

## Xác định chế độ hàn hợp lý để giảm chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn TIG hợp kim nhôm

Determining reasonable welding parameters to reduce the width of heat-affected zone in TIG welding of aluminum alloys

Nguyễn Tiến Dương

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Email: [duong.nguyentien@hust.edu.vn](mailto:duong.nguyentien@hust.edu.vn)

Tel: +84-24 3869 2204; Mobile: 091 436 2850

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Chế độ hàn; Hàn TIG; Hợp kim nhôm; Vùng ảnh hưởng nhiệt.

Nhờ có những ưu điểm nổi trội như nhẹ, có độ bền cao, có khả năng chống ăn mòn, có tính hàn tốt,... nên hợp kim nhôm được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực: Chế tạo ô tô, tàu thủy, máy bay,... Tuy nhiên khi hàn hợp kim nhôm, độ bền giảm đi rất nhiều trong vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ), do đó làm giảm độ bền của kết cấu. Vì vậy khi hàn hợp kim nhôm, cần thiết phải giảm chiều rộng của vùng ảnh hưởng nhiệt. Bài báo này giới thiệu cơ sở lý thuyết để xác định trường nhiệt độ khi hàn tấm mỏng, từ đó làm cơ sở để xác định được chiều rộng của vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn tấm mỏng. Tiếp theo, bài báo sẽ đi vào nghiên cứu để tìm được bộ thông số chế độ hàn (bao gồm điện áp hàn, cường độ dòng điện hàn và tốc độ hàn) hợp lý nhằm giảm chiều rộng của vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn hợp kim nhôm bằng phương pháp hàn TIG.

---

### Abstract

#### Keywords:

Aluminum alloys; Heat-affected zone; TIG welding; Welding parameters.

Thanks to advantages such as light weight, high strength, anti-corrosion, good welding properties etc., aluminum alloys are used in many fields such as manufacturing cars, ships, aircrafts etc. However, when welding aluminum alloys, the strength is greatly reduced in heat-affected zone (HAZ), thus leading to the reduction of structure's strength. Therefore, when welding aluminum alloys, it is necessary to reduce the width of heat-affected zone. This paper introduces the theoretical basis to determine temperature fields in thin plate welding, which is the basis for determining the width of heat-affected zone in thin plate welding. From there on, the paper will move to the study of finding the reasonable welding parameters (including welding voltage, welding current and welding velocity) to reduce the width of heat-affected zone in TIG welding of aluminum alloys.

---

Ngày nhận bài: 10/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 03/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. TỔNG QUAN

Trong số các hợp của nhôm thì hợp kim Al-Mg có ưu điểm là nhẹ nhất, có độ bền ở mức khá và có khả năng gia công biến dạng tạo hình ở cả trạng thái nóng và trạng thái nguội, có tính hàn tốt, có tính chống ăn mòn tốt... nên được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như chế tạo máy bay, tàu thuyền, thân xe ô tô, cấu trúc tàu biển, tháp phản ứng hóa học, bình áp lực và bể chứa trong lĩnh vực hàng hải. Để hàn hợp kim nhôm có có nhiều phương pháp hàn được sử dụng như hàn hồ quang tay, hàn TIG, MIG, hàn khí, hàn nỏ, hàn laser, hàn plasma... Tuy nhiên để hàn các tấm hợp kim nhôm mỏng thì phương pháp hàn TIG được sử dụng phổ biến do nó cho chất lượng mối hàn tốt, kinh phí đầu tư trang thiết bị ít. Phương pháp hàn TIG tự động khắc phục được nhược điểm năng suất thấp của hàn TIG bằng tay. Chính vì vậy bài báo này đã lựa chọn phương pháp hàn TIG tự động để hàn hợp kim Al-Mg để nghiên cứu cụ thể, còn cơ sở của nghiên cứu ở đây có thể áp dụng để xác định chế độ hàn hợp lý cho các loại vật liệu khác nhau với các phương pháp hàn khác nhau.

