

การศึกษาปริมาณการรับสัมพัสมจากการเชื่อมโครงสร้างเหล็ก
แบบรอยต่อฉากด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์



นายกฤษดา เพ็งอารีย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2561

**A STUDY OF FUME EXPOSURE OF T-JOINT DURING
STELL STRUCTURE IN SHIELD METAL ARC
WELDING PROCESS**



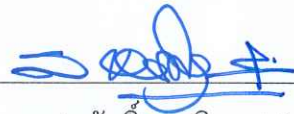
Kritsada Phengarree

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Construction
and infrastructure Management
Suranaree University of Technology
Academic Year 2018**

การศึกษาปริมาณการรับสัมพัสปุมจากการเชื่อมโครงสร้างเหล็กแบบรอยต่อฉาก
ด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ศ. ดร.สุขสันติ หอพิบูลสุข)

ประธานกรรมการ



(ศ. ดร.จงกล ศรีชร)

กรรมการ(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา)

กรรมการ

(อ. ดร.นรา สมัตถภาพงศ์)

กรรมการ

(อ. ดร.อภิชาติ สุดดีพงษ์)

กรรมการ



(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ชร ชานีประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กฤษฎา เฟ็งอารีย์: การศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นจากการเชื่อมโครงสร้างเหล็กแบบ
รอยต่อจากด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (A STUDY OF FUME
EXPOSURE OF T-JOINT DURING STEEL STRUCTURE IN SHIELD METAL ARC
WELDING PROCESS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จกมล ศรีธร, 66 หน้า.

การศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นจากการเชื่อมโครงสร้างเหล็กแบบรอยต่อจาก เป็นการ
วิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อจาก
และศึกษาองค์ประกอบธาตุที่เกิดขึ้น รวมทั้งเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อม
ตามมาตรฐาน ISO6947 (2010) และตามมาตรฐาน AWS A3.0 Standard) โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอน
ต่ำ JIS G3101 SS400 ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง กำหนดให้ผู้เชื่อมที่ผ่านการทดสอบ
มาตรฐานฝีมือแรงงานกลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1 ที่สามารถเชื่อมชิ้นงานที่เป็นมาตรฐาน ทำการ
เชื่อมชิ้นงานด้วยท่าเชื่อม 4 ท่า โดยทำการเชื่อมในช่วงเวลา 4.13 – 4.40 นาที ขณะเชื่อมทำการเก็บ
ตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล โดยติดตั้งกระดาศกรองที่บริเวณหน้ากากเชื่อมเพื่อนำไปวิเคราะห์
ปริมาณฝุ่นและองค์ประกอบของธาตุในฝุ่นที่ได้รับสัมผัส ผลการวิจัยพบว่าปริมาณฝุ่นที่ผู้เชื่อม
สัมผัสมากที่สุดเป็นการเชื่อมในตำแหน่งท่าเชื่อมขนานนอน (56.41 mg/m^3) รองลงมาเป็นตำแหน่ง
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น (32.51 mg/m^3) ตำแหน่งท่าราบ (11.63 mg/m^3) และน้อยที่สุดในตำแหน่งเชื่อมท่า
เหนือศีรษะ (4.52 mg/m^3) โดยธาตุที่พบในฝุ่นมากที่สุด 3 อันดับแรกจากเครื่องวิเคราะห์ธาตุโดย
รังสีเอ็กซ์คือ Iron (ร้อยละ 77.89) Copper (ร้อยละ 6.97) และ Zinc (ร้อยละ 5.01) ตามลำดับ โดยมี
แนวโน้มใกล้เคียงกันทุกท่า และจากการพิจารณาพบว่าตำแหน่งท่าเชื่อมที่เกิดฝุ่นมากที่สุดพบว่า
ตำแหน่งท่าขนานนอนดังกล่าว ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมเงยขึ้น 45 องศา ทำให้ผู้เชื่อมมีโอกาสรับ
สัมผัสฝุ่นในปริมาณที่มากกว่าท่าเชื่อมอื่น และตำแหน่งท่าเชื่อมที่น้อยที่สุดพบว่าตำแหน่งชิ้นงาน
เชื่อมอยู่ในระดับเหนือศีรษะ ฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมจะลอยตัวสูงขึ้นตามอากาศร้อน ทำให้ผู้เชื่อม
สัมผัสฝุ่นน้อยลงเมื่อเทียบกับท่าอื่น และผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่เกิดขึ้นจากการเชื่อม
เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในตำแหน่งท่าที่ไม่ผ่านตามมาตรฐานมากที่สุดคือตำแหน่งท่าเชื่อม
ขนานนอน

สาขาวิชา การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค ลายมือชื่อนักศึกษา กฤษฎา

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จก

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม พว

KRITSADA PHENGARREE : A STUDY OF FUME EXPOSURE OF
T-JOINT DURING STEEL STRUCTURE IN SHIELD METAL ARC
WELDING PROCESS THESIS ADVISOR : ASST. PROF. JONGKOL
SRITRON, Ph.D., 66 PP.

SHIELD METAL ARC WELDING PROCESS/WELDING POSITION

This study is an experimental research in order to investigate fume exposure and fume's elements during welding position from a shielded metal arc welding of carbon steel (JIS G3101 SS400). The experiment was conducted by a welder passing the standard test industrial technician level 1 and the welding position was divided into 4 standard positions. For each position, the duration of welding was 4.13 – 4.40 minutes and a personal air sampling was collected at welder's breathing zone. The filters of air sampling were analyzed for fume concentrations and fume's elements concentrations. The results showed that the highest fume exposure occurred in the horizontal position (56.41 mg/m^3) followed by the vertical-upward position (32.51 mg/m^3), the flat position (11.63 mg/m^3), and the lowest in overhead position (4.52 mg/m^3). The top 3 elements found in the welding fume from X-ray Fluorescence Spectroscopy analyzed were Iron (77.89%), Copper (6.97%) and Zinc (5.01%), and the results of elements found in the highest welding fume exposure is not meet the standard criteria by OSHA, NIOSH and ACGIH in the horizontal position.

School of

Construction and Infrastructure Management

Academic Year 2018

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จกมล ศรีธร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา หัวหน้าสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข ประธานหลักสูตรสาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง และสาธารณสุข มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้โอกาสในการศึกษา คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชลาชัย หาญเจนลักษณ์ คณบดีสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.เฉลิมศิริ เทพพิทักษ์ อาจารย์ ดร.พรทิพย์ เย็นใจ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรพรรณ วัชรวิฑูร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา มีวาสนา คณาจารย์ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกคน ที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ยุพรัตน์ หลิมมงคล อาจารย์ประจำสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่คำปรึกษาด้านวิชาการ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณคมสันต์ ต่ายทรัพย์ นักวิทยาศาสตร์ ฝ่ายวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือคุณเนตรชนนี ดิโนลพะเนา และคุณปฐมยศ พงษ์ศิริ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้คำปรึกษาด้านวิชาการ และอำนวยความสะดวกเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับคุณความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนคุณครู อาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้ประสบความสำเร็จในชีวิต

กฤษดา เฟ็งอารีย์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ง
สารบัญรูป.....	จ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 ทัศนั้วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 การเชื่อมโครงสร้างเหล็กในงานก่อสร้าง.....	3
2.2 อันตรายจากการเชื่อม.....	5
2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม.....	7
2.4 คิวฝุ่นละอองโลหะจากกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์.....	11
2.5 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฟุมจากการเชื่อม.....	13
2.6 ฟุมกับผลกระทบต่อสุขภาพ.....	14
2.7 การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฟุมจากการเชื่อม.....	15
2.8 การประเมินผลความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษชนิดฟุม.....	17
2.9 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectroscopy.....	20
2.10 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry.....	21
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
3.1	รูปแบบการศึกษา.....	28
3.2	สถานที่ทำการศึกษา.....	28
3.3	วิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	29
4	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	40
4.1	บทนำ.....	40
4.2	ผลการวิเคราะห์ลักษณะการเชื่อมต่อรอยจากท่าเชื่อม.....	40
4.3	ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดจากท่าทางการเชื่อม.....	41
4.4	ผลการตรวจวัดองค์ประกอบของฟุ้งโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม.....	43
4.5	ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งกับเวลาเชื่อมจริงของช่างเชื่อม.....	52
5	บทสรุป.....	54
5.1	สรุปผลการศึกษา.....	54
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	56
	รายการอ้างอิง.....	58
	ภาคผนวก บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ระหว่างศึกษา.....	60
	ประวัติผู้เขียน.....	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	วิธีการตรวจสอบคุณลักษณะเพื่อวิเคราะห์อนุภาคควันฝุ่นละอองโลหะ..... 13
2.2	Air Contaminants – OSHA Permissible Exposure Limits..... 19
3.1	จำนวนการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง..... 29
4.1	ผลการวิเคราะห์เวลาการเชื่อมจริงของตำแหน่งท่าเชื่อม..... 40
4.2	ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม..... 42
4.3	ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม..... 42
4.4	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุจากท่าทางการเชื่อม..... 44
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของธาตุ 46
4.6	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของธาตุโดยเครื่อง ICP-MS ธาตุ Fe , Cu , Zn , Mn..... 47
4.7	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของธาตุโดยเครื่อง ICP-MS ธาตุ Ni , Cd และ Cr..... 47
4.8	ผลการคำนวณปริมาณองค์ประกอบของธาตุจากกระบวนการเชื่อม..... 48
4.9	ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับให้สัมผัสได้ (Exposure Limit) ตามมาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA)..... 49
4.10	ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)..... 50
4.11	ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)..... 50
4.12	การเปรียบเทียบปริมาณฟุ้งและระยะทางการเชื่อมที่เกิดขึ้นในหนึ่งนาที..... 52

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเชื่อมต่อเกยในท่าราบ.....	7
2.2	การเชื่อมต่อรอยชนท่าราบ.....	8
2.3	การเชื่อมต่อแบบตัวที่.....	9
2.4	การเชื่อมต่อทำขนานนอน.....	9
2.5	การเชื่อมต่อขึ้น-ลง.....	10
2.6	ท่าทางการเชื่อมรอยต่อแบบต่าง ๆ.....	10
2.7	แบบของรอยต่อ.....	11
2.8	สเปกตรัมรังสีเอกซ์จำเพาะของธาตุในตัวอย่างกระดาษ.....	21
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	29
3.2	ลักษณะการขึ้นงานเชื่อมที่เกิดจากตำแหน่งท่าเชื่อม.....	30
3.3	ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ใช้ลวดเชื่อมชนิด E6013.....	31
3.4	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 ลักษณะเป็นการเชื่อมตอรอยฉาก.....	31
3.5	เตรียมตัวอย่างตลับกรองสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศ.....	32
3.6	เครื่องมือการปรับเทียบ Dry Calibration รุ่น Defender520.....	33
3.7	การต่อตลับกรองกับเป็นปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ.....	33
3.8	แสดงลักษณะตำแหน่งท่าเชื่อม.....	34
3.9	ลักษณะการนำกระดาษกรองไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง.....	34
3.10	การแบ่งตำแหน่งการยิงรังสี 9 จุดบนกระดาษกรอง.....	36
3.11	การเตรียมตัวอย่างโดยการเติม 40% HNO_3 6 ml และ 30% H_2O_2 2 ml ในขวด Vessel.....	37
3.12	การประกอบตัวอย่างในขวด Vessel เข้าเครื่องไมโครเวฟ.....	37
3.13	สารละลายมาตรฐานของธาตุหลายธาตุ (Mix standard).....	38
3.14	เครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS).....	39
3.15	สารมาตรฐานและตัวอย่างที่เตรียมไว้ในขวด Vial เตรียมวิเคราะห์.....	39
4.1	กระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างโดยสังเกตด้วยตาเปล่า.....	41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2	กราฟแสดงปริมาณการสัมผัสฝุ่นจากตำแหน่งท่าเชื่อม..... 42
4.3	ลักษณะฝุ่นจากกล้องของเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF)..... 43
4.4	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของธาตุที่พบลักษณะท่าเชื่อม..... 45
4.5	การเปรียบเทียบฝุ่นตามมาตรฐาน OSHA,NIOSH และ ACGIH ธาตุ Fe,Cu,Ni..... 51
4.6	การเปรียบเทียบฝุ่นตามมาตรฐาน OSHA,NIOSH และ ACGIH ธาตุ Cr,Mn,Cd..... 52

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

JIS G3101 SS400	=	แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำหรือแผ่น โครงสร้างเหล็กคาร์บอน
E6013	=	ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
AC90	=	กระแสไฟสลับ 90 แอมแปร์
GTAW	=	การเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสปกคลุม (Gas Tungsten Arc Welding)
FCAW	=	การเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux-Cored Arc Welding Process)
SMAW	=	กระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ (Shield Metal Arc Welding)
MMAW	=	กระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ (Manual Metal Arc Welding)
MCE	=	กระดาษกรองชนิด Mixed cellulose ester
ED-XRF	=	เครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer)
mg/m ³	=	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
C	=	ความเข้มข้นของอนุภาครวม หน่วยเป็น mg/m ³
W1	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ซั้งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ
W2	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ซั้งหลังเก็บตัวอย่างอากาศ
B1	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (mg)
B2	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank หลังเก็บตัวอย่างอากาศ (mg)
V	=	ปริมาณอากาศที่เก็บตัวอย่าง หน่วยเป็น ลิตร
ICP-MS	=	Inductively coupled plasma-mass spectrometry
OSHA	=	Occupational Safety and Health Administration
NIOSH	=	National Institute for Occupational Safety and Health
ACGIH	=	American Conference of Governmental Industrial Hygienists

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ช่างเชื่อมหรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อม ใช้เวลาในการปฏิบัติงานเป็นเวลานาน ในการเชื่อม โดยได้รับฟุ้งจากการเชื่อมเป็นประจำทุกวัน โดยพบว่ามีผลผิดปกติทางระบบทางเดินหายใจในช่วงเวลาการทำงาน โดยโรคที่เกิดขึ้นได้แก่ siderosis หลอดลมอักเสบ (bronchitis) โลหะ (Metal fume fever) การเปลี่ยนแปลงของปอด ความไวต่อการติดเชื้อ ทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่าง การก่อให้เกิดมะเร็ง และนอกจากกระบวนการเชื่อมที่มีผลทำให้เกิดฟุ้งแล้ว ประเภทและจำนวนฟุ้งที่เกิดขึ้น รวมไปถึงอาการทางระบบทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเชื่อม โลหะ วัสดุ การระบายอากาศและการป้องกันของระบบทางเดินหายใจ (Sferlazza and Beckett, 1991) โดยนอกจากนี้การสัมผัสของช่างเชื่อมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ กระบวนการเชื่อม ลักษณะเฉพาะของสถานที่ทำงาน และมาตรการในการป้องกัน (Burgess, 1995) ในกระบวนการเชื่อม โลหะ ฟุ้งที่เกิดขึ้นจากโลหะ มีส่วนผสมที่ซับซ้อนของก๊าซ โลหะ และสารประกอบอื่น ๆ นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กในระดับไมครอน ในการเชื่อมด้วย (Berlinger et al., 2011)

การศึกษาเกี่ยวกับความเสี่ยงและผลกระทบของสุขภาพในประชากรทั่วไปมีน้อยมาก ในการสำรวจโดยองค์การอนามัยทางระบบทางเดินหายใจในยุโรป (ECRHS I) เพราะกลุ่มผู้ทำงานช่างเชื่อมมีขนาดเล็กเกินไปที่จะทำการวิเคราะห์ (Kogevinas et al., 1999) ทำให้การศึกษากลุ่มช่างเชื่อมที่ปฏิบัติงานในไซต์งานหรือทำงานก่อสร้างมีน้อยมาก ทำให้ไม่ปรากฏข้อมูลมากนัก สำหรับกระบวนการก่อสร้างบ้านขนาดเล็กเริ่มมีการนำโครงสร้างสำเร็จรูป ซึ่งเป็นงานโครงสร้างเหล็กมาใช้ประกอบเป็นงานโครงสร้างที่เป็นเสาอาคาร โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท โดยใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว H สำหรับประเภทรับแรงดึง เหล็กรูปตัว L หรือ C สำหรับประเภทรับแรงดัด หรือ คาน จะใช้เหล็กโครงสร้างเป็นรูปตัว I โดยโครงสร้างเหล่านี้จะมีอุปกรณ์สำหรับยึดโครงสร้างเหล็ก คือ สลักเกลียว หมุด หมุดย้ำ รวมไปถึงกระบวนการประสานที่ต้องการให้รอยต่อที่ต้องการเป็นสภาพเป็นข้อแข็ง รับโมเมนต์ได้ คือ การเชื่อม (ชนันต์ แดงประไพ, 1996) โดยทั่วไปเป็นการเชื่อมต่อรอยฉากโดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ และเป็นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบ รอยต่อฉาก โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และ องค์ประกอบธาตุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อม เพื่อใช้ในการพิจารณาด้านความปลอดภัยของช่าง เชื่อม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือทำการศึกษาปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อม แบบรอยต่อฉาก โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ โดยแบ่งวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

- 1) ศึกษาปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก
- 2) ศึกษาองค์ประกอบธาตุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อม แบบรอยต่อฉาก
- 3) เปรียบเทียบปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉากตามตำแหน่งทำ เชื่อม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ศึกษาปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจาก กระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก และ 2) ศึกษาองค์ประกอบธาตุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมที่ เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก โดยกำหนดท่าเชื่อมทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็น 4 ท่า คือ ท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ใช้ลวดเชื่อมชนิด E6013 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว ใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินแนวเชื่อมแบบ AC90 แอมแปร์ และผู้เชื่อมต้องผ่านการทดสอบ มาตรฐานฝีมือแรงงานกลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงปริมาณฟูมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก
- 2) ทราบถึงชนิดของธาตุที่เกิดขึ้นจากจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นจากการเชื่อมโครงสร้างเหล็กแบบรอยต่อฉาก ด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ โดยได้ทำการศึกษาและทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อ เป็นข้อมูลในการศึกษาและเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ดังนี้

- 2.1 การเชื่อม โครงสร้างเหล็กในงานก่อสร้าง
- 2.2 อันตรายจากการเชื่อม
- 2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม
- 2.4 ครันฝุ่นละอองโลหะจากกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์
- 2.5 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฝุ่นจากการเชื่อม
- 2.6 ฝุ่นกับผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ
- 2.7 การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฝุ่นจากการเชื่อม
- 2.8 การประเมินผลความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษชนิดฝุ่น
- 2.9 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectroscopy
- 2.10 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry
- 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเชื่อมโครงสร้างเหล็กในงานก่อสร้าง

ธนาสารเชลทริลสติล (2559) , เชื่อมเติม คือ ลักษณะการเชื่อมเหล็กแบบหนึ่งในการก่อสร้างที่ใช้โครงสร้างเหล็ก หรือ คอนกรีตเสริมเหล็ก โดยหลังจากที่วิศวกรจะ กำหนดตำแหน่งหรือเชื่อมเติม แบบชั่วคราวกำหนดรูปแบบคร่าวๆเอาไว้แล้ว จึงทำการเชื่อมเติมด้วยลวดเชื่อมที่ต่อเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจี้ไปที่รอยต่อระหว่างเหล็กเพื่อให้เหล็กทั้งสองชิ้นติดกันแน่นถาวร รวมถึงยังมีการเชื่อมแบบใช้ความร้อนสูงที่จะทำให้เหล็กทั้งสองชิ้นหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน ช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพความแข็งแรงให้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การทำเสาด้วยโครงสร้างเหล็ก จะใช้เหล็กกล่องสำหรับทำเป็นโครงสร้างเสา โดยจะมีการขึ้นโครงคร่าวๆ ด้วยการเชื่อมเต็มเพื่อ กำหนดระยะ ความสูง และรูปทรงเอาไว้ก่อน จากนั้นจึงปรับแก้แล้วเชื่อมเต็มจนเหล็กยึดติดกัน แน่นกันเป็นเสาในขั้นตอนสุดท้าย หรือการเชื่อมต่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปอย่างแผ่นพื้น สำเร็จรูป แผ่นผนังสำเร็จรูป คานสำเร็จรูป ก็จะใช้วิธีการเชื่อมเต็มที่แผ่นเหล็กที่ถูกฝังไว้ภายในของ ชิ้นส่วนเพื่อเชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ก่อนจะฉาบปูนปิดทับในภายหลังเพื่อความสวยงาม เป็น ต้น เชื่อมเต็ม คือ ลักษณะการเชื่อมเหล็กแบบหนึ่ง โดยจะเชื่อมเป็นจุดขนาดเล็ก เป็นการเชื่อมแบบ ชั่วคราวสำหรับป้องกันเหล็กขยับออกจากจุดที่ต้องการกำหนดตำแหน่งหรือระยะเอาไว้ก่อนจะ เชื่อมเต็มอีกครั้ง หากมีข้อผิดพลาดหรือต้องการปรับแก้แบบ ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ค้อนตี ไปที่เหล็ก 4-5 ครั้ง บริเวณที่เชื่อมเต็มไว้ก็จะหลุดออกมาได้โดยง่าย ตัวอย่างเช่น การเชื่อมเต็ม เหล็กเส้นสำหรับทำตะแกรงเหล็ก (Wire Mesh) ในงาน โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้เหล็ก อยู่ในตำแหน่งและระยะตามที่ต้องการ ก่อนจะเชื่อมเต็มแล้วนำไปวางในแบบหล่อ คอนกรีต ต่อไป หรือการเชื่อมโครงสร้างหลังคาเหล็กทั้ง จันทัน และแป ช่างจะประกอบไปที่ละ ส่วนด้วยการเชื่อมเต็ม เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบระยะและรูปร่างของโครงหลังคาให้ถูกต้อง ตามแบบ ก่อนจะเชื่อมเต็มเพื่อความแข็งแรงในขั้นตอนสุดท้ายอีกครั้ง

วิจารย์ โภคิ (2556), การเชื่อมเป็นการประสานชิ้นส่วนโลหะให้ติดกัน โดยใช้ความร้อน จากแก๊สทำให้โลหะเกิดการหลอมละลายติดกันหรือใช้ลวดเชื่อมมาประสาน เพื่อให้รอยต่อเกิด ความมั่นคง แข็งแรง เช่น การประกอบโครงสร้างเหล็ก ต่อเรือ สะพาน โครงเหล็ก เป็นต้น

ชนันต์ แดงประไพ (2539) , กระบวนการก่อสร้างบ้านขนาดเล็กเริ่มมีการนำโครงสร้าง สำเร็จรูป ซึ่งเป็นงานโครงสร้างเหล็กมาใช้ประกอบเป็นงาน โครงสร้างที่เป็นเสาอาคาร โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท โดยใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว H สำหรับประเภทรับแรงดึง เหล็กรูปตัว L หรือ C สำหรับ ประเภทรับแรงคด หรือ คาน จะใช้เหล็กโครงสร้างเป็นรูปตัว I โดยโครงสร้างเหล่านี้จะมีอุปกรณ์ สำหรับยึดโครงสร้างเหล็ก คือ สลักเกรียว หมุด หมุดย้ำ รวมไปถึงกระบวนการประสานที่ต้องการให้ รอยต่อที่ต้องการเป็นสภาพเป็นข้อแข็ง รับโมเมนต์ได้ คือ การเชื่อม โดยทั่วไปเป็นการเชื่อมต่อยอย ฉาก โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ประเภทของการเชื่อมกรรมวิธีในการเชื่อมโลหะที่เป็นที่นิยมใช้ กันอย่างแพร่หลายโดยทั่วไปมีดังนี้คือ 1) การเชื่อมแก๊ส (Gas Welding) เป็นการเชื่อมซึ่งจัดอยู่ใน ประเภทงานเชื่อมหลอมเหลววิธีหนึ่งแหล่งความร้อนที่ใช้กับชิ้นงานเกิดจากการเผาไหม้ระหว่าง แก๊สอะเซทิลีนซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและแก๊สออกซิเจนอุณหภูมิจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ให้ความ ร้อนสูง 3,200 องศาเซลเซียส และจะไม่มีเขม่าหรือควัน 2) การเชื่อมไฟฟ้า (Arc Welding) การเชื่อม ไฟฟ้าหรือเรียกว่าการเชื่อมโลหะ โดยประกายอาร์คระหว่างชิ้นงานและลวดเชื่อมซึ่งหลอมละลาย ลวดเชื่อมจะทำหน้าที่ป้อนเนื้อโลหะให้แก่แนวเชื่อม3) การเชื่อมอัด (Press Welding หรือ Non

