جایگزینی پساب سختی گیری
با پسماند خشک دارای کاربرد صنعتی

علی فرهمند , محسن فریور
شرکت مهندسی مشاور طوس
Farahmandali@yahoo.com
Farivar1@gmail.com

چکیده

فرایند متداول سختی گیری شامل فرایند های انعقاد , تجمع , جداسازی آب و لجن, فیلتراسیون و تغلیظ لجن می باشد این در حالیست که در فرایند نوین سختی گیری در راکتور دانه ای بستر سیال تنها فرایندهای راکتور سختی گیری و فیلتراسیون را خواهیم داشت. روش های متداول سختی گیری به تولید لجن آبداری می انجامد که نیاز به فرایندهای تغلیظ و آبگیری لجن دارد و در نتیجه هدررفت آب زیادی خواهیم داشت. روش نوین سختی گیری با کریستالیزاسیون رسوبات بر روی دانه های بستر سیال منجر به تولید دانه های رشد یافته ای می گردد که پسماند خشکی را تولید می کند که نیازی به آبگیری فرایند های متداول آبگیری از لجن را ندارد و حتی کاربردهای صنعتی نیز برای آن معرفی گردیده است.

واژه های کلیدی

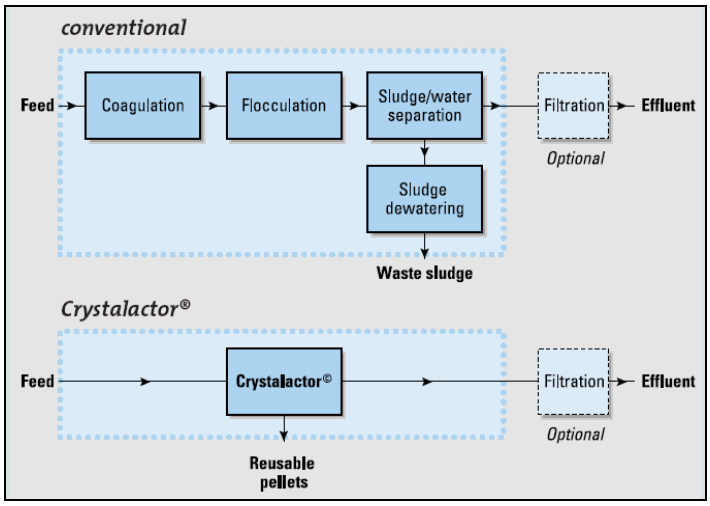
سختی گیری , لجن , پساب , راکتور دانه ای, بستر سیال

۱- مقدمه

علاوه بر روش گرمایی روش های گوناگونی دیگری نیز برای کاهش سختی وجود دارد, ازجمله تبادل یونی , نرمسازی با آهک و سود , اسمز معکوس , الکترودیالیز و غیره. در فرایند سختی گیری آب معمولا حذف سختی با آهک سود صورت می گیرد. در این روش با ایجاد تغییرات شیمیایی در آب می توان با ایجاد ترکیباتی با ضریب حلالیت (KSP) پایین محلول را به صورت فوق اشباع درآورد و با ترسیب این ترکیبات و جداسازی آن از آب امکان کاهش سختی فراهم آورد.

