



Tạp chí

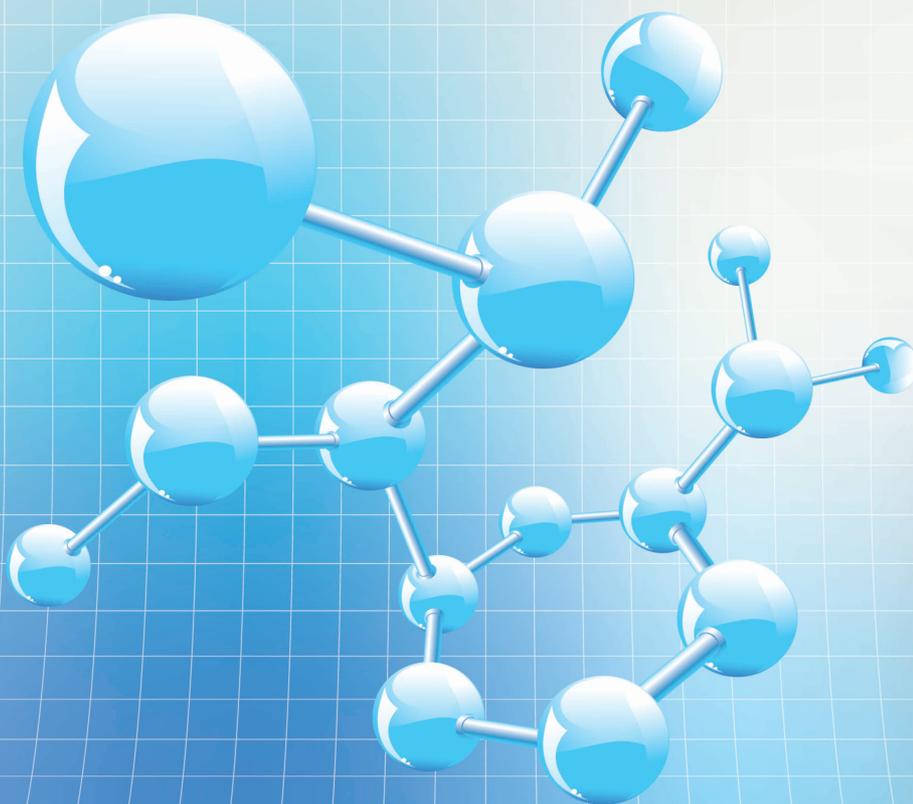
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190

E. ISSN 2815-553X



Số 2 (85)

2024

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

NGND.TS. Đinh Văn Nhung - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Quốc Cường

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Trần Văn Địch

GS.TS. Phạm Minh Tuấn

PGS.TS. Nguyễn Doãn Ý

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

TS. Vũ Quang Thập

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

TS. Bùi Văn Ngọc

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Trưởng ban

ThS. Đào Thị Vân

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

People's Teacher, Dr. Dinh Van Nhung - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Quoc Cuong

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Tran Van Dich

Prof.Dr. Pham Minh Tuan

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Doan Y

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Trương Thị Thủy

Dr. Vu Quang Thap

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Thị Bất

Prof.Dr. Do Quang Khang

Dr. Bui Van Ngoc

Assoc.Prof.Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Phạm Hoàng Hai

Assoc.Prof.Dr. Đoàn Ngọc Hải

Assoc.Prof.Dr. Nguyễn Ngọc Hà

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Dr. Nguyễn Văn Anh

■ **Editorial**

MSc. Doan Thi Thu Hang - Head

MSc. Dao Thi Van

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- Nghiên cứu các chế độ làm việc của máy điện từ kháng SRM-2x550 5 Phạm Công Tảo
Trần Duy Khánh
Phạm Thị Hoan
- Phương pháp phát hiện tự động và cải thiện tỷ lệ giải mã mã Datamatrix trong công nghiệp 12 Hà Minh Tuấn
Nguyễn Phương Ty
Lê Thị Mai
Lê Ngọc Hòa
Nguyễn Thị Phương Oanh
Phạm Thị Thảo
- Nghiên cứu mối liên hệ giữa tốc độ truyền thông và tốc độ đọc encoder trong điều khiển robot 17 Đàm Hải Quân
Lê Thị Hồng Gấm
Bùi Trung Thành
Phạm Văn Bạch Ngọc