## 2. TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ KHI HÀN TẤM MỎNG

Phương trình truyền nhiệt cơ bản trong vật rắn, cho phép tính trường nhiệt độ là phương trình Rosenthal, còn gọi là phương trình vi phân cho truyền nhiệt Fourier [1]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = W + \lambda \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + \frac{\partial \lambda}{\partial T} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Trong đó:  $\rho$  - Khối lượng riêng kim loại ( $\text{g/cm}^3$ );  $c$  - Nhiệt dung của kim loại ( $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ );  $\lambda$  - Hệ số truyền nhiệt của kim loại ( $\text{cal/cm.s} \cdot ^\circ\text{C}$ );  $T$  - Nhiệt độ tại điểm có tọa độ ( $x, y, z$ ) ở một thời điểm  $t$  nào đó ( $^\circ\text{C}$ );  $t$  - Thời gian (s);  $W$  - Cường độ nguồn nhiệt ( $^\circ\text{C.cal/s.cm}^3$ ).

Để thuận lợi cho việc giải phương trình (1) ta đưa vào các giả thiết sau: Các tính chất nhiệt của kim loại không thay đổi ( $\lambda = \text{const}$  khi nhiệt độ thay đổi), khi đó  $\partial \lambda / \partial T = 0$ . Nếu nguồn nhiệt được giả thiết không bị hao tổn ( $W=0$ ). Trong trường hợp liên kết hàn dạng tấm, khi hàn một lượt thì sự phân bố nhiệt độ theo chiều dày của tấm được coi là đồng đều, đây thuộc loại bài toán tấm mỏng. Trong trường hợp này, phương trình (1) trở thành dạng đơn giản như sau:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right] \quad (2)$$

Trong đó  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$  - Hệ số truyền nhiệt độ ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ). Khi hàn, nói chung nguồn nhiệt thuộc loại nguồn nhiệt di động ( $v > 0$ ) nên trường nhiệt độ cũng chuyển động cùng với nó. So với tâm nguồn nhiệt thì trường nhiệt độ là ổn định. Nhưng so với điểm cố định bất kỳ của tấm thì trường nhiệt độ không ổn định. Trường nhiệt độ trong trường hợp này là trường nhiệt độ giả ổn định, chuyển động với vận tốc  $V$  (chính là vận tốc hàn) cùng với tâm nguồn nhiệt. Giải phương trình (2), ở trạng thái giả ổn định, Rosenthal [2] đã tìm được nghiệm là trường nhiệt độ:

$$T - T_0 = \frac{q}{2\pi\lambda d} \exp\left(-\frac{Vx}{2a}\right) K_0\left(\frac{Vr}{2a}\right) \quad (3)$$

Trong đó:  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  - Khoảng cách từ điểm cần khảo sát đến tâm nguồn nhiệt (cm);  $x$  và  $y$  là tọa độ của điểm khảo sát;  $q$  - Công suất hữu ích của nguồn nhiệt ( $\text{cal/s}$ ). Khi hàn hồ

quang [4]:  $q = 0,24.U.I.\eta$  (cal/s). Với: U - Điện áp hàn (V); I - Cường độ dòng điện hàn (A);  $\eta$  - Hiệu suất hồ quang, giá trị của  $\eta$  phụ thuộc vào loại quá trình hàn [4], với hàn hồ quang tay:  $\eta = 0,6 \div 0,85$ ; Với hàn TIG:  $\eta = 0,5 \div 0,65$ .

V - Tốc độ dịch chuyển của nguồn nhiệt theo trục Ox (cm/s), Ox là trục mối hàn. Trong trường hợp này V chính là vận tốc hàn; d - Chiều dày tấm (cm);  $K_0(U)$  - Hàm Bessel, với biến số  $U = \frac{vr}{2a}$ . Giá trị của  $K_0(U)$  được tra bảng trong sổ tay toán cao cấp hoặc tính trong phần mềm

Microsoft excel (hàm Bessel bậc không loại hai).

