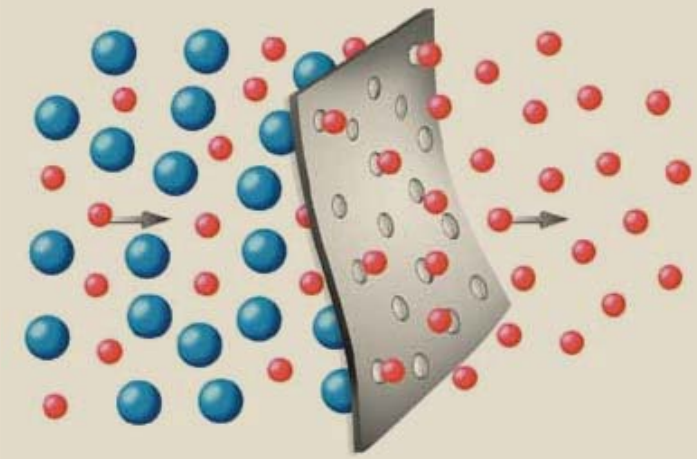
اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE



فناوری جداسازی سیالات و ذرات جامد در صنعت نفت و گاز

تهیه و تنظیم : مهندس صفار
ویرایش فنی : مهندس پورکریم

مقدمه

طی سالیان متمادی برای جداکردن موادجامد از مایعات و گازها از یکدیگر یا تفکیک مواد جامد با دانه‌بندی مختلف از روش‌هائی نظیر تقطیر، ماند، الک، توری یا صافی استفاده می‌شده است. بخشی از صافی‌ها مورد استفاده در صنعت نفت و گاز، دارای عملکردی شبیه همین صافی‌های می‌باشند. اما اگر از زاویه دیگری به بحث جداسازی نگاه کنیم، می‌بینیم یکی از اهداف اصلی پالایشگاه‌ها، جداسازی هیدروکربورهای مایع، آب، گازها، مواد جامد معلق ازیکدیگر و همچنین حذف ناخالصی‌هایی نظیردی‌اکسیدکربن، سولفورهیدروژن، جیوه و ... است. در پالایشگاه‌ها نفت یا گاز؛ لخته‌گیر Slug catcher، جداکننده‌های ۲ یا ۳ فازی (2 or 3 phase Separator)، شوینده‌ها (Scrubber)، برج عریان‌ساز (Stripping Column)، مخزن مایع‌گیر (Knockout drum)، برج تقطیر (Distillation column)، برج نم‌زدا (Dehydration Column)، قطره‌گیر (Line drip)، برج جداکننده دی‌اکسیدکربن، سولفیدهیدروژن، جیوه و ... و همچنین نمک‌زدائی (Desalting) در پالایشگاه‌های نفت و گاز جهت تفکیک و جداسازی به منظور خالص‌سازی گاز بکار می‌روند. علیرغم این‌همه تفاوت و گستردگی در عملکرد جداکننده‌ها، پایه تئوری همه این سیستم‌ها مشابه بوده و بر پایه اصول ساده فیزیکی ذیل بنا شده‌اند:

۱- اختلاف در نقطه جوش و میعان سیال پایه جداسازی در برج تقطیر می‌باشد.

۲- جذب آب، جیوه و... توسط مواد جاذب پایه ساخت برج‌های نم‌زدا، حذف جیوه و ... می‌باشد.

۳- تفاوت در وزن مخصوص (Gravity)، تفاوت اندازه حرکت مایع و گاز (Primary Separation-by momentum) پایه جداسازی در جداکننده‌های فازی می‌باشند.

۴- تجمیع قطرات (Coalescing) وتشکیل ذرات بزرگتر یا پیوستگی قطرات ریز سیال و تشکیل قطره‌های بزرگتر (Liquid collecting) از روش‌های مورد استفاده در جداسازی گاز از مایع یا مایع از مایع، می‌باشند.

با توجه به گستردگی مفهوم جداسازی در عمل تاریخچه روشنی از پیدایش صنعت جداسازی را نمی‌توان ارائه نمود، زیرا جداسازی و غربال مفاهیم عمومی می‌باشند که علاوه بر کاربردهای صنعتی در کاربردهای بسیار ساده خانگی نیز کاربرد دارد. در باب تاریخچه می‌توان گفت: در قرن اول میلادی ارشمیدس اقدام به تقطیر آب شور نموده است، همچنین در قرن پنجم قبل از میلاد، هرودوت در کتاب چهارم خود در باره چاه‌های نفت اطراف شوش در ایران باستان آورده است که:«...ازچاه موادنفتی را بیرون می‌آوردند و پس از بیرون آوردن در مخزنی می‌ریزند و پس از آن بخشی از مواد جدا شده و به مخزن دیگری ریخته می‌شود که درآنجا به سه گونه در می‌آید: یکی آسفالت است، دیگری نمک که به صورت جامد است و بخش سوم روغن که ایرانیان آن را رادیانس می‌نامند و بسیار سیاه و بد بو است.»، جابرابن‌حیان در قرن دوم هجری دستگاه تقطیر را اختراع و زکریای رازی در قرن نهم میلادی کروسین را از تقطیر نفت خام بدست آورده است. این ابداعات توسط ایرانیان صورت پذیرفته است و از فعالیت چین باستان، مصر و سایر تمدن‌های باستانی در این زمینه اطلاعاتی در دست نمی‌باشد. اما فعالیت پیوسته و متصل به انقلاب صنعتی را می‌توانیم به مطالعات و فعالیت‌های مقدماتی بر روی فیلترهای الکترواستاتیک به منظور جداسازی دود در حدود سال ۱۶۰۰ میلادی توسط W. Gilbert نسبت دهیم. از قرن ۱۷ تا ۲۰ میلادی کوشش‌هائی توسط دانشمندان مختلف نظیر B. Franklin انجام شد، اولین فیلتر الکترواستاتیک توسط F. Cottrell در سال ۱۹۰۶ میلادی به صورت تجاری برای جداسازی بخارات اسیدسولفوریک طراحی و ساخته شد. Dr. Müller از سال ۱۹۱۳ میلادی با تاسیس شرکت DrM در کشور سوئیس نقش زیادی در ساخت فیلترهای صنعت گاز با راندمان بالا دارد، از دیگر شرکت‌های پیشرو در صنعت فیلتر می‌توانیم به شرکت انگلیسی Peerless اشاره کنیم که از سال ۱۹۳۸ میلادی در این صنعت فعال می‌باشد. ama filter، Plenty، GE، Parker domnick hunter، cuno، Pall، American Filtration و شرکت‌های آلمانی GEA و Faudi و شرکت هلندی Facet Industrial و شرکت valvitalia از دیگر شرکت‌های فعال در زمینه تولید فیلترهای صنعت نفت و گاز محسوب می‌شوند. علاوه بر شرکت‌های اشاره‌شده ده‌ها شرکت معتبر دیگر به تولید انواع فیلتر مشغول می‌باشند، از طرف دیگر بازار فیلترهای صنعتی به غیر از حوزه نفت و گاز شامل صنایع غذائی، صنایع معدنی، صنعت سیمان و همچنین کاربردهای خانگی و خودروئی فیلترها نیز بسیار گسترده می‌باشد.

هدف از ارائه این مطلب بررسی همه جداکننده‌ها نیست و اساساً بررسی همه جداکننده‌ها در یک مبحث امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این مبحث در مجموع اشاره‌ای به انواع جداکننده‌هائی خواهیم داشت که در فرایند آنها از جداکنندگی بر حسب دمای میعان یا جوش استفاده نشده است. ضمن آنکه سعی خواهیم کرد برخی از اجزاء این سیستم‌ها را نیز به صورت مختصر بررسی نمائیم. انواع تجهیزات و سیستم‌های مورد بررسی را می‌توانیم به گروه‌های زیر تقسیم کنیم:

۱- انواع جداکننده ۲ و ۳ فازی افقی و عمودی و همچنین کروی که در صنعت نفت و گاز دارای کاربرد بسیار گسترده‌ای می‌باشند.

