

# LÀM CHỦ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ TẠO LẬP CÁC BỀ MẶT CHỐNG BĂNG TUYẾT

TS Nguyễn Thanh Bình

Trường Đại học Sư phạm - Đại học Thái Nguyên

Thông qua việc thực hiện đề tài do Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) tài trợ, nhóm nghiên cứu thuộc Trường Đại học Sư phạm, Đại học Thái Nguyên đã làm chủ quy trình công nghệ tạo lập các bề mặt chức năng chống dính ướt, chống băng tuyết trên các vật liệu kim loại (nhôm, sắt, đồng), cho thấy hiệu năng tốt trong môi trường làm việc lạnh giá, đáp ứng nhu cầu sản xuất theo hướng công nghiệp.

## Băng tuyết và chống băng tuyết

Không lung linh như những lễ hội băng đảng, phần lớn các hình thái băng tuyết gây nhiều trở ngại, thậm chí nguy hiểm cho giao thông, sản xuất và vận hành thiết bị. Trong báo cáo về các tai nạn/sự cố bay năm 2010, Philip Appiah - Kubi đã thống kê được 228 trường hợp trong giai đoạn 2006-2010 với 40% trong số đó liên quan đến băng tuyết. Trong báo cáo mới nhất năm 2021 của Ủy ban An toàn giao thông Canada, các tai nạn máy bay như ATR-42 xảy ra tại Fond Du Lac (Canada), ATR-76 (Forde - Na Uy), MD83 (Gossi Mali), AT75 (Almansa - Tây Ban Nha) có nguyên nhân chính gây ra do tuyết tích tụ trên cánh, thân máy bay và bề mặt điều khiển.

Tại Việt Nam, thời gian gần đây, băng tuyết đã xuất hiện ngày càng nhiều, gây nên những

thiệt hại đáng kể. Băng giá được ghi nhận thường xuyên tại các vùng núi cao ở Cao Bằng, Lạng Sơn, Lào Cai, Sơn La, Yên Bái, Nghệ An. Những trận bão tuyết ở Lạng Sơn (2020) hay Lào Cai (2/2022) đã ảnh hưởng đến cây trồng, vật nuôi, phương tiện sản xuất với thiệt hại lên tới hàng trăm tỷ đồng. Vào mùa đông, các khu vực như đèo Ô Quý Hồ (Lào Cai), Mẫu Sơn (Lạng Sơn) thường có tuyết rơi hoặc băng giá khiến giao thông bị đình trệ...

Chính vì vậy, vấn đề phòng chống băng tuyết (anti-icing) ngày càng được các nhà khoa học quan tâm trong thời gian gần đây. Các phòng thí nghiệm của GS Joanna Aizenberg (Hoa Kỳ), GS Masoud Farzaneh (Canada) hay GS Hyuneui Lim (Hàn Quốc) là những nhóm nghiên cứu tiên phong về các giải pháp chống băng tuyết. Về phương diện tiếp cận, anti-icing được chia ra thành

2 hướng giải quyết: trực tiếp và gián tiếp. Hướng trực tiếp là xử lý băng sau khi đã hình thành trên các bề mặt bằng một hoặc kết hợp nhiều cách thức như: nhiệt, chất lỏng hòa tan, rung động cơ học để phá hoặc làm tan băng. Tiếp cận gián tiếp là quá trình ngăn cản sự hình thành băng tuyết trên vật dụng bằng các phương pháp lý - hóa để can thiệp trực tiếp vào bề mặt. Đây là phương pháp tiếp cận chủ yếu hiện nay vì tính chủ động của nó [5-9], Bằng cách can thiệp ngay từ ban đầu vào các bề mặt chức năng, băng tuyết sẽ không thể hình thành và vì thế duy trì chức năng của bề mặt trong môi trường lạnh giá. Trong các phương pháp tiếp cận gián tiếp, bề mặt không dính ướt (super/ultrahydrophobic) được xem là hiệu quả vì các tính chất đặc biệt như góc tiếp xúc cao (trên  $155^\circ$ ) và tính linh động của chất lỏng trên bề mặt. Nhờ độ

## Khoa học - Công nghệ và Đổi mới sáng tạo

linh động cao, chất lỏng dễ dàng lăn khỏi bề mặt trước khi kịp hóa rắn, hoặc nếu có hóa rắn sẽ dễ dàng bị loại bỏ do diện tích tiếp xúc với bề mặt rất thấp. Các bề mặt không dính ướt được lấy cảm hứng từ cấu trúc của lá sen, bao gồm các cấu trúc kích thước nanomet hình trụ được bao quanh bởi một lớp sáp không ưa nước. Sự đan xen dày đặc của các cấu trúc kết hợp với hợp chất hóa học bao quanh làm cho lá sen hoàn toàn không dính ướt với các chất lỏng thông thường. Các kỹ thuật chế tác bề mặt không dính ướt là những kỹ thuật khó, đòi hỏi sự kiểm soát chặt chẽ kích thước và hình thái của các cấu trúc trên bề mặt. Các phương pháp chế tạo có thể kể đến như là phủ các hạt kích thước nanomet, ăn mòn bằng axit, hay khắc quang học lên bề mặt nguyên bản để tạo lập các cấu trúc nanomet.