Để thuận lợi cho việc khảo sát sự phân bố của trường nhiệt độ khi hàn, ta biến đổi phương trình (3) về dạng không thứ nguyên, bằng cách đưa vào các biến không thứ nguyên sau đây:

- Các tọa độ ( $\xi, \psi$ ), véc tơ bán kính ( $\sigma$ ), chiều dày ( $\delta$ ) và nhiệt độ ( $\theta$ ) không thứ nguyên:

$$\xi = \frac{Vx}{2a}; \quad \psi = \frac{Vy}{2a}; \quad \sigma_s = \frac{Vr}{2a}; \quad \delta = \frac{Vd}{2a}; \quad \theta = \frac{(T - T_0)}{(T_c - T_0)} \quad (4)$$

Trong đó T là nhiệt độ tại điểm khảo sát ở một thời điểm nào đó;  $T_0$  - Nhiệt độ ban đầu;  $T_c$  là nhiệt độ tham chiếu lựa chọn tùy ý, thông thường được chọn bằng nhiệt độ nóng chảy của vật liệu cơ bản.

- Tham số vận hành không thứ nguyên:

$$n = \frac{qV}{4\pi a^2 \rho c (T_c - T_0)} = \frac{qV}{4\pi a^2 (H_c - H_0)} \quad (5)$$

Với:  $H_c - H_0$  là gia số Enthalpy:  $H_c - H_0 = \rho c (T_c - T_0)$

Thay các biến không thứ nguyên ở trên vào phương trình (3) ta được phương trình không thứ nguyên:

$$\frac{\theta \delta}{n} = \exp(-\xi) K_0(\sigma) \quad (6)$$

Trong đó:  $K_0(\sigma)$  - Hàm Bessel; Giá trị của  $K_0(\sigma)$  được tra bảng sổ tay toán cao cấp hoặc tính trong phần mềm Microsoft excel (hàm Bessel bậc không loại hai).

Từ phương trình (6) ta xác định được trường nhiệt độ khi hàn tấm mỏng.

### 3. CHIỀU RỘNG VÙNG NÓNG CHẢY VÀ VÙNG ẢNH HƯỞNG NHIỆT

Chiều rộng lớn nhất của đường bao đẳng nhiệt ( $\xi_m$ ) đạt được bằng cách tìm cực trị của hàm (6) đối với  $\xi$ . Ta có:

$$\frac{\partial(\theta \delta / n)}{\partial \xi} = \frac{\partial(\theta \delta / n)}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} = -\exp(-\xi_m) \left[ K_0(\sigma_m) + \frac{\xi_m}{\sigma_m} K_1(\sigma_m) \right] = 0 \quad (7)$$

Trong đó:  $(\partial/\partial u)K_0(u) = -K_1(u)$ , với  $K_1(u)$  là hàm Bessel bậc nhất loại hai.

Từ phương trình (7) ta tìm được:

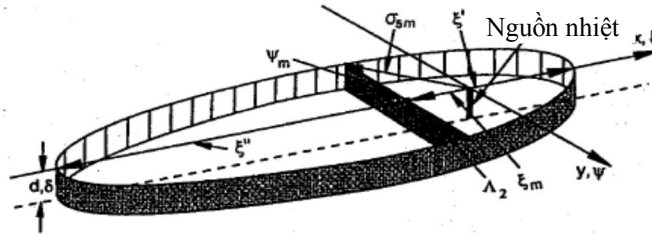
$$\xi_m = -\sigma_m \frac{K_0(\sigma_m)}{K_1(\sigma_m)} \quad (8)$$

Thay phương trình (8) vào phương trình (6), ta được:

$$\frac{\theta_p \delta}{n} = \exp[\sigma_m K_0(\sigma_m) / K_1(\sigma_m)] K_0(\sigma_m) \quad (9)$$

Từ phương trình (9) ta tính được  $\sigma_m$  – Đây là khoảng cách lớn nhất từ đường đẳng nhiệt đến tâm nguồn nhiệt (Hình 2). Từ đó ta sẽ tính được chiều rộng vùng đẳng nhiệt  $\psi_m$  theo Hình 1:

$$\psi_m = \sqrt{(\sigma_m)^2 - (\xi_m)^2} = \sigma_m \sqrt{1 - [K_0(\sigma_m)]^2 / [K_1(\sigma_m)]^2} \quad (10)$$



