برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي لفنى صرف صحي

معالجة الحمأة – الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية وبناء القدرات-الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

جدول المحتويات

خصائص الحمأة ٢
أنواع الحمأة الناتجة من الصرف الصحي ٢
١. الحمأة الابتدائية Primary sludge ٢
٢. الحمأة المنشطة Activated sludge ٢
٣. الحمأة المترسبة كيميائياً ٢
٤. الحمأة المهضومة (أو المُخمرة) ٣
نظم معالجة الحمأةSystems of sludge treatment ٣
عملية تركيز الحمأة (أي تقليل حجم المياه في الحمأة) ٤
التركيز للحمأة بطريقة التعويم (Air Flotation thickeners) ٤
تثبيت الحمأة ٥
التخمر اللاهوائي للحمأة ٥
التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة ٦
التخمر الهوائى للحمأة ٦
تحسين الحمأة ٧
التحسين بالمواد الكيميائية ٧
التجفيف الطبيعي للحمأة ٧
الأحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة ١٠
إرشادات تشغيل أحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة ١٠
فصل المياه من الحمأة باستخدام المعدات الميكانيكية (Mechanical Dewatering) ١١
مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ: (Belt Pressing) ١١
مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter Pressing) ١٤
الترشيح بالخلخلة لتجفيف الحمأة ١٤
التجفيف بكبس الحمأة في قوالب ١٥
تجفيف الحمأة بالطرد المركزي ١٥
كمر الحمأة ١٦
أنواع الكمر ١٧
مراحل عملية الكمر ١٧
مدة الكمر ١٨
طرق التخلص من الحمأة ٢٠
استعمال الحمأة المجففة كسماد ٢٠
حرق الحمأة بعد تجفيفها ٢١
السجلات الفنية اليومية والشهرية لأحواض تجفيف الحمأة ٢١
برك تجفيف الحمأة ٢٢
استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة ٢٢

تعريف الحمأة:

هي المواد الصلبة (الجوامد) العالقة سواء كانت مواد عضوية أو غير عضوية في مياه الصرف الصحي، والتي ترسبت في أحواض الترسيب بمحطات المعالجة .

وعندما تترسب الحمأة نجدها ممزوجة بكمية كبيرة من المياه، وتختلف نسبة الماء باختلاف نوعية الصرف الصحى الخام وخصائصه وكذلك نظم المعالجة، ومثالاً لذلك نجد أن نسبة المياه بالحمأة المنشطة حوالى ٩٨,٥% بينما نسبتها بالحمأة العادية الراسبة بأحواض الترسيب الابتدائية حوالى ٩٥%.

خصائص الحمأة

تتميز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الإبتدائية برائحتها الكريهة بسبب الأمونيا، كما تتراوح نسبة الماء الذى تحتويه بين ٩٤ – ٩٩%، ويتأثر حجم الحمأة إلى حد كبير بنسبة إحتوائها علي الماء مع بقاء كمية المواد الصلبة كما هي، فإن الحجم الكلى للحمأة سوف يزداد تبعاً لذلك، كما هو موضح.

أنواع الحمأة الناتجة من الصرف الصحي (تصنيف مصادر الحمأة)

١. الحمأة الابتدائية Primary sludge

تعرف الحمأة الابتدائية أو الخام بأنها الحمأة الناتجة عن ترسيب المواد العالقة في أحواض الترسيب الإبتدائية، وتتميز برائحتها الكريهة وتتراوح نسبة الرطوبة بها بين ٩٥ – ٩٧%.

٢. الحمأة المنشطة Activated sludge

تعرف بالحمأة الناتجة من أحواض الترسيب النهائية التي تلى أحواض التهوية في مرحلة المعالجة البيولوجية، ونظراً لتعرض هذا النوع من الحمأة (أكثر من غيره) إلى عمليات تهوية قوية ومستمرة فلذلك لا تظهر له رائحة، كما أنها يحتوى على نسبة كبيرة من الماء تصل إلى ٩٩% أو أكثر. وليس من السهل فصل الماء عن المواد الصلبة في الحمأة المنشطة، كما أنه من التبديد بمكان تجفيف الحمأة المنشطة مباشرة في أحواض التجفيف، لذلك تستخدم عمليات هضم الحمأة (تخمير الحمأة) أو بعض العمليات الكيميائية المختلفة لخفض المحتوى المائي لها وبالتالى تقليل حجمها بدرجة مقبولة.

٣. الحمأة المترسبة كيميائياً

يمكن استخدام بعض العمليات الكيميائية المساعدة لإنجاز عمليات الترسيب بسرعة وكفاءة مقبولة في بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحى، وخصوصاً في محطات معالجة مياه الصرف الصناعية، ورغم سهولة الترسيب باستخدام العمليات الكيميائية إلا أن الحمأة الناتجة تتميز بمحتواها المائي المرتفع والذى يجعل من الصعب استخدام أحواض التجفيف مباشرة، وعادةً ما يتم تخميرها قبل التخلص منها.

٤. الحمأة المهضومة (أو المُخمرة)

تنتج الحمأة المهضومة أو المُخمرة من العمليات الخاصة بتخمر الحمأة بمعزل عن الهواء (أي في عدم وجود الأكسجين Anaerobic condition)، وهي عمليات بيولوجية تهدف إلى تحلل أكبر قدر ممكن من المواد العضوية الموجودة بطريقة غير هوائية وذلك بفعل البكتريا اللاهوائية، فهي لا تحتاج الأكسجين بل تحصل علي الطاقة من مركبات أخري، ويمكن أن تؤدى إلى:

- أكسدة المواد القابلة للتحلل لا هوائياً.
- الفصل الكامل للمواد الصلبة عن السائل تمهيداً لتجفيفها.
- خفض كتلة الحمأة بنسب تتراوح بين ٢٥ – ٤٠%.

وتتميز الحمأة المهضومة بلونها القاتم وبتجانسها، كما أن لها رائحة محتملة عندما تكون رطبة، ويتم تجفيفها بعد ذلك في أحواض التجفيف نظراً لإنخفاض محتواها المائي نتيجة لعمليات الهضم.

نظم معالجة الحمأة Systems of sludge treatment

هناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة، ويمكن اختيار المناسب منها لنظام المعالجة، ويتوقف هذا الإختيار على مجموعة عوامل مختلفة أهمها ما يلى:

- الظروف البيئية للمنطقة المنتج بها الحمأة.
- النواحي الاقتصادية (أي تكاليف معالجة الحمأة).
- الموقع الجغرافي والمناخي لمنطقة موقع محطة المعالجة.
- درجة جودة المعالجة المطلوبة للحمأة ومدي إمكانية إعادة استخدامها في الزراعة فيما بعد.

صورة رقم ١ توضح حوض التكثيف الدائرى الشكل

عملية تركيز الحمأة (أي تقليل حجم المياه في الحمأة)

وفي هذه الأحواض المعروضة تستخدم أذرع لتقليب الحمأة ببطئ ينتج عنه فصل للمياه وزيادة تركيز الحمأة في الجزء الأسفل من الحوض نتيجة أن الكثافة للحمأه أكبر من كثافة الماء، ويتم نزح المياه الموجودة في الجزء العلوي من حوض التركيز وإعادتها إلى غرفة المدخل بمحطة المعالجة.