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ thêu đến độ co hình thêu trên vải Pe/Co 22 Đỗ Thị Tần
Nguyễn Quang Thoại
- Nghiên cứu ảnh hưởng nhiệt độ và chu kỳ giặt đến độ giãn và phục hồi giãn của vải dệt kim cotton 28 Tạ Văn Hiến
Đỗ Thị Tần
- Quan sát dòng kim loại khi hàn bằng công nghệ hình ảnh X-ray đa chiều 34 Phùng Danh Sa
Ngô Hữu Mạnh
Trịnh Văn Cường
Mạc Thị Nguyên
Nguyễn Văn Anh
- Ứng dụng mô phỏng số thiết kế biên dạng cam trụ cần tịnh tiến theo phương pháp vết 40 Mạc Văn Giang
Đào Văn Kiên
- Nghiên cứu ứng dụng công nghệ mô phỏng vật liệu rời trong tối ưu hóa thông số làm việc của cơ cấu cấp hạt trên máy bóc vỏ hạt sen tươi 47 Hà Đình Soát
Nguyễn Hữu Chấn
Dương Thị Hà
Vũ Tiến Hiếu

NGÀNH KINH TẾ

- Nghiên cứu nhận thức và định hướng của sinh viên khoa Kinh tế Trường Đại học Sao Đỏ về nhân lực trong nền kinh tế số 54 Vũ Thị Lý

NGÀNH KINH TẾ

Tác động của các yếu tố thuộc về quản lý nguồn nhân lực xanh đối với hiệu suất xanh của doanh nghiệp	60	Phạm Thị Lĩnh Phạm Thị Mộng Hằng
Các yếu tố ảnh hưởng đến động lực làm việc của người lao động tại các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương	66	Nguyễn Thị Huệ
Đẩy mạnh hoạt động E-Marketing trong phát triển du lịch chất lượng cao trên địa bàn tỉnh Hải Dương	72	Vũ Thị Hương
Công tác kế toán tiền lương và bảo hiểm bắt buộc tại các doanh nghiệp xây dựng trên địa bàn tỉnh Hải Dương - Thực trạng và giải pháp	78	Nguyễn Thị Quỳnh Vũ Thị Lý Định Thị Kim Thiết Đoàn Thị Thu Hằng

NGÀNH TOÁN HỌC

Điều khiển phản hồi của phương trình 2D g -Navier-Stokes bằng các tham số xác định hữu hạn	84	Nguyễn Việt Tuấn Nguyễn Kiều Hiền
--	----	--------------------------------------

LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - THỰC PHẨM

Tổng hợp và nghiên cứu tính chất phát quang của hệ hybrid cluster/perovskite ứng dụng trong chiếu sáng	90	Phạm Thị Điệp Mạc Thị Lê
--	----	-----------------------------

NGÀNH GIÁO DỤC HỌC

Giáo dục trực tuyến - xu hướng đào tạo du lịch trong bối cảnh hội nhập phát triển kinh tế	97	Nguyễn Thị Sao Tăng Thị Hồng Minh
Đánh giá văn hóa ứng xử trong du lịch bằng phương pháp định lượng: Nghiên cứu các điểm du lịch tỉnh Hải Dương	103	Nguyễn Thị Thảo

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

Vận dụng Văn kiện Đại hội đại biểu toàn quốc lần thứ XIII của Đảng Cộng sản Việt Nam vào giảng dạy Chủ nghĩa xã hội khoa học	109	Nguyễn Thị Nhan Nguyễn Mạnh Tường
Tư tưởng Hồ Chí Minh về giải phóng dân tộc và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam trong công cuộc đổi mới	115	Nguyễn Thị Hiền
Giảng dạy các học phần lý luận chính trị cho sinh viên ở Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay	122	Phạm Xuân Đức

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- Research on working modes of switched reluctance machine SRM-2x550 5 Pham Cong Tao
Tran Duy Khanh
Pham Thi Hoan
- A methodology for automatic detection and improving Datamatrix code decoding rate in industry 12 Ha Minh Tuan
Nguyen Phuong Ty
Le Thi Mai
Le Ngoc Hoa
Nguyen Thi Phuong Oanh
Pham Thi Thao
- Research the relationship between microcontroller communication speed and encoder value in robot control 17 Dam Hai Quan
Le Thi Hong Gam
Bui Trung Thanh
Pham Van Bach Ngoc

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- The influence of some embroidery technology factors on the shrinkage of embroidery patterns on Pe/Co fabric 22 Do Thi Tan
Nguyen Quang Thoai
- Research the effects of temperature and washing cycle on the stretch and stretch recovery of cotton knitted fabrics 28 Ta Van Hien
Do Thi Tan
- Metal flow observation by multi-dimensional innovated X-ray image technology 34 Phung Danh Sa
Ngo Huu Manh
Trinh Van Cuong
Mac Thi Nguyen
Nguyen Van Anh
- Application of digital simulation for designing the profile of a cam cylinder that needs translation according to the trace method 40 Mac Van Giang
Dao Van Kien
- Study on the application of discrete element method in optimizing operating parameters of the feeding mechanism in fresh lotus seed decorticating machine 47 Ha Dinh Soat
Nguyen Huu Chan
Duong Thi Ha
Vu Tien Hieu

TITLE FOR ECONOMICS

- Research on perception and orientation of students of the faculty of Economics of Sao Do University on human resources in the digital economy 54 Vu Thi Ly

