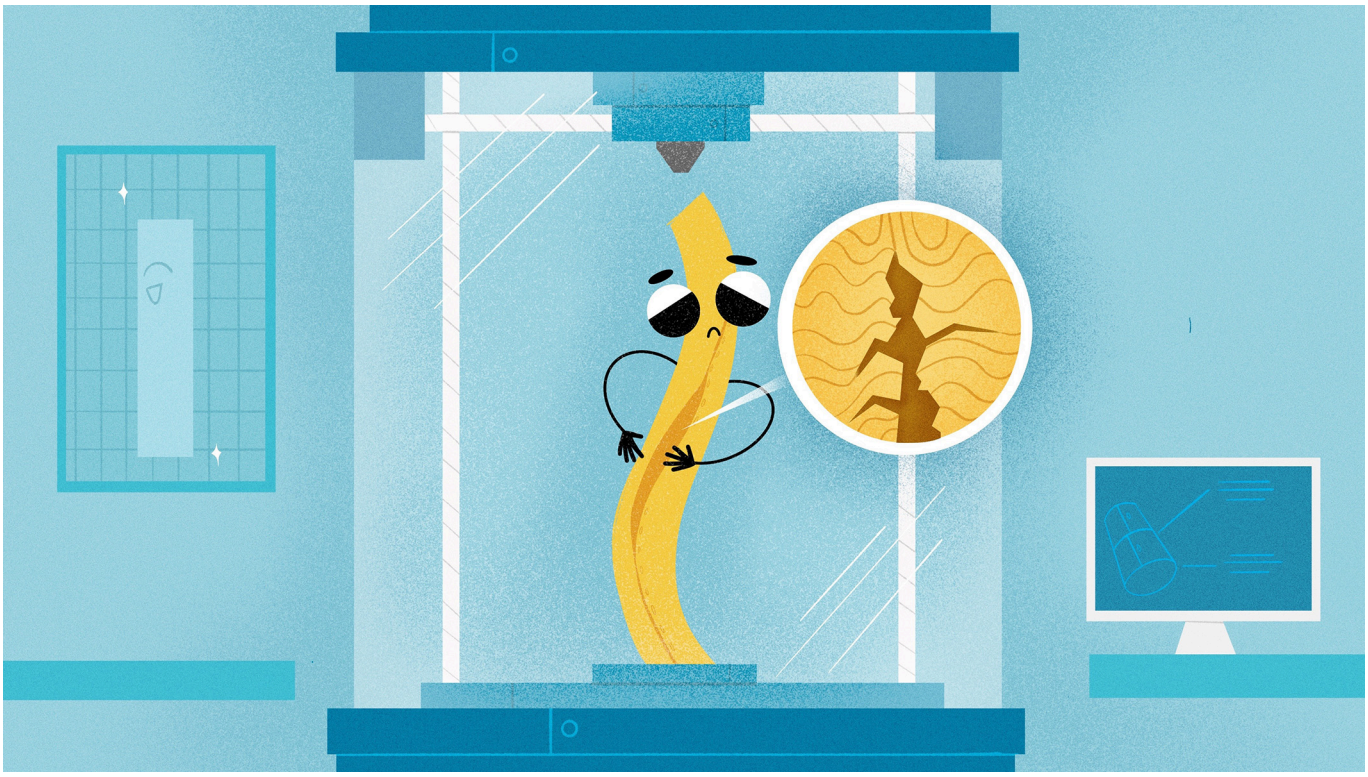
الهندسة والتكنولوجيا
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 يونيو 2025
doi: 10.3389/frym.2024.1401789-ar



مع الروبوتات المرنة: هل يمكن تحويل أحلامك إلى واقع مطبوع؟

John Garrett Williamson [1*]***, Caroline Schell*** [2]***, Michael Keller*** [2] ***و Joshua Schultz*** [1]

[1] أبحاث الروبوتات البيولوجية في مجموعة تولسا البحثية، قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تولسا، تولسا، أوكلاهوما، الولايات المتحدة الأمريكية

[2] مختبر المواد المركبة المتقدمة، قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تولسا، تولسا، أوكلاهوما، الولايات المتحدة الأمريكية

