انواع آب‌های مورد مصرف در صنایع داروسازی

ترجمه: دکتر روشنک یزدانی
مدیر تولید شرکت داروسازی جابرابن‌حیان

به‌طور کلی آب‌های مورد مصرف در صنایع داروسازی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- آب آشامیدنی (Potable Water)
- آب خالص (Purified Water)
- آب تزریقی و آب خیلی خالص (Highly purified water و Water for injection)

■ موارد استفاده انواع آب‌ها

□ آب آشامیدنی

جهت استفاده انسان بوده و نیز در تهیه آب خالص مورد استفاده قرار می‌گیرد.

□ آب خالص

در ساخت محصولات گروه ۲، ۳ و ۴، تهیه آب تزریقی و آب خیلی خالص، تمیز کردن و آبکشی نهایی ظروف محصولات گروه ۲ و ۳ و ۴، آبکشی اولیه تجهیزات و ظروف محصولات گروه ۱، آب جکت اتوکلاو و آب مورد نیاز بن‌ماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

□ آب خیلی خالص

در ساخت محصولات استریل چشمی، بینی گوش و جلدی، آبکشی نهایی تجهیزات و ظروف و ویال‌های تزریقی (در صورتی که عملیات پیروژن‌زدایی بعدی صورت بگیرد) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

□ آب تزریقی

در ساخت محصولات تزریقی و آبکشی نهایی

تجهیزات و ظروف و درپوش‌های محصولات گروه ۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(گروه ۱: محلول تزریقی
گروه ۲: پودر جهت تزریق
گروه ۳: امولسیون تزریقی
گروه ۴: سوسپانسیون تزریقی)

■ مشخصات مورد نیاز

□ آب آشامیدنی

عموماً آب آشامیدنی باید شفاف و عاری از باکتری‌های Escherichia coli و ارگانیسم‌های coliform بوده و شمارش میکروبی آن در درجه حرارت ۲۲°C باید کمتر از ۱۰۰cfu/ml باشد. آب آشامیدنی باید عاری از فلزات سنگین و نیتریت‌ها بوده و جهت گندزدایی از کلر استفاده شده و میزان کلر باقیمانده حداکثر ۰/۵ppm است.

□ آب خالص

- مشخصات ظاهری: شفاف و بی‌رنگ
- شمارش میکروبی: کمتر از ۱۰۰cfu/ml
- وجود میکروارگانیسم: عاری از Pseudomonas aeruginosa و Escherichia coli در ۱۰۰ میلی‌لیتر.
- TOC (Total Organic Carbon) : ماکزیمم ۰/۵ میلی‌گرم در یک میلی‌لیتر.
- هدایت الکتریکی(Conductivity) : کمتر از ۴/۳ میکروزیمنس در سانتی‌متر در درجه حرارت ۲۰°C
- نیتریت: کمتر از ۰/۲ppm
- فلزات سنگین: کمتر از ۰/۱ppm
- آلومینیوم: کمتر از ۱۰ppb
- اندوتوکسین: کمتر از ۰/۲۵ IU/ml

□ آب خیلی خالص و آب تزریقی

- آب خیلی خالص
- مشخصات ظاهری: بی‌رنگ و شفاف
- شمارش میکروبی: کمتر از ۱۰ میکروارگانیسم در ۱۰۰ میلی‌لیتر و عاری از میکروارگانیسم pseudomonas aeruginosa در ۱۰۰ میلی‌لیتر
- **TOC:** کمتر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر
- نیتریت: کمتر از ۰/۲ppm
- فلزات سنگین: کمتر از ۰/۱ppm
- آلومینیوم: کمتر از ۱۰ppb
- اندوتوکسین: کمتر از ۰/۲۵ IU/ml
- آب تزریقی
- استریلیتی: مطابق با آزمون استریلیتی
- هدایت الکتریکی: برای حجم تا ۱۰ میلی‌لیتر ماکزیمم ۲۵ میکروزیمنس در سانتی‌متر و حجم بیش از ۱۰ میلی‌لیتر ماکزیمم ۵ میکروزیمنس در سانتی‌متر
- کلراید: ماکزیمم ۰/۵ppm
- نیتریت: ماکزیمم ۰/۲ppm
- آلومینیوم: کمتر از ۱۰ppb
- آمونیوم: ماکزیمم ۰/۲ppm
- فلزات سنگین: کمتر از ۰/۱ppm
- اندوتوکسین: کمتر از ۰/۲۵ IU/ml
- **pH:** بین ۵ تا ۷

