

Wie sich Wasserstoff in Aluminiumlegierungen verhält

Forschungsteam des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung veröffentlicht neueste Erkenntnisse in der Zeitschrift Nature

Dank geringer Dichte, hoher Festigkeit und Verfügbarkeit werden Aluminium und seine Legierungen in großem Umfang verwendet. Beispielsweise im Bauwesen, in der Unterhaltungselektronik und für Fahrzeuge wie Autos, Schiffe, Züge und Flugzeuge. Aluminiumlegierungen sind jedoch anfällig für [Wasserstoffversprödung](#), welche zu katastrophalen Ausfällen führen kann, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt wird. Im Vergleich zu Stahl sind die Auswirkungen von Wasserstoff in Aluminium noch nicht ausreichend erforscht. Dr. Huan Zhao, Postdoktorandin am [Max-Planck-Institut für Eisenforschung \(MPIE\)](#), und ihre Kolleg*innen analysierten, wie Wasserstoff Aluminiumlegierungen versprödet und fanden erste Ansätze, diesen Effekt zu verhindern. Ihre neuesten Ergebnisse haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun [in der Zeitschrift Nature veröffentlicht](#).

Korngrenzen spielen eine wichtige Rolle bei der Versprödung

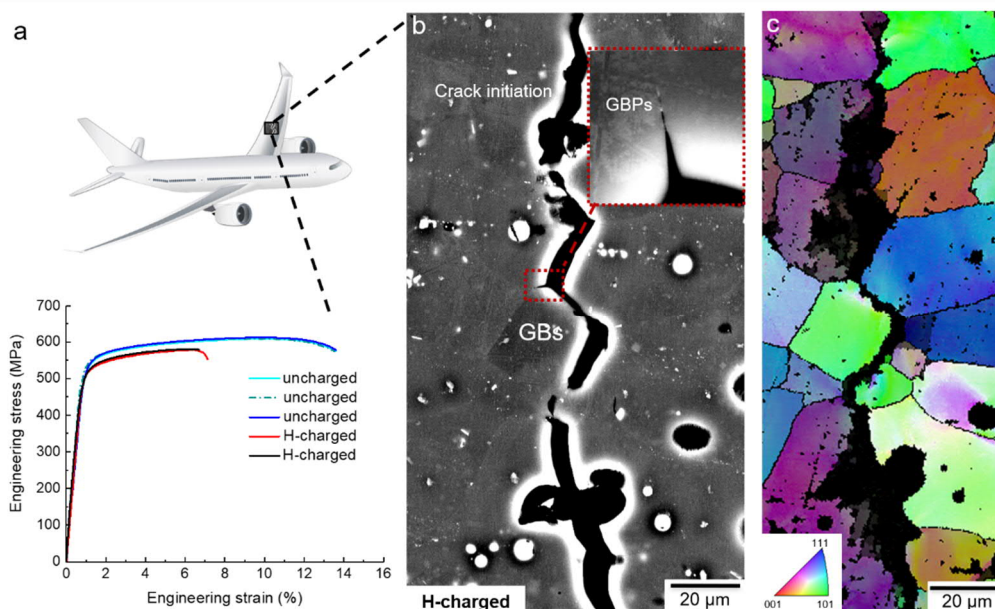
"Da [Wasserstoff](#) das kleinste aller Elemente ist und sich kaum in Aluminium löst, ist es äußerst schwierig, ihn auf atomarer Ebene nachzuweisen. Gelangt Wasserstoff in Aluminium und wenn ja, in welcher Menge? Wo befindet er sich in der Mikrostruktur und wie beeinflusst er die Eigenschaften? All diese Fragen waren bisher ungelöst", erklärt Zhao. Die MPIE-Wissenschaftler*innen verwendeten sogenanntes 7xxx-Aluminium, eine hochfeste Aluminiumklasse, die vor allem für Strukturbauteile von Flugzeugen verwendet wird. Sie beluden ihre Proben mit Wasserstoff und führten Zugversuche durch, die zeigten, dass die Duktilität mit zunehmender Menge an Wasserstoff abnimmt.

Die Bruchfläche zeigte, dass sich Risse vor allem entlang der Korngrenzen ausbreiten. Mit Hilfe der Kryo-Transfer-[Atomsondentomographie](#) konnten die Wissenschaftler*innen nachweisen, dass sich der Wasserstoff entlang dieser Korngrenzen sammelte. „Unsere Experimente konnten zeigen, dass die Menge des Wasserstoffs an Partikeln im Inneren der Masse viel höher ist als an Korngrenzen. Der Wasserstoff versprödet das Material jedoch nur an den Korngrenzen. Mit Hilfe von Computersimulationen stellten wir fest, dass der Wasserstoff von den hochenergetischen Bereichen entlang der Korngrenzen angezogen wird und zum Versagen des Materials führt, während die Partikel in der Masse eher als Wasserstofffallen wirken, die die Rissausbreitung verhindern“, sagt Dr. Poulami Chakraborty, Mitautorin der aktuellen Veröffentlichung und Postdoktorandin am MPIE.

Intermetallische Partikel könnten eine erste Lösung sein

Die MPIE-Forscherinnen und Forscher konnten zeigen, wo sich der Wasserstoff befindet, nachdem er bei der Verarbeitung oder bei der Nutzung des Materials eingedrungen ist. Da dies nicht wirklich verhindert werden kann, ist es wichtig, sein Einfangen zu kontrollieren. Sie empfehlen verschiedene Strategien gegen Wasserstoffversprödung, insbesondere die Verwendung intermetallischer Partikel, die den Wasserstoff im Inneren des Materials einschließen können. Darüber hinaus scheint die Kontrolle des Magnesiumgehalts an den Korngrenzen entscheidend zu sein. „Magnesium in Verbindung mit Wasserstoff an den Korngrenzen erhöht die Versprödung“, sagt Zhao. „Gleichzeitig müssen wir die richtige Größe und den richtigen Volumenanteil der Partikel in der Masse kontrollieren, um Wasserstoff einzuschließen und gleichzeitig die Festigkeit des Materials zu erhalten. Weitere Studien werden durchgeführt um die "perfekte" Partikelverteilung zu definieren und die Verteilung von Magnesium an den Korngrenzen zu verhindern, um hochfeste, wasserstoffbeständige Aluminiumlegierungen zu entwickeln.“

Die Forschung wurde teilweise durch den [Consolidator Grant "Shine"](#) des Europäischen Forschungsrats finanziert. Das Projekt wird von Prof. Baptiste Gault geleitet, Gruppenleiter am MPIE und Mitautor der Veröffentlichung.



Zugfestigkeit und metallografische Bruchdarstellung einer Aluminiumbasislegierung mit Zink, Magnesium und Kupfer nach 24-stündiger Aushärtung bei 120 °C. a) Spannungs-Dehnungskurven von ungeladenen und mit Wasserstoff geladenen Proben. b und c) Elektronenaufnahme eines intergranularen Risses der mit Wasserstoff geladenen Legierung, die einem Zugbruch unterzogen wurde. GB: Korngrenze; GBPs: Korngrenzenausscheidungen. Bild entnommen aus Nature, [10.1038/s41586-021-04343-z](https://doi.org/10.1038/s41586-021-04343-z)



Mit einem internationalen Team betreibt das Max-Planck-Institut für Eisenforschung modernste grundlagenorientierte Materialforschung für die Themengebiete Mobilität, Energie, Infrastruktur, Medizin und Digitalisierung. Im Fokus stehen nanostrukturierte metallische Materialien sowie Halbleiter, die bis auf ihre atomare und elektrische Ebene analysiert werden. Hierdurch ist es möglich neue, maßgeschneiderte Werkstoffe zu entwickeln.

Mehr Neuigkeiten aus dem MPIE gibt es bei [LinkedIn](#), [Twitter](#) und [YouTube](#).

Kontakt:

Yasmin Ahmed Salem, M.A.
Referentin für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: y.ahmedsalem@mpie.de
Tel.: +49 (0) 211 6792 722
www.mpie.de

