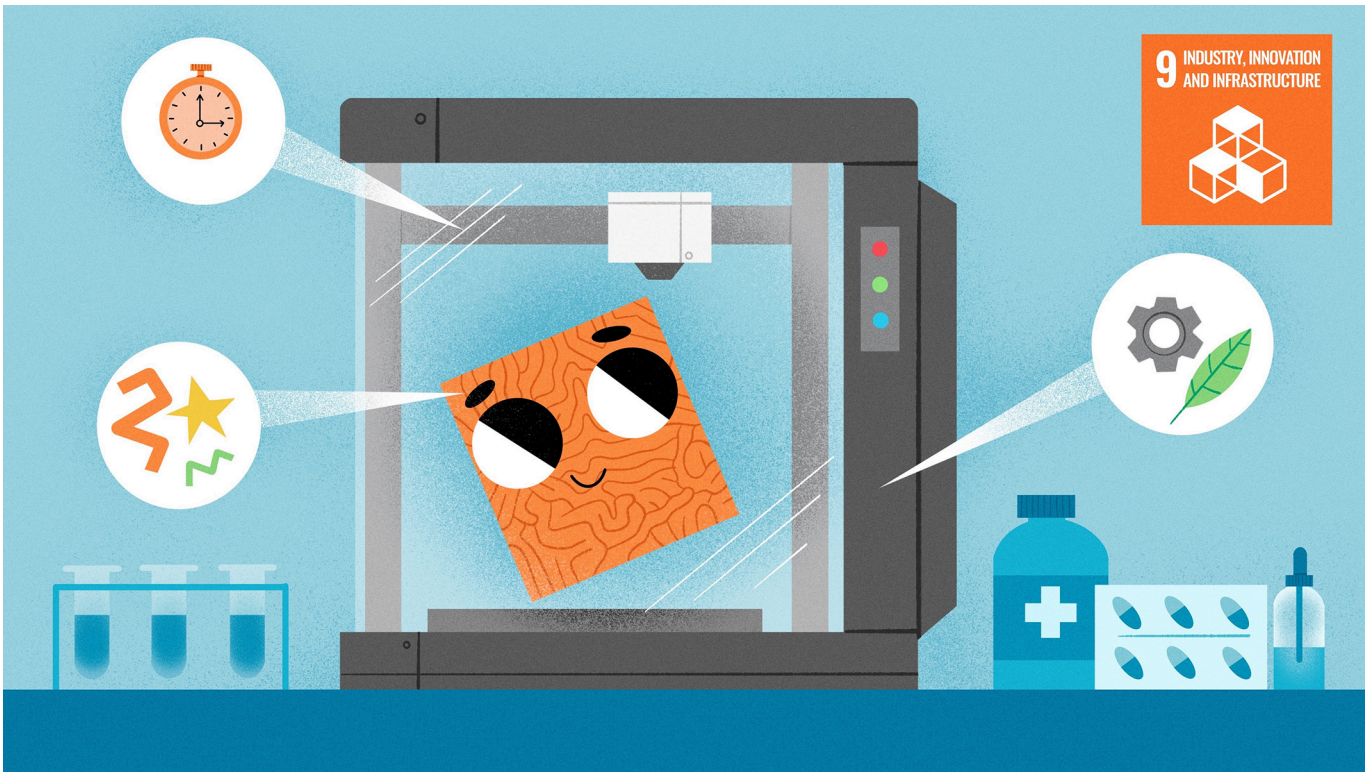
الهندسة والتكنولوجيا
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2025
doi: 10.3389/frym.2025.1487575-ar



معًا لتحقيق الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة: استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لزيادة استدامة الصناعات الكيميائية

***Marwan Khayyat*[1,2], *Egor Milovanov*[1,2], *Vinicius dos Santos*[1,2] و *Carlos A. Grande*[1,2*]**

[1]مختبر تكثيف المواد والعمليات، جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست)، ثول، المملكة العربية السعودية

[2]برنامج الهندسة الكيميائية، قسم العلوم و الهندسة الفيزيائية، (PSE) جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (كاوست)، ثول، المملكة العربية السعودية