Fusion Welding) การเชื่อมอัดหมายถึงการประสาน โลหะ 2 ชิ้นให้ติดกันโดยใช้ความร้อนกับ ชีงงานในบริเวณที่จะทำการเชื่อมจากนั้นใช้แรงอัดส่วนที่หลอมละลายจนกระทั่งชิ้นงานติดกันเป็น จุดหรือเกิดแนวความร้อนที่ใช้ได้จากความต้านทานไฟฟ้า เช่นการเชื่อมจุด (Spot Welding) 4) การ เชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas Welding) เป็นการเชื่อมโลหะโดยใช้ความร้อนที่เกิดจากการอาร์ค ระหว่างลวดทั้งสแตนกับชิ้นงานเชื่อม โดยมีแก๊สเฉื่อยปกคลุมบริเวณเชื่อมและบ่อหลอมละลายเพื่อ ไม่ให้บรรยากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยาบริเวณดังกล่าว 5) การเชื่อม MIG (Metal Inert Gas Welding) เป็นการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากอาร์คระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงาน ลวดเชื่อมที่ใช้เป็น ลวดเชื่อมเปลือยที่ส่งป้อนอย่างต่อเนื่องไปยังบริเวณอาร์คและทำหน้าที่เป็น โลหะเติมลงยังบ่อ หลอมละลายบริเวณบ่อหลอมละลายปกคลุมไว้ด้วยแก๊สเฉื่อยเพื่อไม่ให้เกิดการรวมตัวกับอากาศ 6) การเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding) เป็นขบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่ได้รับความร้อนจาก การอาร์คระหว่างลวดเชื่อมเปลือยกับงานเชื่อม โดยมีฟลักซ์ชนิดเม็ด (Granular Flux) ปกคลุมบริเวณ อาร์คและฟลักซ์ส่วนที่อยู่ใกล้กับเนื้อเชื่อมจะหลอมละลายปกคลุมเนื้อเชื่อมเพื่อป้องกันอากาศ ภายนอกทำปฏิกิริยากับแนวเชื่อมส่วนฟลักซ์ที่อยู่ห่างจากเนื้อเชื่อมจะไม่หลอมละลายและสามารถ นำกลับมาใช้ได้

2.2 อันตรายจากการเชื่อม

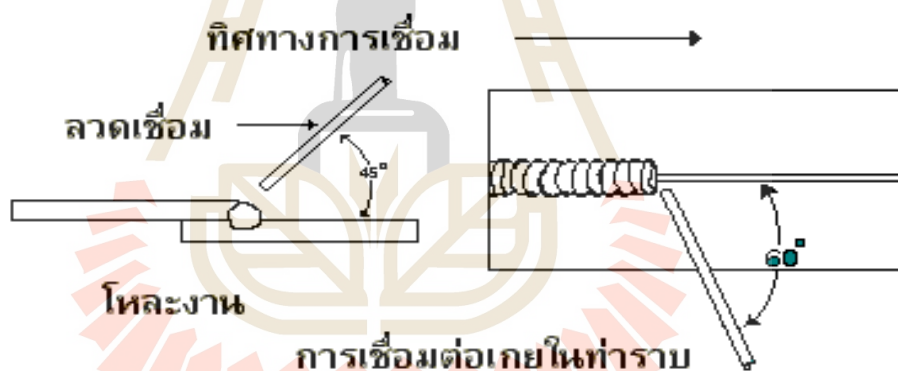
สาเหตุและอันตรายที่เกิดจากการเชื่อม สิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมดังนี้ 1) อันตราย จากฟุ้ง (FUME) และแก๊สที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ฟุ้ง (Fume) เป็นอนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นจาก การควบแน่นของสารที่อยู่ในสถานะที่เป็นแก๊สโดยทั่วไปสารนั้น ๆ จะอยู่ในสถานะของแข็งที่ อุณหภูมิห้อง เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยและจะควบแน่นทันที ฟุ้งที่พบในการทำงาน ได้แก่ ฟุ้ง ของตะกั่วออกไซด์ ฟุ้งของเหล็กออกไซด์ มนุษย์ได้เรียนรู้วิธีการเชื่อมมานานแล้ว แต่ไม่ค่อยได้ ตระหนักถึงอันตรายของฟุ้งและแก๊สที่เกิดขึ้นในงานเชื่อมจากการวิเคราะห์พบว่าสารเหล่านี้มี ส่วนประกอบของโลหะออกไซด์และสารที่เคลือบบนลวดเชื่อม ซึ่งปะปนอยู่ในอากาศที่ใช้ในการ หายใจและอาจผ่านเข้าสู่ปอดได้พัดลมดูดอากาศสามารถใช้เพื่อกำจัดฟุ้งเหล่านี้ออกจากบริเวณ ทำงานได้แต่ควรระวังอย่าให้ฟุ้งเหล่านี้หมุนเวียนเข้ามาสู่บริเวณหายใจสิ่งหนึ่งที่ควรระวังคือถ้า ปริมาณมากขึ้นอัตราการถ่ายเทอากาศควรมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ค่าความเข้มข้นของฟุ้งในบรรยากาศ รอบ ๆ บริเวณทำงานจะต้องถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยแต่ในทางปฏิบัติแล้วควรจะทำจัด ออกให้หมด จะต้องระวังที่จะไม่หายใจเอาฟุ้งนี้เข้าไป นอกจากนี้ในระหว่างการเชื่อมอาจเกิดแก๊ส พิษร่วมกับควันแก๊สต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นคือ ไนโตรเจนออกไซด์ มักเกิดในบรรยากาศแต่อาจเกิดได้ขณะ วิธีการเชื่อมอาร์ค (Arc) ความร้อนที่มาใช้ในการเชื่อมเกิดจากการเชื่อม จะก่อให้เกิดการระคาย เคืองที่ตาจุกและถ้าอาจทำให้หมดสติได้ ควรติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่เพื่อแก้ปัญหา

ไอโซน (เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำปฏิกิริยากับออกซิเจน) มักเกิดจากการเชื่อมที่ใช้อาร์กอน ซึ่งเป็นแก๊สที่ใช้ตัดเหล็ก ในการเชื่อมควันจากการเชื่อมทั้งสแตนเลสหรือการเชื่อมด้วยแก๊ส ไอโซนจะก่อให้เกิดการระคายเคืองตาและเยื่อตาโดยจะทำให้เกิดโรค Pulmonary edema โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ คาร์บอนมอนนอกไซด์ เกิดจากการใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สเชื่อมหรือเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของสารบางชนิด เช่น สี หรือ ไซ อาจเกิดอันตรายจากการได้รับแก๊สนี้มีอาการมึนงง เวียนศีรษะ หรือหมดสติและเสียชีวิตได้ 2) อันตรายจากแสงจากการเชื่อม แสงจ้าจากการเชื่อมเป็นอันตรายต่อดวงตาและอาจทำให้ผิวหนังไหม้ได้รังสีในห้องเชื่อมที่เป็นอันตรายจะอยู่ในช่วงความถี่ตามองไม่เห็น คือช่วงรังสีใต้แดง (infrared) และรังสีเหนือม่วง (ultraviolet) รังสีทั้งสองชนิดนี้ทำให้เกิดอันตรายต่อสายตาและผิวหนังได้อย่างรุนแรง คือ ดวงตาระคายเคืองถึงกับอักเสบและน้ำตาไหล ผิวหนังส่วนที่ได้รับรังสีจะเป็นเหตุให้ผิวไหม้และรู้สึกปวดแสบปวดร้อนเป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมงขึ้นไป ยาวนานตามระยะเวลาที่ได้รับรังสีนั้น ๆ แก๊สบางชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ จะสามารถรองและดูดซับรังสีนี้ได้มาก แต่อาร์กอนจะไม่มีผลต่อการลดความเข้มของรังสีเหนือม่วงดังนั้นบุคคลที่เชื่อมโดยใช้อาร์กอนจึงมีความเสี่ยงต่อรังสีเหนือม่วงมากกว่าบุคคลที่เชื่อมโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์สารที่เคลือบลวดเชื่อมหลายชนิดจะให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นมาขณะเกิดการเผาไหม้ นอกจากนี้สารที่เคลือบลวดเชื่อมบางชนิดจะมีผลต่อการลดการแผ่รังสีเหนือม่วงอีกด้วยโดยทั่วไปแล้วอัตราการแผ่รังสีของรังสีเหนือม่วงในงานเชื่อมประเภทการเชื่อมด้วยแก๊สยังมีค่าสูง แสงจ้าจากการเชื่อมสามารถทำอันตรายต่อผิวหนังได้เช่นกัน ผู้เชื่อมควรสวมใส่เสื้อผ้าสีเข้มไม่สะท้อนแสง ถ้าสวมใส่ชุดสีอ่อนขณะทำการเชื่อมอาจสะท้อนแสงจากการเชื่อมจะเกิดการเผาไหม้ บริเวณลำคอได้ การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันและเลือกสีเสื้อผ้าที่เหมาะสมสามารถช่วยป้องกันได้ควรมีการปกปิดผิวหนังทุกส่วน 3) ไฟฟ้าดูด ไฟฟ้าลัดวงจร การลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ดังกล่าวอาจไม่ทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตแต่ก่อให้เกิดอันตรายอื่น ๆ ได้ เช่น เป็นแหล่งความร้อน ทำให้เกิดอัคคีภัยได้ ไม่ควรใช้เครื่องเชื่อมที่ใช้ในไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับบนชิ้นงานเดียวกันในเวลาเดียวกันในกรณีที่ร่างกายของผู้เชื่อมสัมผัสกับขั้วไฟฟ้าที่ต่างกัน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวผู้เชื่อมอาจสูงถึงขั้นเป็นอันตรายได้ตามที่ได้กล่าวแล้วว่ากระแสไฟฟ้า 80 โวลต์ ไม่มีอันตรายถึงกับชีวิตแต่จะมีผลต่อการควบคุมกล้ามเนื้อซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เช่น การพลัดตกจากนั่งร้าน และควรระวังการเกิดเพลิงไหม้ เตรียมเครื่องดับเพลิงไว้ในบริเวณทำงาน หากหลีกเลี่ยงได้ไม่ควรเชื่อมวัสดุที่ติดไฟได้เป็นแนวยาวเกิน 35 ฟุต 4) ประกายไฟหรือลูกไฟ ประกายไฟหรือลูกไฟที่เกิดจากงานเชื่อมโลหะที่มีอุณหภูมิประมาณ 1200-1600 องศาเซลเซียส ทำให้ผิวหนังไหม้ และ อาจจะเป็นสาเหตุของเพลิงไหม้ งานเชื่อมในที่อับทึบและละอองไอน้ำมันทำให้เกิดการระเบิดได้ 5) ความเมื่อยล้า ความเมื่อยล้าของร่างกาย เกิดขึ้นได้หากผู้ปฏิบัติงานมีการปฏิบัติงานในท่าที่ไม่ถูกต้อง เช่น นั่งยอง

หรือ กัมหลังเชื่อมในระยะเวลาาน อาจจะทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตไม่ดี อาจทำให้เกิดการเมื่อยล้า เหน็บชา

2.3 ตำแหน่งท่าเชื่อม

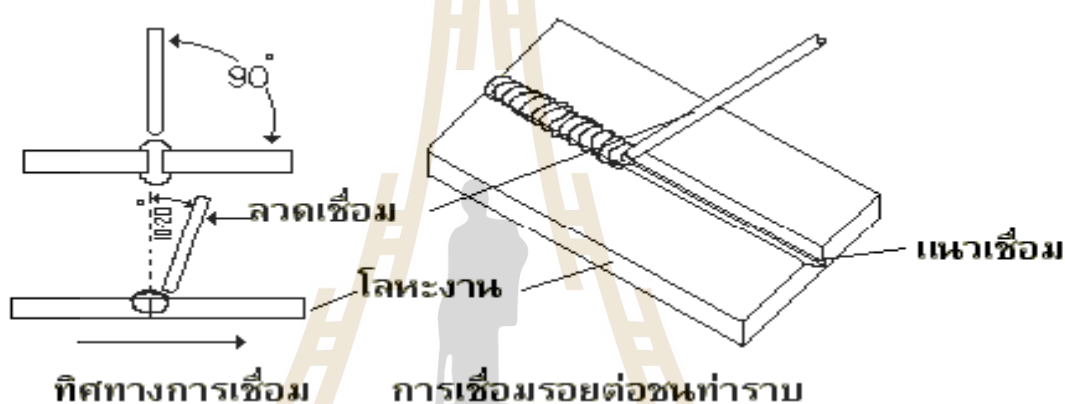
วันชัย ลีลาภวิวงศ์ (2560), ในการเชื่อมไฟฟ้าจะมีท่าเชื่อมในลักษณะต่าง ๆ ประกอบด้วย การเชื่อมต่อเกลียวในท่าราบ การเชื่อมต่อเกลียวท่าราบเป็นแบบของรอยต่อที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม ด้านต่าง ๆ จัดเป็นรอยต่อที่ประหยัด ไม่เสียเวลาในการเตรียมงาน รอยต่อเกลียวมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้าน ในการเชื่อมจะต้องไม่ใช้กระแสไฟสูงเกินไป มุมของลวดเชื่อมในขณะที่เชื่อมประมาณ 45 – 60 องศา การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้าถอยหลังไปตามแนวเชื่อม การเคลื่อนไหวลวดเชื่อมเช่นนี้จะเป็นการอุ่นโลหะงานให้ร้อนล่วงหน้าก่อนที่จะเชื่อมไปถึง ซึ่งจะช่วยให้รอยเชื่อมสมบูรณ์ และป้องกันไม่ให้เกิดแลคหลอมเหลวไหลล้าหน้ารอยเชื่อม



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อเกลียวในท่าราบ

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

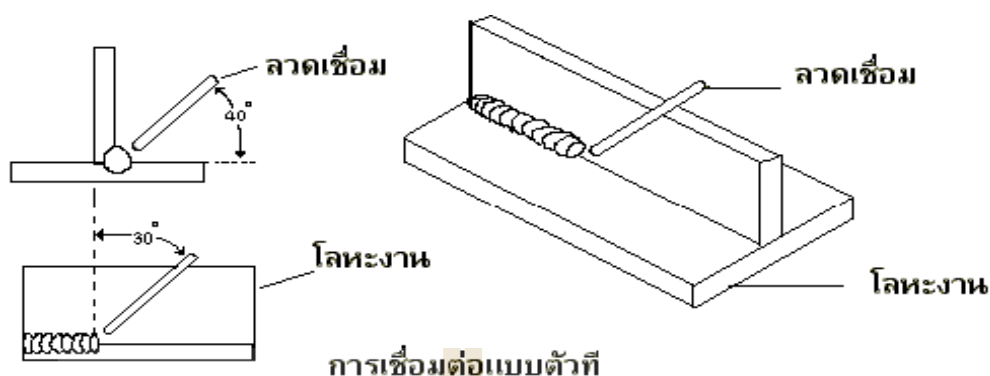
การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบ รอยต่อชนท่าราบเป็นรอยต่อที่ใช้กันมากสำหรับการต่อโลหะงานทั่วไป โลหะงานซึ่งหนาเกิน $\frac{1}{4}$ นิ้ว เมื่อทำการเชื่อมรอยต่อทั้งสองด้านแล้วจะเป็นรอยต่อที่มีประสิทธิภาพสูงมาก การที่จะให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของการซึมลึกของรอยเชื่อม ขนาดของการซึมลึกจะขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมและกระแสที่ใช้ในการเชื่อม สำหรับงานที่มีความหนา $\frac{3}{16}$ นิ้ว เมื่อเชื่อมรอยต่อเพียงด้านเดียว รอยต่อจะเว้นระยะไว้เสมอ การเชื่อมรอยต่อชนท่าราบจะต้องปรับกระแสให้เหมาะกับลวดเชื่อม ขณะเชื่อมลวดเชื่อมจะต้องเอียงไปข้างหน้า 10 – 20 องศาตามทิศทางที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อรอยชนท่าราบ

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

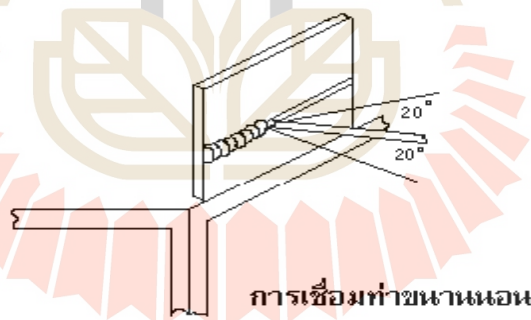
การเชื่อมรอยต่อรูปตัวทีในท่าราบ การเชื่อมรอยต่อชนรูปตัวที จะต้องปรับกระแสไฟให้สูงพอที่จะทำให้โลหะหลอมเหลวจนไหลได้ง่าย เพื่อทำให้เกิดการซึมลึกลงไปจนถึงส่วนล่างสุดของรอยต่อ การบังคับลวดเชื่อมไปยังมุมของรอยต่อ ต้องช็อยุ่นโลหะแผ่นตั้งมากกว่าแผ่นนอน พร้อมกับเอียงลวดเชื่อมไปข้างหน้าประมาณ 30 – 40 องศา พยายามเคลื่อนลวดเชื่อมด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และมีการเดินหน้าถอยหลังในระยะสั้น เพื่อเป็นการอุ่นงานส่วนล่างสุดของรอยต่อ และยังป้องกันสแลคหลอมเหลวลงหน้ารอยเชื่อม



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่อแบบตัวที

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

การเชื่อมในทำขนานนอน การเชื่อมรอยต่อแบบต่าง ๆ ในทำขนานนอน การบังคับลวดเชื่อม จะต้องบังคับให้ลวดเชื่อมชี้ขึ้นเป็นมุม 20 องศา เพื่อใช้แรงผลักดันจากการอาร์ค ช่วยพยุงให้โลหะที่หลอมเหลวในแอ่งไหลลงมา แล้วไหลย้อนขึ้นไปกับรอยเชื่อม นอกจากนี้จะต้องเอียงลวดเชื่อมเป็นมุม 20 องศาในทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมด้วย เช่นเดียวกับการเชื่อมในทำราบ

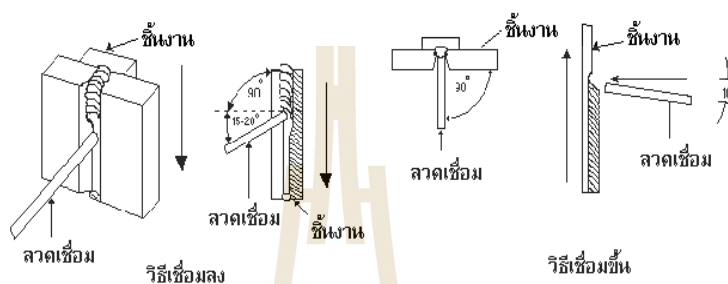


รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อทำขนานนอน

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

การเชื่อมในทำตั้ง การฝึกหัดทำเชื่อมลักษณะนี้แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การเชื่อมขึ้น (Up Hill) และการเชื่อมลง (Down Hill) การเชื่อมขึ้น มีเทคนิคที่สำคัญ คือการบังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงานและการเอียงลวดเชื่อมทำมุมชี้ขึ้นไม่เกิน 10 องศา การปรับกระแสควรปรับให้มีกระแสค่อนข้างสูงเสมอ ขณะทำการเชื่อมควรเคลื่อนไพลวดเชื่อมเป็นแบบยกขึ้น แล้วลวดต่ำลงมาที่แอ่งโลหะหลอมเหลวเป็นระยะประมาณ 2 นิ้วแต่ระวังอย่าให้การอาร์คดับ การเชื่อมลง

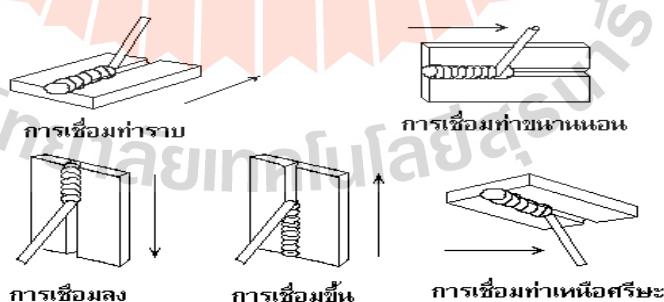
จะต้องปรับกระแสไฟให้เพิ่มขึ้น เอียงลวดเชื่อมทำมุมขึ้นประมาณ 15 – 20 องศา และบังคับลวดเชื่อมให้ตั้งฉากกับผิวหน้าของโลหะงาน ขณะเชื่อมควรใช้ระยะอาร์คสั้น ๆ เพราะตามปกติแล้วสแลค จะละลายไหลลงหน้ารอยเชื่อม เมื่อเห็นว่าสแลคไหลพยายามลดระยะอาร์คให้สั้นลง พร้อมกับเพิ่มความเร็วกว่าขึ้น ถ้าไม่ได้ผลให้เคาะสแลคออกทำความสะอาด แล้วเริ่มเชื่อมต่อไป



รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่องขึ้น-ลง

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

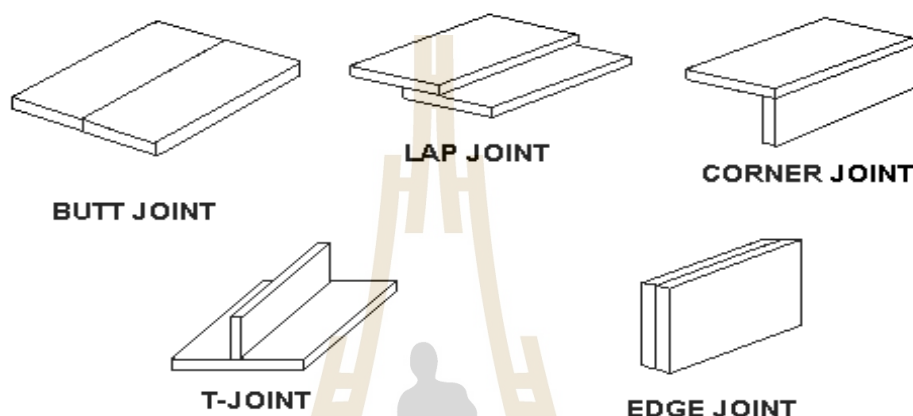
ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ เป็นท่าเชื่อมที่ปฏิบัติยากที่สุด และเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานมากที่สุดถ้าหากสวมชุดปฏิบัติงานไม่ถูกต้อง ที่สำคัญสำหรับการเชื่อมท่าเหนือศีรษะคือ การปรับขนาดของกระแสไฟต้องให้สูงไว้ และใช้ระยะอาร์คสั้น ๆ บังคับให้ลวดเชื่อมตั้งฉากกับพื้นผิวโลหะงาน และทำมุมเอียงประมาณไม่เกิน 10 องศา ตามทิศทางที่ลวดเชื่อมเคลื่อนที่ไป การเคลื่อนที่ลวดเชื่อมจะเป็นลักษณะเดินหน้าถอยหลัง หรือเคลื่อนไหวลวดเชื่อมแบบส่าย



