

# فصل دوم

## دستگاهها و تجهیزات

### انتقال مواد

## ۱-۲: مقدمه

تقریباً در کلیه فرآیندهای شیمیایی، جابجایی سیال (گاز و مایع) صورت می گیرد. انرژی لازم برای حرکت سیال توسط پمپ، کمپرسور و دمنده تأمین می شود. به کمک این دستگاهها می توان بر انرژی مکانیکی این مواد افزود و باعث ازدیاد سرعت، فشار، یا ارتفاع آنها شد. لازمه استفاده از دستگاههای یادشده، آگاهی به اصول ترمودینامیک و مکانیک سیالات است.

از پمپ در جابجایی سیال مایع، از دمنده در انتقال سیال گازی، از کمپرسور در فشرده سازی و انتقال سیال گازی و از نقاله ها و بالابرها در حمل و نقل مکانیکی مواد جامد استفاده می شود. نقاله ها در هر شکل، اندازه و وزن (از یک گرم تا چندتن) کاربرد دارند. در این فصل به منظور آشنایی با دستگاههای انتقال مواد توضیح مختصری پیرامون هر یک ارائه می شود.

## ۲-۲: پمپ ها

از زمانهای گذشته مخصوصاً دورانی که شهرنشینی رو به رشد بود، یکی از نیازهای بشر انتقال آب از محل رودخانهها و چشمهها به شهرها و زمینهای کشاورزی بوده است. در آن دوران با استفاده از کانال ها و جویها، آب منتقل می شد. به مرور زمان و با پیشرفت و افزایش نیاز به آب، روشهای این انتقال نیز پیشرفت های قابل توجهی کرد. اختراع پمپها نقطه عطف این پیشرفت ها به شمار می رود. امروز گستره کاربرد پمپها محدود به انتقال آب نمی باشد. می توان گفت در هر سیستمی که در آن نیاز به انتقال سیال وجود داشته باشد، وجود پمپها نیز ضروری است.

تعریف عمومی پمپهای صنعتی به صورت زیر بیان می شود:

پمپ یک ماشین مکانیکی است که در آن انرژی دریافتی (به صورت الکتریکی و یا مکانیکی) به انرژی سیال گذرنده از آن تبدیل می شود. می توان وظایف پمپ را اینگونه بر شمرد:

- انتقال مایعات ( به طور کلی سیالات) از یک سطح به سطح با ارتفاع بیشتر
- انتقال مایعات از محل کم فشار به پر فشار
- به عنوان تقویت کننده جریان ( در خط لوله های طولانی)

از آن جایی که کاربردهای بسیار متنوعی برای پمپ‌ها وجود دارد، انواع بسیار زیادی از پمپ‌ها نیز موجود است. جامع ترین دسته بندی انواع پمپ‌های صنعتی به صورت زیر است:

- پمپ‌های دینامیکی یا جابه‌جایی غیر مثبت
- پمپ‌های گسسته یا جابه‌جایی مثبت

هر یک از این پمپ‌ها بسته به نوع جریان دارای انواع مختلفی هستند. در ادامه به معرفی پمپ‌های فوق، کاربرد آنها و طبقه بندی آنها بر اساس نوع جریان می پردازیم.

## ۲-۲-۱: پمپ‌های دینامیکی یا جابجایی غیر مثبت

از این پمپ‌ها بیش تر برای انتقال سیال از نقطه ای به نقطه ی دیگر استفاده می شود. آن‌ها سیال را با دبی زیاد و فشار کم انتقال می دهند و در حین انتقال سیال قسمت ورودی و خروجی پمپ با هم در ارتباط می باشند. موارد استفاده این نوع پمپ‌ها را می توان به صورت زیر برشمرد:

✓ انتقال آب از محل استحصال به محل مصرف

✓ تخلیه آب اضافی در مزارع و معادن

✓ انتقال گاز در صنایع مختلف و انتقال گازهای سوختی مسکونی

پمپ‌های دینامیکی را بسته به نوع جریان می توان به سه دسته تقسیم کرد:

الف) جریان شعاعی                      ب) جریان محوری                      ج) جریان مختلط

که در ادامه به توضیح هر یک می پردازیم.

