

VẬT LIỆU THỦY TINH KIM LOẠI DẪO DAI HƠN KIM LOẠI

Các nhà nghiên cứu ở Mỹ đã phát triển một loại vật liệu mới có độ dẻo dai hơn các loại hợp kim thép và titan tốt nhất hiện nay.

Các vật liệu thủy tinh kim loại khối đã chứng tỏ nhiều hứa hẹn trong kỹ thuật hơn 15 năm nhưng thông thường có tính uốn dẻo và độ dẻo dai rất kém, và khiến cho chúng giòn và có thiên hướng dễ vỡ. Nhưng mới đây, Douglas Hofmann, William Johnson cùng các cộng sự ở Viện Công nghệ California (Caltech, Pasadena, California) đã tìm ra cách để biến đổi cấu trúc của vật liệu thủy tinh kim loại khối khiến cho độ dẻo dai của chúng được cải thiện một cách đáng kể.

Các vật liệu thủy tinh kim loại khối (Bulk Metallic Glassy – BMGs) giống như kim loại ở chỗ chúng chứa các liên kết kim loại và có tính dẫn, nhưng các nguyên tử lại có tính chất bất trật tự như thủy tinh. Một cấu trúc bất trật tự không thể chứa các sai hỏng, có nghĩa là BMGs chống chịu lại các trọng tải nặng trước khi bị đứt gãy. Điều này ít nhất đúng khi chúng bị bẻ cong hay bị ép, nhưng khi chúng bị kéo giãn, độ dẻo dai kém của chúng lại không đủ khiến cho chúng nhanh chóng bị đứt gãy. Một cách để cải thiện độ dẻo dai và chống đứt gãy theo các kết quả của nhóm nghiên cứu ở Caltech là bổ sung thêm một số nguyên tố trong quá trình tạo hợp kim thủy tinh kim loại ban đầu, chúng sẽ tạo ra các hạt tinh thể phân tán hay các “nhánh cây” khi chúng bị làm lạnh. Các “nhánh cây” này sẽ đóng vai trò như các rào cản sự phát triển của các dải trượt và hạn chế chúng khỏi mọi sự phát triển dẫn đến đứt gãy.

Ý tưởng về việc phối hợp các “tinh thể nhánh cây” lần đầu tiên đã được thử nghiệm bởi Johnson với các thành viên của nhóm nghiên cứu khác, những người đã tạo ra các hợp kim BMGs từ trạng thái nóng chảy. Quá trình này tạo ra các tinh thể nhánh cây khá là nhỏ và chỉ làm tăng độ dẻo dai ở ngoài mép. Tuy nhiên, cũng từ các kết quả này, Hofmann, Johnson cùng các cộng sự đã tìm ra 2 thuộc tính của các tinh thể nhánh cây có thể làm tối ưu hóa độ dẻo dai: chúng phải có độ rộng ngang với chiều dài của các dải trượt, và phải mềm hơn bản thân các BMGs.

Hình 1. Cấu trúc của vật liệu quan sát trên ảnh hiển vi điện tử truyền qua phân giải cao (Nature, 451 1085).

Để tạo ra tính chất này, nhóm đã bắt đầu từ hợp kim của Titan (Ti), Zirconium (Zr), Niobium (Nb), đồng (Cu) và Beryllium (Be). Bằng cách giữ hợp kim nóng chảy ở nhiệt độ giữa 800oC và 900oC, các tinh thể nhánh cây của Ti, Zr và Nb bắt đầu mọc ra tới kích thước lớn. Trong quá trình mọc,

một tỉ lệ của Be và Cu trong phần khối còn lại không hình thành cá tinh thể sẽ tăng dần. Và nhóm của Caltech đã tìm ra rằng khi tỉ phần của Be trong khối đạt khoảng 1/3, tính chất tổ hợp sẽ đạt cân bằng và các tinh thể nhánh cây sẽ không thể lớn hơn được nữa. Và bằng cách bổ sung ít hơn Be vào hợp kim ban đầu, họ có thể tạo ra tỉ lệ pha thủy tinh thấp hơn và lượng lớn hơn các tinh thể nhánh cây. “Điều mà chúng tôi tìm ra rất đáng chú ý” – Hofmann nói.

Với ba mẫu BMGs được làm lạnh với các tỉ lệ tinh thể nhánh cây khác nhau, nhóm đã tìm thấy mẫu với tỉ lệ lớn nhất của các tinh thể nhánh cây (67%) cho độ dẻo dai tốt nhất, $K = 173 \text{ MPa m}^{1/2}$ – có thể so sánh với các hợp kim Ti, sắt và thép tốt nhất hiện nay. Tuy nhiên, giá trị của sức bền – được định nghĩa bởi ứng suất trượt lớn nhất, G lại lập một kỷ lục mới. “Chúng tôi đã đưa các hợp kim này từ chỗ thuộc nhóm các kim loại dễ vỡ nhất thành loại dẻo dai nhất” – Hofmann nói. Hofmann giải thích rằng mặc dù đã được sử dụng trong một số ứng dụng, nhưng nhóm của ông muốn khai thác tính chất dẻo dai mới tìm được trong các ứng dụng cấu trúc, ví dụ như trong công nghiệp hàng không. “Chúng tôi hi vọng có thể đưa chúng vào thị trường của hợp kim Ti có phẩm chất cao” – Hofmann bổ sung.

Hình 2. So sánh các loại hợp kim dẻo dai với hợp kim mới (Nature, 451 1085).

Vạn lý Độc hành (Theo Physicsworld.com, Vật lý Việt Nam)