



دستگاه سختی گیر

مفهوم سختی آب (Hardness):

به بخشی از مواد و فلزات محلول در آب گویند که ماهیت رسوبی دارند و از ترکیبات آهن، منگنز، استرانسیم، آلومینیوم و به خصوص کلسیم و منیزیم بوجود می‌آیند که ۴ مواد اول دارای نسبت بسیار کمتری در آب می‌باشند. بنابراین برای تمام مقاصد عملی می‌توان سختی کل را برابر با مجموع یونهای کلسیم و منیزیم دانست. البته در آبهای طبیعی معمولاً غلظت کلسیم حدود ۲ برابر منیزیم است در حالی که در آب دریا غلظت منیزیم حدود ۵ برابر کلسیم می‌باشد.

اما به طور کلی سختی آب را می‌توان به دو بخش موقت یا دائم طبقه بندی نمود:

- **سختی موقت آب (سختی کربناتی):** در حقیقت املاح بی‌کربنات کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت دادن از حالت محلول به صورت غیر محلول و در نتیجه به رسوب تبدیل می‌شود.



- **سختی دائم (غیر کربناتی):** املاح سولفات، کلراید، نیترات و غیره با کلسیم و منیزیم است که در اثر حرارت دادن رسوب نمی‌کند.

* تمامی آبهای طبیعی حاوی غلظتهای مختلفی از نمکهای محلول هستند که این نمکها در آب تفکیک شده و یونهای باردار بوجود می‌آورند. یونهای دارای بار مثبت کاتیون و یونهای دارای بار منفی آنیون نامیده می‌شوند. واحد سختی در کشورهای مختلف بصورت زیر است.

۱- فرانسه: هر واحد سختی برابر است با یک گرم کربنات کلسیم در ۱۰۰ لیتر آب (۱۰ میلی‌گرم در لیتر)

۲- انگلیس: برابر است با یک گرم کربنات کلسیم در ۷۰ لیتر آب (۱۴/۳ میلی‌گرم در لیتر Grain)

۳- ایران و آمریکا: برابر است با یک گرم کربنات کلسیم در ۱۰۰ لیتر آب (۱ میلی‌گرم در لیتر PPM)

۴- آلمان: عبارتست از معادل یک گرم کربنات کلسیم در ۵۶ لیتر آب (۱۷/۸ میلی‌گرم در لیتر)



نوع آب	رده بندی سختی آب بر حسب
سبک	0-75
نسبتاً سخت	75-150
آب سخت	150-300
خیلی سخت	>300

مضرات سختی:

بطور کلی سختی موجود در آب باعث مشکلاتی در سیستمهای تاسیساتی و صنعتی می شوند که عبارتند از:

- ۱- ایجاد رسوب در دیگهای بخار فشار بالا، که باعث کاهش راندمان بر اثر انتقال حرارت پایین و در نتیجه بالا بردن دمای کاری دیگ توسط کاربر برای جبران کسری انتقال حرارت و به تبع آن افزایش مصرف سوخت، کاهش تولید یا ترکیب آن بر اثر بیش از حد گرم شدن سطوح فلزی (Hotspot)، خرابی زود هنگام دیگ و توقفهای ناخواسته آن خواهد شد. بنابراین برای آب خوراک دیگهای فشار بالا و بسیاری از سیستمهای فرآیندی، لازم است کلیه یونهای دی اکسید کربن و سیلیکا نیز تقریباً حذف گردند.
- ۲- ایجاد رسوب در برجهای خنک کن، چیلر و سایر سیستمهای حرارتی و برودتی و کاهش راندمان آنها و یا از کار افتادن کل سیستم
- ۳- بعلت سختی موجود در آب، قدرت شویندگی انواع مواد صابونی کاهش می یابد بطوریکه بازدهی شویندهها در آب سخت نصف بازدهی آنها در آب نرم است.
- ۴- در صنایع نساجی و رنگرزی باعث افت کیفیت رنگ می شود.
- ۵- سختی بیش از اندازه سختی در آب شرب (بیش از 500 PPM) برای سلامتی انسان مضر بوده و تشکیل انواع سنگهای کلیه، مثانه و سوء هاضمه از آن جمله می باشد.



کاهش سختی آب

همانطوریکه گفته شد به علت مضرات سختی محلول در آب برای انواع سیستمهای تاسیساتی و صنایع باید آنرا توسط روشهای موجود کاهش یا حذف نمود. فرآیندهای متداول در نرم نمودن آب شامل ته نشینی شیمیایی (فرآیند آهک Lime، فرآیند کربنات کلسیم Soda Ash و فرآیند سود سوزآور Caustic Soda) و تبادل کننده یونی می باشد که نرم کننده های خانگی منحصراً واحدهای مبادله کننده یونی می باشد.