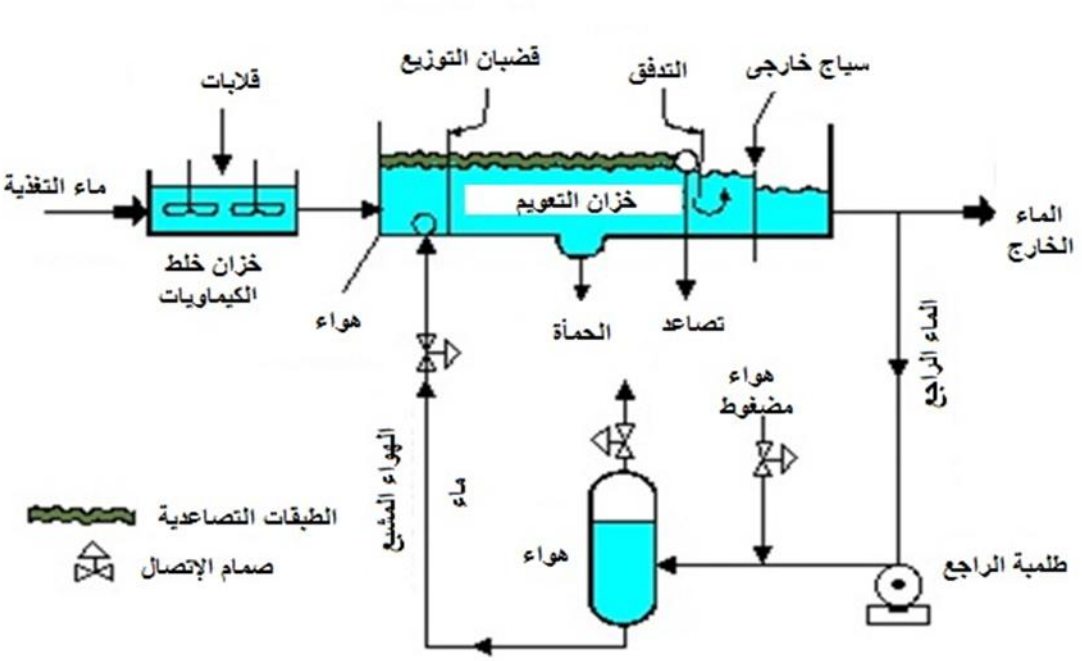
وهناك عوامل تؤثر علي سرعة التركيز في الحوض منها

- **مدة المكث** هي المدة الزمنية التي تقضيها الحمأة في الحوض (منذ لحظة دخولها وحتي لحظة خروجها)
  - وتتراوح بين ١ – ٢ يوم وتؤخذ المتوسط ١,٥ يوم كمثال.
- سرعة دوران الأذرع في الحوض، ويلزم التحكم فيها

١. التحكم في السرعة بحيث لا تزيد السرعة الخطية عند محيط الحوض عن م٢ / الدقيقة.

٢. عمق المياه في الحوض: يتراوح العمق من ٢,٥ – ٣,٥م.

التركيز للحمأة بطريقة التعويم (Air Flotation thickeners)



صورة رقم ٢ توضح تركيز الحمأة بالتعويم باستخدام الهواء

تُستخدم هذه النوعية من الأحواض في محطات المعالجة كبيرة وينتج منها كمية من الحمأة كبيرة، ويتم في هذه الخزانات استخدام فقاقيع من الهواء بحجم معين والشكل السابق يوضح خطوات تشغيل نظام التعويم الهوائي.

يستخدم الهواء المضغوط بتعريض جزء من الحمأة إلى ضغط يتراوح بين ٣–٥ كجم/ سم^{٢}. ويجب مراعاة ما يلى:

١. خلط مياه من غرفة الضغط مع الحمأة الخام قبل إدخالها لأحواض التعويم الهوائي.

٢. بعد إدخال الحمأة لأحواض التعويم ونتيجة لتخفيف الضغط عليها تطفو المواد الصلبة العالقة نتيجة تشعبها بالهواء وقلة وزنها الحجمي، وتكون الحمأة الطافية التي يتم تجميعها باستخدام نظام لتجميع الخبث كما هو موضح بالرسم السابق.

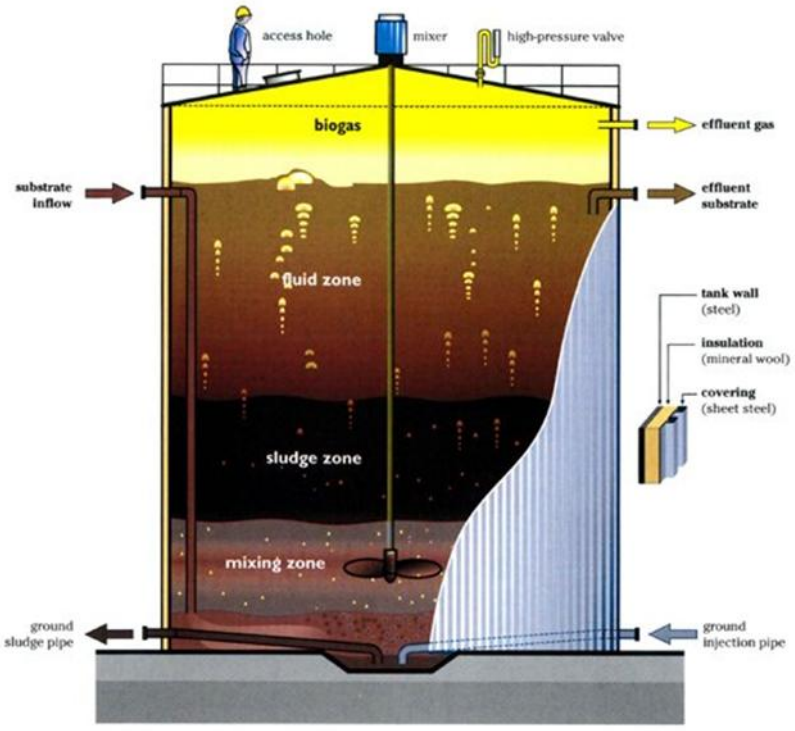
٣. يمكن تحسين كفاءة التشغيل لنظام التعويم الهوائي بإضافة المواد الكيميائية مثل كبريتات الألومونيوم والبوليمرات التي تساعد على زيادة كفاءة فصل المواد الصلبة والتي قد تصل نسبتها إلى ٩٠–٩٨%.

تثبيت الحمأة

توجد عدة طرق لتثبيت الحمأة، وسوف نكتفي بشرح نوعين منها هما التخمر اللاهوائي والتخمر الهوائي.

التخمر اللاهوائي للحمأة

الهدف من عملية التخمر اللاهوائي هو الحصول على حمأة خالية من الميكروبات والجراثيم الممرضة، والحصول على غاز الميثان القابل للاشتعال لاستخدامه كوقود والحصول على حمأة مخمرة لاهوائيا تُستخدم كسماد عضوي لأن نسبة تركيز الأزوت بها عالية، وذلك عن طريق تخمير الحمأة لاهوائيا بتخزينها في أحواض خاصة مغلقة، أي لا تتصل بالهواء الجوي فتنشط البكتريا المتغيرة واللاهوائية وتتحلل المواد العضوية فيتحول جزء كبير منها إلى غازات تحتوى على ٦٠%–٧٠% غاز الميثان (CH_4) (البيوجاز – الغاز الحيوي) وهو غاز قابل للاشتعال و٢٥%–٣٠% ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأيضاً وجود حوالي ١،٥% – ٣% نيتروجين (N_2).



صورة رقم ٣ توضح عمليات التخمر الاهوائي للحمأة

- وفي الصورة نجد دخول الحمأة من جهة اليمين لأسفل، ويُقابلها خروج الحمأة بعد التخمر من جهة اليسار لأسفل
- ثم نجد دخول المواد المساعدة للتخمر من جهة اليسار لأعلي ويُقابلها خروج الغاز من جهة اليمين لأعلي
- وفي أعلي الخزان نجد مُحرك التقليب الكهربائي، ثم فتحة المتابعة وفتحة تنفيث الضغط العالي داخل الخزان.