Hình 1. Mặt đẳng nhiệt khi hàn tấm mỏng

Chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) chính là khoảng cách giữa chiều rộng lớn nhất của đường biên nóng chảy tính về một phía của trục mối hàn ( $y_{m1}$ ) và chiều rộng lớn nhất của đường biên ở nhiệt độ kết tinh lại tính về một phía của trục mối hàn ( $y_{m2}$ ). Ta có:

$$HAZ = y_{m2} - y_{m1} \quad (11)$$

Trong đó  $y_{m1}$  và  $y_{m2}$  được xác định từ các phương trình (9) kết hợp với quan hệ (4, 8, 10) tương ứng với nhiệt độ được lấy bằng nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ kết tinh lại.

Mục tiêu là cần tìm ra được bộ thông số chế độ hàn hợp lý nhằm giảm chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt. Bộ thông số chế độ hàn bao gồm các thông số: Điện áp hàn, cường độ dòng điện hàn và tốc độ hàn. Bộ thông số chế độ hàn được lựa chọn cần đảm bảo đủ chiều sâu ngấu và hình dạng kích thước cho mối hàn, nghĩa là lượng kim loại đắp cần đảm bảo đủ cho diện tích tiết diện ngang lớp đắp cần thiết. Trong trường hợp hàn giáp mối tấm mỏng, thông thường sẽ là hàn một lớp, vì vậy diện tích tiết diện ngang kim loại cần đắp cũng chính là diện tích tiết diện ngang kim loại đắp của một lớp.

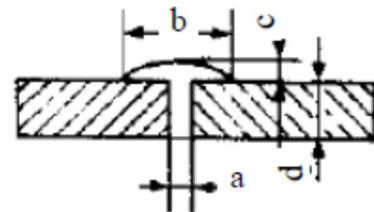
Vận tốc hàn được xác định thông qua quan hệ với diện tích tiết diện ngang lớp đắp và cường độ dòng điện hàn theo công thức sau [4]:

$$V = \frac{\alpha_d \cdot I}{\rho \cdot F_d \cdot 3600} \text{ [cm/s]} \quad (12)$$

Trong đó:  $\alpha_d$  - Hệ số đắp [g/A.h]. Với hàn TIG hệ số đắp thông thường là  $\alpha_d = 10$  [g/A.h];  $F_d$  - Diện tích tiết diện ngang một lớp kim loại đắp [cm<sup>2</sup>].

Khi hàn tấm mỏng, không vát mép, diện tích tiết diện ngang lớp đắp được tính theo công thức [8]:  $F_H = a \cdot d + 0,75 \cdot b \cdot c$ . Trong đó:  $d$  - Chiều dày vật hàn;  $a$  - Khe hở hàn;  $b$  - Chiều rộng mối hàn;  $c$  - Chiều cao mối hàn. Khi hàn một lớp thì:  $F_d = F_H$ .

Để đảm bảo đủ diện tích mặt cắt ngang lớp kim loại đắp  $F_d$ , thì vận tốc hàn sẽ được xác định theo cường độ dòng điện hàn nhờ phương trình (12).



#### 4. NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ HÀN HỢP LÝ ĐỂ GIẢM CHIỀU RỘNG VÙNG VÙNG ẢNH HƯỞNG NHIỆT KHI HÀN TIG HỢP KIM NHÔM

Nghiên cứu trường hợp khi hàn TIG tự động mối hàn giáp mối hai tấm hợp kim nhôm Al-Mg có chiều dày 2 mm, nhiệt độ ban đầu được lấy bằng nhiệt độ môi trường ( $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ). Các tính chất của vật liệu này [2]: Nhiệt độ nóng chảy:  $T_m = 650^\circ\text{C}$ ; Nhiệt độ kết tinh lại:  $T_{KTL} = 275^\circ\text{C}$ ; Hệ số truyền nhiệt độ:  $a = 55 \text{ (mm}^2/\text{s)}$ ; Giá số Enthalpy  $H_m - H_0 = 1,7 \text{ (J/mm}^3)$ . Với tấm có chiều dày  $d = 2 \text{ mm}$ , các kích thước của mối hàn được lựa chọn như sau [8]:  $a = 1 \text{ mm}$ ,  $b = 6 \text{ mm}$ ,  $c = 1,5 \text{ mm}$ . Khi hàn một lớp ta có diện tích tiết diện ngang lớp đắp:  $F_d = F_H = 9,75 \text{ mm}^2$ .