รูปที่ 2.6 ท่าทางการเชื่อมรอยต่อแบบต่าง ๆ

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

แบบของรอยต่อเชื่อม แบบของรอยต่อเชื่อมต่าง ๆ สามารถแยกออกได้ตามพื้นฐานของ รอยต่อเชื่อมเบื้องต้นสำหรับผู้ฝึกปฏิบัติงานใหม่ ได้ดังนี้ แบบรอยต่อชน (Butt Joint) แบบรอยต่อ เกย (Lap Joint) แบบรอยต่อมุม (Corner Joint) แบบรอยต่อตัวที (T – Joint) และแบบรอยต่อขอบ (Edge Joint)



รูปที่ 2.7 แบบของรอยต่อ

ที่มา : วันชัย ลีลาภวิวงศ์, https://engfanatic.tumcivil.com/tumcivil_1/media/Welding/

2.4 ควันฝุ่นละอองโลหะจากกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ควันฝุ่นละอองโลหะที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมประกอบด้วย โลหะหนัก โอโซน (O_3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ซึ่งโอโซน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนภายใน 30 วินาทีเมื่อทำการเชื่อมในเนื้อเยื่อจะสามารถทำลาย DNA ของสิ่งมีชีวิตได้ ขึ้นกับความร้อนที่ใช้ในอาร์ค ควันฝุ่นละอองโลหะดังกล่าว จะเกิดจากกระบวนการเชื่อม Laser beam รวมทั้งเกิดจากกระบวนการเชื่อมกดเสียดทาน (Friction Welding) กระบวนการเชื่อมในสถานะของแข็ง (Solid-State Welding) และแต่โดยทั่วไปยังเกิดขึ้น น้อยมาก ควันฝุ่นละอองโลหะส่วนหนึ่งเกิดจากการหลอมเหลวของลวดเติมหรือลวดเชื่อม กลายเป็นควันฝุ่นละอองโลหะด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูง โลหะหลอมเหลวทำปฏิกิริยาเคมีกับสาร เคลือบในฟลักซ์ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของอนุภาค โดยอนุภาคของโลหะที่พบ ในควันฝุ่นละอองโลหะจากกระบวนการเชื่อมประกอบด้วย อลูมิเนียม (Aluminium) เบริลเลียม (Beryllium) แคดเมียมออกไซด์ (Cadmium Oxides) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ออกไซด์ของเหล็ก (Iron Oxide) ตะกั่ว (Lead) แมงกานีส (Manganese) โมลิบดีนัม (Molybdenum)

นิกเกิล (Nickel) วานาเดียม (Vanadium) และซิงค์ออกไซด์ (ZnO) อนุภาคของแก๊สที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฟลูออไรด์ (Fluoride) ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (Hydrogen Fluoride) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide) และ โอโซน (O₃) โดยผู้ปฏิบัติการเชื่อมสามารถรับควันฝุ่นละอองโลหะได้มากที่สุดต่อเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงไม่เกินข้อกำหนดในตาราง กระบวนการเชื่อมทุกชนิดก่อให้เกิดควันฝุ่นละอองโลหะ กลไกการเกิดควันฝุ่นละอองโลหะ มีกลไกกว่า 90% ในกระบวนการเชื่อมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองโลหะจากแกนลวดหรือสารเคลือบในลวดเติมหรือลวดเชื่อม อนุภาคจะเกิดขึ้นเมื่อมีการควบแน่นของละอองโลหะประมาณ 1% รวมตัวกันก่อให้เกิดการก่อตัวของอนุภาค ควันละอองโลหะดังกล่าวจะมีลักษณะแตกต่างกัน อนุภาคไมโครและนาโนของควันฝุ่นละอองประกอบไปด้วยออกไซด์ของโลหะและออกไซด์ของโลหะ เช่น ฟลูออไรด์และคลอไรด์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฟลักซ์ อนุภาคทรงกลมจะมีขนาดต่ำกว่า 20 นาโนเมตร โดยเกิดการควบแน่นขณะที่อนุภาคหลักปะทะกัน ขนาดของควันฝุ่นละอองโลหะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละเอียดมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค 0.01 – 0.1 ไมโครเมตร กลุ่มละเอียด มีเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค 0.1 – 2.5 ไมโครเมตร และกลุ่มหยาบมีเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคมากกว่า 2.5 ไมโครเมตร ยกตัวอย่าง การเชื่อม GTAW ในบรรยากาศเสถียร จะเกิดควันฝุ่นละอองโลหะโดยการกลายเป็นไอและการควบแน่นของธาตุต่าง ๆ กับแสงจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควันฝุ่นละอองโลหะจากการเชื่อม FCAW และ SMAW มีผลมาจากการกลายเป็นไอ การควบแน่นและการเกิดปฏิกิริยาของออกไซด์ของโลหะหรือจากฟลูออไรด์ในฟลักซ์ ส่วนผสมทางเคมีของฟลักซ์ก่อให้เกิดควันฝุ่นละอองสูงก่อให้เกิดอันตรายเมื่อเข้าสู่ร่างกาย วิธีการก่อตัวของควันฝุ่นละอองโลหะโดยทำให้โลหะกลายเป็นของเหลวอย่างรวดเร็ว ผลที่ได้คือควันฝุ่นละอองโลหะขนาดเล็กจะถูกขับออกจากหยดน้ำโลหะ เมื่อสัมผัสกับออกซิเจน แก๊สอาร์กอน หรือฮีเลียมในอากาศแล้วเย็นตัวลงกลายเป็นของแข็ง อนุภาคส่วนใหญ่จะเกิดออกไซด์บาง ๆ ถ้าในกรณีที่ไม่ได้ใช้แก๊สปกคลุมบางอย่างเช่น กระบวนการเชื่อม SMAW หรือ FCAW จะมีการรวมตัวกับออกซิเจนหรือส่วนประกอบของแก๊สในอากาศ เช่น (Ar – O₂) หรือ (Ar – CO)₂ ถ้าความร้อนของโลหะเพียงพอจะมีการรวมตัวของโลหะจนกลายเป็นไอหรือระเหยได้ในสภาวะความดันไอสูงหรืออุณหภูมิต่ำ สิ่งที่ทำให้เกิดฝุ่นละออง มีดังนี้ การเกิดหยดน้ำโลหะ การกลายเป็นไอ การควบแน่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน การรวมตัวคุณลักษณะของควันฝุ่นละอองโลหะ มักนำมาใช้ในการหาส่วนประกอบ โครงสร้าง ขนาด และการกระจายตัวของไอระเหย เพื่อคำนวณว่าแต่ละสภาวะแวดล้อมสามารถเกิดควันฝุ่นละอองได้มากน้อยแค่ไหนตั้งแต่ส่วนผสมทางเคมี ชนิดของวัสดุและส่วนประกอบของอนุภาค ในบางครั้งสามารถคำนวณได้ว่า Hexavalent Chromium คุณลักษณะของควันฝุ่นละอองโลหะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ทางฟิสิกส์และทางเคมี ซึ่งแบ่งตามความซับซ้อนและช่วงความกว้างของอนุภาคโลหะ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงวิธีการตรวจสอบคุณลักษณะเพื่อวิเคราะห์อนุภาคควันฝุ่นละอองโลหะ

Characterization Method	Size Range (micron)	Detection Limit	Comments
Size Distribution			
Impactors	0.1 - 20	-	-
Aerodynamic Particle Sizer	0.1 - 25	-	-
SEM	0.5 - 50	-	-
TEM	0.001 – 1	-	-
Elemental Composition			
X-ray fluorescence (XRF)	Bulk	100 ppm	*z> 10
Atomic adsorption spectroscopy	Bulk	10 ppm	z> 10
SEM-XEDS	1 - 50	0.10%	z> 10
Wavelength dispersive spectroscopy (WDS)	1 – 50	0.10%	z> 4
TEM-XEDS	0.01 – 0.5	0.10%	z> 5
Secondary ion mass spectroscopy (AES)	> 5	10 ppm	Light element
Auger electron spectroscopy (AES)	> 0.1	0.10%	z> 3
X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)	> 5	0.10%	
Chemical Speciation			
X-ray diffraction (XRD)	Bulk	-	-
X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)	Bulk	-	-
TEM Selected area diffraction (SAD)	0.3	-	-

2.5 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฟุ้งจากการเชื่อม

เพ็ญศรี วัจนละญา (ม.ป.ป), อนุภาคมลพิษที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อมหรือฟุ้งเชื่อมมีองค์ประกอบหลายชนิด การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อมหรือฟุ้งเชื่อมสามารถตรวจวัดและประเมินผลในภาพของอนุภาครวมหากไม่มีความเป็นพิษสูง กรณีที่โลหะหรือสารประกอบของโลหะมีความเป็นพิษสูง จะทำการวิเคราะห์หาหน้าหนักของโลหะหรือสารประกอบโลหะเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานความเข้มข้นของโลหะหรือสารประกอบโลหะนั้น อนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฟุ้งนั้นไม่สามารถจำแนกประเภทได้ง่ายนัก ทั้งนี้เพราะขึ้นอยู่กับ

องค์ประกอบและคุณสมบัติของโลหะที่เชื่อม ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อม ตลอดจนกระบวนการและวิธีการที่ใช้ในการเชื่อม ดังนั้นการประเมินอันตรายที่เกิดขึ้นจากอนุภาคมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเชื่อมหรือฟุ้งเชื่อม จึงต้องพิจารณาถึงกระบวนการและวิธีการที่ใช้ในการเชื่อม ตลอดจนปฏิกิริยาของโลหะและอัลลอยด์ที่ใช้ในการเชื่อมเช่น การเชื่อมอลูมิเนียมกับไททาเนียม ที่ต้องดำเนินการภายในก๊าซเฉื่อย เช่น อาร์กอน จึงจะก่อให้เกิดอนุภาคหรือเกิดฟุ้งจากงานเชื่อมเพียงเล็กน้อย แต่กลับก่อให้เกิดก๊าซไอโซนอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีจำนวนมากจากการเชื่อม การเชื่อมโลหะจำพวกเหล็กโดยใช้กระแสไฟฟ้า (Arc welding) ก็จะทำให้เกิดอนุภาคจำนวนเล็กน้อย และสามารถก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ โดยอนุภาคจากงานเชื่อมที่ได้จากการ arc welding มักจะประกอบไปด้วยสารจำพวกแมงกานีส ซิลิกา ฯลฯ สารโครเมียมและนิกเกิล เป็นสารที่พบได้ในอนุภาคที่เกิดจากการเชื่อม Stainless steels สารเคลือบโลหะหรือสารเคลือบลวดเชื่อมมักมีส่วนประกอบด้วยสาร Fluorides ดังนั้นอนุภาคที่เกิดจากการเชื่อมโลหะเหล่านี้จึงมักจะก่อให้เกิดสารประกอบของ Fluoride มากกว่า Oxides ด้วยสาเหตุเหล่านี้การประเมินอันตรายที่เกิดขึ้นจากอนุภาคในงานเชื่อมชนิดฟุ้งเชื่อม จึงมักจะมีการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของมลพิษเพื่อพิจารณาถึงระดับความเข้มข้นของสารเหล่านี้ว่ามีค่าเกินมาตรฐาน TLV ที่กำหนดหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเชื่อม Stainless steel อนุภาคที่เกิดขึ้นจะประกอบไปด้วยสารประกอบของ Chromium ที่เรียกว่า Hexavalent chromium สารประกอบ Hexavalent chromium บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง และค่า TLVs ของ chromium และสารประกอบ chromium ก็แตกต่างกัน

โดยสรุปแล้วการประเมินอันตรายของอนุภาคจากงานเชื่อม โดยประเมินจากค่าความเข้มข้นรวมของอนุภาคจากงานเชื่อม อาจทำได้และเพียงพอในกรณีที่มีการเชื่อมนั้นไม่มีสารประกอบที่เป็นพิษในลวดเชื่อม หรือสารเคลือบผิวโลหะ ตลอดจนกระบวนการเชื่อมที่ไม่ก่อให้เกิด

2.6 ฟุ้งกับผลกระทบที่มีต่อสุขภาพ

ดวงกมล วงษ์สวรรค์ (ม.ป.ป), ฟุ้ง (Fume) เป็นอนุภาคของแข็งที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นของสารที่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ โดยทั่วไปสารนั้นๆ จะอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยและจะควบแน่นทันที ตัวอย่างฟุ้งที่พบในการทำงาน ได้แก่ ฟุ้งของตะกั่วออกไซด์ ฟุ้งของเหล็กออกไซด์ ฯลฯ มนุษย์ได้เรียนรู้วิธีการเชื่อมมานานแล้ว แต่ไม่ค่อยได้ตระหนักถึงอันตรายของฟุ้งและก๊าซที่เกิดขึ้นในงานเชื่อมสักเท่าไร การศึกษาในประเพณีนี้เพิ่งจะ

เริ่มขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1970-1980 เท่านั้น จาก The American National Standard Institute (ANSI) Bulletin E49.1 จัดพิมพ์โดย The American Welding Society ได้ทำการวิเคราะห์พบว่าสารเหล่านี้มีส่วนประกอบของโลหะออกไซด์และสารที่เคลือบบนลวดเชื่อม ซึ่งสารเหล่านี้จะปะปนอยู่ในอากาศที่ใช้ในการหายใจและอาจผ่านเข้าสู่ปอดได้ พดลคมดูอากาศสามารถใช้เพื่อกำจัดฟุ้งเหล่านี้ ออกจากบริเวณทำงานได้ แต่ควรระวังอย่าให้ฟุ้งเหล่านี้หมุนเวียนเข้ามาสู่บริเวณหายใจ สิ่งหนึ่ง ที่ควรระวังคือ ถ้าปริมาณมากขึ้นอัตราการถ่ายเทอากาศควรมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ค่าความเข้มข้นของ ฟุ้งในบรรยากาศรอบๆบริเวณทำงานจะต้องถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยแต่ในทางปฏิบัติ แล้วควรจะทำให้ออกให้หมด จะต้องระวังที่จะไม่หายใจเอาฟุ้งนี้เข้าไป นอกจากนี้ในระหว่างการ เชื่อมอาจเกิดก๊าซพิษร่วมกับควัน ก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นคือ สารประกอบที่เป็นพิษในขณะที่ทำการ เชื่อม

โรคแพ้พิษฟุ้งโลหะ (Metal Fume Fever) โรคแพ้พิษฟุ้งโลหะเป็นอาการที่เกิดขึ้นอย่าง ทันทีทันใด (Acute) ภายหลังจากการสัมผัสอนุภาคฟุ้งจากการเชื่อมที่มีความเข้มข้นสูงในช่วง ระยะเวลาสั้นๆอาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นภายใน 4-12 ชั่วโมงหลังจากการสัมผัส โดยมีการอาการ คล้ายเป็นไข้ หนาวสั่น อาการดังกล่าวจะหายไปภายใน 1 วัน และโดยทั่วไปคนงานจะสามารถกลับ เข้าทำงานใหม่ได้ตามปกติ ทั้งนี้ร่างกายจะสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อป้องกันอาการดังกล่าว แต่ภูมิคุ้มกัน ดังกล่าวไม่ถาวร หากคนงานหยุดการสัมผัสเป็นช่วงเวลานาน เช่น ช่วงวันหยุดสัปดาห์ อาการ ดังกล่าวจะกลับมาปรากฏอีกเมื่อมีการสัมผัสใหม่

ฟุ้งจากงานเชื่อมเป็นสาเหตุที่สำคัญของโรคแพ้พิษฟุ้งโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาค ของสารประกอบสังกะสีซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฟุ้งจากการเชื่อม อย่างไรก็ตามมีรายงาน การศึกษาที่แสดงให้เห็นอาการดังกล่าวได้เช่นกันเมื่อมีการสัมผัสอนุภาคของสารประกอบ แมกนีเซียมออกไซด์ คอปเปอร์ออกไซด์ ฯลฯ

2.7 การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษทางอากาศชนิดฟุ้งจากการเชื่อม

เพ็ญศรี วัฒนละญา (ม.ป.ป) , การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคจากการเชื่อม หรือฟุ้งจากการเชื่อม โดยทั่วไปสามารถใช้วิธีการเช่นเดียวกับการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้น ของอนุภาคที่ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method) และใช้เทคนิค การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล (Personal sampling) โดยอากาศที่มีฟุ้งจากการเชื่อมจะถูกดูดโดยปั๊มเก็บ ตัวอย่างอากาศ ผ่านตลับตัวกรองที่ติดที่บริเวณปกคอเสื้อ หรือหัวไหล่ของคนงานที่ใกล้กับ หน้ากากเชื่อม โดยดำเนินการจัดเก็บตัวอย่างอากาศตลอดช่วงเวลาทำงาน หรือบางช่วงของ ระยะเวลาทำงาน จากนั้นจะนำตลับตัวกรองไปทำการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์ หาสารประกอบเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่อไป

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศจากงานเชื่อม เพื่อประเมินอันตรายจากฟุ้งจากงานเชื่อม นั้น จะใช้เครื่องมือเช่นเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างอนุภาคอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดคือ 1) บั๊มเก็บตัวอย่างอากาศชนิดติดตัวบุคคล (Personal Sampling Pump) โดยตั้งอัตราการดูดอากาศประมาณ 1.5 L/min แต่ต้องไม่เกิน 2 L/min ทั้งนี้บั๊มเก็บตัวอย่างอากาศนี้จะต้องได้รับการปรับเทียบมาตรฐานหรือสอบเทียบมาตรฐาน (Calibration) จากอุปกรณ์ชุดปรับเทียบมาตรฐาน 2) อุปกรณ์ชุดปรับเทียบมาตรฐาน (Calibrator) ซึ่งอาจเป็นชุด Electronic meter 3) ดับใส่กระดาษกรอง (Cassette Filter) พร้อมทั้งกระดาษกรองชนิด Mixed cellulose ester (MCE) ที่มี pore size เท่ากับ 0.8 ไมครอน ทั้งนี้ดับใส่ตัวกรองเป็นชนิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 mm. แต่สามารถใช้ชนิดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 mm. แทนได้หากไม่สามารถใส่ไว้ด้านในของหน้ากากเชื่อมของพนักงานได้ และต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการอุดตันของอนุภาคบนตัวกรองในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศ ตัวกรองที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องชั่งน้ำหนักก่อนการเก็บตัวอย่าง (Pre-Weight) 4) นาฬิกาจับเวลา และ 5) สายยางนำอากาศ

การสอบอัตราการไหลของบั๊มดูดอากาศ (Calibration) การสอบเทียบเครื่องมือ คือการปรับเครื่องมือให้สามารถอ่านค่าได้ตรงตามมาตรฐาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม ทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ นั้น อ่านค่าได้อย่างถูกต้อง การสอบเทียบเครื่องมือสามารถดำเนินการได้ดังนี้ การสอบเทียบเครื่องมือโดยวิธี Dry Calibrator โดยเปิดบั๊มเก็บตัวอย่างอากาศอย่างน้อย 5 นาทีก่อนทำการปรับเทียบ เพื่อตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าของบั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ และประกอบอุปกรณ์ชุดเก็บตัวอย่างอากาศ ดับใส่กระดาษกรอง สายยางนำอากาศ เข้ากับชุด Dry Calibrator ระมัดระวังจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ ไม่ให้มีรูรั่ว เปิด Dry Calibrator ปรับค่า Rotameter เพื่อให้ได้ช่วงของอัตราการดูดที่ต้องการ ขั้นตอนทั่วไปในการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินอันตรายจากอนุภาคจากการเชื่อม ประกอบด้วย ขั้นตอนเตรียมการสำรวจพื้นที่บริเวณที่จะทำการเก็บตัวอย่างอากาศ เตรียมอุปกรณ์และสอบเทียบอุปกรณ์ (Calibration) เตรียมดับตัวกรอง และอุปกรณ์อื่น ๆ ขั้นตอนคัดเลือกพนักงานสุ่มคัดเลือกพนักงาน ซึ่งแจ้งวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่าง ตกผลร่วมกันพนักงานถึงเรื่องสถานที่ และเวลาในการติดตั้ง/ถอดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ เน้นย้ำถึงความสำคัญในการห้ามถอดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก่อนเวลา แต่หากมีความจำเป็นต้องแจ้งให้หัวหน้างานหรือเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยทราบก่อน ขั้นตอนเริ่มเก็บตัวอย่างติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวคนงาน โดยพิจารณาว่าไม่กีดขวาง หรือก่อให้เกิดปัญหาในการทำงาน เปิดบั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ อย่างน้อย 5 นาที แล้วปิดบั๊ม ติดตั้งดับตัวกรองที่ปกคอเสื้อของคนงาน หรือบริเวณการหายใจ (Breathing zone) เปิดเครื่องบั๊มเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อเริ่มต้นเก็บตัวอย่างอากาศ จดเวลาเริ่มต้นสังเกตการทำงานของบั๊มเก็บตัวอย่างอากาศภายหลังการเปิดเครื่องไประยะหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องทำงานได้อย่างปกติ ขั้นตอนเก็บเครื่องมือ ก่อนถอด

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศออกจากคนงาน ถ้าปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศมี Rota meter ให้ทำการตรวจสอบอัตราการดูดอากาศของปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ แน่ใจว่าลูกกลอยใน Rota meter ยังคงอยู่ในตำแหน่งที่ทำการปรับเทียบ (calibrate) หากลูกกลอยไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่ปรับเทียบ ให้อ่านค่า และจดบันทึกไว้ ปิดปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ และจดเวลาปิดเครื่อง ถอดตัวยกออกจากปั๊ม ใช้จุกพลาสติกติดที่ช่องอากาศเข้า-ออก ใช้เทปพันตลับยึดตัวกรอง โดยให้ปิดจุกพลาสติกที่ปิดช่องดูดอากาศเข้า-ออก (Inlet-Outlet) เตรียมจัดส่งตัวยกเพื่อการวิเคราะห์ผลต่อไป

2.8 การประเมินผลความเข้มข้นของอนุภาคมลพิษชนิดฟุ้ง

การประเมินผลแบบอนุภาครวม (Total Particulate) การประเมินผลแบบอนุภาครวม (Total Particulate) จะประเมินผลในกรณีที่มีแนวโน้มว่าอนุภาคที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อมไม่มีองค์ประกอบของโลหะออกไซด์ หรือโลหะที่มีความเป็นพิษสูง การประเมินผลแบบ Total Particulate จะนำแผ่นตัวกรองที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศแล้ว มาชั่งน้ำหนัก (Post – weight) และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคจากสูตร

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1) \times 10^3}{V}$$

เมื่อ	C	=	ความเข้มข้นของอนุภาครวม (Total Particulate) หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m ³)
	W ₁	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ชั่งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (Pre-Weight) หน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg)
	W ₂	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ชั่งหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (Post-Weight) หน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg)
	B ₁	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม (mg)
	B ₂	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank หลังเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม (mg)
	V	=	ปริมาณอากาศที่เก็บตัวอย่าง หน่วยเป็น ลิตร (L)

การเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อประเมินระดับอันตรายมาตรฐาน OSHA (Occupational Safety & Health Administration) กำหนดค่า Permissible Exposure Limit (PEL) สำหรับ Total Particulate ให้ไม่เกิน 5 mg/m^3 และมาตรฐาน ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygiene) กำหนดค่า TLV-TWA สำหรับ Total Particulates ให้ไม่เกิน 3 mg/m^3