تستطيع طباعة أي شيء... ولكن، هل هذا ممكن فعلًا؟ الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية جديدة ومثيرة، تعد بإنتاج أي شيء يصممه الإنسان بسرعة فائقة. ويتطلع العلماء الذين يريدون صنع روبوتات مرنة- مثل بيماكس من فيلم Big Hero 6™- إلى استخدام الطابعات ثلاثية الأبعاد. ويستخدم فريقنا الطباعة ثلاثية الأبعاد لصنع قوالب لإنتاج روبوتات مرنة. وتشبه القولبة استخدام قالب الكعك في صنع الكعكات الصغيرة. ولكن هل يمكنك صنع أي شيء باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد أم أن ثمة حالات تفتقر فيها القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى الفعالية؟ مثلما يترك قالب الكب كيك تجاعيد، تترك القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد نتوءات في الروبوتات المرنة، تشبه رقائق بطاطس رولز. تمثل هذه النتوءات نقطة ضعف يمكن أن تتشكل فيها الشقوق، مما يتسبب في انفجار الروبوت مثل البالون. وللحول دون حدوث ذلك، قد نضطر أحيانًا إلى صنع روبوتاتنا باستخدام قوالب فائقة النعومة مصنوعة من المعدن.

المراجعون الصغار

ADRIEN
العمر: 14

ELIEL
العمر: 15

STEPHANIE
العمر: 13

ويتناول هذا المقال الحالات التي تكون فيها الطباعة ثلاثية الأبعاد مجدية في تصنيع الروبوتات المرنة، وكيفية استخدامها.

ما هو الروبوت المرن؟

هل سبق لك أن رأيت روبوتًا مرنًا؟ إنه نوع جديد من الروبوتات التي تتحرك عند نفخها، مثل البالون أو بايماكس من فيلم Big Hero 6™! وعلى عكس البالون، تتميز الروبوتات المرنة بتعدد استخداماتها، وبالتالي فهي تتوفر بأشكال وأحجام مختلفة. وعندما يهدف العلماء إلى تحقيق غاية معينة من الروبوت المرن، عليهم أن يصنعوا بعض النماذج الأولية للتأكد من نجاح فكرتهم. وتُعد النماذج الأولية طريقة سريعة وغير مكلفة لاختبار العديد من الأفكار. وتتيح الطابعات ثلاثية الأبعاد للعلماء صنع نماذج أولية بسرعة. وستتعرف في هذا المقال على القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وكيف يستخدمها العلماء الذين يُطلق عليهم علماء الروبوتات المرنة لصنع روبوتات مرنة. ويعمل نوع الطابعة الذي سنتحدث عنه عن طريق إذابة البلاستيك ودفعه عبر فوهة صغيرة، مثل مسدس الغراء الساخن الذي يذيب أعواد الغراء. وللاطلاع على أمثلة لأنواع أخرى من الطباعة ثلاثية الأبعاد، راجع هذا المقال أو [1]. وفي الطباعة ثلاثية الأبعاد، يوجه رمز حاسوبي الفوهة لتتحرك فوق سطح مستوٍ، فتضع خيوطًا طويلة من البلاستيك المُذاب لصنع شكل محدد.

ما هي الطباعة ثلاثية الأبعاد وكيف تُستخدم في صناعة الروبوتات المرنة؟

هل تعلم ما فائدة الطباعة ثلاثية الأبعاد؟ حسنًا، يمكن للطابعات ثلاثية الأبعاد تحويل الأفكار إلى أشياء واقعية بسرعة وبتكلفة معقولة. وقد كان صنع الأشياء قبل الطباعة ثلاثية الأبعاد ينطوي على أخذ كتلة من شيءٍ ما مثل البلاستيك أو المعدن وتقطيعها بآلة، كما يفعل نحات الحجارة أو النجار. وهذا ما يسمى بالتصنيع الطرحي، أو التصنيع الآلي، لأنه يزيل المواد من الكتلة الأصلية. والطباعة ثلاثية الأبعاد هي نوع من أنواع التصنيع الإضافي. وعند إنشاء تصميم للمرة الأولى، قد يستغرق التصنيع الطرحي أيامًا أو أسابيع ويكون مكلفًا للغاية. وإذا استخدم علماء الروبوتات المرنة الطابعات ثلاثية الأبعاد لصنع روبوتات مرنة، فيمكنهم تغيير تصميماتهم بسرعة. فقد يكتشفون أن جلد الروبوت الذي صنعوه للتو رقيق للغاية لدرجة أنه قد يتشقق. ولكن مع الطباعة ثلاثية الأبعاد، كل ما عليهم فعله هو تكثيف الجلد في التصميم على الكمبيوتر، وإرساله إلى الطابعة، والعمل على مهام أخرى ريثما تنتهي الطباعة. وتنتهي طباعة بعض التصميمات في غضون ساعات قليلة فحسب. ولكن ماذا يطبع علماء الروبوتات المرنة؟

