

การพัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

Developing a Control System and Efficiency Evaluation on Hydroxyl

Gas Production for Welding

บุญธง วสุรีย์^{1*}, สันญา คุรคิต², และธานิน ม่วงพูล³

Boonthong Wasuri^{1*}, Sanya Kuankid², and Thanin Muangpool³

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์^{1*}, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า² และสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์^{3*} มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Program of Industrial Art^{1*}, Program of Electrical Engineering², Program of Computer Technology³

Nakhon Pathom Rajabhat University

E-Mail : signal@npnu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม 2) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น และ 3) ศึกษาการยอมรับของนักศึกษา ตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) ส่วนควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการให้ระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมทำงาน อุปกรณ์หลัก ๆ ได้แก่ เซนเซอร์วัดกระแสและแรงดัน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อมแก๊ส และชุดจ่ายเตา และ (2) ส่วนเครื่องเชื่อมแก๊ส ทำงานโดยอาศัยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพบว่าที่แรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบกกิ้งโซดา 1:10 กรัม ปริมาณแก๊สที่ช่วง 100 - 500 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาการเกิดแก๊สเฉลี่ยที่ 5.71 - 39.30 นาที และการประยุกต์ใช้ในการเชื่อมบัดกรีทางปลายไฟทองแดงขนาดพื้นที่หน้าตัด 35 ตารางมิลลิเมตร พบว่าใช้เวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงานเฉลี่ยที่ 26.29 วินาที และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรีเฉลี่ยที่ 220.12 องศาเซลเซียส โดยลักษณะของชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมบัดกรีมีความคงทน และ 3) ส่วนผลการศึกษาความคิดเห็นที่มีผลต่อการยอมรับของนักศึกษพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.53)

คำสำคัญ : แก๊สไฮดรอกซิล, การเชื่อมแก๊ส, เซนเซอร์วัดแรงดันและกระแสไฟฟ้า, เซลล์อิเล็กโทรไลต์

ABSTRACT

The aims of this research were to 1) develop the voltage and current control system of hydroxyl gas production for welding, 2) evaluate the constructed system's efficiency, and 3) examine students' acceptance using the technological acceptance model. The sample group comprised the fourth-year students of Arts Industry, Nakhon Pathom Rajabhat University. The research instruments used in the research were a system for producing hydroxyl gas for welding, a questionnaire for efficiency of experts, and a technology acceptability questionnaire. Mean and standard deviation were utilized in the analysis.

The results showed that 1) the developed system was divided into two components: the section control and direct the voltage and current control system used to generate hydroxyl gas, and a gas welding unit that worked by electrolysis in an electrolyte cell. The primary equipment

was current and voltage sensors, a microcontroller board, a gas welding machine power supply unit, and an alarm unit, 2) the system of performance tests was indicated at 25 volts, 1 liter of water to 1:10 g. of baking soda which can be produced a gas volume between 100 and 500 ml. The average time required for gas production was at 5.71 - 39.30 minutes. The solder terminals and copper wires at 35 square millimeters were used, an average soldering time of 26.29 seconds and an average soldering temperature of 220. The measurement was at 12 °C. Welding and soldering produced highly durable work pieces, and 3) the students' acceptance were rated at the highest level ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.53).

Keywords : hydroxyl gas, gas welding, voltage and current sensors, electrolyte cells

บทนำ

การเชื่อมแก๊ส เป็นการเชื่อมชิ้นงานโดยใช้พลังงานความร้อนจากการสันดาปของแก๊สเชื้อเพลิง (Fuel Gas) เช่น แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) อะเซทิลีน (C_2H_2) หรือไฮโดรเจน (H_2) กับออกซิเจน (O_2) ที่หัวเชื่อมแก๊ส (Torch) โดยมี ขบวนการเชื่อมที่ใช้การเผาไหม้ของแก๊สอะเซทิลีนผสมกับแก๊สออกซิเจน (Oxyacetylene Welding) เปลวไฟจากการเผาไหม้ที่ปลายหัวเชื่อมแล้วทำให้โลหะหลอมละลายแล้วเติมหลอดเชื่อมลงไปบนบ่อน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลาย เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงก็จะได้แนวเชื่อมตามต้องการ การเชื่อมแก๊ส นิยมใช้กับงานเชื่อมเบา ๆ ที่ใช้เชื่อมโลหะบาง ๆ เช่น งานเชื่อมเพื่อซ่อมตัวถังรถยนต์ งานเชื่อมท่อแอร์ ท่อไอเสียรถยนต์ หรืองานเชื่อมท่อในอุตสาหกรรมเคมีต่าง ๆ รวมถึงการเชื่อมบัดกรีที่ใช้ความร้อนไม่สูงมากในงานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น [1]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมงานเชื่อมโลหะมีความสำคัญอย่างยิ่ง และนิยมใช้เครื่องเชื่อมแก๊สอะเซทิลีนผสมกับแก๊สออกซิเจน โดยใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สอะเซทิลีน และแก๊สออกซิเจนให้เปลวไฟที่มีความร้อนสูงประมาณ 6,300 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 3,480 องศาเซลเซียสเพียงพอที่จะทำให้โลหะแต่ละชนิดหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน [1] เมื่อเย็นตัวลงโลหะสองชิ้นจะติดกันมีความแข็งแรงเท่ากับหรือมากกว่าเนื้อโลหะเดิม แต่ยังมี ความอันตรายต่อตัวผู้ทำให้เกิดไฟลุกไหม้หรือระเบิดที่อุปกรณ์ขณะทำการเชื่อมแก๊สหรือการระเบิดของสายแก๊ส หรือสายออกซิเจน และมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งการเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างออกซิเจนกับอะเซทิลีนขณะทำการเชื่อมจะมีมลพิษที่เกิดจากกลิ่นหรือเขม่าควัน ซึ่งจะเป็อันตรายต่อผู้เชื่อมและผู้ที่อยู่ใกล้เคียง