Điện áp hàn sử dụng cho hàn TIG trong môi trường khí bảo vệ Ar là loại được sử dụng phổ biến nằm trong khoảng  $10 \div 15 \text{ V}$  [6]. Khi hàn TIG mối hàn giáp mối tấm có chiều dày 2 mm, cường độ dòng điện hàn cho phép nằm trong khoảng  $60 \div 150 \text{ A}$  [6-8]. Vì vậy dưới đây ta sẽ khảo sát phạm vi của cường độ dòng điện nằm trong khoảng  $60 \div 150 \text{ A}$  và điện áp hàn nằm trong khoảng  $10 \div 15 \text{ V}$ .

##### 4.1. Khảo sát chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt theo cường độ dòng điện hàn

Trong phần này ta sẽ khảo sát ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt. Để làm được việc này, ta sẽ cố định giá trị điện áp hàn  $U_h = 15 \text{ V}$  và ta thay đổi cường độ dòng điện hàn trong khoảng  $60 \div 150 \text{ A}$ , còn vận tốc hàn sẽ được tính theo cường độ dòng điện hàn từ công thức (12) và kết quả được cho trong Bảng 1. Kết quả tính toán chiều rộng của vùng nóng chảy tính về một phía của trục mối hàn ( $y_{ml}$ ) và chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) tương ứng với các thông số chế độ hàn khác nhau được cho trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt

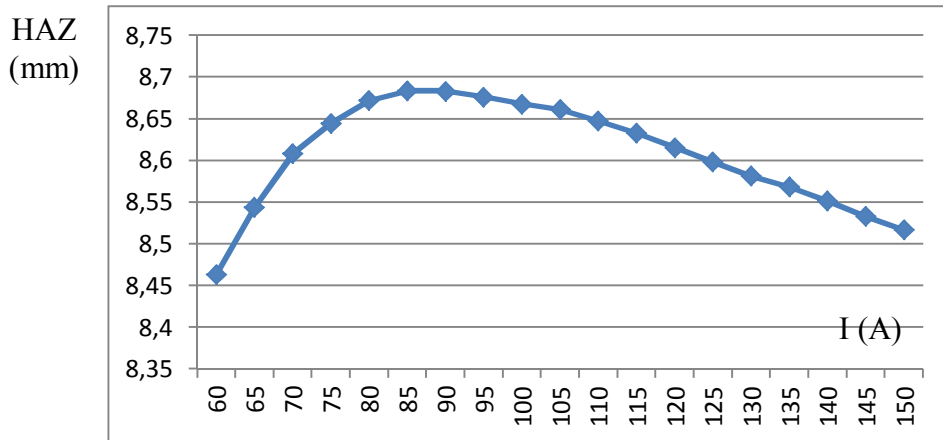
Thông số	Đơn vị	Giá trị									
I	A	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
V	mm/s	7	7,6	8,2	8,8	9,4	10	10,6	11,2	11,8	12,3
$y_{ml}$	mm	2,11	2,34	2,54	2,74	2,91	3,07	3,22	3,36	3,48	3,59
HAZ	mm	8,46	8,54	8,61	8,64	8,67	8,68	8,68	8,67	8,67	8,66

**Bảng 1.** (Tiếp theo)

Thông số	Đơn vị	Giá trị									
$I_h$	A	110	115	120	125	130	135	140	145	150	
V	mm/s	12,9	13,5	14,1	14,7	15,3	15,9	16,4	17	17,6	
$y_{ml}$	mm	3,7	3,79	3,88	3,97	4,04	4,11	4,18	4,24	4,3	
HAZ	mm	8,65	8,63	8,61	8,6	8,58	8,57	8,55	8,53	8,51	