■ روش‌های تهیه آب

□ روش‌های تهیه آب آشامیدنی

آب‌های آشامیدنی از طریق حفر چاه و یا رودخانه استحصال شده و با روش عبور دادن آب از فیلترهای

شنی و یا ته‌نشینی توسط حوضچه‌های ته‌نشینی زلال‌سازی شده و پس از گندزدایی به طریق تزریق کلر مایع به وسیله پمپ کلرزنی بر روی خطوط انتقال و یا تزریق گاز کلر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این آب ورودی جهت تولید آب خالص بوده و هرچه مشخصات شیمیایی آن بهتر باشد، از تجهیزات کمتر و یا کوچکتری استفاده می‌گردد.

□ روش‌های تهیه آب خالص

برای رسیدن به مشخصات آب خالص ذکر شده در بالا نیاز به امکاناتی به شرح ذیل می‌باشد:

■ جداکننده هوایی

جهت حفاظت از آلوده شدن آب شهری در پروسه تولید آب خالص، باید از یک جداکننده هوایی در ابتدای ورود آب آشامیدنی به سیستم تصفیه استفاده نمود تا هیچ آبی به سیستم لوله‌کشی آب شهری وارد نگردد. استفاده از شیر یک‌طرفه و یا جداسازی ورودی آب پس از استفاده ضروری می‌باشد.

■ سختی‌گیر

برای پایین آوردن مقدار یون‌های مثبت مانند کلسیم، منیزیم از سختی‌گیر با رزین کاتیونی که با آب نمک احیا می‌گردد، استفاده می‌شود. برای کارکرد ممتد سیستم آب‌دهی معمولاً از دو عدد سختی‌گیر به‌صورت موازی استفاده کرده که یکی در حال کار و دیگری در حال احیا با آب نمک می‌باشد. با به کار بردن این روش ارزان در ابتدای پروسه تصفیه آب باعث پایین آوردن ظرفیت دستگاه‌های بعدی مانند .R.O و دیانایزر و واحد تبخیر و تقطیر می‌گردد.

■ حذف کلر

آب ورودی به سیستم تصفیه آب باید فاقد یون کلر و یا هر اکسیدکننده دیگر باشد. وجود اکسیدکننده‌ها در مراحل بعدی تصفیه باعث آسیب رساندن به تجهیزات می‌گردد.

■ فیلتر کربن اکتیو

یکی از راه‌های ساده و ارزان کلرزدایی آب آشامیدنی استفاده از فیلترهای کربن اکتیو می‌باشد. مقدار بالای سطح تبادل مخازن کربن اکتیو عاملی اصلی رشد میکروارگانیسم‌ها و تشکیل بیوفیلم است. آغشته کردن کربن اکتیو با ذرات نقره باعث کم شدن رشد میکروارگانیسم‌ها می‌گردد.

■ تزریق سدیم بیوسولفیت

سدیم بیوسولفیت به آب آشامیدنی تزریق و باعث ترکیب با کلر شده که در مرحله .R.O توسط غشا جدا می‌گردد.

■ جداسازی گازکربنیک

گازکربنیک موجود در آب اشکال در تولید آب خالص توسط .R.O و سبب بالا رفتن هدایت الکتریکی می‌شود. در عمل دو راه برای جداسازی گازکربنیک وجود دارد:

■ تزریق محلول سدیم هیدروکسید

با اضافه کردن مقدار ناچیزی محلول سدیم هیدروکسید و بالا بردن pH، گازکربنیک تبدیل به کربنات شده و در .R.O حذف می‌گردد.

■ گاززدایی غشایی

با ایجاد اختلاف فشار دو سر غشا، گازهای محلول در آب از میان غشا گذشته و سپس توسط هوا از روی غشا شسته می‌شود.

