ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GIA CÔNG LASER TRONG ĐÀO TẠO NGÀNH HÀN THEO ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC THỰC HÀNH

Ngô Ngọc Sơn
Khoa Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Vinh
Email: Ngosonktv@gmail.com

Tóm tắt: *Công nghệ laser đang được sử dụng rộng rãi trong cắt, hàn, khoan, xử lý bề mặt và chế tạo hiện đại nhờ khả năng tập trung năng lượng cao, tốc độ xử lý lớn và thuận lợi cho tự động hóa. Bài viết phân tích cơ sở kỹ thuật của gia công laser và đề xuất hướng tích hợp nội dung này vào đào tạo ngành hàn. Trên cơ sở tổng hợp tài liệu và điều kiện tổ chức thực hành của cơ sở đào tạo với quy mô tối đa 25 sinh viên/nhóm, nghiên cứu xác định bốn nhóm năng lực cần hình thành và đề xuất mô hình 05 tiểu nhóm luân phiên qua các trạm học tập. Mô đun được tổ chức theo chu trình lý thuyết – an toàn – thiết lập thông số – quan sát/vận hành – đo kiểm – phân tích sản phẩm, qua đó góp phần cập nhật công nghệ và nâng cao năng lực thực hành cho sinh viên ngành hàn.*

Từ khóa: *công nghệ laser; cắt laser; hàn laser; đào tạo ngành hàn; năng lực thực hành.*

APPLICATION OF LASER MATERIAL PROCESSING TECHNOLOGY IN WELDING EDUCATION TOWARDS PRACTICAL COMPETENCE DEVELOPMENT

Abstract: *Laser technology has been widely applied in cutting, welding, drilling, surface treatment, and modern manufacturing due to its high energy concentration, high processing speed, and suitability for automation. This paper analyzes the technical fundamentals of laser processing and proposes an approach to integrating this technology into welding education. Based on a review of relevant literature and the practical training conditions of an educational institution, with a maximum class size of 25 students, the study identifies four key competency groups to be developed and proposes a rotational learning model consisting of five small groups assigned to different learning stations. The module is organized according to a structured sequence comprising theoretical instruction, safety training, parameter setting, observation and operation, measurement and inspection, and product analysis. This approach contributes to updating students' knowledge of advanced manufacturing technologies and enhancing the practical competencies of welding students.*

Keywords: *laser technology; laser cutting; laser welding; welding education; practical competence.*

Nhận bài: 15/09/2026 Phản biện: 15/10/2026 Duyệt đăng: 18/10/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đào tạo ngành hàn có đặc trưng gắn chặt với thiết bị, quy trình công nghệ và kỹ năng thực hành. Trong khi các phương pháp hàn hồ quang và cắt nhiệt truyền thống vẫn giữ vai trò nền tảng, sản xuất hiện đại đang tăng cường sử dụng các nguồn năng lượng có mật độ công suất cao, hệ thống điều khiển số và tự động hóa. Vì vậy, nội dung đào tạo cần giúp người học không chỉ thực hiện được các quy trình hàn – cắt truyền thống mà còn có khả năng tiếp cận, nhận biết và vận hành các công nghệ mới. Bản thảo ban đầu đã tổng hợp khá đầy đủ các đặc điểm của cắt laser, phạm vi vật liệu và một số chế độ công nghệ. Tuy nhiên, nếu tiếp cận dưới góc độ khoa học giáo dục, vấn đề quan trọng hơn là xác định những kiến thức, kỹ năng và thiết bị nào cần được đưa vào quá trình đào tạo ngành hàn, ở mức độ nào và tổ chức dạy học ra sao để phù hợp với năng lực của cơ sở đào tạo. Laser là nguồn bức xạ điện từ có tính đơn sắc, tính định hướng và khả năng hội tụ cao. Khi chùm tia được hội tụ lên bề mặt vật liệu, mật độ năng lượng lớn cho phép thực hiện các quá trình nung nóng, nóng chảy, bay hơi hoặc biến đổi bề mặt. Trong gia công vật liệu, các ứng dụng phổ biến gồm cắt, khoan, hàn, xử lý bề mặt và chế tạo bồi đắp. Vì vậy, đối với đào tạo ngành hàn, laser nên được tiếp cận như một công nghệ gia công hiện đại gắn với thiết bị số, tự động hóa, kiểm soát chất lượng và an toàn. Từ thực tiễn trên, bài viết tập trung vào hai mục tiêu: (i) hệ thống hóa những nội dung công nghệ laser có giá trị trực tiếp đối với sinh viên ngành hàn; (ii) đề xuất cấu trúc mô đun và phương thức tổ chức đào tạo có khả năng triển khai theo điều kiện thiết bị của cơ sở giáo dục nghề nghiệp và đại học ứng dụng.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu kết hợp phân tích, tổng hợp và đối sánh nội dung đào tạo. Các tài liệu được lựa chọn tập trung vào ba nhóm nội dung: Nguyên lý và đặc điểm công nghệ cắt, hàn bằng laser; Các thông số công

