

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ CÔNG NGHỆ HÀN ĐẾN CHẤT LƯỢNG LỚP ĐẮP KHI HÀN TỰ ĐỘNG PLASMA VỚI BỘT HỢP KIM ĐỂ PHỤC HỒI BỀ MẶT LÀM VIỆC CỦA XUPAP MÁY THỦY

HOÀNG VĂN CHÂU, PHẠM THANH HOÀI, NGÔ VĂN DŨNG, LỤC VĂN THƯƠNG

Phòng thí nghiệm trọng điểm Công nghệ hàn và Xử lý bề mặt  
Viện Nghiên cứu Cơ khí

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của các thông số công nghệ chính của chế độ hàn đắp tự động với bột hợp kim bằng hồ quang plasma dịch chuyển (PTA - Plasma Transferred Arc) để phục hồi bề mặt làm việc của xupap dùng trong các động cơ tàu thủy tải trọng lớn. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm thực hiện đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số cơ bản của chế độ hàn như: dòng hàn, điện áp hàn, lưu lượng khí bảo vệ, khí vận chuyển bột... đã cho phép lựa chọn được chế độ công nghệ hợp lý, đảm bảo chất lượng tốt và điều kiện làm việc ổn định của xupap sau khi phục hồi trên các động cơ tàu thủy, phục vụ giao thông vận tải đường biển.

**Từ khóa:** hàn đắp tự động plasma, bột hợp kim, hồ quang plasma dịch chuyển, xupap, động cơ tàu thủy.

## STUDY ON THE IMPACT OF WELDING TECHNOLOGY REGIME ON COATING LAYER QUALITY IN CASE OF AUTOMATICALLY WELDING PLASMA ALLOY POWDER TO RESTORE VESSEL VALVE 'S WORKING SURFACE

### Summary

The report presents the experimental research results about impact of major technology parameters of automatic welding with Plasma Transferred Arc (PTA) alloy powder in restoring a great loading vessel valve's working surface. The results of experimental studies evaluate the influence of the basic welding regime parameters such as: welding current, welding voltage, protective gas flow, powder carrying gas... that allow to select the appropriate technology regime to ensure the good quality and stable working conditions of valve after recovery on vessel engine for marine transportation.

**Key words:** plasma automatic welding, alloy powder, Plasma Transferred Arc, valve, vessel engine.

### Đặt vấn đề

Xupap là bộ phận rất quan trọng, có ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình làm việc của động cơ. Trong quá trình làm việc có sự va đập giữa đế xupap và nắm xupap; ma sát giữa chúng khi va đập là ma sát khô, do vậy, dễ gây ra biến dạng ở bề mặt tiếp xúc. Ngoài ra, do đế xupap và nắm xupap thường xuyên tiếp xúc với khí cháy ở nhiệt độ cao (500÷600°C) làm cho bề mặt của chúng tích tụ một lượng nhiệt rất lớn mà không kịp tản sâu vào trong kim loại, do đó các bề mặt của nắm xupap và đế xupap dễ bị mềm ra, bị dính tiếp xúc, và dưới sự va đập làm cho bề mặt tiếp xúc bị mòn và rỗ. Chính từ sự ăn mòn này dẫn đến giảm khả năng làm kín của xupap, đặc biệt đối với xupap ở động cơ có công suất lớn (xupap máy thủy).

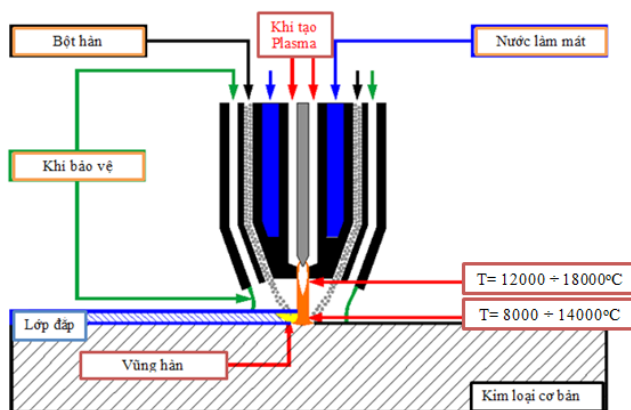
Để giảm thiểu chi phí trong quá trình chế tạo và phục hồi, bài báo giới thiệu về công nghệ hàn plasma với bột hợp

kim ứng dụng vào việc phục hồi bề mặt làm việc của xupap máy thủy; trong đó, việc nghiên cứu lựa chọn các thông số chế độ công nghệ hàn hợp lý là khâu rất quan trọng để tạo được lớp hàn đảm bảo chất lượng phù hợp với điều kiện làm việc của chi tiết [2, 3].