Từ Bảng 1, ta thấy khi cường độ dòng điện hàn tăng trong khoảng cho phép từ  $60 \div 150 \text{ A}$  thì chiều rộng vùng nóng chảy  $y_{ml}$  tăng từ 2,11 mm lên đến 4,3 mm. Với mong muốn chiều rộng mối hàn là  $b = 6 \text{ mm}$ , tức là chiều rộng nóng chảy về mỗi phía khoảng 3 mm. Như vậy với chiều rộng vùng nóng chảy nhỏ hơn 3 mm quá nhiều sẽ không thỏa mãn vì khi đó mối hàn sẽ bị khuyết tật chảy tràn, nghĩa là một phần kim loại đắp chảy trên bề mặt mối hàn mà không ngấu với kim loại vật hàn. Nhìn trên Bảng 1, ta thấy với cường độ dòng điện hàn tối thiểu phải từ 80 A trở lên thì chiều rộng vùng nóng chảy  $y_{ml}$  mới thỏa mãn điều kiện gần bằng hoặc lớn hơn 3 mm. Như vậy để hàn giáp mối hợp kim Al-Mg chiều dày 2 mm thì với điện áp hàn được lựa chọn là 15 V, cường độ dòng điện hàn tối thiểu phải từ 80 A trở lên mới đảm bảo cho mối hàn không bị khuyết tật chảy tràn.

Khi cường độ dòng điện hàn thay đổi, chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt thay đổi trong một phạm vi khá hẹp (thay đổi có 2,6%). Khi cường độ dòng điện hàn tăng từ 60÷85 A thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt tăng từ 8,46 mm đến 8,68 mm. Khi cường độ dòng điện hàn tăng từ 85÷150 A thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt lại giảm từ 8,68 mm xuống 8,51 mm.



**Hình 2.** Chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt phụ thuộc cường độ dòng điện hàn với  $U = 15\text{ V}$

Trong khoảng đảm bảo mối hàn không bị khuyết tật chảy tràn ( $I_h \geq 80\text{ A}$ ) thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt sẽ giảm từ 8,68 mm xuống 8,51 mm khi cường độ dòng điện hàn tăng từ 80 A đến 150 A. Như vậy cường độ dòng điện tăng trong một phạm vi rất lớn (70 A) trong khi chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt chỉ giảm có 0,17 mm. Đặc biệt từ Bảng 1 ta thấy để giảm được chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt xuống 0,17 mm thì vận tốc hàn phải tăng từ 9,4 mm/s (tương ứng với  $I = 80\text{ A}$ ) lên đến 17,6 mm/s (tương ứng với  $I = 150\text{ A}$ ). Trong khi vận tốc hàn khi hàn tự động lớn nhất cũng chỉ khoảng 14 mm/s [8]. Vì vậy đối chiếu với Bảng 1 ta thấy chỉ với các giá trị của cường độ dòng điện hàn từ 120 A trở xuống là thỏa mãn. Vì vậy trong phần tiếp theo ta sẽ khảo sát cường độ dòng điện hàn nằm trong khoảng từ 80÷120 A.