الف) پمپ های دینامیکی جریان شعاعی یا سانتریفیوژ  
ساختمان پمپ های دینامیکی سانتریفیوژ شامل قسمت های زیر می باشد.

- ✓ دهانه ورودی
- ✓ محور پمپ
- ✓ چشمه پروانه
- ✓ پروانه
- ✓ پوسته پروانه
- ✓ محفظه خروجی
- ✓ دهانه خروجی



طرز کار پمپ های سانتریفیوژ:

ساختمان این نوع پمپ ها به صورتی است که بر روی محور دوار (در مرکز پمپ) پره هایی قرار داده شده که با دوران خود، مایعات و مواد سیال را به اطراف پرتاب می نمایند. جدار این پمپ به صورت حلزونی

ساخته شده و مایع که دارای سرعت نیز می باشد از قسمت حلزونی به طرف مدخل خروجی پمپ رانده می شود. سیالی که در اطراف پره ها موجود است در اثر حرکت دورانی محور به اطراف پرتاب شده و در نتیجه در اطراف محور خلاء ایجاد می شود و بدین ترتیب سیال از مجرای ورودی به داخل محفظه حلزونی شکل پمپ مکیده شده و از مجرای خروجی به خارج منتقل می گردد.

پمپ های گریز از مرکز دارای دو امتیاز برجسته می باشند: اولاً جریان مایع در آن ها یکنواخت است. ثانیاً اگر لوله خروجی پمپ مسدود یا تنگ شود، فشار زیادی که برای ساختمان پمپ مضر باشد تولید نکرده و بار آن به اندازه ای نمی رسد که موتور محرک پمپ را از کار بیندازد.

چون پمپهای مذکور توانایی مقاومت در برابر فشار بالا را ندارند، معمولاً به منظور انتقال اولیه سیال از نقطه ای به نقطه ای دیگر بکار گرفته می شوند.

#### موارد کاربرد پمپهای سانتریفوژ:

- ✓ اکثر صنایع و تاسیسات ساختمانی
- ✓ در صنایع شیمیائی و نفت
- ✓ کاغذسازی
- ✓ صنایع غذایی و لبنیات
- ✓ فلزات مذاب
- ✓ آب وفاضلاب
- ✓ مایعات حاوی مواد معلق

## مزایای پمپ های سانتریفیوژ:

۱. در اینگونه پمپ ها حرکت نوسانی و یا رفت و برگشت وجود نداشته و پمپ به طور آرام به کار خود ادامه می دهد.
۲. اگر لوله تخلیه پمپ مسدود و یا تنگ شود فشار به پمپ وارد نشده و بار آن نیز به حدی نمی رسد که موتور محرک پمپ از کار بیفتد
۳. بعلت سادگی ساختمان و ارزانی قیمت و ایمنی زیاد و کاربرد آسان و نیز قابلیت کار در شرایط مختلف از متداولترین پمپهای صنعتی می باشد .
۴. در صورت قطع جریان می تواند مدتی بدون آسیب رسیدن به پمپ به گردش ادامه دهد
۵. برای انتقال سیالات در فواصل زیاد بخوبی عمل می کنند
۶. نسبت به پمپهای دیگر با ظرفیت مشابه دارای ابعاد کوچکتری می باشند.
۷. دامنه کاربرد آنها در پروژه های کشاورزی ، صنعتی و آبرسانی فوق العاده بالاست زیرا از نظر دبی و ارتفاع تولیدی وسعت زیادی را پوشش میدهد.