## Công nghệ hàn plasma

### Nguyên lý

Phương pháp hàn plasma (PTA) được sử dụng để đắp lên chi tiết hàn một lớp kim loại giúp làm tăng khả năng chịu mài mòn hoặc ăn mòn do những điều kiện làm việc trong môi trường khắc nghiệt của chi tiết máy. Công nghệ này được ứng dụng để làm tăng độ cứng bề mặt, tăng khả năng chịu mài mòn bề mặt chi tiết. Đây là công nghệ tiên tiến trong xử lý bề mặt mà đối tượng là hồ quang điện giữa điện cực vonfram và vật liệu phủ bề mặt.



Hình 1: nguyên lý công nghệ hàn plasma [1, 2]

Nguyên lý của quá trình hàn plasma với bột hợp kim (xem hình 1): bột kim loại được cung cấp cùng với một lượng khí dẫn từ thùng chứa bột, qua mỏ plasma tới vùng hồ quang plasma; ở đó, bột kim loại bị nung chảy cùng với một phần nhỏ của kim loại chi tiết hàn, sau đó chúng hòa trộn với nhau và hình thành nên lớp kim loại đắp.

Bột hợp kim bị nóng chảy khi đi qua hồ quang plasma và được rót vào vùng hàn. Toàn bộ vùng hàn được bao bọc bởi lớp khí bảo vệ argon. Bộ cấp khí có nhiệm vụ cung cấp và điều chỉnh tự động bằng mạch điện tử lưu lượng khí tạo plasma, khí mang bột hàn.

Hàn hồ quang plasma để làm cứng bề mặt chi tiết là một phương pháp hàn phù hợp tạo ra một liên kết kim loại nóng chảy giữa lớp nền và lớp đắp.

Khi sử dụng một lớp hàn đắp: chiều dày lớp đắp có

thể dao động từ 0,6÷6,0 mm, chiều rộng từ 3÷10 mm.

Khi sử dụng nhiều lớp hàn đắp: chiều dày lớp đắp có thể đến 20 mm và chiều rộng trên 30 mm.

Tính năng quan trọng nhất của quá trình hàn plasma là cho phép khống chế phần kim loại chi tiết hàn tham gia vào kim loại đắp. Tỷ lệ kim loại chi tiết hàn tham gia vào kim loại đắp (sự hòa tan giữa kim loại đắp và kim loại chi tiết hàn) chỉ còn 5% so với 20-25% khi hàn bằng các phương pháp hàn khác như hàn MAG, MIG, TIG. Do đó, chỉ cần một lượt hàn đã có thể đạt được các tính chất cần thiết của lớp đắp.

### Thiết bị hàn

Thiết bị hàn plasma với bột hợp kim bao gồm các bộ phận chính sau: 1) Đồ gá quay, 2) Cơ cấu dao động đầu hàn, 3) Cơ cấu dịch chuyển lên xuống đầu hàn, 4) Cơ cấu dịch chuyển trái phải đầu hàn, 5) Bộ điều khiển máy hàn plasma bột, 6) Bộ cấp bột, 7) Nguồn hàn plasma, 8) Bộ làm mát (hình 2).



Hình 2: sơ đồ thiết bị hàn plasma với bột hợp kim [3]

### Vật liệu hàn

Công nghệ hàn plasma sử dụng các loại bột kim loại khác nhau như: cacbua chrome, cacbua vonfram, nickel và bột cobalt... Việc sử dụng các loại vật liệu dạng bột trong hàn plasma để làm cứng bề mặt chi tiết, tăng độ bền, độ cứng cũng như chịu mài mòn cho những bộ phận làm việc trong những điều kiện khắc nghiệt. Chính vì vậy, việc lựa chọn thành phần cũng như cơ tính của các loại bột hàn là hết sức cần thiết.