การประเมินโดยพิจารณาองค์ประกอบของอนุภาคการประเมินโดยพิจารณาองค์ประกอบของอนุภาคจากงานเชื่อม จะดำเนินการโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคจากงานเชื่อมที่ประกอบด้วยโลหะ หรือสารประกอบโลหะชนิดใด การวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคโดยทั่วไปจะใช้วิธีการ Inductively Coupled Argon Plasma-Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) ซึ่งสามารถวิเคราะห์โลหะ และสารประกอบได้หลายชนิด โดยทั่วไปจะวิเคราะห์โลหะ และสารประกอบจำพวก เบอริลเรียม (Be) แคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) Mo, นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) พลวง (Sb) แวนาเดียม (V) และสังกะสี (Zn) ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารโลหะ จะทราบถึงปริมาณของสารโลหะในอนุภาคที่ได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยมีหน่วยเป็นไมโครกรัม (μg) จากนั้นจึงทำการคำนวณหาความเข้มข้นของสารโลหะแต่ละประเภทเพื่อประเมินเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่อไป ทั้งนี้จะทำการคำนวณค่าความเข้มข้นของสารโลหะแต่ละประเภทในภาพของออกไซด์ของสารนั้น การเปรียบเทียบกับมาตรฐานเพื่อประเมินระดับอันตรายตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 Air Contaminants – OSHA Permissible Exposure Limits

Element	Substance Exposed to	PEL (mg/m^3)	
		TWA	CEILING
Ag	Metal and soluble compounds (as Ag)	0.01	
As	Inorganic compounds (as As)	See 29 CFR 1910.1018	
Be	Beryllium and compounds (as Be)	0.002	0.005
Ca	Calcium oxide	5	
Cd	Fume	0.1	0.3
	Dust (See 29 CFR 1910.1027)	0.2	0.6
Co	Metal dust and Fume (as Co)	0.1	
Cr	Cr metal (as Cr)	1	

ตารางที่ 2.2 Air Contaminants – OSHA Permissible Exposure Limits (ต่อ)

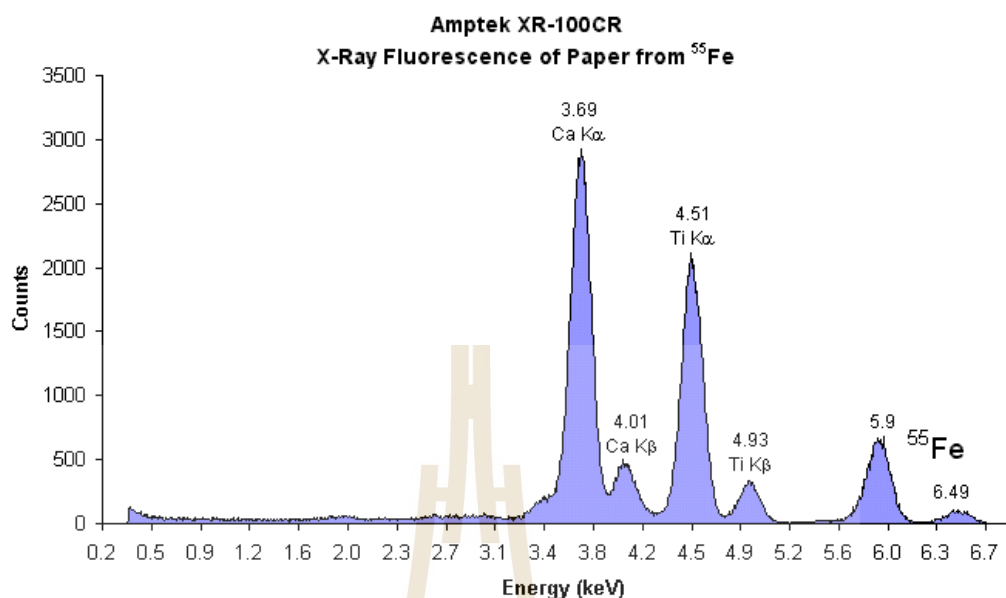
Element	Substance Exposed to	PEL (mg/m ³)	
		TWA	CEILING
Cu	Fumes (as Cu)	0.1	
	Dusts and mists (as Cu)	1	
Fe	Dicyclopentadienyl iron Total Dust	15	
	Iron oxide fume (as Fe ₂ O ₃)	10	
Fe,V	Ferrovandium dust	1	
Mg	Magnesium oxide fume Total particulate	15	
Mn	Mn compounds (as Mn)	5	
	Mn fume (as Mn)	5	
Mo	InsoluBe compounds (as Mo)	15	
Fe,V	Ferrovandium dust	1	
Mg	Magnesium oxide fume Total particulate	15	
Mn	Mn compounds (as Mn)	5	
	Mn fume (as Mn)	5	
Mo	InsoluBe compounds (as Mo)	15	
	Total dust		
Ni	Metal and insoluBe	1	
	compounds (as Ni)	1	
Pb	Inorganic (see 29 CFR 1910.1025)		
Sb	Sb and compounds (as Sb)	0.5	
Se	Se and compounds (as Se)	0.2	
Sn	Inorganic compounds except oxide (as Sn)	2	
Te	Te and compounds (as Te)	0.1	
Zn	Zinc oxide fume	5	

ตารางที่ 2.2 Air Contaminants – OSHA Permissible Exposure Limits (ต่อ)

Element	Substance Exposed to	PEL (mg/m ³)	
		TWA	CEILING
	Zinc oxide Total dust	15	
	Zinc stearate Total dust	15	

2.9 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectroscopy

สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย(ม.ป.ป) , เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดของธาตุและปริมาณธาตุในสารตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการที่อิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม เปลี่ยนระดับชั้นที่มีพลังงานสูงไปยังชั้นที่มีพลังงานต่ำกว่า และคายพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานจำเพาะ (characteristic X-ray) ของแต่ละธาตุ รังสีเอกซ์ที่ให้ออกมาจากแต่ละธาตุในตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์พลังงานของรังสี เพื่อหาชนิดของธาตุ และวิเคราะห์ความเข้มของรังสีเพื่อหาปริมาณธาตุได้โดยใช้หัววัดรังสีเอกซ์แบบก๊าซ (gas ionization chamber) ชนิด proportional counter หัววัดรังสีแบบเปล่งแสง (scintillation counter) หรือหัววัดรังสีแบบสารกึ่งตัวนำ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้หัววัดชนิดซิลิกอน(ลิเทียม): Si(Li) หรือเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง : HPGe อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดรังสีเอกซ์โดยทั่วไป ประกอบด้วยหัววัดรังสี (detector) ส่วนสร้างสัญญาณ (preamplifier) ส่วนขยายสัญญาณ (amplifier) ส่วนวิเคราะห์สัญญาณ (multichannel analyzer) หรือ MCA ประกอบกับคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมประมวลผลและแสดงผลการวิเคราะห์ รังสีเอกซ์พลังงานสูงจากต้นกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไอโซโทปหรือหลอดรังสีเอกซ์ ที่ตกกระทบตัวอย่าง จะทำให้ธาตุที่อยู่ภายในตัวอย่างปลดปล่อยรังสีเอกซ์จำเพาะของแต่ละธาตุออกมา ซึ่งแสดงผลการวัดเป็นแถบพลังงาน หรือสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ การวัดรังสีเอกซ์ของแต่ละธาตุ เรียกว่า โฟโตพีค (photopeak) ซึ่งมีพื้นที่ของพีค (peak area) เป็นค่านับวัด (count) ของรังสีเอกซ์ ที่มีค่าแปรผันตามปริมาณธาตุในตัวอย่าง สเปกตรัมรังสีเอกซ์จำเพาะของธาตุในตัวอย่างกระดาษ ตามรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 สเปกตรัมรังสีเอกซ์จำเพาะของธาตุในตัวอย่างกระดาษ

ที่มา : <http://www.nst.or.th/article/article494/article49418.html>

2.10 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry

ลาวัลย์ ศรีพงษ์ (2552) , Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) เป็นหนึ่งในวิธีการ วิเคราะห์ธาตุ (elemental analysis) โดยหลักการของอะตอมมิกสเปกโทรสโกปี (atomic spectroscopy) ซึ่งวิธีเป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยกระบวนการคายพลังงานของอะตอม (atomic emission) กระบวนการของการวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP-MS เป็นการ ใช้พลังงานจากพลาสมา ในการยิงอิเล็กตรอนให้หลุดจากวงแหวนชนนอกของอะตอม ทำให้เกิดไอออนประจุบวกของสาร ตัวอย่าง ไอออนนี้จะถูกแยกและวัดด้วยเครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรง กับ ความเข้มข้นของตัวอย่าง

ICP เป็นแหล่งกำเนิดการกระตุ้นอุณหภูมิสูง ที่เกิดกระบวนการกำจัดตัวทำละลาย (desolvation) ออกจากสารละลายตัวอย่าง และระเหยสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปไอ (vaporization) ซึ่งไอของโมเลกุลเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นอะตอม (atomization) แล้วต่อมาเกิดการแตกตัว เป็น ไอออน (ionization) ซึ่งไอออนของตัวอย่างที่เกิดขึ้น สามารถตรวจวัดด้วยวิธีทางสเปกโทร - เมตริ สองชนิด คือ Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES) หรือ ที่เรียกว่า Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) ซึ่งทำการตรวจวัดความยาวคลื่นที่อะตอมคายพลังงานออกมาในรูปแสง และ วิธี ICP-MS ซึ่งทำการตรวจวัดไอโซโทป (isotopes) ของธาตุตามอัตราส่วนของมวลต่อประจุ (mass-to-charge ratio, m/e) ด้วยเครื่อง

แมสสเปกโตรมิเตอร์ เครื่องมือ ICP-MS ประกอบด้วย ระบบนำส่งตัวอย่าง (sample introduction system) แหล่งกำเนิดพลาสมา (plasma sources) รอยต่อ (interface) เครื่องวิเคราะห์มวล (mass analyzer) เครื่องตรวจวัดและบันทึกผล (detector and recorder)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP-MS การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ICP-MS นี้สำคัญต่อการนำส่งตัวอย่าง เข้าไปในพลาสมา ซึ่งส่วนใหญ่มีระบบนำส่งด้วยการพ่นฝอยสารละลาย ตัวอย่างที่เตรียมจึงควรละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งนิยมใช้สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย หรือสารละลาย กรดไนตริกเจือจาง เนื่องจากตัวทำละลายเหล่านี้มีสิ่งรบกวนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับตัวทำละลาย ตัวอื่นอาจใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก กรดเปอร์คลอริก กรด ผสม หรือใช้ความเข้มข้นหลาย ๆ ความเข้มข้นของกรดได้อาจใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเจือจาง แต่ต้องระวังด้านความปลอดภัยต่อผู้วิเคราะห์และมีการป้องกันเครื่องมือที่มีการใช้กรดตัวนี้ กรณีที่จำเป็นต้องละลายตัวอย่าง อาจใช้สารละลายต่างเจือจาง ตัวทำละลายอินทรีย์เจือจาง สารละลายผสมของกรดหรือด่าง หรือสารละลายผสมของตัวทำละลายอินทรีย์ได้ เพื่อป้องกันสิ่งรบกวนจากตัวทำละลาย ให้เติมสารมาตรฐานภายใน (internal standard) ที่เหมาะสม กรณีที่ความหนืดของตัวอย่างแตกต่างจากความหนืดของสารมาตรฐาน ให้ทำ matrix matching หรือเติมสารมาตรฐานภายในที่เหมาะสม โดยพิจารณาจาก สารตัวอย่างที่วิเคราะห์ พลังงานการแตกตัว ความยาวคลื่นหรือมวลสาร และ ธรรมชาติของเมทริกซ์ของตัวอย่าง เมื่อตัวอย่างไม่ละลายในตัวทำละลายใด ๆ ให้ใช้เทคนิคการย่อยชนิดต่าง ๆ เช่น การย่อยบนเตาเพลทร้อน (hot-plate digestion) หรือ การย่อยโดยใช้ไมโครเวฟช่วย (microwave assisted digestion) การย่อยมีทั้งการย่อยในภาชนะเปิดและการย่อยในภาชนะปิด การเลือกใช้วิธีใดขึ้นกับธรรมชาติของตัวอย่าง และความสนใจของผู้วิเคราะห์ การย่อยบนเตาเพลทร้อน หรือการย่อยในภาชนะเปิด ไม่สามารถใช้กับโลหะบางชนิดเนื่องจากระเหยได้เช่น ปรอท และ ซีลีเนียม ตัวทำละลายที่ใช้สำหรับ วิธี ICP-MS ต้องเป็นชนิดมีความบริสุทธิ์สูง (ultra-high purity) และน้ำปราศจากไอออนที่ใช้ต้องมีความต้านทานอย่างน้อย 18 megohm

การเตรียมสารมาตรฐาน 2 สารละลายมาตรฐานของธาตุเดี่ยวหรือหลายธาตุ อาจซื้อมาเพื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานทำงาน (working standard solution) โดยต้องมีความเข้มข้นที่สอบกลับไปยังสารมาตรฐานปฐมภูมิได้ เช่น สารมาตรฐานปฐมภูมิของ National Institute of Standards and Technology (NIST) นอกจากนี้สารละลายมาตรฐานของธาตุอาจเตรียมอย่างถูกต้องจากสารมาตรฐานและ มีการหาความเข้มข้นตามความเหมาะสม ควรทำ matrix matching ของสารตัวอย่าง สารมาตรฐาน และแบลงค์ ในกรณีที่ทำได้ ให้เติมสารมาตรฐานภายในที่เหมาะสม หรือใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีเติมสารมาตรฐาน (standard addition) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากการฉีดแบบเป็นลำดับสองถึงสามซ้ำของสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างให้เฉลี่ยเป็นผลเดี่ยว ความ

เข้มข้นของตัวอย่างคำนวณจากเส้นกราฟมาตรฐานที่สร้างโดยการพล็อตระหว่างการตอบสนองของเครื่องตรวจวัดกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน การวิเคราะห์ด้วยวิธีเติมสารมาตรฐาน จะทำในกรณีที่การรบกวนจากเมทริกซ์มีผลทำให้การวิเคราะห์ตัวอย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งทำโดยการเติมสารมาตรฐานทราบความเข้มข้นที่หลายระดับความเข้มข้น เข้าไปในสารละลายตัวอย่าง ทำการพล็อตระหว่างสัญญาณการตอบสนองของเครื่องมือกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติม ลากเส้นของเส้นตรงสมการถดถอยผ่านจุดของข้อมูล ค่าสัมบูรณ์ (absolute value) ของจุดตัดแกนนอน (x-intercept) คูณด้วยค่าแฟกเตอร์การเจือจาง (dilution factor) คือความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Antonini, J. M. (2003) , ได้ทำการศึกษาด้านระบาดวิทยา ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการเชื่อมหลายแห่ง โดยศึกษาระยะเวลาการสัมผัสและความเสี่ยงจากการประกอบอาชีพอื่น ๆ นอกเหนือจากควันการเชื่อมใกล้เคียง การศึกษาบางส่วนได้ดำเนินการในสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีการควบคุม ในสภาพการทำงานจริงและในห้องทดลองบางแห่ง โดยทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่า พบว่ามีผู้ป่วยเป็นจำนวนมากที่ปฏิบัติงานกับการเชื่อมบางประเภทมีอาการหายใจผิดปกติ ผลกระทบจากระบบทางเดินหายใจที่พบในช่วงเชื่อมที่ปฏิบัติงานแบบเต็มเวลา รวมถึงโรคหลอดลมอักเสบ การระคายเคืองทางเดินหายใจ พบความผิดปกติของปอดและการเพิ่มขึ้นของอุบัติการณ์ของโรคมะเร็งปอด การติดเชื้อในปอดมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาและความถี่ในการเชื่อม

Sferlazza, S. J. and W. S. Beckett (1991) ได้ศึกษาสุขภาพทางเดินหายใจของช่างเชื่อม โดยระบุว่าประเภทและจำนวนฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมและอาการทางระบบทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเชื่อม วัสดุที่ใช้สำหรับเชื่อม การระบายอากาศ และการป้องกันทางระบบทางเดินหายใจ

Lillienberg, L., et al. (2008) ได้ทำการศึกษาประชากรที่สัมผัสการเชื่อมในที่ทำงานและอาการทางระบบทางเดินหายใจ โดยได้ทำการสำรวจสุขภาพทางเดินหายใจของชุมชนยุโรปครั้งแรก (ECRHS I) ที่มีความเสี่ยงจากโรคหอบหืดมาก ที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับก๊าซและฝุ่นและฝุ่นทางชีวภาพที่สูง ในการศึกษาติดตามผลในระยะเวลา 9 ปี (ECRHS II) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาว่าการเชื่อมในที่ทำงานมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการหอบหืดและอาการห้อยหลอดลมอักเสบเรื้อรังหรือไม่ การศึกษายังมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยเสี่ยงในการเชื่อมแบบเฉพาะ กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มจากศูนย์ยุโรป 22 แห่งใน 10 ประเทศชาย 316 คน โดยให้บุคคลเหล่านี้ตอบแบบสอบถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับความถี่ของการเชื่อม วิธีการใช้และวัสดุต่างๆ สภาพแวดล้อมในการเชื่อม และการป้องกันทางเดิน สำหรับความชุกของอาการหอบหืดหรือโรคหอบหืดการหายใจไม่ออกและอาการ

หลอดลมอักเสบเรื้อรังที่สัมพันธ์กับวิธีการเชื่อมและวัสดุเชื่อมและการสะสมที่สะสม โดยประมาณ ควันเมื่อเทียบกับกลุ่มอ้างอิงภายนอก ในการศึกษาประชากร 316 เพศชาย 62% ทำการเชื่อม <1 ชั่วโมงต่อวัน, 23% 1-3 ชั่วโมงต่อวันและ 15% > 4 ชั่วโมงต่อวัน 1 การเชื่อมเป็นงานที่พบบ่อยในหลาย ๆ อาชีพและมีเพียง 7% ของคนที่เรียกตัวเองว่าช่างเชื่อม ขณะที่กลุ่มที่ใหญ่ที่สุดที่ทำงานเกี่ยวกับการเชื่อมทำงานในการก่อสร้างหรือเป็นช่างเครื่องกล โดยการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่าการเชื่อมในที่ทำงานไม่สัมพันธ์กับความชุกของโรคหอบหืด แต่มีความสัมพันธ์กับอาการหลอดลมอักเสบเรื้อรัง (PR = 1.33, 1.00-1.76) อาการหลอดลมอักเสบเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับเหล็กขูดสังกะสีหรือเหล็ก (PR = 2.14, 1.24-3.68) และในเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้บ่อยๆ (PR = 1.92, 1.00-3.66) สรุปผลการศึกษาในปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างการทำเชื่อมด้วยวัสดุสังกะสีและเหล็กกล้าไร้สนิมและอาการหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ยังมีความชุกการเชื่อมโลหะทาสีเพิ่มขึ้น ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมในวัสดุเคลือบเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการดำเนินการป้องกัน

B Quémerais¹, James Mino, M R Amin, H Golshahi และ H Izadi (2017) ได้ศึกษาลักษณะเฉพาะของฟุ้งจากการเชื่อมในการรับสัมผัสที่ตัวบุคคล โดยทำการพัฒนาวิธีการตรวจสอบลักษณะของอนุภาคในการเชื่อม โดยใช้ระบบเก็บรวบรวมที่พัฒนาขึ้น และได้ศึกษาการเชื่อม 2 ประเภท ประเภทแรกใช้ระบบเชื่อมหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ ประเภทที่สองใช้ระบบการเชื่อมด้วยมือ กลุ่มตัวอย่างได้รับการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะโดยใช้ X-Ray Photoelectron Spectroscopy เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบพื้นผิวของอนุภาคและ X-Ray Diffraction เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของฟุ้ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการเชื่อมแบบอัตโนมัติมีการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่มากเมื่อระบบเก็บรวบรวมอยู่ใกล้กับรอยเชื่อม ประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมพบว่าค่อนข้างแปรผันขึ้นกับชนิดของตัวกรอง ความเข้มข้นของโลหะใน Blank ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกรองที่มี MCE ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ XRD และ XPS แสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างฟุ้งจากการเชื่อมแบบผงได้

M. P. Cosgrove(2015) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดพังผืดในปอดและการสัมผัสกับฟุ้งจากการเชื่อมด้วยเหล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงลักษณะของการเกิดพังผืดในปอดเพื่อตอบสนองต่อการรับสัมผัสฟุ้งจากการเชื่อมด้วยเหล็กกล้า เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคตและเพื่อให้ทราบผลกระทบที่มีต่อปอดในพนักงานเชื่อม โดยฟุ้งที่เกิดจากการเชื่อมด้วยเหล็กอาจก่อให้เกิด bronchiolitis ในทางเดินหายใจซึ่งอาจพัฒนาเป็นก้อนที่ปอด แนวคิดนี้อาจอธิบายการทำงานของฟุ้งและการรับสัมผัสในระดับต่ำ และอาจอธิบายถึงความเสียหายที่เพิ่มขึ้นของโรคมะเร็งปอดในพนักงานเชื่อม ผลของการสัมผัสฟุ้งในการเชื่อมโลหะระดับสูงเป็นระยะเวลาสั้น ทำให้เกิดพังผืดปอดเช่นเดียวกับโรคหลอดลมอักเสบทางเดินหายใจ และพัฒนาไปสู่โรคปอดบวม

David M. Cate, Pavisara Nanthasurasak, Pornpak Riwkulkajorn, Christian L'Orange, Charles S. Henry, และ John Volckens (2014) ได้ศึกษาการตรวจจับโลหะในปมจากการเชื่อมโดยใช้กระดาษเป็นอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้กระดาษสำหรับการวิเคราะห์ ด้วยการใช้กระดาษไมโครพลูอิด (μ PAD) เพื่อวัดปริมาณโลหะในปมที่เกิดจากการเชื่อม คำนวณจากเทคนิคการเชื่อมสามแบบทั่วไป (ส่วนโค้งโลหะที่หุ้มโลหะป้องกันโลหะก๊าซเฉื่อยและการเชื่อมก๊าซเฉื่อยของทั้งสแตน) ถูกเก็บตัวอย่างในร้านเชื่อมสองแห่ง ความเข้มข้นของ Fe, Cu, Ni และ Cr ที่วัดด้วยกรวดได้และตรวจสอบโดยใช้สเปกโตรสโกปีแบบออปติคัลพลาสมา - อินพุท (ICP-OES) ผลลัพธ์จากเซนเซอร์ μ PAD สอดคล้องกับการวิเคราะห์ ICP-OES

Seleme, Dave Pooke (2016) ศึกษาเกี่ยวกับอาชีพส่วนบุคคลในการรับสัมผัสฝุ่นจากการเชื่อม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการสัมผัสฝุ่นของพนักงาน เพื่อเปรียบเทียบระดับการสัมผัสฝุ่นของการเชื่อม และเปรียบเทียบกับปริมาณการสัมผัสกับการทำงานสูงสุด (OEL) 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เพื่อระบุอาชีพที่สัมผัสมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าช่องทางหลักในการสัมผัสฝุ่นของงานเชื่อมจะถูกสูดดมเข้าระบบทางเดินหายใจ การสูดดมแบบเรื้อรังเป็นเวลานานที่ความเข้มข้นสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอาจทำให้เกิดโรคปอดและทางเดินหายใจ เช่น ไข้ปมโลหะ หลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคหอบหืดจากการทำงาน ความรุนแรงของการสัมผัสกับฝุ่นจะพิจารณาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ องค์ประกอบของลวดเชื่อม ชิ้นงานเชื่อม ประเภทของการเชื่อม ตำแหน่งของช่างเชื่อมและประสิทธิภาพของมาตรการควบคุมที่มีอยู่

