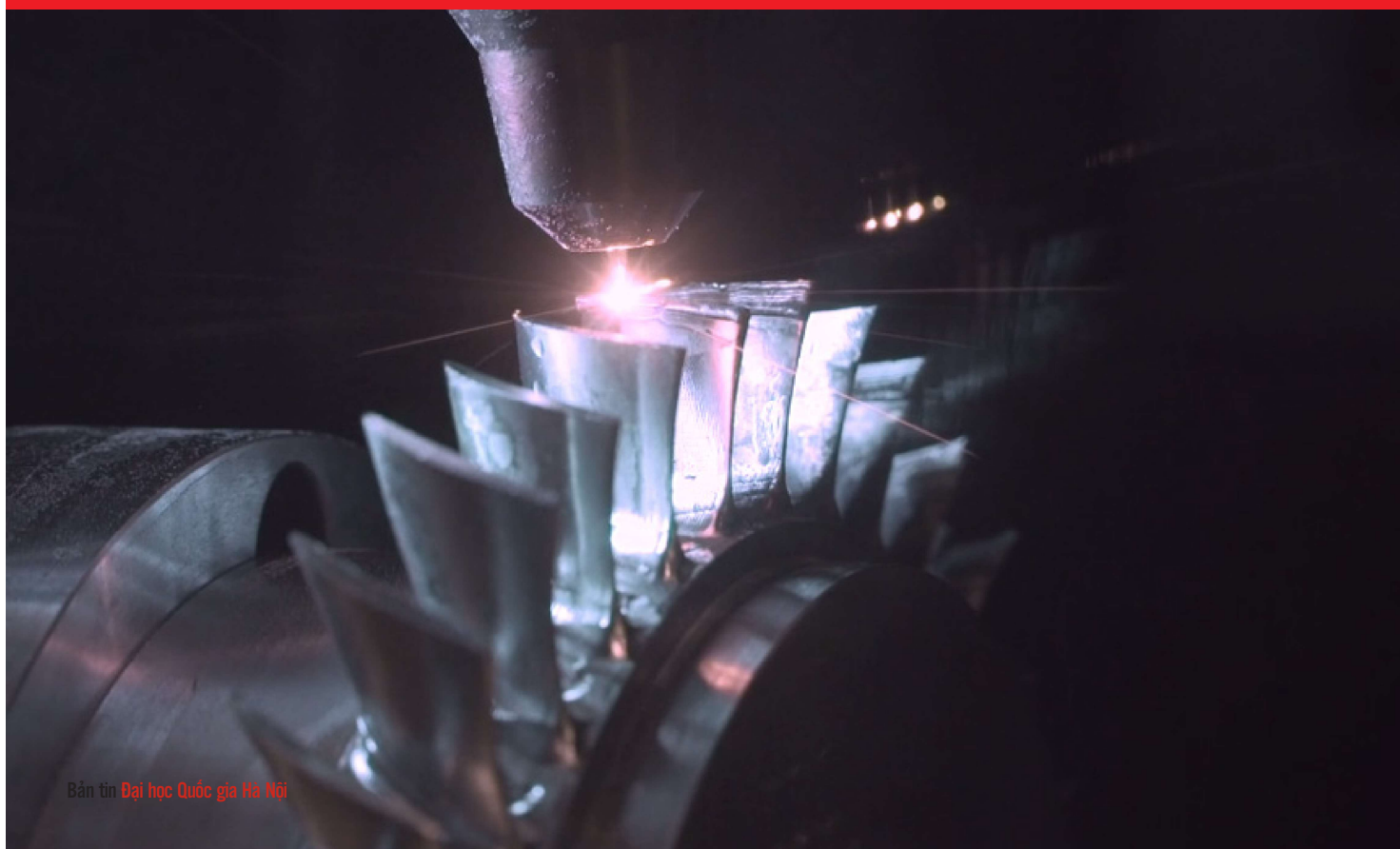


HƯỚNG ĐI MỚI ĐỂ MỞ RỘNG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH IN 3D HIỆN ĐẠI

TRONG BỐI CẢNH CÔNG NGHỆ IN 3D KIM LOẠI NGÀY Càng ĐƯỢC ỨNG DỤNG NHIỀU TRONG SẢN XUẤT VÀ CHẾ TẠO HIỆN ĐẠI, ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU VỀ PHÁT TRIỂN ROBOT IN 3D KIM LOẠI DI ĐỘNG CỦA NHÓM SINH VIÊN TRƯỜNG QUỐC TẾ - ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI ĐÃ ĐẠT GIẢI NHẤT NGHIÊN CỨU KHOA HỌC SINH VIÊN CẤP ĐHQGHN. TRONG QUÁ TRÌNH TRIỂN KHAI HƯỚNG NGHIÊN CỨU MOBILE I-WAAM, NHÓM ĐÃ CÓ MỘT BÀI BÁO ĐƯỢC CÔNG BỐ VÀ MỘT BÀI BÁO ĐANG TRONG QUÁ TRÌNH PHẢN BIỆN TRÊN TẠP CHÍ KHOA HỌC THUỘC DANH MỤC Q1, SẢN PHẨM ĐANG HOÀN THIỆN HỒ SƠ ĐĂNG KÝ BẰNG SÁNG CHẾ, ĐỒNG THỜI ĐƯỢC LỰA CHỌN TRÌNH BÀY TẠI HỘI THẢO VISUAL-2025 (NHẬT BẢN) - HỘI THẢO CHUYÊN NGÀNH VỀ IN 3D VÀ CÔNG NGHIỆP CHẾ TẠO.

 **KHÁNH NGÂN**





Nghiên cứu tập trung phát triển robot in 3D kim loại di động (Mobile i-WAAM), hướng tới việc thu gọn và linh hoạt hóa công nghệ WAAM truyền thống, đồng thời nâng cao khả năng in các chi tiết kim loại thành mỏng với độ chính xác cao và chi phí vận hành phù hợp. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng ứng dụng trong sửa chữa tại chỗ, sản xuất linh hoạt, y sinh, giáo dục và nghiên cứu, đáp ứng nhu cầu triển khai công nghệ in 3D kim loại trong nhiều điều kiện và môi trường khác nhau.

THAM VỌNG MỞ RỘNG PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA CÔNG NGHỆ IN 3D

Công nghệ in 3D kim loại, hay còn được biết đến như công nghệ sản xuất bồi đắp kim loại (MAM) đang được xem là một động lực tăng trưởng quan trọng trong kỷ nguyên 4.0, hứa hẹn mở khóa tiềm năng chế tạo các linh kiện phức tạp và tùy chỉnh cao. Tuy nhiên, việc tiếp cận và phát

triển công nghệ in 3D kim loại tiên tiến đang phải đối mặt với một nghịch lý lớn: mặc dù công nghệ rất đột phá, nhưng các hệ thống lại có giá thành cao và thiếu linh hoạt, làm chậm lại quá trình đổi mới trên phạm vi rộng.

Đây chính là vấn đề mà nhóm nghiên cứu gồm các sinh viên khoa Tự động hóa & Tin học, Trường Quốc tế, Đại học Quốc gia Hà Nội hướng đến giải quyết trong đề tài khoa học của mình. Cụ thể, đề tài nhắm đến mục tiêu tăng hiệu quả, tiết kiệm chi phí và tăng tính linh hoạt của việc ứng dụng in 3D kim loại.

Trong khi công nghệ nung chảy bột (PBF) có chi phí vật liệu cao (do sử dụng bột kim loại), thì công nghệ sản xuất bồi đắp hồ quang dây (WAAM), với ưu điểm về tốc độ lắng đọng vật liệu cao và chi phí dây kim loại thấp hơn đáng kể. So với các công nghệ in 3D kim loại khác (sử dụng vật liệu bột kim loại) thì công nghệ WAAM là

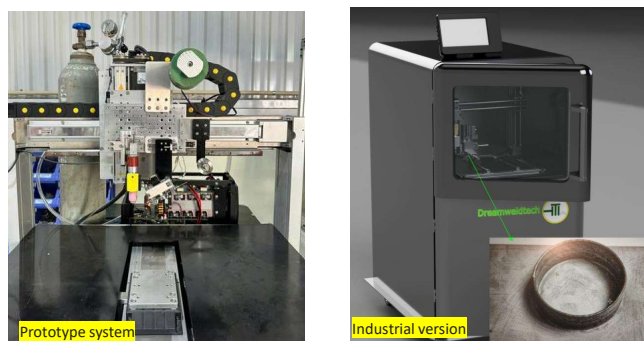


Figure 1. Prototype and industrial version.

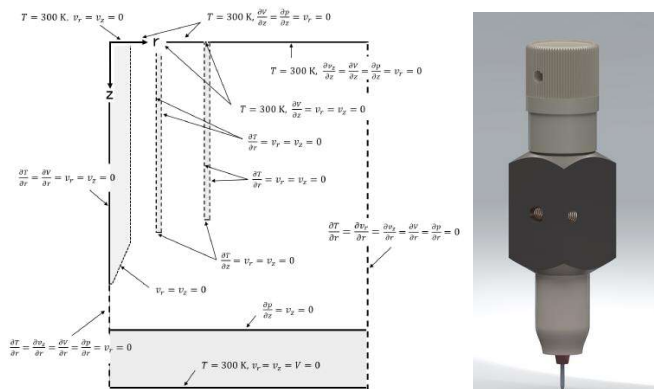


Figure 4. Tungsten electrode situation by high speed camera.

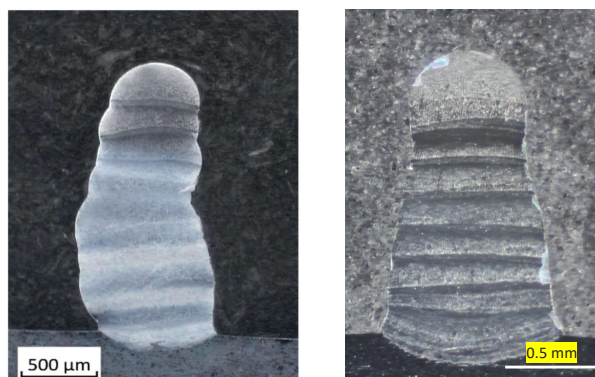


Figure 5. The cross-section of printed parts.

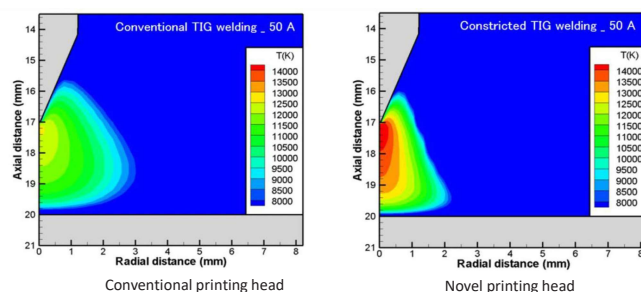


Figure 6. Simulation of arc plasma [5].

Publications and patents:

phù hợp nhất với điều kiện hiện tại trong nước, không chỉ về chi phí đầu tư mà còn về miền ứng dụng, cũng như nền tảng kiến thức công nghệ hàn đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam.

Công nghệ WAAM có thể đáp ứng được các nhu cầu trong công nghiệp cơ khí trong nước. Nhiều chi tiết quan trọng trong hệ thống cơ khí, máy móc có thể sửa chữa, phục hồi, hoặc chế tạo mới để thay thế bằng công nghệ WAAM. Ví dụ, các hệ thống truyền động bánh răng, các trục truyền động quan trọng, cánh tua bin, chân vịt của các loại tàu thủy bị hư hỏng và bị mài mòn,... đều có thể sửa chữa và phục hồi bằng công nghệ WAAM một cách hiệu quả, thay thế cho các phương pháp sửa chữa truyền thống (như hàn đắp và mài thủ công). Bên cạnh đó, nhiều chi tiết quan trọng được chế tạo bằng phương pháp gia công cắt gọt thông thường tiêu hao nhiều vật liệu, năng lượng, và công sức lao động có thể được chế tạo bằng phương pháp WAAM kết hợp với gia công lần cuối, cho phép tiết kiệm vật liệu và giảm

thiểu chi phí tối đa.

Tuy nhiên, hệ thống WAAM hiện tại vẫn đang bị giới hạn bởi kích thước lớn, tiêu thụ năng lượng cao và nhu cầu cơ sở hạ tầng tốn kém. Những rào cản này khiến các hệ thống WAAM truyền thống chưa có tính ứng dụng thực tế cao như kỳ vọng trong các hoạt động sản xuất quy mô nhỏ, phi tập trung, hoặc các nhiệm vụ sửa chữa và bảo trì tại hiện trường.

Trước bối cảnh đó, nhóm nghiên cứu đến từ Trường Quốc tế - ĐHQGHN hình thành ý tưởng về một công nghệ có khả năng mở rộng cơ hội tiếp cận, phổ biến in 3D kim loại, đưa nó từ các phòng thí nghiệm và nhà máy lớn đến gần hơn với các doanh nghiệp nhỏ, các tổ chức nghiên cứu.

Giải pháp được đưa ra là robot in 3D kim loại "i-mobile WAAM", một phương tiện công nghệ cao, chi phí thấp, và thân thiện với môi trường, có tiềm năng thúc đẩy sự phát triển của ngành sản xuất kim loại tiên tiến.

Bằng cách tạo ra một hệ thống di động và nhỏ gọn, i-mobile WAAM giải quyết trực tiếp rào cản về kích thước và chi phí cơ sở hạ tầng, khiến công nghệ WAAM trở nên dễ tiếp cận hơn. Không chỉ vậy, i-mobile WAAM đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về khả năng sản xuất linh hoạt và tại chỗ. Điều này đặc biệt quan trọng cho việc bảo trì, sửa chữa các cấu trúc kim loại lớn trong các môi trường xa xôi, hoặc bị giới hạn, giúp giảm đáng kể chi phí logistics và thời gian dừng máy.

Không chỉ dừng lại ở tính di động, đề tài còn tích hợp những cải tiến khoa học như đầu in chuyên dụng có khả năng in các bộ phận có thành mỏng và độ chính xác cao, mở rộng đáng kể ứng dụng của WAAM vào các lĩnh vực kỹ thuật cao như linh kiện hàng không vũ trụ và cấy ghép y tế.

