

سرمایش توسط هوای فشرده به کمک لوله گرد بادی

ماخذ : ماهنامه تهویه مطبوع - شماره اول - فروردین ۱۳۸۲

ترجمه: مهندس محمدرضا حق روستا - مهندس داریوش شفیعی زاده

لوله گردبادی در سال ۱۹۲۸ میلادی به طور اتفاقی توسط یک دانشجوی فرانسوی فیزیک کشف شد. جورج رنیکو هنگام آزمایش بر روی پمپ‌های گرد بادی متوجه شد که هوای گرم از یک طرف و هوای سرد از طرف دیگر خارج می‌شود. جورج آزمایش بر روی پمپ را فراموش و کار بر روی این دستگاه عجیب را برای بهره‌برداری اقتصادی از آن که بدون قطعه‌ای متحرک، هوای گرم و سرد تولید می‌کند، شروع کرد؛ و به‌زودی شکست خورد. ولوله گردبادی در هاله‌ای از ابهام باقی ماند تا اینکه در سال ۱۹۴۵، رادلف هیلش فیزیک‌دان آلمانی با ارائه مقاله‌ای، مطالعه بر لوله‌های گردبادی را آغاز کرد. لوله گردبادی با استفاده از هوای فشرده، بدون نیاز به انرژی الکتریکی و یا وجود قطعات متحرک و سیال مبرد دو خروجی جریان هوای سرد و گرم ایجاد می‌کند که بسته به نیاز می‌توان از هریک از این جریان‌ها استفاده کرد، ولی کاربرد اصلی لوله گردبادی در تبرید و خنک کاری است.

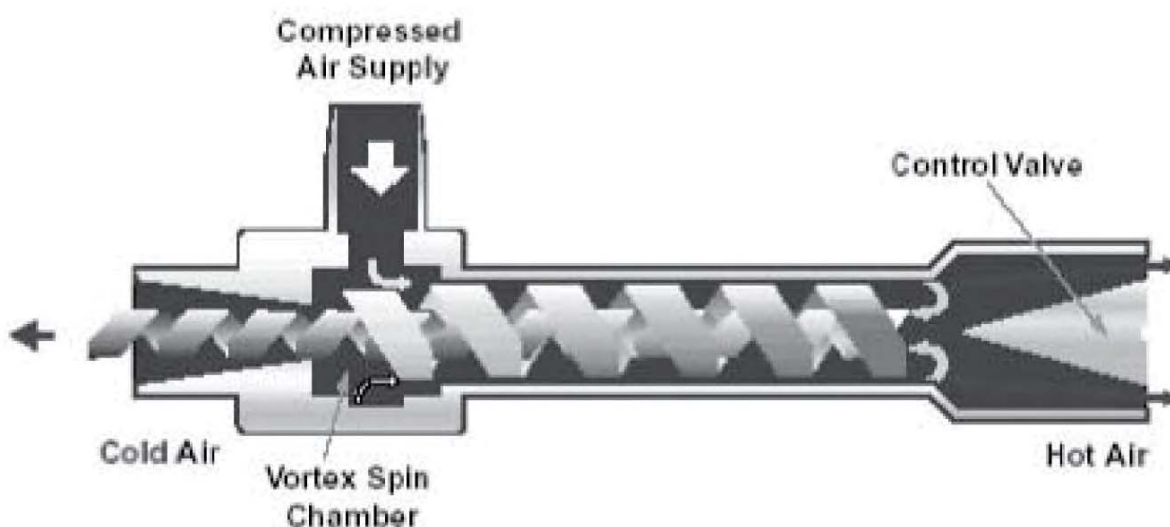
مکانیزم عملکرد

هوای فشرده وارد نازل محفظه چرخشی شده و حول محور استوانه می‌چرخد. این چرخش جریان اساس کار لوله گرد بادی است. فشار خروجی از نازل به دلیل انبساط کاهش می‌یابد به طوری که عدد ماخ در خروجی محفظه چرخشی تقریباً به مقدار واحد می‌رسد، در این نقطه جریان حداکثر سرعت و حداقل دما را داراست. جریان چرخشی ایجاد شده، سطح مقطعی برابر با سطح مقطع لوله دستگاه داشته، لذا به همان فرم مماسی چرخشی از محفظه خارج می‌شود. با ورود مماسی جریان به داخل لوله وجود نیروی گریز از مرکز، هوا در نزدیکی جداره داخل لوله حرکت می‌کند و لذا یک خلأ نسبی در مرکز لوله بوجود می‌آید. جریان بتا حرکت مارپیچ به سمت انتهایی که شیر تنظیم وجود دارد پیش خواهد رفت. چراغ که فشار پشت نازل بیشتر از فشار محیط بوده و لذا گرادیان محوری فشار بین نازل و خروجی گرم لوله وجود خواهد داشت. با حرکت سیال به سمت انتهایی گرم به مرور از سرعت آن کاسته شده و از شدت نیروی گریز از مرکز قادر به نگهداری سیال در نزدیکی جداره لوله نمی‌باشد. بدین ترتیب با حرکت جریان به سمت شیر تنظیم، قسمت مرکزی لوله نیز توسط سیال اشغال می‌شود و از طرفی به علت محدودیتی که شیر انتهایی گرم در مقابل بوجود می‌آید. یا توجه به خلأ پدیده آمده در مرکز نازل، جریان شروع به بازگشت نموده و از خروجی سرد دستگاه خارج می‌شود. شکل (۱) نمای کلی لوله گردبادی و جریان‌های خروجی از آن را نشان می‌دهد.