พลังงานไฮโดรเจน กำลังได้รับความนิยมจากทั่วโลกเนื่องจากสามารถผลิตได้จากหลายแหล่ง มีศักยภาพให้พลังงานสูง แปลงเป็นพลังงานอื่นได้ง่าย และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจนให้เป็นพลังงานที่สะอาด มีความยั่งยืนในระบบ ซึ่งแก๊สไฮโดรเจน มีคุณสมบัติเป็นแก๊สที่เบากว่าอากาศ และติดไฟได้ง่ายในบรรยากาศทั่วไป ปัจจุบันมีการนำแก๊สไฮโดรเจนไปใช้ในอุตสาหกรรม งานเชื่อม ตัดพลาสมาหรือ การเชื่อมสแตนเลส การเชื่อมเชื่อมอาร์กโลหะปกคลุม (Gas metal arc welding :GMAW) และการเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas tungsten arc welding :GTAW) มักจะใช้ไฮโดรเจนผสมกับแก๊สชนิดอื่น [2]

การผลิตแก๊สไฮโดรเจน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงมีหลายวิธี อาจทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการ และในเชิงอุตสาหกรรม โดยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell) จะให้ผลผลิตเป็นแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน กระบวนการดังกล่าวจะต้องมีการตรวจวัดและควบคุมแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 24 - 35 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.6 - 2.0 แอมแปร์ จึงจะได้แก๊สไฮโดรเจนออกมาประมาณ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง แก๊สที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงถึงร้อยละ 99.7 และมีไอน้ำปะปนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงสามารถนำไปใช้กับเซลล์เชื้อเพลิงได้ทันที [3]

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าสำหรับผลิตแก๊สไฮโดรเจน เพื่อมาใช้ตรวจวัดและควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าในระหว่างการผลิตพลังงานไฮโดรเจนมาใช้เป็นแก๊สในเครื่องเชื่อมแทน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าเข้ามาร่วม

กับระบบควบคุมอัตโนมัติ และใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่ทดแทนพลังงานไฟฟ้า เพื่อลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องเชื่อมแก๊ส

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม
- 1.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม
- 1.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของนักศึกษา ตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี TAM ในการทดลองใช้ระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นหน่วยประมวลผลขนาดเล็กมีความสามารถสูง ปัจจุบันได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูง ขนาดเล็ก ราคาถูกและมีให้เลือกใช้งานได้อย่างหลากหลาย เช่น Arduino, Raspberry Pi ฯลฯ ในการทดลองนี้ใช้บอร์ด Arduino เป็นอุปกรณ์ในการควบคุม เนื่องจากเป็นบอร์ดที่สามารถลงระบบปฏิบัติการได้ สามารถเขียนโปรแกรมได้หลายภาษา มีผลทำให้อุปกรณ์มีความยืดหยุ่นในการทำงาน [4-7]

อาร์ดูโอโน (Arduino) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีราคาถูกและสามารถ ใช้งานได้ง่าย การเขียนโปรแกรมเพื่อเป็นคำสั่งสำหรับควบคุมส่วนใหญ่จะใช้ภาษาซีเนื่องจากเป็นภาษาเชิงโครงสร้างพื้นฐานทั่ว ๆ ไป การพัฒนาอยู่ในรูปแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านอุปกรณ์ (Hardware) และชุดคำสั่ง (Software) ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้สามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกได้หรือสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ มาต่อกับบอร์ด เพื่อพัฒนาตามความต้องการของนักพัฒนา [6] บอร์ด Arduino สามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้ เขียนชุดคำสั่งด้วยโปรแกรม Arduino IDE เหมาะแก่ผู้ที่จะเริ่มต้นศึกษาพัฒนาโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์และอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ภายในบอร์ดประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น พอร์ตไมโครยูเอสบี (Micro USB) สำหรับจ่ายไฟ อับโหลดโปรแกรม วงจรสำหรับอับโหลดโปรแกรมผ่านสายยูเอสบี ซีพียูแปลงแรงดันไฟฟ้าและขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก [7]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