يطبع بعض علماء الروبوتات المرنة روبوتاتهم المرنة مباشرةً. يشبه هذا الطريقة التي استخدمها الباحثون في هذا المقال لطباعة هياكلهم بطريقة مباشرة. فلديهم طابعات خاصة يمكنها طباعة مواد مرنة للغاية. غير أن بعض الأشكال التي يصنعها فريق علماء الروبوتات المرنة لدينا لا تعمل على هذه الطابعات، لذا فإن فريقنا ومعظم علماء

الروبوت المرن (SOFT ROBOT)

هو روبوت يشبه في مرونته الأخطبوط على عكس الروبوتات التقليدية المصنوعة من أجزاء صلبة تشبه الخنفساء.

النموذج الأولي (PROTOTYPE)

هو تصميم أولي أو بضعة تصاميم تساعد المهندسين على اختبار أفكارهم دون إنفاق الوقت والمال لبناء المنتج النهائي. من الأمثلة الجيدة على ذلك صنع مبنى من الورق المقوى لرؤية شكله قبل بناء المبنى الفعلي.

القالب (MOLD)

القالب هو أي جسم فارغ يمكنك ملؤه لإنشاء جسم بالشكل المطلوب. ومن الأمثلة على ذلك قوالب الصلصال والقوالب المستخدمة لصنع أرانب الشوكولاتة والدلاء لصنع القلاع الرملية.

عالِم الروبوتات المرنة (SOFT ROBOTICIST)

هو شخص يعمل على تطوير الروبوتات المرنة ودراستها.

التصنيع الطرحي (SUBTRACTIVE MANUFACTURING)

هو عملية إنشاء جزء عن طريق قطع المواد الخام.

التصنيع الآلي (MACHINE)

هو مرادف للتصنيع الطرحي؛ فتصنيع شيء بالآلة يعني تقطيع مادة لتشكيلها بالشكل المطلوب.

التصنيع الإضافي (ADDITIVE MANUFACTURING)

هو عملية إنشاء جزء عن طريق بنائه من المواد الخام.

الروبوتات المرنة الآخرين لا يطبعون روبوتاتنا المرنة مباشرةً. وبدلاً منها نطبع القوالب [2, 3]. فالقالب هو أداة نستخدمها لصب أو ضغط المواد بداخلها لصنع الجسم الذي نريده. ربما استخدمت قالبًا لصنع شكل من الصلصال، أو رأيت شخصًا يشكِّل الشوكولاتة على شكل أرنب، أو وضعت الرمل في دلو لتشكيله على شكل قلعة. ولما كنا نطبع القوالب المستخدمة في صناعة الروبوتات لدينا بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، فيمكننا أن نشكِّلها بأي شكل نرغب فيه. فتمامًا كما نصب خليط الكعك في قالب الخبز، نصب المطاط السائل في قالب ثم نتركه يتجمد. وبدلًا من خبز المطاط، تسمى العملية بالتصليب.

التصليب (CURING)

يُطلق على العملية التي توضع فيها مادتين سائلتين معًا وتتصلبان ببطء. هذه العملية ليست عملية تجفيف (خروج الماء من السائل). بل ثمة تغير كيميائي يحدث عند وضع السائلين معًا مما يجعلهما يتحولان إلى مادة صلبة. ربما رأيت ذلك مع أنواع الغراء ثنائية المكونات مثل غراء الغوريلا.