Mohan, Sreejith, Sivapirakasam, S. P., Bineesh, P., Satpathy, K. K. (2014) ศึกษาวิธีการสำหรับการควบคุมฝุ่นจากการเชื่อมโลหะที่แหล่งกำเนิด จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักและองค์ประกอบของฝุ่นจากการเชื่อมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำความเข้าใจกลไกในการเกิดฝุ่น และการพัฒนาวิธีการควบคุมที่เหมาะสม วิจัยนี้ให้เกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อฝุ่นจากการเชื่อมและวิธีการในการควบคุมฝุ่น โดยจะมุ่งเน้นไปที่ประเภทของกระบวนการเชื่อม เช่น การเชื่อมโลหะแบบ MMAW, การเชื่อมโลหะแบบ SMAW การเชื่อมโลหะด้วยแก๊ส (GMAW), การเชื่อมอาร์คแบบ FCAW การเชื่อมแก๊สและทั้งสแตน (GTAW) และทำการพัฒนาวิธีการในการควบคุมฝุ่นขึ้น ซึ่งสามารถลดการสัมผัสกับควันได้อย่างมากโดยใช้ระบบระบายอากาศภายใน อย่างไรก็ตามต้องมีการดูแลรักษาอย่างถูกต้องสามารถลดฝุ่นจากการเชื่อมลงได้ โดยการเลือกส่วนผสมของแก๊สที่เหมาะสม สารผสมชนิดที่มีก๊าซออกซิไดซ์น้อยทำให้เกิดฝุ่นลดลงอย่างมาก อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวไม่สามารถใช้กับกระบวนการเชื่อมแบบ MMAW ฝุ่นจากการเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบพื้นฐานของโลหะและขั้วไฟฟ้า ปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้นเมื่อ

ความเสถียรลดลง อันเนื่องมาจากผลกระทบต่อศักยภาพของ ionization ของบรรยากาศ การเพิ่มวัสดุที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความเสถียรได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดฟุ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ

E. N. Korzhova, T. V. Stepanova, S. Lodousamba and A. N. Smagunova (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการหาค่าประกอบของอนุภาคแขวนลอยในงานเชื่อม เนื่องจากสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ที่มีอยู่ในส่วนประกอบที่เป็นของแข็งของละอองลอยจากเชื่อม (SCWA) มีลักษณะที่ซับซ้อน จากการวิเคราะห์หาค่าประกอบดังกล่าว วิธีการที่ง่ายที่สุดในการวิเคราะห์ SCWA และไม่ทำลายตัวอย่างของการวิเคราะห์ SCWA คือการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค X-Ray Fluorescence

OV Kuznetsova, LA Begunova, SV Romanenko and SA Solodsk (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดปริมาณฟุ้งโลหะจากงานเชื่อมโดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry เนื่องจากการวิเคราะห์สถานการณ์ด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการเชื่อมปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเชื่อมเกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของคุณภาพอากาศซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของพนักงานเชื่อม เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของโลหะในอากาศของพื้นที่ทำงาน ผลกระทบจากระบบทางเดินหายใจที่พบในพนักงานเชื่อม ได้แก่ โรคหลอดลมอักเสบ การระคายเคืองทางเดินหายใจ การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพของปอดและการเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดโรคมะเร็งปอด และทำการวิเคราะห์หาความเข้มข้นขององค์ประกอบโลหะจากฟุ้งที่เกิดขึ้นใช้วิธี X-Ray Fluorescence แต่วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ X-ray Fluorescence มีข้อได้เปรียบตรงที่จะไม่ทำลายตัวอย่าง

Nathan B. Fethke ; Thomas M. Peters ; Stephanie Leonard ; Mahmoud Metwali ; Imali A. Mudunkotuwa ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดการสัมผัสควันจากฟุ้งและการเชื่อมในการเชื่อมแบบประสาน โดยการเชื่อมตัวต่อแกนตัดกับเหล็กโครงสร้างในการก่อสร้างต้องใช้เวลาและทำทาง เป็นเวลานาน ทำให้พนักงานเชื่อมต้องสัมผัสกับอันตรายจากฟุ้ง ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสัมผัสฟุ้งจากการเชื่อมระหว่างการเชื่อมประสานแบบดั้งเดิมและการเชื่อมประสานตามทีออกแบบใหม่ ผู้ทำวิจัยได้ออกแบบให้มีการเชื่อมในตำแหน่งตั้งตรง และได้ทำการสำรวจปริมาณความเข้มข้นของฟุ้ง (จำนวนอนุภาคและมวล) การกระจายขนาดอนุภาคและองค์ประกอบของอนุภาค โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 30 คน ในการจำลองการเชื่อมแบบประสานในสถานที่ที่จำลองโดยใช้เทคนิคตั้งตรงทีออกแบบใหม่ ซึ่งทำทางในการเชื่อมตามทีออกแบบใหม่จะลดความโน้มเอียงของลำตัวและการทำงานของกล้ามเนื้อหลายมัด จากการศึกษาพบว่า การเชื่อมประสานตามทีออกแบบใหม่ซึ่งมีทำทางเชื่อมแบบตั้งตรง พบว่า จำนวนและปริมาณความเข้มข้นของฟุ้งลดลงอย่างมาก แม้ปริมาณความเข้มข้นของฟุ้งที่หายใจได้ทั้งหมดยังคงมากกว่าค่า TLV

พรรณี นันทะแสงและกาญจนา นาละพินธุ (2555) ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัญหาสุขภาพและสภาพแวดล้อมในการทำงานของช่างเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงพรรณนา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาสุขภาพและสภาพแวดล้อมในการทำงานของช่างเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า จำนวน 159 คน ในอำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู โดยใช้แบบสัมภาษณ์วิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นช่างเชื่อมทั้งหมดเป็นแรงงานนอกระบบ ผลการศึกษานี้บอกถึงปัญหาสุขภาพและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เป็นแรงงานนอกระบบในชุมชน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพ การควบคุมและป้องกันปัญหาสุขภาพ รวมถึงการป้องกันการบาดเจ็บจากการประกอบอาชีพ ปัญหาความไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการปฏิบัติงานของช่างเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าร่วมถึงการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม เพื่อลดปัญหาสุขภาพกลุ่มช่างเชื่อมโลหะและแรงงานนอกระบบกลุ่มอาชีพอื่น ๆ ในชุมชนต่อไป



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

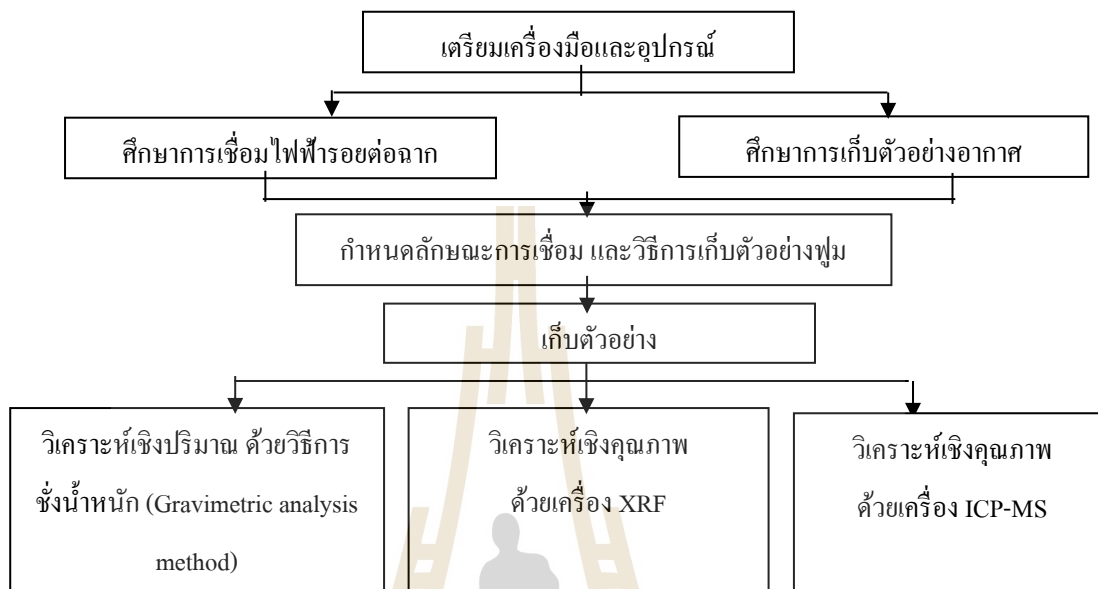
3.1 รูปแบบการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1) ศึกษาปริมาณฟุ้งที่ก่อกำเนิดจากกระบวนการเชื่อมแบบบรอยต่อจาก และ 2) ศึกษาองค์ประกอบธาตุที่ก่อกำเนิดจากกระบวนการเชื่อมที่ก่อกำเนิดจากกระบวนการเชื่อมแบบบรอยต่อจาก โดยกำหนดทำเชื่อมทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างเป็น 4 ท่า คือ ท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ ผู้เชื่อมผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานกลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1

3.2 สถานที่ทำการศึกษา

- อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6 (F6) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 9 (F9) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10 (F10) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- อาคารเครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 12 (F12) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 วิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

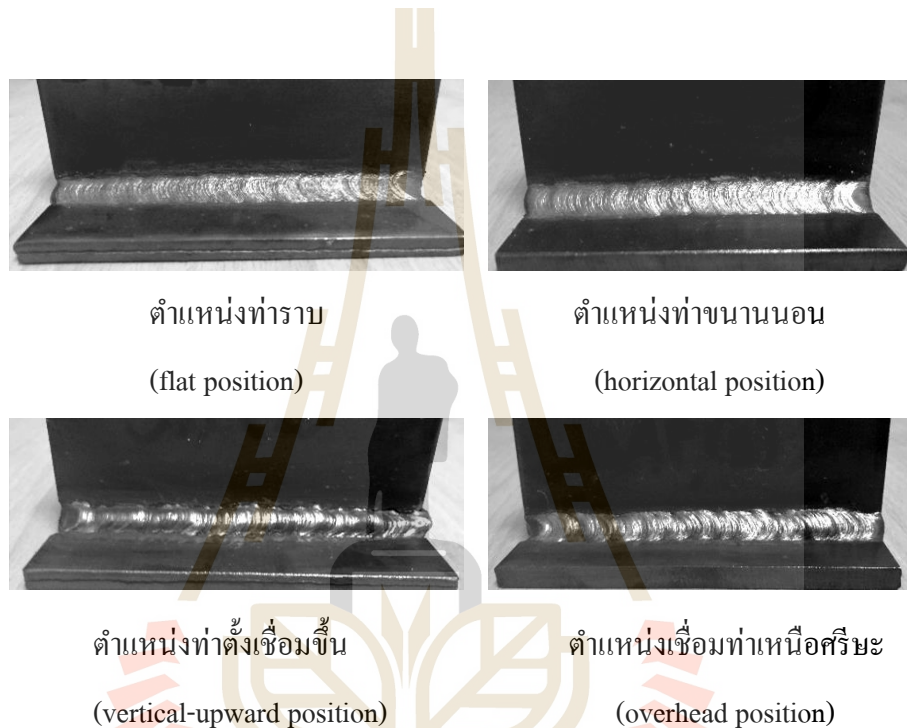
ตารางที่ 3.1 จำนวนการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตำแหน่งท่าเชื่อม	จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Gravimetric analysis method	วิเคราะห์ด้วย XRF		วิเคราะห์ด้วย ICP-MS**
		จำนวนธาตุที่วิเคราะห์*	จำนวนจุดที่วิเคราะห์	
ท่าราบ	3	8	9	3
ท่าขนานนอน	3	8	9	3
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	3	8	9	3
ท่าเหนือศีรษะ	3	8	9	3

*วิเคราะห์ธาตุ Iron, Copper, Zinc, Manganese, Nickel, Cadmium, Chromium และ Silver

**วิเคราะห์ธาตุ Iron, Copper, Zinc, Manganese, Nickel, Cadmium และ Chromium

การเตรียมการเชื่อมในการทดลองครั้งนี้ใช้ผู้เชื่อมที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงาน กลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1 จากกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถเชื่อมชิ้นงานให้มีคุณภาพตาม 4 ท่าเชื่อมมาตรฐานตามมาตรฐาน มาตรฐาน ISO6947 (2010) และตามมาตรฐาน AWS A3.0 Standard) ได้แก่ เชื่อมท่าราบ ทำขนานนอน ทำตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ ลักษณะรอยเชื่อมชิ้นงานเชื่อมเป็นไปตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการขึ้นงานเชื่อมที่เกิดจากตำแหน่งท่าเชื่อม

การวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดการเชื่อมเป็นการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ใช้ลวดเชื่อมชนิด E6013 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว (3.2 มิลลิเมตร) ตามรูปที่ 3.3 ซึ่งสามารถเชื่อมได้ทุกท่าและใช้กันแพร่หลายในปัจจุบันในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เหล็กที่ใช้เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 มีความหนา 6 มิลลิเมตร ลักษณะเป็นการเชื่อมรอยต่อจากหรือลักษณะเป็นรูปตัวที ตามรูปที่ 3.4 และใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินแนวเชื่อมแบบ AC90 แอมแปร์ ซึ่งได้จากการทดสอบความเหมาะสมของกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมทั้ง 4 ท่า ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมขึ้นอยู่กับลักษณะการเชื่อม

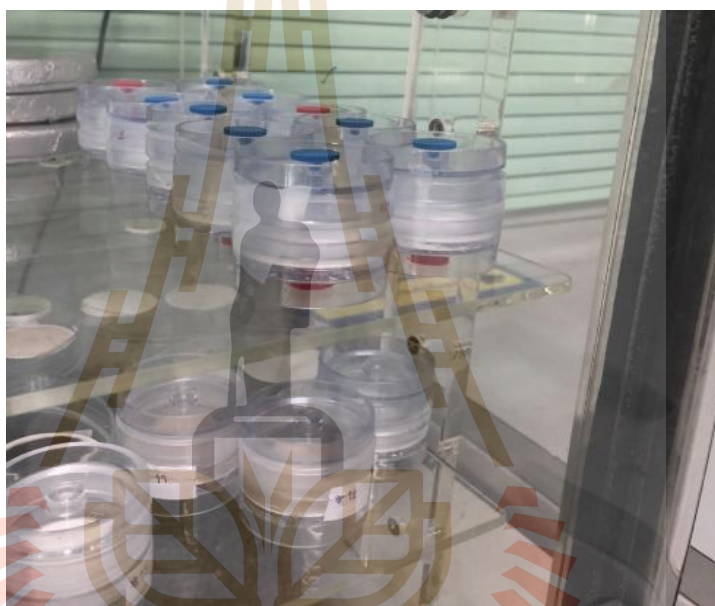


รูปที่ 3.3 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ใช้ลวดเชื่อมชนิด E6013



รูปที่ 3.4 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 มีความหนา 6 มิลลิเมตร
ลักษณะเป็นการเชื่อมต่อรอยฉาก

การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศจากงานเชื่อม เริ่มต้นจากนำกระดาษกรองชนิด Mixed cellulose ester (MCE) ที่มี pole size เท่ากับ 0.8 ไมครอนไปอบในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดาษกรองไปซังน้ำหนัก 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองหลังจากนั้นนำแผ่น Support pad ใต้อินตลับกรองชั้น Outlet ตามด้วยกระดาษกรองชนิด Mixed cellulose ester (MCE) แล้วประกอบตลับกรองเข้าด้วยกันเตรียมตลับกรองจำนวน 12 ตลับกรองสำหรับเก็บตัวอย่าง และ 3 ตลับกรอง สำหรับเก็บ Blank เตรียมไว้ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เตรียมตัวอย่างตลับกรองสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศ

ทำการปรับเทียบปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศชนิดติดตัวบุคคล (Personal air sampling pump) โดยตั้งอัตราการดูดอากาศประมาณ 3 L/min ลักษณะเครื่องมือการปรับเทียบตามรูปที่ 3.6 และการต่อตลับกรองกับเป็นปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศชนิดติดตัวบุคคล (Personal air sampling pump) เป็นไปตามรูปที่ 3.7

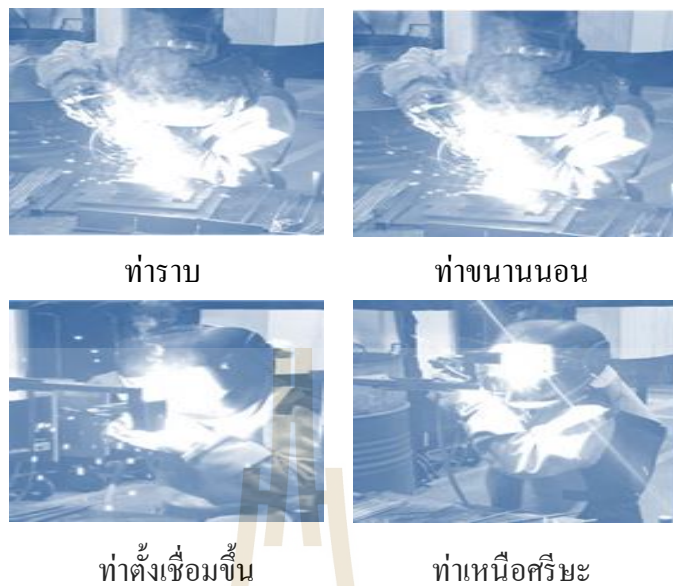


รูปที่ 3.6 เครื่องมือการปรับเทียบ Dry Calibration รุ่น Defender520



รูปที่ 3.7 การต่อคลังกรอกกับเป็นปั้มเก็บตัวอย่างอากาศ

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศของผู้เชื่อมตามตำแหน่งท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และ ท่าเหนือศีรษะ ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดยติดคลังกรอกบนหน้ากากเชื่อมจำลองบริเวณที่ผู้เชื่อมหายใจ ลักษณะตำแหน่งท่าเชื่อมเป็นไปตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะตำแหน่งทำเชื่อม

หลังจากเก็บ Bank ติดตั้งตลับกรองที่หน้ากากเชื่อมของผู้เชื่อมหรือบริเวณที่ใกล้จุ่มก ให้ผู้เชื่อมทำการเชื่อมเป็นเวลา 5 นาที สังเกตดูท่าทางการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่อาจมีผลกระทบต่อการใช้สัมผัสฟลูมโลหะ เมื่อครบระยะเวลาดำเนินการปิดเครื่องปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศชนิดติดตัวบุคคล และปิดจุกตลับกรองให้เรียบร้อย แล้วนำกระดวยกรองที่เก็บตัวอย่างแล้วไปอบในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วนำกระดวยกรองไปชั่งน้ำหนัก 3 ครั้ง แล้วคำนวณหาน้ำหนักเฉลี่ยตามรูปที่ 3.9 แล้วนำไปวิเคราะห์ผลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพตามลำดับ



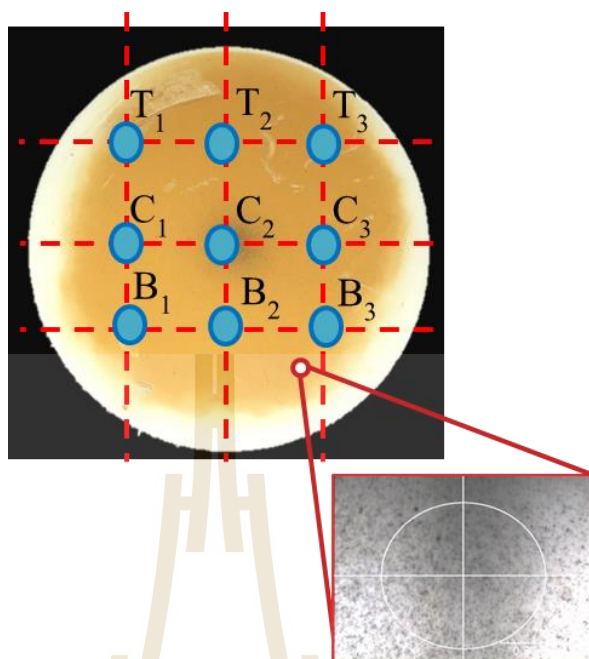
รูปที่ 3.9 ลักษณะการนำกระดวยกรองไปชั่งด้วยเครื่องชั่ง

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method) เป็นการประเมินผลแบบอนุภาครวม (Total Particulate) จะประเมินผลในกรณีที่มั่นใจว่าอนุภาคที่เกิดขึ้นจากงานเชื่อมไม่มีองค์ประกอบของโลหะออกไซด์ หรือโลหะที่มีความเป็นพิษสูง การประเมินผลแบบ Total Particulate จะนำแผ่นตัวกรองที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศแล้ว มาชั่งน้ำหนัก (Post – weight) และคำนวณหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคจากสูตร

$$C = \frac{(W2-W1) - (B2 - B1) \times 10^3}{V} \quad (3.1)$$

โดยที่	C	=	ความเข้มข้นของอนุภาครวม (Total Particulate) หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m ³)
	W1	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ชั่งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (Pre-Weight) หน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg)
	W2	=	น้ำหนักของตัวกรองที่ชั่งหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (Post-Weight) หน่วยเป็นมิลลิกรัม (mg)
	B1	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม (mg)
	B2	=	น้ำหนักของตัวกรองที่เป็น Bank หลังเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม (mg)
	V	=	ปริมาณอากาศที่เก็บตัวอย่าง หน่วยเป็น ลิตร (L)

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) เป็นการประเมินโดยพิจารณาองค์ประกอบของอนุภาคจากงานเชื่อมจะดำเนินการโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของอนุภาคจากงานเชื่อมว่าประกอบด้วยโลหะและสารประกอบโลหะ ซึ่งจะวิเคราะห์หาธาตุ Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium Chromium และ Silver ตาม NIOSH METHOD 7200 โดยจะทำการยิงรังสี 9 จุดบนกระดาษกรองแล้วมาหาค่าเฉลี่ย โดยแบ่งตำแหน่งตามภาพที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การแบ่งตำแหน่งการยิงรังสี 9 จุดบนกระดาษกรอง

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยเครื่อง Inductively coupled plasma - mass spectrometry (ICP-MS) เป็นการนำกระดาษกรองจากการเชื่อมในทุกท่ามาวิเคราะห์หลังจากที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) เรียบร้อยแล้ว โดยธาตุที่วิเคราะห์ (elemental analysis) ประกอบด้วย Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium และ Chromium

ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ 1. การเตรียมตัวอย่างโดยการย่อยกระดาษกรองโดยใช้ไมโครเวฟ (microwave assisted digestion) 2. การเตรียมสารมาตรฐาน และ 3. การวิเคราะห์โดยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS)

การเตรียมตัวอย่างโดยการย่อยกระดาษกรองโดยใช้ไมโครเวฟ (microwave assisted digestion) เริ่มต้นจากเตรียม 40% กรดไนตริก ($40\% \text{HNO}_3$) จาก 68% กรดไนตริก ($68\% \text{HNO}_3$) โดยคำนวณจากสมการที่ 3.2 โดยเติม 68% กรดไนตริก ปริมาตร 58.52 ml กับน้ำ DI Water-Deionized water ในขวดปรับปริมาตร 100 ml ได้ 40% กรดไนตริก และทำเตรียมการนำตัวอย่างที่ได้จากเก็บในตำแหน่งท่าเชื่อม โดยนำตัวอย่างในขวด Vessel แล้วเติม 40% กรดไนตริก ปริมาตร 6 ml และ 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ($30\% \text{H}_2\text{O}_2$) ปริมาตร 2 ml ที่ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ลักษณะการเติมสารเป็นไปตามรูปที่ 3.11 หลังจากนั้นนำไปประกอบเข้าเครื่องไมโครเวฟ (microwave assisted

digestion) ตามรูปที่ 3.12 โดยใช้พลังงานในการย่อย 1,000 w อุณหภูมิภายใน 175 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายนอก 98 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์ แล้วเริ่มเปิดเครื่องย่อย แล้วนำไปแช่ตู้เย็นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (3.2)$$

โดยที่	C_1	=	ความเข้มข้นของสารตั้งต้น
	V_1	=	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์
	C_2	=	ปริมาตรสารตั้งต้น
	V_2	=	ปริมาตรสารผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.11 การเตรียมตัวอย่างโดยการเติม 40% HNO_3 6 ml และ 30% H_2O_2 2 ml ในขวด Vessel



รูปที่ 3.12 การประกอบตัวอย่างในขวด Vessel เข้าเครื่องไมโครเวฟ

การเตรียมสารละลายมาตรฐานของธาตุหลายธาตุ(Mix standard) ตามที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบด้วย Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium และ Chromium จากความเข้มข้นที่ทราบแน่ชัด โดยทุกตัวที่เตรียมเป็นสารมาตรฐานปฐมภูมิที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm ผู้วิเคราะห์ได้ทำการเตรียมโดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการที่ 3.2 โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นเท่ากับ 100 ppb , 50 ppb , 30 ppb , 20 ppb , 10 ppb , 5 ppb และ 1 ppb โดยปรับปริมาตรโดยใช้ 2%HNO₃ ในขวดปรับปริมาตรเท่ากับ 100 ml ลักษณะการเตรียมตามรูปที่ 3.13

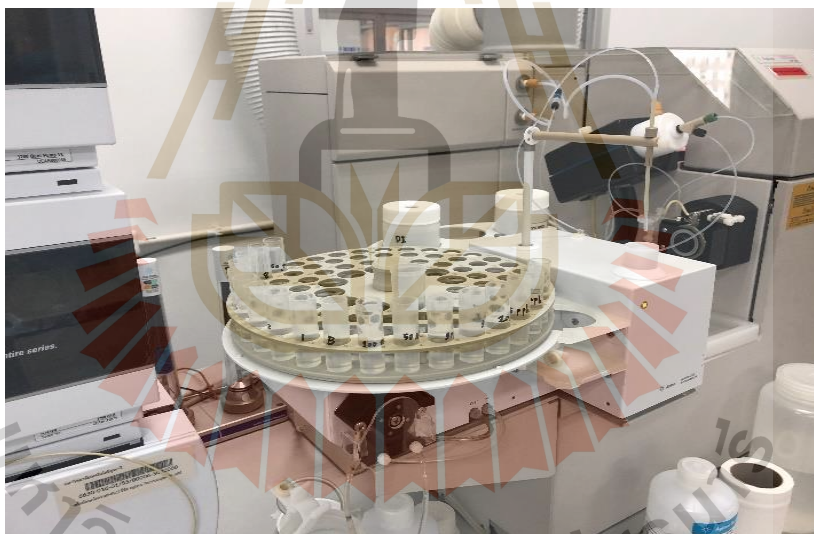


รูปที่ 3.13 สารละลายมาตรฐานของธาตุหลายธาตุ (Mix standard)

การวิเคราะห์โดยเครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) ตามรูปที่ 3.14 เติมสารมาตรฐาน (standard addition) และตัวอย่างที่เตรียมไว้ ใส่ขวด Vial ตามรูปที่ 3.15 แล้วกำหนด Method และ Sequence สำหรับการวิเคราะห์เป็นแบบ Water และใช้ ICP-MS Internal std Mix 100 ug/ml Bi , Ge , In , Li⁺ , Lu , Rh , Sc , Tb และ Matrix mix 10%HNO₃ โดยความเข้มข้นของตัวอย่างคำนวณจากเส้นกราฟมาตรฐานที่สร้างโดยการพล็อตระหว่างการตอบสนองของเครื่องตรวจวัดกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน เรียบร้อยแล้วจะได้ปริมาณฟลูออออกมาเป็นหน่วย ug/l หรือหน่วย ppm นำไปคำนวณและเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ELEMENTS by ICP 7303 (Hot Block/HCl/HNO₃ Digestion) NIOSH 7303



รูปที่ 3.14 เครื่อง Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS)



รูปที่ 3.15 สารมาตรฐาน (standard addition) และตัวอย่างที่เตรียมไว้ ใส่ขวด Vial เตรียมวิเคราะห์

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง ทางผู้วิจัยดำเนินการจัดทำแบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณา
ด้านจริยธรรมของการวิจัยในมนุษย์ โดยปัจจุบันได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
เลขที่เอกสาร EC-62-06

บทที่ 4

ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

บทนี้จะนำผลการศึกษาปริมาณฟุ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉาก ผลศึกษาองค์ประกอบธาตุที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมแบบรอยต่อฉากที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อมท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ

4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการเชื่อมต่อรอยฉากท่าเชื่อม

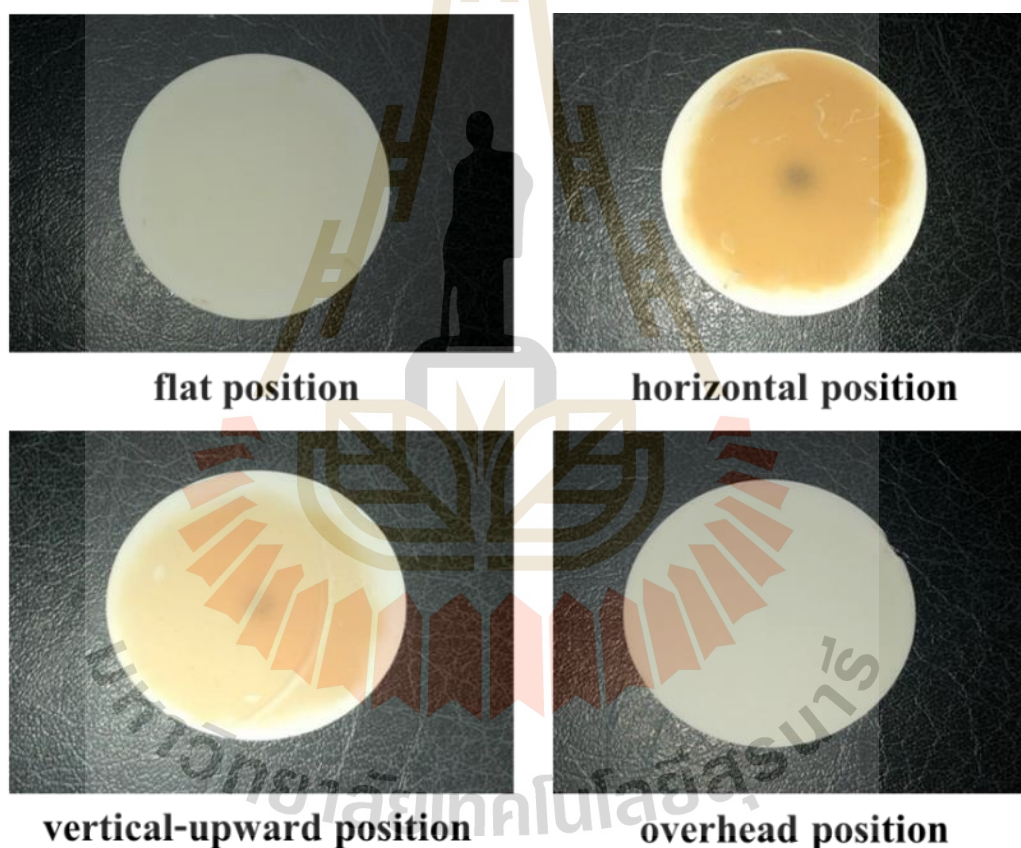
ผลการวิเคราะห์ลักษณะการเชื่อมต่อรอยฉาก โดยวิเคราะห์หาเวลาการเชื่อมจริง จากการจัดเวลาเพื่อหาเวลาปฏิบัติงานเชื่อมจริงของผู้เชื่อม ในลักษณะท่าทางต่าง ๆ 5 นาที ผลจากการวิเคราะห์หาเวลาการเชื่อมจริง เป็นไปตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์เวลาการเชื่อมจริงของตำแหน่งท่าเชื่อม

ท่าเชื่อม	เวลา Arc ลวดเชื่อมรวม (s)	เวลาที่ทำกิจกรรมอื่น (ไม่เชื่อม) (s)	เวลาเชื่อมจริง (s)	ระยะทางการเชื่อม (cm)
ท่าราบ	12.00	36.00	264.00	49.00
ท่าขนานนอน	13.00	37.00	250.00	47.50
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	0.00	39.00	261.00	37.50
ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ	0.00	52.00	248.00	39.00

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าทางการเชื่อม

ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าทางการเชื่อม จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method) เป็นการประเมินผลแบบอนุภาครวม (Total Particulate) โดยที่ห้องปรับเทียบปริมาณอนุภาคมีอุณหภูมิเท่ากับ 24 องศาเซลเซียส (297 K) ความดันบรรยากาศเท่ากับ 759.5 mmHg และอุณหภูมิ ณ สถานที่เก็บตัวอย่างเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส (306 K) ความดันบรรยากาศเท่ากับ 758 mmHg โดยลักษณะกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างโดยสังเกตด้วยตาเปล่าเป็นไปตามรูปที่ 4.1 และผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าทางต่าง ๆ เป็นไปตามตารางที่ 4.2 , 4.3 และรูปที่ 4.2



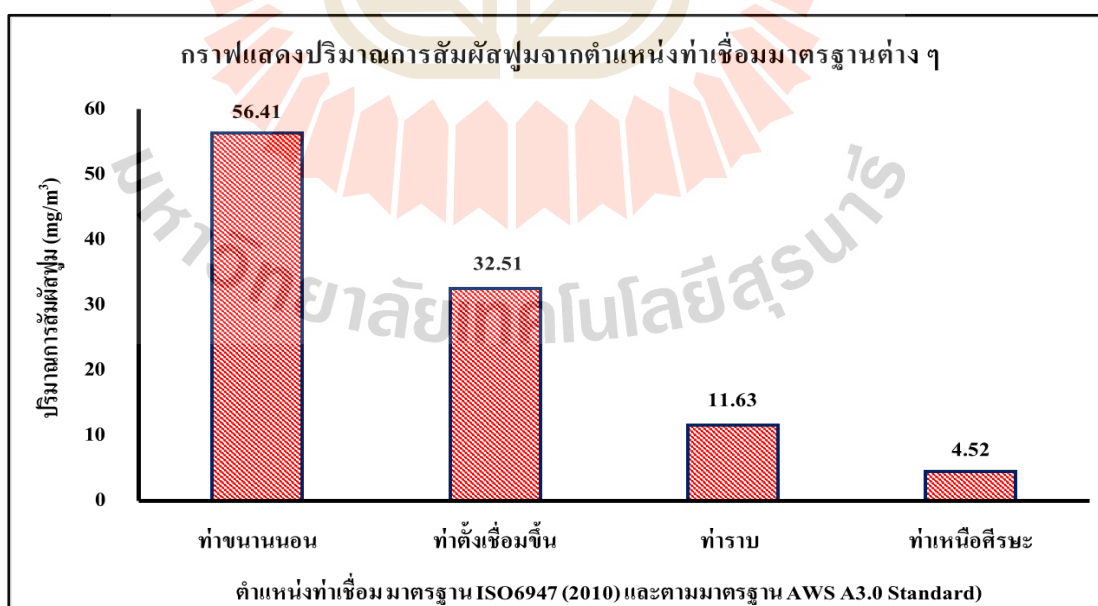
รูปที่ 4.1 กระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างโดยสังเกตด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม

ท่าเชื่อม	การเชื่อม	ลวดเชื่อม	เหล็กเชื่อม	กระแสไฟฟ้า	ปริมาตรอากาศ (L)	ค่าเฉลี่ยฟุ้ง (mg/m ³)
ท่าราบ	Arc	E6013 (1/8 นิ้ว)	JIS G3101 SS400 (6 mm.)	AC90	14.998	11.63
ท่าขนานนอน	Arc	E6013 (1/8 นิ้ว)	JIS G3101 SS400 (6 mm.)	AC90	14.998	56.41
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	Arc	E6013 (1/8 นิ้ว)	JIS G3101 SS400 (6 mm.)	AC90	14.998	32.52
ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ	Arc	E6013 (1/8 นิ้ว)	JIS G3101 SS400 (6 mm.)	AC90	14.998	4.52

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม

ท่าเชื่อม	ปริมาณความเข้มข้นฟุ้งโลหะ (mg/m ³)				
	n	ค่าเฉลี่ย	SD	Max	Min
ท่าราบ	3	11.63	6.08	19.78	4.52
ท่าขนานนอน	3	56.41	7.75	65.88	47.15
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	3	32.52	2.00	34.23	29.71
ท่าเชื่อมเหนือศีรษะ	3	4.52	1.40	6.46	3.23

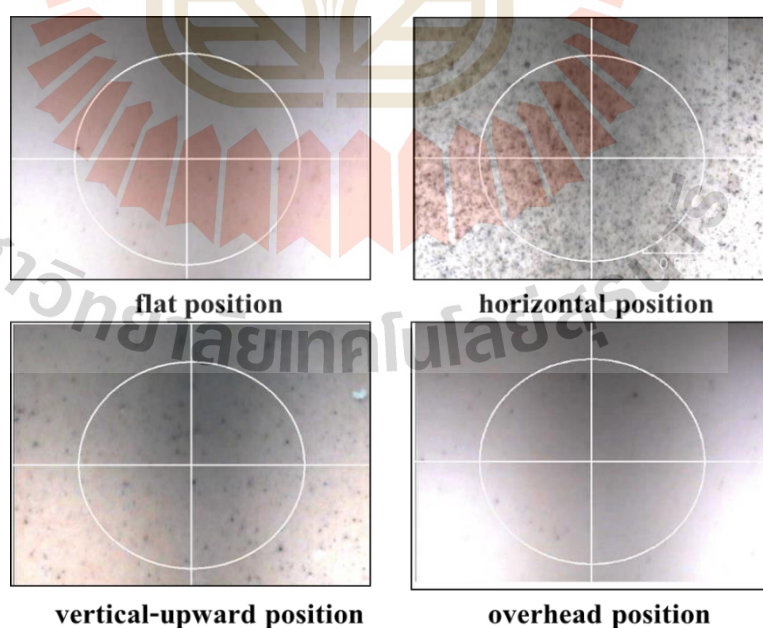


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการสัมผัสฟุ้งจากตำแหน่งท่าเชื่อม

จากรูปที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณการสัมผัสฝุ่นจากตำแหน่งท่าเชื่อมต่าง ๆ และตารางที่ 4.3 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะการสัมผัสฝุ่นตามตำแหน่งท่าเชื่อม จะสังเกตเห็นว่าปริมาณฝุ่นที่มากที่สุดเป็นการเชื่อมในตำแหน่งเชื่อมขนานนอน (56.41 mg/m^3) ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมยกขึ้น 45 องศา ทำให้ผู้เชื่อมมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นในปริมาณที่มากกว่าท่าเชื่อมอื่น รองลงมาเป็นการเชื่อมในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้น (32.51 mg/m^3) ตำแหน่งท่าราบ (11.63 mg/m^3) และการสัมผัสฝุ่นน้อยที่สุดพบในตำแหน่งเชื่อมท่าเหนือศีรษะ (4.52 mg/m^3) เพราะตำแหน่งชิ้นงานเชื่อมอยู่ในระดับเหนือศีรษะ ฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมจะลอยตัวสูงขึ้นตามอากาศร้อน ทำให้ผู้เชื่อมสัมผัสฝุ่นน้อยลงเมื่อเทียบกับท่าอื่น

4.4 ผลการตรวจวัดองค์ประกอบของฝุ่นโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อม

ผลการตรวจวัดองค์ประกอบของฝุ่นโลหะที่เกิดขึ้นจากท่าเชื่อมต่าง ๆ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) ซึ่งวิเคราะห์หาธาตุ Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium Chromium และ Silver ตาม NIOSH METHOD 7200 โดยจะทำการยิงรังสี 9 จุดบนกระดานกรองแล้วมาหาค่าเฉลี่ย โดยลักษณะฝุ่นจากกล้องของเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) เป็นไปตามรูปที่ 4.3 และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุเป็นไปตามตารางที่ 4.4 , 4.5 และรูปที่ 4.4



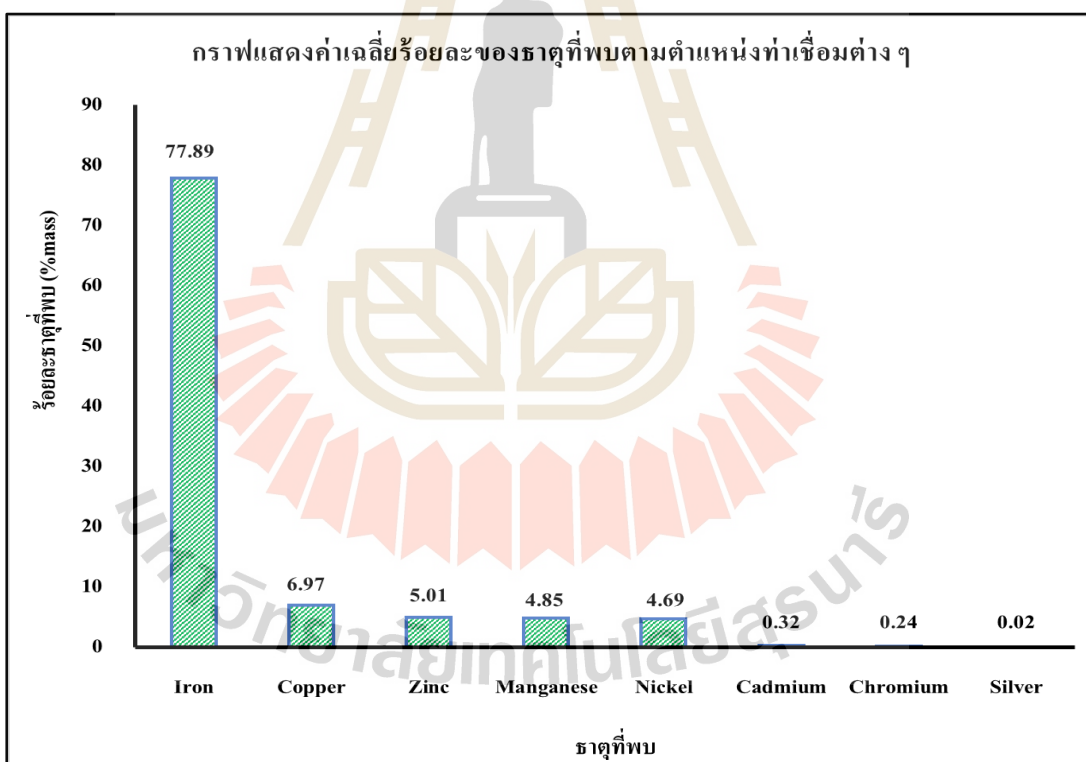
รูปที่ 4.3 ลักษณะฝุ่นจากกล้องของเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุจากท่าทางการเชื่อม

ท่าเชื่อม	ธาตุที่พบ	ผลการวิเคราะห์ (%mass)				
		n	ค่าเฉลี่ย	SD	Max	Min
ท่าราบ	Iron	27	75.44	10.54	90.15	50.82
	Copper	27	6.77	5.94	23.86	0.59
	Zinc	27	6.41	5.62	23.46	7.37
	Manganese	27	6.14	3.02	12.71	1.68
	Nickel	27	4.67	3.44	11.96	0.51
	Cadmium	27	0.7	0.58	2.24	0.00
	Chromium	27	0.12	0.29	1.13	0.00
	Silver	27	0.08	0.19	0.75	0.00
ท่าขนานนอน	Iron	27	89.26	4.15	92.15	74.35
	Copper	27	2.23	4.09	17.59	0.38
	Zinc	27	1.02	0.72	2.61	0.07
	Manganese	27	6.43	4.28	10.88	0.02
	Nickel	27	0.73	0.84	3.37	0.00
	Cadmium	27	0.25	0.05	0.13	0.13
	Chromium	27	0.07	0.05	0.14	0.01
	Silver	27	0.01	0.04	0.11	0.00
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	Iron	27	71.32	10.92	93.97	56.97
	Copper	27	10.44	6.45	22.22	0.01
	Zinc	27	7.55	5.35	16.45	0.53
	Manganese	27	3.15	1.62	5.23	0.35
	Nickel	27	6.42	3.39	13.24	0.00
	Cadmium	27	0.43	0.62	1.84	0.00
	Chromium	27	0.68	0.74	2.20	0.00
	Silver	27	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุจากท่าทางการเชื่อม (ต่อ)

ท่าเชื่อม	ธาตุที่พบ	ผลการวิเคราะห์ (%mass)				
		n	ค่าเฉลี่ย	SD	Max	Min
ท่าเหนือศีรษะ	Iron	27	75.55	8.27	88.60	61.92
	Copper	27	8.45	5.10	22.69	3.36
	Zinc	27	5.07	3.72	11.35	0.00
	Manganese	27	3.66	1.81	8.15	0.85
	Nickel	27	6.94	4.11	12.25	0.00
	Cadmium	27	0.23	0.29	0.87	0.00
	Chromium	27	0.10	0.28	0.95	0.00



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของธาตุที่พบตามลักษณะท่าเชื่อม

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของธาตุ

ธาตุที่พบ	ร้อยละธาตุที่พบ (% mass)				
	ทำราบ	ทำขนาน นอน	ทำตั้งเชื่อม ขึ้น	ทำเหนือ ศรีษะ	ค่าเฉลี่ย
Iron	75.44	89.26	71.32	75.55	77.89
Copper	6.77	2.23	10.44	8.45	6.97
Zinc	6.41	1.02	7.55	5.07	5.01
Manganese	6.14	6.43	3.15	3.66	4.85
Nickel	4.67	0.73	6.42	6.94	4.69
Cadmium	0.7	0.25	0.43	0.23	0.32
Chromium	0.12	0.07	0.68	0.10	0.24
Silver	0.08	0.01	0.00	0.00	0.02

จากภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของธาตุที่พบลักษณะท่าเชื่อมต่าง ๆ และจากตารางที่ 4.10 จะพบว่าแนวโน้มของค่าเฉลี่ยร้อยละธาตุที่พบมีลักษณะคล้ายกัน โดยธาตุที่พบมากที่สุดคือ Iron (77.89%) Copper (6.97%) Zinc (5.01%) Manganese (4.85%) Nickel (4.69%) Cadmium (0.32%) Chromium (0.24%) และ Silver (0.02%) ตามลำดับ

และจากการวิเคราะห์ปริมาณขององค์ประกอบของธาตุที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมโดยการย่อยกระดากกรงโดยใช้กรดไนตริก 40 เปอร์เซ็นต์ (40% HNO₃) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ (30% H₂O₂) ย่อยโดยใช้ Microwave digestion ที่พลังงาน 1,000 W อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส ความดัน 30 บาร์ และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ผลการวิเคราะห์ในหน่วย ug/l หรือ ppb เป็นไปตามตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของธาตุโดยเครื่อง ICP-MS ธาตุ Fe , Cu , Zn , Mn

ท่าเชื่อม	ค่าเฉลี่ย Fe		ค่าเฉลี่ย Cu		ค่าเฉลี่ย Ni		ค่าเฉลี่ย Zn	
	R	Conc. [ppb]	R	Conc. [ppb]	R	Conc. [ppb]	R	Conc. [ppb]
ท่าราบ	0.992	497.49	0.999	19.19	0.994	24.37	0.996	27.43
ท่าขนานนอน	0.992	5,455.03	0.999	93.74	0.994	34.57	0.996	732.06
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	0.992	970.27	0.999	24.40	0.994	12.05	0.996	146.72
ท่าเชื่อมเหนือศรีษะ	0.992	440.58	0.999	22.37	0.994	10.03	0.996	34.00
ค่าเฉลี่ยทุกท่า [ppb]	1,840.84		33.83		20.25		235.05	

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของธาตุโดยเครื่อง ICP-MS ธาตุ Ni , Cd และ Cr

ท่าเชื่อม	ค่าเฉลี่ย Mn		ค่าเฉลี่ย Cd		ค่าเฉลี่ย Cr		ค่าเฉลี่ยทุกธาตุ [ppb]
	R	Conc. [ppb]	R	Conc. [ppb]	R	Conc. [ppb]	
ท่าราบ	0.998	48.16	0.997	0.08	0.993	83.41	700.12
ท่าขนานนอน	0.998	56.51	0.997	0.15	0.993	87.59	6,459.67
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	0.998	49.86	0.997	0.09	0.993	80.86	1,284.25
ท่าเชื่อมเหนือศรีษะ	0.998	39.49	0.997	0.08	0.993	74.13	620.68
ค่าเฉลี่ยทุกท่า [ppb]	48.5		0.10		81.50		

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณขององค์ประกอบของธาตุที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม โดยเครื่องด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ตามตารางที่ 4.6 และ 4.7 โดยค่า R-Squared อยู่ในช่วง 0.992 - 0.998 พบว่าตำแหน่งท่าราบปริมาณองค์ประกอบของ Iron เท่ากับ 497.49 ppb , Copper เท่ากับ 19.19 ppb , Zinc เท่ากับ 27.43 ppb, Manganese เท่ากับ 48.16 ppb , Nickel เท่ากับ 24.37 ppb , Cadmium เท่ากับ 0.08 ppb, Chromium เท่ากับ 83.41 ppb ตามลำดับ ในตำแหน่งท่าขนานนอนปริมาณองค์ประกอบของ Iron เท่ากับ 5,455.03 ppb , Copper เท่ากับ 93.74 ppb , Zinc เท่ากับ 732.06 ppb, Manganese เท่ากับ 56.51 ppb ppb Nickel เท่ากับ 34.57 ppb , Cadmium เท่ากับ 0.15 ppb , Chromium เท่ากับ 87.59 ppb ตามลำดับ ในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้นปริมาณ องค์ประกอบของ Iron เท่ากับ 970.27 ppb , Copper เท่ากับ 24.40 ppb , Zinc เท่ากับ 146.72 ppb,

Manganese เท่ากับ 49.86 ppb , Nickel เท่ากับ 12.05 ppb , Cadmium เท่ากับ 0.09 ppb , Chromium เท่ากับ 80.86 ppb ตามลำดับ ในตำแหน่งท่าเหนือศรีษะปริมาณองค์ประกอบของ Iron เท่ากับ 440.58 ppb , Copper เท่ากับ 22.37 ppb , Zinc เท่ากับ 34.00 ppb, Manganese เท่ากับ 39.49 ppb , Nickel เท่ากับ 10.03 ppb , Cadmium เท่ากับ 0.08 ppb , Chromium เท่ากับ 74.13 ppb ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณขององค์ประกอบของธาตุที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม โดยเครื่อง ด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) โดยหาค่าเฉลี่ยรวมของทุก ธาตุที่วิเคราะห์ได้ยกเว้น Silver ค่าเฉลี่ยของตำแหน่งท่าเชื่อมคือ ท่าราบเท่ากับ 700.12 ppb ท่าขนาน นอนเท่ากับ 6,459.67 ppb ท่าตั้งเชื่อมขึ้นเท่ากับ 1,284.25 ppb ท่าเหนือศรีษะเท่ากับ 620.68 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method)

ผลการคำนวณปริมาณขององค์ประกอบของธาตุที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ในหน่วย mg/m^3 ผลการคำนวณและ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ELEMENTS by ICP 7303 (Hot Block/HCl/HNO₃ Digestion) NIOSH 7303 เป็นไปตามตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณปริมาณองค์ประกอบของธาตุจากกระบวนการเชื่อมใน หน่วย mg/m^3 และตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับให้สัมผัสได้ (Exposure Limit) ตามมาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) และตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตาม มาตรฐาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณปริมาณองค์ประกอบของธาตุจากกระบวนการเชื่อมใน

หน่วย mg/m^3

ธาตุ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุ (mg/m^3)				
	ท่าราบ	ท่าขนานนอน	ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	ท่าเหนือศรีษะ	ค่าเฉลี่ย
Fe	0.8025	8.8075	1.5650	0.7100	2.9700
Cu	0.0250	0.1450	0.0325	0.0300	0.0575
Ni	0.0350	0.0525	0.0150	0.0125	0.0300

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณปริมาณองค์ประกอบของธาตุจากกระบวนการเชื่อมใน
หน่วย mg/m^3 (ต่อ)

ธาตุ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุ (mg/m^3)				
	ทำราบ	ทำขนานนอน	ทำตั้งเชื่อมขึ้น	ทำเหนือศีรษะ	ค่าเฉลี่ย
Zn	0.0350	1.1750	0.2300	0.0475	0.3725
Mn	0.0750	0.0900	0.0800	0.0625	0.0775
Cd	0.0025	0.0000	0.0025	0.0025	0.0000
Cr	0.1325	0.1400	0.1300	0.1175	0.1300

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับให้สัมผัสได้ (Exposure Limit)
ตามมาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

มาตรฐาน	ค่ามาตรฐานและผลเปรียบเทียบ (mg/m^3)						
	Fe	Cu	Ni	Zn	Mn	Cd	Cr
ทำเชื่อม	10 (dust, fume)	0.1 (fume)	1	-	C 5	0.005	0.5
ทำราบ	0.8025 ผ่าน	0.0250 ผ่าน	0.0350 ผ่าน	0.0350 -	0.0750 ผ่าน	0.0025 ผ่าน	0.1325 ผ่าน
ทำขนานนอน	8.8075 ผ่าน	0.1450 ไม่ผ่าน	0.0525 ผ่าน	1.1750 -	0.0900 ผ่าน	0.0000 ผ่าน	0.1400 ผ่าน
ทำตั้งเชื่อมขึ้น	1.5650 ผ่าน	0.0325 ผ่าน	0.0150 ผ่าน	0.2300 -	0.0800 ผ่าน	0.0025 ผ่าน	0.1300 ผ่าน
ทำเชื่อมเหนือศีรษะ	0.7100 ผ่าน	0.0300 ผ่าน	0.0125 ผ่าน	0.0475 -	0.0625 ผ่าน	0.0025 ผ่าน	0.1175 ผ่าน
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	2.9700 ผ่าน	0.0575 ผ่าน	0.0300 ผ่าน	0.3725 -	0.0775 ผ่าน	0.0000 ผ่าน	0.1300 ผ่าน

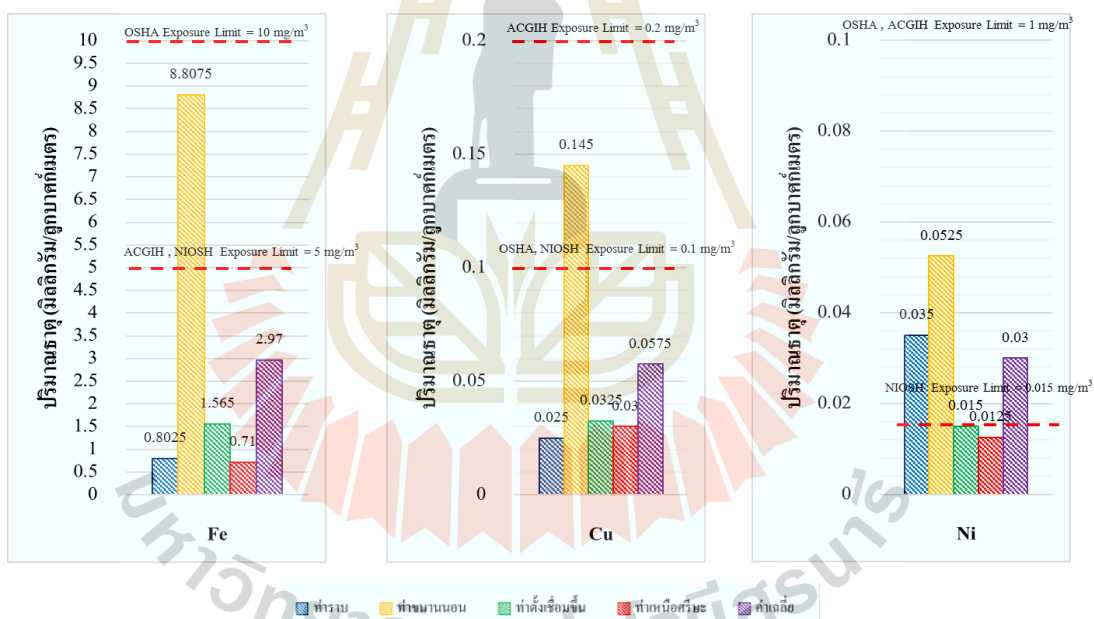
ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

มาตรฐาน	ค่ามาตรฐานและผลเปรียบเทียบ (mg/m ³)						
	Fe	Cu	Ni	Zn	Mn	Cd	Cr
ทำเชื่อม	5 (dust, fume)	0.1 (fume)	0.015	-	1	lowest feasible	0.01
ทำราบ	0.8025	0.0250	0.0350	0.0350	0.0750	0.0025	0.1325
	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ทำงานนอน	8.8075	0.1450	0.0525	1.1750	0.0900	0.0000	0.1400
	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ทำตั้งเชื่อมขึ้น	1.5650	0.0325	0.0150	0.2300	0.0800	0.0025	0.1300
	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ทำเชื่อมเหนือศีรษะ	0.7100	0.0300	0.0125	0.0475	0.0625	0.0025	0.1175
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	2.9700	0.0575	0.0300	0.3725	0.0775	0.0000	0.1300
	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน

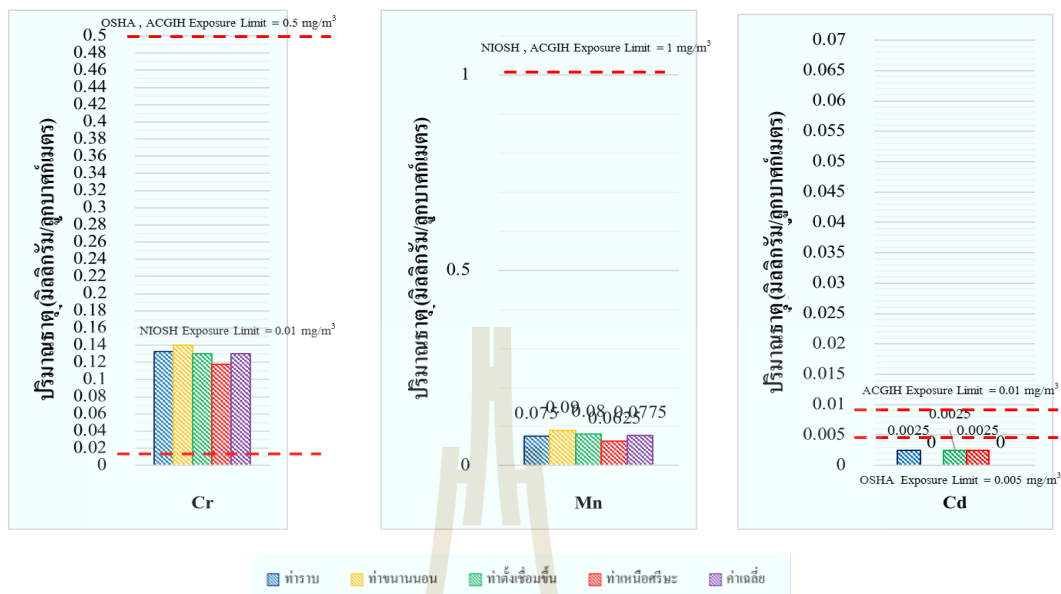
ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

มาตรฐาน	ค่ามาตรฐานและผลเปรียบเทียบ (mg/m ³)						
	Fe	Cu	Ni	Zn	Mn	Cd	Cr
ทำเชื่อม	5 (fume)	0.2 (fume)	1 (insoluble, metal)	-	1 (fume)	0.01	0.5
ทำราบ	0.8025	0.0250	0.0350	0.0350	0.0750	0.0025	0.1325
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ทำงานนอน	8.8075	0.1450	0.0525	1.1750	0.0900	0.0000	0.1400
	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ทำตั้งเชื่อมขึ้น	1.5650	0.0325	0.0150	0.2300	0.0800	0.0025	0.1300
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ทำเชื่อมเหนือศีรษะ	0.7100	0.0300	0.0125	0.0475	0.0625	0.0025	0.1175
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	2.9700	0.0575	0.0300	0.3725	0.0775	0.0000	0.1300
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	-	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

จากตารางที่ 4.8 และผลการเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลการเปรียบเทียบตามมาตรฐานตาม ตารางที่ 4.9 มาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) พบว่าธาตุที่ เกินมาตรฐานคือ Copper (0.1450 mg/m^3) ในตำแหน่งท่าเชื่อมทำงานานอน ตามตารางที่ 4.10 ตาม มาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) พบว่าธาตุที่เกิน มาตรฐานในตำแหน่งท่าราบคือ Nickel (0.0350 mg/m^3) และ Chromium (0.1325 mg/m^3) ตำแหน่ง ทำงานานอนที่เกินมาตรฐานประกอบด้วย Iron (0.1325 mg/m^3) Copper (0.1450 mg/m^3) Nickel (0.0525 mg/m^3) Chromium (0.1400 mg/m^3) ตามลำดับ ในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้นพบว่าธาตุที่เกิน มาตรฐานคือธาตุ Nickel (0.0150 mg/m^3) Chromium (0.1300 mg/m^3) ในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้น พบว่าธาตุที่เกินมาตรฐานคือธาตุ Chromium (0.1175 mg/m^3) และตารางที่ 4.11 ตามมาตรฐาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) พบว่าธาตุที่เกินค่า มาตรฐานคือ Iron (8.8075 mg/m^3) ในตำแหน่งทำงานานอน ตามรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบตามมาตรฐาน OSHA , NIOSH และ ACGIH ธาตุ Fe , Cu ,Ni



รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบตามมาตรฐาน OSHA , NIOSH และ ACGIH ธาตุ Cr, Mn ,Cd

4.5 ผลการตรวจวัดปริมาณฟุ้ง กับเวลาเชื่อมจริงของช่างเชื่อม

จากผลการวิเคราะห์เวลาการเชื่อมจริง เป็นไปตามตารางที่ 4.1 นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟุ้งที่เกิดขึ้นนั้น ผลของช่วงเวลาที่เชื่อมจริงของแต่ละท่าอยู่ในช่วง 4.13 ถึง 4.40 นาที โดยผลการเปรียบเทียบปริมาณฟุ้งและรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นในหนึ่งนาทีมีค่าดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การเปรียบเทียบปริมาณฟุ้งและระยะทางการเชื่อมที่เกิดขึ้นในหนึ่งนาที

ท่าเชื่อม	กระบวนการเชื่อม 5 นาที		ปริมาณฟุ้งที่เกิดขึ้น (mg/m ³)	เชื่อมจริง 1 นาที	
	ค่าเฉลี่ยเวลาการเชื่อมจริง (นาที)	ค่าเฉลี่ยเวลาไม่ได้เชื่อม (นาที)		ปริมาณฟุ้งที่เกิดขึ้น (mg/m ³)	ระยะทางการเชื่อม (cm)
ทำراب	4.40	0.60	11.63	2.64	11.14
ทำขนาบนอน	4.17	0.62	56.41	13.54	11.40
ทำคั่งเชื่อมซึน	4.35	0.65	32.52	7.48	8.62
ทำเชื่อมเหนือศรึษะ	4.13	0.87	4.52	1.09	9.44

จากตารางที่ 4.6 พบว่าในระยะเวลา 1 นาทีผู้เชื่อมต้องรับสัมผัสฝุ่นในปริมาณที่แตกต่างกัน และปริมาณการเชื่อมที่แตกต่างกันตามลักษณะท่าเชื่อมด้วย โดยผู้เชื่อมจะรับสัมผัสฝุ่นในปริมาณที่สูงที่สุดในตำแหน่งท่าเชื่อมขนานนอน โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฝุ่นในปริมาณเท่ากับ 13.54 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 11.14 เซนติเมตร รองลงมาเป็นท่าเชื่อมตั้งเชื่อมขึ้น โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฝุ่นในปริมาณเท่ากับ 7.48 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 8.62 เซนติเมตร รองลงมาคือท่าเชื่อมราบ โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฝุ่นในปริมาณเท่ากับ 2.64 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 11.14 เซนติเมตร และลำดับสุดท้ายลำดับสุดท้ายคือตำแหน่งท่าเหนือศีรษะ โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฝุ่นในปริมาณเท่ากับ 1.09 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 9.44 เซนติเมตร



บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลจากการศึกษาปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อรอยฉนวน โดยแบ่งท่าเชื่อมเป็น ท่าเชื่อมท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศและพิจารณาสภาพแวดล้อม และลักษณะการเชื่อม รวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุที่เกิดขึ้นจากการกระบวนการเชื่อมทั้ง 4 ท่า โดยใช้ลวดเชื่อม E6013 ขนาด 1/8 นิ้ว ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 (6 mm.) กระแสไฟฟ้า AC90 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณฟุ้งโดยวิธีวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟุ้งที่มากที่สุดเป็นการเชื่อมในตำแหน่งเชื่อมขนานนอน (56.41 mg/m^3) ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมยกขึ้น 45 องศา ทำให้ผู้เชื่อมมีโอกาสสัมผัสฟุ้งในปริมาณที่มากกว่าท่าเชื่อมอื่น รองลงมาเป็นการเชื่อมในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้น (32.51 mg/m^3) โดยลักษณะการเชื่อมในตำแหน่งดังกล่าวลักษณะควันจะลอยขึ้นตามอากาศ และตำแหน่งจะอยู่ตรงหน้าพอดี ใกล้กับบริเวณหน้าอกเชื่อมเมื่อเปรียบเทียบกับท่าเหนือศีรษะจึงมีโอกาสสัมผัสฟุ้งโลหะมากกว่า รองลงมาคือตำแหน่งท่าราบ (11.63 mg/m^3) โดยตำแหน่งท่าราบนี้ลักษณะชิ้นงานจะราบกับพื้นโต๊ะทำให้ลักษณะฟุ้งที่เกิดขึ้นจะปะทะบริเวณหน้าอกของผู้เชื่อม และการสัมผัสฟุ้งน้อยที่สุดพบในตำแหน่งเชื่อมท่าเหนือศีรษะ (4.52 mg/m^3) เพราะตำแหน่งชิ้นงานเชื่อมอยู่ในระดับเหนือศีรษะ ฟุ้งที่เกิดจากการเชื่อมจะลอยตัวสูงขึ้นตามอากาศร้อน ทำให้ผู้เชื่อมสัมผัสฟุ้งน้อยลงเมื่อเทียบกับท่าอื่น

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟุ้งโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อม

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยการตรวจวัดองค์ประกอบของฟุ้งโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อมต่าง ๆ ใช้วิธีการวิเคราะห์ X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) ซึ่งวิเคราะห์หาธาตุ Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium Chromium และ Silver ตาม NIOSH METHOD 7200 โดยจะทำการยิงรังสี 9 จุดบนกระดาดกรองแล้วมาหาค่าเฉลี่ยนั้น ผลการศึกษาพบว่าในปริมาณฟุ้งโลหะที่เกิดขึ้นมีส่วนผสมของโลหะที่เป็นธาตุที่พบมากที่สุดคือ ธาตุเหล็ก (Iron) ค่าเฉลี่ย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 77.89 ทองแดง(Copper) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 6.9 สังกะสี (Zinc) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 5.01 แมงกานีส (Manganese) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 4.85 นิกเกิล(Nickel) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 4.69 แคดเมียม(Cadmium) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 0.32 โครเมียม (Chromium) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 0.24 และเงิน(Silver) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเท่ากับ 0.02 ตามลำดับ องค์ประกอบของฟุ่มโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อมนั้นมีลักษณะที่เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน

5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของฟุ่มโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อมโดยเครื่อง

ICP-MS

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยการตรวจวัดองค์ประกอบของฟุ่มโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อมต่าง ๆ ใช้วิธีการวิเคราะห์ mass spectrometry (ICP-MS) ซึ่งวิเคราะห์หาธาตุ Iron Copper Zinc Manganese Nickel Cadmium และ Chromium ตามลำดับ โดยการย่อยกระดาษกรองโดยใช้ Microwave แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยตามท่าเชื่อม ผลการศึกษาพบว่าในปริมาณฟุ่มโลหะที่เกิดขึ้นมีส่วนผสมของโลหะที่เป็นธาตุที่พบมากที่สุดสามลำดับสอดคล้องกับ %mass จากเครื่อง X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) ค่าความสอดคล้อง R-Squared อยู่ในช่วง 0.992 - 0.998 โดยค่าเฉลี่ยของธาตุทุกท่ามากที่สุดคือ ธาตุเหล็ก(Iron) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,840.84 ppb และค่าเฉลี่ยของตำแหน่งท่าเชื่อมคือ ท่าราบเท่ากับ 700.12 ppb ท่าขนานนอนเท่ากับ 6,459.67 ppb ท่าตั้งเชื่อมขึ้นเท่ากับ 1,284.25 ppb ท่าเหนือศีรษะเท่ากับ 620.68 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method)

5.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณฟุ่มโลหะที่เกิดจากท่าเชื่อมโดยเครื่อง ICP-MS

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อคำนวณปริมาณขององค์ประกอบของธาตุที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) ในหน่วย mg/m^3 ผลการคำนวณและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ELEMENTS by ICP 7303 (Hot Block/HCl/HNO₃ Digestion) NIOSH 7303 พบว่าตามมาตรฐานของ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) พบว่าธาตุที่เกินมาตรฐานคือ Copper ($0.1450 \text{ mg}/\text{m}^3$) ในตำแหน่งท่าเชื่อมท่าขนานนอน ตามตารางที่ 4.10 ตามมาตรฐาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) พบว่าธาตุที่เกินมาตรฐานในตำแหน่งท่าราบคือ Nickel ($0.0350 \text{ mg}/\text{m}^3$) และ Chromium ($0.1325 \text{ mg}/\text{m}^3$) ตำแหน่งท่าขนานนอนที่เกินมาตรฐานประกอบด้วย Iron ($0.1325 \text{ mg}/\text{m}^3$) Copper ($0.1450 \text{ mg}/\text{m}^3$) Nickel ($0.0525 \text{ mg}/\text{m}^3$) Chromium ($0.1400 \text{ mg}/\text{m}^3$) ตามลำดับ ในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้นพบว่าธาตุที่เกินมาตรฐานคือธาตุ Nickel ($0.0150 \text{ mg}/\text{m}^3$) Chromium ($0.1300 \text{ mg}/\text{m}^3$) ในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้นพบว่าธาตุที่เกินมาตรฐานคือธาตุ Chromium ($0.1175 \text{ mg}/\text{m}^3$) ตามมาตรฐาน American Conference of Governmental Industrial Hygienists

(ACGIH) พบว่าธาตุที่เกินค่ามาตรฐานคือ Iron (8.8075 mg/m^3) ในตำแหน่งทำงานนอน โดยธาตุที่เกินนี้อยู่ในตำแหน่งทำงานนอน

