الإمارات العربية المتحدة
وزارة التغير المناخي والبيئة

دليل الحياد المناخي لمصانع الإسمنت

2023

www.moccae.gov.ae

الفهـــرس

1. التعاريف 05
2. المقدمة 06
3. الأهداف 07
4. الإمارات العربية المتحدة نحو الحياد المناخي 08
5. مراحل صناعة الإسمنت 09
6. البصمة الكربونية في مصانع الإسمنت 16
7. خارطة طريق لتحقيق الحياد الكربوني في مصانع الإسمنت 17
8. تقنيات للوصول للحياد المناخي في مجال صناعة الإسمنت 18
9. المراجع 28

التعاريف

الدولة: الإمارات العربية المتحدة

الوزارة: وزارة التغير المناخي والبيئة

الإسمنت: مادة رابطة ناعمة تتصلب وتقسى فتملك بذلك خواصاً تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض.

الحياد المناخي: التحول إلى اقتصاد بالحياد المناخي من انبعاثات غازات الدفيئة، من خلال موازنة تلك الانبعاثات؛ بمعنى أن أيّ انبعاثات ناجمة عن حرق الوقود الأحفوري تقابلها إجراءات الامتصاص والعزل مثل زراعة الأشجار التي تمتص ثاني أكسيد الكربون.

الكلنكر الإسمنتي: مادة صلبة تنتج في صناعة الإسمنت البورتلاندي كمنتج وسيط.

الركام: الاسم الذي يطلق على المواد غير العضوية ذات التراكيب الحبيبية المختلفة مثل الرمل والحصى والحجر المسحوق والتي تستخدم مع الإسمنت والماء في انتاج الملاط الخرساني وماشابه.

الإسمنت الأخضر: نوع من الإسمنت يعتمد على مزيج من الحجر الجيري والطين والكلس والجبس لتحقيق موارد أكثر استدامة، وانتاج أسمنت أقوى وأكثر متانة وتخفيضاً لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالطريقة التقليدية لتصنيع الإسمنت.

الوقود البديل (RDF): النفايات البلدية الصلبة المعالجة بعد فرزها وإزالة الأجزاء غير القابلة للاحتراق وتستخدم في أفران الإسمنت للحرق المشترك مع الفحم وأنواع الوقود الأخرى.

إعادة تدوير النفايات: العمليات التي تجري على النفايات بهدف استخلاص المواد الخام منها واستخدامها في العمليات التجارية والصناعية مرة أخرى.

المقدمة

تعتمد أفضل الإجراءات في التعامل مع الانبعاثات الكربونية للصناعات على حجم التعويض الأخضر مقابل ما يتم إصداره من غازات وملوثات في الهواء المحيط والبيئة بشكل عام وتتضمن غازات الاحتباس الحراري و ملوثات وغازات جودة الهواء، حيث تعد صناعة الإسمنت ذات تأثير كبير على البصمة الكربونية للعالم، فهي تؤثر على البيئة ومن ضمنها قضايا التغير المناخي والصحة البيئية، وعليه تتطلب صناعة الإسمنت تحولاً إيجابياً من خلال بعض الحلول لتقليل انبعاثات الكربون حيث يهدف هذا الدليل إلى تسليط الضوء على التقنيات التي يمكن من خلالها تقليل انبعاثات الكربون مع الأخذ في الاعتبار التأثيرات الصناعية والاقتصادية على حد سواء، حيث تلعب صناعة الكسارات وإنتاج الإسمنت دورا هاما في دعم النمو الاقتصادي خاصة في مجال البنية التحتية، ففي دولة الإمارات العربية المتحدة شهدت صناعات المقالع نمواً متسارعاً وذلك تلبيةً لاحتياجات الطلب المتزايدة لمشاريع البناء سواءً داخل الدولة أو في الدول المجاورة، الأمر الذي تطّلب تنظيم العمل بهذا القطاع لتحقيق التنمية المستدامة والحد من الآثار السلبية لهذه الأنشطة.

وقد أولت القيادة الرشيدة للدولة المواضيع البيئية اهتماما بالغا لما تمثله من أهمية على الصعيد الاقتصادي والاجتماعي والبيئي، فقد تجلت تلك الأهمية في حجم الجهود التي بُذلت لحمايتها طوال السنوات الماضية والتي اشتملت على وضع العديد من التشريعات والنظم من أجل المحافظة على البيئة والموارد الطبيعية وتنميتها، وتعتبر صناعة الإسمنت هي إحدى العمليات المستهلكة للطاقة والموارد، لذا ينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة ما يتناسب مع المخاطر والتحديات.

ويعتمد بعضها بشكل جزئي على أفضل الإجراءات للتعامل مع انبعاثات الكربون في صناعة الإسمنت، حيث من المؤكد أن صناعة الإسمنت تنتج نسبة عالية من التلوث الذي يؤثر سلباً على البيئة، ليس هذا فحسب بل أن التطور الصناعي قد يضفي تأثيراً سلبياً على البيئة، ومن هذه التأثيرات التلوث الضوضائي وتلوث الهواء في تقنيات الإسمنت. لذلك من الضروري تقليل انبعاثات الكربون بالبدائل المستدامة في مصانع الإسمنت، في حلول قد تسبب تحديات جديدة حتى وإن كانت من خلال تقنيات حديثة لا بد من قياس الأثر البيئي وتحقيق التوازن المنشود نحو الحياد المناخي المستهدف.

الأهداف

يعد العمل البيئي مرتبط بشكل كبير ووثيق بالمتغيرات المناخية لاسيما الانبعاثات المسببة للتلوث، حيث يعد قطاع الإسمنت مسؤول عن 6-8٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالمياً، والذي يلقي بظلاله على كافة دول العالم حيث تتفاوت جهود العمل المناخي بينها بشكل ملحوظ، حيث تعد دولة الإمارات العربية المتحدة من أسرع الدول في العالم استجابة للحد من تداعيات التغير المناخي وذلك من خلال المبادرة الاستراتيجية لتحقيق الحياد المناخي بحلول 2050.

وفي دولة الإمارات العربية المتحدة تشكل نسبة انبعاث الكربون في مصانع الاسمنت 6%، حيث أن التحدي الرئيسي الذي أبرزته الأبحاث البيئية في هذا الصدد قضية التغير المناخ، ولهذا يهدف دليل الحياد المناخي لمصانع الإسمنت إلى استعراض أفضل الممارسات والمبادرات والتقنيات الخضراء التي يمكن من خلالها الحفاظ على البيئة.

حيث سيتم تسليط الضوء على الحلول قصيرة المدى وطويلة المدى من خلال السيطرة والتحسين على نسب الانبعاثات في مصانع الاسمنت.

وعليه تهدف وزارة التغير المناخي والبيئة مع شركائها من السلطات المحلية والهيئات والجهات ذات العلاقة في هذا الدليل الاسترشادي إلى إحداث التوازن البيئي في العمليات لقياس الآثار البيئية التي تتسبب بها مصانع الإسمنت، وذلك بتفعيل أكبر قدر ممكن من أفضل الممارسات المحلية منها والعالمية، لدعم تقليل الانبعاثات الكربونية بما لا يعيق النمو الاقتصادي والطلب المتزايد من السوق على الإسمنت ذات الجودة العالية، والتي يتم تصنيعها في دولة الإمارات العربية المتحدة حيث تمثل المبادرة الاستراتيجية لتحقيق الحياد المناخي 2050 محركاً وطنياً يهدف إلى خفض الانبعاثات والحياد المناخي بحلول 2050 ويعد أحد أهم الأولويات الرئيسية للقيادة الرشيدة في الدولة، والذي مكن دولة الإمارات العربية المتحدة لتكون أول دولة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تعلن عن هدفها لتحقيق الحياد المناخي.

