بسم الله الرحمن الرحيم

شرکت پالایش نفت جی
(سهامی عام)

موضوع : دی‌سوپرهیت و روش‌های دی‌سوپرهیت کردن بخار

تهیه شده :

واحد مهندسی فرآیند

آذر ماه ۱۴۰۱

فهرست

مقدمه **۴**

اساس دی‌سوپرهیت **۵**

انواع رایج دی‌سوپرهیت‌ها **۷**

خلاصه **۳۰**

مقدمه :

بخار سوپرهیت بخاری است که در دمایی بالاتر از دمای اشباع فشار بخار است ، به عنوان مثال بخار با فشار ۳ بار دارای دمای اشباع ۱۴۳,۷۶۲ درجه سانتی‌گراد است . اگر حرارت بیشتری به این بخار اضافه شود و فشار روی ۳ بار بماند ، بخار فوق گرم می‌شود این گرمای اضافی منجر به بخاری می‌شود که :

۱- دمای بخار از دمای اشباع بالاتر رود

۲- بخار دارای انرژی بیشتری نسبت به بخار اشباع می‌باشد

۳- بخار دارای حجم ویژه بیشتری در مقایسه با بخار اشباع گردد

اگرچه بخار سوپرهیت دارای انرژی گرمایی بالاتری است اما این انرژی به ۳ صورت است : آنتالپی آب ، آنتالپی تبخیر و آنتالپی سوپرهیت . توده اصلی در آنتالپی تبخیر است و این انرژی در بخار سوپر-هیت سهم کمتری دارد ، برای مثال برای بخار سوپرهیت ۲۰ بار با درجه حرارت ۲۷۵ درجه ساتی‌گراد داریم :

آنتالپی آب = ۹۱۹۵۱۱ ژول بر کیلوگرم

آنتالپی بخار = ۱۸۷۰۰۰۰ ژول بر کیلوگرم

آنتالپی سوپرهیت = ۲۹۶۰۰۰۰ ژول بر کیلوگرم

زمانی که از بخار سوپرهیت به عنوان ماده انتقال حرارت استفاده می‌شود ضریب انتقال حرارت پایین و متغیر است و تعیین دقیق آن مشکل است این امر کنترل دقیق را در تجهیزات انتقال حرارت مشکل می‌شازد در این صورت به مبدل‌های حرارتی بسیار بزرگ و گزان قیمت مورد نیاز می‌باشد . زمانی که بخار سوپرهیت تا دمای اشباع سرد شود (عملیات دی‌سوپرهیت) ، ضریب انتقال حرارت بصورت شگرف افزایش می‌یابد و دما در نقطه‌ای که بخار به مایع تبدیل می‌شود ثابت باقی می‌ماند این امر موجب کنترل دقیق تجهیزات انتقال حرارت می‌شود . وجود ضریب انتقال حرارت بالا در بخار اشباع باعث استفاده نمودن از مبدل‌های حرارتی کوچک و ارزان قیمت در مقایسه با بخار سوپرهیت می‌شود . برخی فرآیندها مانند ستون‌های تقطیر وقتی بخار سوپرهیت را استفاده می‌کنند راندمان کمتری دارند . دمای بالاتر بخار سوپرهیت ممکن است باعث افزایش مقدار مصرف آن شود و بنابراین تجهیزات گرانتری مورد نیاز است ، دمای بالاتر بخار سوپرهیت ممکن است به تجهیزات حساس آسیب برساند .

این معایب که نام برده شد باعث می‌شود که بخار سوپرهیت برای کاربردهای حرارتی نامطلوب باشد لذا باید بخار سوپرهیت را به بخار دی‌سوپرهیت تبدیل کرد .

اساس دی‌سوپرهیت نمودن بخار :

دی‌سوپرهیت فرآیندی است که بخار سوپرهیت به بخار اشباع تبدیل می‌شود و یا آنکه دمای سوپرهیت کاهش می‌یابد . بیشتر دی‌سوپرهیت‌ها برای برگشت دادن بخار سوپرهیت به بخار اشباع یا بخاری نزدیک به دمای بخار اشباع بکار می‌روند (معمولا ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای اشباع) ساده ترین نوع دی‌سوپرهیتر بخش بدون تأخیر لوله است که در آن گرما می‌تواند به محیط تابش شود . با این حال جدا از خطر آشکار آسیب به پرسنل و هدر رفتن انرژی گرمایی این رویکرد برای جبران تغییرات در شرایط محیطی ، دمای بخار یا دبی بخار تنظیم می‌شود .

چندین طرح از دی‌سوپرهیتر موجود است و توصیه می‌شود هنگام اندازه‌گیری و انتخاب ایستگاه مناسب برای یک کاربرد خاص ، ویژگی‌های زیر در نظر گرفته شود :

نسبت ترمیم همانطور که در معادله زیر نشان داده شده است ، برای توصیف محدوده دبی هایی که دی‌سوپرهیتر بر روی آن کار می‌کنند استفاده می‌شود .

$$\text{Turndown} = \frac{\max flow}{\min flow}$$

این یک پارامتر مهم است زیرا هرگونه تغییر در فشار ورودی ، دما یا دبی جریان باعث تغییر در نیاز مایع خنک کننده می‌شود . به طور کلی ۲ نوع ترمیم ممکن است برای یک دی‌سوپرهیتر خاص مشخص شود :

۱- نسبت ترمیم بخار : این نشان دهنده‌ی محدوده دبی بخاری است که دستگاه می‌تواند به طور مؤثر گرمایش کند .

۲- نسبت ترمیم آب خنک کننده : این ترمیم نشان دهنده‌ی محدوده دبی خنک کننده قابل استفاده است . اگرچه این امر مستقیماً به نسبت کاهش بخار تأثیر می‌گذارد ، اما این رابطه به دمای بخار سوپرهیت ، آب خنک کننده و بخار خارج شده حاصل از آن بستگی دارد معادله زیر معادله جرم برحسب گرما برای این کاربرد است .

$$\dot{m}_{cw} = \frac{\dot{m}_s (h_s - h_d)}{(h_d - h_{cw})}$$

Where:

$\dot{m}_{cw}$ = Mass flowrate of cooling water (kg/h)

$\dot{m}_s$ = Mass flowrate of superheated steam (kg/h)

h_s = Enthalpy at superheat condition (kJ/kg)

h_d = Enthalpy at desuperheated condition (kJ/kg)

h_{cw} = Enthalpy of cooling water at inlet connection (kJ/kg)

لازم به ذکر است که دبی بخار و مایع خنک کننده نسبت مستقیمی با یکدیگر دارند . اگر با استفاده از یک دی‌سوپرهیتر نتوان به ترمیم مورد نیاز دست یافت ، می‌توان ۲ عدد دی‌سوپرهیتر را به طور موازی نصب کرد و عملکرد را از یکی به دیگری تغییر داد ، یا هر دو بسته به تقاضای بخار می‌توانند فعال باشند .

لازم به ذکر است که دی‌سوپرهیتر خود تنها بخشی از یک ایستگاه دی‌سوپرهیت است که شامل سیستم کنترل لازم برای عملکرد صحیح خواهد بود .

- **فشار و دمای عملیاتی**
- **جریان بخار و آب**
- **مقدار سوپرهیت قبل و مقدار دی‌سوپرهیت مورد نیاز بعد از فرآیند**
- **فشار آب موجود**
- **دقت مورد نیاز دمای نهایی**
- **در مورد دی‌سوپرهیترهای درون خطی مسافت طی شده توسط بخار قبل از گرم زدایی کامل نیز یک ملاحضه مهم است ، به این طول جذب گفته می‌شود .**

بخش‌های زیر شامل توضیحاتی در مورد انواع رایج دی‌سوپرهیترهای موجود و محدودیت‌های آن‌ها و کاربردهای معمولی است :

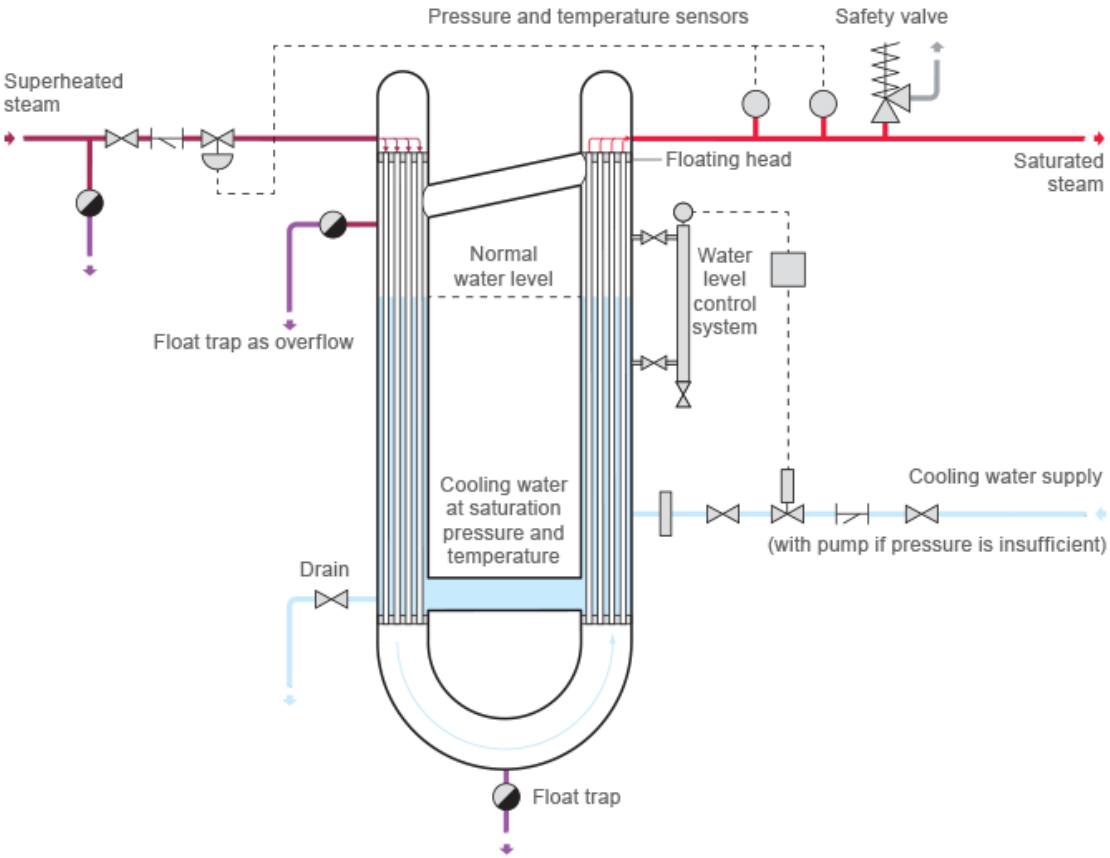
۱– دی‌سوپرهیت‌های تماس غیر مستقیم :

(Tube bundle type desuperheater)

این نوع دی‌سوپرهیتر از یک مبدل حرارتی ، معمولا یک پوسته و لوله با بخار سوپرهیت در یک طرف و سیال خنک کننده در طرف دیگر تشکیل شده است . پوسته اولین مبدل حرارتی (حاوی آب خنک کننده) در دو انتها در سمت ورودی ثابت است ، در حالیکه در سمت خروجی ، در پایین ثابت و در بالا باز و متغییر است .

سر شناور اجازه می‌دهد تا فشار در دو بخش پوسته برابر شود . محیط آب خنک‌کننده در دما و فشار اشباع است . همانطور که بخار سوپرهیت وارد اولین و سپس مجموعه دوم لوله‌ها می‌شود ، گرما را به آب می‌دهد که بخشی از آن با این افزودن انرژی تبخیر می‌شود . آب خنک‌کننده تبخیر شده از سر شناور عبور می‌کند و در سمت خروجی پوسته جمع می‌شود ، سپس از انتهای باز پوسته می‌گذرد و در آنجا با بخار آب گرم شده ترکیب می‌شود .

مطابق شکل زیر :



مزایا :

۱- ترمیم فقط توسط کنترل‌هایی که نصب شده‌اند محدود می‌شود .

۲- این طرح قادر به تولید بخار دی‌سوپرهیت تا ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از بخار اشباع است .

۳- حداکثر دما و فشار عملیاتی بالا ، معمولا حدود ۶۰ بار و ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد .

۴- پاسخ سریع

معایب :

۱- حجیم می‌باشد – به دلیل اینکه در حال حاضر تعدادی دستگاه درون خطی موجود است و تا حد زیادی جایگزین آنها شده است

۲- هزینه‌ی آن بالا می‌باشد

۳- یک نگرانی مهم در مورد این نوع دی‌سوپرهیتر ، کارایی فرآیند تبادل حرارت است . تجمع هوا یا لایه‌های رسوب بر روی سطح تبادل حرارت می‌تواند به عنوان یک مانع بسیار مؤثر برای انتقال حرارت عمل کند .

۲– دی‌سوپرهیت‌های تماس مستقیم :

(Water bath type desuperheater)

این ساده ترین شکل دی‌سوپرهیتر تماس مستقیم است . بخار سوپرهیت به حمام آب تزریق می‌شود این گرمای اضافی باعث تبخیر بخار اشباع از سطح حمام می‌شود . یک کنترل کننده‌ی فشار ، فشار ثابتی را در ظرف نگهداری می‌کند و از این رو دما و فشار بخار اشباع شده در لوله پایین دست را حفظ می‌کند .

از آنجا که بخار سوپرهیت در واحد جرم انرژی بیشتری نسبت به بخار اشباع دارد ، بخار بیشتری نسبت به بخاری که واقعا وارد دی‌سوپرهیتر می‌شود ، تبخیر می‌شود ، در نتیجه سطح آب کاهش می‌یابد و بنابراین باید برای حفظ این سطح تمهیداتی در نظر گرفته شود . این معمولا به پمپی با طراحی مشابه به پمپ آب تغذیه دیگ بخار نیاز دارد ، زیرا آب باید در برابر فشار مخزن پمپ شود . یک شیر بدون بازگشت در منبع بخار سوپرهیت مورد نیاز است تا در صورت افت فشاردر بخار اصلی سوپرهیت ، آب از حمام به داخل سیستم بخار سوپرهیت کشیده نشود .

مزایا :

۱- روش آن ساده است

۲- بخار در دمای اشباع تولید می‌شود

۳- بخار با ضریب خشکی ۰,۹۸ قابل تولید است

۴- نسبت ترمیم فقط توسط کنترل‌هایی که نصب شده‌اند محدود میگردد

معایب :

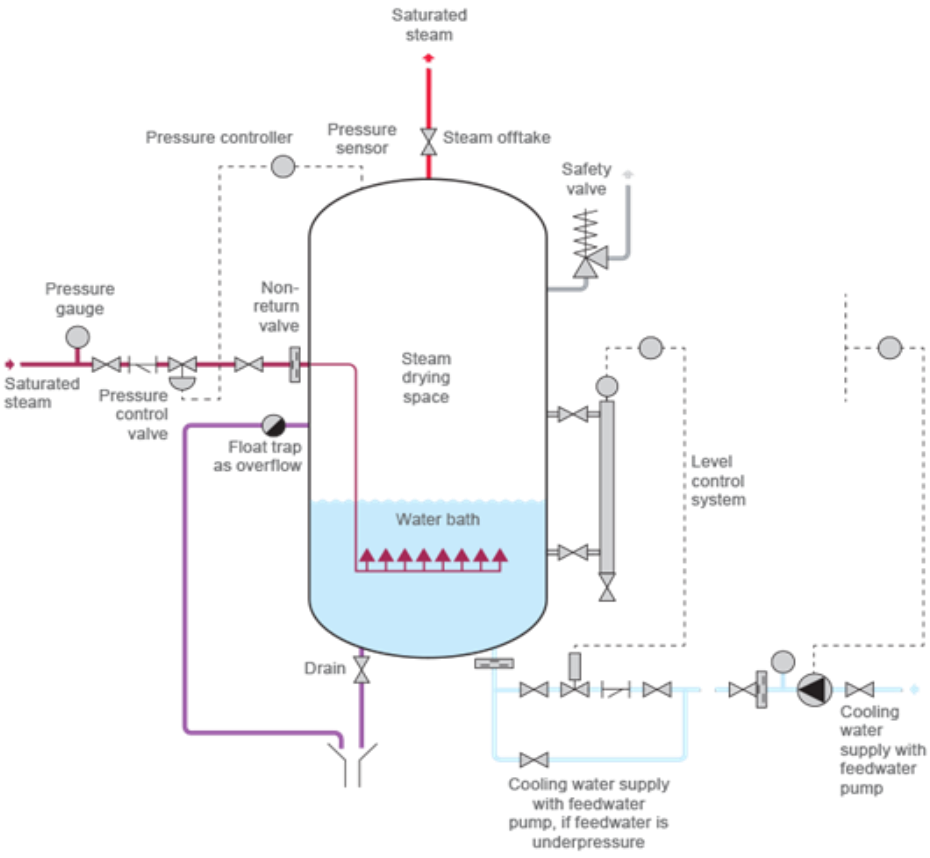
۱- برای دماهای بالا عملی نیست

کاربردها :

۱- تغییرات گسترده در سرعت جریان

۲- در جایی که هیچ سوپرهیت باقیمانده‌ای را نمی‌توان تحمل کرد

در زیر نمایی از مدل Water bath را مشاهده میکنید .



اسپری آب دی‌سوپرهیت (Water spray desuperheating)

این نوع گرمایش بیش از حد ، اکثریت قریب به اتفاق کاربردهای دی‌سوپرهیت را نشان می‌دهد . در دی‌سوپرهیت‌های اسپری آب ، بخار سوپرهیت از طریق قسمتی از لوله که دارای یک یا چند نازل اسپری است عبور می‌کند ، اینها یک اسپری خوب از آب خنک‌کننده را به بخار سوپرهیت تزریق می‌کند که باعث می‌شود آب به بخار تبدیل شود و مقدار سوپرهیت را کاهش دهد .

آب خنک‌کننده ممکن است که به روش‌های مختلفی وارد بخار سوپرهیت شود ، در نتیجه انواع مختلفی از دی‌سوپرهیتر اسپری آب وجود دارد . با وجود این مسئله بیشتر بخارهای اسپری آب تحت تأثیر عوامل زیر قرار می‌گیرند :

۱- اندازه ذرات :

هرچه اندازه ذرات آب کوچکتر باشد ، نسبت سطح به جرم بیشتر است و سرعت انتقال حرارت بالاتر است . از آنجایی که آب مستقیما به بخار سوپرهیت متحرک تزریق می‌شود ، هرچه اندازه ذرات کوچکتر باشد ، فاصله مورد نیاز برای تبادل گرما کمتر می‌شود .آب با استفاده از یک دستگاه مکانیکی (مانند یک نازل با دهانه متغییر یا ثابت) یا نازل‌های اتمیزه‌کننده‌ی بخار به ذرات کوچک تبدیل می‌شود .

۲- آشفتگی :

زمانیکه جریان درون خط لوله متلاطم‌تر می‌شود ، ذرات آب حباب شده مدت بیشتری در دی-سوپرهیت باقی می‌مانند و امکان انتقال حرارت بیشتر را فراهم میکنند . علاوه بر این ، تلاطم مخلوط شدن آب خنک‌کننده و بخار سوپرهیت را تشویق می‌کند . افزایش آشفتگی باعث می‌شود که مسافت کوتاه‌تری برای Desuperheating کامل لازم باشد .

آشفتگی به دو صورت ایجاد می‌شود :

۱- افت فشار در سراسر نازل : قرار دادن آب خنک‌کننده در معرض افت فشار بالاتر ، سرعت جریان را افزایش داده و تلاطم بیشتری ایجاد می‌کند .

۲- سرعت : با افزایش سرعت کلی مخلوط آب و بخار ، مقدار تلاطم ذاتا افزایش می‌یابد . افزایش سرعت معمولا با ایجاد محدودیت در مسیر بخار حاصل می‌شود که بیشتر با ریختن گرداب تلاطم ایجاد می‌کند .

علاوه بر این سرعت‌های بالا ، اگر از شیوه‌های طراحی لوله‌کشی ضعیف استفاده شود ، سرعت بخار سوپرهیت در تئوری می‌تواند به ۱ ماخ نزدیک شود . در چنین سرعت‌هایی تعدادی مشکلات (از جمله تولید امواج ضربه‌ای) رخ می‌دهد . با این حال این سرعت ، بیشتر از سرعت‌های مورد استفاده در طراحی لوله‌کشی مناسب می‌باشد . سرعت معمولی بخار که وارد یک دی‌سوپرهیتر می‌شود یابد حدودا بین ۴۰ تا ۶۰ متر بر ثانیه باشد .

سرعت جریان آب خنک کننده :

سرعتی که می‌توان آب خنک‌کننده را به بخار سوپرهیت اضافه کرد ، تحت تأثیر عواملی است که در رابطه زیر مرتبط هستند :

$$Q_V = C\ A\ \sqrt{2gh}$$

Where:

q_v = Volumetric flowrate (m^3/s)

C = Coefficient of discharge (dimensionless)

A = Area of orifice (m^2)

g = Gravitational constant (9.8 m/s^2)

h = Differential pressure (m)

با توجه به اینکه C و g ثابت هستند ، بررسی معادله بالا نشان می‌دهد که تنها ۲ عامل را می‌توان برای تغییر سرعت جریان آب خنک‌کننده ، تغییر داد ؛

۱) تغییر افت فشار روی دهانه نازل :

h- بیان دبی به عنوان تابعی از افت فشار روی نازل ($V \propto \sqrt{h}$) ، این بدین معناست که اگر به طور مثال دبی با ضریب ۵ افزایش یابد فشار موجود باید با ضریب ۲۵ افزایش یابد . علاوه بر تأثیر بر دبی آب خنک‌کننده ، ۲ ملاحضه مهم دیگر هنگام تعیین فشار آب خنک‌کننده مورد نیاز وجود دارد :

a) فشار آب خنک‌کننده باید بیشتر از فشار بخار سوپرهیت در نقطه تزریق باشد .

b) هرچه افت فشار در نازل بیشتر باشد ، اتمیزه شدن آب خنک‌کننده بهتر است .

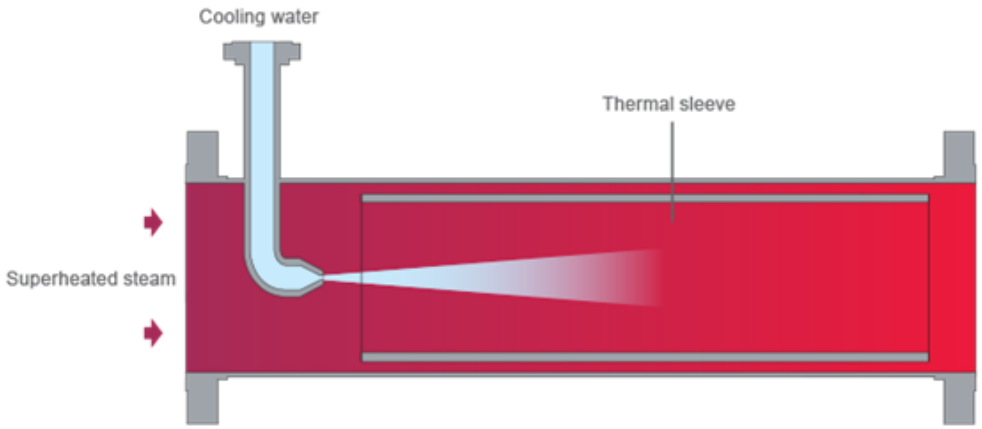
۲) تغییر مساحت روزنه (A) ، بیان دبی به صورت تابعی از مساحت روزنه :

($V \propto A$) ، این رابطه مستقیم بدان معناست که اگر قرار باشد جریان با ضریب ۵ افزایش یابد ف مساحت موجود نیز باید با ضریب ۵ افزایش یابد . این تغییر ممکن است به سادگی توسط یک روزنه بدست آید ، که توانایی تغییر در مساحت یا با تغییر تعداد روزنه‌های عبوری مایع خنک‌کننده این حالت ممکن است .

آستین‌های حرارتی (Thermal sleeve**):**

برای اطمینان از اینکه آب از حالت تعلیق خارج نمی‌شود ، به کنترل دقیق اسپری نیاز است ، زیرا این امر می‌تواند منجر به ایجاد تنش‌های حرارتی در خط لوله شود و ممکن است ترک بخورد . با این حال در برخی موارد از یک آستین حرارتی داخلی برای محافظت در برابر آن استفاده کرد .

آستین حرارتی همچنین اجازه می‌دهد تا بخار سوپرهیت در اطراف ناحیه حلقوی بین آستین و قطر داخلی لوله گردش کند . این یک سطح داغ را فراهم می‌کند که آب تزریق شده می‌تواند بر روی آن تبخیر شود بر خلاف دیواره‌های دی‌سوپرهیتر ، که به طور اجتناب ناپذیری سردتر هستند .



انواع دی‌سوپرهیترهای اسپری آب :

(Water spray type desuperheaters)

دی‌سوپرهیترهای اسپری تزریق شعاعی تک نقطه‌ای :

ساده‌ترین روش تزریق آب خنک‌کننده ، وارد کردن نازل از طریق دیواره لوله است . ذرات آب خنک-کننده در سراسر جریان بخار سوپرهیت اسپری می‌شوند . مقدار آب خنک‌کننده تزریق شده با تغییر موقعیت ولو در مرکز نازل کنترل می‌شود .

مزایا :

۱- فرآیند آن ساده است

۲- مقرون به صرفه است

۳- افت فشار در آن حداقل است

معایب :

۱- نسبت ترمیم پایین ، معمولا ۱ به ۳ در جریان بخار و آب خنک‌کننده

۲- دمای بخار دی‌سوپرهیت را فقط می‌توان تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای اشباع تنظیم کرد

۳- طول جذب بیشتری از نوع اتمیزه‌کننده‌ی بخار دارد

۴- بیشتر مستعد آسیب فرسایش به لوله‌های داخلی است (این موضوع را می‌توان با استفاده از یک آستین حرارتی برطرف کرد.)

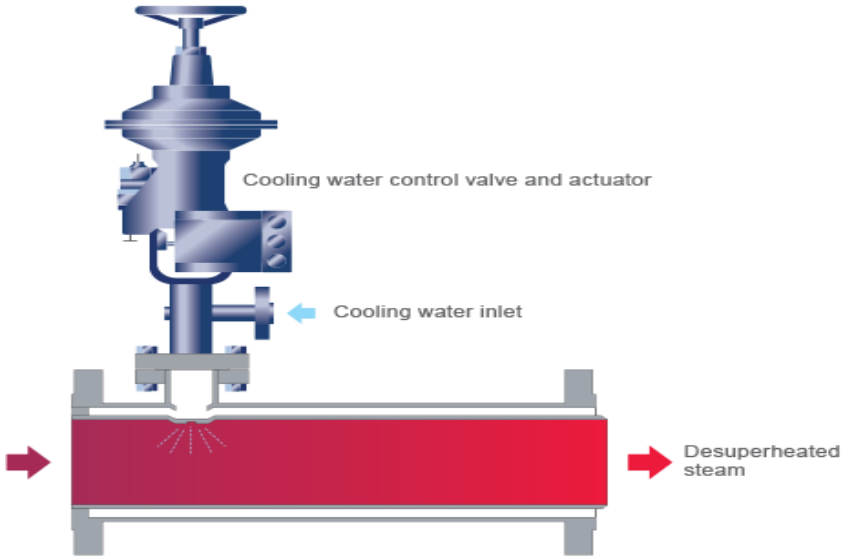
۵- اندازه لوله‌ی آن محدود است

کاربردها :

۱- Load بخار ثابت باشد

۲- دمای بخار ثابت باشد

۳- دمای مایع خنک‌کننده ثابت باشد



دی‌سوپرهیترهای اسپری تزریق شعاعی چند نقطه‌ای :

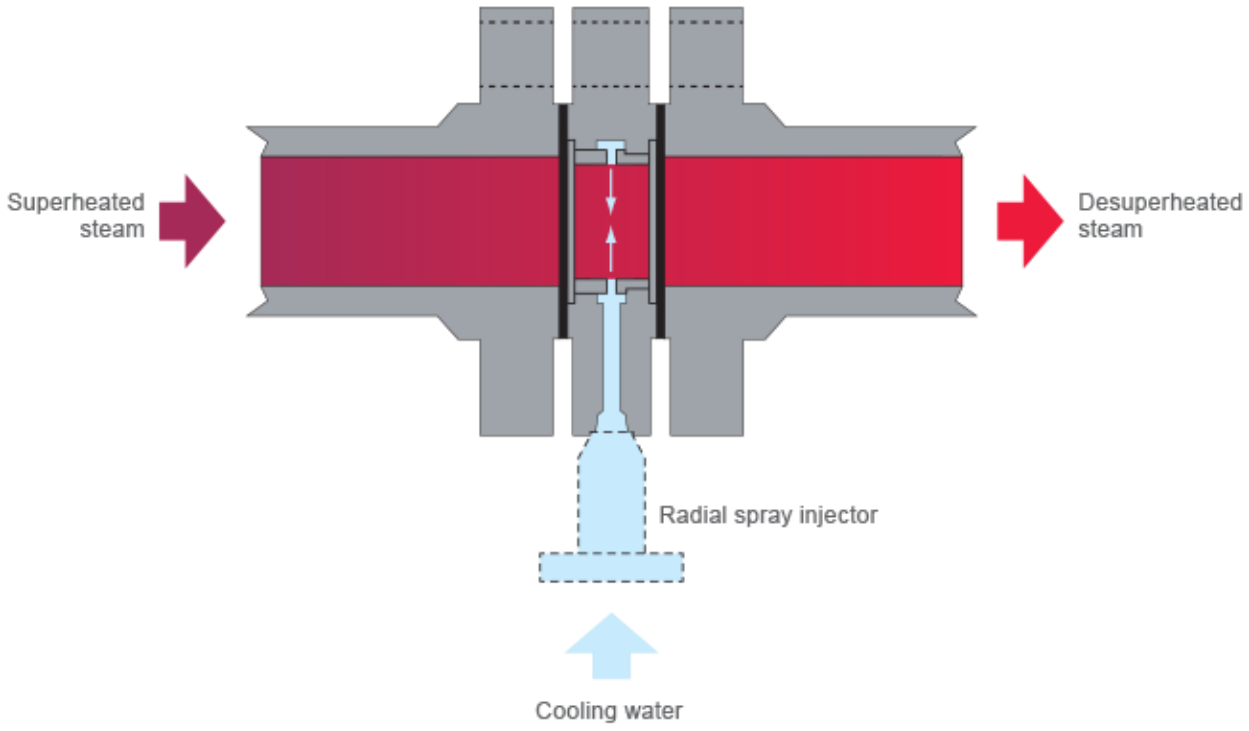
این مدل پیشرفتی از دی‌سوپرهیتر اسپری تزریق شعاعی تک نقطه‌ای است . آب خنک‌کننده از تعدادی روزنه در اطراف محیط لوله به داخل اسپری می‌شود .

مزایا :

۱- فشار مایع خنک‌کننده کمتر از فشار در نسخه تک نقطه است ، بنابراین استفاده از آستین حرارتی ضروری نیست .

۲- طول جذب در مقایسه با نسخه تک نقطه‌ای به دلیل اختلاط بهتر آب و بخار سوپرهیت کمتر است .

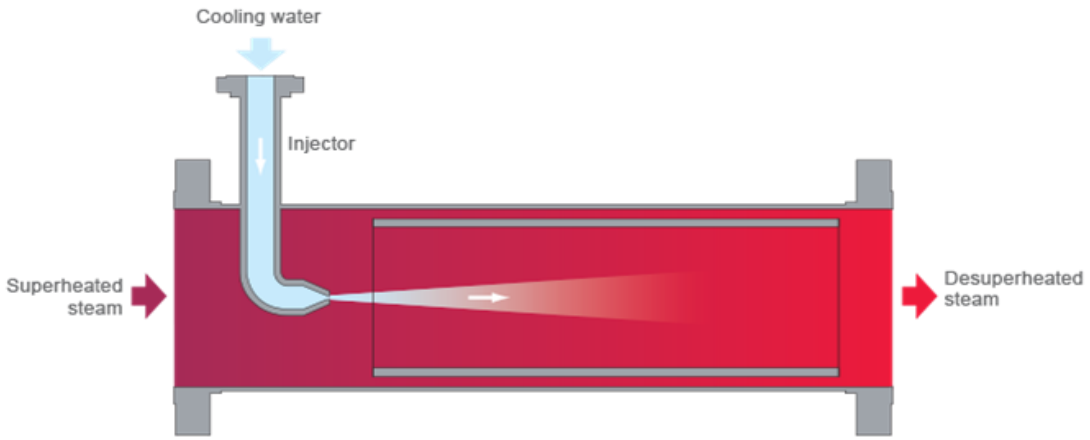
مزایا ، معایب و کاربردهای دیگر مشابه دستگاه‌های اسپری تزریق شعاعی تک نقطه‌ای است .



دی‌سوپرهیترهای اسپری تزریق محوری :

(Axial injection spray desuperheaters)

این مدل همچنین یک دی‌سوپرهیتر تزریقی ساده در خط است ، اما نقطه تزریق به محور خط لوله منتقل می‌شود . آب خنک‌کننده از طریق یک یا چند نازل اتمیزه‌کننده به جریان بخار تزریق می‌شود . این واحد معمولا از یک آستین حرارتی استفاده می‌کند .

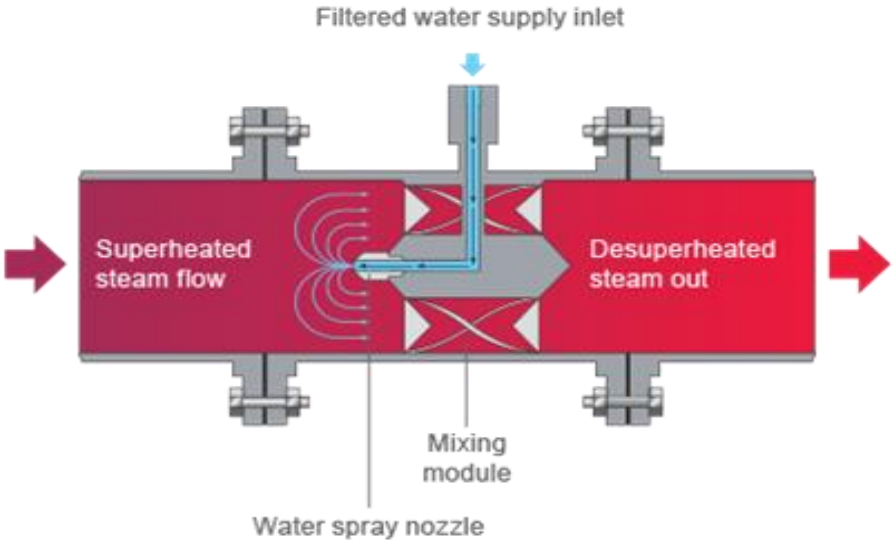


تزریق محوری آب خنک‌کننده ، اختلاط آب و بخار سوپرهیت را با ۲ روش بهبود می‌بخشد :

۱- همانطور که آب در امتداد مرکز خط لوله تزریق می‌شود ، بطور یکنواخت در سراسر بخار سوپرهیت توزیع می‌شود .

۲- لوله انتقال آب خنک‌کننده که در خط لوله قرار میگیرد به عنوان یک مانع عمل می‌کند و به دلیل ریزش گرداب ، آشفتگی اضافی در نقطه‌ی تزریق آب ایجاد می‌کند .

اصلاح این آرایش اولیه شامل چرخاندن نازل به گونه‌ای است که آب خنک‌کننده در مقابل جریان بخار در بالا دست پاشیده شود . سرعت بالای بخار سوپرهیت ، الگوی جریان آب اسپری را معکوس می‌کند و آن را از طریق یک محفظه‌ی اختلاط به عقب می‌فرستد . این امر باعث می‌شود که آب و بخار در طول جذب کوتاه‌تر مخلوط شوند .



مزایا :

۱- فرآیند آن ساده است

۲- دارای قطعات متحرک نمی‌باشد

۳- مقرون به صرفه در طیف وسیعی از اندازه‌ها می‌باشد

۴- حداقل افت فشار بخار

معایب :

۱- نسبت ترمیم پایین ، معمولا حداکثر ۱ به ۳ در جریان بخار و آب خنک‌کننده .

۲- دمای بخار دی‌سوپرهیت را فقط می‌توان تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای اشباع کاهش داد

۳- طول جذب طولانی‌تر از نوع اتمیزه‌کننده‌ی بخار ، اما کمتر از دی‌سوپرهیترهای شعاعی

۴- بیشتر مستعد آسیب فرسایش به لوله‌های داخلی است (این موضوع را می‌توان با ایجاد آستین حرارتی برطرف کرد .)

کاربردها :

۱- Load بخار ثابت باشد

۲- دمای بخار ثابت باشد

۳- دمای مایع خنک‌کننده ثابت باشد

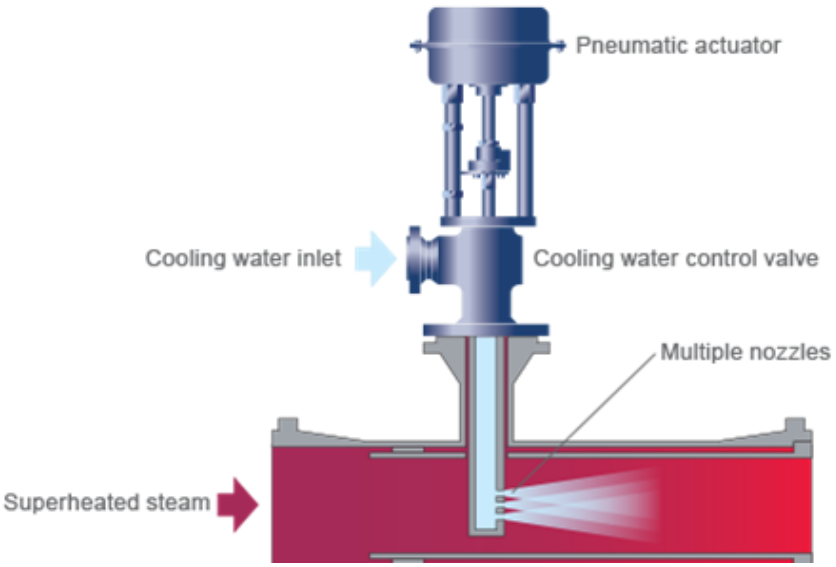
تمامی این کاربردها به معنای نیاز به آب خنک‌کننده نسبتا ثابت است .

دی‌سوپرهیترهای تزریق محوری چند نازل :

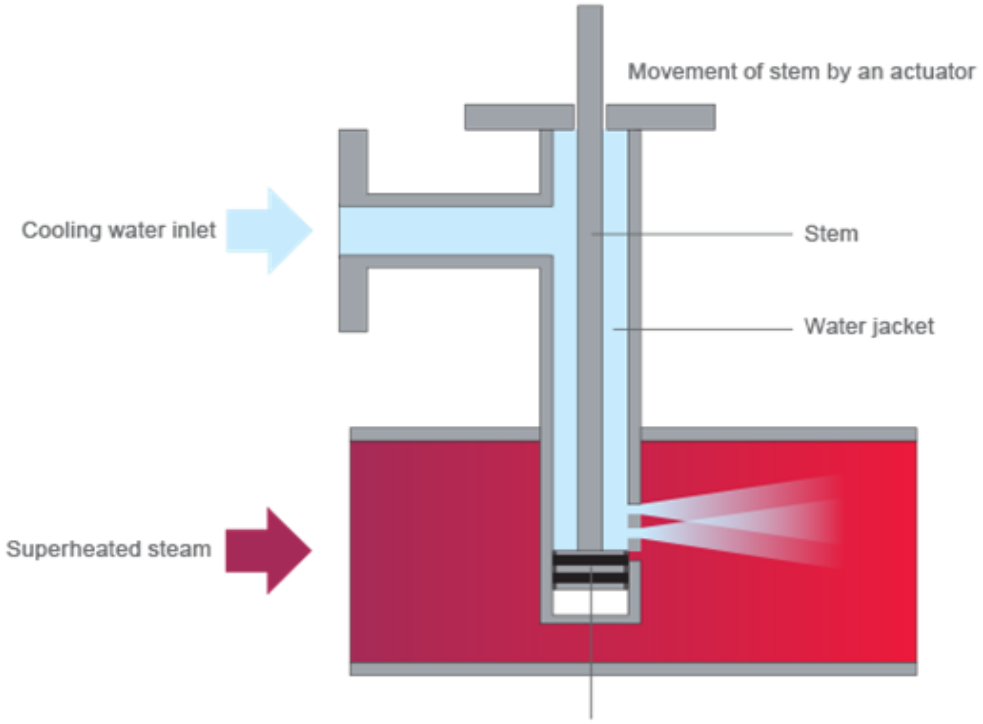
(Multiple nozzle axial injection desuperheaters)

دی‌سوپرهیتر تزریق محوری چند نازل به جای یک نازل ، تعدادی نازل را در جریان بخار سوپرهیت فراهم می‌کند . این باعث پراکندگی خوب قطرات مایع می‌شود . ۳ مدل از دی‌سوپرهیتر تزریق محوری چند نازلی وجود دارد :

۱- نوع منطقه ثابت : تمام نازل‌ها در هنگام کار دی‌سوپرهیتر باز هستند و آب خنک‌کننده توسط یک شیر کنترل آب تنظیم می‌شود .



۲- نوع اسپری متغیر : دمای پایین دست تعداد نازل‌های در معرض دید را تأمین می‌کند . آب خنک‌کننده از طریق ژاکت آب وارد دی‌سوپرهیتر ، به ناحیه‌ی آب‌بندی بالای دیسک می‌شود . هنگامیکه افزایش دمای بخار پایین دست توسط سیستم کنترل دمای مربوطه تشخیص داده می‌شود ، محرک ساقه را به سمت پایین حرکت می‌دهد و به تدریج نازل‌های بیشتری را در معرض دید قرار می‌دهد .
زمانیکه تقاضا برای آب خنک‌کننده تغییر می‌کند ، آرایش ساقه و دیسک در صورت لزوم بالا و پایین می-رود . این فرآیند اثر تغییر سطح کلی دهانه را دارد .



۳- نوع کمک فنر : این مدل اساسا ترکیبی از ۲ مدل قبلی می‌باشد . به جای اینکه آرایش ساقه و دیسک توسط یک متحرک کنترل شود ، نوع فنر دارای یک پلاگین جریان فنری است که در پاسخ به تغییر فشار دیفرانسیل بین خنک‌کننده و بخار سوپرهیت حرکت می‌کند .

پلاگین متحرک تعداد نازل‌های باز را تغییر می‌دهد و در نتیجه جریان را به خط اصلی لوله تنظیم می-کند . علاوه بر این آب خنک‌کننده توسط یک ولو آب پاش تنظیم می‌شود .

توانایی کنترل فشار و جریان آب خنک‌کننده ، کنترل دقیقی بر مقدار آب تزریق شده بر بخار سوپرهیت را امکان‌پذیر می‌کند . با این حال این مدل به فشار آب خنک‌کننده بالایی نیاز دارد .

مزایا :

۱- نسبت ترمیم تا مقدار ۱ به ۸ در نوع منطقه ثابت ، ۱ به ۹ در نوع کمک فنری و ۱ به ۱۲ برای نوع منطقه متغییر امکان‌پذیر است .

۲- پراکندگی بهتر قطرات آب به این معنی است که طول جذب کمتر از دستگاه‌های تک نازل است .

۳- میزان افت فشار در آن حداقل است .

معایب :

۱- دمای بخار سوپرهیت را فقط می‌توان تا ۸ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای اشباع کاهش داد .

۲- طول جذب بیشتر از حالت اتمیزه‌کننده‌ی بخار است .

۳- اگر از آستین حرارتی استفاده نشود ، بیشتر مستعد آسیب فرسایش به خط لوله کشی داخلی است.

۴- برای لوله‌های کوچک مناسب نیست .

۵- به آب خنک‌کننده با فشار بالا نیاز است (بویژه در مدل کمک فنری)

۶- مناطق متغییر و انواع کمک فنر می‌توانند از لحاظ هزینه گران باشند .

دی‌سوپرهیترهای نوع ونتوری :

دی‌سوپرهیترهای نوع ونتوری از محدودیتی در خط لوله بخار سوپرهیت استفاده می‌کند تا منطقه‌ای با سرعت بالا و آشفتگی ایجاد کند ، که در آن آب خنک‌کننده تزریق می‌شود . این به برقراری تماس بین بخار و آب خنک‌کننده کمک می‌کند و کارایی فرآیند گرمایش را بهبود می‌بخشد .

فرآیند DE superheating در ۲ مرحله جداگانه انجام می‌شود :

۱- اولین مرحله DE superheating دردیفیوزر داخلی رخ می‌دهد . بخشی از بخار در نازل داخلی شتاب می‌گیرد و از سرعت برای اتمیزه کردن آب ورودی استفاده می‌شود . آب خنک‌کننده از طریق تعدادی جت کوچک به دیفیوزر تزریق می‌شود که به اتمیزه شدن بیشتر آب کمک می‌کند .

۲- در مرحله‌ی دوم ، یک مه اشباع از دیفیوزر داخلی به دیفیوزر اصلی خارج می‌شود و در آنجا با باقیمانده بخار مخلوط می‌شود .

خود دیفیوزر اصلی محدودیتی برای باقیمانده بخار ایجاد می‌کند و در نتیجه سرعت آن را در این ناحیه افزایش می‌دهد . بنابراین منطقه‌ای از تلاطم وجود دارد که در آن مرحله دوم دی‌سوپرهیت رخ می‌دهد . این مکانیسم تماس آب خنک‌کننده با دیواره‌های جانبی را به حداقل می‌رساند و حداکثر اثر حرارت زدایی را با حداقل سایش لوله ترکیب میکند .

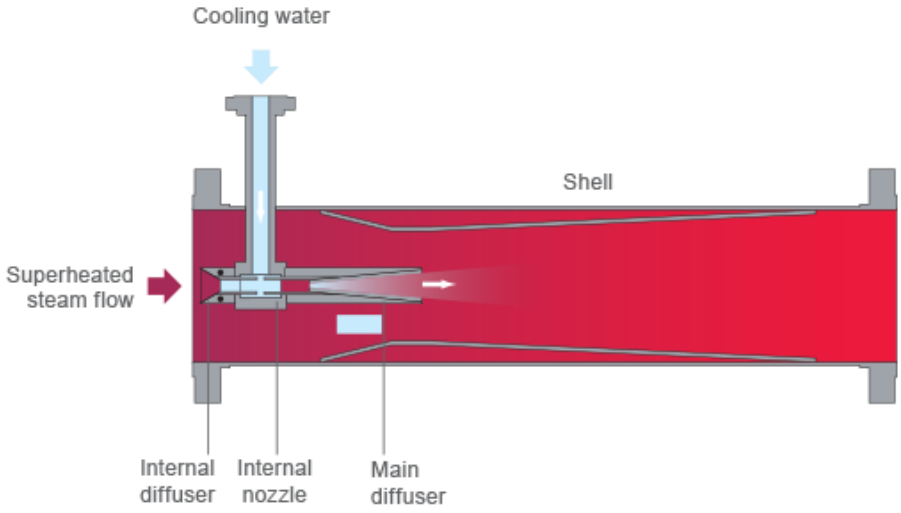
نسبت کاهش جریان بخار بسته به شرایط واقعی متفاوت است که به طور معمول نسبت آن ۱ به ۴ است .

در کاربردهایی که یک ایستگاه کاهش فشار اختصاصی در بالادست دی‌سوپرهیتر وجود دارد ، کاهش بخار موجود را می‌توان به بیش از ۱ به ۵ ارتقا داد . کاهش آب خنک‌کننده معمولا برای اکثر کاربرد-های کارخانه رضایت بخش است و بسته به شرایط عملیاتی واقعی ممکن است . دی‌سوپرهیترهای نوع ونتوری را می‌توان به صورت افقی یا عمودی با جریان بخار به سمت بالا نصب کرد . هنگامی که به صورت عمودی نصب می‌شود ، اختلاط بهتر اتفاق می‌افتد که می‌تواند منجر به بهبود نسبت ترمیم بیش از ۱ به ۵ شود ، مشکل اصلی در این مورد اطمینان از وجود فضای عمودی کافی برای نصب دی-سوپرهیتر است زیرا طول آن بیش از چندین متر خواهد بود .

یکی از تغییراتی که در نوع استاندارد ونتوری انجام شده است دی‌سوپرهیت اتمپراتور(attemprator de superheater) است . این اساسا از روش مشابهی برای تزریق مایع خنک‌کننده به بخار سوپرهیت استفاده می‌کند . گرم کننده‌های حرارت دهنده به جای نوع ونتوری ، جایی که فضای کافی برای نصب یک لوله با جذب طولانی وجود دارد ، استفاده می‌شود به ویژه جاهایی که نیاز به چرخش کمی بیشتر است .

اصطلاح Attemperator همچنین به طور کلی برای اشاره به دی‌سوپرهیتری استفاده می‌شود که پس از دیگ بخار یا سوپرهیتر ، برای کنترل دقیق دما و فشار نصب می‌شود .

در شکل زیر نمایی از فرآیند دی‌سوپرهیتر نوع ونتوری را مشاهده میکنید .



مزایا :

۱- اصل فرآیند ساده است (اگرچه پیچیده‌تر از نوع اسپری است)

۲- دستگاه بدون قطعات متحرک می‌باشد

۳- کنترل دقیق دمای بخار دی‌سوپرهیتر ، معمولا در ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای اشباع

۴- مناسب برای کار در شرایط بخار ثابت یا متغییر

۵- در لوله‌های پایین دستی در مقایسه با دی‌سوپرهیترهای اسپری ، سایش کمتری وجود دارد ، زیرا آب خنک‌کننده به جای اسپری به عنوان یک حالت مه مانند بیرون می‌آید .

معایب :

۱- افت فشار در سیستم رخ می‌دهد

۲- طول جذب بیشتر از نوع اتمیزه‌کننده‌ی بخار است . بنابراین فضای بیشتری برای نصب مورد نیاز است

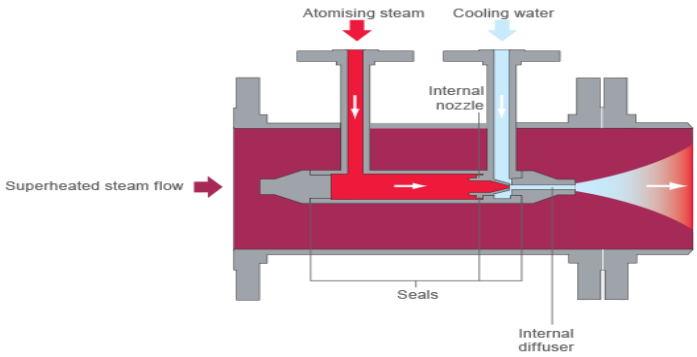
۳- حداقل نرخ جریان آب خنک‌کننده مورد نیاز است

کاربردها :

۱- برای اکثر کاربردهای عمومی کارخانه مناسب است ، به جز مواردی که نیاز به کاهش زیادی دبی بخار است .

دی‌سوپرهیترهای اتمیزه‌کننده بخار :

دی‌سوپرهیترهای اتمیزه‌کننده بخار از منبع بخار کمکی با فشار بالا برای اتمیزه کردن آب خنک-کننده ورودی استفاده می‌کنند . در این نوع فرآیند De superheating در دو مرحله انجام می‌شود :



- مرحله‌ی اول در دیفیوزر رخ می‌دهد ، جایی که آب خنک‌کننده توسط بخار اتمیزه‌کننده با سرعت بالا اتمیزه می‌شود . فشار بخار کمکی باید حداقل ۱,۵ برابر فشار ورودی دی‌سوپرهیتر باشد ، معمولا با حداقل فشار ۴ بار . سرعت جریان بخار اتمیزه‌کننده معمولا بین ۲ تا ۵ درصد جریان اصلی است . استفاده از بخار اتمیزه‌کننده به این معنی است که آب خنک‌کننده را می‌توان با فشارهای کمتری به داخل دیفیوزر وارد کرد به طور کلی ، تنها شرط این است که فشار باید بیشتر از فشار بخارسوپرهیت باشد .

- در مرحله‌ی دوم ، یک غبار مرطوب یا مه از دیفیوزر خارج می‌شود که در آنجا با بخار خط اصلی در خط لوله مخلوط می‌شود . تبخیر در لوله کشی بلافاصله در پایین دست دی‌سوپرهیتر اتفاق می‌افتد ، جایی که قطرات آب باقی‌مانده در بخار معلق می‌مانند و به تدریج تبخیر می‌شوند .

استفاده از بخار برای اتمیزه کردن آب خنک‌کننده ، ذرات آب ریز ریز شده را تولید می‌کند که انتقال گرما و تبخیر کارآمد را تضمین می‌کند . این چیدمان اجازه می‌دهد تا نسبت خروج بخار بالا باشد . نسبت تا ۱ به ۵۰ امکان‌پذیر است ، با این حال باید توجه داشت که ، در نرخ‌های ترمیم بیشتر از ۱ به ۲۰ ، سرعت‌های پایین خط لوله ممکن است منجر به ته‌نشین شدن آب شود که ناشی از کاهش حرکت قطرات آب است . در این مورد یک ترکیب زهکشی و بازیافت مورد نیاز است . اگر چنین ترتیب بازیافتی قابل نصب نباشد ، نسبت ترمیم کاهش می‌یابد .

مزایا :

۱- بسیار فشرده ، با طول جذب کوتاه نسبت به انواع دیگر .

۲- افت فشار در سیستم ناچیز است.

۳- آب خنک‌کننده مورد استفاده می‌تواند خنک باشد (سرد)، زیرا بخار اتمیزه‌کننده آن را از قبل گرم می‌کند .

۴- رویکرد پایین به دمای اشباع ، معمولا ۶ درجه سانتی‌گراد از دمای اشباع بیشتر است .

معایب :

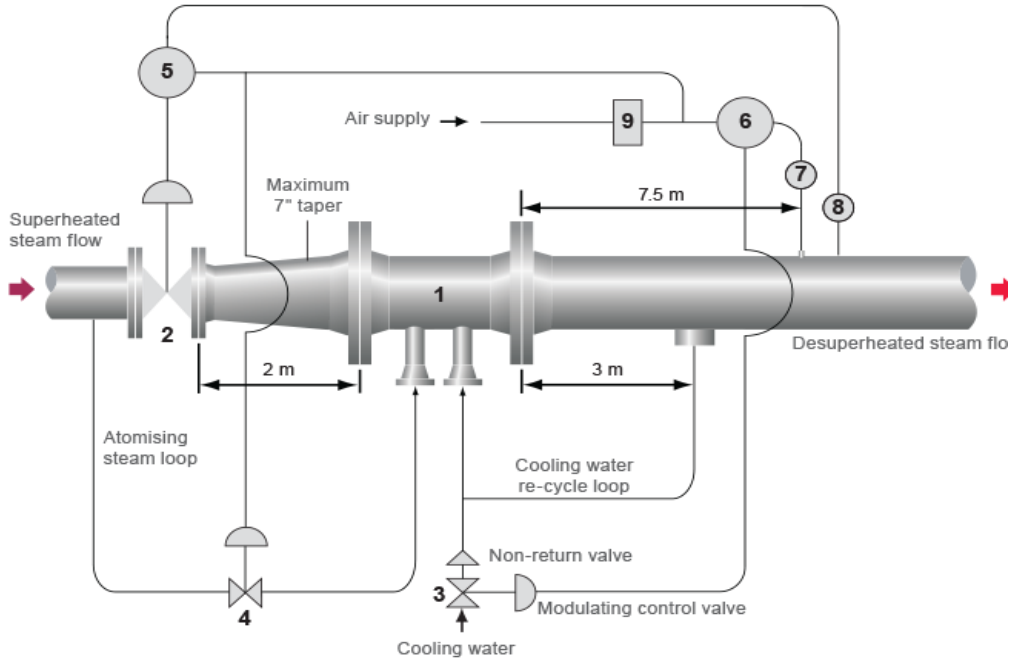
۱- بخار فشار قوی کمکی مورد نیاز است .

۲- مقدار تجهیزات اضافی مورد نیاز و لوله‌کشی اضافی نسبتا گران است .

کاربردها :

مناسب برای کارهایی که دبی بخار به طور گسترده‌ای دچار تغییرات است ، به عنوان مثال در ایستگاه‌های کاهش فشار ترکیبی و گرمازدایی .

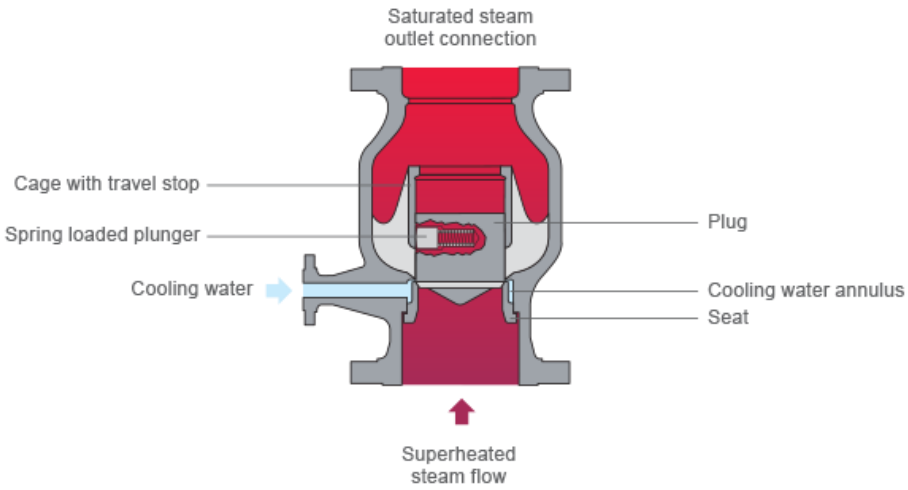
نصب معمولی یک دی‌سوپرهیتر اتمیزه‌کننده بخار در شکل زیر نشان داده شده است .



1. Steam atomising desuperheater
2. Steam flow control valve
3. Cooling water control valve
4. Automatic steam on/off valve
5. Pressure controller
6. Temperature controller
7. Temperature sensor
8. Pressure sensor
9. Air filter/regulator

دی‌سوپرهیتر اوریفیس متغیر :

دی‌سوپرهیتر اوریفیس متغیر جریان آب خنک‌کننده را به خط اصلی توسط یک دو شاخه شناور آزاد که در جریان قرار می‌گیرد ، کنترل می‌کند . مطابق شکل زیر :

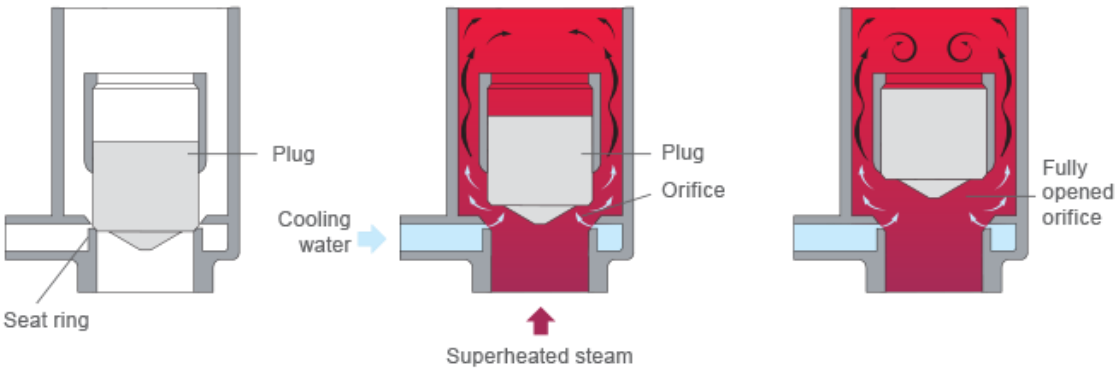


دی‌سوپرهیتر اوریفیس متغیر از یک دو شاخه تشکیل شده است ، که در یک محفظه به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند . این حرکت بوسیله‌ی یک مانع که در بالای محفظه تعبیه شده است محدود می‌شود . موقعیت آن در داخل محفظه به جریان بخار سوپرهیت در خط اصلی بستگی دارد .

در شرایط بدون جریان ، دو شاخه روی یک حلقه رینگ قرار می‌گیرد که توسط یک حلقه آب خنک-کننده احاطه شده است . هنگامی که بخار سوپرهیت شروع به عبور از دی‌سوپرهیتر می‌کند ، ۲ شاخه با فشار بخار از رینگ خارج می‌شود . با افزایش جریان ، ۲ شاخه بیشتر از رینگ بلند می‌شود و در نتیجه یک روزنه متغیر بین ۲ شاخه و رینگ ایجاد می‌شود . افزایش سرعت بین ۲ شاخه و رینگ باعث افت فشار سراسری می‌شود و آب را به جریان سوپرهیت میکشاند .

فشار کم که آب را به داخل خط لوله می‌کشاند نیز به اتمیزه شدن آب به یک حالت مه‌آلود کمک می-کند . تلاطم مرتبط با تغیر در سرعت و جهت بخار به ترکیب کردن مایع خنک‌کننده و بخار کمک می‌کند . گرداب‌هایی که بلافاصله در بالادست دو شاخه ایجاد می‌شوند ، اطمینان حاصل می‌کنند که مایع خنک‌کننده کاملا با بخار ترکیب می‌شوند .

ترکیب مؤثر مایع خنک‌کننده و بخار سوپرهیت در بدنه‌ی دی‌سوپرهیتر به این معناست که طول جذب نسبتا کوتاه است و عنصر سنجش دما ممکن است در فاصله ۴ یا ۵ متری بدنه دی‌سوپرهیتر نصب شود . همانند شکل زیر :



No-load
The plug is seated on the seat ring. There is no flow of superheated steam and no flow of cooling water.

Light-load
The plug lifts and opens the orifice slightly. Cooling water is instantly and thoroughly mixed with the superheated steam.

Full-load
The orifice is fully opened.There is equal pressure drop and high turbulence at all loads and over the full range.

سرعت ورود آب خنک‌کننده به قسمت حلقوی توسط یک ولو کنترلی که تابعی از دمای پایین دست است ، تغییر میکند . این دو شاخه معمولا به یک پیستون فنری مجهز است که اصطکاک بین دو شاخه و محفظه را افزایش می‌دهد و به طور مؤثری حرکت دو شاخه را کاهش می‌دهد . با توجه به یک افت فشار ثابت در سرتاسر شیر این مسئله به طور مؤثر امکان تغییر آب خنک‌کننده را در هنگام ترکیب شدن با جریان سوپرهیت می‌دهد .

پیستون همچنین در شرایط بار سبک ، پایداری را فراهم می‌کند . این واقعیت که مایع خنک‌کننده به دی‌سوپرهیت پاشیده نمی‌شود و عمدتا تمامی فرآیند دی‌سوپرهیت در بدنه دستگاه اتفاق می‌افتد ، به این معنی است که لوله‌های مربوطه یا خود دی‌سوپرهیتر سایش کمی دارند . بنابراین آستین‌های حرارتی غیر ضروری هستند .

مزایا :

۱- نسبت ترمیم فقط توسط ولو کنترل آب خنک‌کننده محدود می‌شود و نسبت کاهش بخار تا ۱ به ۱۰۰ به راحتی قابل دستیابی است .

۲- رویکرد پایین به دمای اشباع ، معمولا تا ۲,۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای اشباع .

۳- طول جذب کوتاه است .

۴- فشار آب خنک‌کننده باید ۰,۴ بار بیشتر از فشار سوپرهیت باشد .

۵- سرعت بخار سوپرهیت ممکن است بسار کم باشد .

معایب :

۱- افت فشار قابل توجه در سرتاسر دی‌سوپرهیتر مشهود است .

۲- هزینه نسبتا بالایی دارد .

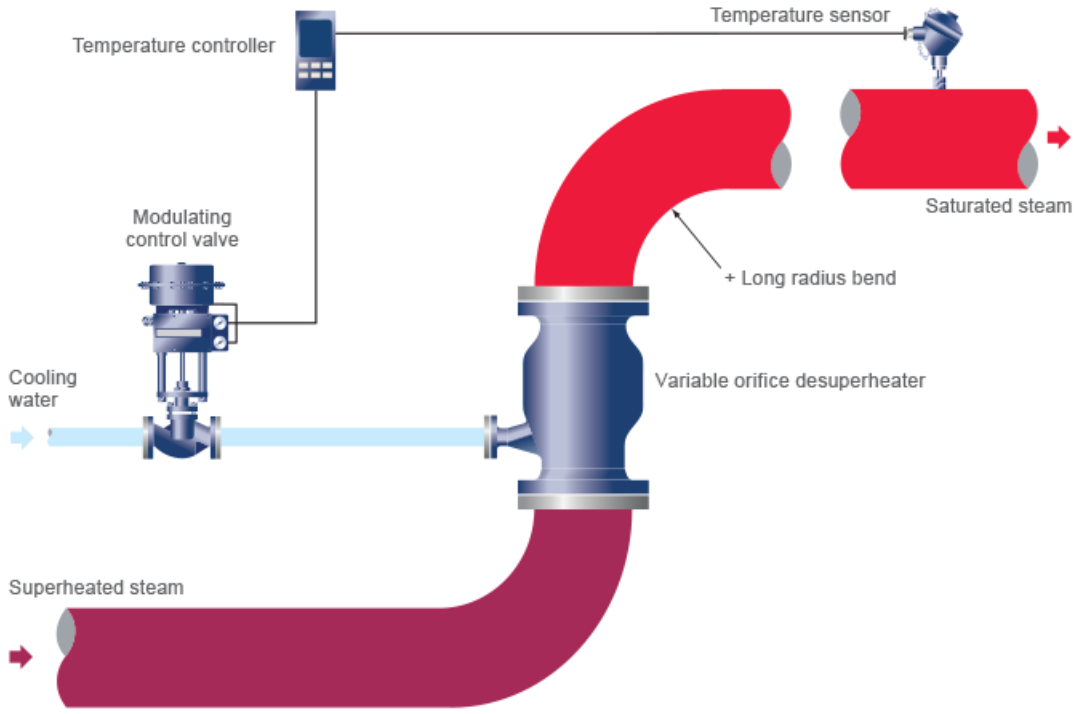
۳- دی‌سوپرهیتر باید به صورت عمودی نصب شود .

کاربردها :

۱- مناسب برای کاربردهایی که طیف دبی بخار بسیار متفاوت است و افت فشار نسبتا بالا حیاتی نیست .

۲- در جایی که احتمال دارد سرعت بخار بسیار کم باشد .

یک نصب معمولی یک دی‌سوپرهیتر با دهانه متغیر در شکل زیر نشان داده شده است :



ولو کنترل فشار ترکیبی و دی‌سوپرهیتر :

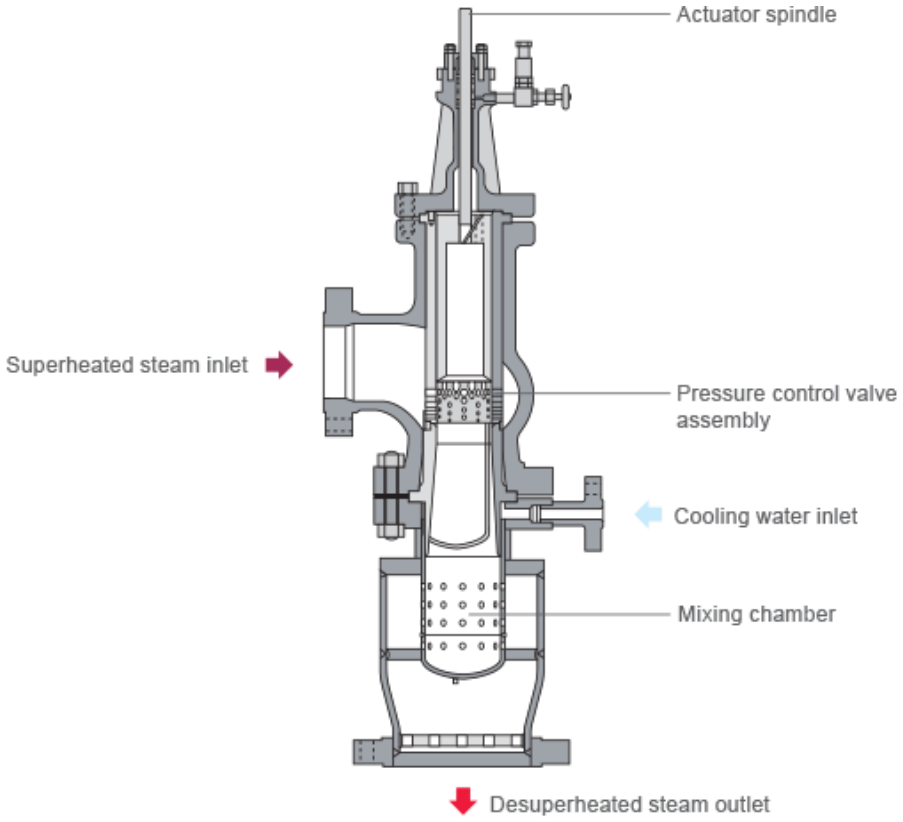
در برخی موارد ، ادغام شیر کنترل فشار و دی‌سوپرهیتر در یک واحد راحت است . روش کاهش فشار مشابه یک ولو کاهنده فشار استاندارد است ، اگرچه می‌توان از طرح‌های مختلف شیر کاهنده‌ی فشار استفاده کرد ، اما بیشتر از پیکربندی‌های زاویه و کره استفاده می‌شود . علاوه بر این ولوها معمولا از نوع متعادلند و برای کاهش نیروی محرک مورد نیاز هستند .

نوع DE superheating نیز بسته به کاربرد متفاوت خواهد بود ، اما معمولا از نوع تزریق شعاعی چند نقطه‌ای استفاده می‌شود . اختلاط مایع خنک‌کننده و بخار به دلیل سرعت بالای بخار سوپرهیت بعد از شیر کاهش فشار بهبود می‌یابد . دی‌سوپرهیترهای تزریق شعاعی این مزیت را دارند که به راحتی می‌توان آنان را با ولو کاهش فشار کنترل کرد و برای تولید بخار دی‌سوپرهیت در واحد از آنان استفاده کرد .

در برخی از ایستگاه‌های کنترل فشار و دی‌سوپرهیت ترکیبی ، تعدادی صفحه بافل بلافاصله بعد از ایستگاه دی‌سوپرهیت نصب می‌شوند ، این صفحات افت فشار بیشتری را القا می‌کنند و ترکیب بخار با آب خنک‌کننده را بهبود می‌بخشند . ولو کنترل فشار ترکیبی و ایستگاه‌های DE superheating

معمولا در بالای bypasses توربین استفاده می‌شوند جایی که ولو جریان را مستقیما به کندانسور می-ریزد .

در زیر نمایی از ولو کنترل فشار ترکیبی و دی‌سوپرهیتر را مشاهده می‌کنید :



خلاصه

مقایسه‌ی انواع دی‌سوپرهیتر :

جدول زیر عملکرد معمولی و ویژگی‌های نصب انواع دی‌سوپرهیترهای مختلف را مقایسه می‌کند . لازم به ذکر است که این ویژگی‌ها ممکن است بین سازندگان مختلف متفاوت باشد و در واقع ممکن است به شرایط عملیاتی خاص سیستم بستگی داشته باشد .

Type	Steam turndown ratio	Minimum temperature above T_s (°C)	Minimum cooling water pressure* (bar)	Velocity at minimum flow (m/s)	Pipeline sizes (mm)	
					Minimum	Maximum
Tube bundle	Depends on coolant control valve	5.0	-	-	-	-
Water bath	Depends on coolant control valve	0	-	-	-	-
Multiple point radial injection	3:1	10.0	1.0	6.0	20	600
Single nozzle axial injection	3:1	10.0	0.5	6.0	50	1200
Multiple nozzle axial injection (fixed area)	8:1	8.0	4.0	6.0	150	1500
Multiple nozzle axial injection (spring assisted)	9:1	8.0	15.5	9.0	150	600
Multiple nozzle axial injection (variable area)	12:1	8.0	3.5	9.0	150	1500
Venturi	5:1	3.0	1.0	6.0	50	1270
Steam atomising	50:1	6.0	Greater than steam pressure	1.5	100	1500
Depends on variable orifice control valve	coolant	2.5	0.4	3.0	80	800

* Typical minimum cooling water pressure above the superheated steam pressure