ومن واقع النتائج المتاحة من تشغيل الكثير من محطات المعالجة في العالم تبين أن عملية التخمر اللاهوائي يمكن إجرائها بطريقتين هما:

- **الأولى:** التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة.
- **الثانية:** التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلتين.

التخمر اللاهوائي سريع المعدل ذو المرحلة الواحدة

لتحسين كفاءة التخمر اللاهوائي بطئ المعدل ليصبح سريع المعدل نتيجة تأثير مجموعة عوامل تؤثر في التخمر اللاهوائي وتضم:

- تأثير درجة حرارة الحمأة (من ٣٠ – ٤٠ م°) على فترة مكثها داخل أحواض التخمر اللاهوائي، وقد أمكن رفع درجة حرارة الحمأة بسهولة عن طريق استخدام السخانات الطاقة الشمسية نظراً لتوفر هذه الطاقة في مصر، أما درجات الحرارة بين ٤٥ – ٥٥ م فتعتبر غير إقتصادية.
- تأثير عملية خلط الحمأة داخل أحواض التخمر اللاهوائي.
- تأثير تركيز الجوامد بالحمأة (بتكثيف الحمأة) على التخمر اللاهوائي.
- تأثير التغذية المستمرة للحمأة الخام على أحواض التخمر اللاهوائي.

ونتيجة للدراسة، أتضح أن تكثيف الحمأة حتى ٤% قبل عملية التخمر اللاهوائي يساعد على تقليل حجم الحمأة الداخلة له، كذلك تقليل حجم الحمأة بعد التخمر اللاهوائي إلى ٤٣% من حجمها بعد التكثيف.

التخمر الهوائى للحمأة

التخمر الهوائى للحمأة يعتبر كنظام التهوية الممتدة للحمأة المنشطة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى، وتتراوح فترة المكث للتهوية ١٢ يوما للحمأة الناتجة من المعالجة الأبتدائية و١٠ أيام للحمأة الناتجة من كل من محطة المعالجة (البيولوجية)، كما أن إرتفاع درجة حرارة الحمأة يساعد على سرعة التخمر الهوائي في التشغيل وتقليل فترة المكث، ومن مميزات التخمر الهوائي للحمأة المرونة في التشغيل وتحمله للأحمال العضوية المفاجئة وخاصة في المخلفات العضوية الصناعية، كذلك انخفاض تكاليف الإنشاء المبدئية بالمقارنة بالتخمر اللاهوائي للحمأة، ولكن من عيوبه الزيادة الكبيرة في تكاليف التشغيل والصيانة.

تحسين الحمأة

نظراً لأن المحتوى المائي للحمأة المكثفة يعتبر كبيراً ويصل إلى ٩٧%–٩٨%، وبمعرفة درجة حرارة الحمأة يمكن تحديد مراحل تبخر المياه بهذا المحتوى المائي، وفي معظم الحالات نجد أن الماء الحر) بالحمأة سهل ترشيحه بمجرد نشر الحمأة على أحواض الترشيح الرملية بمساعدة أشعة الشمس فقط، أما المحتوى المائي المتحد بحبيبات الحمأة فيجب العمل على تبخيره بالحرارة (التسخين) وبغرض المساعدة على تسهيل عملية سحبه، وهو الهدف الرئيسى من عمليات تسخين الحمأة، إذ أن المقصود بلفظ تحسين (تكييف) الحمأة هو العمل على سرعة قابليتها لفصل المياه منها، ويتم ذلك عن طريق إضافة مواد كيميائية مجلطة أو بغسيل الحمأة أو بالتسخين.

التحسين بالمواد الكيميائية

تم استخدام المواد الكيميائية لتحسين خصائص الحمأة نظراً لنتائجها الممتازة، وهذه المواد الكيميائية تعمل على تخثُر المواد الصلبة وفصلها عن المياه، ومن ثم يتم استخدام الطرق الميكانيكية في سحب المياه من الحمأة مثل الترشيح بالخلخلة أو بالقوة الطاردة المركزية بعد تحسين خصائص الحمأة باستخدام هذه المواد المُخثرة مثل كلوريد الحديديك $Fecl_3$ والجير (أكسيد كالسيوم CO) وكبريتات الألومنيوم $Also_4$ والمواد العضوية المساعدة (البوليمر)، ويفضل إضافة مثل هذه المواد على هيئة محلول (الطريقة الرطبة) لسهولة أعمال المناولة والتحضير والتحكم، ويجب أن تخلط هذه المواد الكيميائية المُخثِرة جيداً مع الحمأة.

كما يمكن تحديد جرعتها معملياً علماً بأنه كلما زادت جرعة المواد الكيميائية زادت التكاليف الإقتصادية، كما أن بعض المواد الكيميائية المُخثِرة مثل الجير قد تزيد من صعوبة سحب المياه من الحمأة، وذلك لأن الجير شرِه جداً للماء ونتيجة لعمليات التحسين يتم خفض المحتوى المائي بنسبة كبيرة في الحمأة

التجفيف الطبيعي للحمأة

وطريقة التجفيف الطبيعي هي المستخدمة في جمهورية مصر العربية في جميع عمليات المعالجة، وتعتبر من أفضل العمليات من الناحية الاقتصادية سواء في التكلفة الإنشائية أو تكلفة التشغيل والصيانة، وتعتمد طريقة التجفيف (الترشيح) هذه على تسرب جزء من المياه خلال الطبقاًت المسامية (الرمل والزلط) إلى أسفل أحواض الترشيح، بينما يتبخر جزء آخر من الماء من سطح الأحواض المعرضة للهواء وأشعة الشمس ودرجة الحرارة المرتفعة والمتوفرة في مناخ جمهورية مصر العربية كما هو موضح بالشكل.

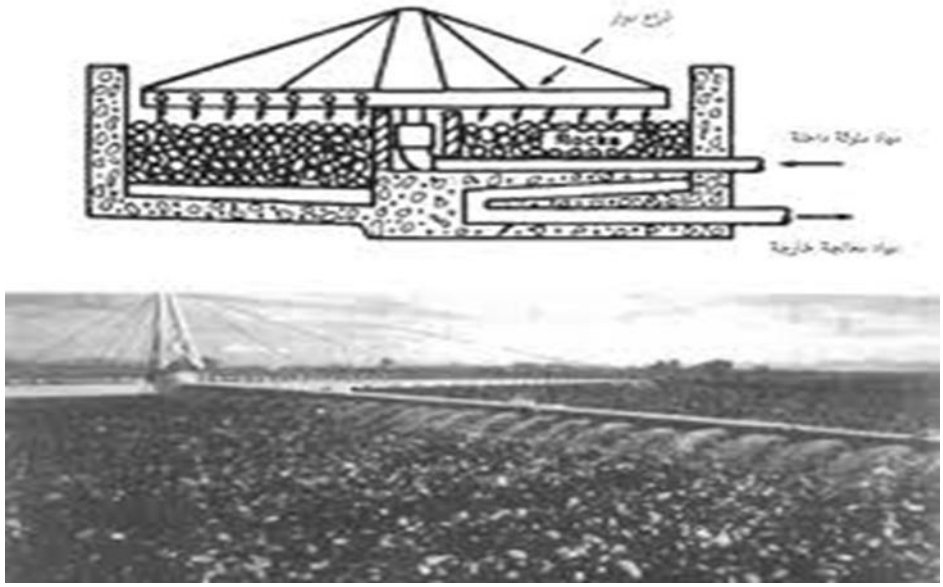
صورة رقم ٤ توضح أحواض التجفيف الطبيعي

٨ ٠ ١ أحواض التجفيف الرملية العادية

تتم عملية التجفيف بالاعتماد على التبخير الطبيعي للمياه وذلك بنشر الحمأة في الأحواض، وتزود الأحواض بنظام صرف سفلى مغطى بطبقة من الصخور المجروشة تعلوها طبقة من الزلط، والأخيرة تعلوها طبقة من الرمال بسمك يتراوح بين ١٥ – ٢٠ سم.

٨ ٠ ٢ إرشادات تشغيل أحواض التجفيف الرملية العادية

١. في بداية تشغيل الأحواض من الواجب تفكيك تجمعات الرمال المتماسكة في طبقة الرمال باستخدام شوكة الحمأة (يتراوح طول أظافرها بين ٢٠ – ٣٠ سم)، حيث توضع الشوكة في رمال الحوض ويتم تحريكها للأمام وللخلف عدة مرات من أجل تفتيت التجمعات المتماسكة من الرمال، مع ملاحظة عدم خلط طبقة الرمال بالزلط. وعقب إستكمال عمليات التفتيت يتم تسوية سطح طبقة الرمال باستخدام شوكة التسوية، ثم باستخدام الزحافات المشدودة إلى الحبال لتأمين إستواء ونعومة سطح طبقة الرمال.



شكل يوضح تفاصيل أحواض الرمال لتجفيف وترشيح الحمأة في (المحطات الكبيرة)

٢. يتم سحب الحمأة من أسفل أحواض الهضم إلى أحواض التجفيف ببطء، وذلك لتجنب إحداث ضغط سالب في أحواض الهضم وأيضاً لتجنب سحب الحمأة ذات التركيز المنخفض، حيث أن الحمأة ذات التركيز المرتفع تتميز ببطء حركتها.

٣. يجب أخذ عينات من الحمأة المسحوبة إلى أحواض التجفيف عند بداية السحب وعند إمتلاء نصف الحوض وقبل إستكمال ملئ الحوض مباشرة، وتجرى عليها إختبارات لتحديد كمية المواد الصلبة الكلية والمتطايرة الموجودة بها.

٤. عادة ما يكون عمق طبقة الحمأة حوالى ٣٠ سم، ويمكن أن يصل إلى ٤٥ سم في المناطق الجافة، وعند زيادة العمق عن هذا فمن المتوقع زيادة الزمن اللازم لعملية التجفيف.

٥. إذا إنخفضت كفاءة الحوض فيجب القيام بعملية غسيل وتنظيف لخط سحب الحمأة بالماء لمنع إلتصاق المواد الصلبة به، مع ترك أحد نهايتى الخط مفتوحة لضمان تسرب الغازات التي قد تتكون.

٦. في الأجواء الحارة يمكن أن تتم عملية التجفيف في أربعة أسابيع عند استخدام رمال جيدة، وتساعد معدلات التبخير الكبيرة على تجفيف الحمأة وتشققها بالأحواض.

٧. من العيوب الرئيسية لأحواض التجفيف عدم إمكانية استخدام المعدات الثقيلة كلوادر الكسح وغيرها لتفريغها خوفاً من تدمير شبكة الصرف السفلية، كما قد يؤدى استخدام المعدات الثقيلة إلى إختلاط طبقات الرمال والزلط والصخور، أو كسح كمية من الرمل مع الحمأة الجافة الأمر الذى يحتم تعويضها.

٨. ويمكن وضع بعض الألواح الخشبية مقاس ٥ سم × ٣٠ سم عبر أحواض الرمال لتسمح لسيارة نقل صغيرة، أو رافعة خفيفة بالتحرك عليها ورفع كتل الحمأة الجافة ونقلها إلى المواقع المخصصة لها.

٩. تتراوح طبقة الحمأة الجافة بين ٧ – ١٥ سم ويزيد وزنها في حالة إحتوائها على بعض الرمال، ويمكن للقائم على التشغيل تقدير حجم الحمأة الجافة بالمتر المكعب بمعلومية سُمك طبقة الحمأة بعد جفافها والمساحة السطحية لأحواض التجفيف، أما وزن الحمأة الجافة فيمكن حسابه بالإستعانة بنتائج تحليل العينات المأخوذة عندد سحب الحمأة.

الأحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة

تم استخدام هذا النوع من الأحواض حديثاً لما له من مميزات عديدة، يمكن تحقيقها إذا تم تصميمه وتشغيله بدقة. ويُنشأ هذا النوع من الأحواض من الأسفلت وله جانبين مائلين إلى مجرى تصريف جهة الوسط بعرض ٣٠ سم، ويمتد مجرى التصريف بطول الحوض ويزود بمواسير تصريف ٧,٥ أو ١٠ سم عند القاع مغطاة بالصخور والزلط والرمل مثل أحواض التجفيف العادية، وعند نهاية الخط توضع عادة طبة تنظيف وصمام تحكم في الانسياب الخارج من الحوض.

إرشادات تشغيل أحواض الإسفلتية لتجفيف الحمأة

عند بدء استخدام الحوض يدفع تيار من الماء النقي في خط التصريف عقب إزالة الطبة التي يعاد تركيبها بعد إجراء عملية تنظيف الخط.

يوصى بإغلاق صمام التحكم في الصرف حتى يمتلئ الخط وترتفع المياه وتتخلل طبقات الصخور والزلط لتغطى سطح الرمل بهدف منع تسرب الرمال مع الحمأة، ثم يسمح بعد ذلك بدخول الحمأة إلى الحوض.

ويمكن أن يستقبل هذا النوع من الأحواض حمأة يتراوح عمقها بين ٤٥ – ٦٠ سم.

ويتم أخذ عينات من الحمأة المسحوبة في أحواض التجفيف الإسفلتية كما في أحواض التجفيف العادية، بالإضافة إلى عينة أخرى يستهدف إختبارها معرفة الزمن الذى تحتاجه الحمأة للطفو على سطح العينة خلال الـ ٣٦ ساعة الأولى من العملية، ويتم ذلك باستخدام إناء زجاجي معد خصيصاً لهذا الغرض، وبملاحظة عينة الحمأة داخل الإناء الزجاجى يمكن مشاهدة إرتفاع الحمأة إلى القمة في البداية وذلك بفعل الغازات المصاحبة لها، ثم تعود فترسب وتهبط إلى القاع من جديد بعد فقدها لتلك الغازات. وعندما تنفصل الحمأة وترتفع إلى أعلى الوعاء تكون الحمأة الأصلية طافية في نفس الوقت على سطح حوض التجفيف، وعندئذ لابد من فتح صمام التحكم لتصريف السائل المتجمع في مصافي الحوض قبل هبوط الحمأة مرة أخرى، وغالباً ما يعاد هذا السائل إلى أحواض الترسيب الإبتدائية.

وعند بدء ظهور التشققات في طينة الحمأة يمكن تقليل الوقت اللازم للتجفيف بتسيير سيارة خلال الحوض لخلط الحمأة، وعند جفاف الحمأة تماماً يستعمل لودر لكسحها وتنظيف الحوض.

وتتميز الأحواض الأسفلتية بفاعليتها المرتفعة بالمقارنة بالأحواض العادية، حيث يمكنها أن تعالج ضعف أو ثلاثة أضعاف الكمية المعالجة في الأحواض العادية في نفس الفترة الزمنية.

إلا أنه بجانب طريقة التجفيف الطبيعي للحمأة هناك عدة طرق أخرى تعتمد على نظرية الترشيح مستخدمة في مصر على نطاق محدود يطلق عليها طرق الترشيح الميكانيكي، وذلك باستخدام بعض المعدات الميكانيكية لسحب المياه من الحمأة أو عصر الحمأة (الرواسب) كما هو موضح بالشكل رقم (١٤).

وبمقارنة التجفيف الطبيعي والتجفيف الميكانيكي نجد أن التجفيف الطبيعي يتميز بعدم تغير نوعية المخلفات الصلبة (الحمأة) المطلوب ترشيحها، إلى جانب انخفاض التكاليف الإنشائية وتكاليف الصيانة والتشغيل والطاقة اللازمة للتشغيل، بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى استخدام المواد الكيميائية المجلطة للمساعدة في عملية الترشيح وذلك

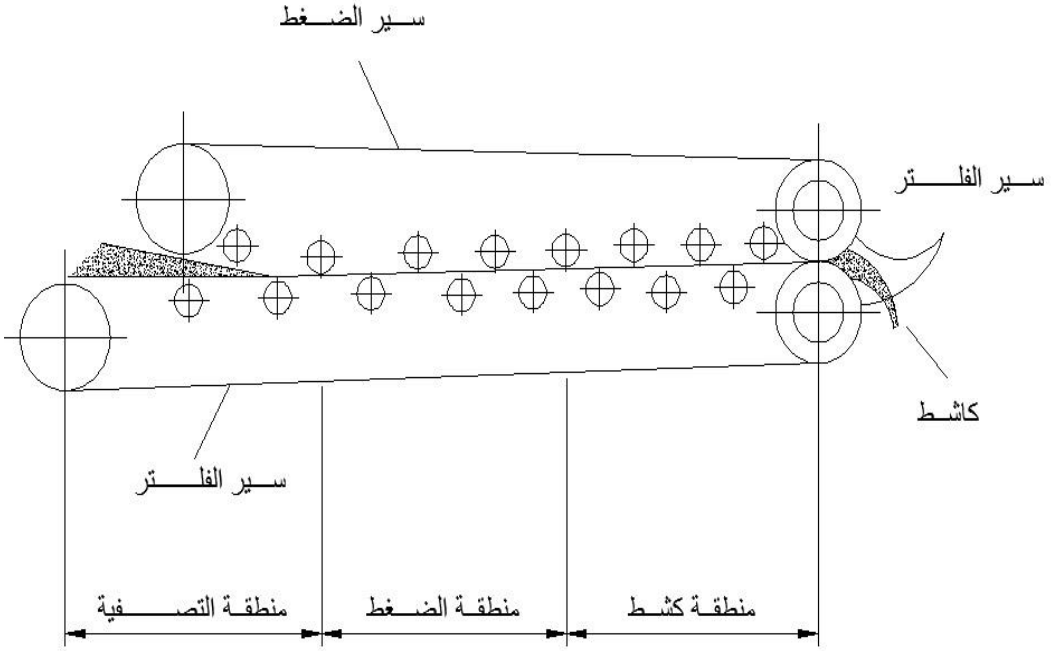
يناسب الظروف المصرية نظراً لتوفر المساحات المطلوبة للترشيح الطبيعي، وأيضا توفر الطاقة الشمسية وقلة تكلفة الأيدي العاملة.

فصل المياه من الحمأة باستخدام المعدات الميكانيكية (Mechanical Dewatering)

عند استخدام المعدات الميكانيكية لفصل المياه من الحمأة لا بد من استخدام المواد المروبة (Coagulants) سواء كانت بوليميرية أو كيماوية.

ويستخدم لذلك عدة طرق منها

١. مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ.
٢. مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter pressing)
٣. جهاز الطرد المركزي (Centrifugal).



شكل يوضح تفاصيل المرشح بسيور الضغط (الترشيح) الميكانيكي لتقليل المحتوى المائي لتجفيف الحمأة

مرشحات الحمأة التي تعمل بالتفريغ: (Belt Pressing)

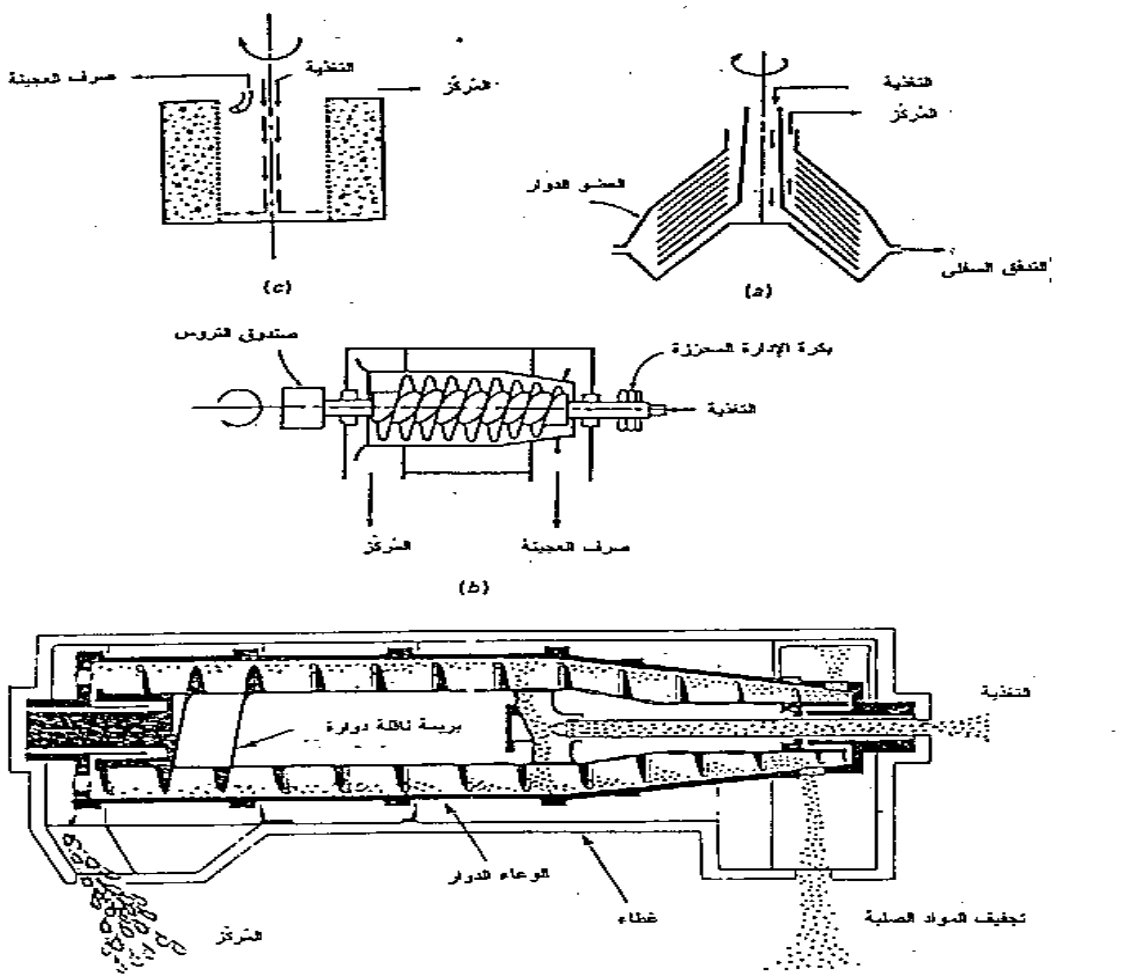
تتكون من اسطوانة دواره مركب عليها وسط ترشيحي (Belt) يتم تصنيعه من إحدى المواد الآتية:

١. الصوف – التيل – اللباد – الألياف الصناعية – البلاستيك
٢. شبكة من الصلب الغير قابل للصدأ.
٣. لفائف من الياايات الصلب الغير قابل للصدأ.