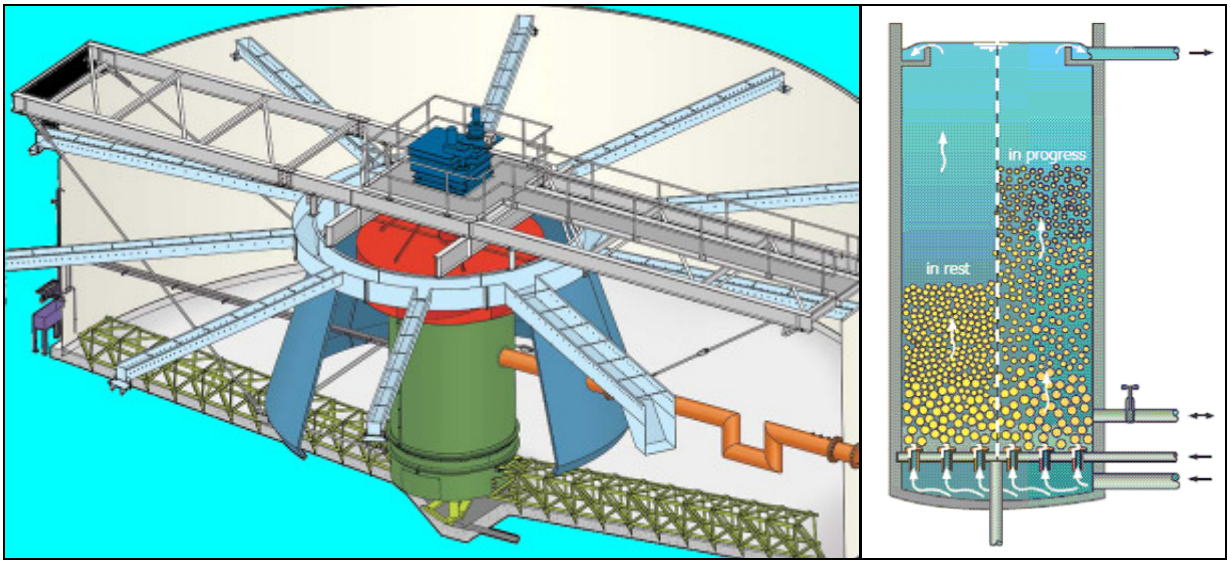
۲- فرایند سختی گیری

از متداول ترین روش های حذف سختی به کارگیری از آهک و سود می باشد. این فرایند به روش های گوناگونی صورت می پذیرد. فرایند متداول سختی گیری شامل فرایند های انعقاد , تجمع , جداسازی آب و لجن, فیلتراسیون و تغلیظ لجن می باشد این در حالیست که در فرایند نوین سختی گیری در راکتور دانه ای بستر سیال تنها فرایندهای راکتور سختی گیری و فیلتراسیون را خواهیم داشت. در راکتور دانه ای با به کارگیری دانه ها سیال شده و با ایجاد بستری بسیار گسترده برای رسوب گذاری که به حذف سریع رسوبات از محلول اشباع می گردد بازده سختی گیری به شدت افزایش می یابد. سطح ایجاد شده در این روش بسیار زیاد و معادل $۴۰۰۰ m^2/m^3$ می باشد. در راکتور های دانه ای شانش حذف فلزات سنگین علاوه بر کلسیم و منیزیم نیز وجود دارد.



شکل۱: مقایسه فرایند سختی گیری متداول و راکتور دانه ای

راکتورهای بستر سیال شامل ظرف استوانه ای است که قسمتی از آن با موادی دانه ای شکل پر گردیده است . قطر دانه ها کوچک و در حدود ۰.۲ تا ۰.۴ میلیمتر می باشد که متعاقبا سطح گسترده ای را برای تبلور ایجاد می نماید. راکتورهای سختی گیری ۶ تا ۱۲ متر ارتفاع و ۰/۵ تا ۴ متر قطر دارند. دانه های ورودی ۰/۲ تا ۰/۳ میلیمتر بوده که پس از رشد نهایی به ۲ میلیمتر می رسند. آب به سمت بالا با سرعت زیادی پمپ می گردد تا ذرات را به صورت سیال شده درآیند. از پایین مواد شیمیایی (سود سوزآور , خاکستر سود ویا آهک) تزریق می گردد. کربنات کلسیم به حالت فوق اشباع در می آید و روی دانه ها متبلور و کره های کوچکی را می سازند. در فاصله زمانی منظم دانه ها از پایین راکتور خارج می گردد. در بخش پایین راکتور ذرات کوچک به دام می افتند و به برج برگردانده می شوند. این دانه ها می تواند در صنایع به کار رود. به منظور بهبود شرایط عملیاتی مدلسازی هیدرولیکی آن ضروری است. این مدل باید فضای خالی, ارتفاع و گرادیان فشاری را تابعی از اندازه دانه ها , دمای آب و جریان آب پیشبینی کند. به کارگیری این مدل کمترین سیال سازی بستر و جداسازی دانه ها در بستر را پیشبینی می کند.