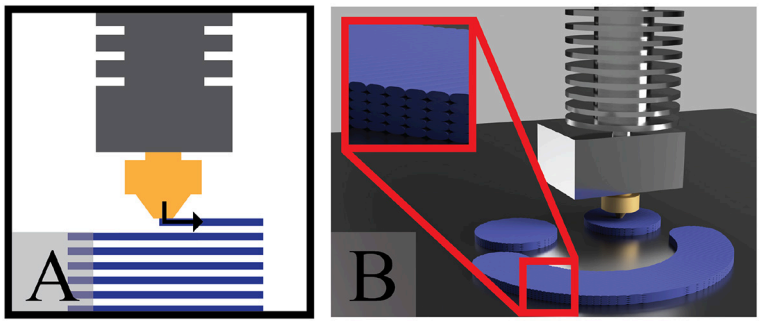
بمجرد تصلب المطاط السائل، نفتح القالب ونخرج الروبوت. والمطاط الأكثر شيوعًا المستخدم في صناعة الروبوتات المرنة هو مطاط السيليكون، وهو مطاط رخيص الثمن يمكن أن يتمدد إلى 10 أضعاف حجمه الأصلي! ويُستخدم مطاط السيليكون في منتجات مثل ملاعق الطهي وحتى لهايات الأطفال.

متى تصبح الطباعة ثلاثية الأبعاد غير مجدية؟

الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات فائدة كبيرة لعلماء الروبوتات المرنة، إلا أن لها جوانب سلبية. تخرج الطابعات ثلاثية الأبعاد البلاستيك في شكل خطوط وتستخدم تلك الخطوط لتشكيل طبقات، كما في الشكل 1. يؤدي هذا إلى أن يكون للقالب المطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد سطح خشن عند النظر إليه عن قرب (الشكل 2A). تمامًا مثلما تعطي النتوءات الموجودة على قوالب الكعك حوافًا للكعك، فإن القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تمنح روبوتاتنا المرنة سطحًا خشنًا يمكنك رؤيته عند النظر عن كثب. ويرجع هذا إلى أن أثر الخطوط والطبقات المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد التي تشكِّل القالب تظهر على الروبوت. ويؤدي هذا إلى ضعف الجدران ويزيد من احتمالية انكسارها او تشققها بطريقةٍ ما (الشكل 2C) [4]. لكي تستوعب هذا الأمر، اطبع واتبع التعليمات الواردة في الشكل 3. ألم تكن الورقة ذات القطع الصغير أسهل في التمزق؟ وكان من المفترض أن تتمزق عند القطع. وذلك لأن إطالة تمزق صغير أسهل من إحداث تمزق جديد. يمكن أن تحدث هذه التمزقات دفعة واحدة، كما هو الحال مع قطع الورق، أو ببطء مع مرور الوقت، نتيجة لنفخ الروبوتات وتفريغها مرارًا وتكرارًا. وهذا هو السبب وراء تصميم أطراف أكياس الكاتشب بشكل يشبه أسنان المنشار. فكل شكل حرف «V» يمثل نقطة بداية سهلة للتمزق، مما يجعل فتح كيس الكاتشب أسهل. وهذا هو أكبر عيب في استخدام القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد للروبوتات المرنة؛ *أي أن النتوءات التي تتركها الطابعة ثلاثية الأبعاد توفر نقاط بداية للتمزقات*. وكما ترى في الشكل 2B، يمكن أن يشبه جلد الروبوت المرن المصنوع من قالب مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى حد كبير طرف كيس الكاتشب.