พิชญ พิชัยณรงค์ และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานทดแทนในเครื่องยนต์เบนซิล และออกแบบระบบเครื่องแยกก๊าซออกซิเจนไฮโดรเจน ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตอนการผลิตสลายเซลล์แบบเซลล์แห้ง โดยประยุกต์ตัวแผ่นเซลล์ให้เป็นแบบตาข่าย และใช้ปั้มน้ำเป็นเครื่องเร่งปฏิกิริยา จากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพของการแยกก๊าซขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ประสิทธิภาพของเครื่องปั้มน้ำ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ โดยก๊าซที่สามารถผลิตได้สูงสุดอยู่ที่ 1 ลิตรต่อนาที จากนั้นนำก๊าซที่ได้ไปต่อกับเครื่องยนต์โดยใช้ร่วมกับเชื้อเพลิงเบนซิล พบว่าสามารถประหยัดเชื้อเพลิงเบนซินไปได้ 46.32 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 730 รอบต่อนาที เครื่องแบบไม่มีภาระงาน (2) ขั้นตอนการแยกก๊าซออกซิเจนไฮโดรเจนจากน้ำ โดยใช้สารละลายความเข้มข้น 0.025 โมลาริตี สองชนิดมาเปรียบเทียบกัน จากการทดสอบพบว่าสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้อัตราการเกิดก๊าซออกซิเจนไฮโดรเจนมากที่สุด แต่ในทางปฏิบัติโซเดียมไฮดรอกไซด์ (โซดาไฟ) มีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่าโดยผลที่ได้ไม่แตกต่างกันนัก และ (3) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาความคุ้มค่า พบว่าค่าความคุ้มค่าในการใช้ก๊าซออกซิเจนไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซิลในช่วงเวลาหนึ่งปีสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายโดยรวมอยู่ที่ 30.22 เปอร์เซ็นต์

ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ และภานุพงศ์ ธรรมโชติ [9] ทำการศึกษาการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยได้ศึกษาการแยกก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่าเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้า สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย โดยได้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 12 แอมแปร์

และเมื่อสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นมากขึ้น อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนก็มากขึ้นด้วย โดยความเข้มข้นของสารละลาย 0.75 โมลาร์ดี ให้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด 721 ซีซีต่อนาที และศึกษาจำนวนเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกก๊าซ ผลที่ได้คือ การเพิ่มจำนวนแผ่นเซลล์ส่งผลให้แนวโน้มการเกิดก๊าซไฮโดรเจนมีมากขึ้นไปด้วย

Ronald et al., [10] ได้ทำการออกแบบโครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฮโดรเจน เพื่อสร้างประสิทธิภาพ ความเหนียวและความปลอดภัย พบว่า จากการใช้พลังงานจากเครื่องกำเนิดไฮโดรเจน (HHO) สามารถลดความปนเปื้อนในอากาศ สามารถนำเครื่องกำเนิด HHO ไปใช้ในงานเชื่อมได้ ก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้สามารถใช้งานได้กับการเชื่อมการบัดกรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม
- 1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ
- 1.3 แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ

2. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

- 2.1 ประชากร เป็นนักศึกษาศาสาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 110 คน
- 2.2 กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกจากประชากร นักศึกษาศาสาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม หลักสูตร 5 ปี จำนวน 20 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเชื่อมโลหะเบื้องต้นสำหรับครูอุตสาหกรรมศิลป์ ในภาคการศึกษาที่ 1/2564

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

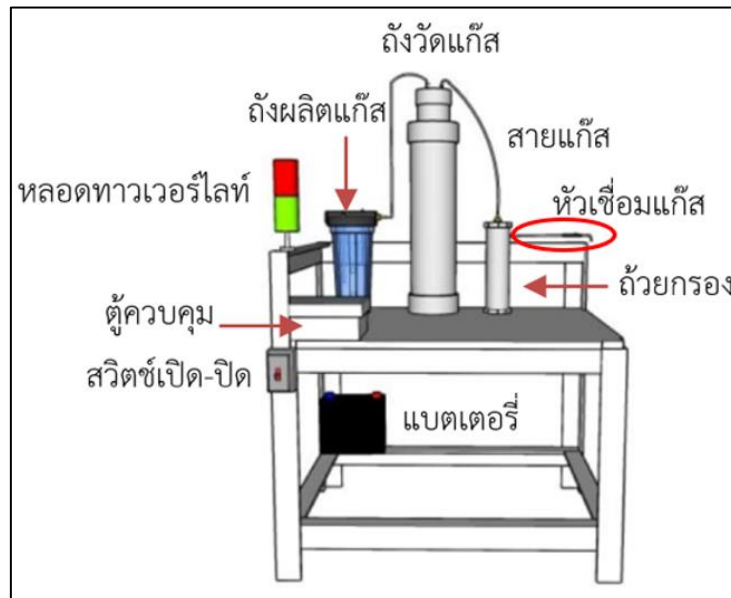
3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ การกำหนดปัญหา และองค์ความรู้ต่าง ๆ ในการพัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม จากตำรา เอกสารวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิทยานิพนธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลักการเชื่อมแก๊ส เทคโนโลยีการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (electrolysis) ระบบควบคุมอัตโนมัติ และด้านอื่น ๆ