TITLE FOR ECONOMICS

The impact of green human resource management factors on enterprises green performance	60	Pham Thi Linh Pham Thi Mong Hang
Factors affecting the work motivation of workers in industrial parks in Hai Duong province	66	Nguyen Thi Hue
Promote E-Marketing activities in developing high-quality tourism in the Hai Duong province	72	Vu Thi Huong
Salary accounting and compulsory insurance at construction enterprises in Hai Duong province - current situation and solutions	78	Nguyen Thi Quynh Vu Thi Ly Dinh Thi Kim Thiet Doan Thi Thu Hang

TITLE FOR MATHEMATICS

Feedback control of 2D g-Navier-Stokes equations by finite determining parameters	84	Nguyen Viet Tuan Nguyen Kieu Hien
---	----	--------------------------------------

TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY

Study of luminescent properties of hybrid cluster/perovskite systems applied in lighting	90	Pham Thi Diep Mac Thi Le
--	----	-----------------------------

TITLE FOR EDUCATION

Online education - the trend on tourism training in the context of economic integration and development	97	Nguyen Thi Sao Tang Thi Hong Minh
Assessing behaviour culture in tourism by quantitative methods: Research tourist destinations in Hai Duong province	103	Nguyen Thi Thao

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

Applying Documents of the 13 th National Congress of the Communist Party of Vietnam to teaching Scientific Socialism	109	Nguyen Thi Nhan Nguyen Manh Tuong
Ho Chi Minh's ideology on national defense and the application of the Communist Party of Vietnam in the reform process	115	Nguyen Thi Hien
Teaching political theory courses for students at Sao Do University today	122	Pham Xuan Duc

Metal flow observation by multi-dimensional innovated X-ray image technology

Quan sát dòng kim loại khi hàn bằng công nghệ hình ảnh X-ray đa chiều

Phung Danh Sa¹, Ngo Huu Manh^{2*},
Trinh Van Cuong², Mac Thi Nguyen², Nguyen Van Anh³

*Corresponding Author: manh.weldtech@gmail.com

¹An Giang Vocational College, Viet Nam

²Sao Do University, Viet Nam

³Cranfield University, United Kingdom

Received date: 10/3/2024

Accepted date: 25/6/2024

Published date: 30/6/2024

Abstract

This paper presents the relationship between the fluid vortexes in the melted domain and the key-hole diameter in plasma arc welding (PAW). The application of 4-Dimensional innovated X-ray image technology for material flow observations. The advanced PAW experiment was conducted with the use of different orifice diameters. It was found that there are two fluid vortexes (a vortex pair) in the melted domain in PAW. When the keyhole boundary changes, there is a big change of the relative contour of each vortex due to the orifice diameter variation. Each vortex's relative profiles are dependent on the mass transfer and convection flow in the melted domain. An enormous vortex is created at the lower part of the weld pool. When the orifice diameter increases, the plasma arc column is expanded, and the vortex at the top side of the weld pool is much bigger and longer. The findings can be used to develop simulation algorithms for the PAW and Additive Manufacturing process, especially for the development of intelligent manufacturing processes based on metal welding and fused deposition principles.

Key words: Plasma arc welding; X-ray observation; 4-Dimensional image; material flow; key-hole.

Tóm tắt

Bài viết trình bày về mối quan hệ giữa dòng xoáy chất lỏng trong vùng nóng chảy và đường kính lỗ khóa khi hàn hồ quang plasma (PAW). Ứng dụng tia X để cải tiến hình ảnh 4 chiều quan sát dòng vật liệu hàn. Thí nghiệm PAW nâng cao được thực hiện với việc sử dụng các đường kính lỗ khác nhau. Người ta phát hiện ra hai dòng xoáy chất lỏng (một cặp xoáy) trong miền nóng chảy khi PAW. Khi ranh giới lỗ khóa thay đổi thì có sự thay đổi lớn về đường viền tương đối của mỗi dòng xoáy do sự thay đổi đường kính lỗ khóa. Cấu hình tương đối của mỗi dòng xoáy phụ thuộc vào dòng chuyển khối và dòng đối lưu trong vùng kim loại lỏng. Một dòng xoáy lớn được tạo ra ở phần dưới của vũng hàn. Khi đường kính lỗ tăng lên, cột hồ quang plasma được mở rộng và dòng xoáy ở phía trên của bể hàn lớn hơn và dài hơn. Các phát hiện này có thể được sử dụng để phát triển các thuật toán mô phỏng khi PAW và in kim loại, đặc biệt là để phát triển các quy trình sản xuất thông minh dựa trên nguyên lý hàn nóng chảy và kết tinh kim loại.

Từ khóa: Hàn hồ quang plasma; quan sát bằng X-ray; hình ảnh 4 chiều; dòng vật liệu; lỗ khóa.