۲- انواع فیلترهای مورد استفاده در صنعت گاز

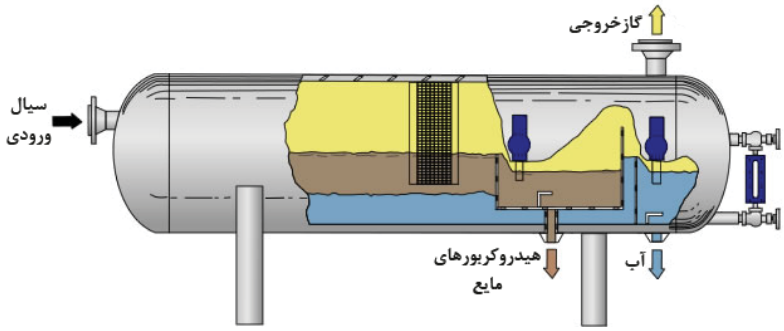
۳- انواع غربال‌ها یا صافی‌های مورد استفاده در فرایند وانتقال نفت‌خام و فرآوردهای نفتی

۴- لخته‌گیرها از نوع انگشتی در صنعت گاز

۵- سیستم‌های جداکننده آب از نفت/ روغن

جداکننده‌ها Separators

در جداکننده‌های ۲ یا ۳ فازی افقی یا عمودی اغلب فرایند جداسازی مبتنی بر گرانش و ماند سیال در مخزن می‌باشد و بیشتر اوقات این فرایند منتج به جداسازی دو سیال می‌شود که هر دو سیال قابل فرآورش می‌باشند. به عنوان مثال جداکننده ۲ فازی هیدروکربورهای مایع و گاز، در ابتدای مسیر فرآورش و پالایش فازمایع و فازگاز قرار گرفته‌اند. این تجهیز که به‌صورت گسترده‌ای در صنایع نفت و گاز به کار گرفته می‌شود در زمره جداکننده‌ها قرار دارد. اما در فیلترها معمولاً سیال عبورکرده از فیلتر در فرایند باقی می‌ماند و ماده جدا شده اغلب، ماده دورریختنی(ماده با ارزش پائین‌تر) محسوب می‌گردد. اصطلاح صافی می‌تواند ترجمه هر دو کلمه Strainer یا Filter باشد. اما به صورت دقیق‌تر، Strainer معادل غربال یا توری می‌باشد و عموماً از یک صفحه سوراخ‌دار یا بافت سیمی ساخته می‌شوند. از این تجهیز برای جداکردن ذرات معلق جامد درشت(مثلاً تا ۱۰۰ میکرون) استفاده می‌کنند. نوع ساده‌تری از این تجهیز وجود دارد که به آن توری (Screen) می‌گویند. از توری‌ها و بعضی غربال‌ها به صورت موقت در زمان راه‌اندازی تجهیزات استفاده می‌شود. اما فیلترها نسبت به غربال‌ها، تجهیزی پیشرفته‌تر محسوب می‌شوند و از آن برای جلوگیری از عبور ذرات ریز جامد یا جداکردن مایعات از گاز استفاده می‌شود.



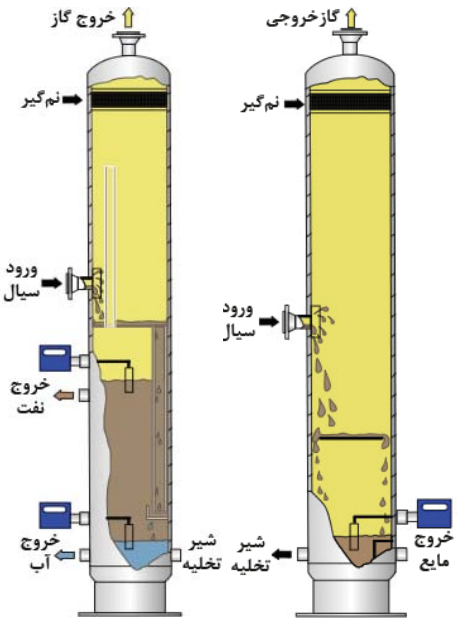
شکل ۱ : جداکننده ۳ فازی افقی

جداکننده افقی Horizontal Separator

از این نوع جداکننده برای جداسازی گاز با نسبت جرمی پائین، گاز به مایع (Low GOR[Gas Oil Ratio]) استفاده می‌شود. از این جداکننده به دلیل قدرت جداسازی بالا در بیشتر واحدهای بهره‌برداری نفت و گاز در دو نوع فشار پائین و فشار بالا طراحی و استفاده می‌شود. این نوع جداکننده در انواع ۲ و ۳ فازی و به صورت یک مخزنی (Single Barrel) و دومخزنی (Double Barrels) طراحی می‌شوند.

جداکننده عمودی Vertical Separator

از این نوع جداکننده عموماً برای جداسازی گاز با نسبت جرمی بالای، گاز به مایع (High GOR) یا برای مدت اقامت کوتاه مایع استفاده می‌شود. سطح تماس سیال در جداکننده‌های عمودی در مقایسه با نوع افقی کمتر می‌باشد. در این نوع جداکننده به دلیل سطح تماس کم، ظرفیت جداسازی پائین می‌باشد. این نوع جداکننده فضای کمتری اشغال می‌کند، کنترل سطح مایع در آن آسان است و فضای مناسب برای ته نشین شدن ذرات جامد احتمالی در آن وجود دارد. لذا در مواردی‌که به ظرفیت بالا نیاز نباشد، انتخاب این نوع جدا کننده مناسب می‌باشد. این نوع جداکننده در انواع ۲ و ۳ فازی با فناوری‌های مختلف طراحی می‌شوند. در شکل ۲ یک نمونه جداکننده ۲ و یک نمونه جداکننده ۳ فازی را مشاهده می‌نمائید.



شکل ۲ : جداکننده ۲ و ۳ فازی عمودی

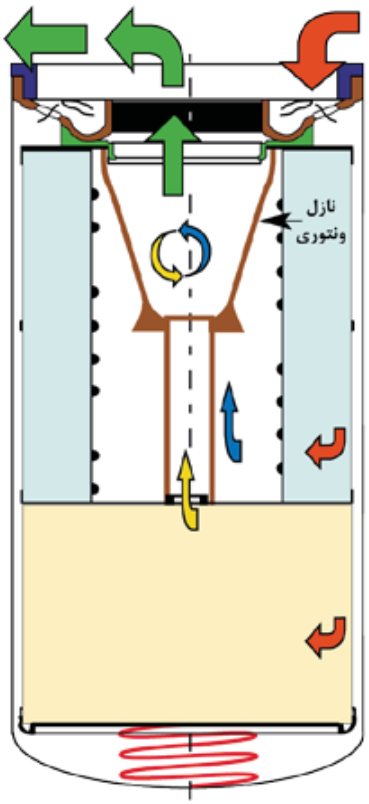
جداکننده کروی Ball Separator

اصل جداسازی در این نوع از جداکننده‌ها، مشابه انواع جداکننده افقی و عمودی می‌باشد. در گذشته از این نوع جداکننده استفاده زیادی می‌شده است. اما به دلیل توسعه فناوری ساخت جداکننده‌های افقی و عمودی و همچنین وجود برخی معایب در این نوع از جداکننده به تدریج استفاده از آن محدود شده است.

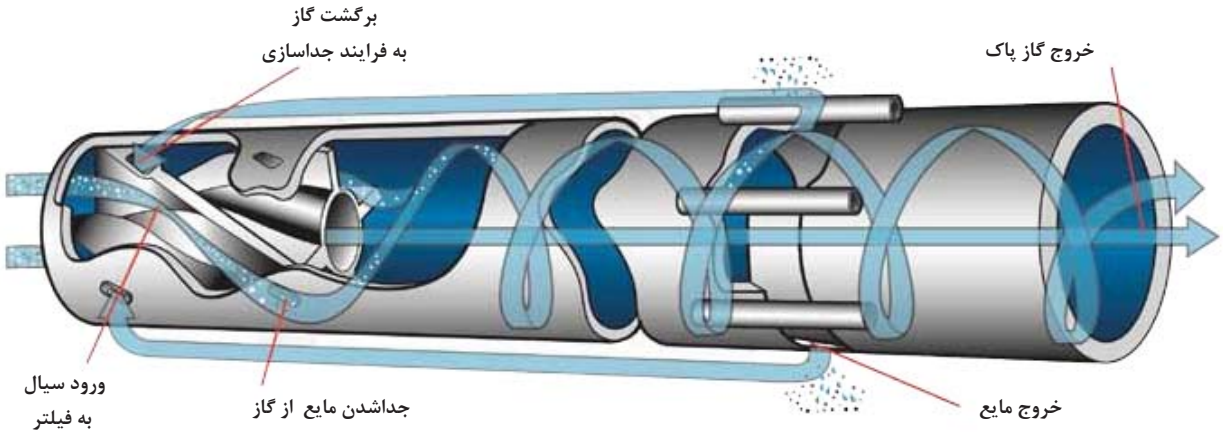
در این جا لازم است به پارامترهای مهم در انتخاب یک جداکننده اشاره کنیم: برای انتخاب یک جداکننده ظرفیت، فشار و دمای عملیاتی، زمان ماند (Retention time) و امکان جداکردن نفت‌های تولید کننده کف (Foamy crude) ، فضای موجود جهت نصب و تعمیرات دارای اهمیت می‌باشند.