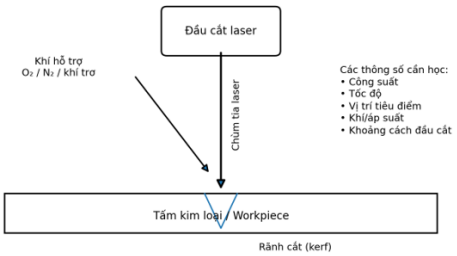
nghệ ảnh hưởng đến quá trình gia công và chất lượng sản phẩm; Yêu cầu về an toàn, thiết bị và tổ chức thực hành laser. Trên cơ sở phân tích mối liên hệ giữa đặc điểm công nghệ với yêu cầu năng lực của người học ngành hàn, các nội dung được lựa chọn và cấu trúc lại theo hướng phục vụ đào tạo thực hành. Từ đó, nghiên cứu xác định các nhóm năng lực cần hình thành, xây dựng nội dung mô đun và đề xuất phương thức tổ chức thực hành phù hợp với điều kiện đào tạo tối đa 25 sinh viên/nhóm.

2.2. Đặc điểm công nghệ laser có ý nghĩa đối với đào tạo ngành hàn

So với cắt oxy – khí cháy và plasma, cắt laser là quá trình gia công không tiếp xúc, năng lượng được hội tụ trên vùng nhỏ nên có khả năng tạo rãnh cắt hẹp, độ chính xác cao và hạn chế vùng ảnh hưởng nhiệt khi lựa chọn chế độ phù hợp. Chất lượng cắt phụ thuộc đồng thời vào công suất laser, tốc độ cắt, vị trí tiêu điểm, đường kính đầu phun, khoảng cách đầu cắt – phôi, loại và áp suất khí hỗ trợ cũng như tính chất quang – nhiệt của vật liệu. Trong cắt laser, khí hỗ trợ có nhiệm vụ đẩy vật liệu nóng chảy và sản phẩm phản ứng ra khỏi rãnh cắt; với cắt oxy, phản ứng oxy hóa còn bổ sung nhiệt cho quá trình, trong khi nitơ hoặc khí trơ được dùng khi cần hạn chế oxy hóa bề mặt. Đối với hàn laser, hai chế độ tương tác nhiệt thường gặp là hàn dẫn nhiệt (conduction mode) và hàn lỗ khóa (keyhole mode); sự chuyển đổi giữa các chế độ liên quan đến mật độ công suất, tốc độ hàn, tiêu điểm, đặc tính vật liệu và điều kiện bảo vệ. Đối với đào tạo ngành hàn, không cần chuyển toàn bộ nội dung vật lý laser thành một học phần quang học chuyên sâu. Cần lựa chọn kiến thức theo nguyên tắc "đủ để hiểu – đủ để lựa chọn – đủ để vận hành và đánh giá". Bảng 1 khái quát những khác biệt có ý nghĩa sư phạm giữa ba nhóm công nghệ cắt thường gặp.