1. INTRODUCTION

Material flow in welding and Additive Manufacturing (AM) is a critical factor in understanding the mechanism and efficiently controlling their processes [1-2]. The behavior of material flow in welding and AM has been attended by many researchers [3-4]. In order to investigate these phenomena, X-ray innovative image

technology is an ideal approach [5-6], since X-ray can transmit through the metallic. The change of the matter density can affect the absorb ratio of X-ray incidents to create a contrast on the captured image.

Plasma arc welding (PAW) is an advanced joining technology with superior characteristics, including the following: high current density, constricted and compressed arc plasma, and high plasma jet velocity. This is because there is a copper orifice with a small diameter hole inside the torch construction. This orifice

Reviewers: 1. Prof.Dr. Ha Minh Hung
2. Assoc.Prof.Dr. Pham Van Bach Ngoc

has two functions: dis-charging the primary arc plasma and orientating the plasma column in ring form and straight. This is a critical fracture that is different from the traditional Tungsten Inert Gas (TIG) welding processes. PAW has many applications in manufacturing industries, including making steel structures [7], shipbuilding [8], automobile [9] and aerospace engineering [10, 11]. Recently, it has received the enormous attention of scientists and engineers, especially under the impacts of AM. In the 1970s, the US's National Aero-nautics and Space Administration (NASA) applied this technology to produce the rocket body [12]. In another effort, Boeing and GE companies fabricated the aluminum body of the airplane by the variable polarity plasma arc (VPPA) process [13]. Zhang et al (2010), presented the studies about the plasma flux on the top surface and the deformation of the keyhole channel [14] to investigate the fundamental nature of the VPPA technology. It was well-reported that the thermodynamic fluid flow of the melted domain in PAW is beneficial information for understanding the mechanism in the welding, AM, and material processes [15,16]. In order to understand the thermodynamic phenomena of fluid flow in PAW, a lot of experiments and simulations have been done with the use of high-speed imaging cameras (HSVC) [16]; and it was concluded that the keyhole exit information at the bottom surface of the keyhole is importantly necessary to consider the stability of the melted domain [17,18]. Nguyen et al (2017), investigated the behavior of the keyhole on the bottom surface of the keyhole, and the results showed that during the arc plasma switch-off period, there is a change of the keyhole contour, and it then became stable at several milliseconds [19]. By diversification of shielding gas composition, the physical nature change of the arc plasma column is the leading cause of the variation of the arc pressure and the current density, which leads to variations of the keyhole contour and effects on the diversion of fluid vortexes on the melted domain surface. The Marangoni force was reversed [20,21], and the correlation among eddies in the weld pool is the main factor that causes the welding defects on the surface of the jointed structure, such as the undercut [22]. In order to enhance the capability of joining the thick plates, a novel hybrid welding technology with the combination of the PAW torch and the MIG torch was applied; and the results implied that the plate of 12 mm thickness could be welded with the use of one welding pass, without a root groove and a gap between the workpieces [23]. The formation mechanism of physical metallurgy was also studied, and it was concluded that the microstructure behavior and mechanical properties are important considerations when studying the nature of material processes [24]. There have been many studies about the micro-structure behaviors and mechanical properties related to the PAW process, including the investigation about the microstructure

and mechanical properties of the dual-phase steel DP600 with a thickness of 6mm [25]; and the dissimilar material joint between the ultra-high-strength steel and aluminum alloy (Al-Si) was also studied [26]. In order to apply the PAW process to weld aluminum and its alloy, the microstructures and properties of Al-Mg alloy were investigated with the VPPA variant [27]. There also have been efforts to apply the VPPA process in welding aluminum and its alloy, in which Bin et al. (2018) presented the visualization of the molten pool images of A5052P aluminum alloy using tracer particles; and the findings provided the essential knowledge to explore the sufficient identification about the heat transport and convection in the melted domain [28].

As mentioned above, the PAW process has been investigated and documented with many publications. However, there is a lack of investigations that consider the combination among the input parameters (welding parameters) with the arc plasma nature, the change of heat mass transfer, fluid flow thermodynamic nature, crystallization in weldment, and microstructure behaviors. The mechanical properties related to the PAW process have been well-documented to understand insightfully about the technology; however, the production effectiveness of the technology is still relatively low, and its applicable expansion was slow down as well. In order to elucidate the complex nature and to increase the application scope of the PAW processes and related technologies, the investigations were done to observe the plasma arc and the material flow of the weld pool [22]; and it was concluded that the thermodynamic phenomenon is based on the heat input under the change of welding parameters [29]. Furthermore, the eddies inside the weld pool influence the profile and mechanical strength when the welding parameters are changed [30]. In addition, the relationship between the eddies and welding surface defects was considered with the change of the welding current [31]. The copper orifice is the essential component in a PAW torch because it can affect arc plasma characteristics. It is the fountainhead to causes the molten pool behavior, weldment crystallization, and microstructure. However, these phenomena have not yet been well-investigated and documented. In order to find a new understanding of the relation between the fluid vortex in the melted domain and the orifice diameter, we present and discuss the change of the fluid vortex inside the melted domain under the change of the copper orifice diameter.