وحيث يركز هذا الدليل على تحقيق الأهداف التالية:

01 تعزيز تنافسية صناعة الإسمنت الأخضر في الأسواق الوطنية والعالمية

02 تطبيق تقنيات جديدة مستدامة تساهم في خفض نسب انبعاث الكربون

03 تطبيق معايير التنمية المستدامة في مصانع الإسمنت ضمن مبادرة الطموح المناخي وخطة طريق مصانع الإسمنت نحو الحياد المناخي

04 تعزيز الوعي المجتمعي للمحافظة على البيئة

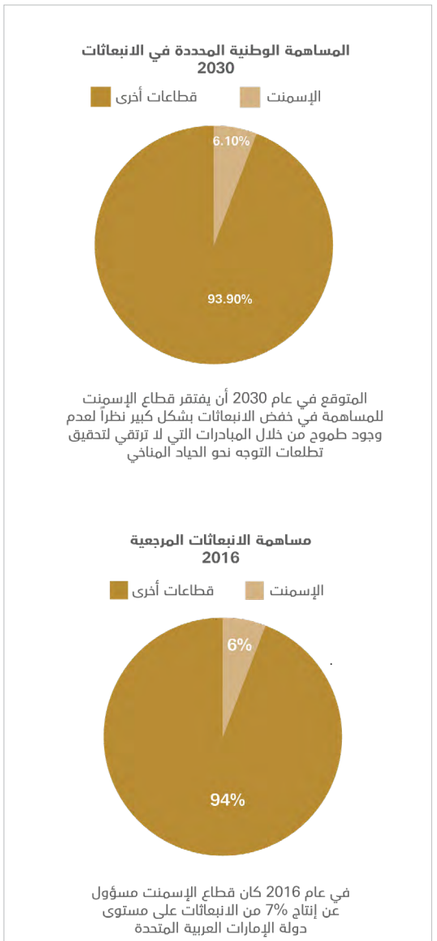
05 حماية البيئة وتعزيز الاستخدام المستدام

الإمارات العربية المتحدة نحو الحياد المناخي

تتولى وزارة التغير المناخي والبيئة قيادة وتنسيق جهود تحقيق الحياد المناخي وضمان التكامل على المستوى الوطني، لتنفيذ المبادرة الاستراتيجية تحقيقاً للحياد المناخي 2050، وذلك من خلال تحديث وتنفيذ الاستراتيجيات والسياسات والخطط والمبادرات والمشاريع ذات العلاقة، والتي من شأنها دفع عجلة التقدم نحو الحياد المناخي بما يتماشى مع احتياجات ومتطلبات النمو في مختلف القطاعات. حيث ستقوم الجهات المختصة في الدولة على المستويين الاتحادي والمحلي بإعداد دراسات شاملة ومفصلة بهدف تطوير الخطط واتخاذ الإجراءات اللازمة، تحقيقاً لرؤية حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة في الحياد المناخي مع ضمان النمو الاقتصادي المستدام.

يُعنى الحياد المناخي بخفض انبعاثات الكربون إلى أقصى حد ممكن، والتعويض عما لا يمكن التخلّص منه. بهدف المحافظة على عدم زيادة كمية الكربون في الغلاف الجوي. حيث يتجه العالم إلى تلافي الكوارث البيئية بسبب تغيرات المناخ، وما نشأ عنه من ظواهر مناخية جديدة وأهمها ظاهرة الاحتباس الحراري الناشئة عن زيادة الكربون.حيث أن ارتفاع حرارة الغلاف الجوي بفعل تراكم ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى يعد تحدياً عالمياً ويلقي بظلاله على كافة القطاعات العالمية منها والوطنية، والذي يعد حله الناجع في إزالة الكربون من قطاع الصناعات الثقيلة لمواجهة آثاره وتحدياته بشكل أسرع، حيث يمثل قطاع الصناعات الثقيلة وانبعاثاته المباشرة في المنتجات الثانوية لتفاعلات كيميائية مرتبطة بعمليات تتطلب حرارة عالية جداً، والذي يعتمد بشكل كبير على الوقود الأحفوري مثل الفحم اللازم لعمليات التصنيع؛ ما يجعل تقليل استهلاك الوقود الأحفوري الصناعي أكثر صعوبة. علاوة على ذلك هناك عقبات أخرى أمام إزالة الكربون بسرعة، مثل عمر المنشآت الصناعية والتكلفة الاقتصادية الكبيرة للتحسين أو التغير.

بالإضافة إلى أننا نعي ونراعي أن خفض مستوى الكربون في صناعة الإسمنت قد يخلق تحديات جديدة ذات أثر على جودة مخرجات المواد وخصائص المنتجات الصناعية كثيفة الكربون.



رسم بياني يوضح مسار الانبعاث للغازات الدفيئة (2050-2019)

وهنا تجدُر الإشارة إلى توقُّع نمو الطلب على الخرسانة والإسمنت في جميع أنحاء العالم جنباً إلى جنب مع ضرورة ترشيد استهلاك الطاقة، وتخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والذي يفاقم التحدي لمواجهة التغيرات المناخية، فعلى مدى العقود القليلة الماضية، زاد تبنِّي مُصنعي الإسمنت لبعض التقنيَّات والابتكارات المُستدامة بيئيّا، والتي أحدثت بالفعل تغييراً تدريجياً للنهوض بتلك الصناعة نحو الاستدامة، إلا أنَّ ذلك ربما لن يكون كافياً للمُضيِّ قُدماً في الوصول للحياد المناخي المستهدف عالمياً. لذلك تكمن أهمية دليل الحياد المناخي لمصانع الإسمنت في تحفيز البحث والتطوير لتحقيق أهداف الاستدامة البيئيَّة في القطاع الصناعي بشكل عام وفي صناعة الإسمنت بشكل خاص؛ لأنَّها من الصناعات الرائدة ليس فقط في تنمية وازدهار حضارتنا الإنسانية، ولكن أيضاً في تعزيز الاستدامة للقطاعات الأخرى؛ سعياً للوصول إلى تحقيق أهداف الحياد المناخي وتقليل البصمة الكربونية والتي تدفع عجلة تحقيق الريادة في صناعة الإسمنت، حيث سيساهم هذا الدليل بشكل ملموس في ترجمة رؤية قيادة دولة الامارات العربية المتحدة في الحياد المناخي إلى خطوات عملية من خلال تسليط الضوء على الأهداف قصيرة المدى وطويلة المدى والتي تمثل فيه وزارة التغير المناخي والبيئة المحرك الرئيسي في ضمان تحقيق مستقبل أكثر استدامة لمجتمع دولة الامارات العربية المتحدة.

مراحل صناعة الإسمنت

تبدأ عملية إنتاج الإسمنت داخل مجمع المصانع بمرحلة استخراج المواد الخام من المحاجر ونقلها باستخدام (المعدات الثقيلة والعربات القلاب) إلى مواقع الكسارات، وتقوم الكسارات بتحويل المواد الخام من كتل كبيرة إلى كتل صغيرة ومجروشه.

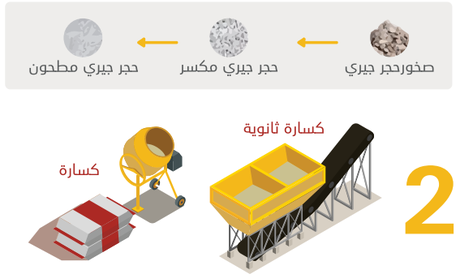
ويتم استخراج هذه المواد من المحاجر إما عن طريق التفجير أو التعدين. بعد تجميع المواد الخام وتكسيرها، يتم نقلها للمصنع حيث يتم تخزينها ويتم تجميع وتقليب المواد بعد طحنها داخل خزانات خاصة باستمرار وتسمى هذه العملية بالتجانس.

إن المواد الاساسية لصناعة الإسمنت عبارة عن مزيج كيميائي يشكل اللبنة الأساسية في مواد البناء وهو مكون من التالي:

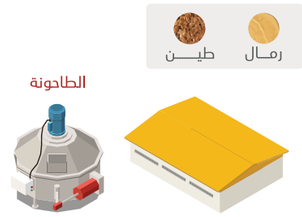
- لألمنيوم
- السيليكون
- الحديد

مراحل إنتاج الاسمنت

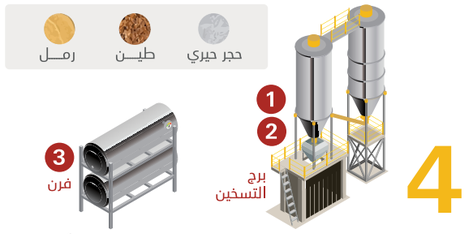
التعدين: يتم استخراج الحجر الجيري من المحاجر عن طريق التفجير ومن ثم تجميعه وكذلك يتم استخلاص باقي المواد الخام و تجميعها



التكسير: يتم تكسير المواد الخام في كسارات خاصة حتى يسهل نقلها و تخزينها و طحنها



طحن المواد الخام وتجانسها: حيث يتم طحن المواد الخام بنسب معينه لتحقيق المواصفات المطلوبة وتخزينها في خزانات خاصة الاستكمال عملية التجانس



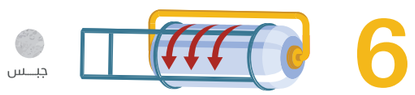
انتاج الكلنكر: ويتم فيها انتاج الكلنكر وهو المادة الأساسية في الاسمنت ويتم ذلك على ثلاث مراحل

التسخين: تبدأ هذه العمليه بالتسخين المسبق حيث يتم التبادل الحراري بين الغازات القادمه من الفرن وخلطة المواد الخام ويتم تسخين الخليط الى 850 درجه مئويه

الكلسنه: هي تفكك كربونات الكالسيوم الى أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون وتتم قبل دخول الخليط إلى الفرن

الحـــرق: يتم حرق المواد في الفرن الدوار حتى يتكون المركب الوسطي (الكلنكر) عند حرارة 1450 درجة مئوية

تبريد الكلنكر: يتم تخفيض درجة حرارة الكلنكر من 12000 درجة الى 1000 درجة مئوية باستخدام الهواء الاستفاده من حراره وتسهيل نقله



طحن الاسمنت: حيث يتم اضافه مادة الجبص وبعض الإضافات الأخرى إلى الكلنكر وطحنها الإنتاج الاسمنت

التعبئة: يتم فيها تعبئة الأسمنت بأكياس سعتها 50 كغم أو بيعه على شكل أسمنت سائب

وتنقسم مراحل تصنيع الإسمنت إلى عدة أقسام:

صورة توضح مراحل صناعة الإسمنت

- استخراج المواد الخام (التعدين)
- المزج والطحن
- التسخين الأولي للمواد الخام
- مرحلة الفرن
- التبريد والطحن النهائي
- التعبئة والشحن

وهناك العديد من تقنيات التصنيع المستخدمة. يكمن الاختلاف بينها بشكل أساسي في عملية تحضير المواد الخام.