سرمایش توسط هوای فشرده به کمک لوله گرد بادی

عامل اصلی در ایجاد هوای گرم و سرد در لوله‌های گرد بادی، فشار هوای ورودی است. نتایج تجربی راز نمونه‌های ساخته‌شده بیانگر افزایش دمای هوای گرم و کاهش بیشتر هوای سرد نسبت به افزایش هوای ورودی است. به‌عنوان مثال برای هوای ورودی با فشار و دمای جریان هوای گرم و دمای جریان هوای سرد می‌باشد که اختلاف دمای دو جریان است.

حال با افزایش فشار ورودی به دمای هوای گرم و دمای هوای سرد می‌گردد که اختلاف دمای دو جریان می‌باشد. از طرف دیگر افزایش دبی هوای فشرده موجب افزایش دمای هوای گرم و کاهش بیشتر دمای هوای سرد می‌گردد. نکته قابل توجه در ساخت لوله گرد بادی، محل نازل ورودی هوای فشرده در محفظه چرخشی دستگاه است. معمولاً در راستای ایجاد جریان چرخشی دو نازل به‌طور مماسی در سطح مقطع محفظه چرخشی دستگاه در نظر گرفته می‌شود که فاصله بین دو نازل یکی از پارامترهای اساسی در لوله‌های گردبادی است به‌گونه‌ای که اگر چنانچه فاصله بین این دو نازل خیلی کم باشد، اختلاف دما بین جریان‌های هوای گرم و سرد ناچیز خواهد بود. لوله گرد بادی در عین سادگی از نظر ترمودینامیکی و سیالاتی بسیار پیچیده می‌باشد و پژوهشگران تاکنون نتوانسته‌اند تحلیل جامعی از چگونگی فرآیند جدایش انرژی درون آن ارائه نمایند. شناخت و طراحی بهینه دستگاه نیاز به حل معادلات موازنه جرم، ممنتوم و انرژی برای جریان سیال تراکم پذیر در دستگاه مختصات سه‌بعدی استوانه‌ای دارد.



شکل ۱: طرح شماتیک لوله گردبادی

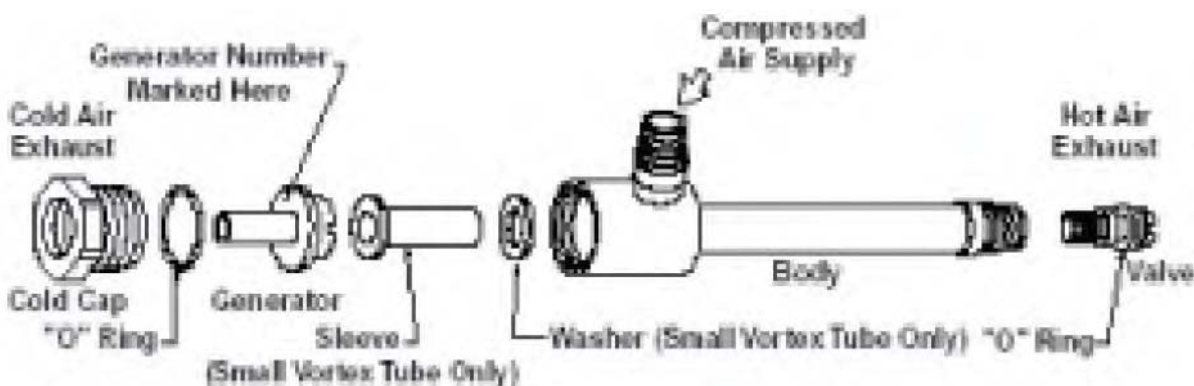
سرمایش توسط هوای فشرده به کمک لوله گرد بادی

اجزا دستگاه

لوله‌های گزد بادی از مکانیزم ساده‌ای تشکیل شده‌اند و مهم‌ترین نکته مربوطه، عدم وجود قطعات متحرک در داخل دستگاه می‌باشد. شکل (۲) کلیه قطعات موجود در یک لوله گردبادی را نشان می‌دهد.