2. MATERIAL AND METHOD

In this study, a plasma welding torch (100WH, Nippon Steel Welding & Engineering Co., Ltd) and a welding source (NW-300ASR, Nippon Steel Welding & Engineering Co., Ltd) were the leading welding equipment. To protect the backside of the weld pool,

a back-shielding gas protector is attached to the backside of the workpiece. The shielding gas is supplied to this apparatus to protect the weld pool and the crystallization process without the negative influence of the air. The copper orifice diameter inside the welding torch is 2.0mm and 2.4mm. Other welding conditions are summarized in Table 1.

In order to measure the fluid vortex of the melted domain, two X-ray observation systems are used, as shown in Figure 1, in which the X-ray sources transmit throughout the melted zone of the workpiece; and the X-ray signals are printed on the films (X-ray films). These films are captured by two high-speed imaging cameras simultaneously. As a result, four-dimension images of the melted domains are detected. The detailed setup parameters are shown in Table 2. The details of the measurement method were well-documented in our recent papers [20, 30, 31].

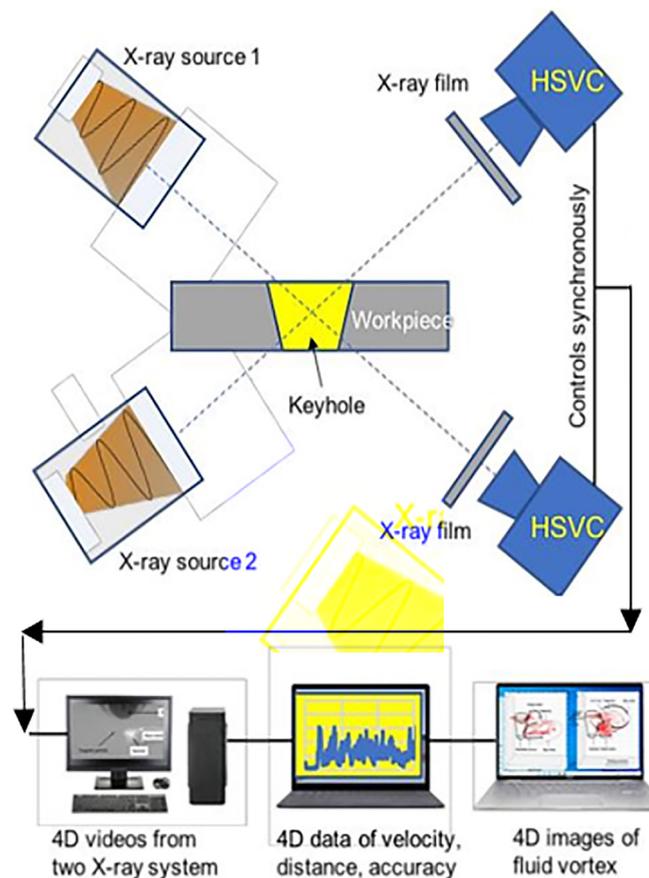


Fig 1. Diagram of 4D X-ray observation and analysis system

Table 1. Welding parameters

Parameters	Value (unit)
Set back of tungsten electrode	3 (mm)
Welding DC current	120 (A)
Arc length	5 (mm)
Plasma gas flow rate	1.7 (l/min)
Shielding gas flow rate	3 (l/min)

Parameters	Value (unit)
Back shielding gas flow rate	7.5 (l/min)
Welding velocity	3 (mm/s)
Workpiece	SUS304 thickness 4 (mm)

Table 2. Setup parameters for the four-dimension observation system

Parameters	Value (unit)
X-ray source 1	225 (kV), 3.5 (mA)
X-ray source 2	230 (kV), 1.0 (mA)
HSVCs frame	1000 (pfs)
X-ray inclination angle	30 (degrees)
Tracer particle (tungsten) diameter	0.3 (mm)

The four-dimension images are finally converted into the actual velocity, distance and dimension values using the tracer analysis software. It is noted that two HSVC are synchronously controlled.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Weld bead cross-section and keyhole contour

The weld bead cross-section and keyhole contour are presented in Figure. 2 (a) and (b) with the copper orifice of 2.0mm and 2.4mm diameters, respectively. The width of the top bead is about 5.5mm with the nozzle of 2.0mm diameter and about 6.9mm with the nozzle of 2.4mm diameter. The width of the bottom bead is about 2.6mm (2.0mm diameter orifice) and 2.9mm (2.4 mm diameter orifice). The keyhole diameter at the upper side of the weld pool is about 4.6mm with a nozzle of 2.0mm diameter and 4.9mm with a nozzle of 2.4mm diameter. The bead width is about 2.2mm and 2.4mm, respectively, at the weld pool's lower side. The inclination angle of the rear kerf of the weld pool is largely increased. They are about 150 and 250 and in the cases of the nozzle of 2.0mm and 2.4mm diameter, respectively. The inclination angle of the front kerf of the weld pool is about 160 and 190 in the cases of the nozzle of 2.0mm and 2.4mm diameter, respectively. The deviation between the torch centerline and the keyhole centerline on the lower side of the weld pool was higher with the nozzle of 2.4mm diameter due to the deduction of plasma pressure and heat flux from; therefore, the keyhole and the weld bead were wider, especially on the upper side in the case of the nozzle of 2.4mm diameter. There is no welding defect such as undercut, convex, rein-forcement, and burn-through in both cases.

3.2. Material flow behavior in melted domain

Four-dimensional vortex images of the melted domain in both cases of the nozzle of 2.0mm and 2.4mm diameters are expressed in Figure 2 (c) and (d), respectively.

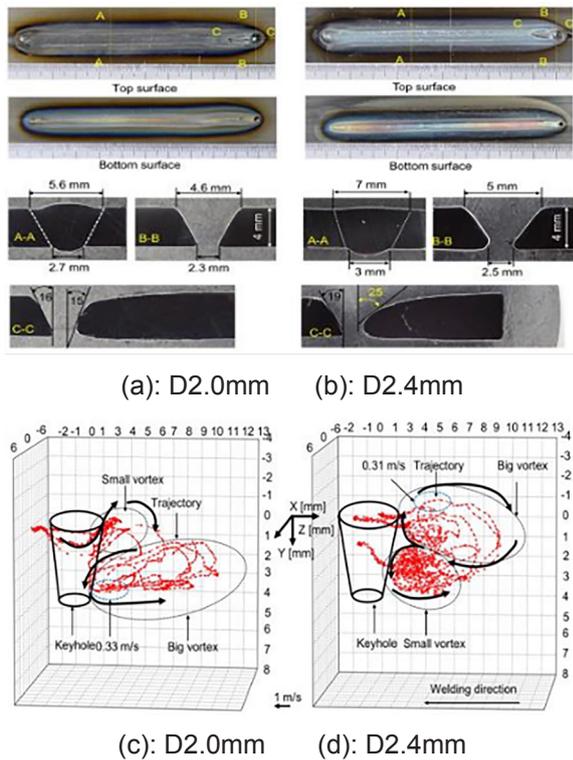


Fig 2. Cross-section and keyhole contour (a, b) and 4D material flow at the melted domain (c, d) for two cases of the keyhole size with the copper orifice of 2.0mm & 2.4mm diameters.

There are two movement directions of tracers at the melted domain in both cases of the nozzle of 2.0mm and 2.4mm diameters. After moving over the front part of the key-hole, some tracers motived in the clockwise direction and backward at the upper side, and some of them went in counter-clockwise and backward at the lower side of the weld pool. From this trend of tungsten particles, it can be concluded that there are two eddies in the melted domain: (1) in upwards at the upper side of the weld pool and (2) down-wards at the lower side of the weld pool. As a result of this convection inside the melted domain, a vortex pair with the upper vortex was created, following the eddy at the upper side of the weld pool; and similarly, a vortex pair with the lower vortex was created, following the eddy at the lower side of the weld pool. In the case of the nozzle of 2.4mm diameter, when tracers move around the upper side, their velocity was enormously increased upwards and backward around the rear kerf of the keyhole. After that, it moved down to a neutral place of the workpiece before turning back to the rear kerf of the keyhole. When tracers were located at the lower side of the weld pool, they were rapidly accelerated downwards and backward around the rear kerf of the keyhole. They were then transferred upwards to the middle part of the workpiece before turning back to the keyhole.

Based on the movement of tungsten particles, it can be noticed that two fluid vortices were formed in the case of the nozzle of 2.4mm diameter. The vortex at

the upper side of the weld pool is much stronger than the vortex at the lower side of the weld pool. In the case of the nozzle of 2.0mm diameter, when tracers are located at the upper side, they move upward and then in a backward tendency inside the weld pool and behind the keyhole. After that, it sunk to a neutral place before coming back to around the keyhole. When tracers were at the lower side of the weld pool, they rapidly moved in downwards and then in backward at the front kerf of the keyhole. They were then transported upwards before turning back to the rear kerf of the keyhole.

Consequently, two vortexes were formed, and the lower vortex was much larger and more robust than the upper vortex. A large amount of plasma gas and plasma jet was pushed out downward inside the keyhole with a nozzle of 2.0mm diameter. This re-sulted in a border vortex at the lower side of the weld pool. In the meantime, a major amount of plasma gas and plasma jet was blown along the melted domain surface and the keyhole surface in the upward direction in case of the nozzle of 2.4mm diameter, leading to creation of an enormous vortex at the upper side of the weld pool. This con-vection is suitable with the change of the keyholes profile as expressed in Figure 2 (a, b). The highest speed of tracers at the melted domain is about 0.34m/s at the lower side with the nozzle of 2.0mm diameter and is about 0.29m/s at the upper side with the nozzle of 2.4mm diameter.

4. CONCLUSIONS

In this paper, the PAW experiment to investigate the behavior of the fluid vortex inside the melted domain was conducted and analyzed. The following are the main findings. Firstly, two vortices are formed at the melted domain. This mechanism is mainly based on the activation of the shear force due to the high plasma flow from the torch. Sec-ondly, the behavior of the shear force is principally decided based on the change of the keyhole contour. Therefore, the relative value of each vortex largely varies based on the change of welding parameters. This relative strength of each vortex is considered to decisively govern the heat transportation and material flow behavior at the motel domain and the occurrence of the welding defects.

The findings of a study provide further understanding about the relationship among the welding parameters with the material flow behavior and the crystallization process, not only limited to the PAW process but also applied for other welding and AM processes. Finally, the findings can be used to develop simulation algorithms for the PAW and AM process, especially for developing innovative manufacturing processes based on metal welding and fused deposition principles.

REFERENCES

- [1]. Nadia Kouraytem, Xuxiao Li, Ross Cunningham, Cang Zhao, Niranjana Parab, Tao Sun, Anthony D. Rollett, Ashley D. Spear, and Wenda Tan (2019), *Effect of laser-matter interaction on molten pool flow and keyhole dynamics*, Physical Review Applied, Vol. 11, 064054.
- [2]. Masanori Miyagi, Hongze Wang, Ryohei Yoshida, Yousuke Kawahito, Hiroshi Kawakami & Takahisa Shoubu (2018), *Effect of alloy element on weld pool dynamics in laser welding of aluminum alloys*, Scientific reports, Vol. 8, 12944.
- [3]. Changsheng Xu, Ning Guo, Xin Zhang, Haiyue Jiang, Hao Chena, Jicai Feng (2019), *In situ X-ray imaging of melt pool dynamics in underwater arc welding*, Materials and Design, Vol. 179, 107899.
- [4]. Ross Cunningham, Cang Zhao, Niranjana Parab, Christopher Kantzos, Joseph Pauza, Kamel Fezzaa, Tao Sun, Anthony D. Rollett (2019), *Keyhole threshold and morphology in laser melting revealed by ultrahigh-speed x-ray imaging*, Science Vol. 363, 849-852.
- [5]. Yunhui Chen, Samuel J. Clark, Chu-Lun Alex Leung, Lorna Sinclair, Sebastian Marussi, Margie P. Olbinado, Elodie Boller, Alexander Rack, Iain Todd, Peter D. Lee (2020), *In-situ Synchrotron imaging of keyhole mode multi-layer laser powder bed fusion additive manufacturing*, Applied Materials Today, Vol. 20 (1), 100650.
- [6]. Yunhui Chen, Samuel J. Clark, Yuze Huang, Lorna Sinclair, Chu Lun Alex Leung, Sebastian Marussi, Thomas Connolly, Oxana V. Magdysyuk, Robert C. Atwood, Gavin J. Baxter, Martyn A. Jones, Iain Todd, Peter D. Lee (2021), *In situ X-ray quantification of melt pool behaviour during directed energy deposition additive manufacturing of stainless steel*, Materials Letters 286, 129205.
- [7]. Robert L. McCaw (1979), *Plasma arc welding of high-performance ship materials*, David Taylor naval ship research and development center report, SME-78/34.
- [8]. Vilkas, E. P (1991), *Plasma arc welding of exhaust pipe system components*, Welding Journal 70, 49-52.
- [9]. Irving, B (1997), *Why aren't airplanes welded*, Welding Journal, Vol. 76, 31-41.
- [10]. Aliaksandr Zavadski (2018), *Advanced welding technologies used in aerospace industry*, Doctoral thesis.
- [11]. Y. M. Zhang, S. B. Zhang (1991), *Observation of the keyhole during Plasma arc welding*, Welding Journal, Vol. 2, 53-58.
- [12]. Yunhui Chen, Samuel J. Clark, Yuze Huang et al. (2021), *In situ X-ray quantification of melt pool behaviour during directed energy deposition additive manufacturing of stainless steel*, Materials Letters 286, 129205.
- [13]. Chu Lun Alex Leung, Sebastian Marussi, et al. (2018), *In situ X-ray imaging of defect and molten pool dynamics in laser additive manufacturing*, Nature communications, 9, 1355.
- [14]. C. S. Wu, C. B. Jia, M. A. Chen (2010), *A control system for keyhole plasma arc welding of stainless steel plates with medium thickness*, Welding Journal, Vol. 11, 225-231.
- [15]. Z. M. Liu, C. S. Wu, Y. K. Liu, Z. Luo (2015), *Keyhole behaviors influence weld defects in Plasma arc welding process*, Welding Journal, Vol. 9, 281-290.
- [16]. Xiaoxia Jian, C. S Wu (2015), *Numerical analysis of the coupled arc-weld pool-keyhole behaviors in stationary Plasma arc welding*, International journal of heat and mass transfer, Vol. 84, 839-847.
- [17]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Bui Van Hanh, Manabu Tanaka (2018), *Behavior of exit keyhole diameter during switch off period in Plasma keyhole arc welding*, Advanced Engineering Forum, Vol. 26: 87-92.
- [18]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Bui Van Hanh, Manabu Tanaka (2016), *Visualization of weld pool convective flow in Plasma keyhole arc welding*. Frontier of Applied Plasma Technology, Vol. 9, 1-6.
- [19]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Bui Van Hanh, Manabu Tanaka (2017), *Influence of pilot gas composition on convective pattern of weld pool surface in Plasma keyhole arc welding*, Quarterly journal of the Japan welding society, Vol. 35, 98s-102s.
- [20]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Ngo Huu Manh, Bui Van Hanh, Manabu Tanaka (2020), *Effect of the eddies formed inside a weld pool on welding defects during Plasma keyhole arc welding*, Journal of Manufacturing Processes, Vol. 59, 649-657.
- [21]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Bui Van Hanh, Manabu Tanaka (2017), *Development of Plasma-MIG hybrid welding process*, Quarterly journal of the Japan welding society, Vol. 35, 132s-136s.