شکل ۲: فرایند سختی گیری در راکتور دانه ای سمت راست و فرایند متداول سختی گیری با پتوی لجن

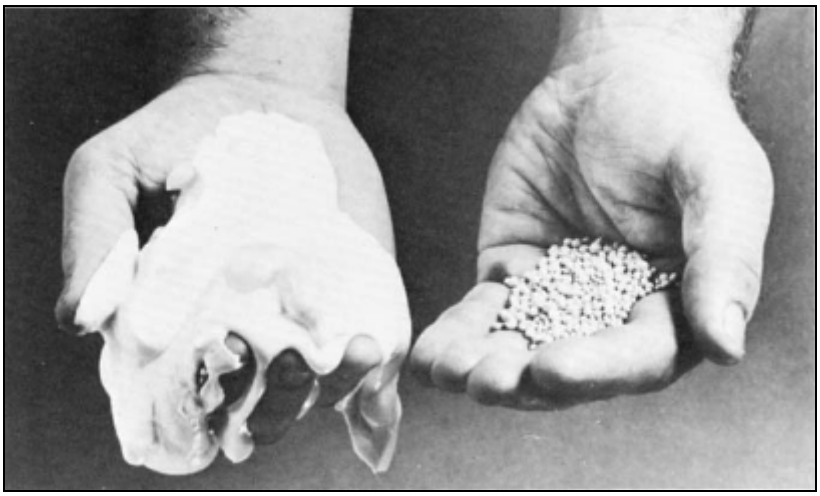
۳- پساب سختی گیری

در اثر فرایند سختی گیری صورت گرفته با آهک و خاکستر سود معمولا لجنی که مخلوطی از کربنات کلسیم, کربنات منیزیم و کربنات فلزات سنگین است تشکین می گردد. مواد جامد در این لجن ۵ تا ۳۰ در از کل لجن می باشد. ترکیب لجن تولیدی به PH تولید لجن بستگی دارد که با افزایش PH سهم کربنات منیزیم از ترکیب لجن افزایش می یابد. لجن فرایند های متداول سختی گیری معمولا پس از سختی گیری برای بهبود کیفی خاک های کشاورزی با PH پایین مورد استفاده قرار می گیرد.

روش های متداول سختی گیری شامل مراحل انعقاد, تجمع و ته نشینی است که در این روش مقادیر زیادی لجن آبدار تولید می گردد که برای آبگیری باید به واحد آبگیری لجن و بسترهای لجن خشک کن برده شود که این در حالی است که در هر صورت با هدر رفت زیاد آب روبرو هستیم. این در حالی است با جایگزینی چند فرایند پیشین با فرایند نوین سختی گیری بستر سیال علاوه بر کاهش هزینه ها دیگر لجنی نخواهیم داشت و تنها خروجی مازاد راکتور دانه ای توده ای از دانه های خشک خواهد بود که نه تنها مشکلات لجن های متعارف فرایندهای پیشین سختی گیری را ندارد بلکه مصارف صنعتی نیز می توان برای آن متصور بود. یکی از کاربردهای شناخته شده این دانه ها مصرف آن به عنوان غذای پرندگان است. در شکل ۴ تفاوت فرایند پیشین سختی گیری را با فرایند تبلور رسوبات در راکتور دانه ای با هم مقایسه گردیده است. در شکل ۳ لجن آبدار فرایند پیشین سختی گیری با پسماند خشک دانه ای فرایند نوین سختی گیری مورد مقایسه قرار گرفته است.

مقایسه فرایند متداول سختی گیری و راکتور دانه ای

	هدررفت آب	سطح بستر لجن خشک کن	انرژی مصرفی	محیط زیست	دفع لجن
تصفیه متداول	همراه با لجن	برای آبگیری لجن لازم است	سیستم تغلیظ و آبگیری لجن	دفع مقادیر زیاد لجن	زمین کشاورزی
راکتور دانه ای	ندارد	ندارد	پمپ شناور سازی بستر	بدون آلودگی	مصرف طیور

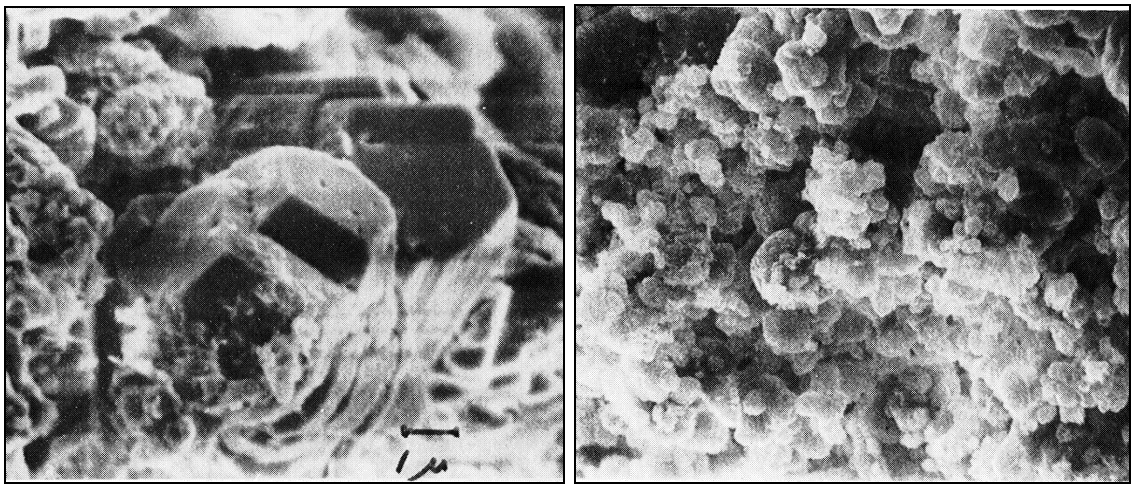


شکل ۳ : سمت چپ دانه های خروجی از راکتور سختی گیری دانه ای و سمت راست لجن متداول سختی گیری است