3.2 ออกแบบโครงสร้างของระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม จากการศึกษาที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

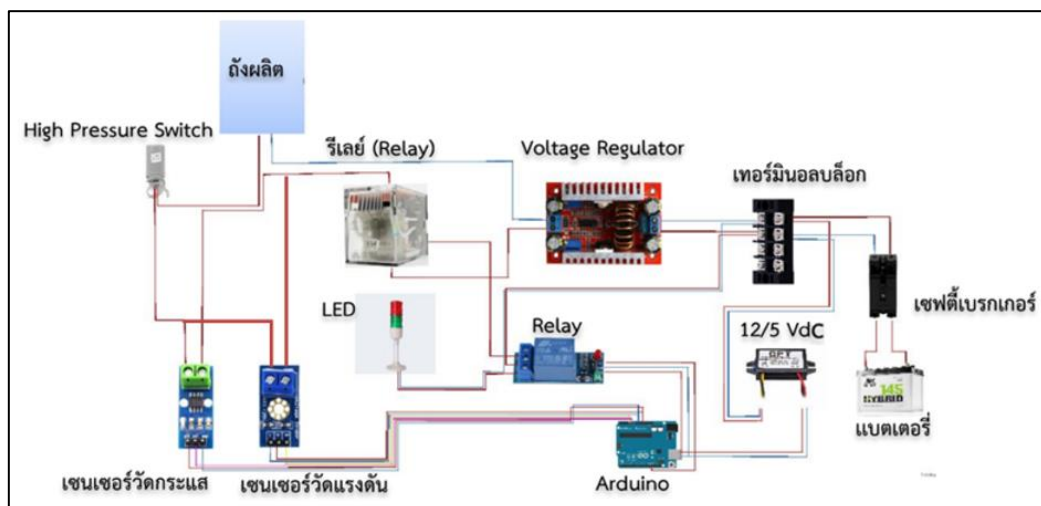
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างฐานเครื่องเชื่อมแก๊สแบบใช้แก๊สไฮดรอกซิล ประกอบด้วย หัวเชื่อมแก๊ส โวลุ่มปรับแรงดัน สวิตช์เปิด-ปิด หลอดแอลอีดี ท่อเติมน้ำ ถังผลิตแก๊ส สายก๊าซ ถังวัดแก๊ส ถ้วยกรอง โครงสร้างแบบเคลื่อนที่ และตู้ควบคุมอัตโนมัติ โดยถังผลิตแก๊สจะใช้สำหรับบรรจุสารละลายและแผ่นอิเล็กโทรด ส่วนถังวัดแก๊สใช้สำหรับเก็บและวัดปริมาณแก๊สด้วยการแทนที่น้ำ สำหรับถ้วยกรองทำหน้าที่ในการกรองแก๊สด้วยการให้แก๊สผ่านน้ำและป้องกันไฟย้อนกลับจากหัวเชื่อมแก๊ส โดยมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลัก คือ แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ สำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าชุดผลิตแก๊สและระบบควบคุม และอุปกรณ์ทั้งหมดจะติดตั้งบนโครงสร้างแบบเคลื่อนที่ได้ ดังภาพที่ 1(ก)

3.2.2 การออกแบบแผ่นอิเล็กโทรด ใช้แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ขนาดกว้าง 70 มิลลิเมตร ยาว 110 มิลลิเมตร และหนา 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 12 แผ่น เพื่อทำหน้าที่เป็นเซลล์อิเล็กโทรไลต์ จำนวน 6 เซลล์ ต่ออนุกรมกัน โดยจุ่มอยู่ในสารละลายในถังผลิตแก๊ส

3.2.3 การออกแบบระบบควบคุมต่าง ๆ ภายในเครื่องเชื่อมแก๊สแบบใช้แก๊สไฮดรอกซิล โดยแบ่งส่วนการควบคุมย่อยต่าง ๆ ภายในออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ ระบบตรวจวัดกระแสไฟฟ้า ระบบตรวจวัดแรงดัน และระบบแสดงผลด้วยไฟทาวเวอร์ไลท์ แสดงดังภาพที่ 1(ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 การออกแบบโครงสร้างฐานเครื่องเชื่อมและระบบควบคุม

3.3 พัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังนี้

3.3.1 โครงสร้างฐานเครื่องเชื่อมแก๊สแบบใช้แก๊สไฮดรอกซิล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับการสร้างฐานเครื่องเชื่อมแก๊สตามที่ได้ออกแบบไว้ในภาพที่ 1(ก)

3.3.2 ส่วนการควบคุม ใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino ในการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดกระแส งานวิจัยนี้จะใช้ ACS712 Current Sensor และเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า 0-24 โวลต์ โดยใช้ภาษาซีในการพัฒนาระบบเพื่อทำการประมวลผลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลการประมวลผล ภาพที่ 1(ข)