تبادل کننده یونی (رزین ها): رزین های تعویض یونی ذرات جامدی هستند که می توانند یونهای نامطلوب در محلول را با همان میزان از یونهای مطلوب مشابه جایگزین نماید. رزینهای مصنوعی از نوع سیلیکات آلومینیوم می باشند و به رزینهای معدنی ژئولیت گویند که در طبیعت بصورت سنگهایی یافت می شود که می توانند کار ژئولیت سنتزی را انجام دهند. این مواد، یونهای سختی آور آب (کلسیم و منیزیم) را حذف کرده و به جای آن یون سدیم آزاد می کنند و از این رو به ژئولیت های سدیمی مشهورند.



* استفاده از آبهای گل آلود و دارای مواد معلق و همچنین آبهایی که دارای املاح آهن، منگنز، مس و دیگر فلزات سنگین می باشند، رزینهارا فرسوده و آبدهی دستگاه سختی گیر را کم می کنند. بنابراین توصیه می شود قبل از ورود آب به داخل دستگاه، مواد معلق در آب توسط دستگاه فیلتر شنی جدا شده و برای کاهش املاح فلزات سنگین تدابیر لازم بکار گرفته شود.



دستگاه سختی گیر:

متداولترین روش برای حذف سختی آب، استفاده سختی گیرهای رزینی می باشد.

دستگاههای سختی گیر مورد استفاده در تصفیه آب، بیشتر به صورت استوانه فلزی هستند. به طوری که در داخل آن، ذرات رزین را قرار می دهند و داخل سطوح آن با اپوکسی پوشش داده شده است تا از خوردگی آن جلوگیری و باعث افزایش عمر دستگاه گردد.



برای نگهداری و جلوگیری از خروج رزینها در قسمت پایین دستگاه و در زیر رزینها از یک صفحه مشبک و یک بستر سیلیس استفاده می شود.

عمق رزین معمولاً بین ۳-۰/۵ متر انتخاب می گردد و بر حسب نوع رزین، ۵۰ تا ۱۰۰ درصد از حجم رزین، فضای خالی برای انبساط رزین در نظر گرفته می شود.

* میزان جریان را معمولاً در حدود ۱-۰/۲ متر مکعب در دقیقه به ازای هر متر مکعب از حجم رزین در نظر می گیرند.

هر چند که حداکثر دبی جریان ورودی به واحدهای رزین تعویض یونی به علت افت فشار محدود می شود ولی حداقل دبی جریان به علت کانالیزه شدن (Channelive) نمی تواند خیلی کم باشد زیرا کانالیزه شدن باعث می شود که قسمتی از رزین بدون استفاده باشد. از این رو سرعت آب از

بستر رزین باید حدود یک متر در ساعت باشد.



بستر رزین می تواند ثابت (Fixed) و یا شناور (Fluidizebed) باشد. در نوع بستر ثابت حجم رزین های داخل دستگاه انبساطی ندارد و آب ورودی از بالای دستگاه وارد شده و بیشترین تبادل یونی در قسمتهای بالای بستر رزین انجام می شود و در قسمتهای پایین بستر تصفیه نهایی انجام می شود که تعیین کننده درجه خلوص آب خروجی از تعویض کننده می باشد. با افزایش زمان سرویس، رزینهای بالای بستر اشباع شده و تبادل یونی در لایه های پایین ستون بستر انجام می شود که در نهایت زمانی فرا می رسد که بقیه ستون بستر برای تعویض یون کافی نمی باشد و در نتیجه در آب خروجی از تعویض کننده، یونهای ناخالص جذب نشده مشاهده خواهد شد که معرف پایان سرویس دستگاه می باشد. در این حالت، زمان احیاء نمودن رزینها فرا می رسد.

از نظر کاربری، دستگاه سختی گیر دارای سه مدل کنترل دستی، نیمه اتوماتیک و اتوماتیک (برقی) می باشد. در کنترل دستی تمام مراحل شستشوی معکوس، احیاء و سرویس دستگاه از طریق شیرهای دستی توسط اپراتور انجام می شود. اما در کنترل تمام اتوماتیک (برقی) کلیه مراحل فوق توسط شیر اتوماتیک کنترل شده و انسان در کاربری آن دخالت چندانی ندارد. در کنترل نیمه اتوماتیک، شیر نیمه اتوماتیک بصورتی طراحی گردیده است که تمام وظایف را بصورت بسیار ساده انجام می دهد و کاربر فقط با قرار دادن اهرم آن در یکی از سه وضعیت شستشوی معکوس، احیاء و یا سرویس دهی، دستگاه را تنظیم می نماید. تقریباً اکثر سختی گیرهای موجود در صنعت دارای سیستم کنترل نیمه اتوماتیک می باشد که سختی گیرهای ساخت کارخانه مبدل سازان نیز از نوع نیمه اتوماتیک با شیرهای سلو والو می باشد. طریقه کارکرد شیرهای سلووالو در زمان احیاء بصورت زیر می باشد:



احیاء رزین:

وضعیت شماره ۱ (شستشوی معکوس Backwash): در این حالت آب از زیر مخزن به داخل دستگاه وارد شده و از صفحات مشبک عبور

کرده و از زیر به رزینها برخورد می‌نماید. پس از عبور آب از لابلای دانه‌های رزین، رزین دچار انبساط حجمی گردیده و جهت احیا و سرانجام

سرویس دهی دستگاه آماده می‌گردد. زمان احیا رزین معمولاً بین ۵ تا ۱۰ دقیقه متغیر می‌باشد.

وضعیت شماره ۲ (احیا Regeneration): پس از اتمام مرحله شستشوی معکوس شیر را در این وضعیت قرار داده و سپس شیر فلکه منبع

نمک را باز می‌نماییم تا آب نمک مورد لزوم از طریق اژکتور شیر از تانک نمک مکیده و از قسمت بالایی مخزن به آن وارد شود. در هنگام تزریق

آب نمک تبادل یونی ما بین رزین و نمک (NaCl) انجام شده و رزین احیا می‌شود.

پس از تزریق آب نمک شیر فلکه آب نمک را بسته و در این حالت منتظر بمانید تا آب خروجی از لوله فاضلاب دستگاه از حالت شوری خارج

شود.

وضعیت شماره ۳ (سرویس دهی دستگاه Run): پس از شستشوی رزین با آب نمک و تست مجدد آن با کیت سختی، اهرم شیر را در وضعیت

شماره ۳ قرار داده تا دستگاه برای شروع بکار آماده و آب سخت به آب نرم تبدیل شود.

طریقه محاسبه:

ابتدا سختی متوسط و مقدار رزین را از فرمولهای زیر محاسبه نموده و برحسب آن در جدول ، مدل مورد نظر را بدست می آوریم.

$$Grain_{min} = 3.5 * GPM * PPM * T$$

$$V_{Resin} = 0.0045 * GPM * PPM * T$$

T: زمان سیکل شستشو برحسب ساعت (در جدول زیر ۸ ساعت کاری در نظر گرفته شده)

PPM: سختی موجود در آب (در جدول زیر ۲۵۰ در نظر گرفته شده)

جدول انتخاب سختی گیر

MODEL	Capacity	Flow Rate (GPM)	Resin (Lit)	Salt (Kg)	Size Piping (in)	Tank Dimension D*H (mm)
MSWS.1	30	4.5	25	4	3/4"	27*100
MSWS.2	60	8.5	50	8	3/4"	30*100
MSWS.3	90	13	75	12	3/4"	30*150
MSWS.4	120	17	100	15	1"	40*150
MSWS.5	150	22	125	19	1"	45*150
MSWS.6	180	26	150	23	1"	45*150
MSWS.7	210	30	175	27	1 1/4"	50*150
MSWS.8	240	34	200	30	1 1/2"	54*150
MSWS.9	300	43	250	38	1 1/2"	60*150
MSWS.10	360	51	300	46	1 1/2"	66*150
MSWS.11	420	60	350	54	1 1/2"	68*150
MSWS.12	480	68	400	62	1 1/2"	75*150
MSWS.13	540	77	450	70	1 1/2"	80*150
MSWS.14	600	86	500	77	2"	85*150
MSWS.15	720	103	600	92	2"	77*200
MSWS.16	840	120	700	107	2"	83*200
MSWS.17	1000	140	825	127	2"	90*200
MSWS.18	1200	170	1000	154	2 1/2"	100*200
MSWS.19	1500	214	1250	190	2 1/2"	114*200
MSWS.20	1800	257	1500	230	4"	122*200
MSWS.21	2000	286	1675	255	4"	129*200
MSWS.22	2200	314	1825	280	4"	130*250
MSWS.23	2500	357	2075	320	4"	135*250
MSWS.24	3000	429	2500	385	4"	145*250
MSWS.25	3500	500	2925	450	4"	152*250