■ اسمز معکوس

یون‌زدایی و از بین بردن میکروارگانیسم به وسیله

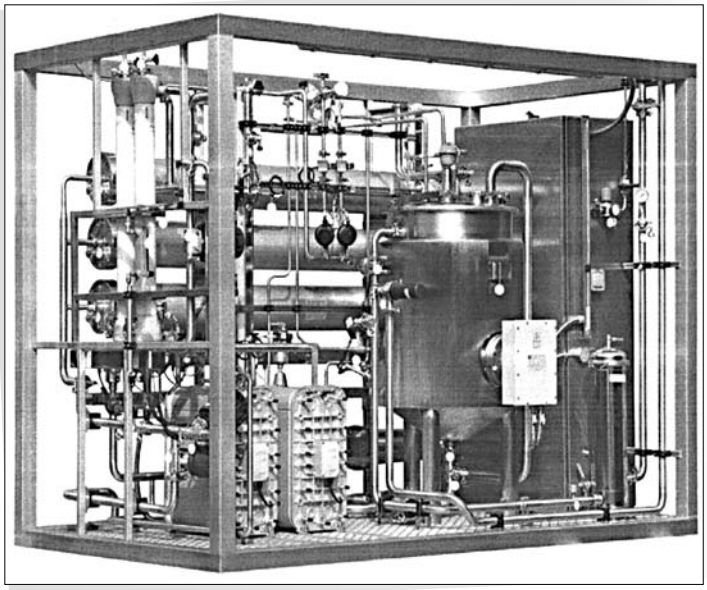
اسمز معکوس صورت می‌پذیرد. روش اسمز معکوس روشی فیزیکی با استفاده از غشا می‌باشد. با استفاده از این روش بیش از ۹۸ درصد از نمک‌ها و ۹۰ درصد ترکیبات ارگانیک و باکتری‌ها از آب حذف می‌گردند. برای معکوس کردن پروسه اسمز، فشاری بالاتر از فشار اسمز به جریان آب وارد کرده تا آب خالص‌تر از غشا عبور و بقیه نمک‌ها و باکتری‌ها در پشت غشا باقی بمانند.

فشار کار دستگاه اسمز معکوس بالاتر از ۱۵ بار می‌باشد. کارکرد دستگاه اسمز معکوس به‌صورت ممتد بوده و آب ورودی تبدیل به جریان آب خالص و آب دارای املاح می‌شود. آب دارای املاح زیاد به سیستم پساب تخلیه می‌گردد.

برای بالا بردن کیفیت آب خالص تولید شده از روش .Double R.O استفاده می‌شود، بدین ترتیب که در مرحله اول آب خالص تولید شده را به دستگاه اسمز معکوس دیگری که خروجی آن دارای مشخصات آب خالص می‌باشد، وارد می‌کنند. سپس، پساب مرحله دوم را به ورودی مرحله اول اسمز معکوس هدایت کرده تا از هدر رفتن بیشتر آب جلوگیری نمایند. دستگاه اسمز معکوس شامل پمپ فشار بالا، غشا، شیرآلات تحت فشار، شیرهای اطمینان و وسایل اندازه‌گیری و کنترل می‌باشد.

مرکز واحد اسمز معکوس غشا توخالی است که بسته به نوع و جنس غشا، فشار کار آن از ۱۵ الی ۴۰ بار می‌باشد.

برای حفاظت غشا از یک فیلتر ۵ میکرون در ورودی دستگاه استفاده می‌شود. برای هر نوع



شکل ۱: تولید آب خیلی خالص با روش اسمز معکوس

استفاده‌ای از دستگاه اسمز معکوس با ورودی آب‌های مختلف مقدار اپتیمم درصد جریان آب خالص به جریان آب نمک‌دار باید مشخص شود. با یک دستگاه چند مرحله‌ای اسمز معکوس همراه با یک عدد دستگاه دیانایزر قبل از اسمز معکوس می‌توان به آبی با TOC کمتر از ۱۰۰ppm و هدایت الکتریکی حدود ۰/۶–۰/۵ میکروزیمنس در سانتی‌متر رسید.

