

ته نشین کردن و انعقاد مواد کلوئیدی آب

تنظیم از

مهندس مرتضی حسینیان

مهندس سازمان آب منطقه ای تهران

پیش گفتار : همانطور که میدانیم آب آشامیدنی باید بی رنگ و بی بو بوده و طعم آن عادی باشد و بقدر کافی خالص تا رغبتی از طرف مصرف کننده باشامیدن آن ابراز گردد علاوه بر آن باید مصرف آن هیچگونه خطری از نظر بهداشت و سلامتی بوجود نیارد بزبان ساده تر عاری از هرگونه میکروارگانیسم بیماری زا باشد آنچه مسلم است آبی با چنین مشخصات در طبیعت یا وجود ندارد و یا اگر یافت شود هیچگاه باندازه ای زیاد نیست که تکافوی تغذیه و شرب عده زیادی را بنماید ولی آبهای موجود در طبیعت را میتوان با انجام پاره ای تغییرات بصورت قابل شرب درآورد باید تذکر داد پاره ای از این تغییرات نه تنها در مورد آبهای آشامیدنی بلکه برای آبهای صنعتی و کشاورزی هم لازمست اعمالیکه برای تبدیل هر نوع آب بآب قابل شرب انجام میگیرد در سه قسمت اصلی زیر خلاصه میشود.

الف - ته نشین ساختن مواد معلق بمنظور تصحیح وضع ظاهری آب و آماده کردن آن برای عملیات بعدی این قسمت شامل سه مرحله زیر است.

۱- انعقاد و ته نشین مواد معلق و کلوئیدی

۲- صاف کردن با استفاده از صافیهای مختلف

۳- حذف رنگ و بوی طبیعی آب یا عواملیکه در اثر پاره ای فعل و انفعالات درآب پیدا شده است.

ب- چون بعضی آبها از نظر املاح محلول خود با استانداردهای بین المللی مطابقتی ندارند لذا با انجام

روشهای خاص شیمیائی این املاح را تا حدود استاندارد تغییر میدهند (مثل سبک کردن آبها)

ج- حذف وازین بردن کلیه موجودات ذره بینی و میکروارگانیسم های بیماری زا (استریل کردن)

الف- ته نشین کردن مواد معلق و انعقاد مواد کلوئیدی :

A- ته نشین کردن مواد معلق - این دسته از مواد که در اثر شستشوی قسمتهای سست زمین در حین

جریان آب داخل آن میشود شامل خاک رس، ذرات گرد و خاک، خاشاک گیاهی، شن، ماسه و حتی قلوه سنگهای درشت و ریز میباشد مواد معلق درشت و وزن دار در سرعتهای بطئی آب در مسیر حرکت ته نشین خواهد شد و قسمتی از این مواد معلق را میتوان با ساکن نمودن آب در حوضچه های ته نشین از محیط عمل خارج نمود و این عمل بخاطر بی باری اینگونه مواد معلق امکان پذیرست البته ممکنست با حفر چند حوض ته نشین نزدیک یکدیگر به ته نشینی مواد معلق بدون بار الکتریکی سرعت داد و حتی آب روئی حوضچه اولی را که مواد معلق کمتری دارد وارد حوضچه دومی و باز بعد از مدتی که تعدادی از مواد آن ته نشین شد آب روئی آنرا به حوضچه سوم وارد نمود و این عمل را تا حوضچه آخری ادامه داد درخاتمه عمل ممکنست هنوز مقادیر جزئی از مواد معلق در آب باقی باشند که آنها را حین انعقاد مواد کلوئیدی میتوان حذف نمود.