Bảng 1. So sánh một số đặc trưng phục vụ lựa chọn nội dung đào tạo

Tiêu chí	Oxy – khí cháy	Plasma	Laser
Đối tượng vật liệu	Chủ yếu thép các-bon và vật liệu đáp ứng điều kiện oxy hóa	Kim loại dẫn điện	Nhiều loại kim loại và phi kim, tùy nguồn laser và hệ thống
Cơ chế chính	Gia nhiệt sơ bộ + phản ứng oxy hóa	Hồ quang plasma nhiệt độ cao	Tương tác chùm tia hội tụ với vật liệu
Độ chính xác	Trung bình	Khá	Cao, phù hợp gia công tinh và tự động hóa
Biến dạng nhiệt	Có thể lớn với tấm mỏng	Trung bình	Có thể nhỏ khi chế độ phù hợp
Tự động hóa	Có	Rất thuận lợi	Rất thuận lợi; tích hợp CNC/robot
Nội dung an toàn trọng tâm	Khí cháy, oxy, cháy nổ	Điện, hồ quang, bức xạ, khói	Bức xạ laser, vùng nguy hiểm quang học, điện, khí, khói và liên động an toàn



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cắt laser và các thông số công nghệ cần hình thành cho người học

Ở Việt Nam, nghiên cứu của Nguyễn Đức Dương và cộng sự đã khảo sát việc xác định chính xác điểm hội tụ của chùm laser trong gia công vật liệu, cho thấy vị trí hội tụ là thông số có ý nghĩa đối với độ chính xác và hiệu quả của quá trình. Kết quả này là một cơ sở phù hợp để đưa nội dung

xác định tiêu điểm, thiết lập thông số và đánh giá sản phẩm vào bài thực hành thay vì chỉ giới thiệu nguyên lý công nghệ.

2.3. Xác định năng lực laser cần hình thành cho sinh viên ngành hàn

Từ yêu cầu nghề nghiệp và đặc điểm công nghệ, nội dung laser nên được tổ chức theo năng lực thay vì chỉ cung cấp danh sách thông số máy. Bốn nhóm năng lực cốt lõi được đề xuất như sau: Thứ nhất, năng lực nhận biết nguyên lý và thiết bị: giải thích được đặc trưng chùm tia, các bộ phận chính của hệ thống laser, đường truyền chùm tia, đầu cắt/đầu hàn, hệ thống khí, làm mát, bàn máy và cơ cấu điều khiển. Sinh viên cần phân biệt ở mức ứng dụng các nguồn CO_2, Nd:YAG và laser sợi quang (fiber laser), đồng thời nhận biết giới hạn của từng hệ thống. Thứ hai, năng lực thiết lập và lựa chọn thông số: xác định được mối quan hệ giữa công suất, tốc độ, vị trí tiêu điểm, đường kính vệt hội tụ, loại/áp suất khí hỗ trợ và chất lượng đường cắt hoặc mối hàn. Mục tiêu không phải ghi nhớ một bảng chế độ cố định, vì thông số phụ thuộc thiết bị và vật liệu, mà là biết đọc tài liệu công nghệ, thực hiện thử nghiệm có kiểm soát và điều chỉnh theo kết quả. Thứ ba, năng lực đánh giá chất lượng: quan sát và đo các chỉ tiêu như chiều rộng rãnh cắt, độ vuông góc, bavia, vùng ảnh hưởng nhiệt; đối với hàn laser là hình dạng mối hàn, chiều sâu ngấu, rỗ khí, nứt, lõm và các khuyết tật liên quan. Hoạt động này giúp liên kết công nghệ laser với các học phần kiểm tra chất lượng mối hàn. Thứ tư, năng lực an toàn và tự động hóa: nhận biết nguy cơ từ bức xạ laser trực tiếp và phản xạ, điện, cháy, khói/hơi kim loại và khí công nghệ; tuân thủ vùng kiểm soát, che chắn, liên động, dừng khẩn cấp và phương tiện bảo vệ phù hợp. TCVN 12670-1:2020 quy định phân loại thiết bị và các yêu cầu an toàn đối với sản phẩm laser; TCVN 12670-14:2020 cung cấp hướng dẫn sử dụng an toàn. Vì vậy, nội dung an toàn phải được hoàn thành trước khi người học tiếp cận quyền vận hành thiết bị. Đồng thời, sinh viên cần hiểu mối quan hệ giữa laser, CNC/robot, cảm biến và giám sát quá trình trong hệ thống sản xuất hiện đại.