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพ

3.4.1 คณะผู้วิจัยได้นำระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพจำนวน 10 คน โดยแยกการประเมิน 2 ระบบ คือ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกล จำนวน 5 คน เพื่อประเมินการทำงานของเครื่องเชื่อมแก๊ส และ (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินการส่วนควบคุมและการทำงานของระบบ นำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4.2 นำระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม มาทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ที่แรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบคกิ้งโซดา 1:10 กรัม จากนั้นทำการทดสอบหาระยะเวลาการเกิดแก๊ส และปริมาณแก๊สที่เกิด ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พร้อมบันทึกผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.4.3 นำระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม มาทดสอบด้วยนำการประยุกต์ใช้ในการเชื่อมบัดกรีทางปลากับสายไฟทองแดงขนาด พื้นที่หน้าตัด 35 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้นงาน พร้อมจับเวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงาน และวัดระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรี พร้อมบันทึกผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.5 ทดลองการใช้งาน นำระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมให้นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1/2564 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเชื่อมโลหะเบื้องต้นสำหรับครูอุตสาหกรรมศิลป์ ทดลองใช้ และเก็บข้อมูลความคิดเห็นการยอมรับของนักศึกษาตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี TAM นำผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

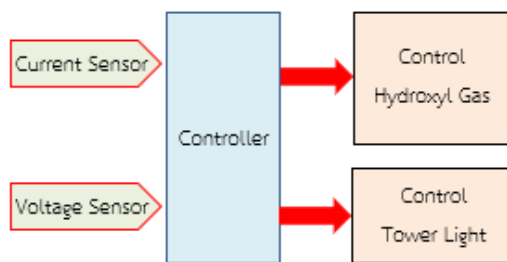
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [11]

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

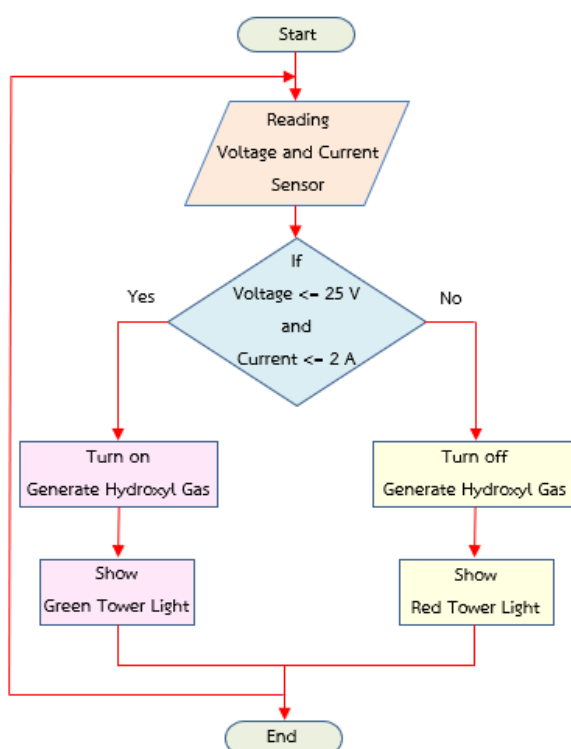
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม และเครื่องมือของกิจกรรม แสดงดังภาพที่ 1



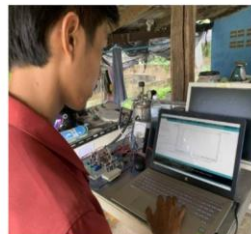
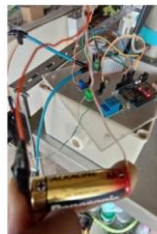
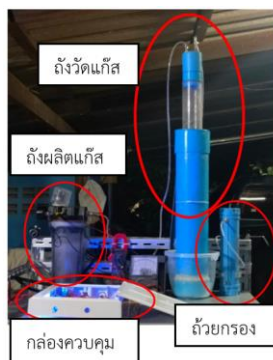
(ก) ระบบควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้า



(ข) ผังการทำงานของระบบ

ภาพที่ 2 ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

จากภาพที่ 2 ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ประกอบด้วยระบบควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าการทำงานจะอาศัยเซนเซอร์กระแสและเซนเซอร์แรงดันสำหรับรับค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าจากถังผลิตแก๊สและส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวิเคราะห์ไม่ให้กระแสไฟฟ้าที่ถังผลิตแก๊สมีกระแสไม่เกิน 2 แอมแปร์ และแรงดันไม่เกิน 25 โวลต์ ถ้าเกินที่กำหนดจะทำการตัดวงจรไฟฟ้าไม่ให้ส่งไปยังถังผลิตแก๊ส และทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานได้ทราบ ตามภาพที่ 2(ก) การทำงานจะเป็นไปตามผังการทำงานของระบบในภาพที่ 2(ข) ผลการพัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม แสดงดังภาพที่ 3



(ก) เครื่องเชื่อมแก๊ส (ข) การเขียนโปรแกรมควบคุมกระแสและแรงดัน (ค) ลักษณะการเกิดแก๊ส