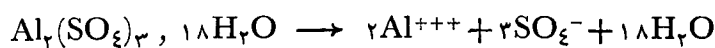
B- انعقاد مواد کلوئیدی: مواد کلوئیدی ذرات نامحلول و معلق هستند که قطر آنها بین ۰.۰۱ ر. تا ۱ ر. میکرون میباشد و بعلت داشتن بار الکتریکی دائماً بحالت تعلیق در آب موجودند (حرکت بروئی) و بدون مصرف مواد شیمیائی حتی با ساکن کردن آب برای چندین ساعت نمیتوان آنها را ته نشین نمود از طرفی بعلت کوچک بودن قطرشان با صافیهای معمولی و کاغذ صافیهای خیلی ریز هم گرفته و حذف نمیشوند و مواد کلوئیدی آب که دارای صورت ظاهری محلولهای حقیقی هستند سل و مواد کلوئیدی ژله مانند را ژل گویند همانطور که گذشت برای ته نشین کردن آنها باید از مواد شیمیائی خاصی استفاده نمود این مواد تحت فعل و انفعالات شیمی فیزیکی مواد کلوئیدی را بی بار نموده و باعث میشوند تعدادی از این مواد گرد هم جمع و ذرات درشتی را تشکیل دهند و این ذرات درشت بعلت وزن خود میتوانند ته نشین گردند.

بی بار کردن مواد کلوئیدی را کواگولاسیون Coagulation گویند و در هم رفتن مواد بی بار و بوجود آمدن ذرات درشتتر از آنها را فلوکولاسیون مینامند ممکنست قسمتی از فلوکها بعلت ریزی و کمی وزن در حال سکون نتوانند ته نشینی شوند لذا برای حذف کامل آنها از صافیهای مختلف استفاده مینمایند.

از نظر تاریخی مدارک زیادی در دستست که ثابت میکند مصریها از مواد خاصی برای صاف کردن آب استفاده میکردند و چینیها در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح اطلاعاتی در مورد مصرف سولفات آلومینیوم داشتند و حتی در بعضی کتب دستورات عملی بمنظور ته نشین کردن گل ولای آبهای لجندار داده شده است.

مکانیزم انعقاد: مکانیزم عمل انعقاد را در سه مرحله زیر بررسی میکنیم

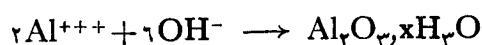
اولاً- بعداً خواهیم دید که برای انعقاد مواد کلوئیدی بیشتر از املاح آلومینیوم و آهن استفاده میشود این املاح خود در آب یونیزه شده و تولید Al^{+++} و Fe^{+++} را مینمایند و چون ذرات کلوئیدی دارای بار منفی هستند لذا این بارهای مثبت فلزی بارهای منفی کلوئیدها را خنثی مینماید و همین عمل باعث انعقاد آنها میشود.



اینعمل مهمترین مرحله کواگولاسیون است باید تذکر داد- برای تماس بهتر و بیشتر مواد منعقد

کننده با کلوئیدهای آب بهتر است اختلاط آنها خیلی سریع انجام شود.

ثانیاً - قسمتی از یونهای فلزی حاصل از مواد منعقد کننده با OH^- های آب درهم رفته و طبق فرمول زیر تولید اکسید فلزی آبدار مینمایند.



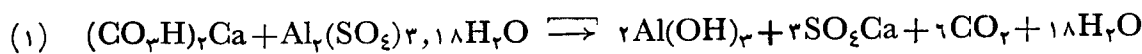
این اکسیدهای آبدار خود مرکزی برای تجمع مواد کلوئیدی بی بار بوده و باین ترتیب اولین فکولهای ریز که شاید در این مرحله هنوز قابل رؤیت نباشند تشکیل میگردند و چون ممکنست OH^- آب که حاصل قلیائیت آنند کافی برای ایجاد اکسیدهای آبدار نباشند از مواد شیمیائی مثل آهک و کربنات سدیم استفاده مینمایند این مواد را چنانکه خواهیم دید کمک منعقد کننده مینامند.

ثالثاً - همانطوریکه گفته شد چون فلوکهای ابتدائی خیلی ریزند در اثر قوه ثقل خود هنوز قادر به ته نشین شدن نیستند باید با ادامه بهم زدن منتها در سرعتهای کم بتشکیل فلوکهای درشتتر کمک نموده این مرحله را بعضی از مؤلفین عمل آوردن یا Conditioning گفته اند در عمل از ظرفهای بزرگی با ایجاد حرکت گردبادی Helicoidal در آب بتشکیل فلوکهای درشتتر کمک مینمایند البته سرعت دورانی حدی داشته و اگر از آن حد تجاوز نماید نه تنها فلوک ایجاد نمیشود بلکه فلوکهای ایجاد شده نیز خورد میگردند زمان کافی برای بهم زدن در این مرحله طبق پیشنهاد Donaldson بین ۲۰ تا ۲ دقیقه میباشد.