2.4. Đề xuất mô đun "Công nghệ laser ứng dụng trong hàn – cắt"

Để phù hợp với đặc điểm đào tạo ứng dụng, bài viết đề xuất mô đun 60 giờ, có thể bố trí như một phần của học phần Công nghệ hàn đặc biệt/Công nghệ cắt hoặc một mô đun tự chọn. Cấu trúc được trình bày tại Bảng 2.

Bảng 2. Cấu trúc mô đun đề xuất

Chủ đề	Nội dung chính	Thời lượng	Sản phẩm/Năng lực đánh giá
1. Cơ sở laser	Nguyên lý, đặc trưng chùm tia, nguồn CO_2/Nd:YAG/fiber, tương tác laser – vật liệu	4 giờ	Giải thích sơ đồ và lựa chọn nguồn theo tình huống
2. An toàn laser	Phân loại nguy cơ; che chắn; liên động; PPE; quy trình trước vận hành	4 giờ	Checklist an toàn và nhận diện nguy cơ
3. Cắt laser	Cơ chế cắt; tiêu điểm; công suất; tốc độ; khí hỗ trợ; khuyết tật mép cắt	8 giờ	Thiết lập/đọc bảng thông số; đánh giá mẫu cắt
4. Hàn laser	Conduction/keyhole; thông số; khí bảo vệ; khuyết tật; kiểm soát chất lượng	8 giờ	Phân tích mối hàn và đề xuất điều chỉnh
5. CNC/robot và giám sát	Đường chạy; tọa độ; tích hợp thiết bị; cảm biến/monitoring	12 giờ	Mô phỏng hoặc lập trình bài tập đơn giản
6. Thực hành/Project	Thiết kế bài cắt/hàn; vận hành có giám sát hoặc mô phỏng; đo kiểm; báo cáo	24 giờ	Sản phẩm + phiếu đo + báo cáo kỹ thuật

2.5. Phương thức tổ chức dạy học và thiết bị

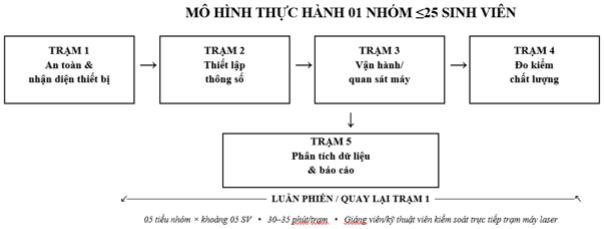
Phương thức tổ chức được thiết kế theo nguyên tắc lấy hoạt động thực hành và an toàn làm trung tâm. Người học đi từ chuẩn bị kiến thức, nhận diện nguy cơ, thiết lập chế độ, quan sát/vận hành có giám sát đến đo kiểm và phân tích sản phẩm.

Với điều kiện của Trường là tối đa 25 sinh viên/ nhóm thực hành, tổ chức theo các trạm luân phiên giúp hạn chế tình trạng nhiều sinh viên cùng tập trung quanh một thiết bị và tạo cơ hội cho từng người đảm nhận nhiệm vụ cụ thể.

2.5.1. Mô hình tổ chức thực hành với nhóm tối đa 25 sinh viên

Một nhóm thực hành được chia thành 05 tiểu nhóm, mỗi tiểu nhóm khoảng 05 sinh viên. Năm trạm gồm: (1) an toàn và nhận diện thiết bị; (2) chuẩn bị dữ liệu, lựa chọn vật liệu và thiết lập thông số; (3) quan sát/vận hành máy laser dưới giám sát trực tiếp; (4) đo kiểm đường cắt hoặc mối hàn; (5) xử lý dữ liệu, nhận diện khuyết tật và lập báo cáo. Mỗi tiểu nhóm luân phiên khoảng 30–35 phút/trạm tùy nội dung bài học.

