

THÔNG TIN VỀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Tên luận án: PHÂN TÍCH TRẠNG THÁI TỐI HẠN VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CHO MỐI HÀN LASER

Chuyên ngành: Cơ Kỹ thuật

Mã số: 9520101

Họ tên nghiên cứu sinh: NGUYỄN NHỰT PHI LONG

MSNCS: 12252010106

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. NGUYỄN HOÀI SƠN

Cơ sở đào tạo: Khoa Xây dựng – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TPHCM

1. Tóm tắt nội dung luận án:

Sự phát triển vượt bậc của công nghệ laser trong những năm gần đây đã dần dần thay thế các công nghệ truyền thống nói chung, và hàn laser sử dụng trong các ngành công nghiệp khác nhau đã tăng lên nhanh chóng với các tính năng độc đáo. Chất lượng mối hàn được đặc trưng bởi hình học mối hàn, ảnh hưởng đến việc xác định tính chất cơ học của mối hàn. Điều đó được thể hiện thông qua mối quan hệ mật thiết giữa các thông số đầu vào: vật liệu, bề dày vật hàn, laser power (công suất laser), welding speed (tốc độ hàn), fiber diameter (đường kính sợi quang) và thông số đầu ra: hệ số hấp thụ, thông số đặc trưng hình học mối hàn: weld zone width (bề rộng vùng hàn), weld penetration depth (độ ngấu mối hàn). Trong quá trình tiến hành thí nghiệm hay trong thực tế sản xuất, việc tiết kiệm vật liệu, công sức, thời gian là hết sức cần thiết, đòi hỏi giải pháp đem lại hiệu quả, năng suất cao.

Thứ nhất, đề tài luận án đã thực hiện xác định ngược giá trị hệ số hấp thụ và kích thước mối hàn điểm bằng laser. Trong phương pháp này, tại mỗi bước thời gian, vòng lặp Modified Newton – Raphson kết hợp với khái niệm bước thời gian kế tiếp (concept of future time) được sử dụng để xác định ngược giá trị hệ số hấp thụ. Điểm thuận lợi của phương pháp này là giá trị hệ số hấp thụ chưa biết và quá trình xác định giá trị hệ số hấp thụ được thực hiện từng bước thời gian cho đến thời điểm kết thúc khảo sát. Hai ứng dụng với giá trị hệ số hấp thụ là hằng số và hệ số hấp thụ là hàm số mũ theo thời gian gia nhiệt được thực hiện, cho thấy việc xác định ngược hệ số này bằng phương pháp đề xuất đạt sai số nhỏ hơn 1.5%. Đồng thời, giá trị kích thước mối hàn: chiều rộng và chiều sâu mối hàn đạt sai số lần lượt là nhỏ hơn 0.3% và 0.5 % so với giá trị mong muốn.

Thứ hai, việc **tối ưu hóa ngược** thông số đầu vào (Laser Power ‘LP’ (W), Welding Speed ‘WS’ (m/min), và Fiber Diameter ‘FD’ (μm)) của mối hàn laser cho thép không gỉ AISI 416 và AISI 440FSe nhằm kiểm soát kích thước mối hàn cần đạt (kích thước mối hàn được cài đặt trước): Weld Zone Width ‘WZW_{ref}’ (μm) và Weld Penetration Depth ‘WPD_{ref}’ (μm) bằng các thuật toán: tiến hóa vi sai cải tiến (MDE – Modified Differential Evolution), di truyền (GA – Genetic Algorithm) và JAYA. Kết quả tối ưu các tham số đầu vào của thuật toán GA với hệ số $\lambda = 0.1$ được so sánh với với kết quả thực nghiệm đo đạt bởi Khan [25] với sai số tương ứng là 1,89%, 4,80% và 2,92%. Đồng thời, luận án cũng trình bày so sánh kết quả tối ưu giữa ba giải thuật ngẫu nhiên nêu trên: Thuật toán MDE có chất lượng và

hiệu quả vượt trội so với các thuật toán JAYA và GA. Sau đó, thuật toán MDE tiếp tục được so sánh với với kết quả thực nghiệm đo đạt bởi Khan [25] với sai số dưới 10%.