ภาพที่ 3 ผลการพัฒนาระบบควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

จากภาพที่ 3 แสดงผลการพัฒนาระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ซึ่งประกอบด้วยเครื่องเชื่อมแก๊ส ภาพที่ 3(ก) การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบสำหรับการควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้า ภาพที่ 3(ข) และลักษณะการเกิดแก๊สสำหรับการเชื่อม ภาพที่ 3(ค)

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

2.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 10 คน โดยแยกการประเมิน 2 ระบบ คือ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกล จำนวน 5 คน เพื่อประเมินการทำงานของเครื่องเชื่อมแก๊ส และ (2) ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน เพื่อประเมินการส่วนควบคุมและการทำงานของระบบ ผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ทำงานของเครื่องเชื่อมแก๊ส	4.60	0.45	ระดับมากที่สุด
1. โครงสร้างแต่ละส่วนมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
2. อุปกรณ์ต่าง ๆ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.40	0.49	ระดับมาก
3. ขั้นตอนการใช้งานเหมาะสมกับการใช้งานจริงในการเชื่อมด้วยแก๊ส	4.40	0.49	ระดับมาก
4. การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อมแก๊สทำได้ง่าย	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
5. ภาพรวมของเครื่องเชื่อมแก๊ส มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
ระบบควบคุมและการทำงาน	4.64	0.45	ระดับมากที่สุด
1. มีระบบการทำงานที่สะดวก ใช้งานง่ายเหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
2. มีการแสดงผลให้ผู้ใช้งานตรวจสอบได้อย่างสะดวก และแจ้งเตือนได้เหมาะสม	4.60	0.49	ระดับมากที่สุด
3. ส่วนประกอบอื่น ๆ มีความเหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน	4.40	0.49	ระดับมาก
4. การดูแลรักษา และซ่อมบำรุงระบบควบคุมทำได้ง่ายต่อผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
5. ภาพรวมของระบบ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.80	0.40	ระดับมากที่สุด
การบัดกรี	4.12	0.24	ระดับมาก
1. รอยบัดกรีมีลักษณะเหมาะกับงานทางด้านไฟฟ้า	4.20	0.40	ระดับมาก
2. ความแข็งแรงของชิ้นงานที่ได้จากการบัดกรี	4.20	0.40	ระดับมาก
3. ความสวยงามของชิ้นงานที่ได้จากการบัดกรี	4.00	0.00	ระดับมาก
4. ทางปลาและตัวนำยึดติดแน่นด้วยการบัดกรี	4.00	0.00	ระดับมาก
5. ภาพรวมของชิ้นงานสามารถใช้งานได้จริง	4.20	0.40	ระดับมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.45	0.38	ระดับมาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม จากผู้เชี่ยวชาญ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.45$, S.D. = 0.38) เมื่อพิจารณาแต่ละส่วนพบว่า ในส่วนของเครื่องเชื่อมแก๊สอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.45) ส่วนของระบบควบคุมและการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.45) และส่วนของการบัดกรี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.12$, S.D. = 0.24)

2.2 ทำการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ที่แรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบคกิ้งโซดา 1:10 กรัม จากนั้นทำการทดสอบหาระยะเวลาการเกิดแก๊ส และปริมาณแก๊สที่เกิด ทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลระยะเวลาการเกิดแก๊ส และปริมาณแก๊สที่เกิดแรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบคกิ้งโซดา 10 กรัม

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ปริมาณน้ำ :เบคกิ้ง โซดา (ลิตร:กรัม)	เวลาการเกิดแก๊ส (นาที)				
		100 ml	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml
25	1:10	5.71±0.47	8.35±0.13	10.95±0.39	15.25±0.66	22.08±0.30

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาระยะเวลาการเกิดแก๊ส และปริมาณแก๊สที่เกิด ที่แรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบคกิ้งโซดา 1:10 กรัม พบว่าปริมาณแก๊สที่ช่วง 100 - 500 มิลลิเมตร ใช้ระยะเวลาการเกิดแก๊สเฉลี่ยอยู่ที่ 5.71 - 22.08 นาที

2.3 ผลการทดสอบด้วยการเชื่อมบัดกรีหางปลากับสายไฟทองแดงขนาด พื้นที่หน้าตัด 35 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้นงาน พร้อมจับเวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงาน และวัดระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรี พร้อมบันทึกผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบด้วยการเชื่อมบัดกรีหางปลากับสายไฟทองแดงขนาด พื้นที่หน้าตัด 35 ตารางมิลลิเมตร

การเชื่อม	จำนวนชิ้นงาน	เวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงาน (วินาที)	อุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรี (องศาเซลเซียส)
หางปลากับสายไฟทองแดง ขนาดพื้นที่หน้าตัด 35 ตาราง มิลลิเมตร	50	26.29±25.85	220.12±14.45

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการเชื่อมบัดกรีหางปลากับสายไฟทองแดงขนาดใหญ่ พบว่าการเชื่อมบัดกรีหางปลากับสายไฟทองแดงขนาดใหญ่ จะใช้เวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงาน เฉลี่ยอยู่ที่ 26.29 วินาที/ชิ้น และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรี เฉลี่ยอยู่ที่ 220.12 องศาเซลเซียส โดยแสดงลักษณะของชิ้นงานที่ได้การเชื่อมบัดกรี ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะของชิ้นงานที่ได้รับการเชื่อมบัดกรี

3. ผลการศึกษาการยอมรับระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมที่พัฒนาขึ้น ให้นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1/2564 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการเชื่อมโลหะเบื้องต้นสำหรับครูอุตสาหกรรมศิลป์ ทดลองใช้ และเก็บข้อมูลความคิดเห็นการยอมรับของนักศึกษา ตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี TAM แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับของนักศึกษา ตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี TAM

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ความง่ายต่อการใช้งาน (Perceived ease of use)	4.47	0.60	ระดับมาก
1.1 ง่ายต่อการใช้งาน	4.55	0.50	ระดับมากที่สุด
1.2 สะดวกต่อการใช้งาน	4.55	0.59	ระดับมากที่สุด
1.3 ขั้นตอนการใช้งานมีความเหมาะสมไม่ซับซ้อน	4.35	0.65	ระดับมาก
1.4 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.40	0.66	ระดับมาก
1.5 มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.50	0.59	ระดับมาก
2. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน (Perceived usefulness)	4.43	0.63	ระดับมาก
2.1 ความสามารถในการเชื่อมด้วยแก๊ส	4.65	0.48	ระดับมากที่สุด
2.2 โครงสร้าง แต่ละส่วนมีความเหมาะสมในการใช้งาน	4.55	0.59	ระดับมากที่สุด
2.3 สามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวัน	4.20	0.75	ระดับมาก
2.4 ช่วยลดต้นทุนการจัดซื้ออุปกรณ์เชื่อมด้วยแก๊ส	4.35	0.65	ระดับมาก
2.5 ประโยชน์โดยรวมที่มีต่อการใช้งาน	4.40	0.66	ระดับมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.53	0.53	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า ความคิดเห็นที่มีผลต่อการยอมรับของนักศึกษาที่ทดลองใช้งานระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า ด้านความง่ายต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.60) และด้านประโยชน์ต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.63)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการให้ระบบควบคุมแรงดันและกระแสไฟฟ้าการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อมเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้อุปกรณ์หลัก ๆ ในส่วนนี้ได้แก่ เซ็นเซอร์กระแส และเซ็นเซอร์แรงดัน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการประมวลผลและสั่งการ ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องเชื่อมแก๊ส และชุดจ่ายเตี๊ยน เป็นต้น และ 2) ส่วนเครื่องเชื่อมแก๊ส ออกแบบและการทำงานโดยอาศัยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าในเซลล์อิเล็กโทรไลต์ (electrolytic cell) ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อความเหมาะสมของระบบโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เนื่องจาก ระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม สามารถเชื่อมตัวอย่างการทดลองด้วยแก๊สได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดต้นทุนในจัดซื้ออุปกรณ์การเชื่อมได้ สอดคล้องกับ อิศกฤตา โลหพรหม, ณัฐพงษ์ มณีทิพย์ และบุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว [12] ได้วิจัยเรื่อง การผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะของระบบผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลายเซลล์ การใช้ สแตนเลสเป็นขั้วอิเล็กโทรด สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นอิเล็กโทรไลต์ดีกว่าสารละลายอื่นที่ใช้

2. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม พบว่าที่แรงดันไฟฟ้า 25 โวลต์ ปริมาณน้ำ 1 ลิตรต่อเบกกิ้งโซดา 1:10 กรัม ปริมาณแก๊สในช่วง 100 - 500 มิลลิลิตร ใช้ระยะเวลาการเกิดแก๊ส เฉลี่ยอยู่ที่ 5.71 - 39.30 นาที และนำการประยุกต์ใช้ในการเชื่อมบัดกรีทางปลา กับสายไฟทองแดงขนาด พื้นที่หน้าตัด 35 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้น พบว่า ใช้เวลาในการเชื่อมบัดกรีชิ้นงาน เฉลี่ยอยู่ที่ 26.29 วินาที และระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรี เฉลี่ยอยู่ที่ 220.12 องศาเซลเซียส ลักษณะของชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมบัดกรีมีความคงทน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทำงานของระบบโดยรวมสามารถทำงานได้ปกติ จึงส่งผลทำให้ผลิตแก๊สไฮดรอกซิลออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดี สอดคล้องกับ Putha Prasad Kumar, K. Aruna Prabha, Ch. Priyadarsini and S. Swetha. [13] ได้วิจัยเรื่อง Development and Applications of HHO Water Based Flame Torch. พบว่า คือ การผสมระหว่างไฮโดรเจนอะตอมหนึ่งและสองตัวกับออกซิเจนส่วนผสมสามารถลุกไหม้ได้ โดยมีหรือไม่มีอากาศในที่ที่ได้รับไอน้ำและความร้อนที่จำเป็นสำหรับการเชื่อม อุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพของเปลวไฟขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัสดุที่จะเชื่อมเป็นส่วนใหญ่