جداکننده ونتوری Venturi Separator

لوله ونتوری به کانال یا مجرای جریان سیالی گفته می‌شود که در گلوگاه کمترین سطح مقطع را داشته باشد و سپس مقطع افزایش یابد. مکانیزم کار جداکننده‌های ونتوری در این است که مشابه جداکننده‌های گریزازمرکز، با وارد کردن نیروهای اضافه به سیستم، به هم‌پیوستگی قطرات مایع همراه جریان گاز را افزایش می‌دهند. در اینجا برای تشکیل قطرات به هم پیوسته مایع از مکانیزمی برای افزایش شتاب خطی گاز از میان مسیر جریان محدود شده با یک سیال محرک (Motive) استفاده می‌شود.



شکل ۳ : جداکننده از نوع ونتوری

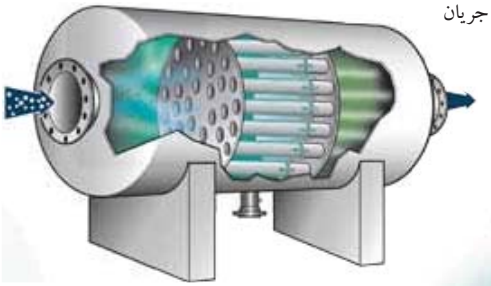


شکل ۴ : فیلتر Swirl tube از خانواده فیلترهای سانتریفیوژ، فیلتر با قطر۲۵۰۰ میلیمتر ساخت Peerless می‌تواند روزانه تا ۳bcf گاز را تصفیه نماید.

جداکننده‌های سانتریفیوژ Centrifugal Separator

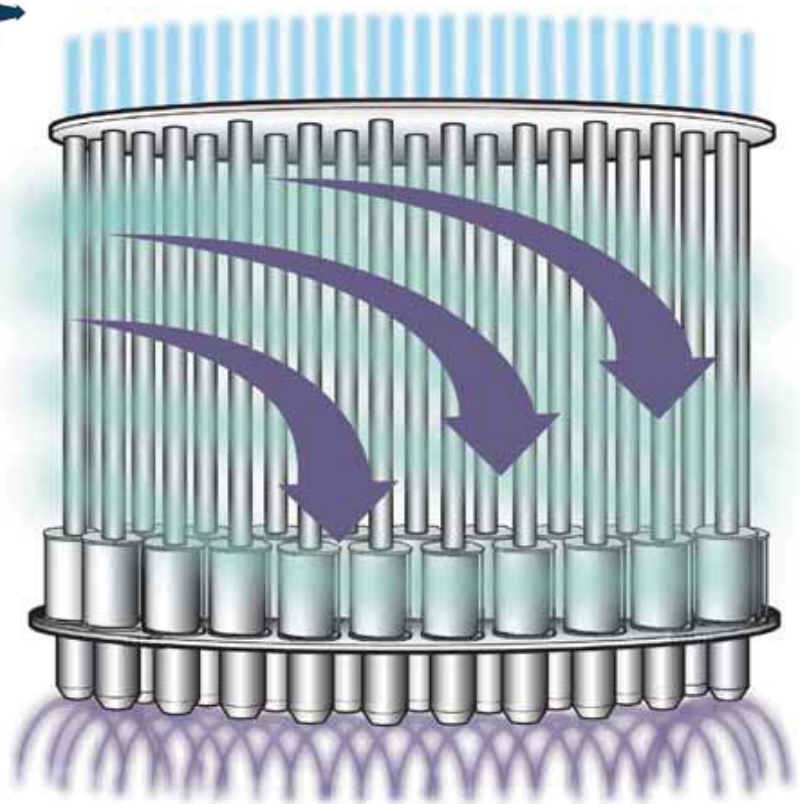
جداکننده‌هـای سـانتریفیوژ در واقع همـان جداکننده‌های اسـتوانه‌ای سـیکلونی (Cylindrical Cyclone Separators) می‌باشـند که جداسـازی دو فاز در اثر نیروی گریز از مرکز انجام می‌شود. نیروی گریز از مرکز می‌تواند در محدوده‌ی ۵ برابرنیروی وزن برای جداکننده‌های قطر بزرگ و تا محدوده‌ی ۲۵۰۰ برابر نیروی وزن برای جداکننده‌های فشـار بالا با قطر کوچک باشـد. این موضوع باعث شـده است یک فیلتر با اندازه کوچک بتوانـد حجم زیادی از گاز را فیلتر نماید. به عنوان مثال یک فیلتـر Multi Cyclone Scrubber مخصوص خط انتقال گاز با قطر ۲۰۰۰ میلیمتر بتواند روزانه ۲/۵bcf گاز را فیلتر نماید. در حقیقت نام‌گذاری این نوع فیلتر به نام سـانتریفیوژ یا Cyclone به دلیل حرکت چرخشـی سـیال در داخل فیلتر می‌باشـد. ممکن است سرعت جریان چرخشی به چندین برابر سرعت جریان ورودی افزایش یابد.

علیرغم مزایای این نوع فیلتر به دلیل ایجاد افت فشار و همچنین حساس بودن فیلتر به شدت جریان ورودی در عمـل اسـتفاده از ایـن نوع فیلتـر در صنعـت گاز به محل‌هائی محدود شـده که دارای شدت جریان ثابت می‌باشـند. یکی از کاربردهای اصلی این فیلتر، تصفیه گاز در ایسـتگاه‌های کاهـش یا افزایش فشـار گاز و ایستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار گاز می‌باشد.



شکل ۶ : Cyclone separaretor از نوع افقی

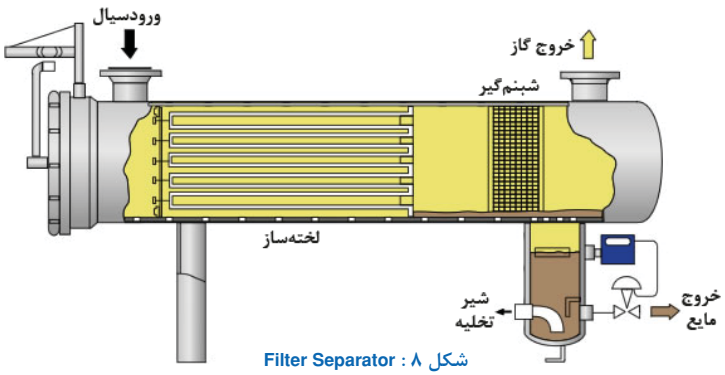
شکل ۷ : Cyclone از نوع عمودی



شکل ۵ : Cyclone شامل تعدادی لوله با قطر کوچک(۲ یا ۴ اینچ) به صورت موازی ساخت Peerless می‌تواند روزانه حجم زیادی از گاز را تصفیه نماید.

فیلترهای جداکننده Filter Saparators

از فیلترهای جداکننده برای جداکردن فازهای مختلف سیال و همچنین ته‌نشینی حجم زیاد ذرات جامد همراه گاز استفاده می‌شود. غالباً در ادامه فرایند لازم است باقی‌مانده مایع و همچنین ذرات ریزجامد از فاز گاز جدا شوند. در این مرحله جداکننده‌های فازی ، راندمان کافی را نداشته یا اساساً نامناسب می‌باشند. فیلترها برای جداکردن مایع باقی‌مانده[باحجم کم] و همچنین جداسازی ذرات ریز جامد، مناسب و کارآمد می‌باشند. در اینجا باید دقت نمود در کتاب‌های مرجع نفت و گاز اصطلاح Filter Separator به مفهوم: «فیلترهای جداکننده از دو بخش تشکیل شده‌اند، بخش اول شامل المان تجمیع قطرات Coalescing element می‌باشد. وظیفه این بخش ایجاد قطرات بزرگ مایع[آب] از بهم آمیختن قطرات ریز می‌باشد. بخش دوم، از نم‌گیرپره‌ای (Vane) یا Mist Eliminator تشکیل شده‌است. وظیفه این تجهیز جداکردن این قطرات از جریان گاز می‌باشد. قطرات جدا شده به سمت مخزن تحتانی[یا Boot] جداکننده هدایت می‌شوند.» می‌بینیم که فیلترجداکننده، در عمل یک جداکننده به همراه بخش لخته‌ساز می‌باشد. در شکل ۸ ، یک‌دستگاه فیلترجداکننده شامل نم‌گیر از نوع سیمی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸ : Filter Separator