يسعى الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة (الصناعة والابتكار والبنى التحتية) إلى ضمان صنعنا للأشياء بطريقة مستدامة. نحتاج إلى عدة أنواع من المعدات والمواد الكيميائية لصنع كل المنتجات التي نستخدمها يوميًا. وهذه ليست مهمة سهلة، فهناك ملايين الأشخاص في العالم أجمع يعملون في "مطابخ" عملاقة اسمها الصناعات الكيميائية، حيث يعدون ويخلطون المواد لصنع كل شيء بلاستيكي في ألعابك وأقمشة ملابسك والأدوية التي تعالج المرضى. ولتحقيق الاستدامة، يجب أن تقلل كل الصناعات من كميات الطاقة والمواد المستخدمة والنفايات الناتجة. ويتطلب هذا التحدي طرقًا وآلات جديدة لصنع المنتجات. النقطة الإيجابية هنا أننا نملك بالفعل بعض البدائل الجديدة عالية التقنية. في هذه المقالة، سنخبرك كيف يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد المساعدة في زيادة كفاءة

المراجعون الصغار

ANNAMARIA
العمر: 14

DEAN
العمر: 14

ISABELA
العمر: 14

MERYEM
العمر: 14

الصناعات وسلامتها وجعلها أفضل للبيئة. شاهد مقابلة مع مؤلفي هذا المقال لمعرفة المزيد. (الفيديو 1).

المصانع والبيئة

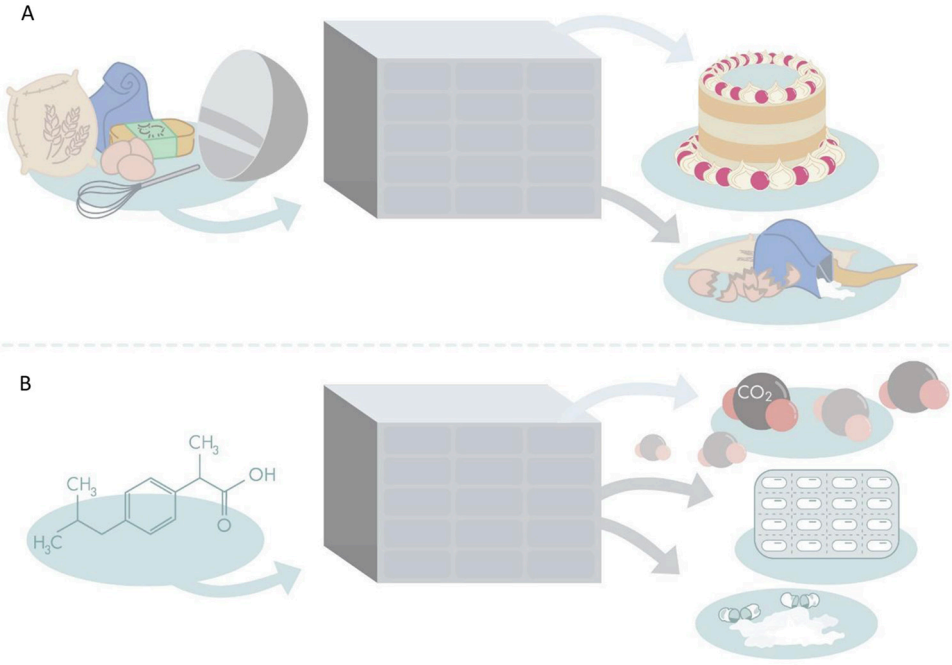
تنتج المصانع أغلب المنتجات التي نستخدمها يوميًا مثل الملابس والألعاب والأدوية، بل والغذاء. ويستخدم العلماء كلمة الصناعات للإشارة إلى المصانع ونميز بين الصناعات حسب منتجاتها. على سبيل المثال، تنتج الصناعات الكيميائية العديد من المواد لصنع كل شيء حولنا تقريبًا. وصناعة الأدوية هي مثال على صناعة كيميائية تنتج الأدوية. تعمل بعض الصناعات الكيميائية إلى حد كبير مثل مطبخك. ففي المطبخ، يمكنك استخدام مكونات مختلفة ووصفات متنوعة والعديد من المعدات لتحضير أكلات معينة، مثل الكيك (الشكل 1A). وعندما يحتاج الطعام إلى وقت طهي طويل أو درجة حرارة طهي مرتفعة، يستهلك المزيد من الكهرباء أو الغاز أو الخشب. وفي تلك الحالات، ينطلق الكثير من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي لكوكب الأرض، ما يتسبب في الاحتباس الحراري العالمي الذي سمعت عنه الكثير على الأرجح.