Lấy cảm hứng từ các hiện tượng thiên nhiên, kết hợp với việc phân tích vai trò của từng thành tố cấu trúc, thông qua việc thực hiện đề tài “Phòng chống hiện tượng đóng băng dựa trên hiệu ứng không dính ướt (superhydrophobic) bằng cách kết hợp các cấu trúc nano với hợp chất hóa học kỵ nước” do NAFOSTED tài trợ, nhóm nghiên cứu thuộc Trường Đại học Sư phạm, Đại học Thái Nguyên đã chế tạo thành công bề mặt không dính ướt trên các đế kim loại,

đánh giá khả năng chống băng tuyết của các mẫu được chức năng hóa và so sánh với các mẫu nguyên bản. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả vượt trội trong việc kiểm soát sự hình thành băng tuyết và tiềm năng cho các ứng dụng ngoài trời.

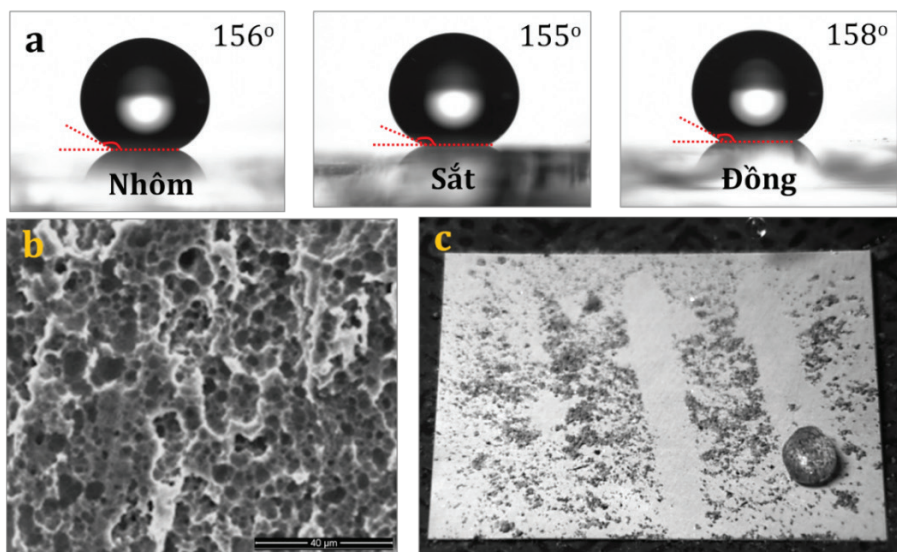
### Tạo lập bề mặt chống băng tuyết

Để tạo nên các bề mặt không dính ướt, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp ăn mòn ướt kết hợp với sơn phủ hợp chất hóa học kỵ nước FOTS (Fluoroorthotriclorosilane). Quá trình ăn mòn ướt được bắt đầu bằng cách nhúng các tấm kim loại vào hỗn hợp dung dịch của axit hydrochloric hoặc axit phosphoric để tạo nên các vi cấu trúc trên bề mặt (hình 1). Mẫu sau đó được bao phủ bằng phương pháp bay hơi lắng đọng hợp chất không dính ướt FOTS, hoạt động tương

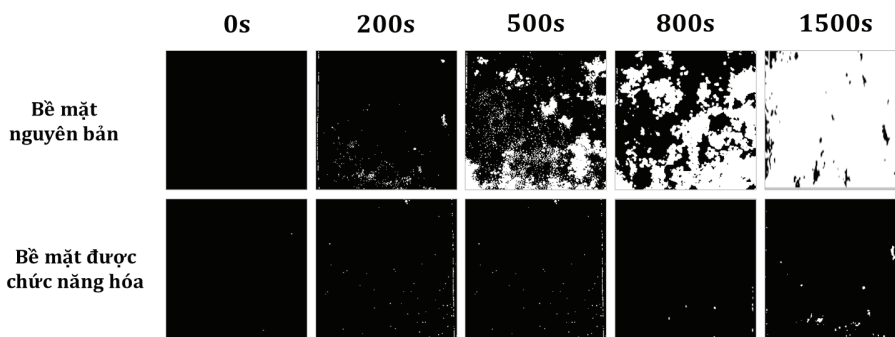
tự như lớp sáp trên bề mặt lá sen. Bản chất của hình thái không dính ướt là sự kết hợp hài hòa giữa vi cấu trúc và các hợp chất hóa học kỵ nước có trên bề mặt. Đây là một kỹ thuật khó và đòi hỏi sự tính toán, kết hợp hoàn hảo giữa 2 thành tố nêu trên. Phương pháp này đã được một vài nhóm nghiên cứu trên thế giới trình bày trên các tạp chí, tuy nhiên các kỹ thuật chế tạo được trình bày rất phức tạp và không kinh tế. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu trên các kim loại phổ biến như sắt và đồng là những nghiên cứu đầu tiên được trình bày trong lĩnh vực chống băng tuyết.