3. ผลการศึกษาความคิดเห็นที่มีผลต่อการยอมรับของนักศึกษา ตามแนวคิดของตัวแบบการยอมรับเทคโนโลยี TAM โดยรวมอยู่ในระดับมาก เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากระบบควบคุมและหาประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮดรอกซิลสำหรับงานเชื่อม สามารถสนับสนุนการเรียนการสอนในรายวิชาการเชื่อมโลหะเบื้องต้นสำหรับครูอุตสาหกรรมศิลป์ สอดคล้องกับ อภิชาติ เหล็กดี และณพรธนนท์ ทองปาน [14] ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมร้านอาหารสายพานด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว พบว่า การยอมรับต้นแบบระบบควบคุมร้านอาหารสายพานด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการนำผลการวิจัยไปใช้ ควรนำแก๊สไฮดรอกซิลไปใช้ต้องมีกระบวนการควบคุมกระบวนการผลิตให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณแก๊สที่เหมาะสมในการใช้งาน และยึดอายุการใช้งานของอุปกรณ์การผลิต เพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

การวิจัยในครั้งต่อไปควรใช้แหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ หรือพลังงานชีวมวล เป็นต้น มาใช้ในการผลิตแก๊สไฮดรอกซิล เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงพัฒนาระบบของการผลิตให้ใหญ่ขึ้น ให้สามารถใช้งานในระดับอุตสาหกรรม หรือพัฒนารูปลักษณะให้เหมาะสมในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.) และกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย นักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมศิลป์ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญที่อนุเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพตามเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] จงกล ศรีธร. (2558). รายงานการวิจัยการศึกษาผลกระทบของกระบวนการเชื่อมต่อสมบัติทางกลของการเชื่อมพอกผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยทั้งสแตนครีปด์หลอมเหลว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [2] พงษ์ศักดิ์ พุกกาพันธ์รัตน์ และกนกวรรณ มาใหญ่. (2559). การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฮโดรเจนจากน้ำด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ [ปริญญาณินธ์ปริญาตริ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน]
https://www.eng.kps.ku.ac.th/dblibv2/fileupload/project_IdDoc318_IdPro725.pdf
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2557). ไฮโดรเจน (Hydrogen). สารานุกรมพลังงานทดแทน. 43-76.
- [4] วันชัย เจือทรัพย์, วิโรวรรณ แสนชนะ และคัชรินทร์ ทองฟัก. (2564). การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในการใช้ก๊าซหุงต้มในครัวเรือน. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 8(1), 87-98.
- [5] บุญธง วสุรีย์ และธานี ม่วงพูล. (2561). ระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับแพะไล่ทุ่งแบบอัตโนมัติ. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 5(2), 155-162.
- [6] ธานี ม่วงพูล และอวยชัย อินทรสมบัติ. (2560). การประเมินความปลอดภัยอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยแอนดรอยด์และไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, 11(ฉบับพิเศษ), 20-30.
- [7] ธานี ม่วงพูล และอวยชัย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 4(2), 47-56.
- [8] พิชาญ พิชัยณรงค์, ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์, ณัฐพงษ์ ศรียะพันธ์, สิริภพ ศิลปวิโรจน์, สุรสิทธิ์ พูลเพิ่ม และธนกฤต ฉินนะโส. (2556). การพัฒนาระบบชุดแยกก๊าซออกซิไฮโดรเจนเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, 11(11), 51-57.
- [9] ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ และภาณุพงศ์ ธรรมโชติ. (2563). การศึกษาระบบชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนด้วยกระแสไฟฟ้าแบบแยกเซลล์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแนวเรืออากาศ, 16(1), 52-59.
- [10] Ronald Reagon R, Kuldeep Jangir, Nitin Hooda, Utkarsh and Vivek Khandelwal. (2018). DESIGN AND FABRICATION OF HYDROGEN GENERATOR. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science (IJTIMES)*, 4(6), 1202-1212.
- [11] จักริ ทามาน และมานิตย์ อาษานอก. (2561). ผลการศึกษาองค์ประกอบของระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, 5(1), 122-132.
- [12] อิศกฤตา โลหพรหม ณัฐพงษ์ มณีทิพย์ และบุญฤทธิ์ ประสาทแก้ว. (2557). การผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 : ขอนแก่น, ประเทศไทย.
- [13] Putha Prasad Kumar, K. Aruna Prabha, Ch. Priyadarsini, & S. Swetha. (2019). Development and Applications of HHO Water Based Flame Torch. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 7(6s), 515-517.
- [14] อภิชาติ เหล็กดี และณพพรธนนท์ ทองปาน. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมร้านอาหารสายพานด้วยเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 8(2), 114-126.