ويتم استخدام الطريقتين التاليتين:

الطريقة الرطبة (Wet process) :

يتم طحن ومزج المواد الأولية بوجود الماء وهذه الطريقة تستعمل عندما تكون نسبة الرطوبة عالية.

الطريقة الجافة (Dry process) :

عنما تكون المواد الأولية صلدة لا تتفتت بالماء.

الخطوات العامة لتصنيع الإسمنت:

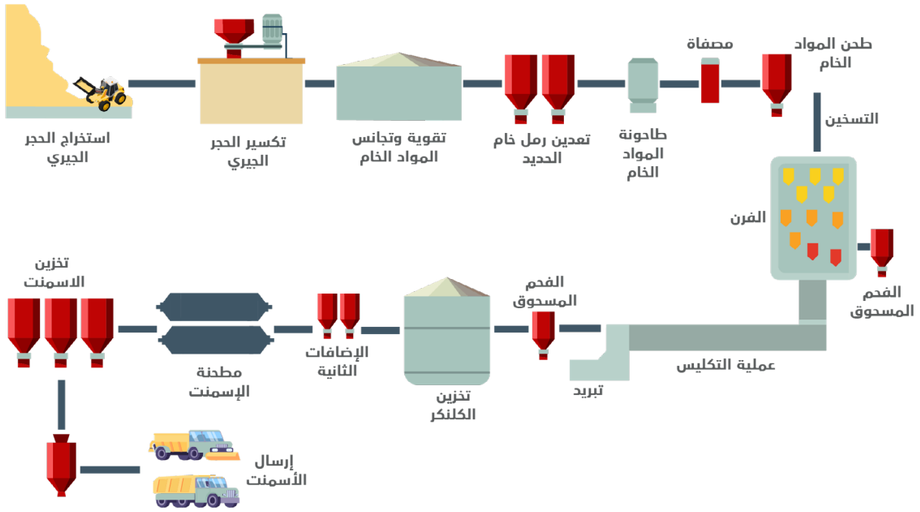
1. تجميع وتحميل المواد الخام من حجر جيري وتربة طينية في منطقة الاستخراج بعد نقل هذه المواد الخام من المحاجر ومقالع التعدين.
2. معالجتها في كسارة مزودة بآلية إزالة الغبار حيث يتم تقليص أحجامها.
   - تخزين المواد الخام المطحونة الخارجة من الكسارة حسب أنواعها.
   - استرداد الغبار عن طريق مرشحات الأكياس في نقاط النقل.
3. طحن المواد الخام الناتجة وتقليبها باستمرار وتحويلها إلى وجبة خاصة متجانسة، هذه الوجبة الخاصة والممزوجة بنسب دقيقة تشكل خلطة المكونات الخام الرئيسة للإسمنت، والمكونات الأساسية لهذه الخلطة هما الجير والسيليكا، حيث يتم الحصول على الجير غالباً من الصخور التي تحتوي على كربونات الكالسيوم مثل الحجر الجيري أو التربة الطباشيرية. بعد هذه المواد تأتي أكاسيد الالمنيوم وأكسيد الحديد هناك أيضا مواد أخرى مثل المغنيسيوم وأكاسيد السيليكون بكميات أقل، جميع هذه المواد الخام تؤخذ بأوزان معينة إلى فرن حراري.
4. تسخين المواد الخام من 30 درجة مئوية إلى 1000 درجة مئوية.
   - تجفيفها من الرطوبة وجزيئات الماء وتكليسها.
   - إطلاق الأكاسيد الموجودة فيها ثم إنشاء مركبات جديدة بين بعضها البعض مع ارتفاع درجة الحرارة.
   - حرق خلطة المواد الخام المتجانسة الخارجة من السخّان الأولي في فرن دوار عند 1500 درجة مئوية وتحويلها لحبيبات، هذه الحبيبات الناتجة تسمى الكلنكر وهي المادة الأساسية لصناعة الإسمنت.
5. عند خروج الكلنكر من الفرن يكون بدرجة حرارة عالية 1300 درجة مئوية، حيث يتم تبريد الكلنكر حتى تنخفض درجة حرارته إلى 100 درجة مئوية.
   - مع ضخ الماء المضغوط إلى الطاحونة أثناء عملية الطحن يتم منع ارتفاع درجة الحرارة وفي النهاية يتم جمع هذا الكلنكر في أماكن تخزين الكلنكر.
   - يعتبر الكلنكر الخارج من المبرّد منتجاً وسيطاً رئيساً في صناعة الإسمنت، حيث يتم الحصول على الإسمنت عن طريق طحن الكلنكر مع كمية معينة من كبريتات الكالسيوم.
6. طحن الكلنكر مع الجبس في طواحين ذات كريات مساحيق فولاذية. تحتوي الطواحين الأسطوانية الفولاذية التي يبلغ قطرها حوالي 3 أمتار على تقسيمات غرف مملوءة بكريات الصلب تصل إلى ثلث حجمها. أثناء عملية تدوير الأسطوانة، تصطدم هذه الكريات وتسحق حبيبات الكلنكر في الغرفة النهائية يكون قد تم الحصول على النقاء المطلوب في المنتج.
   - أثناء الطحن تتم إضافة ما نسبته 3-5٪ من كبريتات الكالسيوم إلى الكلنكر هذه العملية ضرورية من حيث دورها في التحكم بالتفاعلات الكيميائية للإسمنت وتصلبه عند خلطه بالماء.
7. النتيجة النهائية يتم نقل منتج الإسمنت إلى التخزين.

1. المواد الأولية

تستخرج المواد الأولية من المحاجر والمقالع ثم تنقل إلى المصانع بواسطة السيارات أو الأقشطة الناقلة، وتحتوي تلك المواد على مواد قلوية مثل، أكسيد الصوديوم أو البوتاسيوم، السيليكات والحجر الكلسي الجيري، الجص ورمل السيليكات والحجر الكلسي. حيث تطحن المواد ا لية بنسب مدروسة حسب تحليلها كيميائيا. وتحرق المواد الأولية بعد طحنها في أفران دوارة وتتحول إلى كلنكر، ويستعمل في حرق مواد الإسمنت مشتقات النفط والفحم البترولي أو الوقود الكربوني.

بعد أن تتجانس المواد تدخل إلى برج التسخين الأولي حيث تبدأ بالنزول من أعلى البرج إلى أسفله، وتحتك أثناء ذلك بالغازات الساخنة الصاعدة والناتجة عن حرق الوقود في الفرن حيث تحدث عملية تبادل حراري يحفزه الانسياب المتعاكس ما بين المواد والغازات، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة المواد تدريجياً من 80 درجة مئوية إلى 850 درجة مئوية. أثناء ذلك يتم نزع رطوبة المواد أولاً ثم تنزع جزيئات الماء المرتبطة بجزيئات المواد.

وأخيراً يتطاير غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج عن تفكك كربونات الكالسيوم «الحجر الجيري» إلى أكسيد الكالسيوم، وبالتإلى تكون المواد الخام قد تجهزت لعملية الحرق. أثناء هذه العملية تكون الغازات الصاعدة من الفرن قد فقدت حرارتها لتنخفض من 1050 درجة مئوية إلى 350 درجة مئوية، والتي تستغل لاحقاً في تجفيف المواد الخام أثناء عملية طحنها في طاحونة المواد الخام. وتدخل المواد بعدها إلى الفرن الدوّار وتُحرق المواد الخام تحت درجة حرارة تصل إلى 1450 درجة مئوية داخل الفرن، لتتكون المادة الأساسية والهامة في إنتاج الإسمنت والتي تسمى بالكلنكر.