Giải thuật tự động phát sinh lưới và tự động tăng bậc đa thức xấp xỉ được thực hiện giúp cho công việc tính toán linh hoạt và đa dạng. Phương pháp phân tử hữu hạn với h- refinement và p-refinement được đề xuất trong luận án này. Kết quả giá trị sai số chuẩn năng lượng biến dạng $\tilde{\eta}_{extra}$ cho bài toán lỗ vuông trong tấm vô hạn chịu kéo bằng phương pháp phân tử hữu hạn với h- p- refinement đạt giá trị lân cận 3%. Đồng thời, *theo hiểu biết của nghiên cứu sinh, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá độ tin cậy phương pháp này cho mỗi hàn nói chung và hàn laser nói riêng*. Một tính mới nữa trong luận án là thực hiện **đánh giá độ tin cậy** phương pháp phân tử hữu hạn với h- refinement và p-refinement cho mỗi hàn giáp mối thép AISI 1018 bằng laser đã đem lại kết quả rất khả quan. Cụ thể, với h- refinement, chỉ số hiệu dụng θ trong khoảng (0.653 – 0.446), $\bar{\theta} = 0.535$ và chỉ số đều $SD = 0.019$; và với p- refinement, các giá trị này lần lượt là θ trong khoảng (0.977 – 0.236), $\bar{\theta} = 0.506$ và $SD = 0.103$. Giá trị của kết quả thỏa mãn yêu cầu trong [88]: $1 \leq \eta (\%) \leq 10$, $\theta \leq 1.2$, $SD \leq 0.2$.

2. Những đóng góp mới của đề tài

Nhằm tận dụng tính độc đáo, ưu thế của công nghệ hàn laser, và là cơ sở phát triển kỹ thuật hàn laser hơn nữa trong công nghiệp, vấn đề đánh giá chất lượng mối hàn được xem xét dưới góc độ thông qua việc phân tích mối hàn ở trạng thái tối hạn và đánh giá độ tin cậy.

Đề tài luận án đã sử dụng phương pháp tuần tự để xác định ngược giá trị hấp thụ & tiên đoán kích thước mối hàn điềm laser; thuật toán tối ưu GA, Jaya & MDE thực hiện lựa chọn thông số đầu vào như công suất laser, tốc độ hàn, đường kính sợi quang được tối ưu nhằm đạt được kích thước mối hàn theo mong muốn; và phương pháp phân tử hữu hạn với h- refinement, p- refinement trong việc giải quyết bài toán đánh giá độ tin cậy cho mối hàn giáp mối bằng laser.

Kết quả đề tài luận án là cơ sở để phát triển các bài toán phức tạp hơn, thậm chí cả bài toán 3D, cũng như áp dụng có các vật liệu khác nhau. Đồng thời, luận án cũng góp phần rút ngắn khoảng cách giữa mô phỏng và thực nghiệm; nhằm tiết kiệm vật liệu, công sức, thời gian; đem lại hiệu quả, năng suất cao trong tiến hành thí nghiệm và thực tế sản xuất.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày .. tháng .. năm

Người hướng dẫn

Nghiên cứu sinh

PGS. TS. NGUYỄN HOÀI SƠN

NGUYỄN NHỰT PHI LONG

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

Dissertation title: CRITICAL STATE ANALYSIS AND RELIABILITY EVALUATION FOR LASER WELD

Major: Engineering Mechanics

Major code: 9520101

PhD candidate: NGUYEN NHUT PHI LONG

Fellows code: 12252010106

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. NGUYEN HOAI SON

Training facility: Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education

1. Summary of the dissertation:

The rapid development of laser technology in recent years has gradually replaced traditional technologies in general, and laser welding used in various industries has increased rapidly with unique features. The weld quality is characterized by weld geometry, which affects the determination of the mechanical properties of the weld. This is shown through the close relationship between the input parameters: material, welding thickness, laser power (laser power), welding speed (welding speed), fiber diameter (fiber diameter).) and output parameters: absorption coefficient, weld geometry characteristics: weld zone width, weld penetration depth (weld penetration). In the process of conducting experiments or in production practice, saving materials, effort and time are essential, requiring solutions to bring about efficiency and high productivity.