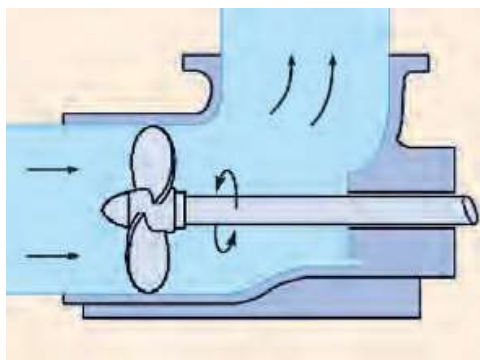
## معایب پمپ های سانتریفیوژ:

۱. پمپهای سانتریفیوژ قادر به ایجاد فشارهای بالا نمی باشند و به این منظور برای فشارهای بالا باید از پمپهای چند مرحله ای استفاده نمود.
۲. راه اندازی این پمپها نیاز به آماده سازی دارد
۳. برای سیالات با ویسکوزیته بالا نمی توان از این نوع پمپ استفاده نمود.

### ب) پمپ های دینامیکی جریان محوری

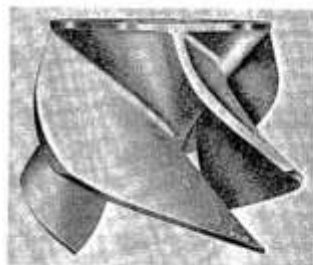
در این نوع پروانه، نیروی گریز از مرکز برای تولید فشار دخالتی ندارد. در این پمپ قسمت اعظم فشار مایع را نیروی پرتاب پره های پروانه تامین میکند. قطر پروانه در ورودی و خروجی با هم یکسان است. جریان در جهت محور وارد و در همان جهت از پروانه عبور می کند.

در مواردی که نیاز به دبی بالا و هد پایین باشد از این نوع پروانه استفاده می شود.

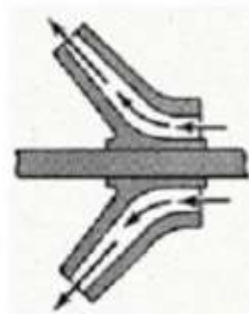


### ج) پمپ های دینامیکی جریان مختلط

جریان در جهت محور پروانه وارد می شود و در جهتی که زاویه ای با محور می سازد از آن خارج می شود. در حقیقت این پروانه ها حالتی مابین پروانه ای جریان شعاعی و جریان محوری خواهند داشت. این پمپ ها برای ایجاد فشارها و دبی های متوسط به کار می روند.



Open mixed-flow impeller.

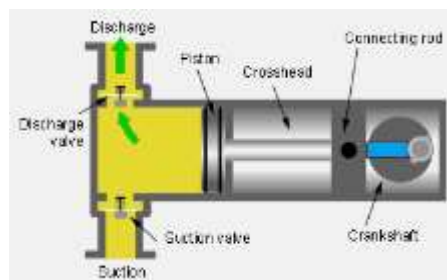


## ۲-۲-۲: پمپ های گسسته یا جابجایی مثبت

این پمپ‌ها از نیروهای متناوب مثل یک پیستون که در حال عقب جلو شدن است، برای انتقال نیرو به سیال استفاده می‌کنند. به همین دلیل سیال خروجی از این نوع پمپ‌ها به حالت ضربه ای جریان دارند. از این پمپ‌ها به دلیل توانایی بالا در تحمل فشار برای انتقال سیالات با ویسکوزیته بالا ولی در جریان‌های کم استفاده می‌شود. در حین انتقال سیال قسمت ورودی و خروجی از یکدیگر جدا شده اند و سیال ورودی و خروجی هیچ گونه تماسی در ناحیه ورودی و خروجی با یکدیگر ندارد. این پمپ‌ها خود به دو دسته رفت و برگشتی و چرخشی تقسیم بندی می‌شوند که در ادامه به توضیح مختصر هر یک می‌پردازیم.