فیلتر Filter

در صنعت گاز برای جداکردن، قطرات ریزتر، غبار و همچنین ذرات ریز جامد از تجهیزی استفاده می‌شود که مشخصاً «فیلتر» نامیده می‌شود. از این تجهیز علاوه بر صنعت گاز به صورت بسیار گسترده در سایر صنایع و در تجهیزات صنعتی و غیر صنعتی استفاده می‌شود. از نظر تئوری فیلتر صفحه‌ای[یا بافته‌ای] یک لایه یا چند لایه با سوراخ‌های[شیارهای]بسیار ریز می‌باشد که جلوی عبور ذرات ریز جامد و قطرات مایع را می‌گیرد. اما در عمل این صفحه دارای ویژگی‌های متعددی باشد تا بتواند در فرایندگاز استفاده گردد. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از: امکان عبور حجم زیاد گاز در حالیکه ابعاد آن در حد مناسب باقی بماند، دوام فیلتر یا امکان تعویض قسمت‌های مصرفی، امکان استفاده در فشار بالا یا دمای بالا و ... ، وجود شرایط ذکرشده باعث شده تا طراحی و ساخت فیلترهای صنعت نفت و گاز نیاز به دانش‌فنی و فناوری بالا داشته باشد. به همین دلیل شرکت‌ها مختلف صاحب دانش‌فنی ساخت فیلترهای صنعت گاز نظیر Peerless, GEA, Plantey, Sulzer, GE,... هرکدام در طراحی و ساخت فیلتر از روش‌های ابداعی، فلزات و مواد اختصاصی استفاده می‌کنند. علیرغم پیشرفته بودن فناوری ساخت فیلتر، اما اصول حاکم بر طراحی فیلترها ساده می‌باشد و مبتنی بر ساخت المانی است که مجراهای آن در حد عبور گاز[هوا یا هر سیال موردنظر دیگر] بوده و از این مجراها ذرات جامد یا قطرات مایع[آب] نتوانند عبور نمایند. ساده‌ترین نوع فیلتر، فیلترهایی هستند که المان اصلی آنها از جنس کاغذ می‌باشد. از این فیلترها به صورت گسترده در تصفیه هوا[بنزین و روغن] دراتومبیل‌ها استفاده می‌شود. علاوه بر کاغذ(Paper) از نمد(Felt) ، پشم تنیده شده(Spin fleece) ، اجسام متخلخل (Porous solid body) نظیر ته‌مانده‌های ذوب آهن یا گدازه‌های آتشفشانی، در ساخت صفحات یا بافت استفاده نمود. علاوه بر مواد اشاره شده همچنین می‌توان از فیبرهای مصنوعی(پلیمر) نظیر پلی‌استر(Polyester)، Polyphenylensulfid ، Polytetrafluorethylene) و ... فیبرهای سرامیک(Ceramic) ، فایبر گلاس(Glass fiber) ، فیبرکربن (Carbon fibre) ، فوم (Foam)، Fibers/sintered compact ، فلزات نظیر فولاد، برنز، ... استفاده کرد. در ساخت فیلترها علاوه بر مواد مختلف از فناوری‌های اختصاصی و غیر اختصاصی متفاوتی استفاده می‌شود که در قیمت و کیفیت تاثیر دارند. عملکرد مجموعه فیلترهای طراحی شده از چند روش‌ها مشخص پیروی می‌کنند در ادامه برای ایجاد فضای فکری مناسب تعدادی از این روش‌ها را معرفی می‌کنیم:

روش‌های جداسازی Separation Procedure

همانگونه که قبلاً هم اشاره کردیم پایه جداکردن و فیلتراسیون اصول ساده فیزیکی و مکانیکی می‌باشند. در اینجا لیستی از روش‌های جداسازی را ارائه می‌کنیم، شایان ذکر است برخی از روش‌ها ممکن است همزمان در یک سیستم مورد استفاده قرارگیرند. به عنوان مثال جداسازی بر پایه گریزازمرکز، هم متاثر از وزن ذرات است و هم متاثر از اینرسی ذرات، لذا این لیست را می‌توان با تقسیم‌بندی‌هی دیگری نیز ارائه نمود.

۱» جداکردن حرارتی Thermal Separation

جداسازی مبتنی بر حرارت، پایه طراحی برج‌های تقطیر، واحدهای تولید نیتروژن و... می‌باشد. البته به دلیل اینکه جداسازی مکانیکی در دماهای بالا[یا دمای خاصی] بهتر صورت بگیرد، در برخی فرایندها ازگرم‌کن‌های غیر مستقیم (Indirect Heater) برای جداسازی بهتر و سریع درجداکننده‌ها استفاده می‌شود. جداسازی حرارتی شامل جداکردن با استفاده نقطه‌ذوب (Fusing point) ، نقطه‌جوش (Boiling point) و میعان (Liguefication) می‌باشد. گرما درخشک‌کردن(Drying) یا تبخیر(Vaporization) نیز به منظور جداسازی نقش دارد.

۲» جداکردن مکانیکی Mechanical Separation

- اینرسی ذرات Particle inertia

جداکننده‌های سایکلون(Cyclonic) از اینرسی ذرات[به اضافه وزن ذرات] بهره می‌برند. از این خاصیت در ساخت سانتریفیوژ برای غنی‌سازی اورانیوم (Uranium enrichment) با توجه به اختلاف وزن میان اورانیوم U^{235} و U^{238} نیز استفاده می‌شود.

- چگالی Density

ته‌نشینی Sedimentation ذرات جامد ، Gravity separation و شناورسازی(Flotation) جداکننده‌هائی می‌باشند که بر پایه چگالی و تفاوت وزن ذرات ساخته می‌شوند.

- اندازه ذرات Particle size

صافی‌ها و اغلب فیلترها و همچنین فرایند غربال مولکولی Molecular Sieve و فیلترغشائی Membrane filter از این خاصیت استفاده می‌کنند. Nano filtration, Ultra filtration, Micro filtration, Reverse osmosis, dialysis انواع مرسوم فیلتراسیون می‌باشند. لخته‌سازی(Flocculation) و تولید ذرات با اندازه بزرگتر اصل پایه ساخت Coalescer یا سیستم‌های تصفیه آب و Clarifierها می‌باشد.

- مغناطیس شوندگی Magnetizability
- خواص الکتریکی Electrical mobility

برای تصفیه هوا و یا حذف غبار در فرایندهای خاص از خاصیت الکترواستاتیک برای باردارکردن این غبارهای ریزو جداکردن آنها از هوا استفاده می‌شود.

۳» سایر روش‌ها

قابلیت حل شدن (Solubility) روش جداسازی دیگری است که در ساخت دستگاه‌های Chromatography کاربرد دارد. بیوفیلترها ازجدیدترین انواع فیلتر می‌باشند که در جداسازی آمونیاک، دی‌اکسیدکربن، نیترات و... کاربرد دارند.

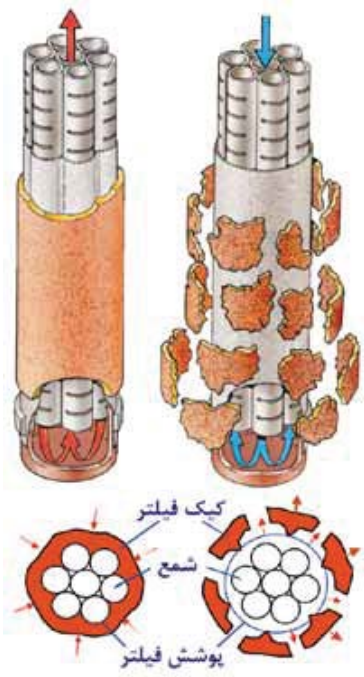
فیلتر فشاری Filter press

این فیلتر بیشترین کاربرد در صنایع مختلف را دارا می‌باشد و در قرن ۱۹ میلادی ساخته و توسعه داده شده است. فیلترهای فشاری را همچنین با نام Chamber Filter Press نیز می‌شناسند. این فیلتر از یک یا تعدادی لایه از جنس کاغذ یا دیگر مواد اشاره شده در قسمت قبل ساخته می‌شود. مجموعه المان فیلتر به شکل مناسب کاربرد آن و اغلب به صورت استوانه‌ای تهیه و در داخل یک محفظه از جنس فولادضد زنگ یا جنس مناسب دیگر پرس می‌شود، دلیل انتخاب نام «فیلترفشاری» نیز همین موضوع می‌باشد. این نوع فیلتر غالباً برای جداسازی ذرات جامد از گازها[هوا] یا مایعات[بنزین، گازوئیل، روغن و ...] کاربرد دارد. در دوره کارکرد به تدریج لایه‌ای از مواد جامد سطح فیلتر را می‌پوشاند. این لایه که کیک فیلتر (Filter cake) نامیده می‌شود باعث کاهش عبور سیال از فیلتر می‌شود. در بیشتر فیلترها می‌توان المان فیلتر را به وسیله جریان معکوس هوا یا وارد کردن ضربه‌های ضعیف تمیز کرد. تعداد کمی از فیلترها دارای مکانیزم تمیزکردن کیک فیلتر به صورت خودکار می‌باشند. به هرحال پس از یک دوره مطابق توصیه شرکت سازنده فیلتر باید المان فیلتر را تعویض نمود. برخی از انواع این فیلتر امکان تعویض المان فیلتر را داشته و برخی دیگر مجموعه فیلتر شامل المان و محفظه فیلتر به صورت یکبار مصرف تولید شده و به صورت کامل تعویض می‌گردند. در برخی از انواع فیلترهای هوا، ازموادجاذب نظیرکربن‌فعال برای حذف بو نیز استفاده می‌شود. در این مبحث ما قصد بررسی بیشتر این نوع فیلتر را نداریم و در ادامه به صورت مشخص به بررسی فیلترهای مورد استفاده در صنعت نفت و گاز خواهیم پرداخت.

شکل ۹ : انواع فیلترفشار

صافی شمعی Candle Filter

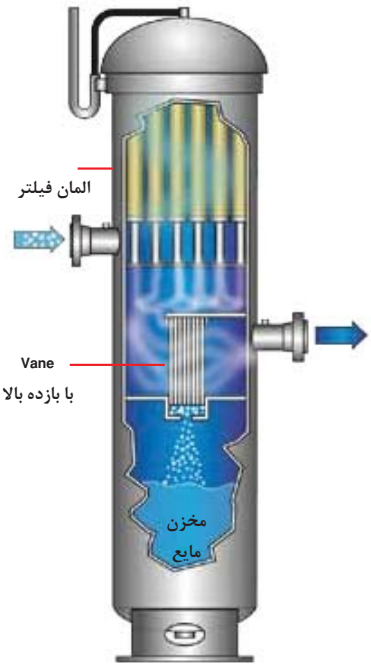
از این نوع صافی برای پاکسازی گاز و مایع مخازن استفاده می‌شود. شکل ۱۰ داخل نوعی فیلتر شمعی ساخت DrM با نام تجاری ®FUNDABAC را نشان می‌دهد. این فیلتر از سیستم احیاء المان فیلتر (Filter element) بهره می‌برد. در طی سیکل فیلتراسیون، ذرات جامد معلق در گاز به تدریج در سطح بیرونی المان فیلتر رسوب کرده و کیک فیلتر (Filter cake) را تشکیل می‌دهند. با توجه به میزان ذرات جامد همراه گاز پس از مدتی فشار داخل فیلتر افت کرده و راندمان پائین می‌آید، در این هنگام المان فیلتر باید احیاء(بازیافت) شود. در مرحله بعد فیلتر وارد سیکل شستشو (Cack washing) می‌شود. در این سیکل به وسیله مایع ذرات جامد لخته شده(کیک فیلتر) در اطراف المان فیلتر شسته می‌شود. در مرحله سوم فیلتر وارد سیکل (Cake drying) می‌شود. در این مرحله المان شسته شده به وسیله جریان گاز، بخار، نیتروژن یا هوای داغ، خشک می‌شود. این نوع فیلتر غالباً در صنعت تولید اسید نظیر تولید اسیدسولفوریک و اسید فسفریک، اسیدهیدروکلریک، کارخانه‌های تولید کودهای شیمیائی نیترات آمونیوم و اوره و همچنین تولید هوای فشرده یا برای جلوگیری از ورود رطوبت به تجهیزات بزرگ روتاری نظیر توربین یا کمپرسورها استفاده می‌شود. با استفاده از این فیلتر و استفاده از Mist eliminator مناسب می‌توان به حذف ذرات تا کمتر از یک میکرون دست یافت.



شکل ۱۰ : Candle filter

صافی‌های خاص Special Filters

در صنعت نفت و گاز همواره شرکت‌هائی وجود دارند که بخش‌های تحقیق و توسعه(R&D) آنها و همچنین تجربه‌های کسب شده توسط آن شرکت‌ها دارای اعتبار ویژه‌ای می‌باشد. این اعتبار به شکلی است که نوآوری‌های این شرکت‌ها پس از مدتی به عنوان کدهای جدید استاندارد از سوی موسسات متولی تهیه استاندارد تائید شده و منتشر می‌گردد یا در تهیه استانداردها مورد استناد قرار می‌گیرند. در صنعت نفت و گاز تجارب شرکت‌های Exxon mobil ، Shell، JJC, Schlumberger, ConocoPhillips, ... در حوزه پیمانکاری عمومی و تجارب شرکت‌های Siemens، ABB, ... ،Yokogawa و Honywell درحوزه سیستم کنترل یا تجارب شرکت‌های UOE، Axens, Uhde, Johnson Matthey, ... در فرایند نفت و گاز دارای این جایگاه ویژه می‌باشند. در صنعت ساخت فیلتر و تجهیزات جداکنندها نیز شرکت‌هایی متعددی نظیر DrM, Peerless, Plentyfilteration, ... تولیدات آنها با توجه به پشتوانه بسیار قوی علمی و تجربی از جایگاه با اهمیتی برخوردار می‌باشند. البته شرکت‌های دیگری نیز در این حوزه دارای اعتبار می‌باشند. به همین دلیل در این مبحث علاوه بر استفاده از اطلاعات سایت و مستندات این شرکت‌ها، عکس‌های ارائه شده نیز مربوط به تولیدات شرکت‌های یاد شده می‌باشند. شکل ۱۱ نیز یک دستگاه فیلترجداکننده ساخت شرکت Peerless را نشان می‌دهد.



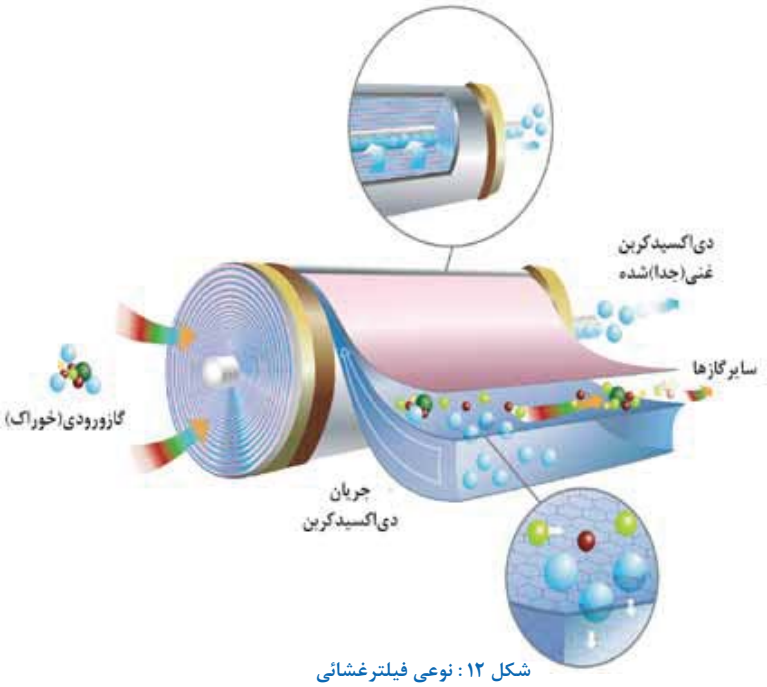
شکل ۱۱ : Candle filter

جداکننده غشائی Memberance filters

فناوری جداسازی غشایی یکی از روش‌های مناسب جداسازی است که به سرعت در حال رشد بوده و به طور وسیعی در سیستم‌های مایع- مایع و مایع- جامد به کار گرفته می‌شود. در طول نیم قرن گذشته انواع فرایندهای جداسازی غشایی گسترش و توسعه یافته‌اند و فرایندهای جدیدی از آزمایشگاه‌های دولتی، صنعتی و دانشگاهی پا به عرصه علم گذاشته‌اند. درپی کشف غشاهای پلیمری نامتقارن در اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی توسط لوئب (Sidney Loeb) وسوریراجان (Srinivasa Sourirajan)، این کشف، پیشرفت فناوری جداسازی غشائی را کاملاً تحت تاثیر خود قرارداد و زمینه‌ساز ایجاد کاربردهای صنعتی گردید، در پی این کشف، اولترافیلتراسیون (Ultrafiltration) و اسمزمعکوس (Reverse osmosis) دردهه ۱۹۶۰ میلادی به سرعت رشد نمودند. البته روش‌های دیگر نظیر Microfiltration درسال ۱۹۳۵ میلادی توسط پروفسور آلمانی Richard Adolf Zsigmondy اختراع گردید و نمونه تجاری آن نیزچند سال بعد توسط شرکت Sartorius GmbH ساخته شد اما تولید و استفاده جدی از این روش نیز به اواسط دهه ۱۹۷۰ میلادی بر می‌گردد. در دهه ۱۹۴۰ میلادی در ایالات متحده آمریکا واحدهای غشایی بسیار زیادی برای جداسازی ایزوتوپ‌های اورانیوم به وسیله نفوذ گاز راه‌اندازی گردید، اما محصولات این واحدها غالباً کاربرد نظامی پیشرفته داشتند و تا سال‌ها اطلاعات و مدارک این فعالیت‌ها محرمانه تلقی می‌گردیدند.