#### 4.2. Khảo sát chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt theo điện áp hàn

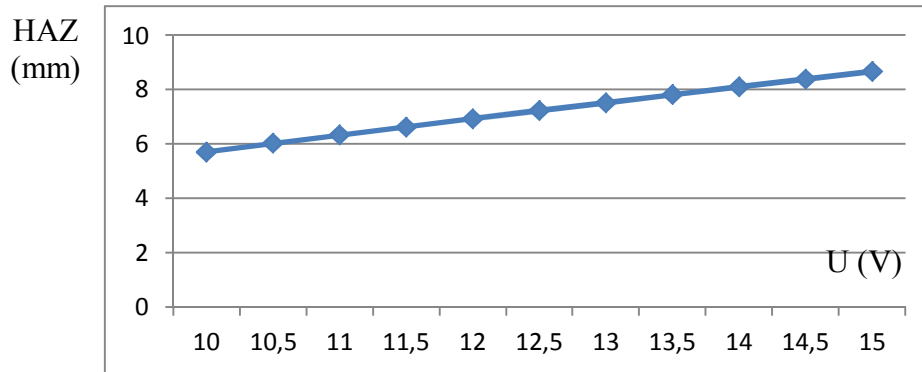
Để khảo sát ảnh hưởng của điện áp hàn đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt, ta lựa chọn một giá trị cường độ dòng điện hàn nằm trong khoảng từ 80÷120 A. Ở đây ta chọn giá trị ở giữa khoảng này là  $I = 100\text{ A}$ . Từ công thức (12) ta tính được vận tốc hàn  $V = 11,75\text{ mm/s}$ . Kết quả tính toán chiều rộng của vùng nóng chảy tính về một phía của trục mối hàn ( $y_{ml}$ ) được thể hiện trong Bảng 2 và Hình 3.

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của điện áp hàn đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt

Thông số	Đơn vị	Giá trị										
U	V	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15
$y_{ml}$	mm	1,6	1,78	1,96	2,15	2,33	2,52	2,71	2,9	3,09	3,29	3,48
HAZ	mm	5,71	6,03	6,33	6,63	6,94	7,23	7,52	7,81	8,1	8,39	8,67

Nhìn trên Hình 3 ta thấy khi điện áp hàn tăng từ 10V đến 15 V thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt tăng từ 5,71 mm đến 8,67 mm (tăng đến 50%). So với cường độ dòng điện hàn thì điện áp hàn ảnh hưởng rất nhiều đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt. Điện áp hàn càng thấp thì chiều rộng

vùng ảnh hưởng nhiệt càng nhỏ. Tuy nhiên ta thấy khi điện áp hàn dưới 13 V thì chiều rộng vùng nóng chảy nhỏ hơn 3 mm do đó xảy ra khuyết tật chảy tràn. Vì vậy với  $I = 100$  A thì điện áp hàn hợp lý sẽ nằm trong khoảng 13 ÷ 15 V.



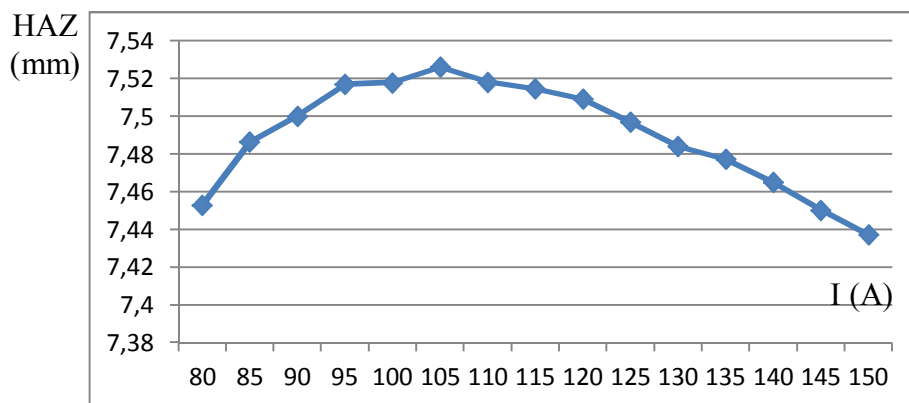
**Hình 3.** Chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt phụ thuộc điện áp hàn với  $I = 100$  A

### 4.3. Lựa chọn bộ thông số chế độ hàn hợp lý

Qua phân tích ở trên ta thấy phạm vi của điện áp hàn nằm trong khoảng 13 ÷ 15 V, tuy nhiên khi điện áp tăng thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt tăng (Hình 3), vì vậy ở đây ta sẽ lựa chọn điện áp hàn thấp nhất trong khoảng này, khi đó  $U = 13$  V. Tiếp theo ta sẽ khảo sát với  $U = 13$  V thì giá trị cường độ dòng điện hàn nào trong khoảng 80 ÷ 120 A và tốc độ hàn nào là hợp lý. Với  $U = 13$  V, kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 3.

**Bảng 3.** Các thông số chế độ hàn và chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt với  $U = 13$  V

Thông số	Đơn vị	Giá trị									
		80	85	90	95	100	105	110	115	120	
I	A	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
V	mm/s	9,4	9,99	10,58	11,17	11,76	12,35	12,93	13,52	14,11	
$y_{ml}$	mm	2,18	2,32	2,47	2,59	2,71	2,81	2,92	3,01	3,01	
HAZ	mm	7,45	7,48	7,5	7,52	7,52	7,53	7,52	7,51	7,51	



**Hình 4.** Chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt phụ thuộc cường độ dòng điện hàn với  $U = 13$  V

Từ Bảng 3 và Hình 4, ta thấy với điện áp hàn là 13 V thì chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt thay đổi trong phạm vi rất nhỏ (chỉ từ 7,45 mm đến 7,53 mm) khi cường độ dòng điện hàn biến đổi trong khoảng từ 80 ÷ 120 A. Ta cũng thấy khi cường độ dòng điện hàn dưới 110A thì chiều rộng vùng nóng chảy nhỏ hơn 3 mm do đó xảy ra khuyết tật chảy tràn. Vì vậy với  $U = 13V$  thì điện áp hàn hợp lý sẽ nằm trong khoảng 110 ÷ 120 A, khi đó tốc độ hàn nằm trong khoảng tương ứng từ 13÷14 mm/s.

Từ các phân tích ở trên ta lựa chọn được chế độ hợp lý để hàn TIG tự động mỗi hàn giáp mỗi tấm hợp kim Al-Mg dày 2 mm là điện áp hàn 13 V, cường độ dòng điện hàn trong khoảng 110 ÷ 120 A, khi đó tốc độ hàn nằm trong khoảng tương ứng từ 13 ÷ 14 mm/s. Khi đó chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt chỉ là 7,5 mm. Giá trị này giảm được 15 % so với trường hợp điện áp hàn 15 V.

## 5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu này ta thấy điện áp hàn ảnh hưởng rất nhiều đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt trong khi ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt ở mức độ nhỏ hơn rất nhiều. Nếu lựa chọn điện áp hàn không hợp lý có thể làm tăng chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt lên gấp 1,5 lần.

Qua nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn đến chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt, ta đã lựa chọn được bộ thông số chế độ hàn hợp lý để hàn TIG tự động hợp kim Al-Mg, đảm bảo mỗi hàn đạt yêu cầu trong khi chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ nhất có thể.

Trên cơ sở của nghiên cứu này, bằng cách tính toán tương tự, ta có thể xác định được bộ thông số chế độ hàn hợp lý cho các loại mối hàn với các loại vật liệu, các chiều dày vật hàn và các phương pháp hàn khác nhau.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. Трочук, *Сварные напряжения и деформации* - Наука, Киев, 1980.
- [2]. Systeim Grong, *Metallurgical modeling of welding*, The Institute of Materials, 1997.
- [3]. N.T. Nguyen, *Thermal analysis of welds*, WIT Press, Southhamton, 2004.
- [4]. Ngô Lê Thông, *Công nghệ hàn điện nóng chảy*, Tập 1: Cơ sở lý thuyết, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004 .
- [5]. Dieter Radaj, *Heat effects of welding: Temperature field, residual stresses, distortion*, Springer – Verlag, 1992.
- [6]. SLV Duisburg, *Welding Processes and Equipments*, International Welding Engineer (IWE), 2005.
- [7]. A.D. Alhouse, C.H. Turnquist, W.A. Bowditch, K.E. Bowditch, *Modern welding*, South Holland, Illinois, The Goodheart-Willcox Company, Inc. Publishers, 1984.
- [8]. Hoàng Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Ngô Lê Thông, Chu Văn Khang, *Sổ tay hàn*, In lần thứ nhất, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2007.