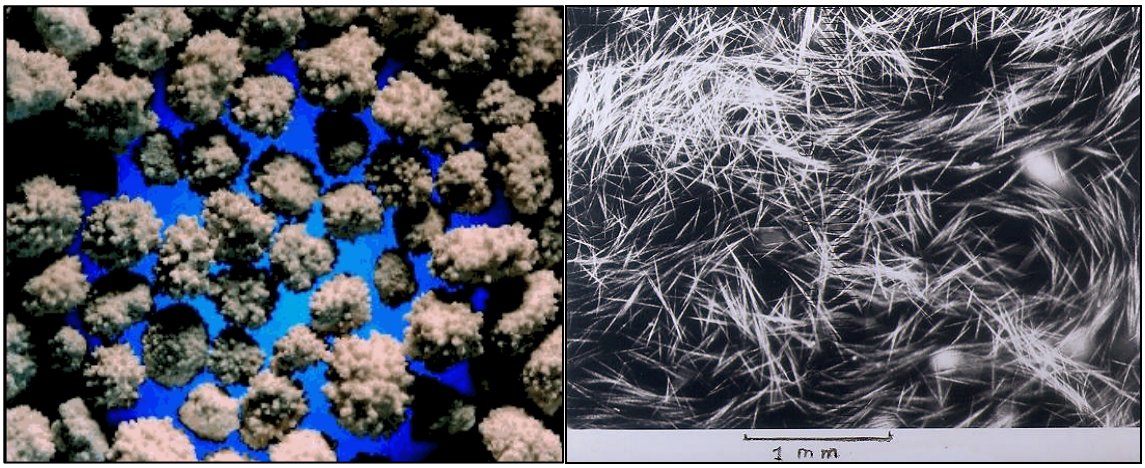
۴- کریستالیزاسیون

در اثر واکنش سختی گیری کربنات کلسیم و منیزیم تولید می گردد که با فوق اشباع سازی محلول آماده ترسیب صورت می گیرد. در راکتور بستر سیال دانه های سیلیسی وارد شده به راکتور به عنوان هسته اولیه بستر مناسبی برای رشد کریستال ها هستند. با سطح گسترده ای که دانه های سیال شده برای رشد بلور ایجاد می کنند و نزدیک شدن شرایط محلول از فوق اشباعیت به مرز اشباع امکان پیشرفت سریع تر واکنش را فراهم می آورد که با افزایش سرعت واکنش حجم راکتور نیز کاهش یا یافته و به عبارت دیگر ظرفیت راکتور افزایش می یابد. در فرایند متداول سختی گیری که دانه های تشگیل بلور وجود ندارد ابعاد بلورهای کربناته تشکیل شده در لجن سختی گیری ۲ تا ۳ میکرون

است. در شکل های زیر بلورهای تشکل شده در لجن زیر میکروسکپ نشان داده شده و تفاوت تشکیل بلور بر روی دانه ها با لجن نشان داده شده است.



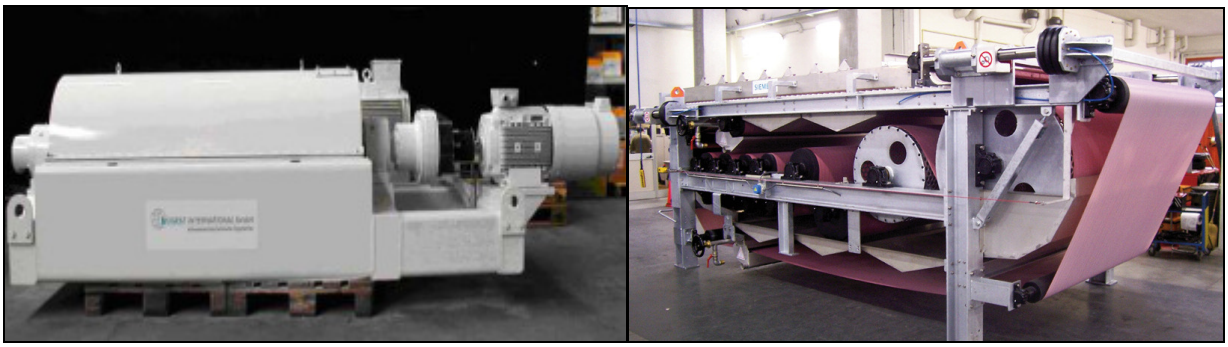
شکل ۴: بلورهای کربناته سختی گیری در زیر میکروسکپ بزرگنمایی از راست به چپ x ۲۰۰۰ و x ۱۰۰۰۰



شکل ۵: سمت راست تشکیل بلور در لجن بدون هسته و سمت چپ تشکیل کریستال ها بر روی دانه های سیال شده

۴- آبگیری لجن فرایند متداول

برای آب گیری لجن حاصل از روش های متداول سختی گیری روش های دستگاهی گوناگونی وجود. از جمله این روش ها belt press, filter press , screw press و centrifugal وجود دارد که علاوه بر هزینه خرید هزینه های انرژی , تعمیر و نگهداری را تحمیل می نماید. شکل زیر دو نمونه از دستگاه های آبگیری لجن را نشان می دهد.



شکل ۶: سمت راست دستگاه آبگیری لجن belt press و سمت چپ دستگاه آبگیری لجن centrifugal می باشد

آبگیری لجن در بسترهای لجن خشک کن به خصوص در مورد لجن کربنات منیزیم می تواند موجب گرفتگی بستر شود که با کمک پلی الکترولیت می توان شرایط را تا حدودی بهبود بخشید. لاگون های خشک سازی فضای گسترده ای را اشغال می نماید و هزینه های خرید و آماده سازی زمین را در پی خواهد داشت. با جایگزینی فرایند های متداول سختی گیری با راکتور دانه ای بستر سیال با حذف لجن فرایند های تغلیظ و آبگیری لجن حذف می گردد.