الأدوية (PHARMACEUTICAL)

أي عقار يتم استخدامه لأغراض طبية.

الصناعات (INDUSTRIES)

"مصانع" يتم فيها إنتاج المنتجات أو الخدمات.



شكل 1

كيف تنتج المصانع الأشياء؟ **(A)** تشبه عملية تحضير الكيك **(B)** العملية الصناعية المستخدمة لصنع الأدوية. تبدأ كلتا العمليتين بمواد أولية (مكونات ومركبات كيميائية). تمثل المربعات الرمادية كل التحولات التي تمر بها المكونات والمواد الكيميائية قبل أن تصبح منتجات نهائية مثل الكيك أو حبوب الأدوية. وتستهلك كلتا العمليتين الطاقة وتولدان النفايات. في حالة الكيك، تكون النفايات عبارة عن قشور البيض وكيس دقيق فارغ، أما في حالة الحبوب، فالنفايات هي انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والحبوب الأقراص المكسورة أو التالفة التي لا يمكن استخدامها.

في بعض الصناعات الكيميائية، تستهلك الطرق المُستخدَمة أيضًا الكثير من الطاقة والمواد (الشكل 1B). ولأنه لا توجد عملية مثالية، لا يتم تحويل بعض العناصر إلى منتجات قيّمة وغالبًا ما تتولد النفايات. والمنتجات الناتجة عن هذه الطريقة لا تكون مستدامة جدًا، ما يعني أنها تساهم في الإضرار بكوكبنا. عندما تنتج الصناعات الأدوية واللقاحات، غالبًا ما تركز على حفظ الأرواح وقد لا تهتم كفايةً بكمية النفايات الناتجة أو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، بما أن مناخ الأرض يقترب من نقطة حرجة،

مستدامة (SUSTAINABLE)

المنتجات التي يتم صنعها باستخدام القليل من المواد وتكرار استخدام الأشياء وتحويل العناصر القديمة إلى أخرى جديدة، ما يساعد الكوكب عبر تقليل الاستهلاك.

علينا الحد من استهلاك المواد والانبعاثات عند صنع *كل* المنتجات، بما في ذلك السلع الأساسية.

البنية التحتية (INFRASTRUCTURE)
الأنظمة والخدمات الأساسية اللازمة لأي مؤسسة حتى تعمل جيدًا.

يعدّ هدف التنمية المستدامة رقم 9 (الصناعة والابتكار والبنى التحتية، أو SDG 9 اختصارًا) من أهداف التنمية المستدامة الـ 17 التي وضعتها الأمم المتحدة للحفاظ على صحة كوكبنا [1]. ويسعى هدف التنمية المستدامة رقم 9 إلى ضمان اعتماد الصناعات لممارسات مستدامة واستثمار البلدان في تحسين البنى التحتية مثل الطرق والجسور وتوفّر الخدمات الأساسية مثل الماء النظيف والإنترنت السريع لتعزيز المجتمعات. ولتحقيق كل هذا، نحتاج إلى العديد من التطورات العلمية والتقنية الجديدة. بالإضافة إلى ذلك، نظرًا لأن تغير المناخ هو مشكلة عالمية، من المهم أن تستغل كل البلدان التكنولوجيات الجديدة الأكثر فعالية. وبالتركيز على تحسين البنى التحتية ودعم الإبداع، يمكننا توفير المزيد من الوظائف ودعم الشركات وضمان جودة حياة أفضل للجميع. والتطورات في هذا المجال مهمة أيضًا لأهداف التنمية المستدامة الأخرى. على سبيل المثال، فإن توفير الأدوية بأسعار معقولة يمكن أن يدعم هدف التنمية المستدامة رقم 3 والذي يركز على ضمان حياة صحية لكل البشر. بالإضافة إلى ذلك، فإن تحسين طرق إنتاج الأدوية يدعم الهدف 12 من أهداف التنمية المستدامة والذي يسعى إلى ضمان الاستهلاك والإنتاج المستدامين.

