاه با استفاده از لوله و فلنج به ورودی و خروجی مبدل اتصال داده می‌شود و از مخزن با ظرفیت ۱۰۰ لیتر، پمپ، دستگاه تنظیم حرارت و اتصالات تشکیل شده است. پمپ



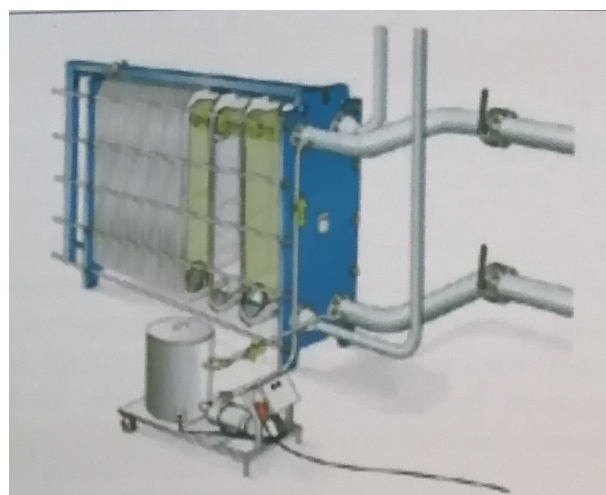
نباید بالا برود.

در مواردی که سطح رسوب بر روی صفحات زیاد باشد جهت افزایش راندمان عمل، بار دوم جریان را برعکس در مبدل می‌چرخانند. بعد از پایان شستشوی شیمیایی، ماده شیمیایی تخلیه و از آب جهت شستشو استفاده می‌کنند. وقتی PH پس مانند آبکشی به ۵ رسید، عمل تمیز کردن تمام می‌شود.

ماده شیمیایی نه تنها جهت از بین بردن رسوبات مربوط به کلسیم، اکسید مس مناسب بوده بلکه جهت از بین بردن خزه، جلبک و باکتری نیز بکار می‌رود.



دستگاه شستشو در محل Cleaning in Place



مبدل حرارتی با دستگاه شستشودهنده