### الف) پمپ های جابجایی مثبت رفت و برگشتی

وقتی پیستون در حالت مکش است، در اثر افزایش حجم در داخل سیلندر ها خلاء ایجاد می‌شود ( کاهش فشار ) و باعث ورود مایع از طریق شیر ورودی به سیلندر می‌شود. در این وضعیت شیر خروجی بسته است. وقتی که پیستون در جهت تراکم حرکت می‌کند، باعث بالا رفتن فشار در سیلندر می‌شود. در اثر بالا رفتن فشار سیلندر، شیر خروجی باز می‌شود و سیال داخل سیلندر به طرف لوله خروجی هدایت می‌شود. در این وضعیت شیر ورودی بسته است. تکرار این عمل باعث پمپاژ مایع می‌گردد.



### ب) پمپ های جابجایی مثبت چرخشی

پمپ‌های گردشی یا چرخ دنده‌ای از دو قسمت متمایز تشکیل شده‌اند، قسمت اول، دارای جداره ثابت و دیگری قسمت دوار که شامل یک محور گردان با چرخ دنده می‌باشد. در پمپ‌های چرخ دنده‌ای مقداری مایع بین دنده‌های چرخ دنده پمپ آب به اصطلاح به تله می‌افتد و در اثر چرخیدن چرخ دنده‌ها این مایع به قسمت خروجی پمپ آب رانده می‌شود. کاربرد این پمپ‌ها برای جا به جایی مایع با حجم کم و فشار متوسط می‌باشد.





### ۲-۳: تفاوت پمپ های دینامیکی و جابجایی مثبت

سه تفاوت عمده این دو نوع پمپ را می توان به صورت زیر برشمرد:

۱. در پمپ های دینامیک انرژی افزوده شده ابتدا به سرعت تبدیل شده و سپس به فشار تبدیل می شود در حالی که در پمپ های جابجایی انرژی مورد نظر مستقیماً به فشار تبدیل می شود.
۲. در پمپ های دینامیک انرژی بطور پیوسته و بدون انقطاع به مایع افزوده میشود در صورتی که در پمپ های جابجایی انرژی در پررئود های معینی به مایع تزریق می شود.
۳. اصولاً پمپ های جابجایی برای مقادیر اندک جریان در فشارهای بالا و مایعات لزج به کار می رود و پمپ های دینامیک برای فشار های متوسط و جریان های زیاد مورد استفاده قرار می گیرد.

### ۲-۳: کمپرسورها

کمپرسور به ماشینی اطلاق میشود که از آن برای افزایش فشار سیالات تراکم پذیر (گازها و بخارات) استفاده میگردد. تفاوت آنها با پمپ ها در این است که پمپ ها هم مایعات و هم گازها را متراکم می کنند اما کمپرسورها فقط برای متراکم کردن گازها بکار می رود. موارد مصرف کمپرسور بسیار متنوع میباشد. یخچالهای خانگی، صنایع پتروشیمی، پالایشگاهها، صنایع کاغذ سازی، تولید ازت و اکسیژن از هوا، بازیافت بخارات، تراکم بخار آب و... عمده ترین واحدهای مصرف کننده کمپرسور می باشند.

بطور کلی چندین کاربرد اساسی می توان برای کمپرسورها برشمرد:

- غلبه بر از دست رفت انرژی در هنگام انتقال گازها (نظیر خطوط گاز سراسری)
- صرفه جوئی در حجم مخازن در زمان نگهداری گازها (ذخیره سازی گازها)

- تغذیه گازها به منابع زیر زمینی جهت افزایش بازیابی منابع نفتی.
- افزایش فشار گاز جهت میعان آن (سیستم تبرید).
- افزایش فشار گاز جهت انجام واکنش شیمیائی و تولید فرآورده های پتروشیمی (تولید آمونیاک)

دسته بندی کمپرسورها از نظر عملکرد عینا مانند پمپ ها می باشد:

۱. کمپرسورهای دینامیکی که مهم ترین نوع آن کمپرسور سانتریفیوژ یا گریز از مرکز است.