لدعم الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة، فالإجراءات التي على الصناعات القيام بها لا تختلف كثيرًا عن المساهمات التي نطبقها في المنزل، وهي الحد من الاستهلاك وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير. يجب أن تحد الصناعات من استهلاك الطاقة والمواد اللازمة لصناعة منتجاتها. وبعد استخدام المنتجات، من المفترض أن نتمكن من إعادة تدويرها. نتكبد تكلفة مالية عند محاولة ابتكار طرق جديدة للحد من الاستهلاك وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير، ولكن إن لم نقم بذلك، فسندفع ثمنًا أعلى للتعامل مع عواقب التغير المناخي وتضرر البيئة.

علم الصناعة

بفضل العلوم، تطورت التكنولوجيا بسرعة كبيرة جدًا في السنوات القليلة الماضية، فالأشياء الشائعة في حياتنا مثل الهواتف المحمولة والإنترنت لم تكن متاحة في وقت طفولة أجدادنا وآبائنا. ولكن الآلات المستخدمة في الصناعة باهظة الثمن، ومن المفترض أن تدوم لسنوات عديدة. إذا تم تصميم آلة ليست فعالة بدرجة كبيرة لتعمل عدة سنوات، فسيمضي وقت طويل إلى أن تستبدلها المعدات الأكثر فعالية. على سبيل المثال، تعمل بعض الآلات المُستخدَمة لإنتاج الأسمدة عادةً بين 40 و50 عامًا. وتحدّث الصناعات آلاتها وعمليات التصنيع الخاصة بها بسرعات مختلفة، ولكن تحتاج كلها إلى التحول إلى استخدام آلات وعمليات أكثر استدامة في السنوات القادمة.

لننظر مثلاً إلى صناعة يعمل بها الملايين، وهي صناعة الأدوية. بفضل منتجات هذه الصناعة، تحسنت صحة مجتمعنا كثيرًا ويمكن للناس الآن العيش لسنوات أطول. تقوم صناعة الأدوية بصنع العقاقير التي نأخذها عندما نصاب بالمرض. كما رأيت في

المفاعلات (REACTORS)
آلات خاصة تصنع أشياءً جديدة من خلال خلط أشياء معًا، ويحدث هذا في الكثير من الأحيان عبر رفع درجة حرارتها للغاية.

التنقية (PURIFICATION)
العملية المستخدمة لاختيار العناصر المرغوبة فقط في خليط.

الشكل 1، يتم إنتاج الأدوية بطريقة مشابهة لطهي الطعام. وكما نستخدم المقالي في الطهي، تستخدم المصانع أوعية، تسمى المفاعلات.

بدلاً من الطعام، يتم تحويل المواد الكيميائية المختلفة إلى أدوية. وتستغرق عملية التحويل هذه وقتًا وتنتج عادةً خليطًا من المركبات، وبعضها يكون غير مطلوب. تستهلك عمليتا الإنتاج والتنقية الكثير من المواد والأموال. تولّد عملية إنتاج الأدوية أيضًا الكثير من النفايات، فمع كل كجم من الأدوية المباعة في المتوسط، تنتج نفايات يزيد وزنها عن 25 كجم من المواد [2]. ويمكن أن تمرّ الأدوية المخصصة لأمراض محددة بالكثير من مراحل الإنتاج، مما يولّد عمومًا الكثير من النفايات، ولهذا السبب تكون أغلى ثمنًا أيضًا. فهل يمكن أن تتوفر طريقة أفضل لإنتاج الأدوية التي يحتاجها الجميع؟