شكل 1

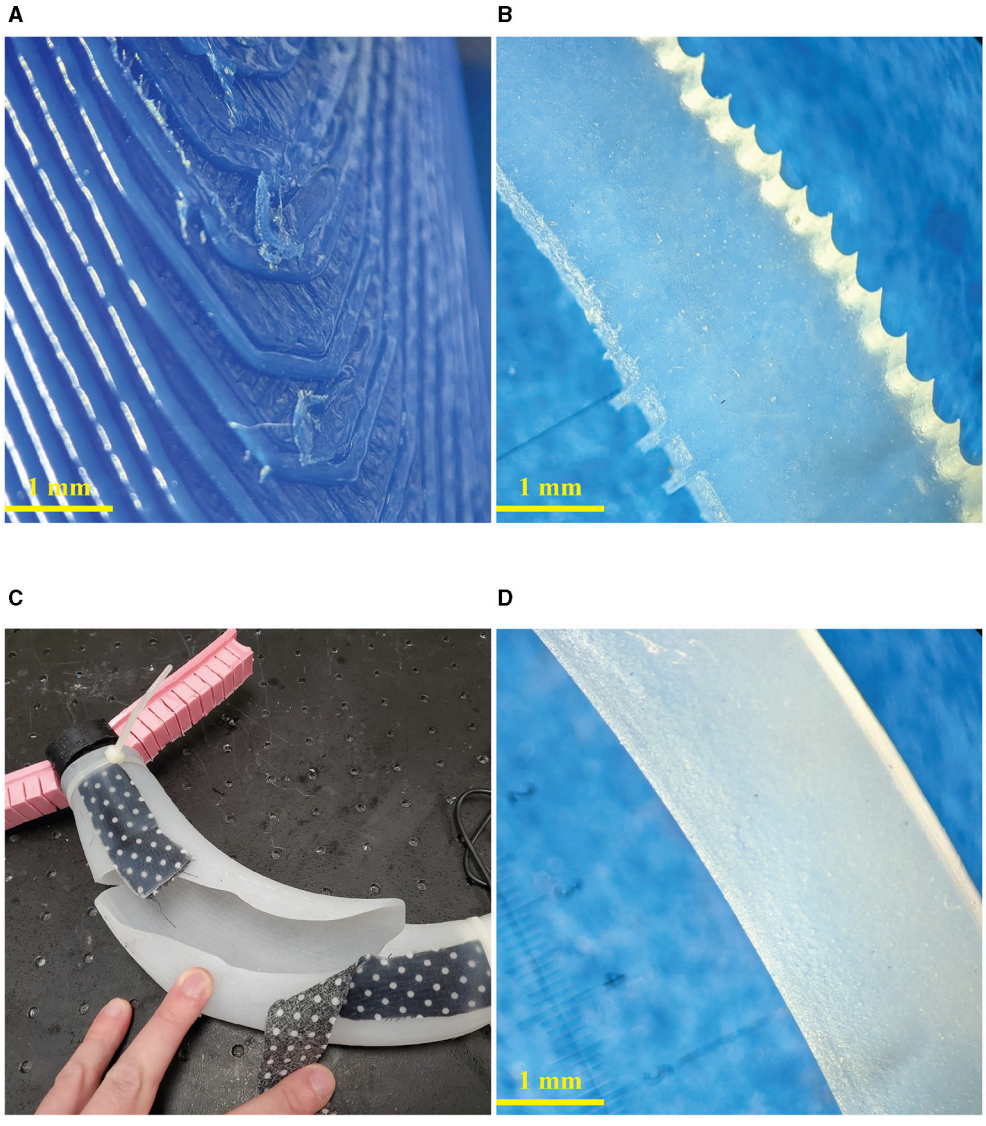
(A) خطوط طبقات مطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تخرج مضغوطة من فوهة طباعة ساخنة. **(B)** كيفية توصيل خطوط البلاستيك لتكوين الطبقات وتشكيل الأجسام. تُظهر المربعات الحمراء منطقة مكبَّرة بحيث يمكنك رؤية الطبقات والخطوط بسهولة أكبر.