جدول مشخصات کیفی چند نمونه لجن فرایند متداول سختی گیری

نمونه مورد بررسی	وزن لجن مرطوب (گرم)	وزن خشک لجن (گرم)	کاهش وزن در دمای ۶۰۰c (گرم)
۱	۱۲۹/۵۸	۷۸/۴۰	۴/۵۸
۲	۱۲۴/۰۷	۷۳/۴۷	۴/۵۵
۳	۱۱۶/۵۲	۶۵/۹۹	۴/۴۶
۴	۱۲۶/۰۵	۷۵/۶۷	۵/۰۱

شکل ۷: لاگون لجن خشک کن واحد سختی گیری

۵- تصفیه خانه بیرجند

تصفیه خانه آب بیرجند دارای واحد سختی گیری با دبی ۴۲۰ lit/s می باشد آب ورودی به واحد سختیگری دارای سختی کلسیم ۷۵۰mg/lit می باشد که برای رسیدن به سختی ۷۰mg/lit طراحی شده است که در اثر واکنش سختی گیری با آهک لجن خشک کربناته تولیدی kg/s ۰/۶۵ خواهد بود. در صورت استفاده از واحد های متداول سختی گیری لجن ۳٪ w/w تولید می گردد که در نتیجه دبی لجن واحد سختی گیری این تصفیه خانه 22 lit/s خواهد بود. این حجم از لجن نشانگر هدر رفت حجم زیاد آب و روبرو شدن با مقادیر زیاد لجن خواهد بود.

برای باز گرداندن بخشی از این لجن نیاز به فرایند های پر هزینه تغلیظ، آبگیری لجن و ساخت بستر خشک سازی است. این در حالی است که با به کارگیری از واحد سختی گیری تنها ۲/۵ ton/hr پسماند دانه ای خواهیم داشت. بار سطحی راکتور دانه ای بیرجند 70 m/hr که در نتیجه مجموع سطح راکتورها 21/6 m2 می شود. آب ورودی به تصفیه خانه بیرجند دارای میزان کرومی بیش از استانداردهای جهانی WHO می باشد که این میزان در راکتور دانه ای تعدیل می گردد.

مقایسه واحد سختی گیری راکتور دانه ای بیرجند با یک واحد متداول مشابه (Sludge blanket clarifier)

فرایند برای دبی 420lit/s	میزان هدرفت آب	بار سطحی دستگاه	سطح مورد نیاز دستگاه	سطح موثر ته-نشینی	نوع پساب	قابلیت تعدیل پارامتر های کیفی
روش سختی گیری متداول	22 lit/s همراه با لجن	2-3 m/hr	504 m2	504 m2	لجن ۳٪	-
راکتور دانه ای	آب همراه دانه ها	70 m/hr	21/6m2	4000m2/m3	دانه	حذف فلزات سنگین فلز کروم

۶- نتیجه گیری

با جایگزینی فرایند سختی گیری بستر سیال چند فرایند انعقاد, تجمع, تهنشینی, جداسازی و آبگیری لجن حذف می گردد. در راکتور دانه ای با تولید سطح گسترده برای ترسیب (4000m2/m3) ابعاد دستگاهی کاهش می یابد به صورتی که بار سطحی فرایندهای متداول 2-3 m/hr و در فرایند راکتور دانه ای 70m/hr می باشد. فضای اشغال شده توسط راکتو ر دانه ای بسیار کوچکتر از روش های متداول سختی گیری است. فرایند های متداول سختی گیری به تولید لجنی می انجامد که به فرایندهای انتقال, تغلیظ و آبگیری لجن نیاز دارد در نتیجه هزینه خرید تجهیزات, انرژی, تعمیر و نگهداری آن حذف می گردد. دانه های تولید شده در راکتور دانه ای مشکلات زیست محیطی ندارد. با حذف لجن از هدر رفت آب نیز جلوگیری می گردد. دانه های تشکیل شده در فرایند سختی گیر کاربرد های صنعتی نیز دارند.

مراجع

[1]- طرح پایلوت تصفیه خانه بیرجند. علی نیریزی . شرکت مهندسی مشاور طوس آب . ۱۳۸۸.

[2] Nalco water treatment hand book. Frank N kemmer. second edition

[3] Landfill disposal of sludge derived from lime/soda-ash softening of water. Eugene A. Glysson . may 1972