تحسين طرق الصناعة

إذا أردنا صنع وتوفير أدوية لعدد أكبر من الناس حول العالم، نحتاج إلى عملية تصنيع أرخص وأكثر استدامة. ومع ذلك، لا يمكننا مقايضة التكلفة بالجودة، بل علينا التأكد من خفض تكلفة الأدوية مع ثبات جودتها وسلامتها وتأثيرها. نظرًا لأن معايير الجودة الخاصة بصناعة الأدوية مرتفعة للغاية، يحدث الإنتاج عادةً على مراحل، حيث يتم تحويل المواد الكيميائية في مفاعلات مختلفة (الشكل 2A). وهذا يمنع خسارة المصنع لكل مواده الكيميائية إذا لم تنجح العملية. يسهل هذا أيضًا إزالة دفعات الأدوية السيئة من السوق إذا تعرض شخص لتفاعل سلبي. ولهذا السبب تحمل كل علب الأدوية رقم دفعة. ولكن تتجنب عملية جديدة اسمها التصنيع المستمر استخدام الدفعات من خلال تطبيق طرق أخرى للتحكم في التفاعلات وجودة إنتاج الأدوية (الشكل 2B) [4]، كما تتم صناعة الأدوية بسرعة أكبر. ولكن كيف يمكننا إنشاء مفاعلات التصنيع المستمر؟

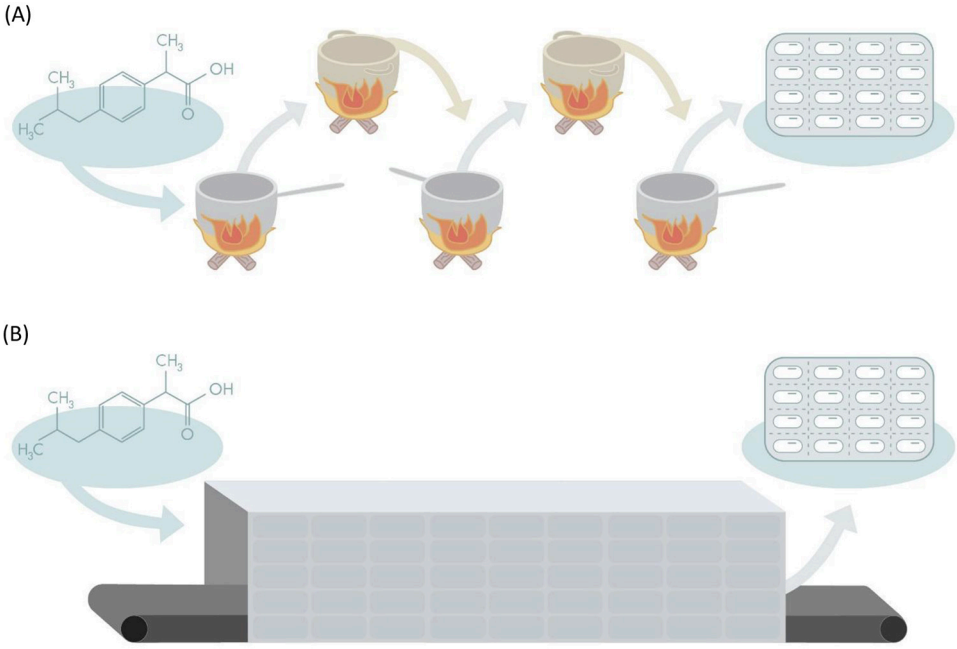
التصنيع المستمر (CONTINUOUS MANUFACTURING)
مواصلة إنتاج الأشياء نفسها مرارًا وتكرارًا بدون توقف.

الطباعة ثلاثية الأبعاد: طريقة جديدة لصنع أشياء جديدة

تمامًا كما يحدث عند الرغبة في الحصول على النكهات المطلوبة أثناء الطهي، فهناك بعض التفاعلات الكيميائية التي لا يسهل تنفيذها والتحكم فيها. على سبيل المثال، عندما تطهو شيئًا وتكون درجة الحرارة مرتفعة جدًا، قد يحترق الطعام أو يصبح مذاقه سيئًا. ويحدث هذا بسبب وقوع تفاعلات كيميائية غير مرغوب فيها. عند إنتاج الأوية، إذا لم يتم التحكم جيدًا في درجة الحرارة، يمكن أن يتكوّن مركب سام مع الدواء. وهذا مثال واحد فقط، ولكن هناك العديد من المشاكل المختلفة، وكل مشكلة منها تحتاج إلى معالجتها أثناء الإنتاج. وفي حين تتعدد الحلول المحتملة، يعتمد أغلبها على استخدام المزيد من الموارد أو إطالة عملية الإنتاج. وقد تزيد تكلفة المنتجات بسبب هذه الطرق.