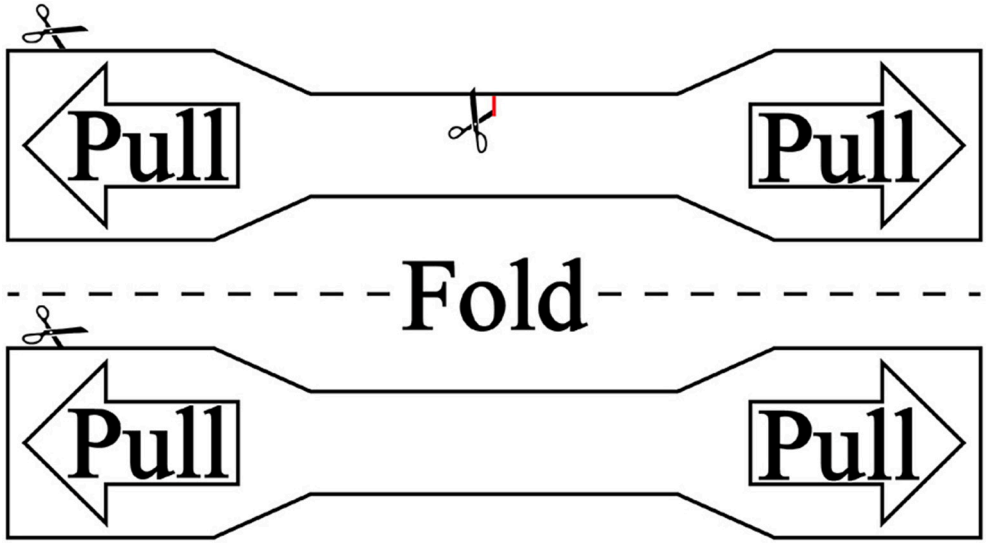
شكل 1

شكل 2

(A) جزء من أحد قوالب الروبوتات المرنة المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. **(B)** جزء صغير مقطوع من الروبوت المرن مصنوع في قالب مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. **(C)** روبوت مرن مصنوع في قالب مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد انكسر بسبب شرخ يبدأ عند خط الطبقة. **(D)** جزء صغير مقطوع من الروبوت المرن المصنوع في قالب مصنوع آليًا.



شكل 2



شكل 3

شكل 3

اطبع هذه الصورة واقطعها. اقطع أحد هذه الأشكال بمحاذاة الخط الأحمر لتمثيل تمزق صغير أو أحد التنوءات التي تخلفها القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. وأمسك كل طرف من طرفي أحد الأشكال واسحبه حتى يتمزق (حاول ألا تثنيه أو تلفه). كرر الأمر مع الشكل الآخر ولاحظ الفرق. تُسمى هذه العينات عينات شد على شكل عظام الكلاب، ونستخدمها كثيرًا لاختبار قوة المواد. إذن، أنت تنفذ تجربة نجريها في مختبرنا، باستثناء أننا نستخدم آلة لسحب المواد.

كيف يمكننا صنع قوالبنا بطريقة أخرى؟

إذا لم نتمكن من طباعة القالب باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد، فماذا يمكننا أن نفعل؟ هل تتذكر التصنيع الطرحي الذي أشرنا إليه في بداية هذا المقال؟ هذا هو بالضبط ما يستخدمه فريقنا [5]! فهو يحوِّل كتلة من المعدن إلى قالب بمساعدة الماكينات الآلية والأدوات الدقيقة. يُعد هذا النوع من التصنيع الطرحي أكثر دقة من الطباعة ثلاثية الأبعاد، ولكن الأهم من ذلك أنه ينتج قوالب ذات أسطح ملساء.

كما هو موضح في الشكلين 2B و D، يتميز الروبوت المرن المصنوع من قالب معدني بمرونة أكثر من الروبوت المصنوع في قالب مطبوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. والميزة الأخرى للقوالب المعدنية هي قدرتها على إنتاج روبوتات أكثر اتساقًا. ستكون هناك اختلافات طفيفة بين كل روبوت مرن مصنوع من قالب واحد، إلا أن القالب المعدني ينتج روبوتات أكثر اتساقًا من القوالب المطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد. وكما ذكرنا في البداية، فإن قطع قالب من كتلة معدنية مكلف ويستغرق وقتًا طويلًا، لذلك نصنع قالبًا مطبوعًا بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أولًا لاختبار فكرتنا. ويمكننا بعد ذلك إجراء تغييرات على القالب وطباعة قالب آخر. ونستمر في فعل ذلك حتى نتوصل إلى التصميم المناسب. وتعمل الروبوتات المنتجة باستخدام قوالب مطبوعة بتقنية ثلاثية الأبعاد بكفاءة كافية لتحديد التعديلات التي يجب إجراؤها على تصميم القالب. وبمجرد الانتهاء من التصميم، ننفق المال والوقت اللازمَين لتصنيع قالب معدني باستخدام الآلات. أي أننا يمكننا في البداية اكتشاف أي مشاكل في تصميمنا وحلها بسرعة قبل إنفاق الموارد اللازمة لصنع قالب معدني لروبوت أقوى.

كيف يمكنك صنع روبوت مرن

تُعد الطباعة ثلاثية الأبعاد تقنية مفيدة لعلماء الروبوتات المرنة؛ فهي تتيح لهم تجربة العديد من التصميمات بسرعة دون إنفاق الكثير من الوقت والمال. ولكنها ليست مثالية؛ فالعيوب التي تتركها في الروبوتات المرنة تجعلها أضعف. لهذا السبب، غالبًا ما نطبع تصميمات القوالب الأولية بتقنية ثلاثية الأبعاد، ثم نصنِّع القالب آليًا بمجرد الانتهاء من إجراء التغييرات. وإذا كنت ترغب في البدء في تصميم الأشياء وتصنيعها، فأمامك الكثير من الخيارات. أولًا، عند تصميم أي منتج، نستخدم برنامج كمبيوتر يتيح لنا تحويل الرسومات إلى أشكال ثلاثية الأبعاد. وهذا ما يُسمى بالنمذجة الحاسوبية. وFusion 360 هو برنامج نمذجة مجاني يمكنك استخدامه لتصميم أي شيء تريده. ونحن نستخدم برامج مثل Fusion 360 لتصميم قوالب روبوتاتنا المرنة، ولكن يمكنك تصميم أي شيء، حتى أشياء لم تخطر ببال أحد من قبل! ويوجد برنامج آخر يُطلق عليه أداة التقطيع، هو الذي يقطِّع النموذج إلى طبقات ويحدد للطابعة ثلاثية الأبعاد مكان وضع البلاستيك. وتمتلك العديد من المكتبات والمدارس طابعات ثلاثية الأبعاد، ويمكنك طباعة تصميماتك هناك. وربما توجد أيضًا ورشة تصنيع آلي في بلدتك على استعداد لتقديم جولة تعريفية لك. إن مجال الروبوتات المرنة في تحسن دائم، مع وجود متسع كبير للتصاميم والحلول الإبداعية. والآن وقد اكتسبت بعض المعرفة عن طريقة صنع هذا النوع من الروبوتات، ربما تستخدم الطرق التي ذكرناها لصنع روبوتك المرن وتطويره!

شكر وتقدير

نتوجه بالشكر إلى Cora على اقتراحاتها وتعديلاتها التي ساهمت في جعل هذا المقال سهل الفهم وممتعًا للجمهور المستهدف. وقد تلقى هذا العمل الدعم من المؤسسة الوطنية للعلوم من خلال المنحة رقم: 1935312.

المراجع

1. Wong, K. V., and Hernandez, A. 2012. A review of additive manufacturing. *ISRN Mech. Eng.* 2012:208760. doi: 10.5402/2012/208760
2. Ilievski, F., Mazzeo, A. D., Shepherd, R. F., Chen, X., and Whitesides, G. M. 2011. Soft robotics for chemists. *Angewandte Chemie Int. Ed.* 50:1890–5. doi: 10.1002/anie.201006464
3. Shepherd, R. F., Ilievski, F., Choi, W., Morin, S. A., Stokes, A. A., Mazzeo, A. D., et al. 2011. Multigait soft robot. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108:20400–3. doi: 10.1073/pnas.1116564108
4. Bui, P. D. H., Prugh, B., Padilla, A. M. E., Schell, C., Keller, M., and Schultz, J. A. 2023. Endurance tests for a fabric reinforced inflatable soft actuator. *Front. Mater.* 10:1112540. doi: 10.3389/fmats.2023.1112540
5. Williamson, J. G., and Schultz, J. 2023. "Stretchable optical waveguide sensor suitability for wrinkle degree detection in soft robots", in *2023 IEEE International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)* (Singapore). p. 1–6.

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 30 يونيو 2025

المحرر: Laura H. Blumenschein

مرشدو العلوم: Jing Li و Edgar Ramos

الاقتباس: Williamson JG, Schell C, Keller M و Schultz J (2025) مع الروبوتات المرنة: هل يمكن تحويل أحلامك إلى واقع مطبوع؟ Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2024.1401789-ar

مُترجَم ومقتبس من: Williamson JG, Schell C, Keller M and Schultz J (2024) Soft Robotics: If You Can Dream It, Can You Print It? Front. Young Minds 12:1401789. doi: 10.3389/frym.2024.1401789

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 © 2024 © 2025 Schultz و Williamson, Schell, Keller.
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

ADRIEN، العمر: 14
أحب لعبة فورتنايت لأنني أستطيع أن أحاصر الأعداء بالكامل وأراهم يركضون إلى جدراني وأصرخ محاصرًا بالكامل !200 وأحب لعب كرة القدم، كما أهوى التكنولوجيا والابتكار وأرغب دائمًا في معرفة المزيد عنها.