با توسعه و گسترش غشاهای پلیمری مرکب در دهه ۱۹۷۰ میلادی، جداسازی تجاری اجزا گازی امکان پذیر گشت. اولین کاربرد جداسازی غشایی گازها در مقیاس صنعتی مربوط به بازیابی هیدروژن در واحدهای آمونیاک است. سایر کاربردهای جداسازی گازها به کمک غشا که به خوبی شناخته شده‌اند عبارتند از: جداسازی اکسیژن و نیتروژن و همچنین جداسازی دی‌اکسیدکربن از گاز طبیعی، استفاده صنعتی از سیستم‌های غشا برای دفع گازهای اسیدی از گاز طبیعی در سال ۱۹۸۴ میلادی و با نصب واحد «ساکروک» به وسیله شرکت «سینارا» یکی از شرکت‌های تابع «داو» آغاز شد و در حال حاضر حتی در مواردی بر فرایند آمین که فرایند غالب در شیرین‌سازی گاز طبیعی است ترجیح داده می‌شود .

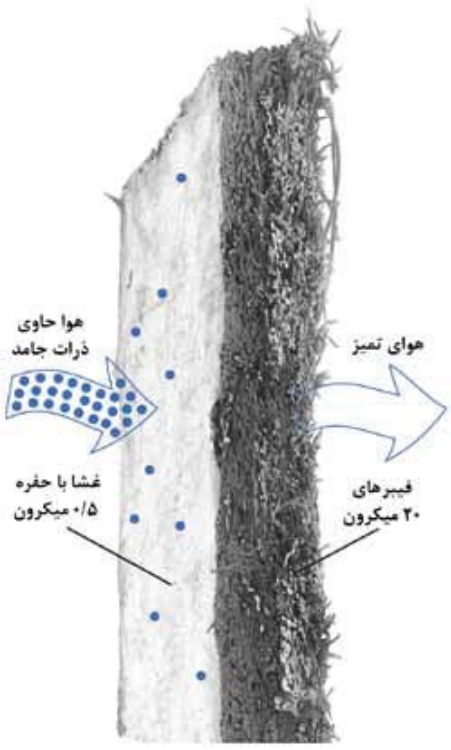
تراوش‌پذیری بخار و فرایند تراوش تبخیری را شاید بتوان آخرین فرایندهای جداسازی غشایی دانست که به صورت تجاری وارد بازار رقابت با سایر واحدهای رایج در بسیاری از کاربردهای صنعتی گردیده‌اند. اولین واحد غشایی تراوش تبخیری در مقیاس بزرگ، در سال ۱۹۸۵ میلادی و در آلمان شروع به کار کرد. واحد دیگری نیز بلافاصله در کشور فرانسه راه‌اندازی شد. هر دو واحد فوق‌الذکر در



شکل ۱۲ : نوعی فیلترغشائی

حال حاضر برای آبزدایی از الکل ۹۴ درصد بهره می‌برند. به دلیل هزینه پائین و تولید محصول با کیفیت مناسب، این استفاده از این روش به سایر کشورها نیز گسترش یافته است. استفاده از فیلترهای غشائی در صنعت آب و همچنین تصفیه هوا نیز گسترش فراوانی داشته است. از کاربردهای خوش آتیه در سال‌های آینده هم می‌توان به غشاهای «انتقال تسهیل شده» و راکتورهای غشایی کاتالیستی اشاره کرد که در حال حاضر مقالات زیادی در این زمینه‌ها منتشر شده‌است و به تدریج شرکت‌های بزرگ به سرمایه‌گذاری وتوسعه استفاده از این روش‌ها در فناوری ساخت فیلتر، روی می‌آورند. هزینه پائین، عملیات آسان، مصرف انرژی پایین، اندازه و وزن مناسب و دلایل دیگر باعث شده است که فرایند جداسازی غشایی گازها قابل رقابت با دیگر فرایندهای جداسازی باشد. پیشرفت در رفع معایب فنی این فرایند و به ویژه ساخت غشاهای مناسب باعث شده است که این فرایند هر روز کاربرد بیشتری پیدا کند. از کاربردهای عملیاتی شده و مهم جداسازی غشایی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

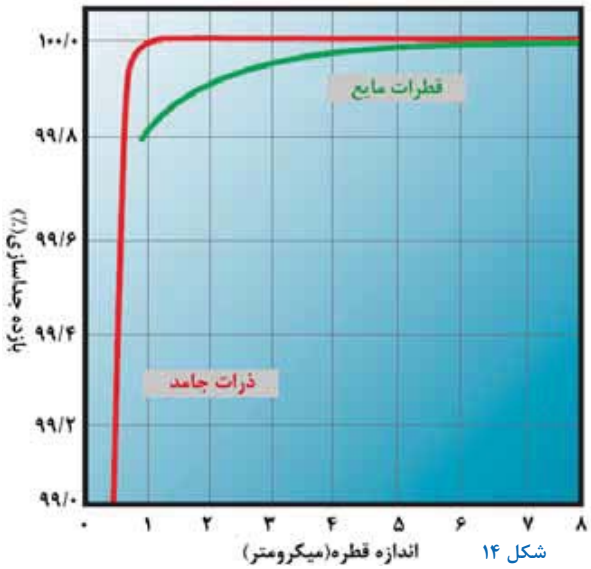
۱- جداسازی هوا و تولید نیتروژن
۲- تغلیظ اکسیژن در هوا
۳- بازیابی هیدروژن در پالایشگاه‌ها و همچنین واحدهای آمونیاک
۴- جداسازی دی‌اکسیدکربن از گازطبیعی
۵- جداسازی سولفید هیدروژن از گازطبیعی
۶- نم‌زدائی و آب‌زدایی از گازطبیعی و تنظیم نقطه شبنم گازطبیعی
۷- جداسازی الفین‌ها از پارافین‌ها
۸- دفع هیدروکربن‌های سنگین توسط غشا
۹- فیلتراسیون و پالایش،گازهای تولیدی درفرایند ازدیاد برداشت نفت