Trong mỗi tiểu nhóm nên phân vai: trưởng nhóm kiêm kiểm soát checklist an toàn; sinh viên chuẩn bị file/thông số; sinh viên vận hành dưới giám sát; sinh viên đo kiểm; sinh viên ghi dữ liệu và tổng hợp báo cáo. Vai trò được đổi ở các bài tiếp theo để bảo đảm mọi sinh viên đều được rèn luyện các năng lực chính.



Hình 2. Mô hình 05 trạm thực hành cho một nhóm tối đa 25 sinh viên

2.5.2. Phương án thiết bị và không gian thực hành

Thiết bị được đề xuất theo ba mức để phù hợp khả năng đầu tư. Mức 1 gồm mô hình/sơ đồ hệ thống, video kỹ thuật, mẫu đường cắt – mối hàn, phần mềm CAD/CAM và phiếu thông số; phù hợp dạy nguyên lý, an toàn và đánh giá chất lượng. Mức 2 bổ sung thiết bị laser công suất phù hợp để huấn luyện thiết lập, vận hành và gia công mẫu dưới sự giám sát. Mức 3 sử dụng máy cắt laser CNC và hệ thống hàn laser công nghiệp tại trường hoặc doanh nghiệp liên kết để thực hành tích hợp.

Không gian thực hành cần phân vùng rõ khu vực máy, khu vực chuẩn bị dữ liệu – vật liệu, khu vực đo kiểm và khu vực thảo luận. Với hệ thống laser công suất cao, ưu tiên giải pháp bao che và liên động kỹ thuật; khu vực làm việc phải được kiểm soát theo cấp laser và đánh giá nguy cơ cụ thể. Phương tiện bảo vệ mắt phải phù hợp bước sóng và mức phơi nhiễm; không được xem kính bảo hộ là biện pháp thay thế cho bao che, liên động và kiểm soát kỹ thuật.

2.5.3. Quy trình tổ chức một buổi thực hành laser

Trước buổi học, sinh viên hoàn thành nội dung lý thuyết ngắn, bài kiểm tra an toàn và đọc trước phiếu công nghệ. Đầu buổi, giảng viên phổ biến mục tiêu, phân nhóm, kiểm tra khu vực làm việc và minh họa thao tác chuẩn. Sau đó các tiểu nhóm luân phiên qua các trạm; riêng trạm máy chỉ cho phép thao tác khi sinh viên đã đạt yêu cầu an toàn và có giảng viên/kỹ thuật viên giám sát. Trong giai đoạn thực hành, sinh viên thay đổi có kiểm soát một hoặc một số thông số như công suất, tốc độ, vị trí tiêu điểm hoặc chế độ khí theo bài tập; sau đó đo và ghi nhận đặc trưng sản phẩm. Cuối buổi, từng nhóm so sánh kết quả giữa các chế độ, giải thích nguyên nhân hình thành bavia, sai lệch hình học, vùng ảnh hưởng nhiệt hoặc khuyết tật mối hàn và đề xuất thông số hiệu chỉnh. Như vậy, sản phẩm của buổi học không chỉ là chi tiết đã gia công mà còn gồm phiếu thông số, dữ liệu đo và báo cáo phân tích.

2.5.4. Minh họa thiết bị, thao tác và môi trường thực hành

Các hình ảnh thực tế dưới đây được lựa chọn theo đúng chuỗi năng lực mà mô đun hướng tới: nhận diện quá trình cắt laser; thực hiện hàn laser trên các dạng liên kết; và tổ chức môi trường thực hành. Hình ảnh không chỉ mang tính minh họa mà được sử dụng để giảng viên đặt câu hỏi về vị trí đầu công tác, hướng chùm tia, gá lắp, đường hàn, vùng nguy hiểm và tiêu chí quan sát chất lượng.



Hình 3. Quá trình cắt tấm kim loại bằng laser trên hệ thống điều khiển số

Việc lựa chọn bài tập giáp mối và liên kết góc có cơ sở thực tiễn: các chương trình đào tạo hàn laser cầm tay hiện nay tổ chức thực hành trên nhiều dạng liên kết, từ butt joint đến fillet weld; nghiên cứu về hàn laser cầm tay cũng khảo sát butt, lap, edge, corner và T-joint. Do đó, hai dạng liên kết trong Hình 4 phù hợp để xây dựng bài thực hành từ cơ bản đến nâng cao.

2.6. Đánh giá kết quả học tập

Đánh giá nên kết hợp kiến thức, kỹ năng và thái độ an toàn. Có thể phân bổ: 20% kiểm tra nguyên lý và thông số; 20% bài nhận diện nguy cơ/an toàn; 30% thực hành hoặc mô phỏng thiết lập quá trình; 30% sản phẩm và báo cáo phân tích chất lượng. Rubric thực hành cần đánh giá tối thiểu bốn thành phần: tuân thủ quy trình an toàn; thiết lập đúng thông số; chất lượng sản phẩm; khả năng giải thích nguyên nhân và đề xuất hiệu chỉnh. Với cách đánh giá này, sinh viên không chỉ biết "laser cắt nhanh và chính xác" mà phải chứng minh được khả năng lựa chọn thông số, nhận diện sai lệch, đánh giá sản phẩm và làm việc an toàn. Đây là điểm cần nhấn mạnh khi tích hợp công nghệ mới vào đào tạo nghề hàn.

III. KẾT LUẬN

Gia công laser là một nội dung cần được cập nhật trong đào tạo ngành hàn vì có quan hệ trực tiếp với cắt, hàn, tự động hóa và kiểm soát chất lượng trong sản xuất hiện đại. Tuy nhiên, việc đưa laser vào chương trình không nên dừng ở mô tả ưu điểm hoặc liệt kê chế độ cắt của từng vật liệu. Cần chuyển sang tiếp cận theo năng lực, trong đó người học hiểu nguyên lý, lựa chọn được thông số, đánh giá được chất lượng và tuân thủ an toàn. Mô đun 60 giờ được đề xuất tạo một cấu trúc khả thi để tích hợp laser vào chương trình hiện có. Với quy mô tối đa 25 sinh viên/nhóm, mô hình 05 tiểu nhóm luân phiên giúp tăng mức độ tham gia của người học, giảm thời gian chờ và tăng khả năng kiểm soát an toàn tại trạm máy. Trong giai đoạn tiếp theo, cần triển khai thử nghiệm sư phạm trên một hoặc nhiều lớp, sử dụng rubric thống nhất để so sánh kết quả trước – sau, đồng thời bổ sung dữ liệu doanh nghiệp nhằm tiếp tục hiệu chỉnh nội dung và thời lượng thực hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

E. Kannatey-Asibu Jr. (2023), Principles of Laser Materials Processing, 2nd ed., Wiley.

J. Lawrence (Ed.) (2018), Advances in Laser Materials Processing: Technology, Research and Applications, 2nd ed., Woodhead Publishing.

TCVN 12670-1:2020 (IEC 60825-1:2014), An toàn sản phẩm laser – Phần 1: Phân loại thiết bị và các yêu cầu.

TCVN 12670-14:2020 (IEC/TR 60825-14:2004), An toàn sản phẩm laser – Phần 14: Hướng dẫn sử dụng.

Nguyễn Đức Dương, Thái Vũ Yến Nhi, Tào Đăng Khoa, Nguyễn Thị Phương Anh, Nguyễn Thị Kim Cúc, Cao Xuân Bình (2024), "Xác định điểm hội tụ của chùm laser với độ chính xác cao bằng xử lý ảnh tạo bởi ma trận vi thấu kính", Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 66(8), 6–12. DOI: 10.31276/VJST.66(8).06-12.