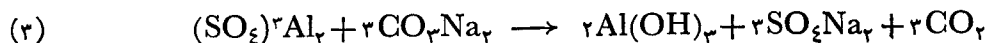
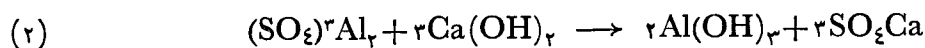
مواد منعقد کننده :

مواد منعقد کننده ای که در تصفیه آب بکار میروند باید اولاً قدرت انعقادش زیاد باشد ثانیاً مازاد آن در آب هیچ نوع مسمومیتی ایجاد ننماید ثالثاً مصرف آن از نظر اقتصادی مقرون بصرفه باشد (این موضوع بمقدار زیاد بشرایط عمل مربوط است) در بعضی کتب تا ۱۸ نوع ماده منعقد کننده نوشته اند ولی مهمترین و عمومی ترین مواد منعقد کننده بقرار زیر است :

۱- **سولفات آلومینیوم :** که باختصار آلومین گفته میشود اولین بار توسط Bird مورد استفاده قرار گرفت این شخص مطالعات مفصلی روی اثر آن در تصفیه آب نمود و مطالعات بعدی در مصرف آلومین توسط Austen و Willow دنبال شد و امروزه هم آلومین بیش از هر ماده دیگری در تصفیه آب مصرف میشود زیرا با کلوئیدهای آب تولید فلوکهای بسیار خوبی میکند. Harris « هاریس » فرمول فرضی زیر را در مورد فعل انفعال آلومین و قلیائی های آب پیشنهاد کرده است :

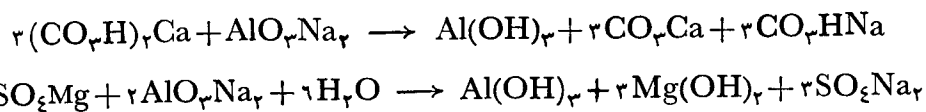


تولید هیدرات آلومینیوم مرکزی برای تجمع مواد کلوئیدی بدون بار و تولید فلوکهای درشتتر میباشد در صورتیکه قلیائی آب کافی برای ایجاد هیدرات آلومینیوم نباشد از آهک و کربنات سدیم استفاده میکنند.



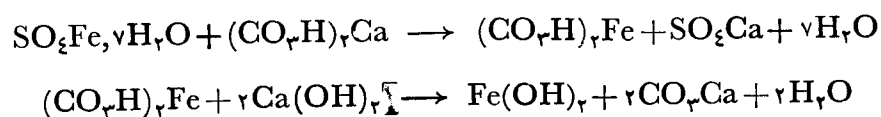
لازم است تذکر داد درموقع استفاده از آهک و کربنات سدیم بهتر است این مواد را مدتی قبل از اختلاط سولفات آلومینیوم با آب مخلوط نموده پاره‌ای مواقع وجود این مواد بسبب کردن آب هم کمک مینماید. اشکال عمده مصرف آلومین عبارت است از: افزایش سختی سولفاتی آب بخاطر تولید سولفات کلسیم و تولید شدن مقداری گاز کربنیک که عامل مهمی در خوردگی است و بالاخره در صورتیکه مقادیر سدیم و پتاسیم آب زیاد باشد رسوبهای حاصل از مواد کلئیدی ریز خواهند بود فقط افزودن آهک و کربنات سدیم تا حدی از اشکال تولید گاز کربنیک می‌کاهد.