صورة توضح مراحل تصنيع الكلنكر

2. عملية التبليد / الكلنكر (عملية حرق الكلنكر)

الكلنكر هو المنتج الوسطي لمعامل الإسمنت التي تتم إنتاجها بالفرن ويتم تبريدها وخزنها ومن ثم طحنها لإنتاج الإسمنت. الهدف من تشغيل الفرن هو جعل الكلنكر بالخصائص الكيميائية والفيزيائية المطلوبة، بأقصى معدل يسمح به حجم الفرن، مع تلبية المعايير البيئية، بأقل تكلفة تشغيل ممكنة. الفرن حساس للغاية لاستراتيجيات التحكم، ويمكن للفرن الذي يعمل بشكل سيئ مضاعفة تكاليف تشغيل مصنع الإسمنت بسهولة.

أما عملية التبيلد فهي طريقة تستخدم تقنية التصليد الحراري للحصول على منتجات من المساحيق وذلك من خلال تسخين المادة إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة الانصهار، وبذلك تلتصق ذرات المواد الأولية التي على شكل المسحوق.

يمثل الكلنكر أكثر من 50٪ من انبعاثات الكربون. يُصنع الكلنكر، أو الكلنكر البورتلاندي، عن طريق حرق المواد الخام المطحونة (في الغالب الحجر الجيري، ولكن أيضاً الطين وأكاسيد الحديد والألمنيوم) في درجات حرارة تصل إلى 1450 درجة مئوية. عادة ما يتم تسخين الأفران المستخدمة باستخدام مصادر غير متجددة مثل الغاز الطبيعي أو المشتقات البترولية الأخرى. تشير التقديرات إلى أنه مقابل كل طن من الكلنكر المنتج، ينبعث ما بين 800 و1000 كجم من ثاني أكسيد الكربون، بما في ذلك ما يتم إنشاؤه من خلال تحلل الحجر الجيري وحرق الوقود الأحفوري.

الفرق بين الكلنكر والإسمنت

يُعدّ كلًا من الإسمنت والكلنكر مواد مختلفة عن بعضهما البعض، فيُستخدَم الإسمنت كنوعٍ من أنواع المواد اللاصقة، بينما الكلنكر يُستخدم في إنتاج مادة الإسمنت.

وفيما يلي الفرق بينهما:

أولاً من حيث البنية:

1. الإسمنت عبارة عن أحد أنواع المواد اللاصقة المُستخدمَة في عملية البناء، وهو مسحوقٍ ناعم جداً يتحول لمادة صلبة عند خلطها مع الماء، فتحدث عملية التصلّب بسبب نشوء مجموعة من التّفاعلات الكيميائية بين الإسمنت والماء.
2. الكلنكر عبارة عن حبيبات كروية الشّكل تظهر على شكل عقيدات يتم إنتاجها أثناء مرحلة تصنيع الإسمنت، وتُستخدم كعاملٍ من عوامل الربط بين جزيئات الإسمنت، وهي ذات لون رمادي غامق على شكل بلورات متكتلة تتراوح أبعادها ما بين 3-25 مم، التي تنتج بفعل تسخين الحجر الجيري مع الطين وصولاً إلى نقطة التسييل في داخل الفرن الدوار، والذي تتراوح درجات حرارته ما بين 1400-1500 درجة مئوية.

ثانياً من حيث طريقة الصنع:

تختلف طريقة إنتاج الكلنكر عن الإسمنت، حيث يتم إنتاج الكلنكر عن طريق تلبيد الحجر الجيري مثل الطين فيتشكّل الكلنكر داخل فرن إنتاج الإسمنت، بينما الإسمنت يتم إنتاجه عن طريق إضافة الجبس إلى الكلنكر وطحنه بشكل جيد.

3. عملية الطحن وخلط الجبس

الجبس غير قابل للاحتراق ويحتوي على نسبة عالية من الماء البلوري. في حالة نشوب حريق، فإنه يعمل كحاجز ويعمل على حماية هياكل المبني والخرسانة والصلب.
حيث تتمثل المراحل الأولى في تصنيع الإسمنت من الطحن والتجفيف، والتي يتم مطابقة المواد الخام ببعضها حسب الحجم على نحو دقيق ثم يتم وضع الإضافات حتى تصبح مسحوق ناعم للغاية يسمي الطحين الخام والذي ينتقل بعد ذلك إلى صوامع الخلط وأخيراً يوضع في المخازن. تتكون المرحلة الأخيرة من عميلة تصنيع الإسمنت من طحن الكلنكر المخلوط بالجبس وأي مكونات ثانوية أخرى لينتج عن ذلك أنواع مختلفة من الإسمنت تستخدم لأغراض مختلفة، ثم تخزن الأنواع المختلفة من الإسمنت في صوامع تتناسب مع طبيعة كل نوع. وتطحن المواد الخام بعد تكسيرها وخلطها خلطاً جيداً لتسهيل حرقها، بحيث يتم التفاعل في أقل زمن ممكن. وتختلف الطاقات الإنتاجية.

لطواحين الخام بحسب حاجة المصنع وقدرته الإنتاجية وتصميمه، وهناك نوعان شائعان للاستعمال:

- طواحين أفقية
- طواحين رأسية

4. المنتج النهائي

ينقل الإسمنت بعد جميع المراحل التي يمر بها ويصبح جاهزاً للاستعمال ونقله إما عن طريق ناقلات الشحن أو تعبئته في أكياس، حيث تتم هذه العملية من خلال مطابقة اللوائح القائمة بشأن التحكم والصيانة والتطوير المستمر لجودة المنتجات والخدمات. يتم تعبئة الإسمنت في أكياس خاصة.

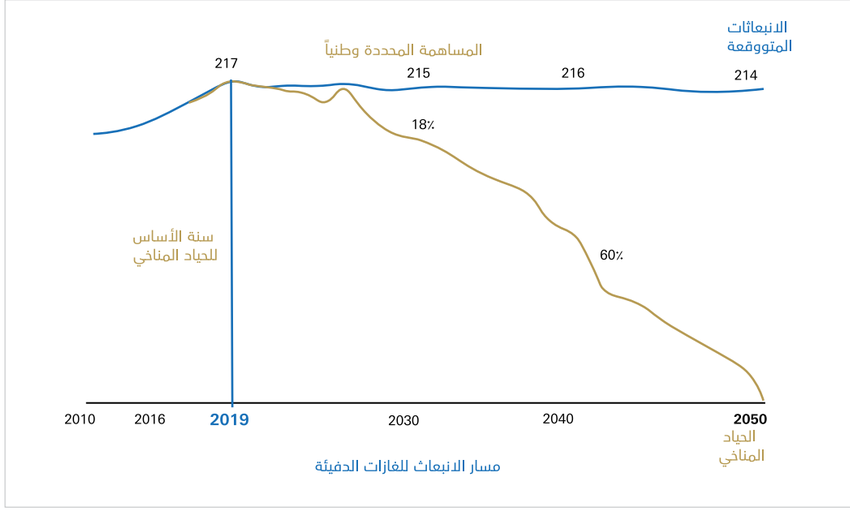
البصمة الكربونية في مصانع الإسمنت

تعد البصمة الكربونية مجموعة من الغازات الدفيئة والتي تتكون بسبب نشاط معين ومنها غاز ثاني أكسيد الكربون. حيث تحدث الانبعاثات المباشرة للأسمنت من خلال عملية كيميائية تسمى التكليس. يحدث التكليس عندما يتم تسخين الحجر الجيري، المصنوع من كربونات الكالسيوم، ويتحول إلى أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. تمثل هذه العملية حوالي 50 في المائة من جميع الانبعاثات الناتجة عن إنتاج الإسمنت.

وكذلك اتخذت دولة الإمارات العربية المتحدة تدابير من خلال إلزام جميع مصانع الإسمنت التي تستخدم الفحم في عمليات إنتاج الطاقة الخاصة بها باستخدام ما لا يقل عن 10٪ من إجمالي احتياجاتها من الطاقة من الوقود المشتق من النفايات ويعد الالتزام الذي دخل حيز التنفيذ في عام 2020 دولة الإمارات العربية المتحدة على تحقيق هدفها المتمثل في خفض انبعاثات الكربون بنسبة ٪25 بحلول عام 2030، وتحقيق صافي انبعاثات كربونية بحلول عام 2050، وذلك وفق البوابة الرسمية لحكومة دولة الامارات.

يقدم الانتقال نحو الحياد المناخي نموذجًا جديدًا للنمو الاقتصادي المستدام الذي يعزز البحث والتطوير والابتكار التكنولوجي، ويعمل كمحفز للاستثمار. حيث تساهم صناعة الأسمنت بما يتراوح بين 5 و10 في المائة من البصمة الكربونية للعديد من الدول حسب ماورد من الحوار الوطني للطموح المناخي كمنصة لتعزيز المشاركة في مبادرة الامارات الحياد المناخي بحلول 2050 لتلبية احتياجات الدولة. وكذلك في الإمارات العربية المتحدة، تمثل ستة إلى سبعة في المائة من المخزون الوطني لثاني أكسيد الكربون.