اجزا دستگاه عبارت‌اند از:

- ۱- شیر تنظیم (درپوش هوای گرم)
- ۲- بدنه لوله به همراه ورودی هوای فشرده
- ۳- محفظه ایجاد جریان چرخشی
- ۴- اورینگ
- ۵- درپوش هوای سرد



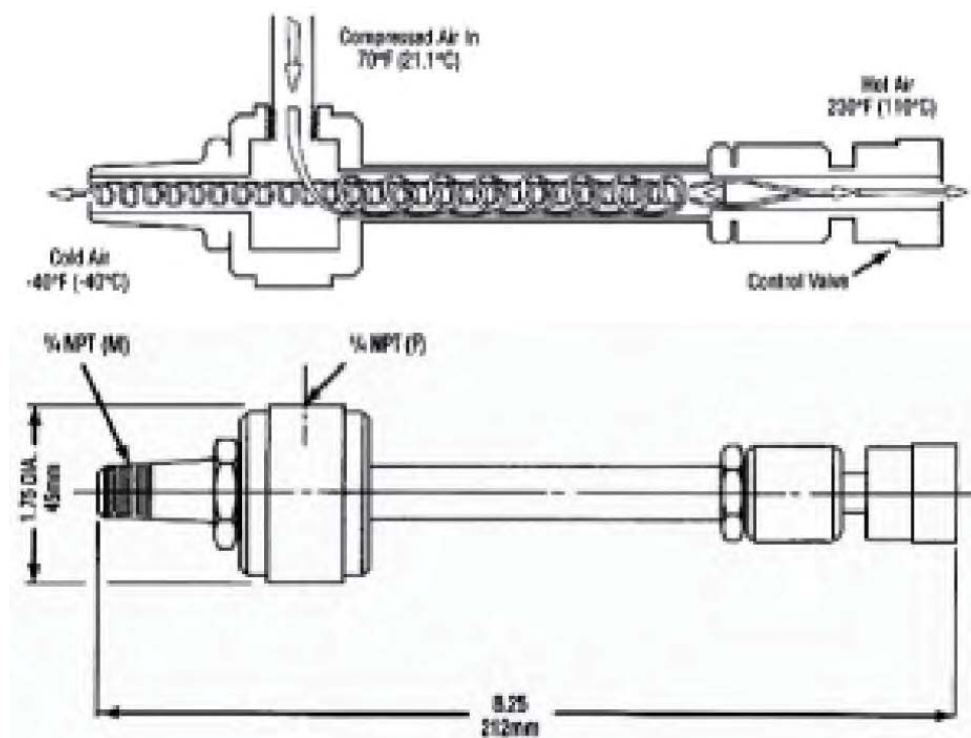
شکل ۲: نقشه انفجاری لوله گردبادی

مزایا و معایب

از آنجائیکه در مراکز صنعتی و کارخانجات، خط هوای فشرده موجود می‌باشد و از طرفی چون لوله‌های گرد بادی به عامل محرک دیگری نیاز ندارند لذا بزرگ‌ترین مزیت لوله‌های گرد بادی عدم نیاز به انرژی حرارتی، الکتریکی و مکانیکی می‌باشد. کوچک بودن، سبک و کم حجم بودن، تعمیر و نگهداری آسان، هزینه ساخت پایین، امکان تنظیم دمای هوای سرد و گرم، قیمت ارزان، نداشتن قسمت متحرک، همگی از مزایای لوله‌های گردبادی بشمار می‌روند.

سرمایش توسط هوای فشرده به کمک لوله گرد بادی

همچنین هوا در این دستگاه به‌عنوان یک مبرد بدون آلودگی‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود. از طرف دیگر پایین بودن راندمان تبرید، نیاز به هوای فشرده و آلودگی صوتی از معایب لوله گردبادی بشمار می‌آیند. شکل (۳) طرح یک لوله گردبادی شرکت را نشان می‌دهد. این شکل علاوه بر به تصویر کشیدن عملکرد لوله، ابعاد کلی دستگاه کوچک بودن دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۳: یک نمونه لوله گردبادی ساخت شرکت EXAIR

کاربردها

با توجه به شرح عملکرد دستگاه، لوله‌های گردبادی اکثراً در زمینه‌های تبرید و خنک کاری بکار می‌روند. معمولاً در مواردی که به خنک کاری و سرد کاری در حجم کمی به کار مورد نیاز است و از طرف دیگر موقعیت مورد نیاز به لحاظ فیزیکی، پیچیده و غیرقابل دسترسی است از لوله‌های گردبادی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال در صنایع فولاد و سرامیک برای اندازه‌گیری‌های دوره‌ای از کوره و یا قطعات، کاربر با استفاده از یک لوله گردبادی می‌تواند محیط اطراف خود را خنک نگه‌داشته و در مدت‌زمان کوتاهی اندازه‌گیری را انجام دهد. شکل (۴)