نظرة داخلية على التغييرات المادية الحاصلة أثناء انضغاط الصدمة



www.nasainarabic.net
@NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic NasaInArabic

توضح الصورة الإعداد التجريبي لتعريض عينة التنتالوم tantalum لصدمة ليزر، ومن ثم فحصها بواسطة حزمة الأشعة السينية. وتظهر أنماط الحيود التي جمعتها مجموعةٌ من أجهزة الكشف المواد التي تخضع لعملية التوءمة. وتُظهر الخلفية البنية الشبكية التي أنتجت التوائم. حقوق الصورة: Ryan Chen/LLNL.

للمرة الأولى يعلن العلماء عن تجارب حيود موضعي لدراسة توءمة التشوه **Deformation Twinning** على المستوى الشبكي أثناء ضغط الصدمة. نشر فريقٌ من الباحثين من مختبر لورانس ليفرمور الوطني نتائجَ البحث بالاشتراك مع باحثين من مختبر لوس ألاموس الوطنيّ في جامعة أكسفورد والمختبر الوطني لمعجل ستانفورد الخطي وجامعة يورك في مجلة **Nature**.

ويُعدّ ضغط الصدمة مجالًا عويصًا للدراسة، لأنه يجمع بين ظروفٍ قاسيةٍ مثل الضغوط المرتفعة ودرجات الحرارة العالية مع مقاييس زمنيةٍ فائقة السرعة. ولتبسيط المسألة، غالبًا ما يَفترض العلماء أن المواد الصلبة تسلك سلوك السوائل، فهي تتدفق وتُغيّر شكلها (ليونتها) دون مقاومة. ومع ذلك، وبالنسبة للمواد الصلبة، تحافظ معظم المواد على بنيةٍ شبكيةٍ، وحين تتدفق المواد ويتغير شكلها، ينبغي أن تتغير البنية الشبكية إضافةً إلى احتفاظها بنمطٍ منتظمٍ من البنية الشبكية. لذلك تعتمد دراسة الليونة عند مستوياتٍ أكثر أساسية على فهم كيفية تغير البنية الشبكية أثناء تشوه المادة.

وتُعدّ كلًّا من حركة الانخلاعات **Dislocation-slip** (حيث تتولد الانخلاعات الشبكية وتتحرك)، والتوءمة **Twinning** (حيث تتشكل الحبيبات الصغرى متخذةً بنية شبكية متناظرة) الآليات الأساسية للتشكيل، وبالرغم من أهميتها الأساسية بالنسبة للّيونة، فإن تشخيص الآلية النشطة في الموضع (خلال الصدمة) كان ولا يزال أمرًا مراوغًا. وقد درس البحث السابق المادة وهي في طور التعافي، الأمر الذي تمخضت عنه عوامل إضافيةٌ معقدةٌ وأدى إلى نتائج متضاربة.

ويقول كريس فيرينبرغ، فيزيائي من مختبر لورانس ليفرمور الوطني (**LLNL**) والمؤلف الأساسي للورقة البحثية: "كانت تجارب الحيود في الموضع موجودةً منذ عدة عقودٍ، ولكنها هيمنت على الساحة في الآونة الأخيرة فقط، حين جعلت الليزرات عالية الطاقة وليزرات الإلكترونات الحرة للأشعة السينية القياسات أكثر حساسيةً وصارت متاحةً على نطاقٍ أوسع، كما أصبح من الممكن العمل تحت شروطٍ أكثر قسوةً، ويسلط عملنا الضوء على منطقةٍ غير مستغلةٍ من الدراسة، وهي توزيع الإشارة داخل حلقات الحيود، الأمر الذي يمكن أن يسفر عن معلوماتٍ هامةٍ".

وقد أُجريت تجارب الفريق على المادة الجديدة في شروطٍ متطرفةٍ في المحطة النهائية، التي تقع في مُعجل **SLAC** لمصدر الضوء المتماسك الخطي **Linac Coherent Light Source**، والذي يمثّل أحدث ما توصل إليه العلم في مجال الاستثمار العالمي الكبير في المرافق التي يمكنها أن تُجري اقتران حيودٍ في الموقع مع ضغطٍ عالٍ ومعدلات إجهادٍ كبيرةٍ.

يتابع فيرينبرغ قائلًا: "في هذه التجارب، تقوم بإطلاق موجة صدمةٍ مصحوبةٍ بالليزر، حيث تخلق دفعات ليزر البلازما المسخنة ضغطًا معاكسًا في عينتك، وتسبر حالة عينتك باستخدام أشعة إكس، وستشتت الأشعة السينية العينة بزوايا محددةٍ، مكونةً هدب أو خطوط حيود، وتقدم زوايا التشتت معلوماتٍ قيمةً عن بنية المادة".

على الرغم من تزايد انتشار تجارب الحيود في الموضع، إلا أن معظم التركيز يكون على زاوية التشتت، ولا يُقام اعتبارٌ لتوزيع الإشارة داخل حلقة الحيود. وفي حين أن هذا النهج قد يكشف متى تتغير أطوار المادة، فإنه لن يكشف سلوك المادة خارج المرحلة الانتقالية. يستطيع الفريق من خلال تحليل التغيرات في توزيع الإشارة داخل الخطوط الكشف عن التغيرات في التوجه الشبكي، لمعرفة ما إذا كانت المادة تخضع لتوءمةٍ أو حركة الانخلاعات.
إضافةً إلى ذلك، لم يتمكن الفريق فقط من إثبات ما إذا كانت عينة التنتالوم **tantalum**، وهو معدنٌ عالي الكثافة، تتعرض للتوءمة أو الانزلاق الانخلاعي عند انضغاطها بفعل الصدمة، فقد كانوا قادرين على توضيح ذلك بالنسبة لمجالٍ كاملٍ من ضغوط الصدمة.

يقول فيرينبرغ: "إن مختبر لورانس ليفرمور الوطني (**LLNL**) يشارك بشكلٍ كبيرٍ في نمذجة المواد كجزءٍ من مهمة الإشراف على المخزون العلمي، ولديه جهودٌ برمجيةٌ لتمثيل التنتالوم على المستوى الجزيئي، فضلًا عن نمذجة الليونة. إنّ هذه النتائج قابلةٌ للتطبيق مباشرةً على كلٍّ من هذه الجهود، موفرةٌ البيانات التي يمكن مقارنة النماذج بها مباشرةً للقياس أو التحقق منها. ونخطط مستقبلًا لتنسيق هذه الجهود التجريبية مع التجارب ذات الصلة على منشأة الإشعال الوطني في مختبر لورانس ليفرمور الوطني (**LLNL**) التي تدرس الليونة حتى في الضغوط الأعلى".

على الرغم من تطبيق تقنيات تحليل بيانات حيود الأشعة السينية للتغييرات في النسيج والبنية المجهرية للمادة في تجارب شبه ثابتةٍ، إلا أنها جديدةٌ في مجال تجارب الصدمات. وتتصل هذه المجموعة من التقنيات بالعديد من المجالات. فعلى سبيل المثال تُعدّ خصائص التشوه المستوي في الكوارتز الناتجة عن الاقتران والتكسر المجهري دلالةً شائعةً على مواقع اصطدامات النيازك، ويمكن لهذه الخصائص أن تؤثر على مغناطيسية المواد الجيولوجية الأخرى. وبالمثل، يلعب الاقتران دورًا كبيرًا في سلوك الشحذ الذاتي للقذائف البالستية كما يرتبط بالليونة العالية للسيراميك ذي الفعالية المرتفعة المستخدم في صناعة الدروع. إنّ فهم الليونة عالية الأداء هو أمرٌ هامٌّ عند تقسية المُعدات الفضائية لمواجهة اصطدامات الغبار عالي السرعة، كما أن له تأثيراتٍ بالنسبة لتشكيلات الغيوم الغبارية بين النجمية.

مقدمة من: مختبر لورانس ليفرمور الوطني.

- التاريخ: 2018-03-20
- التصنيف: فيزياء

#البلازما #انضغاط الصدمة #shock compression #موجة الصدمة #انكسار الأشعة

المصادر

- phys.org

المساهمون

- ترجمة
  - نور الشجيري
- مُراجعة
  - نجوى بيطار
- تحرير
  - رأفت فياض
  - محمد شوبك
- تصميم
  - إحسان نبهان
- نشر
  - يقين الدبعي