بالإضافة إلى الأجزاء الآتية:

١. مضخات التفريغ الهوائي.
٢. مضخات المياه المرشحة.
٣. مصائد الرطوبة.
٤. خزان المياه المرشحة.
٥. سير دوار لنقل الحمأة بعد فصل المياه منها.
٦. شبكة مواسير وصمامات لنقل الحمأة والمياه المرشحة.

صور رقم ٥ توضح ماكينة تجفيف الحمأة باستخدام سيور الترشيح الضاغطة



شكل يوضح تجفيف الحمأة بالطرد المركزى

٨ ٢ ٠ أسس التصميم

١. معدات الترشيح:

أ. ١٠ كجم /م^{٢}/ ساعة لفصل الحمأة المخمرة.

ب. ٥٠ كجم / م^{٢} / ساعة لفصل حمأه أحواض الترسيب الابتدائي.

وعادة يستخدم معدل ترشيح يساوي ١٥ كجم / م^{٢} / ساعة.

٢. سرعة الأسطوانة:

(٧ – ٤٠) لفه / ساعة.

٣. ضغط التفريغ

٥٠٠ – ٦٥٠ مم زئبق.

٤. ٤– عدد ساعات التشغيل.

أ. ٣٠ ساعة / أسبوع في محطات المعالجة الصغيرة < ٥٠٠٠م^{٣} / يوم.

ب. ٢٠ ساعة / يوم في المحطات الكبيرة.

٥. نسبة الرطوبة في الحمأة المرشحة

أ. ٨٠% في الحمأة الخام.

ب. ٧٠% في الحمأة المخمرة من أحواض الترسيب الابتدائية.

مرشحات الحمأة التي تعمل بالضغط (Filter Pressing)

يحتوى المرشح الضاغط على مجموعه من الألواح المعدنية المربعة والمفرغة من الداخل ويتم تثبيت قطع من قماش الترشيح ين الألواح، ويتم وضع الحمأة في الفراغات الموجودة بين الألواح وقماش الترشيح وأسس تصميم مرشحات الحمأة هي كما يلى:

١. يصل المرشح تحت ضغط يساوي ٤-١٢ كجم / سم^{٢}.

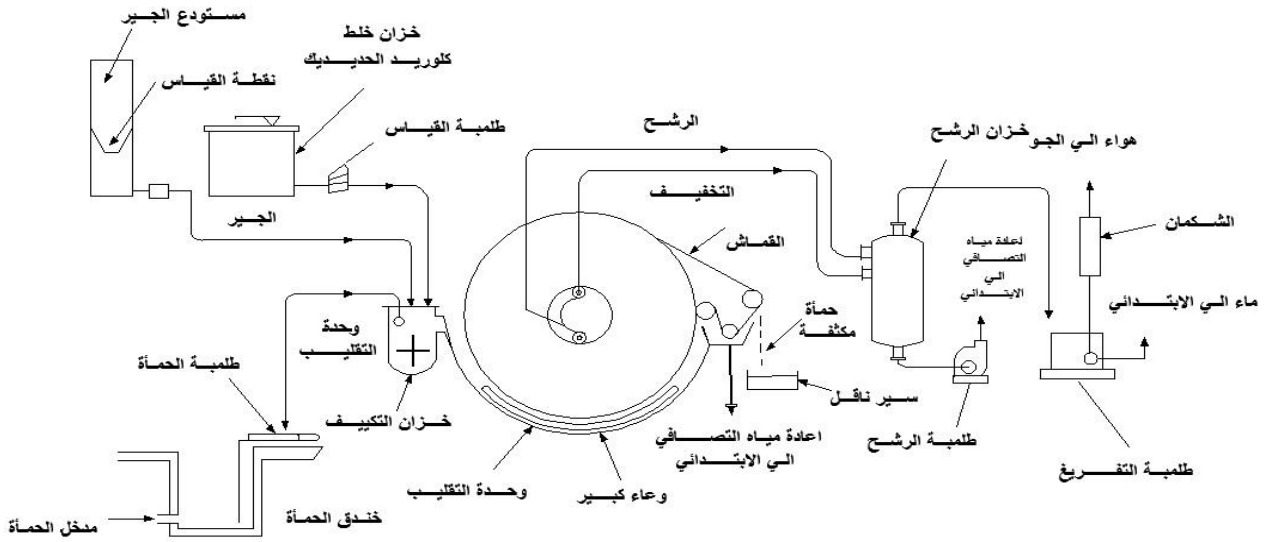
٢. زمن التشغيل ١-٣ ساعة.

٣. نسبة الرطوبة بعد الترشيح ٥٥ – ٧٠%.

الترشيح بالخلخلة لتجفيف الحمأة

وفي السنوات الأخيرة استخدمت أساليب جديدة لتطوير طريقة الترشيح بالخلخلة، ويتم ذلك بمساعدة سحب الهواء من أسفل قاع أحواض الترشيح وينشأ قاع هذه الأحواض من ألواح مصنعة من حبيبات الزلط أو مادة السيليكون مع الإحتفاظ بالفراغات وخلطها بمادة الأبوكسى لتتماسك بينها حبيبات الزلط، ثم توضع هذه الألواح (بالقاع) على طبقة زلطية متوسطة الحجم في أحواض ترشيح خرسانية غير منفذة للهواء إلا من خلال مسامية هذا القاع (الألواح)، ويتم وضع الحمأة المكثفة على أحواض الترشيح بمعدل ثابت محدد طبقاً للتجارب المعملية، والذى يتوقف على مسامية الألواح لقاع المرشح بالخلخلة لتجفيف الحمأة.

ثم تترك لفترة زمنية على الألواح التي تعمل كمصفاة أو مرشح وتتسرب كمية المياه من خلال مسامية الألواح لتتجمع في بيارة طلمبات سحب أيضاً، لتضخ مرة أخرى إلى مدخل وحدات معالجة الصرف الصحى نظراً لشدة تلوثها، والشكل رقم (١٦) يوضح تفاصيل المرشح بالخلخلة الأسطواني وذلك باستخدام سيور قماشية.



شكل رقم (١٦) تفاصيل المرشح بالخلخلة الإسطوانى

كما أن سحب الهواء من أسفل الأحواض يقلل من زمن الترشيح وبمجرد أن يتشقق سطح المواد المتخلفة على الألواح ويتسرب الهواء من مسامية الألواح تنتهي عملية سحب الهواء، وبالتالى يصبح تركيز المواد الصلبة بالحمأة المتبقية على سطح الألواح في حدود ٢٠% مما يسهل من تجميعها ونقلها إلى مكان التهوية والتخزين (التحلل) لحين التخلص النهائى أو الإستفادة منها. ولما كان من أهم عيوب طرق الترشيح الطبيعية استخدام مساحات كبيرة من الأرض، وبالتالى فإن عدم توافر الأراضى بالمساحة المطلوبة، والبعد المناسب عن المدن تصبح مشكلة كبيرة كما هو الحال بالنسبة لمحطات المعالجة بمنطقة وسط الدلتا ومدينة الإسكندرية، حيث لا تتوافر مساحة الأرض التي تفي بالغرض المطلوب إلا على مسافات أكبر من ٥٠-٧٠ كيلومتر من المدينة، مما يتطلب ضخ الرواسب إلى مسافات كبيرة فتصبح طريقة الترشيح الطبيعي غير اقتصادية، مما يؤدى إلى التفكير في استخدام طرق أخرى مثل طريقة الترشيح الطبيعي بمساعدة سحب الهواء (الخلخلة) والتي تقوم على نفس أسس طرق الترشيح الطبيعي الأخرى من تسرب وتبخر.

التجفيف بكبس الحمأة في قوالب

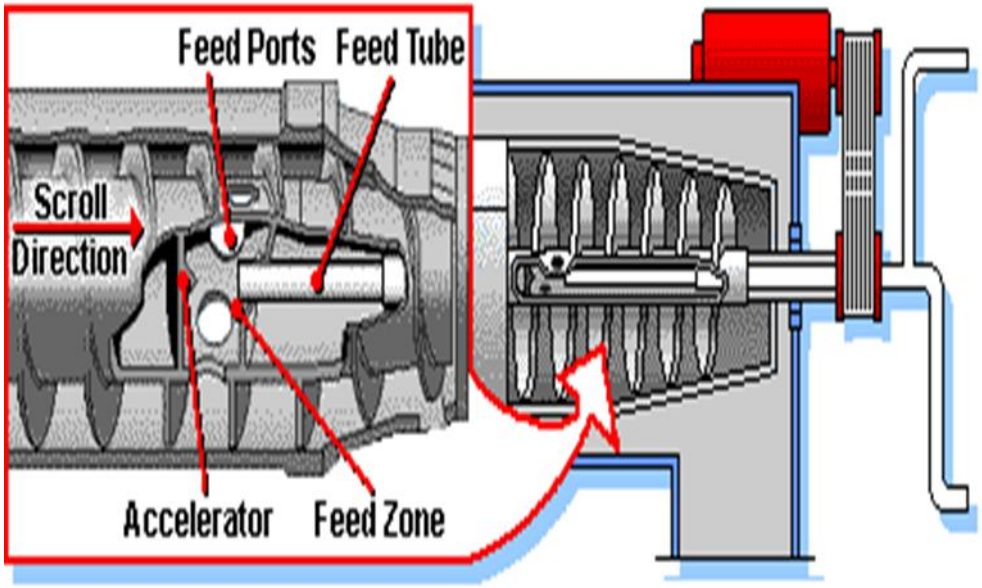
في هذه الطريقة يتم ترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامى تنفذ منه المياه وتبقى الرواسب على شكل قوالب فيما بين طبقتى القماش، على أنه يجب رفع المياه المتسربة من القماش إلى أحواض الترسيب الابتدائية لتعالج مع المخلفات السائلة وذلك نظرا لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يحتوى على مجموعة من الأقراص المربعة المعدنية المجوفة على أن يوضع القماش فيما بينها، وبأحد أركان كل قرص ثقب دائرى متصل بالفراغ – داخل القرص بفتحة صغيرة – فإذا ما ضمت هذه الأقراص على بعضها، تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات إلى التجويف داخل الأقراص، وتحت الضغط تنفذ المياه خلال القماش فتخرج من فتحة أخرى في القرص إلى ماسورة المخرج التي تتكون من مجموعة من الثقوب في ركن آخر من أركان الأقراص المضمونة على بعضها.

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة للحمأة بأن يضاف إليها من ٣% إلى ٥% من وزنها جير، كما يلزم أن يصل الضغط إلى حوالى ٧,٥ كيلوجرام/ السنتيمتر المربع.

تجفيف الحمأة بالطرد المركزي

ويتم ذلك بوضع الحمأة في أسطوانات ذات جدران مسامية، وتدور هذه الأسطوانة بسرعة ٧٥٠ لفة في الدقيقة – مما ينتج عنه إندفاع الحمأة إلى الجدران بفعل القوى الطاردة المركزية – فينفذ جزء من السائل خلال مسام الجدار بينما تبقى الرواسب مع بعضها السائل داخل الأسطوانة حيث يزال، ولا تستعمل هذه الطريقة بكثرة، كما أن الرواسب المزالة من داخل الأسطوانة تحتوى على حوالى ٧٥% من وزنها ماء، وطرق الترشيح بالطرد المركزى موضحة بالشكل.



صورة رقم ٦ – أ توضح مُعدة التجفيف باستخدام الطرد المركزى

صورة رقم ٦ – ب لمُعدة التجفيف باستخدام الطرد المركزى

كمر الحمأة

هي عملية تحلل بيولوجي للمواد العضوية، وقد استخدمت عملية الكمر لسنوات عديدة للحصول على سماد جاف منخفض الرائحة ومهضوم نسبيا، فعند كمر السماد الجاف ترتفع درجة حرارته إلى (٥٠ – ٧٠) درجة مئوية فتتعرض البكتيريا الممرضة للقتل، كما تهدف عملية الكمر أيضا إلى تقليل الرطوبة حيث ينخفض تركيز المواد العضوية الطيارة.

أنواع الكمر

يوجد نوعان من الكمر هما: هوائى – لاهوائى، ويتميز النظام الهوائى بانخفاض تركيز الروائح الناتجة منه مقارنة بالكمر اللاهوائي، وتتم عملية الكمر الهوائى بتقليب محتويات الحمأة أو تهويتها بمصدر هواء خارجى أو بنظام مشترك.

مراحل عملية الكمر

تمر الحمأة المكمورة على ثلاث مراحل:

١. مرحلة الكمر عند درجة حرارة منخفضة (٤٠ درجة مئوية) وتسمى ميزوفيلك.
٢. مرحلة الكمر عند درجة حرارة مرتفعة (٤٠–٧٠ درجة مئوية) وتسمى ثرموفيلك.

صورة رقم ٧ توضح الحمأة الجافة بعد عمليات الكمر

٣. مرحلة التبريد

وتصاحب المرحلة الأولى ظهور بكتيريا حمضية وبعض الفطريات، وتصاحب المرحلة الثانية ظهور بكتيريا أخرى تسمى بكتيريا وفطريات ثرموفيلك، وفي هذه المرحلة يتم تكسير وهضم الحمأة الجافة تماما، أما مرحلة التبريد فينخفض فيها نشاط البكتيريا الممرضة وتحل بكتيريا المرحلة الثانية محل بكتيريا المرحلة الأولى، مع إنخفاض مستوى الرطوبة وكذا استقرار الرقم الهيدروجينى، وتستخدم بعض الأصناف للمساعدة في عملية الكمر مثل قش الأرز ونشارة الخشب.

مدة الكمر

- **عند استخدام مصدر هواء خارجي:**

يتم التقليب لمدة ٢٥ يوم ثم يترك ساكنا لمدة ٣٠ يوما أخرى على هيئة كومة بارتفاع ٢,٥ متر ثم تغطى بطبقة من التراب أو الرمل لعزله تماما.

- **عند الكمر في خنادق مكشوفة**

يتم التقليب لمدة ٢٥ يوما بمعدل خمس مرات ثم يترك ٣٠ يوما أخرى مع تغطيته أيضا بالأتربه وتشون على هيئة هرم قاعدته ٣ متر وإرتفاعه ١,٥ متر وتصل درجة الحرارة عندئذ إلى ٥٥ درجة.

صور رقم ٨ توضح شكل مصفوفة الحمأة وعمليات التقليب الميكانيكي

طرق التخلص من الحمأة

يتم التخلص من الحمأة المجففة بالطريق الآتية:

١. استعمال الحمأة المجففة كسماد.
٢. حرق الحمأة المجففة.
٣. صناعة الاسمنت (تُستخدم كمصدر للطاقة الحرارية)
٤. دفن الحمأة

استعمال الحمأة المجففة كسماد

بعد إزالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخزن على شكل أكوام مربعة – مستوية السطح بإرتفاع حوالى متر – ثم تغطى بطبقة من الرمل بسمك حوالى ثلاثة سنتيمترات لمنع أحتمال توالد الذباب على سطحها، على أن تترك هذه الأكوام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٤٠ يوم، وتتعرض أثناءها للتخمير الجزئى الذى يرفع درجة حرارتها إلى حوالى سبعين درجة مئوية، وذلك بفعل البكتريا والرطوبة الباقية في الرواسب، وتساعد هذه الحرارة على قتل ديدان الذباب قبل إكتمال نموها كما تساعد على الحد من بويضات الديدان الطفيلية، وبعد هذه

الفترة الزمنية يباع للزراع كسماد بلدى يحتوى على المواد التالية:

١. مواد عضوية بنسبة	٥٥ – ٧٥%
٢. مواد غير عضوية	٢٥ – ٤٥%
٣. زيوت ودهون	٥ – ٢٥%
٤. بروتين	٥ – ٢٠%
٥. أمونيا (أزوت)	١ – ٣%
٦. فسفور	٠،٥ – ١،٥%

أما الحمأة المجففة بالطرق الميكانيكية أي بالترشيح التفريغى أو بالترشيح بالضغط أو بالآلات ذات القوة الطاردة المركزية والتي سبق شرحها، فإنها لا تزال تحتوى مياه بنسبة حوالى ٧٥% من وزنها، ولذلك يجب إستكمال ترشيحها قبل التصرف فيها كسماد بلدى، ويتم إستكمال الترشيح بإدخال الرواسب في أفران يمر بها الهواء الساخن في درجة ١٥٠٠–٢٠٠٠ درجة مئوية، وهذا يكفي لخفض نسبة الماء إلى حوالى٢٠% من الوزن الكلى، وهو ما يعتبر رواسب جافة، على أن يتم طحن الرواسب ثم تعبئتها في أكياس وتباع كسماد بلدى.

حرق الحمأة بعد تجفيفها

بعد أن يتم تجميع الرواسب المجففة بإحدى الطرق السابقة، وعند تعذر استخدامها كسماد عضوي في المناطق الزراعية المجاورة من الممكن أن يتم حرقها في أفران خاصة، وتستعمل الحرارة الناتجة من الحريق لتسخين المياه في الغلايات أو استخدامها للتدفئة، ويفضل تقليل المحتوى المائي من الحمأة مرة أخرى قبل حرقها، وهناك أكثر من نوع للأفران الخاصة بعملية الحرق.

السجلات الفنية اليومية والشهرية لأحواض تجفيف الحمأة

يجب تسجيل جميع البيانات الخاصة بتداول الحمأة سواء كانت يومية أو شهرية.

- **السجلات اليومية**

يجب حفظ سجلات إضافية بنظام الدفاتر اليومية لضبط التحكم في أحواض التجفيف الرملية، وتشتمل السجلات على الآتي:

- التاريخ / الحجم بالمتر المكعب / عمق الحمأة الواردة بالسنتيمتر لكل حوض تجفيف وعدد الأحواض المستخدمة.
- الرقم الهيدروجينى / نسبة المواد الصلبة / نسبة المواد القابلة للتطاير للحمأة المسحوبة.
- التاريخ والحجم بالمتر المكعب، وترتيب رفع الحمأة من كل حوض.

- **السجلات الشهرية**

يجب تسجيل البيانات التاليه شهرياً لأحواض التجفيف الرملية، وهذه البيانات كالتالي:

- الحجم الإجمالى بالمتر المكعب للحمأة الواردة إلى أحواض التجفيف الرملية.
- متوسط الرقم الهيدروجينى (pH).
- نسبة المواد الصلبة والمواد القابلة للتطاير.
- الحجم الكلى للحمأة الجافة المسحوبة بالمتر المكعب.
- متوسط زمن التجفيف بالأيام.

برك تجفيف الحمأة

يمكن أيضاً معالجة (تثبيت وتجفيف) الحمأة في برك عميقة كبيرة الحجم يستغرق ملؤها بالحمأة قرابة العامين، وتنقل إليها الحمأة المهضومة (أو غير المهضومة أحياناً). وتحتاج البركة إلى عام أو عامين لتجف قبل إزالة الحمأة منها، وقد إستخدمت مدن عديدة هذه الطريقة تفادياً لإنشاء أعمال لمعالجة وتجفيف الحمأة ومنها خزانات هضم الحمأة الإضافية المغطاة وخلافه.

استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة

يمكن نشر الحمأة الرطبة على الأراضى الزراعية المستهدف إستصلاحها أو على الأراضى المزروعة أحياناً، لتساعد على تجديد حيوية التربة ومدها بإحتياجاتها من الأزوت والفوسفور وغيرها من العناصر الضرورية.

ويحقق استخدام هذا الأسلوب مع إسلوب برك الحمأة مجموعة مرنة تشكل أداة فعالة في التخلص من الحمأة والاستفادة منها في آن واحد، وغالباً ما يتم نقل الحمأة باستخدام السيارات المعدة لذلك أو باستخدام خطوط مواسير خاصة تصل إلى مواقع التخلص منها، وأفضل الطرق لاستخدام الحمأة الرطبة في تجديد حيوية التربة وربما أكثرها تكلفة هي تسوية الأرض، وشق قنوات ذات هدارات عالية وضخ الحمأة إلى هذه القنوات بنفس إسلوب رى الأراضى الجدبة. وهذه الطريقة تفيد في استصلاح الأراضي غير القابلة لزراعة النباتات والأشجار، كما تؤدى أيضاً إلى إنتاج محاصيل تساوى أو تكون أكبر من المحاصيل المنتجة باستخدام الأسمدة التجارية.

ومن الواجب مراعاة الاحتياطات التالية عند استخدام الأراضي الزراعية للتخلص من الحمأة، وهي كالتالي:

- لا يجوز استخدام الحمأة غير المعالجة تماماً (الخضراء أو الخبث) المسحوبة مباشرة من أحواض الترسيب الإبتدائية.
- عدم وجود مناطق سكنية بجوار الأراضى المستهدف إستصلاحها بالحمأة.
- أن تكون تلك الأراضى بعيدة عن التأثر بمياه الفيضانات، حتى لا تتلوث الأنهار بالحمأة التي تسحبها المياه معها عند إنحسارها.
- لا تستخدم المياه الجوفية في تلك المنطقة لأغراض الإستهلاك المنزلى أو الشرب.
- تستبعد زراعة المحاصيل الجذرية أي ذات الجذور مثل (بصل، ثوم، بطاطا، جزر...) من الزراعة في تلك الأراضي.

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ و مشاركة السادة :-**

➢ مهندس / اشرف علي عبد المحسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / مصطفى محمد محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزه
➢ مهندس / محمد محمود الديب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➢ دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشربيني	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
➢ مهندس / رمزي حلمي ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزه
➢ مهندس / اشرف حنفي محمود	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
➢ مهندس / مصطفى احمد حافظ	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➢ مهندس / محمد حلمي عبد العال	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
➢ مهندس / صلاح ابراهيم سيد	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / سعيد صلاح الدين حسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➢ مهندس / عصام عبد العزيز غنيم	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ مهندس / مجدي علي عبد الهادي	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➢ السيد / محمد نظير حسين	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➢ مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
➢ مهندس / سامي يوسف قنديل	شركة الصرف الصحي بالاسكندريه
➢ مهندس / عادل محمود ابو طالب	GIZ المشروع الالماني لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
➢ مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة • الإدارة العامة للمسار الوظيفي – إدارة المشاريع
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي