NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG QUY TRÌNH ĐÀO TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC NHÂN SỰ HÀN ROBOT THEO TIÊU CHUẨN AWS D16.4 TRONG GIÁO DỤC NGHỀ NGHIỆP TẠI VIỆT NAM

Trần Minh Đức, Tô Thanh Tuần, Vũ Hải Linh
Trường Cao đẳng Công nghệ Quốc tế LILAMA 2
Email: tranminhduc8479@gmail.com, tuan.to.thanh81@gmail.com, linhhai90@gmail.com

Tóm tắt: *Nghiên cứu xây dựng quy trình đào tạo, đánh giá năng lực và cấp chứng nhận nhân sự hàn hồ quang bằng robot theo tiêu chuẩn AWS D16.4M/D16.4:2015, phù hợp với điều kiện giáo dục nghề nghiệp tại Việt Nam. Trên cơ sở phân tích và chuyển hóa các yêu cầu của tiêu chuẩn, nghiên cứu đề xuất chuẩn đầu ra, chương trình đào tạo, phương pháp đánh giá lý thuyết và thực hành cho ba cấp độ năng lực: Người vận hành (CRAW O), Kỹ thuật viên (CRAW T) và Kỹ sư (CRAW E). Kết quả nghiên cứu góp phần xây dựng hệ thống đào tạo và đánh giá thống nhất, bảo đảm tính tương thích với chuẩn quốc tế, đáp ứng yêu cầu của doanh nghiệp và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực hàn robot tại Việt Nam.*

Từ khóa: *Hàn hồ quang bằng robot; AWS D16.4; đào tạo nhân sự hàn; đánh giá năng lực; cấp chứng nhận; giáo dục nghề nghiệp.*

RESEARCH ON DEVELOPING A TRAINING AND COMPETENCY ASSESSMENT PROCESS FOR ROBOTIC WELDING PERSONNEL BASED ON THE AWS D16.4 STANDARD IN VIETNAMESE VOCATIONAL EDUCATION

Abstract: *This study aims to develop a training process, competency assessment system, and certification procedure for robotic arc welding personnel based on the AWS D16.4M/D16.4:2015 standard, adapted to the context of vocational education in Vietnam. Based on an analysis of the standard's requirements, the study proposes learning outcomes, training programs, and theoretical and practical assessment methods for three competency levels: Certified Robotic Arc Welding Operator (CRAW O), Certified Robotic Arc Welding Technician (CRAW T), and Certified Robotic Arc Welding Engineer (CRAW E). The proposed framework contributes to standardizing training and competency assessment, ensuring alignment with international standards while meeting the practical needs of vocational education and industry in Vietnam.*

Keywords: *robotic arc welding; AWS D16.4; welding personnel training; competency assessment; certification; vocational education.*

Nhận bài: 21/06/2026 Phản biện: 21/07/2026 Duyệt đăng: 24/07/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàn hồ quang bằng robot đang được ứng dụng rộng rãi trong ngành chế tạo cơ khí hiện đại, trong đó năng lực của nhân sự vận hành và quản lý có vai trò quyết định đến chất lượng và hiệu quả sản xuất. Tiêu chuẩn **AWS D16.4M/D16.4:2015** là cơ sở quốc tế để đào tạo, đánh giá và cấp chứng nhận năng lực nhân sự hàn robot [1]. Tuy nhiên, tại Việt Nam, công tác đào tạo và đánh giá vẫn chưa được chuẩn hóa, chưa đáp ứng đầy đủ yêu cầu của doanh nghiệp và tiêu chuẩn quốc tế.

Nghiên cứu đề xuất quy trình đào tạo, đánh giá năng lực và cấp chứng chỉ theo tiêu chuẩn **AWS D16.4M/D16.4:2015** phù hợp với điều kiện giáo dục nghề nghiệp tại Việt Nam. Điểm mới của nghiên cứu là xây dựng hệ thống chuẩn đầu ra, ma trận năng lực, quy trình đào tạo và đánh giá cho ba nhóm đối tượng: người vận hành, kỹ thuật viên và kỹ sư hàn robot, góp phần chuẩn hóa nguồn nhân lực theo định hướng hội nhập quốc tế.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích tài liệu, so sánh đối chiếu và xây dựng mô hình ứng dụng. Các yêu cầu của tiêu chuẩn **AWS D16.4M/D16.4:2015** cùng các tiêu chuẩn liên quan được phân tích và đối chiếu với điều kiện thực tế của giáo dục nghề nghiệp Việt Nam để xây dựng chuẩn đầu ra, ma trận năng lực, quy trình đào tạo, đánh giá và cấp chứng chỉ. Mô hình đề xuất bảo đảm bám sát tiêu chuẩn quốc tế, đồng thời phù hợp với điều kiện triển khai tại các cơ sở giáo dục nghề nghiệp và doanh nghiệp trong nước.

III. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

3.1. Bối cảnh và sự cần thiết của đào tạo nhân sự hàn robot

Công nghệ hàn hồ quang bằng robot ngày càng được ứng dụng rộng rãi nhờ năng suất và chất lượng cao. Theo tiêu chuẩn **AWS D16.4M/D16.4:2015,** hiệu quả vận hành phụ thuộc trực tiếp vào năng lực của nhân sự ở từng cấp độ. Tuy nhiên, chương trình đào tạo tại Việt Nam chưa được chuẩn hóa theo tiêu chuẩn quốc tế, dẫn đến khoảng cách giữa năng lực người học và yêu cầu

của doanh nghiệp. Vì vậy, việc xây dựng chương trình đào tạo theo **AWS D16.4** là cần thiết nhằm trang bị kiến thức, kỹ năng vận hành, lập trình, kiểm soát chất lượng và bảo đảm an toàn, đồng thời tạo cơ sở công nhận năng lực theo chuẩn quốc tế.

3.2. Cơ sở tiêu chuẩn áp dụng

Nghiên cứu sử dụng **AWS D16.4M/D16.4:2015** làm tiêu chuẩn nền tảng để xây dựng chương trình đào tạo và đánh giá cho ba cấp độ năng lực: CRAW-O, CRAW-T và CRAW-E. Đồng thời, nghiên cứu tham chiếu các tiêu chuẩn AWS A2.4, AWS A3.0, AWS Z49.1 và AWS D16.1, D16.2, D16.3 về ký hiệu kỹ thuật, thuật ngữ, an toàn lao động, cấu trúc hệ thống và đánh giá rủi ro. Việc áp dụng đồng bộ các tiêu chuẩn này bảo đảm cơ sở khoa học, đồng thời tạo điều kiện xây dựng chương trình đào tạo và đánh giá phù hợp với chuẩn quốc tế và thực tiễn giáo dục nghề nghiệp tại Việt Nam.

3.3. Chuyển đổi AWS D16.4 thành chuẩn đầu ra theo ba cấp độ đạt chuẩn năng lực quốc tế

Nghiên cứu chuyển hóa các yêu cầu trong **AWS D16.4M/D16.4:2015** thành hệ thống chuẩn đầu ra phù hợp với điều kiện đào tạo tại Việt Nam, đảm bảo giữ nguyên bản chất yêu cầu của chuẩn quốc tế. Quá trình chuyển đổi đảm bảo các chỉ tiêu rõ ràng, đo lường được, tạo điều kiện áp dụng trong đào tạo và đánh giá năng lực tương đương chuẩn quốc tế.

Bảng 1: Xây dựng ma trận chuẩn năng lực quốc tế

Nhóm năng lực chính	Nội dung yêu cầu chi tiết	Cấp 1	Cấp 2	Cấp 3
		CRAW O (Người vận hành)	CRAW-T(Kỹ thuật viên)	CRAW-E(Kỹ sư)
Kiến thức cơ bản và chuyên ngành	Nắm vững cấu tạo, nguyên lý hoạt động của hệ thống hàn hồ quang bằng robot; hiểu thuật ngữ chuyên ngành, ký hiệu hàn và các khái niệm cơ bản theo quy định quốc tế [2, 3]	Nắm vững kiến thức cơ bản, đủ để vận hành thiết bị	Nắm vững kiến thức hệ thống, hiểu rõ ảnh hưởng của các yếu tố đến quá trình hàn	Nắm vững lý thuyết chuyên sâu, cơ sở khoa học của quá trình hàn và tính chất vật liệu
An toàn lao động và phòng ngừa rủi ro	Nhận biết các quy định an toàn, thiết bị bảo vệ, biện pháp phòng ngừa rủi ro trong quá trình vận hành, lắp đặt và bảo trì hệ thống [4, 7, 9]	Tuân thủ đúng quy trình an toàn cơ bản, sử dụng đúng thiết bị bảo hộ	Đánh giá được các nguy cơ thông thường, đề xuất biện pháp xử lý ban đầu	Xây dựng quy trình an toàn, đánh giá rủi ro toàn diện, hướng dẫn và giám sát thực hiện
Vận hành và bảo dưỡng thiết bị	Thực hiện quy trình khởi động, giám sát hoạt động, bảo trì định kỳ, thay thế phụ tùng và xử lý các sự cố thường gặp [1, 8]	Thực hiện đúng quy trình vận hành và bảo dưỡng cơ bản theo hướng dẫn	Thực hiện bảo dưỡng nâng cao, chẩn đoán và khắc phục các lỗi kỹ thuật thông thường	Lập kế hoạch bảo trì tổng thể, quản lý tình trạng thiết bị, phân tích nguyên nhân hỏng hóc

Lập trình và điều chỉnh quy trình hàn	Sử dụng bộ điều khiển, xây dựng, chỉnh sửa chương trình hàn, điều chỉnh và tối ưu các thông số công nghệ theo yêu cầu sản xuất [1, 2, 8]	Điều chỉnh được các thông số cơ bản, thực hiện các chương trình có sẵn	Xây dựng và chỉnh sửa chương trình hoàn chỉnh, tối ưu thông số theo điều kiện thực tế	thiết kế quy trình công nghệ hàn, lập tài liệu quy trình hàn (WPS) và phê duyệt quy trình
Kiểm tra và đánh giá chất lượng mối hàn	Thực hiện các phương pháp kiểm tra, đánh giá chất lượng, nhận biết và phân tích khuyết tật của mối hàn theo tiêu chuẩn [1, 3]	Kiểm tra trực quan, nhận biết các khuyết tật rõ ràng	Đánh giá chất lượng theo tiêu chí chấp nhận được, thực hiện kiểm tra cơ bản	Chỉ đạo các phương pháp kiểm tra phá hủy và không phá hủy, phân tích nguyên nhân và đề xuất biện pháp khắc phục
Yêu cầu về kinh nghiệm và trình độ	Đáp ứng yêu cầu về thời gian thực hành, trình độ học vấn và chứng chỉ theo quy định của tiêu chuẩn [1]	Tối thiểu 1.000 giờ kinh nghiệm thực hành hàn; Bằng tốt nghiệp trung học phổ thông hoặc tương đương	Tối thiểu 1.500 giờ kinh nghiệm thực hành;Bằng cao đẳng kỹ thuật hoặc tương đương	Bằng đại học kỹ thuật trở lên;Có chứng chỉ kiểm tra hàn quốc tế CWI hoặc tương đương

Ma trận chuẩn năng lực đề xuất trở thành cơ sở chính để xây dựng chương trình đào tạo chi tiết, thiết kế nội dung bài giảng, xây dựng đề cương kiểm tra lý thuyết và bài thực hành cho từng cấp độ. Đồng thời, nó là tài liệu tham chiếu quan trọng trong quá trình đánh giá kết quả học tập, xác minh năng lực thực tế và cấp chứng nhận cho người học.

3.4. Đề xuất quy trình đào tạo và đánh giá năng lực theo chuẩn quốc tế

Dựa trên tiêu chuẩn AWS D16.4M/D16.4:2015, nghiên cứu đề xuất quy trình đào tạo và đánh giá theo ba cấp độ, đảm bảo giữ nguyên yêu cầu quốc tế và phù hợp với điều kiện tại Việt Nam.

• Cấp 1 (CRAW-O): Dành cho người tốt nghiệp THPT, Người học được trang bị kiến thức cơ bản, an toàn theo AWS Z49.1, D16.1 và kỹ năng vận hành, bảo dưỡng đơn giản.

• Cấp 2 (CRAW-T): Yêu cầu có chứng nhận CRAW-O hoặc bằng cao đẳng, Người học được nâng cao kiến thức công nghệ hàn, đánh giá rủi ro theo AWS D16.3 và kỹ năng lập trình, kiểm tra chất lượng.

• Cấp 3 (CRAW-E): Yêu cầu chứng nhận CRAW-T hoặc bằng đại học, người học được trang bị kiến thức chuyên sâu, quản lý hệ thống theo AWS D16.2, D16.3 và kỹ năng thiết kế quy trình hàn, hướng dẫn nhân sự robot hàn.

Đánh giá bài thi kết thúc khóa học bao gồm hai phần: kiểm tra lý thuyết và kiểm tra thực hành, kết quả đánh giá công nhận năng lực tuân thủ chặt chẽ quy định của AWS D16.4 và cấu trúc bài thi CRAW.

3.5. Đề xuất phương pháp đánh giá năng lực

Để đảm bảo tính khách quan, chính xác, toàn diện và hoàn toàn tương đương với yêu cầu của tiêu chuẩn quốc tế AWS D16.4M/D16.4:2015, nghiên cứu đề xuất phương pháp đánh giá năng lực dựa trên nguyên tắc kết hợp giữa kiểm tra kiến thức lý thuyết và đánh giá năng lực thực hành. Phương pháp này được xây dựng để đo lường chính xác mức độ đạt được chuẩn đầu ra theo từng cấp độ, đồng thời đảm bảo tính khả thi khi áp dụng trong điều kiện thực tế tại Việt Nam.

Phương pháp đánh giá bao gồm hai thành phần chính: kiểm tra kiến thức lý thuyết và kiểm tra năng lực thực hành, với tỷ trọng điểm số được phân bổ phù hợp với đặc thù công việc thực tế.

a) Kiểm tra kiến thức lý thuyết

• Mục đích: Xác minh mức độ nắm vững kiến thức cơ bản và chuyên sâu, hiểu đúng các quy định tiêu chuẩn, quy trình công nghệ và quy tắc an toàn tương ứng với từng cấp độ.

• Hình thức thực hiện: Thi viết kết hợp giữa câu hỏi trắc nghiệm khách quan và câu hỏi tự luận, đảm bảo bao quát toàn bộ phạm vi kiến thức theo ma trận chuẩn năng lực.

• Nội dung kiểm tra theo cấp độ:

✓ Cấp 1 (CRAW-O): Cấu tạo và nguyên lý hoạt động hệ thống hàn robot, thuật ngữ và ký hiệu hàn theo AWS A2.4, AWS A3.0, quy tắc an toàn cơ bản theo AWS Z49.1 và AWS D16.1, ý nghĩa và tác dụng của các thông số công nghệ hàn cơ bản.

✓ Cấp 2 (CRAW-T): Lý thuyết quá trình hàn hồ quang, ảnh hưởng của các thông số đến chất lượng mối hàn, cấu trúc hệ thống điều khiển robot, phương pháp đánh giá rủi ro theo AWS D16.3, quy trình xây dựng quy trình công nghệ hàn cơ bản.

✓ Cấp 3 (CRAW-E): Cơ sở lý thuyết về vật liệu và quá trình hàn, phương pháp kiểm tra phá hủy và không phá hủy, quy trình xây dựng, kiểm tra và phê duyệt tài liệu quy trình hàn (WPS), quy định về lắp đặt, quản lý hệ thống theo AWS D16.2, AWS D16.3 và hệ thống tiêu chuẩn quốc tế liên quan.

b) Kiểm tra năng lực thực hành

Đây là thành phần trọng tâm, chiếm tỷ trọng cao nhất trong tổng điểm, được thiết kế theo đúng quy trình công việc thực tế:

• Mục đích: Đánh giá khả năng vận dụng kiến thức vào thực tế, mức độ thành thạo kỹ năng, cách xử lý tình huống và đảm bảo chất lượng, an toàn trong quá trình làm việc.

• Điều kiện thực hiện: Thiết bị, vật liệu, mẫu thử, dụng cụ đo kiểm và môi trường kiểm tra phải tuân theo quy định chi tiết trong AWS D16.4 và hướng dẫn thi CRAW, đảm bảo điều kiện tương đồng với thực tế sản xuất.

• Tiêu chí đánh giá chi tiết theo từng cấp độ

Bảng 2. Tiêu chí và tỷ trọng điểm đánh giá thực hành

Cấp độ	Nội dung đánh giá chính	Tiêu chí đạt yêu cầu	Tỷ trọng điểm
CRAW-O	- Thao tác khởi động, vận hành, giám sát và dừng hệ thống - Điều chỉnh thông số cơ bản - Thực hiện bảo dưỡng đơn giản - Phát hiện và xử lý tình huống thông thường - Tuân thủ quy trình an toàn	- Thao tác đúng quy trình, không gây nguy hiểm - Thông số phù hợp yêu cầu - Hoàn thành đúng thời gian - Mối hàn đạt yêu cầu hình thức cơ bản - Không vi phạm quy định an toàn	70%
CRAW-T	- Lập trình, chỉnh sửa chương trình hàn - Điều chỉnh và tối ưu thông số công nghệ - Kiểm tra, đánh giá chất lượng mối hàn - Chẩn đoán và khắc phục lỗi kỹ thuật thường gặp - Quản lý quy trình làm việc	- Chương trình chính xác, phù hợp chi tiết - Thông số ổn định, đảm bảo chất lượng - Đánh giá đúng tiêu chí chấp nhận được - Khắc phục lỗi nhanh, hiệu quả - An toàn và tiết kiệm nguyên vật liệu	75%
CRAW-E	- Thiết kế và xây dựng quy trình công nghệ hàn (WPS) - Chỉ đạo thực hiện quy trình phức tạp - Phân tích nguyên nhân khuyết tật và đề xuất giải pháp - Đánh giá rủi ro và lập kế hoạch bảo trì - Hướng dẫn, giám sát nhân sự cấp dưới	- Quy trình xây dựng phù hợp tiêu chuẩn và yêu cầu kỹ thuật - Phân tích chính xác, giải pháp hiệu quả - Đánh giá rủi ro toàn diện - Khả năng tổ chức, hướng dẫn rõ ràng - Đảm bảo chất lượng và an toàn tổng thể	80%

3.6. Đề xuất quy trình cấp chứng chỉ

Mô hình cấp chứng chỉ được xây dựng dựa trên quy định của tiêu chuẩn AWS D16.4M/D16.4:2015, kết hợp với điều kiện quản lý thực tế tại Việt Nam, đảm bảo tính hợp lệ, minh bạch và khả năng công nhận tương đương trên phạm vi quốc tế. Mô hình này tạo sự liên kết chặt chẽ với quy trình đào tạo và phương pháp đánh giá đã đề xuất, hoàn thành hệ thống quản lý năng lực nhân sự theo chuẩn quốc tế.