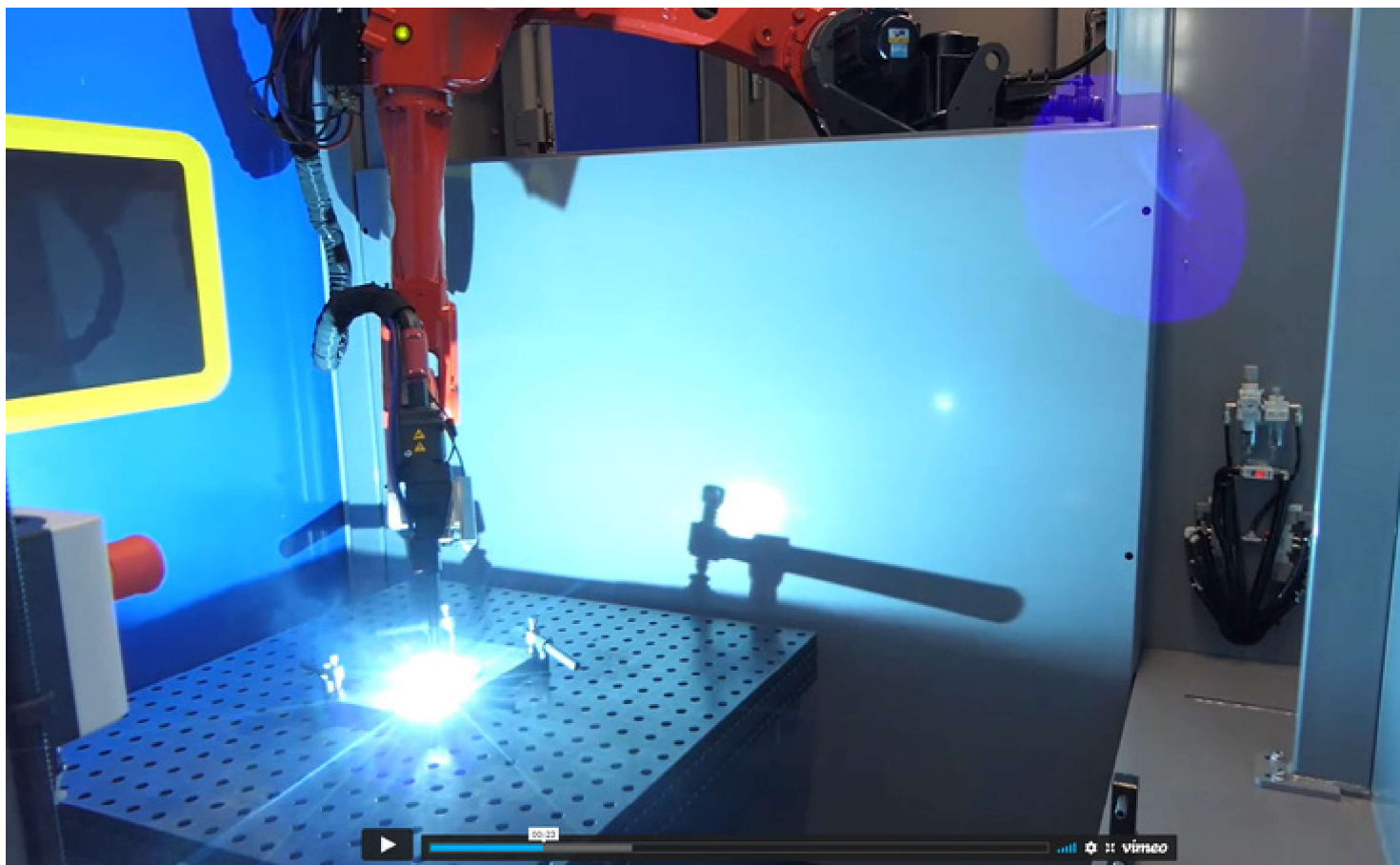
CẢI TIẾN CÔNG NGHỆ CỐT LÕI

Một trong những điểm mới của đề tài nằm ở việc phát triển đồng bộ các thành phần

công nghệ cốt lõi, tạo nền tảng cho hệ thống i-mobile WAAM, thay vì chỉ cải tiến từng bộ phận riêng lẻ như các nghiên cứu trước đây. Trong đó, đầu in (mỏ hàn) thế hệ mới với thiết kế tối ưu, cho phép kiểm soát hiệu quả quá trình lắng đọng kim loại và nâng cao độ chính xác khi in. Bên cạnh đó, nhóm nghiên cứu đã phát triển cơ chế cấp dây kim loại ổn định, nguồn điện chuyên dụng cho quá trình lắng đọng kim loại, cùng hệ thống PCB thông minh giám sát chiều dài hồ quang theo thời gian thực, góp phần cải thiện độ ổn định của hồ quang và chất lượng lớp lắng đọng trong quá trình in 3D kim loại.

Khác với các hệ thống WAAM truyền thống có cấu trúc cố định, đề tài tiếp cận theo hướng phát triển robot in 3D kim loại di động (i-mobile WAAM) với thiết kế nhỏ gọn và linh hoạt, cho phép mở rộng không gian làm việc và triển khai in trong nhiều điều kiện sử dụng khác nhau. Cách tiếp cận này hướng tới khả năng in các chi tiết kim loại có độ chính xác





cao bằng công nghệ WAAM trong khi vẫn đảm bảo hiệu quả kinh tế và khả năng tiếp cận với nhiều nhóm người dùng, qua đó mở rộng phạm vi ứng dụng của công nghệ in 3D kim loại so với các mô hình WAAM cố định trước đây.

Bên cạnh các yếu tố về công nghệ và cấu trúc hệ thống, đề tài còn tích hợp các giải pháp công nghệ tiên tiến nhằm nâng cao mức độ tự động hóa và kiểm soát quá trình in. Hệ thống được trang bị camera ứng dụng trí tuệ nhân tạo để giám sát và phát hiện lỗi theo thời gian thực, thay thế hoặc hỗ trợ các phương pháp kiểm soát thủ công. Đồng thời, thuật toán điều khiển cho phép in theo các quỹ đạo tùy ý ("arbitrary trajectories"), giúp tăng tính linh hoạt trong thiết kế và chế tạo các chi tiết kim loại có hình dạng phức tạp, đáp ứng yêu cầu đa dạng của các ứng dụng thực tiễn.

TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG ĐA NGÀNH

Công nghệ này phát huy tối đa những ưu điểm của in 3D kim loại: sử dụng năng lượng hiệu

quả hơn, rút ngắn thời gian sản xuất và tiết kiệm hơn 90% vật liệu đắt tiền như titan, nhôm hay siêu hợp kim so với gia công CNC. Điểm nổi bật là robot được tích hợp hệ thống điều khiển tiên tiến, gồm camera AI để giám sát, phát hiện lỗi theo thời gian thực và thuật toán in quỹ đạo tùy ý, phù hợp với hướng phát triển của sản xuất thông minh trong các cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 và 5.0.

Trong hàng không vũ trụ, khả năng in các chi tiết thành siêu mỏng với cơ tính vượt trội cho phép i-mobile WAAM hỗ trợ sản xuất và sửa chữa cấu kiện ngay tại chỗ. Điều này giảm thời gian ngừng hoạt động của máy bay hoặc tàu vũ trụ, mang lại hiệu quả kinh tế rất lớn. Ở lĩnh vực y tế, công nghệ giúp sản xuất các bộ phận cấy ghép, chân giả hay dụng cụ phẫu thuật theo yêu cầu, với độ chính xác bề mặt cao. Việc chế tạo ngay tại bệnh viện hoặc phòng thí nghiệm giúp rút ngắn thời gian chờ và tăng mức độ cá nhân hóa cho bệnh nhân.

Với các nhiệm vụ bảo trì, sửa chữa ngoài hiện



trường, i-mobile WAAM có thể được triển khai ngay lập tức để phục hồi cấu trúc kim loại lớn như đường ống, chi tiết tàu thủy hay thiết bị công nghiệp nặng. Điều này giúp doanh nghiệp tránh được chi phí tháo dỡ, vận chuyển và giảm thiểu thời gian gián đoạn sản xuất. Trong ngành ô tô và điện tử, năng lực chế tạo các bộ phận nhỏ, phức tạp với thời gian giao hàng ngắn và chi phí thấp mở ra lợi thế rõ rệt, đặc biệt đối với linh kiện xe điện hay thiết bị bán dẫn.

Không chỉ vậy, với mục tiêu mức giá chỉ khoảng 20.000 USD/đơn vị, so với mức giá từ 500.000 đến 1.000.000 USD của các hệ thống WAAM/CNC thông thường, i-mobile WAAM có tiềm năng biến công nghệ in 3D kim loại từ một công cụ đắt đỏ, độc quyền thành một giải pháp dễ tiếp cận hơn cho thị trường giáo dục và các doanh nghiệp vừa và nhỏ, từ đó có thể được sử dụng như công cụ để phục vụ học tập, nghiên cứu các quy trình sản xuất tiên tiến và phát triển vật liệu mới.

Với tầm nhìn hiện thực hóa những tiềm năng

ứng dụng kể trên, hành trình đưa ý tưởng về robot i-mobile WAAM đến thực tế được triển khai theo ba giai đoạn rõ ràng. Nhóm nghiên cứu đã hoàn thành hai giai đoạn, bao gồm việc sáng chế và xây dựng ý tưởng cho công nghệ WAAM đột phá và phát triển nguyên mẫu đầu tiên để xác thực toàn bộ nguyên lý hoạt động. Hai giai đoạn này nhận được sự hỗ trợ tài chính và cố vấn kỹ thuật từ DreamWeldTech (Vương quốc Anh), do TS Nguyễn Văn Anh sáng lập và điều hành.

Hiện nhóm đang ở giai đoạn ba: hoàn thiện phiên bản thương mại hóa và chuẩn bị đưa sản phẩm ra thị trường thông qua DreamWeldTech. Mục tiêu của bước tiếp theo là phát triển phiên bản hoàn chỉnh đáp ứng tiêu chuẩn công nghiệp, đồng thời mở rộng ứng dụng sang các cơ sở giáo dục, nơi công nghệ này có thể trở thành nền tảng đào tạo và nghiên cứu về sản xuất tiên tiến.