المفاعل الكسوري (FRACTAL REACTOR)
جهاز يحتوي على العديد من المنعطفات، ما يجعل الأشياء تصطدم ببعضها كثيرًا، فينتج شيء جديد.

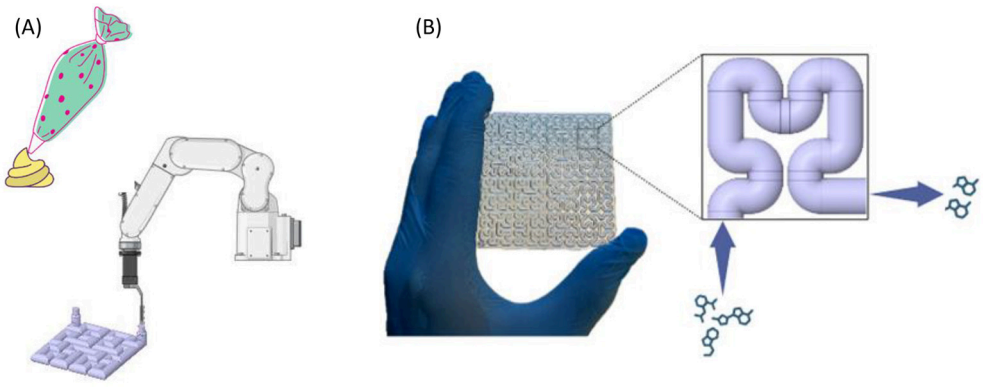
يعرض الشكل 3 أحد المفاعلات التي أنتجناها والتي تُسمّى المفاعل الكسوري [3]. وكلمة الكسوري تشير إلى التعريف الرياضي لشكل يتكرر فيه نمط معين عدة مرات، مثل فروع الشجرة.



شكل 2

شكل 2

الطرق المختلفة المستخدمة لإنتاج الأدوية: **(A)** عند استخدام المفاعلات العادية في التصنيع بدفعات، يستغرق إنتاج بعض الأدوية وقتًا طويلاً، ويحتاج المنتج النهائي إلى الكثير من التنقية. يمكن أيضًا أن تسبب المعدات الكبيرة صعوبة في الخلط جيدًا وثباتًا في درجة الحرارة. **(B)** وبسبب هذه التحديات، طوّر العلماء التصنيع المستمر. في هذه العملية، يحدث خلط المواد الكيميائية في المفاعلات بسرعة أكبر، ويكون التحكم في العملية بأكملها أفضل، مما يجعلها سريعة ومحكمة بشكل أكبر. وهناك حاجة أيضًا إلى خطوات تنقية أقل.



شكل 3

شكل 3

(A) تشبه الطباعة ثلاثية الأبعاد تزيين كيك باستخدام كيس حلواني. عند الضغط على كيس حلواني مليء بكريمة تزيين وتحريك طرف الكيس، يمكنك إنتاج أشكال مختلفة. وفي الطباعة ثلاثية الأبعاد، يتم ملء الطابعة بمادة تكون سائلة عندما تغادر الفوهة، ولكن تصبح صلبة عند لمس سطح أكثر برودة. **(B)** مفاعل كسوري تمت طباعته بتقنية ثلاثية الأبعاد باستخدام بلاستيك شفاف. تعرض المنطقة المكبّرة الأنابيب المجوفة الدقيقة في المفاعل التي يتم فيها خلط المواد الكيميائية. ومن خلال العديد من المنعطفات، يتم تحويل الجزيئات، ما يُنتج المادة الكيميائية المستهدفة. (تم تصميم الصورة بواسطة BioRender).

الجزيء (MOLECULE)

أصغر وحدة لأي مادة (يمثل H_2O جزيئًا واحدًا للماء).

ويمكن أن تساعد المفاعلات الكسورية في صناعة أدوية معينة بطريقة أسرع وأكثر استدامة. وأفضل ميزة هنا أنه يمكننا تعديل شكل المفاعل بسهولة كبيرة، فهدفنا الرئيسي تحسين شكل المفاعل لتصنيع أي منتج مع الحد من كميات الموارد والطاقة اللازمة.

تُعدّ الطباعة ثلاثية الأبعاد أحد الخيارات الممكنة لإنتاج المفاعلات الكسورية للتصنيع المستمر الذي يشتمل على تفاعلات صعبة. ومن ميزات الطباعة ثلاثية الأبعاد إمكانية إنتاج أشكال معقدة للغاية لم يكن من الممكن إنشاؤها في السابق. وتعمل مجموعتنا البحثية على تصميم وتصنيع مفاعلات جديدة لمحاولة التحكم في التفاعلات المعقدة. على سبيل المثال، يمكننا التعامل مع الأحماض الخطيرة بطرق أكثر أمانًا وفي وحدات أكثر إحكامًا من أي وقت مضى [4]. ونحن نتبع في الأساس ما تقوم به عند اختيار

الطباعة ثلاثية الأبعاد (3D PRINTING)

صنع عناصر حقيقية متكدسة في طبقات من رسم على الكمبيوتر. تشبه العملية تكديس وحدات معًا لإنشاء بنية.

الملابس، فنحن نختار المقاس المناسب والتفاصيل الملائمة للملابس لكل نشاط نقوم به. فما من حاجة مثلاً إلى ارتداء بدلة وربطة عنق لركوب الأمواج.

صناعات المستقبل

تشكل الصناعات إحدى ركائز رفاهنا وهي في غاية الأهمية للمجتمعات البشرية. ويسعى الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة إلى ضمان بذل البلدان قصارى جهدها لجعل كل الصناعات أكثر استدامة. ويمكن أن تستفيد الصناعات من التكنولوجيات الجديدة مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد لصنع منتجات تستهلك عددًا أقل من الموارد، مع توليد القليل من النفايات وانبعاثات الكربون. وفي صناعة الأدوية، يمكن أن تساعدنا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنشاء مفاعلات لتصنيع الأدوية المهمة بسرعة أكبر، مع الحفاظ على جودتها. ويمكنك أيضًا المساهمة في الأمر من خلال اختيار شراء الأشياء المصنوعة باستخدام طرق إنتاج مستدامة. يمكنك أيضًا استغلال مخيلتك للتوصل إلى طرق جديدة لصناعة أشياء أفضل للكوكب وسكّانه من البشر.

شكر وتقدير

نودّ أن نتوجه بالشكر لكلٍ من روبن كوستا ونيكي تالبوت في جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية على دعمهما الثمين لنا خلال مرحلة الكتابة الأولية وعملية المراجعة، فلولاهما ما اكتملت هذه المجموعة. كما نود أن نعرب عن امتناننا لمكتب الاستدامة والمكتب القُطري لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في المملكة العربية السعودية لتفانيهم في رفع مستوى الوعي بأهمية أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة في رحلتنا نحو عالم أكثر استدامة. تم إجراء البحث الوارد في هذه المقالة بدعم من جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية (كاوست). ويشكر المؤلفون آنا بيجيو على رسم الشكلين 1 و2.

المراجع

1. United Nation 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda
2. Sheldon, R. A. 2017. The E factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability. *Green Chem*. 19:1843. doi: 10.1039/C6GC02157C
3. Grande, C. A. 2021. Compact reactor architectures designed with fractals. *React. Chem. Eng*. 6:144853. doi: 10.1039/D1RE00107H
4. Grande, C. A., and Didriksen, T. 2021. Production of customized reactors by 3D printing for corrosive and exothermic reactions. *Indus. Eng. Chem. Res*. 60:167207. doi: 10.1021/acs.iecr.1c02791

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 أبريل 2025

المحرر: Derya Baran

مرشدو العلوم: Nicki Talbot

الاقتباس: Khayyat M, Milovanov E, dos Santos V و Grande CA (2025) معًا لتحقيق الهدف 9 من أهداف التنمية المستدامة: استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد لزيادة استدامة الصناعات الكيميائية. Front. Young Minds.
doi: 10.3389/frym.2025.1487575-ar

مُترجَم ومقتبس من: Khayyat M, Milovanov E, Santos Vd and Grande CA (2025) Towards SDG 9: Using 3D Printing to Make Chemical Industries More Sustainable. Front. Young Minds 13:1487575.
doi: 10.3389/frym.2025.1487575

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

حقوق الطبع والنشر © 2025 © 2025 و Khayyat, Milovanov, dos Santos Grande. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

ANNAMARIA، العمر: 14
مرحبًا، اسمي Annamaria وأدرس حاليًا في مدرسة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). أحب السباحة والشاطئ والقراءة، ولديّ قط برتقالي اسمه "تايجر".

DEAN، العمر: 14
مرحبًا، اسمي Dean، وأدرس في الصف التاسع بمدرسة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). أستمتع بقراءة الكتب ومشاهدة التلفزيون والمذاكرة واللعب مع قطتي. وأتمتع بالإبداع، كما أمارس التعلم البصري.

ISABELA، العمر: 14
مرحبًا، اسمي Isabela، وأنا حاليًا طالبة في الصف التاسع بمدرسة جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (TKS). وأمارس التعلم البصري وأستمتع بالأنشطة العملية مثل تسلق الصخور والرسم والجمباز.

MERYEM، العمر: 14
أهتم كثيرًا بالعلوم والرياضيات وحل المسائل. وأستمتع باستكشاف حلول لتحديات العالم

الواقعي وتوسيع معرفتي حول آلية عمل الأشياء، كما أنني أشارك في برنامج دوق إدنبرة. في وقت فراغي، أتابع هوايات إبداعية، مثل العزف على الكمان والقراءة.

المؤلفون

MARWAN KHAYYAT

حصل Marwan Khayyat على درجة الماجستير في الهندسة الكيميائية في مجال امتزاز السوائل من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، وهو من مهندسي عمليات العطريات في قسم أنظمة التحكم والعمليات في أرامكو السعودية. وهو مهندس محترف في السعودية يتمتع بخبرة تتجاوز 10 سنوات، شملت محاكاة التكنولوجيا ذات الطبقة المتحركة لإنتاج الباراكسيلين.

EGOR MILOVANOV

طالب دكتوراه في برنامج الهندسة الكيميائية ضمن مجموعة البروفيسور Carlos A. Grande في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية ولديه خبرة في تطوير أجهزة السوائل والتجارب المعملية. وقد حصل على درجة الماجستير في الهندسة الكيميائية من جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية ويحمل درجة البكالوريوس في الفيزياء التطبيقية من جامعة نوفوسيبيرسك الحكومية. وتشمل مهاراته التصميم البارامتري بمساعدة الكمبيوتر ومحاكاة تفاعل السوائل والمواد الكيميائية في COMSOL، وتجارب التصور الكيميائي باستخدام التحليل الطيفي البصري. وقد قاد أيضًا مشاريع وفعاليات طلابية أثبتت مهاراته في العمل الجماعي والتواصل.

VINICIUS DOS SANTOS

مرشح لدرجة الدكتوراه في الهندسة الكيميائية في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست)، ويرجع أصله إلى البرازيل حيث حصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الكيميائية. وتركز اهتماماته البحثية على تطوير مفاعلات مكثفة للتغلب على قيود ظواهر النقل.

CARLOS A. GRANDE

أستاذ مشارك في جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست) منذ عام 2021، وعمل قبل ذلك في SINTEF (النرويج) لمدة 10 سنوات. حصل على درجة الدكتوراه في الهندسة الكيميائية من جامعة بورتو (البرتغال) ودبلوم الهندسة الكيميائية من جامعة ساوث (الأرجنتين). تركز جهوده البحثية على تطوير تكنولوجيات مستدامة للفصل والتفاعل في الصناعات الكيميائية والدوائية. ويستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد لأن هذه التقنية تتيح التلاعب بأشكال هندسية مختلفة يمكنها إحداث طفرة في صناعات المستقبل.
*carlos.grande@kaust.edu.sa

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology