

به نام خدا

## کندانسور هوایی چیست؟



در سیستم‌های تبرید تراکمی مانند چیلرها و سردخانه‌ها مبرد پس از دریافت گرما و تولید سرمایش تبخیر شده و در داخل **کمپرسور** فشار آن افزایش می‌یابد برای اینکه مبرد بتواند دوباره گرما گرفته و تولید سرمایش کند باید تقطیر و سرد شود برای این کار مبرد وارد تجهیزاتی بنام کندانسور می‌شود.

در کندانسور هوایی مبرد گرمای خود را به هوای آزاد داده و تقطیر می‌شود. در کندانسور هوایی تبادل حرارت مبرد داغ با هوای آزاد بوسیله فن‌های تعبیه شده روی **کندانسور** افزایش می‌یابد و بدین ترتیب راندمان کندانسور افزایش و زمان تقطیر مبرد کاهش می‌یابد.

## انواع کندانسور هوایی

کندانسورهای هوایی به دو نوع تقسیم می‌شوند که نقطه مشترک هر دو تبادل حرارت با هوای آزاد و استفاده از فن جهت افزایش راندمان کندانسور می‌باشد.

### کندانسور فین و لوله

این نوع کندانسور هوایی از لوله و فین تشکیل شده و عملکرد آن به این صورت است که مبرد داغ در داخل لوله‌ها و هوا از روی لوله‌ها جریان می‌یابد.

برای بالا بردن سطح و زمان تماس و ضریب انتقال حرارت بین هوا و لوله از فین بر روی لوله‌ها استفاده می‌شود. در کندانسور هوایی لوله و فین معمولاً جنس لوله‌ها از مس و فین‌ها از آلومینیوم می‌باشد. همچنین برای بالا بردن حجم هوای عبوری از روی کویل و افزایش تبادل حرارت بین هوای آزاد و مبرد از فن استفاده می‌شود. با توجه به ظرفیت کندانسور و شرایط محیطی ابعاد کندانسور و تعداد فن‌ها می‌تواند متغیر باشد. ابعاد و ظرفیت کندانسور در محیط‌هایی با دمای خشک بالا بیشتر از محیط با دمای خشک پایین است. از تولید کننده‌های موفق کندانسور هوایی فین و لوله می‌توان به شرکت آبگین تهویه اشاره کرد.

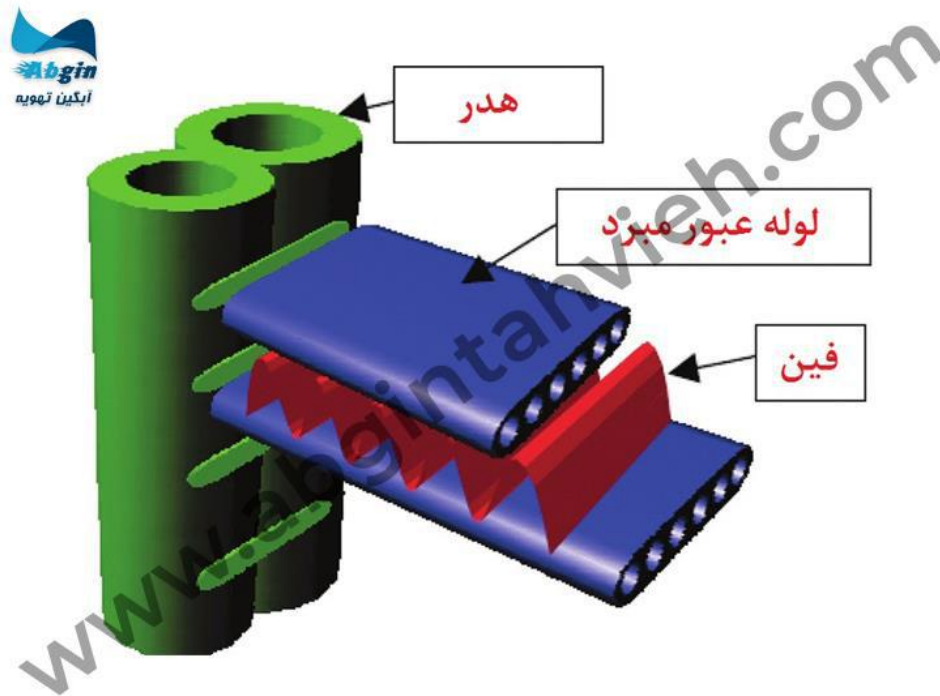


## کندانسور میکروچنل

کندانسورهای میکروچنل از لوله‌های آلومینیومی موازی ساخته شده که بصورت صفحات آلومینیومی بوده و باعث افزایش سطح حرارتی و همچنین کوچکتر شدن کندانسور هوا خنک می‌شود. از مزایای دیگر این نوع کندانسور مقاومت بالای آن در مقابل خوردگی است.

از آنجا که تیوب‌ها و فین‌ها هر دو از جنس آلومینیوم هستند در محیط‌های اسیدی امکان خوردگی (کاتدی) به صفر می‌رسد.

اندازه کویل‌های میکروچنل در حدود سی الی پنجاه درصد کوچکتر با راندمان حدود چهار درصد بالاتر و نیاز به شارژ کمتر مبرد تا حدود پنجاه درصد نسبت به کویل‌های مس و آلومینیوم می‌باشد.



به دلیل نوع ساختار کندانسور میکروچنل امکان آسیب دیدگی آن هنگام شستشو با آب فشار بالا و یا در اثر برخورد اجسام خارجی بسیار کم است.

البته کندانسورهای میکروچنل دارای ایراداتی هم هستند، از جمله به دلیل باریک بودن مجرای عبور مبرد در این نوع کندانسور در صورتی که عمل وکیوم و ذره زدایی درست و کامل انجام نشود، امکان گرفتگی وجود دارد. یونیت‌های ساخته شده با این نوع کندانسور را نمی‌توان در کارخانه کامل شارژ مبرد کرد و این کار در هنگام راه‌اندازی انجام می‌شود.

در صورت استفاده از کندانسور میکروچنل نمی‌توان سیستم تراکمی را پمپ داون کرد. در صورت انجام این کار آسیب جدی به کویل وارد می‌شود.

تنها راه کار برای راه‌اندازی سیستم بعد از تعمیر شارژ مجدد مبرد بر اساس دستورالعمل تولید کننده می‌باشد. از تولید کننده‌های بنام کندانسور هوایی میکروچنل، می‌توان به شرکت دانفوس اشاره کرد.



## تست کندانسور هوایی

یکی از مهم ترین آسیب هایی که کندانسورهای هوایی ممکن است با آن ها مواجه شوند موضوع نشتی است. به دلیل فشار بالای مبرد در داخل کندانسور هوایی نسبت به کندانسور آبی احتمال بروز نشتی افزایش می یابد به همین دلیل بهتر است کندانسور هوایی به چند صورت تست نشتی شود.

یکی از راه های تست نشتی شارژ کویل کندانسور با گاز ازت است در این روش کندانسور تا فشار حدود ۴۵۰ psig با گاز ازت شارژ می شود و فشار کندانسور به کمک یک گیج فشار تست و کنترل می شود. کویل کندانسور می بایست بمدت ۷۲ ساعت تحت فشار ازت قرار گیرد و کلیه اتصالات و نقاط جوشکاری شده به کمک مخلوط آب و مایع ظرف شویی کنترل چشمی شوند. در صورت عدم مشاهده هر گونه نشتی و کاهش فشار گیج، کویل کندانسور کاملاً سالم و بدون نشتی می باشد.

در روش دوم کندانسور تا فشار حدود ۱۵۰ psig با گاز ازت شارژ می‌شود و به صورت غرقابی در داخل وان آب قرار می‌گیرد. در صورت وجود نشتی گاز ازت از محل نشتی خارج شده و در داخل وان آب تولید حباب می‌کند و بدین طریق اتصالات دارای نشتی شناسایی می‌شوند.

در روش سوم کویل کندانسور به کمک پمپ و کیوم کاملاً تخلیه شده و تا زیر فشار اتمسفر و کیوم کویل ادامه خواهد داشت.

در این روش فشار منفی کندانسور به کمک یک گیج مخصوص به نام گیج و کیوم قابل مشاهده است. پس از اتمام عملیات و کیوم کندانسور بمدت ۷۲ ساعت تحت فشار منفی قرار دارد در صورتی که پس از این مدت فشار منفی افزایش نیافته باشد و اصطلاحاً و کیوم نشکسته باشد کندانسور فاقد هرگونه نشتی می‌باشد.



## فن

وجود فن در کندانسور هوایی بسیار مهم و حیاتی است و وظیفه آن بالا بردن حجم گردش هوا بر روی کویل کندانسوری می باشد.

افزایش دبی هوای در گردش روی سطح کندانسور به افزایش تبادل حرارتی بین مبرد و هوای محیط کمک بسزایی می کند و باعث کاهش سطح تبادل کندانسور می شود.

فن های استفاده شده در کویل های کندانسوری معمولاً از نوع آکسیال می باشد، دلیل این امر بالا بودن دبی هوای مکش شده توسط فن های نوع آکسیال می باشد. در کندانسورهای هوایی دبی هوای جریانی بر روی کویل بیش از افت فشار هوا حائز اهمیت است. به همین دلیل فن های آکسیال بهترین انتخاب جهت کندانسورهای هوایی می باشند.



فن‌های کندانسور می‌تواند بصورت تک فاز و یا سه فاز باشند با این توضیح که مصرف جریان فن‌های نوع سه فاز کمتر و طول عمر آن‌ها بیشتر است.

عملکرد فن‌های کندانسور توسط کنترلری بنام **High pressure switch** کنترل می‌شود. بدین صورت که با بالا رفتن فشار کندانسور این کنترلر به فن‌ها فرمان داده و آن‌ها را بصورت **ON/OFF** وارد مدار می‌کند.

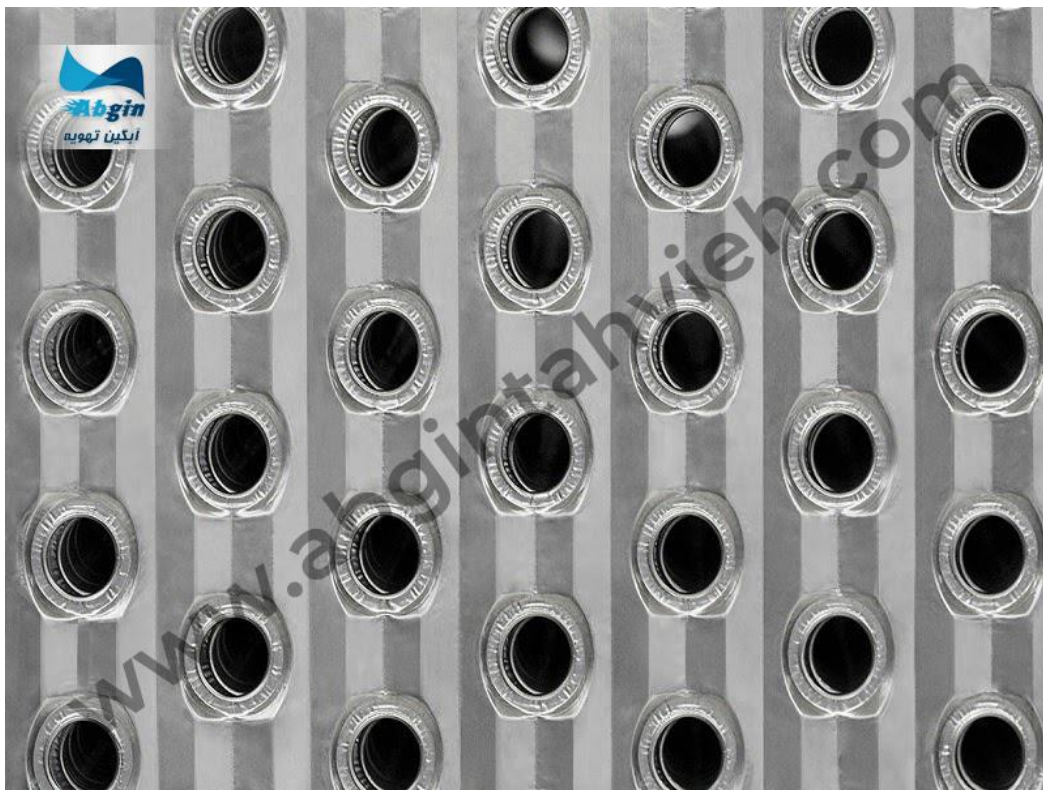
در چیلرهای بزرگ با تعداد فن‌های زیاد معمولاً از درایو اینورتر برای کنترل فن‌ها استفاده می‌شود. بدین صورت که دور فن‌ها با توجه به نوسانات فشار کندانسور کم و یا زیاد می‌شود.



## فین

در ساخت کندانسورهای هوایی علاوه بر لوله‌های مسی از ورق‌های نازک شیاردار هم استفاده می‌کنند که فین نام دارند. لوله‌های مسی از داخل این فین‌ها گذر کرده و تشکیل کوئل می‌دهند.





فین‌ها دو وظیفه اصلی دارند، اول نگهداری و استقرار لوله‌های مسی مطابق نوع مدار طراحی شده و وظیفه دوم آن‌ها بالا بردن زمان تماس هوا با سطح لوله‌های مسی و کاهش بای پس فکتور می‌باشد.

وجود فین باعث می‌شود تا هوا مدت زمان بیشتری را با سطوح لوله مسی تماس داشته و تبادل حرارتی انجام دهد. تراکم و فاصله فین‌ها و همچنین شکل شیار آن‌ها تأثیر بسزایی در افزایش این زمان دارد.

فین‌ها از دو جنس آلومینیوم و مس تولید می‌شوند. در ساخت کندانسورهای هوایی استفاده از فین آلومینیومی رواج بیشتری دارد اما در محیط‌های اسیدی برای جلوگیری از خوردگی مس از فین همجنس آن یعنی فین مسی نیز استفاده می‌شود.

گاهی نیز برای بالا بردن عمر کندانسور و جلوگیری از خوردگی فین آلومینیومی را با پوشش آبی رنگ می‌پوشانند.



## محل نصب کندانسور هوایی

بدلیل اینکه کندانسور هوایی از طریق تبادل حرارتی با هوای محیط باعث تقطیر مبرد می شود، می بایست در محلی نصب گردد تا جریان هوای آزاد به اندازه کافی برقرار باشد.

همینطور بهتر است بر روی کندانسور هوایی سایه بانی نیز تعبیه شود تا هم انرژی تابشی خورشید باعث افزایش دمای کندانسور نشود و هم بارش باران در بلند مدت باعث سوختن فن ها نگردد. لازم است بدانیم که فن ها از قسمت بالا دارای IP هستند و در صورتی که در زمان کار باراندگی شود امکان مکش قطرات آب به همراه هوا به داخل موتور فن وجود دارد.

در هنگام نصب سایه بان می بایست به ارتفاع آن توجه داشت در صورتی که ارتفاع سایه بان کم باشد، هوای پرتاب شده توسط فن به آن برخورد کرده و مجدداً وارد کندانسور می شود و در نتیجه از توان تقطیر کندانسور به شدت کاسته می شود.

باید توجه داشت به دلیل پرتاب هوای گرم توسط فن ها، کندانسور می بایست در محلی جانمایی و نصب شود که این هوا به واحدهای مسکونی و یا تجهیزاتی که باید از گرما به دور باشند، برخورد و تماس نداشته باشد.



بطور کلی می توان گفت امروزه به دلیل کاهش منابع آب و اهتمام مردم به صرفه جویی در مصرف آب و همینطور مشکلات سختی گیر و اسیدشویی در کندانسورهای نوع آبی، بیشتر کارفرمایان تمایل بیشتری به خرید چیلر با کندانسور هوایی پیدا کرده اند.

طراحی کندانسور هوایی رابطه مستقیمی با اقلیم محل نصب و بیشینه دمای محیط دارد. همانطور که گفته شد برای بالا بردن تبادل حرارتی در کندانسور هوایی از فن‌های نوع آکسیال استفاده می‌شود که دبی آنها و افت فشار در هنگام طراحی کویل کندانسوری می‌بایست در نظر گرفته شود.

## پرسش‌های متداول

آیا امکان نصب فن سانتریفیوژ بر روی کندانسور وجود دارد؟

➤ فن‌های سانتریفیوژ برای سیستم‌های هوادهی و افت فشارهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند اما فن‌های آکسیال دبی مکش هوای بسیار بالاتری دارند، از این رو برای کندانسور هوایی مناسب‌ترند.

کندانسورهایی که در مناطق گرمسیر هستند چه تفاوتی با کندانسورهای مناطق سردسیر دارند؟

➤ پمپ‌های سولوشن و مبرد معمولاً سه فاز می‌باشد و این موضوع به کاهش آمپر مصرفی و افزایش طول عمر آنها کمک بسزایی می‌کند.

آیا کندانسور هوایی را می‌توان با فاصله از چیلر نصب کرد؟

➤ بله در صورتیکه فاصله خیلی زیاد نباشد و در خط دهش از تله روغن نیز استفاده شود امکان نصب آن با فاصله عمودی یا افقی وجود دارد.

آیا پاشیدن آب بر روی کندانسور به بالا رفتن راندمان آن کمک می‌کند؟

➤ بله پاشیدن آب بر روی کندانسور دما سطح لوله‌ها را کاهش داده و مبرد راحت‌تر و سریع‌تر تقطیر می‌شود اما باید توجه داشت تکرار مداوم این کار باعث پوسیدگی و بروز نشتی در کندانسور می‌شود.

کوچک بودن کندانسور چه ضررهایی دارد؟

➤ کوچک بودن ظرفیت کندانسور باعث می‌شود توانایی تقطیر مبرد را بصورت کامل نداشته باشد و فشار دهش کمپرسور افزایش یابد، در نتیجه برودت لازم تولید نشده و خطر سوختن سیم پیچ کمپرسور نیز افزایش می‌یابد.