ELIEL، العمر: 15
أنا مهتم بالروبوتات وأجهزة الكمبيوتر. وأحب ألعاب الفيديو والطهي. وأرغب في امتلاك شركة يومًا ما. كما أن الرياضة مهمة لي، خاصةً الرياضة في الصالة الرياضية وكرة القدم.

STEPHANIE، العمر: 13
اسمي Stephanie وأبلغ من العمر 13 عامًا. وأنا طالبة في الصف السابع في المرحلة الإعدادية وتشمل هواياتي الغناء ولعب التنس والعزف على الكلارينيت. ومادتي المفضلة في المدرسة هي مادة فنون اللغة الإنجليزية وأستمتع بقراءة قصص الغموض والديستوبيا وكتابتها. كما أنني

قدمت عروضًا في سيرك يونيفرسول من قبل وكنت مراجعة لبعض المقالات العلمية في هذه المجلة.

المؤلفون

JOHN GARRETT WILLIAMSON

John Garrett Williamson، المعروف باسم Garrett، هو طالب دكتوراه يبحث في مجال الروبوتات المرنة في جامعة تولسا. وحصل على بكالوريوس العلوم في الهندسة الميكانيكية من جامعة ليتورنو في عام 2019. وأكثر ما يفضله في كونه عالمًا هو التحدث مع الآخرين عن الأبحاث الرائعة التي يقومون بها. وقد سافر إلى سنغافورة في عام 2023، حيث قدم عمله في معرض روبوسوفت واستمتع بلقاء علماء آخرين يعملون على الروبوتات المرنة. ويوصي أي شخص مهتم بالروبوتات المرنة بالاطلاع على Soft Robotics Toolkit. وهو كشاف نسر، وتشمل هواياته الطباعة ثلاثية الأبعاد، والرحلات البرية، وبناء الأشياء.
*jgw3642@utulsa.edu

CAROLINE SCHELL

Caroline M. Schell طالبة دكتوراه في الهندسة الميكانيكية في جامعة تولسا. وهي حاصلة على بكالوريوس في هندسة البترول وماجستير في الهندسة الميكانيكية من جامعة تولسا. وبصفتها عالمة مواد، تحب Caroline فحص المواد وابتكارها وإيجاد استخدامات لها وابتكار تصميمات جديدة. ويركز عمل Caroline على صناعة مواد الروبوتات المرنة. وعندما لا تعمل في المختبر، فإنها تلعب ألعاب الفيديو أو الحياكة/الكروشيه.

MICHAEL KELLER

في عام 2001، حصل Michael Keller على درجة البكالوريوس من جامعة تولسا في الهندسة الميكانيكية. ثم حصل على الماجستير في عام 2003 والدكتوراه في عام 2007، وكلاهما من جامعة إلينوي في الفيزياء النظرية والتطبيقية. وتركز اهتماماته البحثية على صنع مواد جديدة واختبارها. وحصل Keller على جائزة CAREER من المؤسسة الوطنية للعلوم، وحظيت أبحاثه بدعم مجموعة كبيرة من المصادر الفيدرالية والحكومية والخاصة.

JOSHUA SCHULTZ

حصل Joshua Schultz على بكالوريوس من جامعة تافتس عام 2002، وماجستير من جامعة فاندربيلت عام 2004، ودكتوراه من معهد جورجيا للتكنولوجيا عام 2012، وجميعها في الهندسة الميكانيكية. وفي الفترة من 2004 إلى 2008، عمل في شركة Lexmark International. وفي الفترة من 2012 إلى 2013، كان زميل ما بعد الدكتوراه في قسم الروبوتات المتقدمة في المعهد الإيطالي للتكنولوجيا. وتشمل اهتماماته البحثية الحالية كيفية تحريك الروبوتات للأشياء والإمساك بها والرياضيات الكامنة وراء ذلك والروبوتات المرنة. وقد حصل الدكتور Schultz على منحة Achievement Rewards for College Scientists Foundation لعام 2011.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

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