يعتبر الإسمنت منتجاً رئيساً لدولة الإمارات العربية المتحدة ولديه القدرة على مواكبة التقدم الذي تحرزه القطاعات الأخرى.

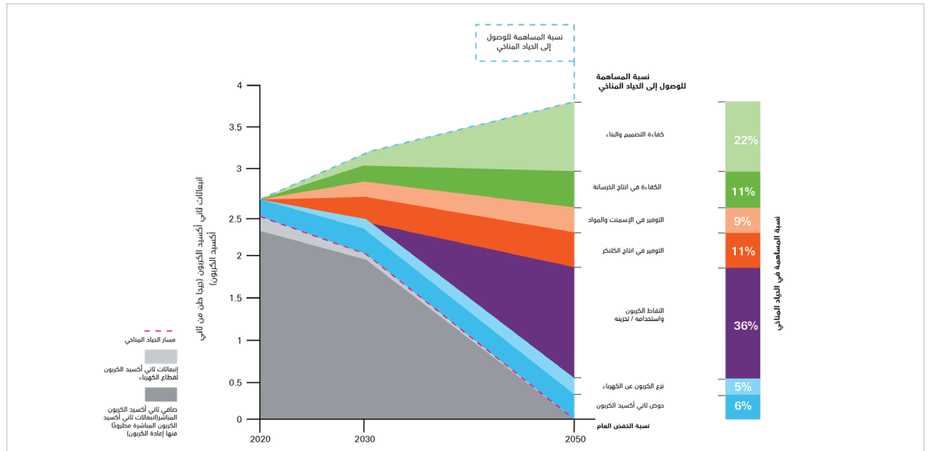


رسم بياني (1) يوضح الانبعاثات الصادرة من انتاج الإسمنت خلال عام 2016

خارطة طريق لتحقيق الحياد الكربوني في مصانع الإسمنت

خارطة الطريق هي الالتزام الجماعي لشركات الإسمنت للمساهمة في بناء مستقبل مستدام. وتحدد خارطة الطريق مساراً صافي صفري انبعاثات كربونية للمساعدة في الحد من الاحترار العالمي إلى 1.5 درجة مئوية.

حيث تسلط خارطة الطريق الضوء على تسارع كبير في تدابير الإزالة للكربون لتحقيق الخفض المرتبط بالخرسانة. وكما تدفع نحو تدابير إزالة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالخرسانة 2030 بنسبة 25 %.



رسم بياني يوضح مسار الحياد المناخي لمصانع الاسمنت (2020-2050)

نسبة المساهمة في صافي الصفر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون 2050

9%
التوفير في الإسمنت والمواد اللاصقة
- استبدال الإسمنت الكلنكر البورتلاندي
- بدائل أسمنت بورتلاند الكلنكر

36%
التقاط الكربون واستخدامه / تخزينه
- التقاط الكربون في مصانع الإسمنت

22%
كفاءة التصميم والبناء
- موجز العميل للمصممين لتمكين تحسين
- التصميم الأمثل
- إعادة استخدام كفاءات موقع البناء
- إطالة العمر الافتراضي

11%
الكفاءة في انتاج الخرسانة
- تصميم مزيج أفضل
- الاستفادة من المكونات
- الاستمرار في التصنيع غير الصناعي
- رقابة الجودة

6%
حوض ثاني أكسيد الكربون
- إعادة الكربون

5%
نزع الكربون عن الكهرباء
- تستخدم في كل مصانع الإسمنت وإنتاج الخرسانة

11%
التوفير في انتاج الكلنكر
- الكفاءة الحرارية
- الفائض من نفايات الوقود (أنواع بديلة)
- استخدام المواد الخام متنوعة الكربونات
- استخدام الهيدروجين كوقود

تقنيـات للوصول لحياد مناخي في مجال صناعة الإسمنت

تنتـج صناعـة الإسـمنت كميـة هائلـة مـن الكربـون لذلـك تكـون الحاجـة إلـى تطبيـق التقنيـات الحديثـة المسـتدامة بنـاءً علـى أفضـل الممارسـات أمـراً بالـغ الأهميـة، وذلـك بتحسـين الإجراءات التي يمكن أن تساعد في إدارة نسبة الكربـون فـي عمليـة صناعـة الإسـمنت. وأيضـاً تسـاهم مبـادرات الـدول فـي تسـريع التعافـي مثـل دولـة الإمـارات العربيـة المتحـدة مـن خـلال اسـتراتيجيات الحيـاد المناخـي بالمبـادرات والبرامـج والمشـاريع والانشـطة لجعـل المنطقـة خاليـة مـن الكربـون. وتعمـل صناعـة الإسـمنت علـى أهـداف طويلـة الأجـل مـع بدائـل مسـتدامة مختلفـة مـن خـلال الدراسـات والبحـث والتطويـر للحـد مـن هـذه الانبعاثـات حيـث يكمـن الحـل فـي اسـتخدام التقنيـات المختلفـة وبذلـك يمكـن أن تسـاعد فـي الوصـول إلـى بيئـة صحيـة ومسـتدامة. حيـث أن الهـدف مـن طـرح التقنيـات فـي هـذا الدليـل للاسـترشـاد مـن قبـل المصانـع لاسـتخدام التكنولوجيـا الجديـدة وتطبيقهـا فـي عمليـات مراحـل صناعـة الإسـمنت. حيـث تتـم مناقشـة بعـض أفضـل الممارسـات والتقنيـات التـي يمكـن أن تسـاعد فـي تقليـل انبعاثـات الكربـون.

1. تقنية التقاط الهواء المباشر Direct Air Capture (DAC)

هـي عمليـة التقـاط ثانـي أكسـيد الكربـون مباشـرة مـن الهـواء بهـدف احتجـازه أو اسـتخدامه. حيـث تشـكل تقنيـة التقـاط الكربـون دوراً مهمـاً فـي تحقيـق الحيـاد الكربونـي فـي القطاعـات الصناعيـة الثقيلـة التـي يصعـب خفـض الانبعاثـات بهـا.تعمـل هـذه التقنيـة علـى اسـتخلاص ثانـي أكسـيد الكربـون مـن الهـواء مباشـرة ثـم تنقـل تلـك الانبعاثـات إلـى باطـن الأرض أو يتـم تحويلـه إلـى منتجـات تكـون مفيـدة للاسـتخدام.

كيف تعمل؟

تعمـل هـذه التقنيـة علـى اسـتخلاص ثانـي أكسـيد الكربـون مـن الهـواء مباشـرة ثـم تنقـل تلـك الانبعاثـات إلـى باطـن الأرض أو يتـم تحويلـه إلـى منتجـات تكـون مفيـدة للاسـتخدام. يتـم سـحب الهـواء مـن خـلال مروحـة موجـودة داخـل المجمـع. بمجـرد امتصاصـه، يمـر عبـر مرشـح موجـود داخـل المجمـع الـذي يحبـس جزيئـات ثانـي أكسـيد الكربـون. تقـوم تقنيـة (Direct Air Capture DAC) بذلـك عـن طريـق سـحب الهـواء الجـوي، ثـم مـن خـلال سلسـلة مـن التفاعـلات الكيميائيـة، يتـم اسـتخراج ثانـي أكسـيد الكربـون CO_2 منـه بينمـا يعيـد باقـي الهـواء إلـى البيئـة.