### Tiềm năng ứng dụng

Để đánh giá khả năng ứng dụng cho bề mặt chức năng hoạt động ngoài trời như kính chắn gió hoặc thiết bị thông minh, khả năng kháng băng tuyết được



Hình 1. Góc tiếp xúc trên các bề mặt không dính ướt do nhóm nghiên cứu chế tạo.



**Hình 2.** Khả năng kháng băng tuyết trên bề mặt sắt nguyên bản so với bề mặt sắt đã được chức năng hóa. Thí nghiệm thực hiện trong điều kiện nhiệt độ  $-10^{\circ}\text{C}$ , màu trắng là các diện tích bị băng tuyết bao phủ.

khảo sát bằng cách đặt mẫu trong môi trường mô phỏng điều kiện băng tuyết (duy trì nhiệt độ  $-10^{\circ}\text{C}$ ) và sử dụng camera tốc độ cao có độ phân giải tốt để quan sát toàn bộ quá trình hình thành băng tuyết. Sau 25 phút thử nghiệm, bề mặt chức năng hóa vẫn đảm bảo một bề mặt không có bất kỳ tinh thể băng nào, thậm chí nó còn được duy trì sau hơn 2 giờ thí nghiệm, chứng tỏ tiềm năng lớn cho các ứng dụng ngoài trời (hình 2). Điều này được giải thích bởi năng lượng cần thiết cho việc hình thành mầm tinh thể trên nền bề mặt không dính ướt là cao hơn rất nhiều so với các bề mặt nguyên bản. Ngoài ra, sự liên kết lỏng lẻo giữa bề mặt với các tinh thể băng đã hình thành cũng như thúc đẩy sự loại bỏ chúng một cách dễ dàng hơn. Ngoài ra, độ bền của mẫu (tính lặp lại) là một trong những tiêu chí khá quan trọng vì nó liên quan đến độ ổn định của các ứng dụng mà nhóm nghiên cứu muốn hướng tới. Mẫu chức năng hóa

được nhóm nghiên cứu tiến hành thực nghiệm lặp lại trong 50 lần, cho thấy sự ổn định cao cả về độ bền liên kết và khả năng kháng băng tuyết.

Kết quả đánh giá khả năng kháng băng tuyết trên các bề mặt kim loại thông thường cho thấy sự vượt trội và tiềm năng ứng dụng cao với quy trình nhanh chóng, kinh tế. Trong các nghiên cứu kế tiếp, nhóm nghiên cứu sẽ tối ưu hóa khả năng kháng băng tuyết cũng như đề xuất quy trình triển khai tạo lập các bề mặt chống băng tuyết ở quy mô lớn hơn, tiện dụng hơn, định hướng ứng dụng rộng rãi cho các sản phẩm thương mại và công nghiệp.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. P.A. Kubi (2011), *U.S Inflight Icing Accidents and Incidents, 2006 to 2010*, Master's Thesis, University of Tennessee.
2. <https://globalnews.ca/news/8332464/fond-du-lac-plane-crash-report/>.
3. V. Okulov, et al. (2021), "Physical de-icing techniques for wind turbine blades", *Energies*, **14**(20), DOI:10.3390/en14206750.

4. T.C. Maloney, F.J. Diez, T. Rossmann (2019), "Ice accretion measurements of Jet A-1 in aircraft fuel lines", *Fuel*, **254**, DOI:10.1016/j.fuel.2019.115616.

5. V.T.H. Hanh, et al. (2022), "Icephobic approach on hierarchical structure polymer thin-film", *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, **13**(1), DOI:10.1088/2043-6262/ac5400.

6. B.D. Nguyen, B.X. Cao, T.C. Do, H.B. Trinh, and T.B. Nguyen (2019), "Interfacial parameters in correlation with anti-icing performance", *The Journal of Adhesion*, pp.1-13, DOI: 10.1080/00218464.2019.1709172.

7. N.B. Duc, N.T. Binh (2020), "Investigate on structure for transparent anti-icing surfaces", *AIP Advances*, **10**(8), DOI: 10.1063/5.0019119.

8. N.T. Binh, V.T.H. Hanh, N.T. Ngoc, N.B. Duc (2021), "Anti-icing efficiency on bio-inspired slippery elastomer surface", *Materials Chemistry and Physics*, **265**, DOI: 10.1016/j.matchemphys.2021.124502.

9. V.T.H. Hanh, M.X. Truong, T.B. Nguyen (2021), "Anti-icing approach on flexible slippery microstructure thin-film", *Cold Regions Science and Technology*, **186**, DOI: 10.1016/j.coldregions.2021.103280.

10. H.J. Ensikat, et al. (2011), "Superhydrophobicity in perfection: the outstanding properties of the lotus leaf", *Beilstein Journal of Nanotechnology*, **2**, pp.152-161.

11. H.W. Yun, et al. (2020), "Superhydrophobic, antireflective, flexible hard coatings with mechanically ultra-resilient moth-eye structure for foldable displays", *Current Applied Physics*, **20**(10), pp.1163-1170, DOI:10.1016/j.cap.2020.07.001.