In this thesis, the Ph.D. student performed inverse determination of the absorption coefficient and weld size in spot laser welding by the sequential method: at each time step is solved by the modified Newton-Raphson method combined with the concept of future time used to establish the absorption coefficient value. The advantages of this method are that the functional form for the unknown absorption coefficient is not necessary to preselect and nonlinear least-square do not need in the algorithm. Two examples have been fulfilled to demonstrate the proposed method. The obtained results can be concluded that the proposed method is an accurate and stable method to inversely determine the absorption coefficient in the spot laser welding, and weld size (weld width and depth) are also very close to the desired value.

Secondly, the inverse optimization of input parameters (Laser Power 'LP' (W), Welding Speed 'WS' (m / min), and Fiber Diameter 'FD' (μm)) of laser weld for the AISI 416 and AISI 440FSe stainless steel to control the reached weld size (weld size is pre-set): Weld Zone Width ' WZW_{ref} ' (μm) and Weld Penetration Depth ' WPD_{ref} ' (μm) by the three meta-heuristic optimization algorithms: the Modified Differential Evolution (MDE) algorithm, the Genetic Algorithm (GA) and the JAYA algorithm. The result of the GA algorithm with $\lambda = 0.1$ is compared with Khan's affirmation experiment result [25]: the error of the input parameters LP, WS, and FD, respectively, were 1.89 %, 4.80 %, and 2.92 %. Besides, the thesis also presents the effect of three different meta-heuristic algorithms: GA, JAYA and MDE. The MDE algorithm showed better efficiency and the

result of this algorithm is compared with Khan's affirmation experiment result [25] with errors below 10%.

The representation of a continuous field of the problem domain with several piecewise fields results in discretization error in the finite element solution. This error can be reduced by two approaches: by decreasing the sizes of the elements: h- version, or by using higher-order approximation fields: p- version with the objective of obtaining solutions with prespecified accuracy and minimum cost of model preparation and computation. The value of the relative error of the strain energy $\tilde{\eta}_{extra}$ for an unstressed square hole in an infinite plate subjected to unidirectional tension by the h- p- refinement of the FEM reaches a neighboring value of 3%. At the same time, according to the Ph. D. student's knowledge, there have not been many studies evaluating the reliability of this method for welding in general and laser welding in particular. Another novelty of the thesis is that performing the reliability evaluation of the finite element method with h-refinement and p-refinement for AISI 1080 steel butt welded joints by the laser has brought very satisfactory results. Specifically, with h- refinement, the effective index θ is in the range (0.653 - 0.446), $\bar{\theta} = 0.535$ and the index $SD = 0.019$; and with p-refinement, θ is in the range (0.977 - 0.236), $\bar{\theta} = 0.506$ and $SD = 0.103$. The value of the result satisfies the requirement in [88]: $1 \leq \eta (\%) \leq 10, \leq 1.2, SD \leq 0.2$.

2. The contributions of the dissertation

In order to take advantage of the uniqueness and advantages of laser welding technology, and be the basis for further development of laser welding techniques in the industry, the assessment of weld quality is considered through critical state analysis and reliability evaluation for the weld. The dissertation performed inverse determination of the absorption coefficient and weld size in spot laser welding by the sequential method; Optimal algorithm GA, Jaya & MDE used a selection of input parameters such as laser power, welding speed, fiber diameter to be optimized to achieve the desired weld size; and The finite element method with h- refinement, p- refinement in solving the problem of assessing the reliability butt welded joints for steel by the laser.

The results of the thesis are the basis for the development of more complex problems, even 3D problems, as well as the application of different materials. At the same time, the thesis also contributes to shorten the distance between simulation and experiment; to save materials, effort, and time; bring efficiency, high productivity in experiments, and actual production.

Supervisor

HCMC, .../.....

PhD candidate

Assoc. Prof. Dr. NGUYEN HOAI SON

NGUYEN NHUT PHI LONG