برای پایداری مشخصات آب خروجی باید موارد ذیل در واحد اسمز معکوس رعایت گردد:

- اندازه‌گیری پارامترهای اساسی آب ورودی و خروجی مانند هدایت الکتریکی، pH و ...
- اندازه‌گیری میکروبی آب ورودی و خروجی و در صورت نیاز گندزدایی دستگاه.
- قبل از راه‌اندازی، دستگاه توسط مواد شیمیایی مورد نیاز گندزدایی شده و از باقی نماندن مواد شیمیایی بعد از شستشو کامل دستگاه اطمینان حاصل شود.
- استفاده از فیلتر و یا مبدل‌های یونی بعد از دستگاه اسمز معکوس مجاز نمی‌باشد.
- دستگاه اسمز معکوس باید به‌گونه‌ای طراحی و ساخته شده باشد که عاری از هرگونه زایده اضافی در طول مسیر عبور آب و لوله‌کشی‌ها باشد.

■ دستگاه الکترودی‌آیونیزیشین یا دیانایزر دایمی (EDI: Electrodeionization یا CDI: Continuous Deionization)

فناوری رسوب‌زدایی الکترودی‌آیونیزیشن ترکیبی از الکترودیالیز و میکس‌بد است که یون‌های مثبت و منفی را به طرف غشاهای موازی باردار شده هدایت و توسط جریان آب به خارج هدایت می‌گردد.

طرز کار دستگاه به این صورت است که ابتدا آب ورودی از روی رزین‌های میکس بد عبور داده شده و پس از جذب یون‌ها توسط رزین، آب خالص از دستگاه خارج می‌شود. یون‌های مثبت و منفی چسبیده شده به رزین به طرف غشای باردار شده هدایت و توسط آب مملو از یون‌های مثبت و منفی از دستگاه خارج می‌شود. هرچه هدایت الکتریکی آب ورودی کمتر باشد، هدایت الکتریکی خروجی از دستگاه کمتر می‌گردد. در تئوری چنانچه آبی با هدایت الکتریکی کمتر از ۵۰ میکروزیمنس در سانتی‌متر وارد دستگاه EDI شود، با هدایت الکتریکی حدود ۰/۰۵۵ میکروزیمنس در سانتی‌متر خارج می‌شود.

■ **مزایای دستگاه EDI**

- بیش از ۹۸ درصد یون‌زدایی با سطح کمی از غشا انجام می‌گیرد.
- عملیات رسوب‌زدایی ممتد و بدون وقفه بوده و احیا رزین به‌صورت خودکار می‌باشد.
- عدم استفاده از مواد شیمیایی جهت احیا رزین
- حفظ pH در مدت تصفیه و احیا
- جداسازی اپتیمم گاز کربنیک و سیلیکات و TOC
- جلوگیری از افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها
- مصرف انرژی پایین ۱–۰/۱ کیلووات برای یک متر مکعب آب
- به دلیل طراحی فشرده نیاز به فضای سرویس کمتری می‌باشد.

چنانچه TOC آب ورودی ۰/۱ppm وارد دستگاه گردد خروجی آن برابر ۵ppm می‌شود. دلیل پایین آوردن TOC عبور یون‌ها به طرف غشا، خارج شدن

	System 1	System 2	System 3	System 4	System 5	System 6
Activated charcoal filter	X					
softener	X	X	X	X		
Mixed bed technology				X		X
Ultrafilteration		X			X	
Reverse osmosis	X	X	X	X		X
Degassing	X		X			
EDI/CDI	X		X		X	

روش‌های ترکیب دستگاه‌های تصفیه جهت تولید آب خالص

آن به بیرون، پولاریزه شده بقیه مولکول‌ها، شارژ الکتریکی بالا و عبور از غشا می‌باشد.

■ اولترافیلتراسیون

اولترافیلتراسیون فناوری جداسازی ذرات با سایز ۰/۰۰۱ تا ۰/۱ میکرون می‌باشد. برای تولید آب خیلی خالص از غشای توخالی الیافی استفاده می‌شود. هدایت الکتریکی آب پس از عبور از اولترافیلتر هیچ گونه تغییری نمی‌کند. به دلیل مصرف کمتر انرژی هزینه عملیاتی اولترافیلتر از اسمز معکوس پایین‌تر می‌باشد. درجه حرارت کارکرد اولترافیلتر می‌تواند تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد و در مدل‌های جدید اولترافیلتر قابلیت استریلیزه شدن با بخار تا درجه حرارت ۱۲۸درجه سانتی‌گراد را دارد. تمیز کردن دستگاه اولترافیلتر به مراتب از دستگاه اسمز معکوس آسان‌تر می‌باشد.

■ مبدل‌های تبادل یونی

مبدل‌های تبادل یونی (بستر جداگانه، بستر مخلوط) یون‌ها را از درون آب جدا می‌سازند. مبدل‌های تبادل یونی از رزین‌های مخصوصی که معمولاً گوی‌های پلیمری مصنوعی (۰/۳–۱/۵mm) هستند، پر می‌گردند. رزین‌های کاتیونی و آنیونی مناسب با کارآیی آن‌ها جهت پروسه تصفیه انتخاب می‌گردد. طراحی و کارکرد و اتوماسیون ساده از خصوصیات بالقوه این سیستم می‌باشد. احتمال آلودگی در بستر رزین‌ها موجود بوده و جهت رفع آن باید تمهیدات خاص لحاظ گردد.

■ طراحی پروسه خالص‌سازی آب

بسته به مشخصات آب ورودی ترکیبی چند از دستگاه‌های فوق‌الذکر جهت تهیه آب خالص استفاده می‌گردد. جدول ذیل روش‌های مختلف تهیه آب خالص با به کار بردن ترکیب دستگاه‌های آب‌سازی را نشان می‌دهد.

□ روش تهیه آب تزریقی

روش‌های تقطیر مختلفی برای تهیه WFI وجود دارد. می‌توان آب تزریقی با کیفیت بالا را براساس ظرفیت مورد نیاز از روش‌های زیر تهیه نمود.

■ تقطیر ساده

برای مقادیر کم از روش تقطیر ساده استفاده می‌شود. تقطیر ساده یعنی تولید آب تزریقی توسط ستون تکی تقطیر. در این روش آب تبخیر شده در

یک کندانسور تقطیر و به درجه حرارت مطلوب می‌رسد.

عیب این سیستم مصرف زیاد انرژی است. از این روش برای تولید آب تزریقی کمتر از ۵۰ لیتر در ساعت استفاده می‌شود.

■ اصول اولیه پمپ حرارتی و نحوه استفاده آن در تهیه آب WFI:

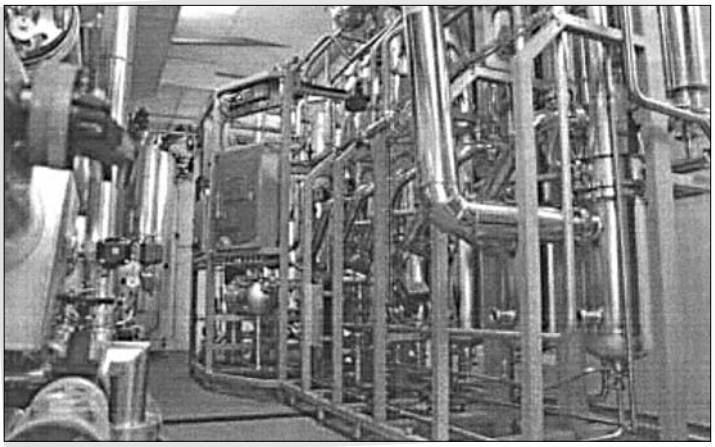
انتقال حرارت از منبع حرارتی با درجه حرارت پایین به منبع حرارتی با درجه حرارت بالا از طریق پمپ حرارتی با استفاده از کار کمپرسور و مصرف انرژی صورت می‌گیرد.

با استفاده از این روش تولید آب تزریقی با ظرفیت ۲۵ الی ۱۰۰۰ لیتر در ساعت مقرون به صرفه است.

در این روش، ابتدا آب ورودی توسط بخار ورودی در قسمت زیرین دستگاه تبخیر شده و این بخار در قسمت بالای دستگاه از طریق Evaporator پمپ حرارتی کندانس شده و از دستگاه خارج می‌شود. حرارت جذب شده از طریق پمپ حرارتی با استفاده از کمپرسور در فشار بالا به قسمت Evaporator آب ورودی منتقل و دوباره باعث تبخیر آب ورودی می‌گردد. گاز درون پمپ حرارتی وقتی حرارت خود را از دست می‌دهد، تبدیل به مایع شده و بعد از گذشتن از شیر انبساط و پایین آمدن فشار گاز حرارت را دوباره از بخار حاصل در قسمت کندانسور جذب و باعث تقطیر بخار آب شده و این سیکل دایماً ادامه پیدا می‌کند. حرارت آب کندانس شده توسط یک مبدل به آب ورودی منتقل و باعث بالا رفتن درجه حرارت آب ورودی به سیستم می‌گردد. مزیت استفاده از این سیستم مصرف پایین انرژی بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد.

■ تهیه WFI به روش تقطیر چند مرحله‌ای

اساساً در صنایع داروسازی از روش تقطیر چندمرحله‌ای برای تهیه آب مقطر تزریقی استفاده می‌شود. آب مقطر با کیفیت بالا از طریق تبخیر و تقطیر متوالی در ستون‌های مربوط تهیه می‌شود. آب ورودی خالص



شکل ۲: تولید آب تزریقی با روش تقطیر چند مرحله‌ای

پس از گذشتن از چند مبدل حرارتی و بالا رفتن درجه حرارت به اولین ستون وارد می‌گردد، بخار از دیگ بخار وارد مبدل ستون اول شده و باعث تبخیر آب ورودی و تولید بخار خالص در مرحله اول می‌گردد. بقیه آب تبخیر نشده در ستون اول به ستون دوم رفته و تقطیر شده واز سیستم خارج می‌گردد. بخار خالص تولید شده در ستون اول و تقطیر آن باعث تبخیر مقداری از آب ورودی از ستون اول به ستون دوم شده و بخار حاصل وارد ستون سوم می‌گردد. در هر ستون مقداری آب WFI تهیه و با یکدیگر جمع و از دستگاه خارج می‌شود. جهت خنک کردن بخار مرحله آخر نیاز به آب ورودی سرد می‌باشد که به وسیله برج خنک‌کن تامین می‌شود. آب باقیمانده آخرین ستون که مملو از رسوبات مختلف است، از دستگاه خارج و دور ریخته می‌شود.

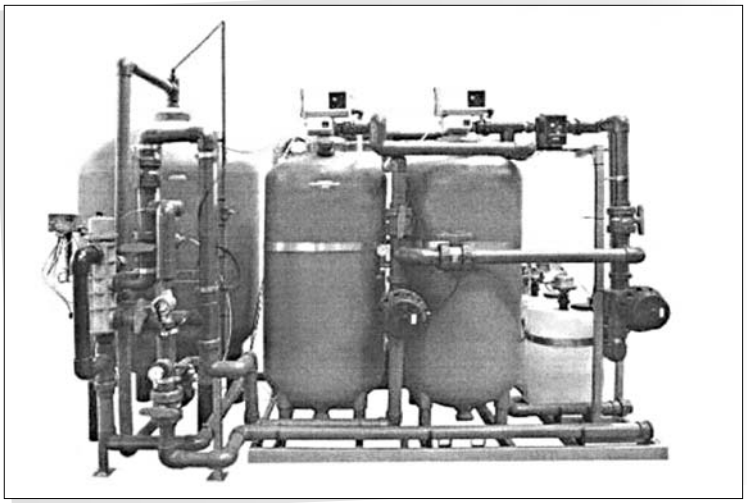
در سیستم چند مرحله‌ای بخار ایجاد شده در ستون اول، در ستون دوم برای تولید مجدد بخار به کار می‌رود و این عمل باعث می‌گردد که برای تولید یک متر مکعب آب تزریقی، مقدار خیلی کمی انرژی نسبت به روش تولید آب تزریقی تک مرحله‌ای مصرف شود. برای مثال، مصرف بخار دستگاه ۳ ستونی یک سوم دستگاه تک ستونی می‌باشد. از تعداد ۷ ستون به بالا دیگر مصرف بخار تغییری نمی‌کند.

■ روش تهیه بخار خالص در صنایع داروسازی

معمولاً به دو روش بخار تولید شده را خالص می‌نمایند:

■ تولید بخار به وسیله دادن حرارت زیاد و بالا بردن سرعت بخار در ستون صورت گرفته و پس از هدایت بخار حاصل به قسمت مارپیچی ستون و جداسازی ذرات آب و پارتیکل، توسط نیروی گریز از مرکز از دستگاه خارج می‌شود.

■ طراحی ستون به‌گونه‌ای است که آب با سرعت پایین بخار شده و پس از گذشتن از دو مرحله الک



شکل ۳: دستگاه تولید آب دیانایزر رزینی

درشت و ریز، ذرات آب و پارتیکل از بخار جدا گشته و از دستگاه خارج می‌گردد.

تناوب دوره‌های شستشو سیستم تولید آب تزریقی براساس کیفیت ساخت ماشین‌آلات تعیین می‌گردد.

■ نگاهی کلی به چگونگی طراحی سیستم ذخیره لوپ، جنس لوله‌ها و شیرآلات، انشعاب‌گیری در سیستم تولید و نگهداری و مصرف آب تزریقی

به‌طور کلی، آب در صنایع داروسازی به دو روش گرم (بالای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) و یا سرد (درجه حرارت اتاق) ذخیره می‌گردد. خطر آلوده شدن میکروبی در درجه حرارت اتاق بالا بوده و برای از بین بردن آلودگی‌ها موجود استفاده از ازن جهت از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و اشعه ماورای بنفش جهت زدودن ازن محلول در آب پیشنهاد می‌گردد. در سیستم ذخیره آب گرم بالای ۷۰ درجه میکروارگانیسم‌ها از بین رفته و هیچ گونه رشد میکروبی وجود نخواهد داشت.

برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها درون لوله‌ها که جریان آب در آن‌ها متوقف است، از سیستم لوپ استفاده می‌شود. اتصال آخرین نقطه مصرف به تانک ذخیره و برقراری جریان آب در آن منجر به تشکیل لوله‌کشی گردشی یا لوپ می‌گردد. سرعت آب در لوله‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که درون لوله ایجاد اغتشاش نماید تا خطر رشد میکروارگانیسم‌ها درون لوله کاهش یابد.

برای رسیدن به اغتشاش در درون لوله عدد رینولدز (Reynolds No.) باید بالاتر از ۲۳۲۰ باشد. عدد رینولدز نسبت مستقیم با سرعت آب و قطر لوله و نسبت عکس با غلظت کینماتیک دارد.

لوله‌ها باید از جنس استنلس استیل ۳۱۶L و یا مشابه بوده تا در مقابل خوردگی مقاومت نماید.

سطوح باید کاملا صاف با عمق ناصافی از رو تا زیر عمق ۰/۸–۰/۶ میکرون باشد. سطوح ناصاف به وسیله پروسس الکترو پولیش صاف می‌گردند. کلیه سطوح پس از عملیات نصب، اسیدشویی و سپس خنثی‌سازی می‌گردند. اسیدهای مورد استفاده در پروسه اسیدشویی عبارتند از: اسیدسیتریک اسیدنیتریک و اسیدفسفریک.

برای اتصال لوله و اتصالات از جوشکاری با دستگاه اربیتال اتوماتیک استفاده می‌شود. به‌طور کلی، کیفیت جوش‌ها را می‌توان با روش x-ray و یا endoscopy کنترل نمود.

فاصله لوله انشعاب از خط اصلی تا شیر برای لوله‌کشی آب خالص شش برابر قطر لوله و برای لوله‌کشی آب تزریقی سه برابر قطر لوله باید باشد تا آب در این فضا راکد نمانده و آلوده نگردد.

شیر مورد استفاده در لوله‌کشی آب تزریقی از نوع دیافراگمی با بدنه استنلس استیل است.

به‌طور کلی، در صنایع داروسازی از فیلتر در سیستم لوله‌کشی آب تزریقی استفاده نمی‌شود.

در نقاط مصرف شیرهای نمونه‌گیری تعبیه می‌گردد.

لوله‌کشی در سیستم لوپ به‌گونه‌ای انجام می‌گیرد که انتهای نقطه مصرف هر مصرف‌کننده به مصرف‌کننده دیگر و در نهایت، به تانک ذخیره متصل گردد تا از ماندگاری آب در سیستم جلوگیری به عمل آید.

منبع

Gomez R. GMP manual (up06), Maas & Peither AG - GMP publishing; 2010: 5A, 5B, 5C.