۲- آلومینات سدیم - این جسم بعلت خاصیت قلیائی احتیاج به قلیائی دیگری در حین مصرف ندارد و تولید گاز کربنیک نه تنها اشکالی برای عمل آن بوجود نمی‌آورد بلکه ممکن است برای پیدایش ئیدرات آلومینیوم از گاز کربنیک آب هم استفاده نماید در نتیجه این کار از خوردگی آب کاسته میشود و Marberg و Baltzley فعل و انفعال فرضی زیر را برای این جسم پیشنهاد کرده‌اند.

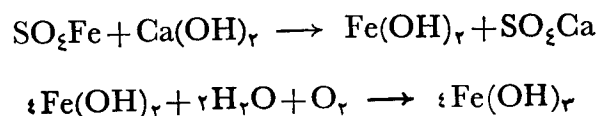


پاره‌ای مواقع از مخلوط‌های سولفات آلومینیوم و آلومینات سدیم استفاده مینمایند در ضمن زیادای املاح سدیم و پتاسیم اشکالی در تولید فلوکهای درشت بوجود نمی‌آورد تنها ممکنست آلومینات سدیم تا حدود ۱ میلی گرم در لیتر آلومینیوم در آب باقی بگذارد که وجود آن از نظر بهداشت و خوردگی اشکالی ایجاد مینماید. ترکیب دیگری که از املاح آلومینیوم که توسط Spence بکار رفته آلومینوفریک یا آلومین آهن دار میباشد منتها لازم است قبل از انجام کواگولاسیون با این جسم و گاز کربنیک آب را با عبور آن از روی سنگ آهک کاملاً حذف نمود.

۳- کواگولانهای آهن - الف املاح فرو - a سولفات فرو - مزیت عمده مصرف سولفات فرو بر آلومین اینستکه این جسم با کلئیدهای آب رسوب‌های سنگین تری داده و در حرارت‌های پائین بهتر عمل میکند و رسوبهای حاصل زود نمیشکنند ولی حتماً باید با آهک مصرف شود از همه بهتر اینکه قیمت آنهم از آلومین ارزاتر است مقدار مورد لزوم آن برای انعقاد مواد کلئیدی به رنگ آب - قلیائی طبیعی مقدار گاز کربنیک آب مربوطست. واکنشهای فرضی آن در آب در صورتیکه سولفات فرو را ابتدا و آهک را بعداً اضافه کنند بقرار زیر خواهد بود.



در صورتیکه ابتدا آهک و بعد سولفات فرو اضافه شود فعل و انفعالات زیر را خواهیم داشت.



همان‌طور که از فرمولهای اخیر دیده میشود در انعقاد سولفات فرو وجود اکسیژن محلول آب ضروری است .

ب- املاح فریک : مهمترین مزایای کواگولانهای فریک عبارتند از :

- ۱- عمل در میدان وسیع تری از pH نسبت به آلومین انجام میشود .
- ۲- زمان لازم برای تشکیل فلوک از آلومین کمتر است و فلوکها درشت بوده در نتیجه سریعتر ته‌نشین میشوند .

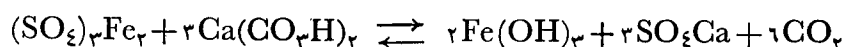
۳- منگنز با این اجسام در pH تقریباً ۹ حذف میشود .

۴- هیدروژن سولفور با این اجسام برداشته میشود .

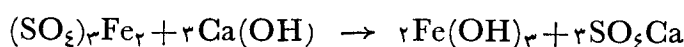
۵- تحت شرایط خاصی مصرف این مواد از نظر اقتصادی با صرفه‌تر از آلومین است .

۶- مزه و بوهای خاص آب را تا حدود زیادی تقلیل میدهند .

b- سولفات فریک : این جسم شاید بهترین کواگولان املاح آهن باشد و میتوان آنرا همراه آهک یا تنها برای انعقاد مواد کلوئیدی بکار برد و مصرف آن از آلومین اقتصادی‌تر میباشد فعل و انفعال فرضی آن با قلیائیهای آب بقرار زیر است .

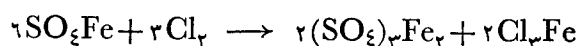


و در حضور آهک خواهد داد :

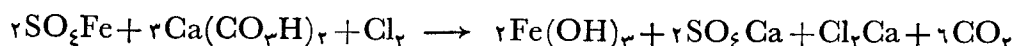


تبدیرات فریکی که در این فعل و انفعالات تشکیل میگردد هسته اصلی و مرکز تجمع کلوئیدهای بی‌بار میباشد .

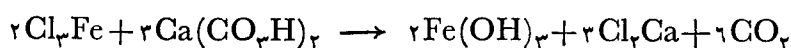
یکی دیگر از املاح آهن که موارد استعمال زیاد دارد عبارتست از سولفات فرو که گاز کلر با آن مجاور شده باشند :



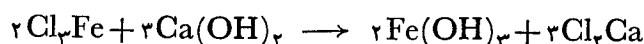
در حقیقت مخلوطی است از کلرور فریک و سولفات فریک در اصطلاح این مخلوط را Chlorinated Coppria مینامند . فعل و انفعال فرضی آن با قلیائی آب بقرار زیر است :



c- کلرور فریک : این جسم با قلیائی آب فعل و انفعال زیر را میدهد :

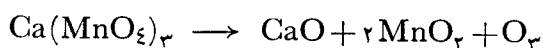


همچنین ممکن است آنرا همراه با آهک بکار برد :



مصرف این این جسم خیلی اقتصادی‌تر از آلومین است .

۴- سایر مواد : دیگر از کوا گولانهای مهم ، میتوان مخلوط سولفات آهن و پرمنگنات و یا سولفات مس و آهک و مهمتر از آنها پرمنگنات کلسیم را نام برد این جسم طبق فرمول زیر در آب دیسوسیه شده و مثل یک ماده کوا گولان عمل مینماید :



مطالعات اولیه در مصرف این جسم توسط Charitschkoff انجام شد ولی بعلت امکان باقی گذاشتن آثاری از منگنز در آب مصرف آن عمومیت ندارد . همانطوریکه گذشت بیش از ۱۸ نوع ماده کوا گولان در کتابها ذکر کرده اند که برای جلوگیری از اطاله کلام از ذکر جدا گانه هریک از آنها خودداری میگردد .

عوامل مؤثر در کوا گولاسیون

این عوامل عبارتند از :

۱- pH - انتخاب ماده کوا گولان و مقدار آن بستگی کاملی بوضع طبیعی آب مثل مواد معلق ، مواد جامد و درجه حرارت و بعضی فاکتورهای دیگر دارد مطالعات مفصلی در مورد اثر pH روی عمل انعقاد توسط Clark و Theriault و Miller و انجام شده و قسمتی از گزارش آنها بقرار زیر است :

«وقتی اغلب فاکتورهای مؤثر در کوا گولاسیون موجود نباشد مناسبترین شرایط برای ایجاد فلوکهای درشت بتغییرات pH مربوط است» .

گزارش دیگری در این زمینه از طرف Baylis و Barton و Black در مورد اثر تغییرات pH در کوا گولاسیون منتشر شده که مؤید نظر بالا است . دانستن pH آب قبل از انجام عمل انعقاد ضروری است و در جدول زیر برای چند ماده منعقد کننده pH های مناسبشان داده شده است :

ماده کوا گولان	pH
آلومین	۷ تا ۸
سولفات فرو	از ۸ به بالا
سولفات فریک	از ۷ به بالا و ۷ تا ۸
کلروز فریک	از ۸ به بالا و ۸ تا ۹

۲- اثر درجه حرارت :

یکی از مهمترین فاکتورهای مؤثر در عمل انعقاد درجه حرارت است بطور کلی تشکیل فلوکها در حرارتهای متعادل و ملایم سریعتر انجام میشود و مقدار تزریق ماده کوا گولان در تابستان و زمستان فرق میکند و اصولاً مقدار آن با درجه حرارت نسبت عکس دارد باید یادآوری نمود که اثر درجه حرارت در کوا گولاسیون بمراتب کمتر از اثر pH میباشد .

۳- اثر اختلاط :

هرچه اختلاط مواد کوا گولان با آب کاملتر باشد کوا گولاسیون بهتر و سریعتر خواهد بود در عمل برای

اختلاط کامل آب و ماده منعقد کننده یک حرکت مارپیچی در آب حین تزریق ماده بوجود می‌آورند بطور کلی برای یافتن مناسبترین مقدار ماده کواگولان و بهترین شرایط عمل در لابراتوار از دستگاه کواگولاسیون استفاده مینمایند و مهمترین ملاحظات و مشاهدات آزمایشگاهی عبارتند از :

اولاً - زمان لازم برای تشکیل اولین فلوک

ثانیاً - ظهور فلوک بعد از ۰ و ۳ دقیقه

ثالثاً - امکان رسوب فلوکها بعد از خاتمه کواگولاسیون

موادیکه بعنوان کمک منعقد کننده بکار میروند .

۱- آهک : همانطور که قبلاً گذشت گاهی اوقات قلیائیت آب کافی برای تولید اکسیدهای فلزی که هسته اصلی ایجاد فلوک هستند نمیباشد در این مواقع برای جبران کمبود قلیائی از آهک استفاده میشود از طرفی آهک بعنوان ماده منعقد کننده در آبهاییکه مقادیر زیادی سئیزیم دارند بکار میرود همچنین همانطور که میدانیم وسیله ایست برای از بین بردن گاز کربنیک و گاهی نیز نقش سمبک کننده آب را دارد در موقع بکار بردن سولفات فرو مصرف آهک الزام آور است فقط ممکن است در مورد آبهای با سختی کم مصرف آن اثر نامطلوب داشته باشد .

۲- کربنات سدیم : این ملح هم در تثبیت pH آب و بمنظور افزایش یونهای OH^- آب برای تشکیل مراکز اصلی فلوکولاسیون یعنی تولید نئیدراتهای فلزی نقش مهمی دارد مخصوصاً در تأسیساتیکه از آلومین بعنوان ماده منعقد کننده استفاده میشود اکثراً از این جسم نیز استفاده مینمایند .

۳- سیلیس آکتیو : از این جسم بعنوان کمک منعقد کننده اولین بار Baylis استفاده نمود اثر مهم آن تسریع تشکیل فلوکها و سرعت ته نشین آنهاست مطالعات بعدی روی مصرف آن توسط Graf و Baker و Hay انجام شد و در بیشتر آبهاییکه نمیتوان با منعقد کننده های معمولی کلوئیدهای آب را حذف نمود از این جسم استفاده کرد .

۴- بعضی خاکهای خاصی برای سنگین تر کردن فلوکهای تشکیل شده و مخصوصاً در آبهای صافی که بسختی عمل انعقاد در آنها انجام میشود میتوان تا حدود ۲ میلی گرم در لیتر از این خاکها را مورد استفاده قرار داد .

Durham توضیح داده است که وقتی خاک به آبی اضافه شده در آب الکتریسته تولید میگردد و چون آب هادی بدیست لذا اختلاف پتانسیل بین آب و خاک بوجود خواهد آمد که در نتیجه آن آب (ذرات کلوئیدی آن) و خاک یکدیگر را جذب مینمایند در نتیجه عمل کواگولاسیون انجام میشود .

۵- گاز کلر : گرچه این گاز خود جزو کواگولانها نیست معهذاً میتوان از آن برای از بین بردن موادیکه مانع تشکیل فلوک میشوند استفاده نمود مخصوصاً در مواردیکه آب دارای مقادیر زیادی مواد آلی باشد و یا در آبهاییکه فاضل آب شهرها و کارخانجات داخل آنها میشود از این گاز بعنوان کمک منعقد کننده استفاده مینمایند .

۶- ممکن است از اجسامی مثل نشاسته و کربن آکتیو و جسمی بنام Bentonit استفاده نمود.

فهرست مراجع

- ۱- سری سخنرانیهای پرفسور A.P. Black
- 2- Water Conditioning for industry (Powell 1954)
- 3- « Supply and waste water (Fair and Geyer 1956)
- 4- « « engingerring (Babbit 1955)
- 5- « « (Steel 1960)
- 6- « treatment (James 1966)
- 7- « « handbook (Degremont 1965)