۲. کمپرسورهای گسسته که مهم ترین نوع آن کمپرسور رفت و برگشتی است.

در ادامه به توضیح کمپرسور سانتریفیوژ و کمپرسور رفت و برگشتی می پردازیم.

### ۲-۳-۱: کمپرسور سانتریفیوژ

در این دسته از کمپرسورها گاز در جهت محور مکیده شده و به شعاع بزرگتری در جهت عمود بر محور رانده می شود. عملکرد این کمپرسور بدین صورت است که ابتدا انرژی جنبشی گاز توسط پروانه کمپرسور افزایش می یابد و سپس در یک شیبوره (دیفیوزر) سرعت کاهش یافته و انرژی جنبشی به فشار تبدیل می شود. این کمپرسورها می توانند در شرایط مختلف به صورت تک مرحله ای و یا چند مرحله ای به کار روند. در کمپرسورهای یک مرحله ای جریان گاز ورودی به کمپرسور در طی یک مرحله فشرده می شود که برای فشار خروجی پایین و دبی بالا به کار می روند. در کمپرسورهای چندمرحله ای جریان خروجی از یک مرحله، جریان ورودی مرحله بعد را تشکیل می دهد که برای فشار خروجی بالا و دبی بالا بکار می روند.

**عملیات سردسازی در کمپرسورهای سانتریفیوژ:** حداکثر دمای مجاز خروجی از مسائل مهمی است که باید در کمپرسورها به آن توجه داشت. حداکثر دمای مجاز وابسته به مسال مختلف بویژه نوع گاز می باشد، اما معمولاً ۱۵۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود. در صورت نیاز، سرد کردن گاز در داخل پوسته کمپرسور و یا توسط مبدل ها و کولرهای خارجی انجام می پذیرد. توان کمپرسور مستقیماً متناسب با دمای مطلق گاز در هر پروانه است. بنابراین با کاهش دمای گاز می توان مقدار توان مصرفی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.

### ۲-۳-۲: کمپرسورهای رفت و برگشتی

در این کمپرسورها، با حرکت پیستون به سمت عقب، گاز به درون سیلندر وارد شده و فضای درون سیلندر را پر می کند. در حرکت رو به جلو، با اعمال نیرو از سوی پیستون، گاز حبس شده در سیلندر متراکم می گردد. برای ورود گاز به داخل سیلندر باید فشار گاز ورودی بیشتر از نیروی شیر ورودی باشد و فشار داخل سیلندر باید از نیروی شیر خروجی زیادتر شود.

## ۲-۴: نقاله ها و بالابرها

توسط این وسایل مواد اولیه یا محصولات میانی و نهایی با کمترین اتلاف زمان و آسیب رسانی به آنها از نقطه ای به نقطه مورد نظر در کارخانه انتقال می یابند. حمل و نقل پیوسته و مکانیکی، امکان برآورد زمان لازم و مورد نظر را مهیا می کند. تعیین دقیق این زمان خصوصاً در رساندن مواد اولیه به واحد عملیاتی مورد نظر و تولید محصول با کیفیت، یکسان و پیوسته بسیار مهم و کارساز می باشد. نقاله ها و بالابرها با توجه به نوع کاربردشان دارای انواع شکل و اندازه هستند. از ویژگیهای نقاله می توان به انتقال قطعات با سرعتی یکنواخت و دقتی زیاد اشاره نمود. امکان استفاده از نقاله ها و بالابرها در فضاهای غیرقابل دسترس (همچون ارتفاع، زیرزمین، عبور از زیر دستگاه و ...)، کاهش اشتباه اشخاص در کارهای زمان بندی شده ی متوالی و کاهش میزان حوادث و به کارگیری افقی و عمودی نقاله ها از مزایای این دستگاهها می باشند.