فوائد التقنية:

- يقلـل مـن ثانـي أكسـيد الكربـون فـي الغـلاف الجـوي
- يمكـن أن تحقـق الحيـاد المناخـي أو الا نبعا ثـا ت
- يمكـن اسـتخدامه لإزالـة أو إعـادة تدويـر الكربـون

يتم تطبيق هذه التقنية في بعض الدول مثل:

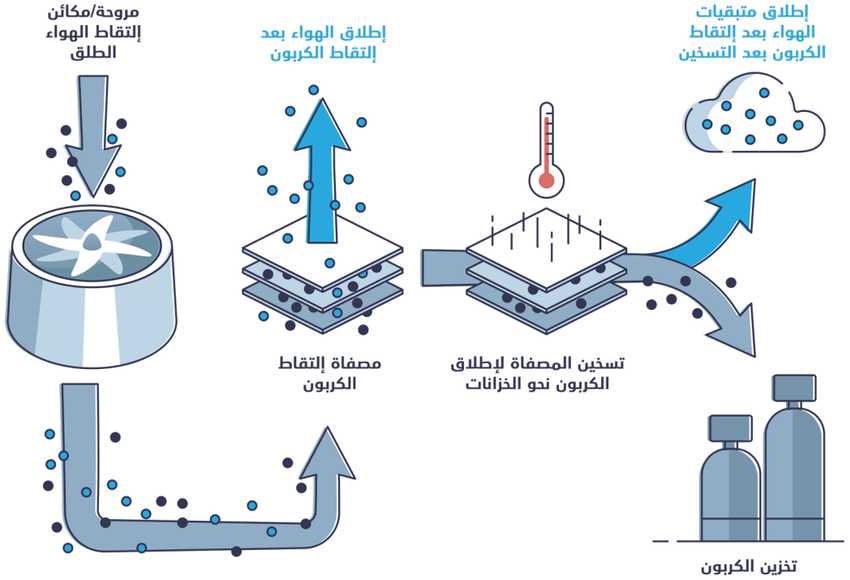
الاتحاد الأوروبي

الولايات المتحدة الأمريكية

اليابان

كنـدا

الالتقـاط المباشـر للهـواء



2. طرق استبدال نسبة من «الكلنكر» بمنتجات ثانوية تكميلية ناتجة عن صناعات أخرى

يعد تقليل نسبة الكلنكر المُستخدَمة في إنتاج الإسمنت محوراً أساسيّاً لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون إن إنتاج الكلنكر هو أكثر مرحلة استهلاكًا للطاقة في عملية تصنيع الإسمنت المواد الأسمنتية التكميلية - أو اختصارًا SCMs - هي منتجات بديلة لها خصائص شبيهة بالأسمنت يمكن أن تحل محل جزء من الأسمنت في الخرسانة. وعادة ما تكون هذه نفايات صناعية مثل الخبث الناتج عن صناعة الصلب والرماد المتطاير من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم. يتمثل نهج تقليل البصمة الكربونية في استخدام المواد الإسمنتية التكميلية لخفض عامل الكلنكر في الإسمنت. ويمكن أن يؤدي كل انخفاض بنسبة 1٪ في عامل الكلنكر إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 8-9 كجم / طن أسمنت. فإن (إن) تطوير صناعة البناء المستدامة يعتمد على تطوير مراحل صناعة الإسمنت منخفضة الكربون.

كيف يعمل؟

باستبدال الكلنكر بمواد خام ثانوية مثل الرماد المتطاير من محطات توليد الطاقة، أو الخبث الناتج عن إنتاج الصلب، أو كلاهما.

فوائد التقنية؟

- لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون
- تطوير طرق إنتاج مبتكرة

يتم تطبيق هذه التقنية في بعض الدول مثل:

الولايات المتحدة الأمريكية

جمهورية مصر العربية

الهند

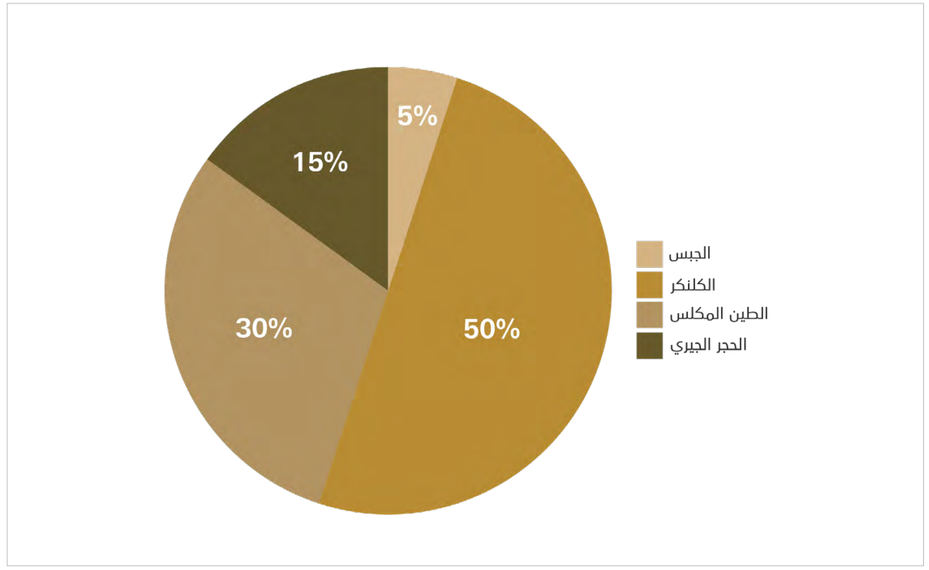
3. الإسمنت المُستدام

هو الإسمنت الطيني «المُكلَّس» بالحجر الجيري أو Limestone Calcined Clay Cement

ويعدُّ هذا النوع من الإسمنت نوعاً جديداً من الإسمنت الذي يعتمد على عمل مزيج من الحجر الجيري، ويُقلِّل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة تصل إلى 40٪، ويمكن تصنيعه باستخدام الحجر الجيري منخفض الجودة المتوفرة بكميات وفيرة كبيرة، بالإضافة إلى كونه خياراً فعَّالاً من جهة حيث التكلفة.

تتكون المواد الأساسية المستخدمة في تحضير مزيج الإسمنت الطيني «المُكلَّس» بالحجر الجيري

- الكلنكر
- الطين المكلس
- الحجر الجيري
- الجبس



نسبة المواد الأساسية المستخدمة في تحضير مزيج الإسمنت الطيني «المُكلَّس» بالحجر الجيري

ومن مميزات الإسمنت الطيني «المُكلَّس» بالحجر الجيري ما يلي:

- يمتاز في أنه يحتاج إلى كميات كلنكر أقل.
- خيارًا مُستدامًا صديقًا للبيئة.

يتم تطبيق هذه التقنية في بعض الدول مثل:

جمهورية الصين الشعبية

جمهورية الهند

كوبا

4. جهاز مرشح الأكياس Baghouse Filter Construction

هو جهاز للتحكم في التلوث يستخدم الأنابيب أو الأظرف لإزالة الأوساخ والجسيمات والغبار من هواء منشأة التصنيع أو المعالجة والتقاطها وفصلها. وهي إحدى التقنيات الجديدة المستخدمة، تتكون من فواصل للمواد الهوائية ذات الفلتر النسيجي وتُستخدم لإزالة الجسيمات من التصنيع والعمليات الصناعية الأخرى لمنع الغبار والجسيمات الصلبة من دخول مكان العمل أو إطلاقها في الغلاف الجوي. وتتميز هذه التقنية بأنها تساعد على تلبية الامتثال من خلال مراقبة الجسيمات ويلغي عمليات التفتيش البدوية أو عمليات الفحص البصري لانبعاثات مجمعات الغبار.

كيف يعمل؟

يقوم مرشح الكيس بفصل الغبار عن غاز العادم عن طريق تجميعها مع وسيط المرشح. يتراكم الغبار على سطح وسط المرشح. ويتم تنظيف وسائط المرشح عن طريق تدفق هواء عكسي يسمى الغسيل العكسي، يحتوي مرشح الكيس على مجموعة مختارة من وسائط الترشيح. تختلف المواد التي يصنع منها الفلتر من البوليستر والنايلون المقاوم للحرارة إلى الألياف الزجاجية. يتم اختياره حسب الظروف مثل خصائص الغاز أو الغبار. وسائط المرشح هي أجزاء قابلة للاستهلاك. عندما تتلف أو تآكل، قد يتسرب الغبار إلى الخارج. فيتم تثبيت جهاز مراقبة الغبار الكهروضوئي في الجزء السفلي من مرشح الكيس حتى يتمكن من العثور على تسرب الغبار ومنع تلوث الهواء.

فوائد التقنية:

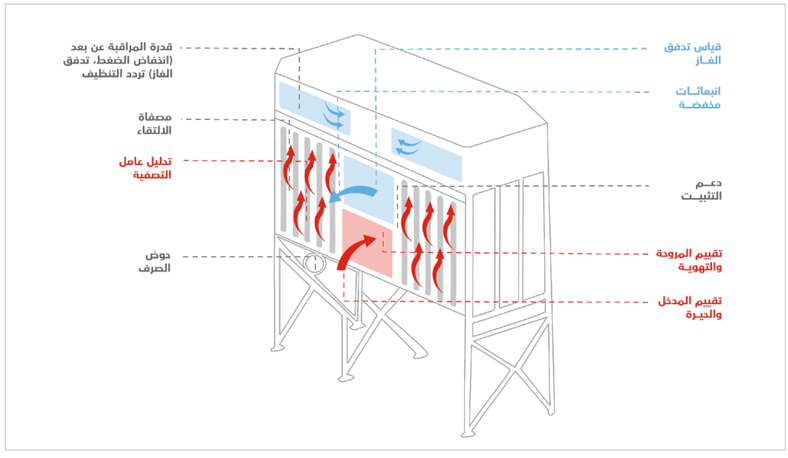
- إنتاجية عالية لإزالة الغبار الخشن والناعم
- لا يؤثر الحمل المتغير على انخفاض الضغط والكفاءة
- يمكن إعادة استخدام الغبار المتجمع في هذه العملية
- يتم تحديد الانبعاثات المتبقية من خلال التركيزات الواردة

يتم تطبيق هذه التقنية في بعض الدول مثل:

الولايات المتحدة الأمريكية

جمهورية الهند

دولة الإمارات العربية المتحدة



جهاز مرشح الأكياس

5. استخدام الطاقة المتجددة في المصانع أنظمة الطاقة الكهروضوئية (الشمسية)

تعمل أنظمة الطاقة الكهروضوئية الشمسية عن طريق تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء وتعد الخلايا الضوئية أو الخلايا الشمسية هي وحدات الطاقة الشمسية أو الألواح الشمسية , وتأتي في العديد من الأحجام والأشكال.

كيف يعمل؟

يتم ترتيب الألواح الشمسية أو أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية باستخدام الألواح (ألواح SPV) على أسطح المنازل أو في المصانع بطريقة تسقط الإشعاع الشمسي على الألواح الشمسية الكهروضوئية لتسهيل التفاعل الذي يحول إشعاع ضوء الشمس إلى كهرباء. يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتشغيل مبنى واحد أو يمكن استخدامها على نطاق صناعي.

ما هي فوائد تركيب الألواح الشمسية بالنسبة لأصحاب المصانع والشركات؟

- تعمل على الحد من فاتورة الكهرباء
- الحد من البصمة الكربونية، وهي كمية ثاني أكسيد الكربون التي تتسبب في إطلاقها في البيئة نتيجة اتباع عادات معينة لاستهلاك الطاقة.
- تنويع مصادر الطاقة لتخفيض تكلفة الإنتاج عبر استخدام طاقات بديلة مولدة من المخلفات الصلبة والرياح والشمس.

يتم تطبيق هذه التقنية في بعض الدول مثل:

جمهورية ألمانيا الاتحادية

جمهورية الصين الشعبية

اليابان

دولة الإمارات العربية المتحدة

6. منتج الإسمنت الأخضر

الإسمنت الأخضر هو منتج صديق للبيئة يقلل من انبعاثات الكربون الناتجة عن إنتاج الإسمنت. والتي تشكل طرق إنتاج موفرة للطاقة ومنخفضة الكربون، وأيضا تركيبات أسمنتية جديدة. وإعادة تدوير النفايات الصناعية.

قابلية العمل؟

- انخفاض درجات حرارة الماء يجعل عملية صب الخرسانة أسهل
- منتجات الأسمنت الأخضر تقلل الحاجة إلى الإسمنت البورتلاندي بنسبة 50٪

وتتميز بالتالي:

- يتطلب طاقة أقل نظراً لوجود المنتجات الثانوية الصناعية في الإسمنت الأخضر. أسمنت عالي الجودة
- انبعاثات كربونية أقل من الإسمنت البورتلاندي
- أطول أمدا وبسعر معقول

يتم تطبيقه في بعض الدول مثل:

- الولايات المتحدة الأمريكية
- جمهورية الهند
- جمهورية مصر العربية

7. تحويل النفايات لطاقة – استخدام الوقود البديل وأنظمة استعادة الطاقة

من المهم استخدام الطاقة النظيفة لتجنب الانبعاثات والتي تساعد في مستويات عالية من الاستدامة من خلال استخدام الوقود البديل **Refuse Derived Fuel (RDF)**.

وهو وقود ينتج من عملية تفتيت النفايات الصلبة وتجفيفها، ويمكن استخدامه لتوفير الحرارة وتوليد الكهرباء في المنشآت الصناعية كمصانع الإسمنت. واستخراج النوع المطلوب من الوقود البديل وفق المواصفات ويتطلّب فرزاً دقيقاً للنفايات وتعقيمها قبل حرقها لخفض نسبة الضرر من انبعاثاتها. حيث أن هدف رؤية الامارات 2021 لتحويل النفايات الى طاقة من خلال الاستفادة من النفايات الصلبة البلدية وذلك عن طريق تحويل مكب النفايات بنسبة 75%. حيث تعد التقنية جديدة والتي تساعد مصانع الإسمنت في تقليل استخدامها للوقود الأحفوري.

المصدر:
https://www.emiratesrdf.ae/rdf-facili-/ty

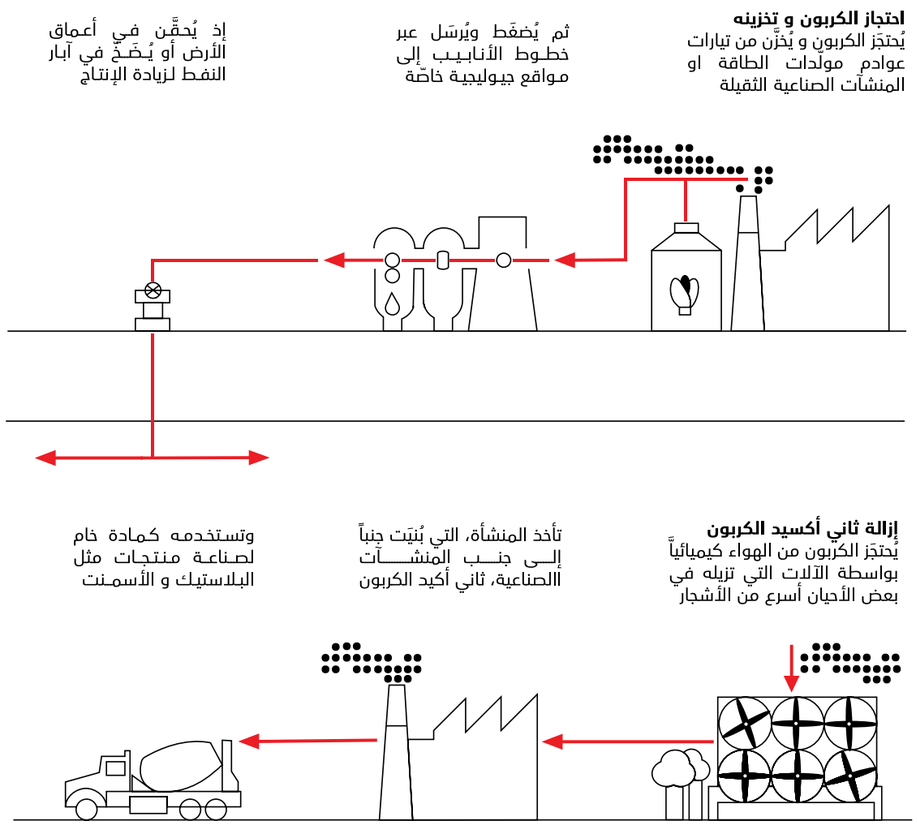
يوفر استخدام RDF تأثيرًا متعدد الجوانب على المجتمع والبيئة:

- التخلص من النفايات البلدية والتجارية الموجودة في مكبات النفايات
- تحويل النفايات البلدية إلى أشكال نظيفة وبديلة من الطاقة
- توفير مصدر طاقة نظيف ومنخفض التكلفة لصناعات مثل قمائن الأسمنت
- تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتعزيز الاستدامة في البيئة

- الاتحاد الأوروبي
- اليابان
- جمهورية كورية الجنوبية
- الولايات المتحدة الأمريكية
- دولة الإمارات العربية المتحدة

8. تعزيز استخدام وتوظيف تقنيات التقاط الكربون وتخزينه

تقنيات التخلص من الكربون



قابلية العمل؟

يعد التقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون أحد وسائل التصدي لظاهرة التغير المناخي من خلال احتجاز ثاني أكسيد الكربون من مصادر كبيرة مثل محطات الطاقة، وتخزينه بأمان تحت الأرض، بدلاً من انبعاثه في الغلاف الجوي. يتم التقاط ثاني أكسيد الكربون الناتج من المصانع، ومن ثم تخزينه وإعادة حقنه لتحسين عملية استخلاص النفط من حقول النفط البريّة، وتخزين ثاني أكسيد الكربون بأمان. يحقق ذلك من خلال التقاط المزيد من ثاني أكسيد الكربون من مصانع معالجة الغاز والمصادر الأخرى لانبعاثات الكربون.

حيث يُسهم تسريع وتيرة التوسّع في استخدام تقنية التقاط الكربون وتخزينه واستخدامه المنخفضة التكلفة دوراً رئيسياً رئيساً في جهود إزالة الكربون، من خلال تقييم التقنيات ذات الجدوى والكفاءة في توفير الطاقة، وكذلك المجالات المحتملة لاستخدام ثاني أكسيد الكربون في إنتاج منتجات ذات قيمة مضافة.

لا يمكن تحقيق انخفاض كبير في الانبعاثات المباشرة إلا من خلال انخفاض الطلب (زيادة كفاءة المنتج) وتسريع التقاط الكربون وتخزينه. حيث يقود الاتحاد الأوروبي الطريق في إزالة الكربون من صناعة الأسمنت، مع اتخاذ أكبر خطوات لتقليل الانبعاثات بحلول عام 2030، الهدف من ذلك لتسريع الحد من الانبعاثات والتحديات التي تواجه الصناعة بالنظر الى تقنية إزالة الكربون. يُعد إنتاج الأسمنت مسؤولاً عن حوالي 7٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة في العالم، وفقًا لجمعية الأسمنت والخرسانة العالمية. تعد الصين والهند أكبر منتجين بحوالي 55٪ و8٪ من الإنتاج العالمي، على التوالي، وفقًا لوكالة الطاقة الدولية (IEA). تمثل الأسمنت والكيماويات والصلب ما يقرب من 60٪ من إجمالي استهلاك الطاقة الصناعية وحوالي 70٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المباشرة من القطاع الصناعي. تعتبر الخرسانة ثاني أكثر المواد استهلاكًا على الأرض بعد الماء، حيث يتم استخدام نصف طن من الأسمنت سنويًا لكل شخص على هذا الكوكب (وكالة الطاقة الدولية، منظورات تكنولوجيا الطاقة 2020). بالإضافة أن معدلات كثافة الكربون لمصنعي الأسمنت أكبر بحوالي 6 مرات من المتوسط لقطاع المواد وأعلى بكثير من معظم قطاعات الأعمال الأخرى. ينتج عن إنتاج طن من الأسمنت الرمادي اليوم حوالي 0.6 طن متري من ثاني أكسيد الكربون في المتوسط ولكن يمكن أن يختلف بشكل كبير من 0.5 إلى 0.8 طن متري (EIA). ينتج ثلثا الانبعاثات في العملية الكيميائية، أو التكليس، من الكربون المنطلق من المواد الخام المستخدمة، وخاصة الحجر الجيري، ويصعب إزالة الكربون منه. والآخر ينبع من الطاقة المستهلكة كحرارة عملية. يمثل الوقود الأحفوري، ومعظمه من الفحم بالإضافة إلى بعض فحم الكوك، 90 ٪ من احتياجات الطاقة الحرارية في إنتاج الأسمنت. ينبعث الأسمنت الأبيض، وهو أعلى جودة ولكنه أكثر كثافة في استخدام الطاقة، أكثر من الأسمنت الرمادي، وهو أكثر شيوعًا وأرخص في الإنتاج، بمتوسط صناعي يبلغ 0.9 طن متري من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الأسمنت، مما يعكس ارتفاع معدلات الكلنكر والاستخدام الأقل الوقود البديل للحفاظ على جودته (وكالة الطاقة الدولية).

مميزات التقنية / الهدف من التقنية:

- للوصول إلى هذا الهدف عن طريق تقليل محتوى الكلنكر في الأسمنت إلى أقل من 68٪، من 73٪ حاليًا، وزيادة استخدامه للوقود البديل إلى 45٪ من 26٪. بالإضافة إلى التقاط 10 ملايين طن تراكمي من ثاني أكسيد الكربون باستخدام تقنيات التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

- تطوير تقنيات حديثة للطاقة المتجددة وتغيير السلوك الاستهلاكي.
- تعزيز جهود الحد من انبعاثات الكربون في العالم.
- يساعد في مواجهة تغير المناخ وتعزيز ممارسات التنمية المستدامة

تحديات لتطبيق هذه التقنية:

تعد تحديات إزالة الكربون مهمة للقطاع، نظرًا للمرحلة المبكرة التي لا تزال مبكرة والتكاليف المرتفعة للحلول التكنولوجية وربما اللوائح الأكثر صرامة التي تأتي خاصة في أوروبا. بصرف النظر عن سعة تمرير التكلفة، يمكن أن تستفيد الشركات الأكثر كفاءة واستباقية أيضًا من تبني وتطوير تقنيات جديدة بشكل أسرع. يمكن أن يأتي هذا من الاستثمارات العالية مقدما. قد يؤدي إدخال منتجات جديدة تدريجيًا إلى مزيج الأعمال، مثل حلول البناء المعاد تدويرها أو منخفضة الكربون، إلى تخفيف المخاطر بشكل أكبر.

يتم تطبيقه في بعض الدول مثل:

الاتحاد الأوروبي

المملكة المتحدة - بريطانيا

دولة الإمارات العربية المتحدة

المراجع

1. القوانين:

- القانون الاتحادي رقم 24 لسنة 1999م في شأن حماية البيئة وتنميتها.

2. قرارات مجلس الوزراء:

- قرار مجلس الوزراء رقم 37 لسنة 2001م في شأن الأنظمة للائحة التنفيذية للقانون الاتحادي رقم 24 لسنة 1999م في شأن حماية البيئة وتنميتها.

- قرار مجلس الوزراء رقم 12 لسنة 2006م في شأن نظام حماية الهواء من التلوث.

- قرار مجلس الوزراء رقم 20 لسنة 2008م في شأن تنظيم أنشطة الكسارات والمحاجر ونقل منتجاتها.

- قرار مجلس الوزراء رقم (24) لسنة 2011م في شأن تنظيم أنشطة المنشآت العاملة في مجال صناعة الإسمنت.

3. القرارات الوزارية:

- القرار الوزاري رقم 492 لسنة 2008م في شان الخطوط الارشادية المنظمة والخاصة بتخطيط وتشغيل وتنفيذ أعمال المنشآت العاملة في مجال الكسارات والمقالع.

- القرار الوزاري رقم 110 لسنة 2010م في شأن تحديث الخطوط الارشادية المنظمة والخاصة بتخطيط وتشغيل وتنفيذ أعمال المنشآت العاملة في مجال الكسارات والمقالع.

- القرار وزاري رقم (137) لسنة 2012م في شأن الخطوط الإرشادية لتنظيم أنشطة المنشآت العاملة في مجال صناعة الإسمنت.

- القرار الوزاري رقم 567 لسنة 2014م في شان اللائحة التنظيمية الخاصة بتخطيط وتشغيل وتنفيذ أعمال المنشآت العاملة في مجال الكسارات والمقالع.

- القرار وزراي رقم 359 لعام 2015 في شان الاشتراطات الفنية لأجهزة رصد جودة الهواء المحيط واختيار موقع تركيبها.

4. مراجع بحثية:

- الإسمنت المُستدام في صناعة الإسمنت. مجلة حُماة الأرض. (2022, August 30). Retrieved October 3, 2022, from https://earthsguards.com/%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%B3%D9%85%D9%86%D8%AA

- https://www.nature.com/articles/d41586-022-00758-4

- Baghouses. (n.d.). Retrieved October 12, 2022, from https://www.iqsdirectory.com/articles/dust-collector/baghouse.html

- Direct Air Capture – Analysis. (n.d.). IEA. https://www.iea.org/reports/direct-air-capture

- Acheampong, A. O., Adams, S., & Boateng, E. (2019). Do globalization and renewable energy contribute to carbon emissions mitigation in Sub-Saharan Africa?. Science of the Total Environment, 677, 436-446.https://research.bond.edu.au/files/175457645/AM_Do_globalization_and_renewable_energy_contribute_to_carbon.pdf

- Adams, S., & Acheampong, A. O. (2019). Reducing carbon emissions: the role of renewable energy and democracy. Journal of Cleaner Production, 240, 118245.https://pure.bond.edu.au/ws/files/175469804/AM_Reducing_carbon_emissions.pdf

- Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre Lorente, D., & Shahzad, U. (2021). The mitigating effects of economic complexity and renewable energy on carbon emissions in developed countries. Sustainable Development, 29(1), 1-12. https://www.researchgate.net/profile/Buhari-Dogan/publication/344190610_The_mitigating_effects_of_economic_complexity_and_renewable_energy_on_carbon_emissions_in_developed_countries/links/5f5a139f92851c078958b52d/The-mitigating-effects-of-economic-complexity-and-renewable-energy-on-carbon-emissions-in-developed-countries.pdf

- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In Advances in carbon capture (pp. 3-28). Woodhead Publishing.https://www.researchgate.net/profile/Kelvin-Yoro/publication/343508726_CO2_emission_sources_greenhouse_gases_and_the_global_warming_effect/links/5f44aa2692851cd30227cffd/CO2-emission-sources-greenhouse-gases-and-the-global-warming-effect.pdf

© MOCCAE الإمارات العربية المتحدة 2023

لمزيد من المعلومات أو الملاحظات:

وزارة التغيــر المنــاخي والبيئـــة
صندوق بريد 1509 ، دبي ، الإمارات العربية المتحدة
البريد الإلكتروني: info@moccae.gov.ae