- [22]. T. DebRoy, T. Mukherjee et al. (2021), *Metallurgy, mechanistic models and machine learning in metal printing*, Nature reviews, Vol. 6, 48-68.
- [23]. Minh Son Pham, Bogdan Dogy, et al. (2021), *The role of side-branching in microstructure development in laser powder-bed fusion*, Nature communication, 11, 749.
- [24]. Amit A. Kuril, G.D Janaki Ram, Srinivasa R. Bakshi (2019), *Microstructure and mechanical properties of keyhole plasma arc welded dual phase steel DP600*, Journal of material process and technology, Vol. 270, 28-36.
- [25]. Wenhua Geng, Di Wu, Daquian Sun, Hongmei Li, Yingying Che (2018), *Microstructures and mechanical properties of Plasma arc welded joints of Ultra-high strength steel and aluminum alloy using Al-Si and Al-Cu fillers*, ISIJ international, Vol. 58, 1108-1116.
- [26]. Pian Xu, Feng Jiang, Song Meng, Keke Yi, et al. (2018), *Microstructure and Mechanical properties of Al-Mg-Sc-Zr alloy variable polarity Plasma arc welding joint*, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 27, 4783-4790.
- [27]. Bin Xu, Shinichi Tashiro, Shun Chen, Fan Jiang, Nguyen Van Anh, Manabu Tanaka (2020), *Material flow analyses of high-efficiency joint process in VPPA keyhole flat welding by X-ray transmission system*, Journal of Cleaner Production, Vol. 250, 119450.
- [28]. Bin Xu, Shinichi Tashiro, Fan Jiang, Chun Chen, Nguyen Van Anh, Manabu Tanaka (2018), *Numerical analysis of plasma arc physical characteristics under additional constraint of keyhole*, Chinese Physics B Vol. 27, 034701.
- [29]. Ngo Huu Manh, Nguyen Van Anh, Nguyen Thanh Hai, et al. (2020), *Material flow behavior on weld pool surface in Plasma arc welding process considering dominant driving forces*, Applied science, Vol. 10: 3569.
- [30]. Nguyen Van Anh, Shinichi Tashiro, Ngo Huu Manh, Le Hoang Anh, Bui Van Hanh, Manabu Tannaka (2020), *Influence of shielding gas composition on molten metal flow behavior during plasma keyhole arc welding process*, Journal of Manufacturing Processes, Vol. 53, 431-437.
- [31]. Nguyen Van Anh, Dong Seng Wu, Shinichi Tashiro, Manabu Tanaka (2019), *Undercut formation mechanism in keyhole Plasma arc welding*, Welding journal, Vol. 98, 204-212.

THÔNG TIN TÁC GIẢ

**Phùng Danh Sa¹, Ngô Hữu Mạnh^{2*},
Trịnh Văn Cường², Mạc Thị Nguyên², Nguyễn Văn Anh³**

*Tác giả liên hệ: manh.weldtech@gmail.com

¹Trường Cao đẳng nghề An Giang, Việt Nam;

²Trường Đại học Sao Đỏ, Việt Nam;

³Trường Đại học Cranfield, Vương quốc Anh.

THẺ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 2 (85) 2024



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- Số 1: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Số 2: Số 72, đường Nguyễn Thái Học, phường Thái Học, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Điện thoại: (0220) 3882 269 Fax: (0220) 3882 921 Website: <http://saodo.edu.vn> Email: info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 2 (85)
2024

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH In Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.