Quy trình thực hiện bao gồm bốn giai đoạn liên tiếp, đảm bảo tính chính xác và chặt chẽ:

• *Giai đoạn 1: Kiểm tra đủ điều kiện tham gia*

Người đề nghị cấp chứng chỉ cần nộp hồ sơ chứng minh đủ điều kiện về trình độ học vấn, kinh nghiệm thực tế hoặc chứng chỉ cấp dưới tương ứng, được xem xét và xác nhận bởi cơ quan tổ chức đánh giá theo quy định của AWS D16.4.

• *Giai đoạn 2: Tham gia và hoàn thành đánh giá năng lực*

Tham gia đầy đủ các phần kiểm tra lý thuyết và thực hành theo phương pháp đã đề xuất, đạt yêu cầu theo tiêu chí đánh giá đã quy định. Hội đồng đánh giá phải bao gồm các chuyên gia có đủ trình độ, kinh nghiệm và chứng chỉ chuyên môn phù hợp để đảm bảo tính khách quan.

• *Giai đoạn 3: Xem xét và phê duyệt*

Kết quả đánh giá được tổng hợp và trình hội đồng phê duyệt. Hồ sơ bao gồm đơn đề nghị, giấy tờ chứng minh điều kiện tham gia, biên bản kiểm tra, kết quả chấm điểm và các tài liệu liên quan, được xem xét đầy đủ trước khi ra quyết định cấp chứng chỉ.

• *Giai đoạn 4: Cấp chứng chỉ và quản lý thông tin*

Sau khi được phê duyệt, cơ quan có thẩm quyền cấp chứng chỉ chính thức. Toàn bộ thông tin người được cấp chứng chỉ được lưu vào cơ sở dữ liệu quản lý tập trung, bao gồm: họ tên, số hiệu chứng chỉ duy nhất, cấp độ, ngày cấp, thời hạn hiệu lực, kết quả đánh giá và hồ sơ liên quan, đảm bảo khả năng tra cứu và xác minh khi cần thiết.

Quy trình cấp chứng chỉ này đảm bảo sự nhất quán với chuẩn quốc tế, tạo điều kiện thuận lợi cho việc công nhận năng lực tại các doanh nghiệp trong nước và quốc tế. Xây dựng cơ chế quản lý khoa học, minh bạch, dễ dàng kiểm soát và truy xuất thông tin. Khuyến khích người lao động liên tục nâng cao trình độ, góp phần nâng cao chất lượng nguồn nhân lực ngành hàn công nghiệp. Phù hợp với điều kiện tổ chức và quản lý tại Việt Nam, dễ dàng triển khai và nhân rộng trên thực tế.

3.7. Đánh giá khả năng áp dụng tại Việt Nam

Hệ thống giáo dục nghề nghiệp Việt Nam hiện có quy mô lớn với 1.878 cơ sở giáo dục nghề nghiệp (tính đến tháng 11/2024), tạo điều kiện thuận lợi để triển khai các chương trình đào tạo theo chuẩn kỹ năng nghề quốc tế. Đồng thời, nhu cầu nhân lực trong các ngành cơ khí, chế tạo, ô tô, đóng tàu và sản xuất công nghiệp ngày càng tăng, cùng xu hướng ứng dụng robot hàn trong sản xuất, đặt ra yêu cầu chuẩn hóa đào tạo và đánh giá năng lực nhân sự hàn robot theo tiêu chuẩn AWS D16.4.

Về điều kiện triển khai, Trường Cao đẳng Công nghệ Quốc tế LILAMA 2 đã có chương trình đào tạo về công nghệ hàn và hàn robot với các nội dung như an toàn lao động, lập trình robot, quy trình hàn, kiểm tra chất lượng và ứng dụng trong sản xuất. Đây là cơ sở thực tiễn thuận lợi để từng bước triển khai chương trình đào tạo và đánh giá theo các cấp độ CRAW-O, CRAW-T và CRAW-E.

Nhìn chung, mô hình đề xuất có tính khả thi do vừa bám sát tiêu chuẩn quốc tế, vừa phù hợp với điều kiện đào tạo và nhu cầu sử dụng nhân lực của doanh nghiệp tại Việt Nam. Đây là cơ sở để từng bước chuẩn hóa công tác đào tạo và đánh giá năng lực nhân sự hàn robot trong hệ thống giáo dục nghề nghiệp.

IV. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu xây dựng quy trình đào tạo, đánh giá năng lực và cấp chứng nhận nhân sự hàn hồ quang bằng robot theo định hướng tiêu chuẩn AWS D16.4M/D16.4:2015, phù hợp với điều kiện giáo dục nghề nghiệp tại Việt Nam. Trên cơ sở phân tích các yêu cầu về kiến thức, kỹ năng, kinh nghiệm và trình độ của ba cấp độ CRAW-O, CRAW-T và CRAW-E, nghiên cứu đề xuất hệ thống chuẩn đầu ra, ma trận năng lực, nội dung đào tạo, phương pháp đánh giá lý thuyết – thực hành và quy trình cấp chứng chỉ. Kết quả nghiên cứu là cơ sở tham khảo cho các cơ sở đào tạo nghề trong việc chuẩn hóa chương trình đào tạo nhân sự hàn robot, góp phần nâng cao chất lượng đào tạo, an toàn lao động và khả năng đáp ứng nhu cầu của doanh nghiệp sản xuất công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

American Welding Society. AWS D16.4M/D16.4:2015 – Specification for the Qualification of Robotic Arc Welding Personnel. 3rd ed. Miami, FL: American Welding Society; 2015.

American Welding Society. AWS A2.4:2020 – Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination. 8th ed. Miami, FL: American Welding Society; 2020.

American Welding Society. AWS A3.0M/A3.0:2025 – Standard Welding Terms and Definitions, Including Terms for Additive Manufacturing, Adhesive Bonding, Brazing, Soldering, Thermal Cutting, Thermal Spraying, and Nondestructive Examination. 14th ed. Miami, FL: American Welding Society; 2025.

American Welding Society. ANSI Z49.1:2021 – Safety in Welding, Cutting, and Allied Processes. Miami, FL: American Welding Society; 2021.

American Welding Society. Examination User Guide: Certified Robotic Arc Welding (CRAW) Exam. Cert. Rev. 09.30.2025. Miami, FL: American Welding Society; 2025.

American Welding Society. AWS QC19-2002 – Standard for the AWS Certification of Arc Welding Personnel. Miami, FL: American Welding Society; 2002.

American Welding Society. AWS D16.1M/D16.1:2004 – Specification for Robotic Arc Welding Safety. Miami, FL: American Welding Society; 2004.

American Welding Society. AWS D16.2M/D16.2:2007 – Guide for Components of Robotic and Automatic Arc Welding Installations. 3rd ed. Miami, FL: American Welding Society; 2007.

American Welding Society. AWS D16.3M/D16.3:2009 – Risk Assessment Guide for Robotic Arc Welding. 2nd ed. Miami, FL: American Welding Society; 2009.

Tổng cục Thống kê. Thông cáo báo chí tình hình kinh tế - xã hội quý IV và năm 2024. Hà Nội: Tổng cục Thống kê; 2025.https://www.nso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2025/01/thong-cao-bao-chi-tinh-hinh-kinh-te-xa-hoi-quy-iv-va-nam-2024/.

Trường Cao đẳng Công nghệ Quốc tế LILAMA 2. Hàn robot (Robot Welding Operator). Đồng Nai: LILAMA 2; 2020. https://lilama2.edu.vn/khoa-han/gioi-thieu/han-robot-%28-robot-welding-operator-%29-1316.html;