شکل ۱۳ : یک نمونه غشاء

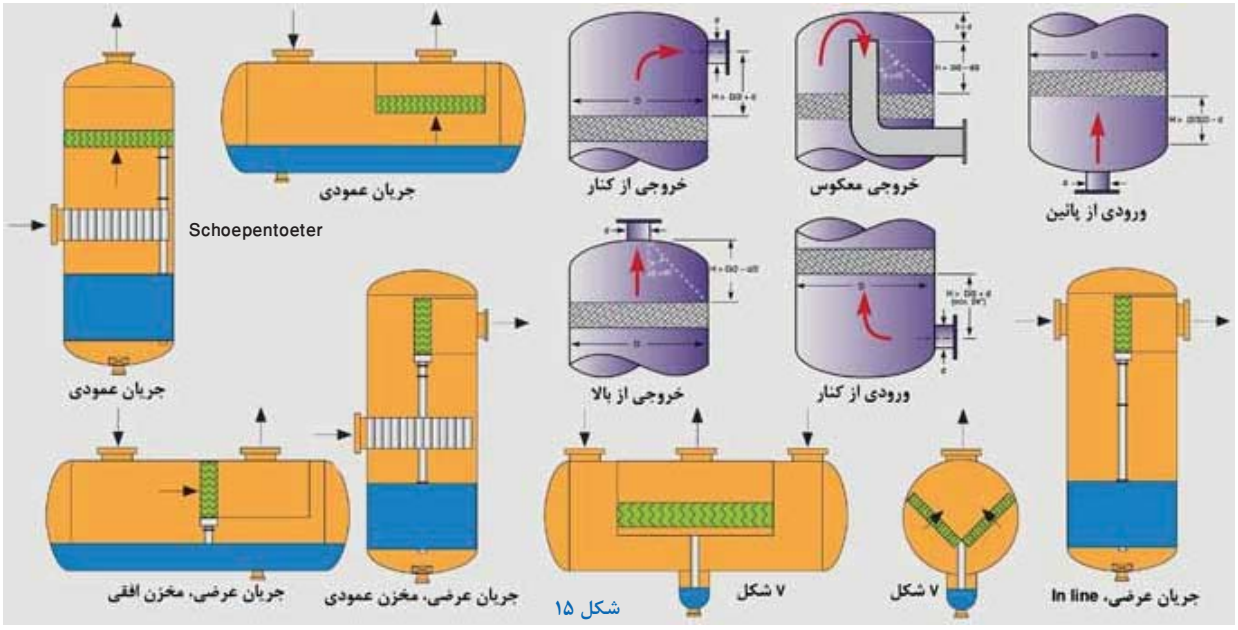
سایر فیلترها

در قسمت‌های قبل بخشی از مبحث گسترده فیلترها را بررسی کردیم. اما کافی است بدانید برخی از کارخانه‌های تولید فیلترفشاری تا ۱۵۰۰۰ نوع فیلتر تولید می‌کنند وتعداد زیادی شرکت نیز به تولید فیلترهای صنعتی و فیلترهای مورد استفاده در صنایع نفت و گاز مشغول می‌باشند. همچنین بخش‌های تحقیقات این شرکت‌ها به صورت مداوم در حال اصلاح و تکمیل فناوری فیلترهای و ابداع فناوری‌های جدید در این زمینه می‌باشند. این در حالی است که برخی فناوری‌ها عمومی می‌باشد یا حق لیسانس آنها به راحتی قابل خرید می‌باشد و برخی دیگر محرمانه و سری تلقی می‌گردند. با توجه به این عدد به نظر می‌رسد بررسی مختصر فیلترها در چند صفحه ممکن نباشد. سعی ما در ارائه این مطالب بر آن بوده که به مفاهیم اصلی این مبحث اشاره کنیم. در انتهای این مبحث نیز به صورت خلاصه به معرفی چند نمونه دیگر از فیلترها می‌پردازیم. دلایل مختلفی برای تنوع در ساخت فیلتر وجود دارد. برخی از این دلایل عبارتند از: سرعت سیال، اندازه ذرات جامد، وجود لخته، نسبت میزان گاز به مایع، حجم گاز، خورندگی محیط، میزان و سایز مجاز ذرات جامد در گاز خروجی، حداکثر میزان مجاز آب در گاز خروجی و... ، شکل ۱۴ نمودار بازده جداسازی بر حسب اندازه قطره وذرات جامد را نشان می‌دهد. با دقت به این نمودار ۲ نکته مهم دیده می‌شود، نکته اول حذف آسان‌تر ذرات جامد نسبت به قطرات مایع می‌باشد. این موضوع نیز کاملاً طبیعی است زیرا فاز مایع به فاز گاز نزدیکتر است و در نتیجه رفتار این دو فاز به هم شباهت بیشتری نسبت به فاز گاز-جامد دارد. نکته مهم دیگر حداقل اندازه قابل جداسازی می‌باشد. در این نمودار حداقل اندازه در حد یک میکرومتر(میکرون) می‌باشد. فناوری‌های متعددی برای جداسازی در اندازه‌های بالای ۲۰ میکرون وجود دارد و آسان‌تر می‌توان سازنده‌ای را انتخاب کرد که این نوع تجهیزی را ارائه می‌کند. اما برای جداسازی حدود میکرون مسئله کاملاً تفاوت دارد، در اندازه میکرونی، ازیک سو رفتار گاز و مایع نزدیکی بیشتری به هم پیدا می‌کنند و از سوی دیگر قطرات بسیار ریز را نمی‌توان برپایه نیروی ثقل، نیروی ماندیا تحت تاثیر سرعت گاز، ازهم جدا کرد. همانگونه که اشاره کردیم در این محدوده پدیده حرکت برونی، پایه طراحی جداسازها می‌باشد. برای جداسازی مناسب، در ابتدا ذرات درشت جامد و لخته‌ها توسط Slug catcher یا بافل‌های مناسب جدا می‌شوند. در ادامه غالباً آب آزاد(Free water) به وسیله Knockout Drumهای مستقل یا ترکیب شده با جداکننده اصلی ، جدا می‌شود. در ادامه فرایند، برحسب نوع



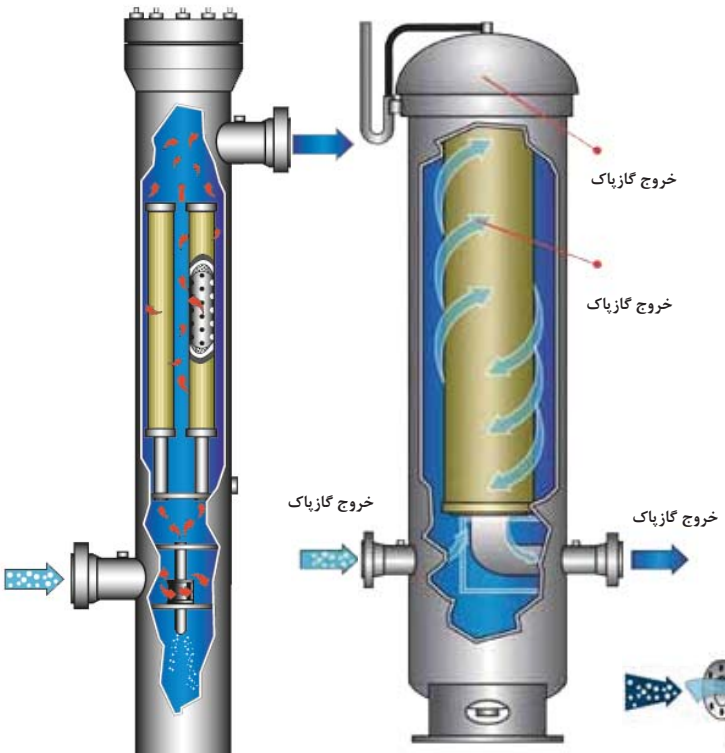
شکل ۱۴

ذرات جامد/قطرات، اندازه و سرعت سیال می‌توان یکی از جداکننده‌ها، جداکننده‌های فیلتری یا فیلتر را انتخاب نمود. در هرحال برای اطمینان از جداشدن کافی قطرات آب، در قسمت انتهائی جداکننده از قطره‌گیر(نم‌گیر) از نوع سیمی یا تیغه‌ای استفاده می‌شود. باید دقت نمود در صورت عدم استفاده از این تجهیز، همواره گازخروجی حاوی مقداری مایعخواهد بود از نکات مهم دیگر در طراحی جداکننده‌ها، محدودیت فضا برای نصب می‌باشد، در اینگونه از موارد سازندگان جداکننده‌هائی ارائه نموده‌اند که برای نصب در مکان‌های خاص، ابعاد آنها بهینه شده و مسیر ورودی و خروجی در جای مناسب قرار گرفته است. در شکل ۱۵ شماتیک چندین نمونه جداکننده بر مبنای اطلاعات شرکت Sulzer را مشاهده می‌کنید. همچنین در همین شکل برخی از ورودی و خروجی‌های یک جداکننده را مشاهده، وجود طرح‌های مختلف برای ورودی و خروجی علاوه بر ایجاد سهولت جهت نصب تجهیز، محل قرارگیری ورودی و خروجی با توجه به طراحی داخلی به جداسازی بهترنیز کمک می‌کند. در شکل ۲-۱۶ یک نمونه فیلتر قابل



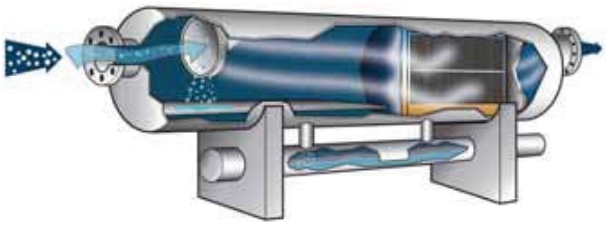
شکل ۱۵

نصب در مسیر لـوله (In-line) را مشاهده می کنید. از این فیلتر غالباً در ایستگاه‌های تقویت فشار یا قبل از کمپرسور ارسال CNG به خط انتقال در پالایشگاه‌ها اسـتفاده می‌شود زیرا که در این نقاط نیازی به حذف ذرات یا قطرات مشابه سایر جداکننده‌ها وجود ندارد و جداسازی لازم قبل از آن انجام شـده است. در این فیلتر فلانج ورودی و خروجی در یک راسـتا قرار گرفته‌اند، نصب این فیلتر در فضاها محدود، آسـانتر می‌باشد. همچنین در این شکل انواع دیگر فیلتر نظیر فیلتر افقی[۶-۱۶] و فیلتـر کارتریـج [۴-۱۶] از نـوع Quick opening را نیز مشـاهده می کنیـد در این نوع فیلتر امکان تعویض المان فیلتر با سـرعت زیاد و کمتریـن تاثیر زمانـی در فرایند تولید یا انتقال وجـود دارد. در همین شکل [۵-۱۶] یک دستگاه جداکننده ساخت شرکت Peerless با نام تجاری Absolute Separator را نیز مشاهده می کنید. مطابق اطلاعات برگه مشـخصات سـازنده این فیلتر دارای بازده بسیاربالا(Ultra high) برای حذف قطرات کوچکتر از میکرون مناسب می‌باشد. شکل ۳-۱۶ یک نمونه از دسـتگاه جداکننده مناسب سـیال با حجم زیاد و شکل ۱-۱۶ مشابه فیلتر اشاره شده با داشتن Slug زیاد را نشان می‌دهد.

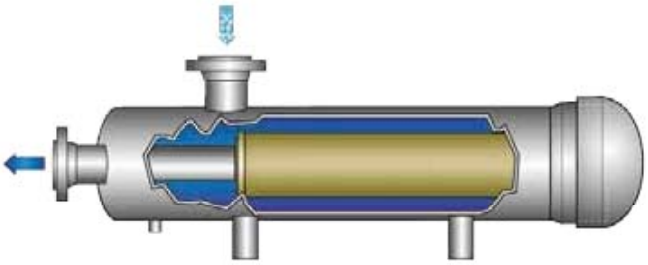


شکل ۴-۱۶

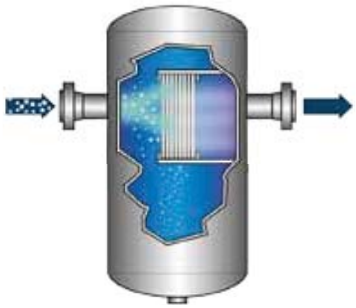
شکل ۵-۱۶



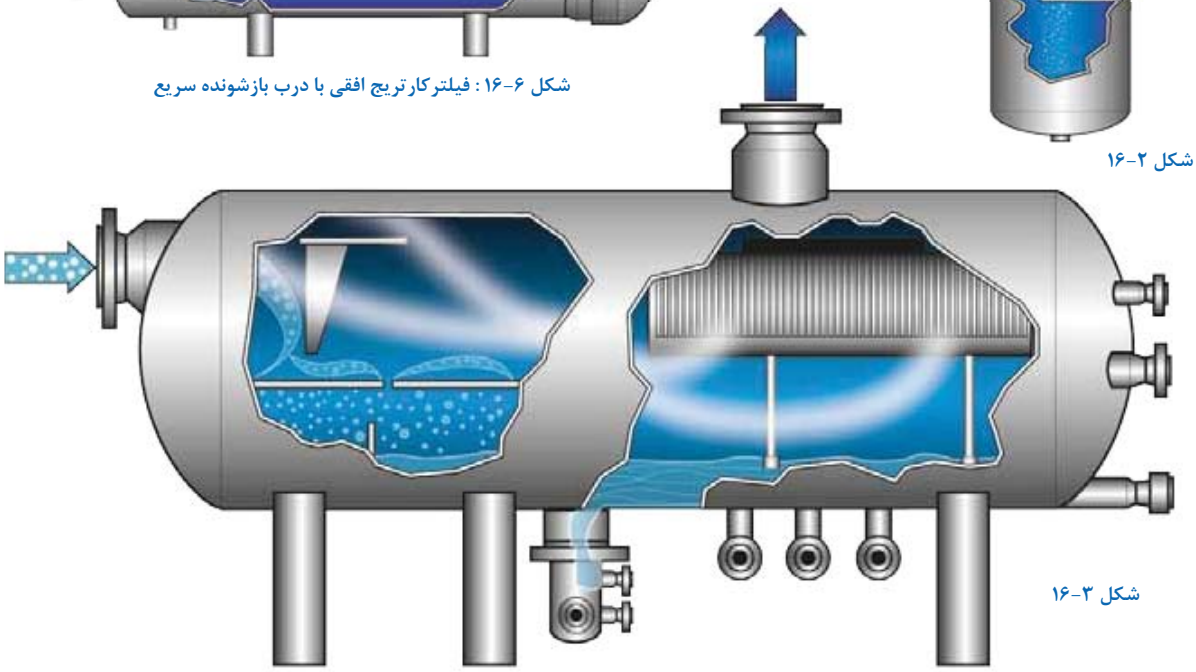
شکل ۱-۱۶ : فیلتر مناسب حجم زیاد Slug



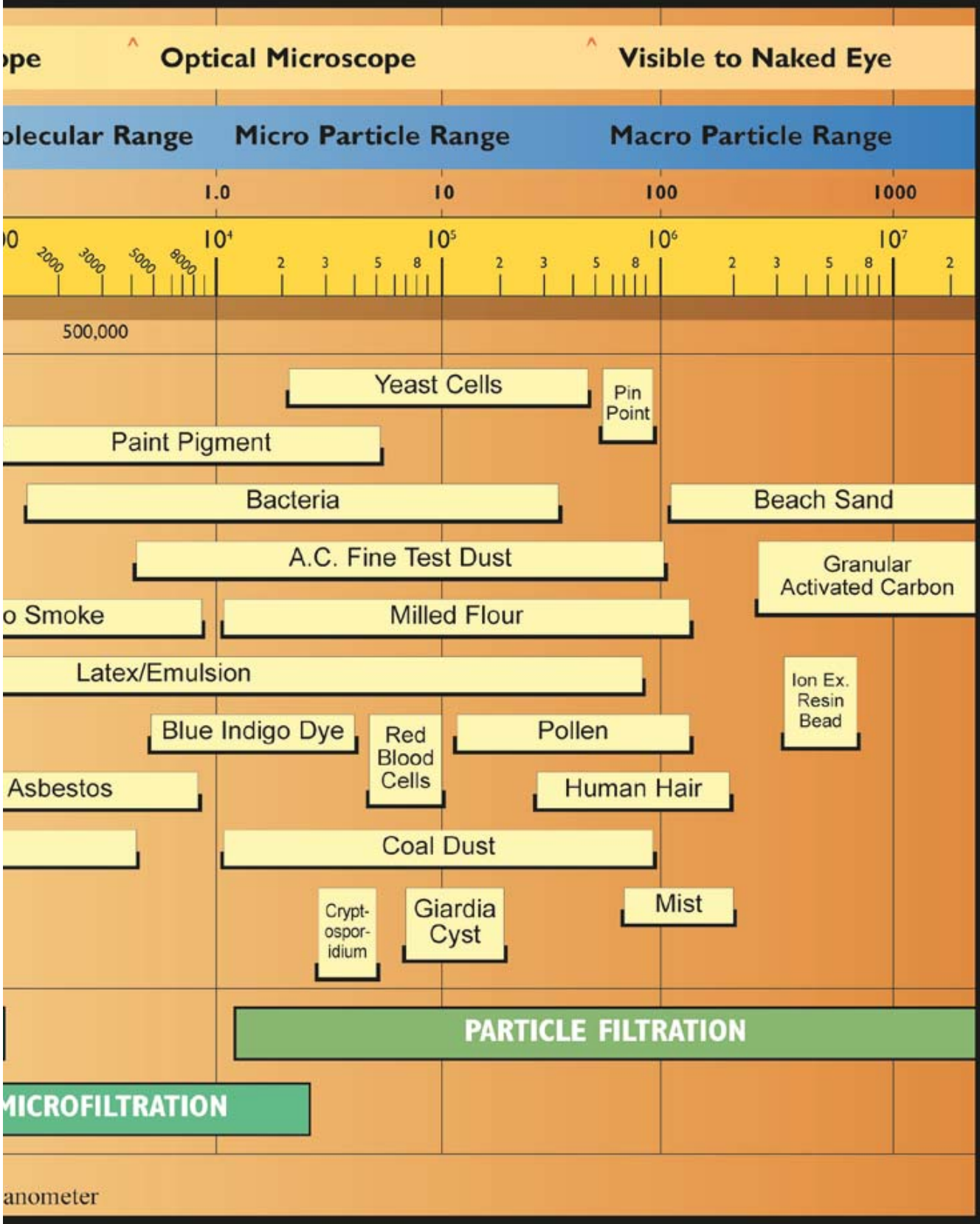
شکل ۶-۱۶ : فیلترکارتریج افقی با درب بازشونده سریع



شکل ۲-۱۶



شکل ۳-۱۶


ope
Optical Microscope
Visible to Naked Eye
olecular Range
Micro Particle Range
Macro Particle Range
1.0
10
100
1000
10⁴
10⁵
10⁶
10⁷
2000
3000
5000
8000
500,000
Yeast Cells
Pin Point
Paint Pigment
Bacteria
Beach Sand
A.C. Fine Test Dust
Granular Activated Carbon
o Smoke
Milled Flour
Latex/Emulsion
Ion Ex. Resin Bead
Blue Indigo Dye
Red Blood Cells
Pollen
Asbestos
Human Hair
Coal Dust
Crypt-ospor-idium
Giardia Cyst
Mist
PARTICLE FILTRATION
MICROFILTRATION
anometer

The Filteration Spectrum