Các loại bột thường sử dụng trong hàn plasma để phục hồi xupap máy thủy chủ yếu dựa trên nền Ni-Cr-B-Si hoặc Co-Cr-B-Si hoặc carbit vonfram.

Các thông số bột ảnh hưởng đến quá trình hàn là: cỡ hạt, tỷ trọng, thành phần hóa học.

**Ảnh hưởng của các thông số công nghệ hàn plasma đến chất lượng lớp đắp**

Sự hòa tan của lớp hàn đắp (tỷ lệ hòa trộn giữa kim loại đắp và kim loại của chi tiết hàn) có ảnh hưởng trực tiếp đến thành phần hóa học và cơ tính của mối hàn. Sự hòa tan tăng dẫn đến làm tăng hàm lượng nguyên tố hợp kim từ kim loại chi tiết hàn vào kim loại đắp, dẫn đến giảm độ cứng và khả năng chống mài mòn hoặc chống rỉ của lớp đắp. Do đó, trong suốt quá trình hàn, lượng hòa tan giữa kim loại đắp và kim loại của chi tiết hàn luôn cần được kiểm soát để giá trị là nhỏ nhất có thể (<10%).

Sự hòa tan của lớp hàn đắp được biểu thị bằng tỷ lệ hòa tan  $\delta$  (%), có thể được xác định từ mặt cắt của một mối hàn (hình 3) theo công thức [5]:

$$\delta[\%] = \frac{B}{A+B} \cdot 100\%$$

- A: là phần diện tích lớp đắp không ngấu
- B: là phần diện tích lớp đắp ngấu

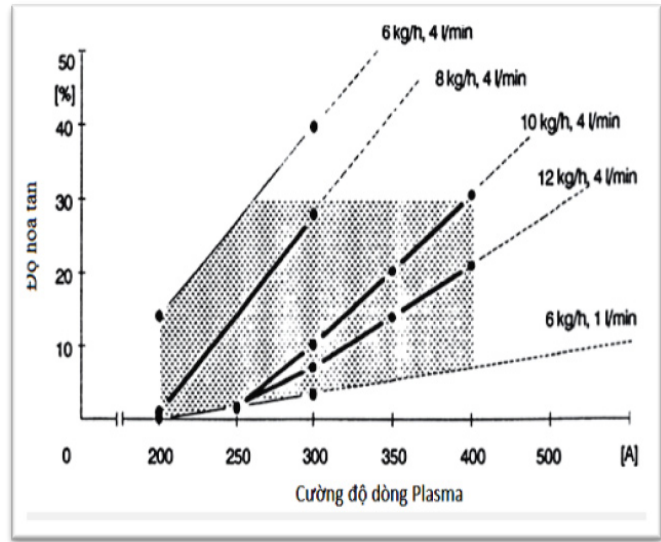


Hình 3: mặt cắt chiều sâu ngấu của lớp đắp

Khi xét đến ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới chất lượng của lớp đắp, chính là xét ảnh hưởng của chúng tới sự hòa tan của lớp kim loại đắp. Dưới đây, chúng tôi chỉ xét tới ảnh hưởng của các yếu tố cơ bản nhất:

**Dòng điện, điện áp hàn và lưu lượng khí plasma**

Khi tiến hành hàn với cùng một lượng phun bột hàn, tốc độ hàn và các thông số chế độ khác, nếu tăng dòng hồ quang plasma sẽ dẫn đến làm tăng chiều sâu ngấu và tăng lượng kim loại cơ bản khuếch tán vào lớp đắp. Hình 4 trình bày sự ảnh hưởng của dòng điện plasma tới chất lượng lớp hàn [6, 10].



Hình 4: ảnh hưởng của dòng điện plasma tới độ hòa tan của kim loại mối hàn

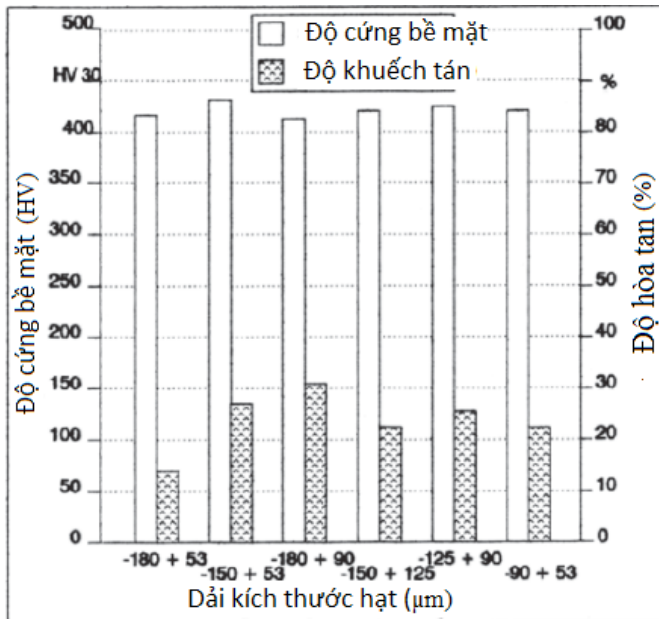
Tuy nhiên, có sự khác biệt khi khuếch tán giữa các đường hàn do có sự tác động qua lại giữa lưu lượng khí và dòng điện hồ quang plasma. Khi tăng lưu lượng khí thì đồng thời cũng phải tăng dòng điện và kéo theo sự hòa tan cũng tăng nhanh hơn. Vì vậy, ảnh hưởng của lưu lượng khí tới sự hòa tan giống với ảnh hưởng của dòng điện.

Với lưu lượng của khí plasma hoặc khí dẫn quá lớn sẽ gây ra chảy rối, sinh ra rỗ khí và lẫn oxit vào trong lớp đắp. Hồ quang plasma với lưu lượng khí lớn tác động mạnh vào bề kim loại nóng chảy, do đó, lớp đắp có thể mỏng hơn tại tâm của đường hàn. Trong hàn đắp phục hồi xupap, lưu lượng khí plasma thường chỉ trong khoảng từ 2-6 lít/phút [7, 9].

Điện áp hồ quang thay đổi ít hơn so với dòng điện hàn, ảnh hưởng tới hình dạng và độ rộng của ngọn lửa hồ quang. Điện áp càng cao thì ngọn lửa hồ quang càng rộng và dẹt. Phải tránh điện áp quá cao vì nó gây ra nứt gãy. Điện áp thấp sinh ra hồ quang hẹp hơn, xuyên sâu hơn.

**Ảnh hưởng của kích thước bột hàn**

Kích thước của bột kim loại hàn có ảnh hưởng đến hiệu ứng bề mặt kim loại đắp. Về cơ bản, sự hòa tan tăng lên khi kích thước của hạt phun tăng, khi phun hạt thô ở chế độ hàn không đổi thì hồ quang plasma làm nóng chảy vật liệu cơ bản nhiều hơn so với khi dùng hạt mịn (vì hiệu suất sử dụng vật liệu lớn hơn khi sử dụng hạt mịn) (xem hình 5).



Hình 5: ảnh hưởng của kích thước bột phun tới độ cứng và sự hòa tan [6]

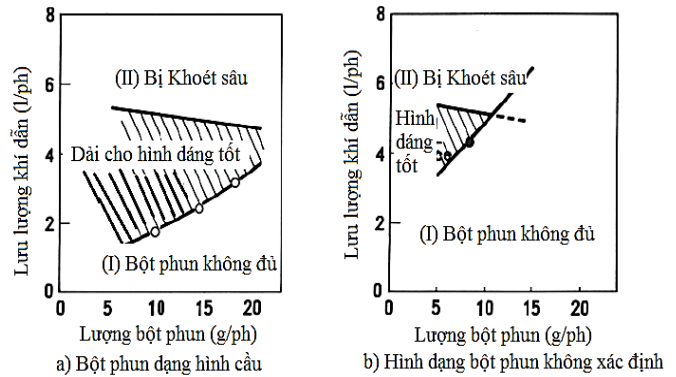
**Mối quan hệ giữa cường độ dòng điện với khoảng cách giữa đầu hàn tới bề mặt chi tiết**

Một trong những ưu điểm của phương pháp hàn plasma với bột hợp kim là nó có kích thước cột hồ quang không đổi mặc dù khoảng cách làm việc lớn. Khoảng cách làm việc thường nằm trong dải từ 8 đến 20 mm, phụ thuộc vào từng ứng dụng cụ thể. Khoảng cách này có thể lớn hơn nếu dòng hồ quang nhỏ và chiều dày của lớp đắp nhỏ. Khi tỷ lệ nấu chảy tăng lên thì khoảng cách làm việc tự động tăng theo (bởi vì lớp kim loại mối hàn tương ứng cũng dày lên), mỏ hàn lúc này làm lộ ra ngọn lửa và kèm theo bắn tóe.

**Mối quan hệ giữa lưu lượng khí bảo vệ và khí mang**

Tăng lưu lượng khí bảo vệ sẽ kéo theo sự tăng tác dụng làm nguội lên hồ quang plasma, do đó, tăng độ hòa tan của lớp kim loại hàn. Lưu lượng khí bảo vệ thường nằm trong khoảng 8-15 lít/phút. Nếu lớn hơn 15 lít/phút thì khoảng cách làm việc cũng phải tăng lên. Lưu lượng khí bảo vệ thường giữ không đổi trong suốt quá trình hàn, vì vậy nó ảnh hưởng không đáng kể lên sự hòa tan của lớp đắp [8].

Lưu lượng khí dẫn thì không có ảnh hưởng đáng kể tới độ khuếch tán kim loại. Khí dẫn thường làm nguội hồ quang plasma rất ít, nên không làm tăng sự hòa tan của lớp kim loại hàn. Dải giá trị của lưu lượng khí dẫn rất nhỏ và nó hầu như không ảnh hưởng gì tới độ khuếch tán.



Hình 6: so sánh tính chất lớp đắp của hai loại bột phun khác nhau

Lưu lượng khí dẫn phụ thuộc vào hệ số đắp của kim loại. Khi lưu lượng tăng lên đến một giá trị giới hạn nhất định nào đó, khí dẫn sẽ chảy rối và không khí có thể bị kéo vào trong hồ quang plasma gây ra rỗ khí trong kim loại đắp. Dải giá trị lưu lượng khí dẫn phù hợp là 3-5 lít/phút, và nó phụ thuộc vào hình dạng của bột hàn [1, 4] (xem hình 6).

**Tốc độ hàn**

Tốc độ di chuyển điện cực dọc mối hàn có ảnh hưởng trực tiếp tới hình dạng ngọn lửa hồ quang, độ sâu nóng chảy, tính thẩm mỹ (bề mặt) và sức nóng truyền vào kim loại nền. Tốc độ di chuyển nhanh tạo ra đường hàn hẹp hơn nhưng ít sâu hơn. Tốc độ di chuyển cũng ảnh hưởng tới sức nóng, do vậy ảnh hưởng tới cấu trúc của kim loại. Tốc độ làm nguội tăng hay giảm phải tỷ lệ với tốc độ di chuyển. Ngoài ra, vùng chịu nhiệt sẽ tăng kích thước trong khi tốc độ nguội giảm. Tốc độ di chuyển và làm nguội quá nhanh sẽ dẫn tới xu hướng làm xốp vì mối hàn đông cứng nhanh hơn [7, 8].

Tùy thuộc vào tính chất cũng như bề dày của lớp đắp mà lựa chọn tốc độ hàn sao cho hợp lý. Trong công nghệ hàn plasma với bột hợp kim để phục hồi xupap thì tốc độ hàn thông thường khoảng 10-20 m/h.

**Nhiệt độ nung sơ bộ**

Để chống nứt lớp đắp, người ta thường sử dụng biện pháp nung sơ bộ bề mặt chi tiết ở nhiệt độ cao. Hệ số giãn nở nhiệt có ảnh hưởng đáng chú ý trong quá trình hàn, bởi vì mặt phân giới giữa lớp đắp và kim loại cơ bản rất nhạy cảm với nứt tế vi. Chi tiết bị giãn nở khi nó được nung nóng và co lại khi nó bị làm lạnh. Sự co lại của lớp đắp và kim loại cơ bản phải gần giống nhau để chống lại nứt trong vùng lớp đắp. Do đó, lý do chính của việc nung nóng sơ bộ là chống lại nứt của vùng kim loại đắp. Khi sử dụng bột phun là hợp kim cobalt, thường nung sơ bộ ở 250-300°C [5].

## Kết quả và thực nghiệm



Chuẩn bị chi tiết trước khi hàn



Quá trình gia nhiệt bề mặt xupap trước khi hàn



Quá trình hàn đắp xupap bằng công nghệ plasma



Bề mặt xupap sau khi hàn



Gia nhiệt xupap sau khi hàn



Xupap sau khi gia công hoàn thiện

Qua quá trình hàn thử nghiệm đối với xupap, nhóm nghiên cứu đã rút ra được các thông số công nghệ hàn như sau (bảng 1).

Bảng 1: thông số công nghệ hàn plasma với bột hợp kim để phục hồi xupap

Nhóm	Thông số công nghệ	Giá trị	Đơn vị tính
Vật liệu	Vật liệu cơ bản của xupap: 45x14H114B2M	(0,4-0,5) C; 0,8 Si; 0,7 Mn; (13-15) Ni; 0,02 S; 0,035 P; (13-15) Cr; (0,25-0,4) Mo; (2-2,8) W; %Fe còn lại	%
	Bột kim loại đắp: Co-263-3	29 Cr; 10 Ni; 7 W; 0,7 Mn; 0,75 Si; %Co còn lại	%
	Cỡ bột	53±180	µm
Chế độ hàn	Dòng điện hồ quang	120±200	Amps
	Khoảng cách làm việc	14±20	mm
	Điện áp hàn	28-32	V
	Lưu lượng cấp bột	2-4	kg/giờ
	Nhiệt độ nung sơ bộ	250-300	°C
	Lưu lượng khí plasma	2-4	l/phút
	Lưu lượng khí bảo vệ	5-20	l/phút
	Lưu lượng khí mang bột	2-4	l/phút
Tốc độ hàn	5-50	m/h	

## Kết luận

Bằng nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm hàn plasma với bột hợp kim trên một số loại xupap máy thủy cho thấy, chất lượng của lớp kim loại đắp được thể hiện thông qua độ hòa tan (tỷ lệ giữa lớp kim loại mới hàn và kim loại chi tiết trong quá trình hàn) và là yếu tố quyết định ảnh hưởng đến cơ tính cũng như thành phần hóa học của lớp kim loại đắp.

Một số thông số công nghệ ảnh hưởng đến chất lượng lớp kim loại đắp trên bề mặt xupap bao gồm: dòng điện, điện áp hàn và lưu lượng khí plasma; thành phần và kích cỡ của các loại bột hợp kim dùng trong hàn; tốc độ hàn; khoảng cách làm việc phù hợp cho hồ quang plasma dịch chuyển; lưu lượng khí bảo vệ, khí mang bột hàn; nhiệt độ nung nóng sơ bộ.

Sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ và mối quan hệ giữa chúng được đánh giá và lựa chọn phù hợp phụ thuộc vào: thành phần vật liệu chi tiết hàn, mức độ hư hỏng và yêu cầu kỹ thuật đối với từng chi tiết cụ thể ■

## Tài liệu tham khảo

- [1] Hoàng Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Ngô Lê Thông, Chu Văn Khang. *Cắm nang hàn*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [2] Ngô Lê Thông. *Công nghệ hàn điện nóng chảy (tập 1, 2)*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004-2006.
- [3] Nguyễn Thúc Hà, Bùi Văn Hạnh, Võ Văn Phong, *Công nghệ hàn*, Nxb Giáo dục, Hà Nội, 2004-2006.
- [4] Woodford D.R., *Plasma Welding Data Sheets*, BOC Guidance Notes, 1972.
- [5] Bland J., *Recommended Practices for Plasma-Arc Welding*, AWS C5.1-73 (American Welding Society), 1973.
- [6] Pinfeld B.E., *Plasma Arc Welding-Part 4*. Welding Technology Data Sheets. Welding and Metal Fabrication, 1974.
- [7] Bland J., *Recommended Practices for Plasma-Arc Welding*. AWS C5.1-73 (American Welding Society), 1973.
- [8] Pinfeld B.E., *Plasma Arc Welding-Part 4*. Welding Technology Data Sheets. Welding and Metal Fabrication, 1974.
- [9] Metcalfe J.C. and Quigley M.B.C., *Heat Transfer in Plasma Arc Welding*. Welding Journal, March, 1975.
- [10] Lucas W., *Pulsed Plasma Welding*. Welding Inst. Res. Bull, 19, 1978.