5.1.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาการเชื่อมกับปริมาณฟุ้ง

จากการวิเคราะห์เพื่อหาเวลาที่แท้จริงในการเชื่อม โดยตัดกระบวนการที่ไม่เกี่ยวข้องออกและทำการการคำนวณเพื่อให้สอดคล้องกับระยะเวลา 1 นาที ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้เชื่อมต้องรับสัมผัสฟุ้งในปริมาณที่แตกต่างกันและระยะเวลาการเชื่อมที่แตกต่างกันตามลักษณะท่าเชื่อม โดยผู้เชื่อมจะรับสัมผัสฟุ้งในปริมาณที่สูงที่สุดในตำแหน่งท่าเชื่อมขนานนอน โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฟุ้งในปริมาณเท่ากับ 13.54 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 11.14 เซนติเมตร รองลงมาเป็นท่าเชื่อมตั้งเชื่อมขึ้น โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฟุ้งในปริมาณเท่ากับ 7.48 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 8.62 เซนติเมตร รองลงมาคือท่าเชื่อมราบ โดยใน 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฟุ้งในปริมาณเท่ากับ 2.64 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 11.14 เซนติเมตร และลำดับสุดท้ายคือตำแหน่งท่าเหนือศีรษะ โดยที่ 1 นาทีผู้เชื่อมต้องสัมผัสฟุ้งในปริมาณเท่ากับ 1.09 mg/m^3 ต่อรอยเชื่อม 9.44 เซนติเมตร ทำให้ระยะเวลาการเชื่อมที่เชื่อมได้ใน 1 นาทีของผู้เชื่อมที่มีความแตกต่างกันให้ปริมาณฟุ้งโลหะที่แตกต่างกันด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณฟุ้งของโลหะที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อรอยฉาก โดยแบ่งท่าเชื่อมเป็นท่าเชื่อมท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือศีรษะ โดยการเก็บตัวอย่างอากาศและพิจารณาสภาพแวดล้อม และลักษณะการเชื่อมนั้น มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

จากผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะเวลาการเชื่อมกับปริมาณฟุ้ง ในหนึ่งนาที สามารถระบุได้ว่าการเชื่อมต่อรอยฉาก โดยการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้ม ฟลักซ์ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ ท่าเชื่อมที่ให้ปริมาณฟุ้งสูงสุดคือท่าเชื่อมขนานนอน และน้อยที่สุดคือท่าเหนือศีรษะ ดังนั้นท่าเชื่อมจึงมีผลต่อการรับสัมผัสฟุ้งโลหะของผู้เชื่อม และผลการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงตำแหน่งท่าเชื่อมที่ก่อให้เกิดฟุ้งโลหะมากที่สุดด้วย ดังนั้นการพิจารณามาตรการด้านความปลอดภัยจึงมีความสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น การพิจารณาการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม เช่น หน้ากากเชื่อมชนิดเต็มหน้าป้องกันฟุ้ง การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่สำหรับดูดฟุ้งจากการเชื่อม (Exhaust Ventilation System) หรือจัดให้มีพัดลมระบายอากาศที่เพียงพอต่อการใช้งานในบริเวณที่มีการเชื่อม และมีการเปิดพัดลมระบายอากาศทุกครั้งที่มีการเชื่อม เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฟุ้งโลหะและฝุ่นในขณะปฏิบัติงาน เป็นต้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาในครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อศึกษาปริมาณของฟุ้งที่เกิดจากการเชื่อมต่อรอยจากตามตำแหน่งทำเชื่อมเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาลักษณะการเชื่อมในงานก่อสร้างในปัจจุบันที่มีหลายรูปแบบ รวมถึงชนิดของรอยเชื่อม (Type of welds) เช่น แนวเชื่อมสันนูน (Beal Weld) แนวเชื่อมร่อง (Groove Weld) แนวเชื่อมฉาก (Fillet Weld) แนวเชื่อมอุดรูหรืออุดร่อง (Plug or Slot Weld) เป็นต้น ควรมีการศึกษาผลกระทบของกระแสไฟฟ้าในการเกิดฟุ้งโลหะหรือการเชื่อมในกระบวนการอื่น เช่น กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding Process : SAW) กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม (Gas Metal Arc Welding Process : GMAW) กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเทนก๊าซคลุม (Gas Tungsten Arc Welding) กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซติลีน (The Oxy-acetylene Welding Process : OAW) หรือกระบวนการเชื่อมพลาสมา (Plasma Arc Welding : PAW) เป็นต้น หรือควรมีการศึกษาลดปริมาณฟุ้งให้สอดคล้องกับการเชื่อมที่มีคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อให้สามารถกำหนดเป็นขั้นตอนที่เป็นมาตรฐานในการเชื่อม ให้สอดคล้องกันไปเพื่องานที่มีคุณภาพและการรับสัมผัสฟุ้งน้อยที่สุดด้วย หรือควรมีการศึกษาทดลองเพิ่มเติมในการนำลวดเชื่อมแบบไร้ควันมาทดแทนลวดเชื่อมที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

- ชนันต์ แดงประไพ (2540). . การควบคุมอาคารสูง:โครงสร้างเหล็ก.ส่วนตำราสถับสนุนเทคนิค
อุตสาหกรรม.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). บริษัท ประชาชน จำกัด, 2540 น.127
- เชิดเชหลง ชิตชวนกิต และคณะ (2524). วิศวกรรมการเชื่อม , สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิค
ระหว่างประเทศ, น.452
- วีระ รัตนไชย (2538). งานเชื่อมโลหะเบื้องต้น:การเชื่อมด้วยก๊าซ. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
(มหาชน) . 2538 น.12-13
- พรรณี นันทะแสง, (2555). **Health problems and the working environmental of
ARC welding workers living in the municipality district of the Nongbualumpu
Province.** วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 5(3),น.21-30.
- ลาวัลย์ ศรีพงษ์, (2552). เทคนิค ICP-MS ในงานเภสัชวิเคราะห์. วารสารไทยเภสัชนิพนธ์,
4(3), น.1-19.
- Sferlazza, S. J. and W. S. Beckett (1991). " **The Respiratory Health of Welders1-3.**" Am Rev
Respir Dis 347: 143
- Antonini, J. M. (2003). **Health effects of welding. Critical reviews in toxicology,** 33(1), 61-103.
- B Quemerais, J. M. (2017) . **Detailed characterization of welding fumes in personal
exposuresamples.** IOPscience.
- Cosgrove, M. (2015). **Pulmonary Fibrosis and Exposure to Steel Weldinf Fume.** OXFORD
ACADAMIC, 706-712. .
- Lillienberg, L., Zock, J., Kromhout, H., Plana, E., Jarvis, D., Toren, K., & Kogevinas, M. (2008).
A population-based study on welding exposures at work and respiratory symptoms.
Annals of Occupational Hygiene, 52(2), 107-115
- Stacey, P., & Butler, O. (2008). **Performance of laboratories analysing welding fume on filter
samples: results from the WASP proficiency testing scheme.** Annals of Occupational
Hygiene, 52(4), 287-295.

- Stepanova, T., Ondar, U., Korzhova, E., Tolmacheva, V., & Smagunova, A. (2017). **Choice of optimum conditions of emitter preparation for X-ray fluorescence analysis of aerosols.** *Journal of Analytical Chemistry*, 72(2), 163-170.
- Berlinger, B., Benker, N., Weinbruch, S., LVov, B., Ebert, M., Koch, W., . . . Thomassen, Y. (2011). **Physicochemical characterisation of different welding aerosols.** *Analytical and bioanalytical chemistry*, 399(5), 1773-1780.
- David M. cate, P. N. (2014). **Rapid Detection of Transition Metals in Welding Fumes Using Paper-Based Analytical Devices.** *Annals of Occupational Hygiene*.
- E.N. Korzhova, T. S. (2017). **Monitoring of welding aerosol compositions (a review).** Springer, pp1420-1430.
- NIOSH. (1993, August). **Welding and Brazing Fume.** Retrieved from NIOSH METHOD 7200: <http://www.mdcampbell.com/niosh/pdfs/7200.pdf>
- O V Kuznetsova, L. A. (2018). **The Determination of Metals in Welding Fume by X-ray spectrometry.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
- Seleme, D.P. (2016). **Personal occupational exposure to total welding fume.** WIREdSpace
- Sreejith Mohan, S. S. (2014). **Strategies for Controlling Welding Fumes at the Source – A Review.** ResearchGate.
- A. Montaser and D. W. Golightly, eds. **Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry**, VCH Publishers, Inc., New York, 1992.
- Taylor HE. Instrumentation, In: Taylor HE, **Inductively coupled plasma-mass spectrometry: Practice and techniques.** 1st Ed. California : Academic Press, 2001: 29-90.



ภาคผนวก

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

กฤษดา เพ็งอารีย์ ,จنگล ศรีชร และพงษ์สิทธิ์ บุญรักษา.(2562). การศึกษาปริมาณการรับสัมพัทธ์ฟลูมที่เกิดจากท่าเชื่อมในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. พระนคร ครั้งที่ 4*, 31 พฤษภาคม 2562, หน้า 321 – 324.



บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหกรรมครั้งที่ 4

Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

การศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฟุ้งที่เกิดจากท่าเชื่อมในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ A study of fume exposure during welding position from shielded metal arc welding process

กฤษดา เพ็งอารีย์¹, จงกล ศรีธรรม² และ หงษ์สิทธิ์ บุญรักษา³

¹สาขาวิชาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 E-mail: kritsada@e.sut.ac.th

²สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

³สาขาวิชาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฟุ้งและองค์ประกอบของธาตุในฟุ้งที่เกิดจากระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ โดยทำการเชื่อมรอยต่อของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 ซึ่งเป็นการเชื่อมที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง โดยกำหนดให้ผู้เชื่อมที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานกลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1 ที่สามารถเชื่อมชิ้นงานที่เป็นมาตรฐาน ทำการเชื่อมชิ้นงานด้วยท่าเชื่อมมาตรฐาน 4 ท่า โดยทำการเชื่อมต่อเนื่องท่าละ 5 นาที ขณะเชื่อมทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล โดยติดตั้งกระดวยกรองที่บริเวณหน้าอกเชื่อมเพื่อบำบัดวิเคราะห์ปริมาณฟุ้งและองค์ประกอบของธาตุในฟุ้งที่ได้รับสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าปริมาณฟุ้งที่ผู้เชื่อมสัมผัสมากที่สุดเป็นการเชื่อมในตำแหน่งท่าเชื่อมขนานนอน (56.41 mg/m³) รองลงมาเป็นตำแหน่งที่ตั้งเชื่อมขึ้น (32.51 mg/m³) ตำแหน่งท่าราบ (11.63 mg/m³) และน้อยที่สุดในด้านหน้าเชื่อมท่าเหนือศีรษะ (4.52 mg/m³) โดยธาตุที่พบในฟุ้งมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ Iron (ร้อยละ 77.89) Copper (ร้อยละ 6.97) และ Zinc (ร้อยละ 5.01) ตามลำดับ

คำสำคัญ: การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์, ท่าเชื่อมมาตรฐาน

Abstract

This study is an experimental research in order to investigate fume exposure and fume's elements during welding position from a shielded metal arc welding of carbon steel (JIS G3101 SS400). The experiment was conducted by a welder passing the standard test industrial technician level 1 and the welding position was divided into 4 standard positions. For each position, the duration of welding was 5 minutes and a personal air sampling was collected at welder's breathing zone. The filters of air sampling were analyzed for fume concentrations

and elements. The results showed that the highest fume exposure occurred in the horizontal position (56.41 mg/m³) followed by the vertical-upward position (32.51 mg/m³), the flat position (11.63 mg/m³), and the lowest in overhead position (4.52 mg/m³). The top 3 elements found in the welding fume were Iron (77.89%), Copper (6.97%) and Zinc (5.01%).

Keyword : shielded metal arc welding process, welding position

1. บทนำ

กระบวนการเชื่อมในงานก่อสร้างที่แพร่หลายในปัจจุบันเป็นการเชื่อมประสานในลักษณะเป็นรอยต่อหรือรูปตัวที โดยใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 หรือบางแห่งนำโครงสร้างเส้นรีรูป ซึ่งเป็นงานโครงสร้างเหล็ก มาประกอบเป็นงานโครงสร้างที่เป็นเสาอาคาร โดยใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัว H สำหรับประเภทรับแรงดึง เหล็กรูปตัว L หรือ C สำหรับประเภทรับแรงดัด หรือ อาจจะใช้เหล็กโครงสร้างเป็นรูปตัว I โดยโครงสร้างเหล่านี้จะมีอุปกรณ์สำหรับยึดโครงสร้างเหล็ก คือ สลักเกลียว หมุด หมุดย้ำ รวมไปถึงกระบวนการประสานรอยต่อของเหล็กที่ต้องการสภาพเป็นข้อแข็งรับโมเมนต์ได้ คือ การเชื่อม (พินันต์แดงประ. 2540) [10] ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ช่างเชื่อมหรือผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อกับการเชื่อมต้องใช้เวลาในการเชื่อมชิ้นงานเป็นเวลานาน ซึ่งอาจได้รับอันตรายจากการรับสัมผัสฟุ้งที่เกิดจากการเชื่อม [2] งานวิจัยหลายชิ้นได้รายงานผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการสัมผัสฟุ้งเชื่อมโลหะ เช่น ความผิดปกติทางระบบทางเดินหายใจในช่วงเวลาการทำงาน โรคหลอดเลือดอัมพฤกษ์ ไข้โลหะ การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด ความไวต่อการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนบนและส่วนล่าง และการก่อให้เกิดมะเร็งปอด [2] [3] [5] [6] นอกจากนี้รายงานวิจัยของ Sferlatza and Beckett (1991) [1] ระบุว่าผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดในงานเชื่อมขึ้นอยู่กับประเภทของสาร

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

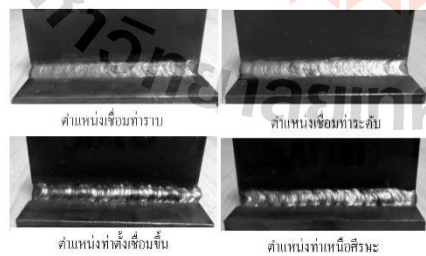
เชื่อม ปริมาณฟุ้งที่ลดขึ้น ระยะเวลาในการเชื่อม โลหะ วัสดุ การระบาย
 อากาศ และการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล งานวิจัยของ
 Cosgrove (2015) [4] ได้ระบุว่าการสัมผัสฟุ้งของเชื่อมขึ้นอยู่กับการป้องกัน
 หลายประการ ได้แก่ กระบวนการเชื่อม ลักษณะเฉพาะของสถานที่
 ทำงาน มาตรการป้องกันในกระบวนการเชื่อมโลหะ และ Berlinger et al.
 (2011) [8] พบว่าฟุ้งที่ลดขึ้นจากการเชื่อมโลหะมีส่วนผสมที่ซับซ้อน
 ของก๊าซโลหะและองค์ประกอบของสารประกอบอื่น ๆ โดยฟุ้งจะ
 ประกอบไปด้วยอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กในระดับไมครอนถึงนาโน
 เมตร

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปริมาณการรับสัมผัสฟุ้งที่เกิดจาก
 ท่าเชื่อมต่าง ๆ ในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมฟลักซ์และ
 ศึกษาองค์ประกอบธาตุของฟุ้งที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางการ
 พิจารณาความปลอดภัยสำหรับช่างเชื่อม

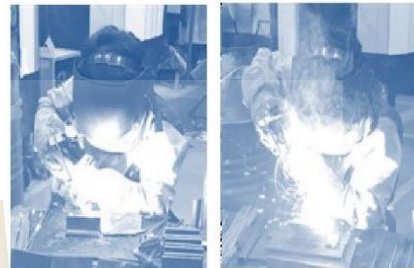
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการศึกษาและเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การทดลองครั้งนี้ใช้ผู้เชื่อมที่ผ่านการทดสอบมาตรฐานฝีมือ
 แรงงานกลุ่มช่างอุตสาหกรรมระดับ 1 จากกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
 เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถเชื่อมชิ้นงานให้มีคุณภาพตาม 4 ท่าเชื่อม
 มาตรฐาน ได้แก่ เชื่อมท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้น และท่าเหนือ
 ศีรษะ การเชื่อมครั้งนี้เป็นการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมฟลักซ์ใช้ลวด
 เชื่อมชนิด E6013 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว (3.2 มิลลิเมตร) ซึ่ง
 สามารถเชื่อมได้ทุกท่าและใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน เหล็กที่ใช้เป็น
 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ JIS G3101 SS400 มีความหนา 6 มิลลิเมตร และใช้
 กระแสไฟฟ้าในการเดินแนวเชื่อมแบบ AC90 แอมแปร์ ซึ่งได้จากการ
 ทดสอบความเหมาะสมของกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมทั้ง 4 ท่า ความเร็ว
 ในการเดินแนวเชื่อมอยู่ระหว่าง 8 -12 เซนติเมตรต่อนาที ขึ้นอยู่กับ
 ลักษณะการเชื่อม โดยลักษณะรอยเชื่อมและลักษณะท่าเชื่อมในแต่ละท่า
 แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ลักษณะรอยเชื่อมชิ้นงาน ตาม 4 ท่าเชื่อมมาตรฐาน



รูปที่ 2 ลักษณะการเชื่อมตัวอย่างเลข ตาม 4 ท่าเชื่อมมาตรฐาน

การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์การสัมผัสฟุ้งจากการ
 เชื่อม ดำเนินการโดยใช้กระดวยกรองชนิดเซลลูโลส (Mixed cellulose
 ester) ขนาด 37 มิลลิเมตร ที่ผ่านการดูดความชื้นแล้ว ติดตั้งในดัก
 กระดวยกรองแล้วนำดักกรองไปติดตั้งบริเวณหน้าอกเชื่อมของผู้เชื่อม
 ฟุ้งจากการเชื่อมจะถูกดูดผ่านกระดวยกรองด้วยอัตราการดูดอากาศ 3
 ลิตร/นาที โดยใช้ปั๊มดูดอากาศที่ผ่านการปรับเทียบอัตราการไหล การเก็บ
 ตัวอย่างอากาศใช้เวลา 5 นาทีต่อการเชื่อมแต่ละท่า และทำการเก็บ
 ตัวอย่าง Blank (ดักกระดวยกรองที่ไม่ได้เปิดปั๊มดูดอากาศ) จำนวน
 1 ตัวอย่างต่อ 1 ท่าเชื่อม เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพในการเก็บตัวอย่าง
 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ 3 ชั่วโมงต่อท่าเชื่อม กระดวยกรองที่ถูกเก็บ
 ตัวอย่างแล้วจะถูกล้างไปดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปล้าง
 ด้วยเครื่องซั่ง 6 ตำแหน่ง เพื่อคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของฟุ้งที่รับ
 สัมผัส และฟุ้งบนกระดวยกรองจะถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของ
 ธาตุที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมในแต่ละท่าเชื่อม

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

2.2 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมในตำแหน่งท่าเชื่อม ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยคาร์ชิ่งน้ำหนัก (Gravimetric analysis method) เป็นการนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บตัวอย่างอากาศ (Pre-Post-weight) และคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นจากสมการ(1)

$$C = \frac{(W2-W1) - (B2 - B1) \times 10^3}{V} \text{ (mg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

โดยที่ C คือ ความเข้มข้นของฝุ่นมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร W1 และ W2 คือน้ำหนักของกระดาษกรองที่ชั่งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (Pre-weight) และหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (Post-weight) ตามลำดับ ส่วน B1 และ B2 คือน้ำหนักของกระดาษกรองที่เป็น Blank ก่อนและหลังเก็บตัวอย่างอากาศตามลำดับ โดยหน่วยน้ำหนักของกระดาษกรองเป็นมิลลิกรัม และ V คือ ปริมาณอากาศที่เก็บตัวอย่าง หน่วยเป็น ลิตร (L) ซึ่งได้จากผลคูณของอัตราการดูดอากาศและระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

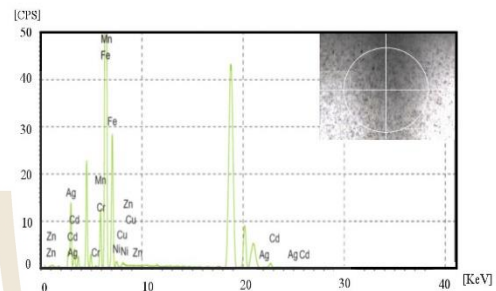
การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อม ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF) โดยทำการวิเคราะห์ 9 จุดบนกระดาษกรอง (บริเวณด้านบน กลาง และล่างของกระดาษกรองอย่างละ 3 จุด) แล้วหาค่าเฉลี่ยแสดงปริมาณเป็นร้อยละของธาตุที่พบในฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมในท่าต่าง ๆ

3. ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณการสัมผัสฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมของ 4 ท่าเชื่อมมาตรฐานแสดงดังตารางที่ 1 และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในฝุ่นแสดงดังภาพที่ 3 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมด้วยท่าเชื่อมต่าง ๆ (n=3)

ตำแหน่งท่าเชื่อม	ปริมาณการสัมผัสฝุ่น (mg/m ³)	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ท่าราบ	11.63	6.08
ท่าขนานนอน	56.41	7.65
ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	32.51	2.00
ท่าเหนือศีรษะ	4.52	1.40



รูปที่ 3 ตัวอย่างองค์ประกอบธาตุที่พบในฝุ่นจากการเชื่อม วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometer

ตารางที่ 2 ร้อยละของธาตุ (% mass) ที่พบในฝุ่นจากการเชื่อมด้วยท่าเชื่อมต่าง ๆ

ธาตุที่พบ	ร้อยละธาตุที่พบ (% mass)				
	ท่าราบ	ท่าขนานนอน	ท่าตั้งเชื่อมขึ้น	ท่าเหนือศีรษะ	ค่าเฉลี่ย
Iron	75.44	89.26	71.32	75.55	77.89
Copper	6.77	2.23	10.44	8.45	6.97
Zinc	6.41	1.02	7.55	5.07	5.01
Nickel	4.67	0.73	6.42	6.94	4.69
Manganese	6.14	6.43	3.15	3.66	4.85
Cadmium	0.7	0.25	0.43	0.23	0.32
Chromium	0.12	0.07	0.68	0.10	0.24
Silver	0.08	0.01	0.00	0.00	0.02

4. สรุป

ปริมาณฝุ่นที่ผู้เชื่อมสัมผัสมากที่สุดเป็นการเชื่อมในตำแหน่งเชื่อมขนานนอน (56.41 mg/m³) จากการวิเคราะห์ในตำแหน่งท่าขนานนอนดังกล่าว ลักษณะของชิ้นงานเชื่อมพองขึ้น 45 องศา ทำให้ผู้เชื่อมมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นในปริมาณที่มากกว่าท่าเชื่อมอื่น รองลงมาเป็นการเชื่อมในตำแหน่งท่าตั้งเชื่อมขึ้น (32.51 mg/m³) ตำแหน่งท่าราบ (11.63 mg/m³) และการสัมผัสฝุ่นน้อยที่สุดพบในตำแหน่งเชื่อมท่าเหนือศีรษะ (4.52 mg/m³) เพราะตำแหน่งชิ้นงานเชื่อมอยู่ในระดับเหนือศีรษะ ฝุ่นที่เกิดจากการเชื่อมจะลอยตัวสูงขึ้นไปตามอากาศร้อน ทำให้ผู้เชื่อมสัมผัสฝุ่นน้อยลงเมื่อเทียบกับท่าอื่น ดังนั้นตำแหน่งท่าเชื่อมชิ้นงานมีผลต่อการรับสัมผัสฝุ่นจากการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ และธาตุที่พบในฝุ่นมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ Iron (ร้อยละ 77.89) Copper (ร้อยละ 6.97) และ Zinc (ร้อยละ 5.01) ตามลำดับ โดยทุกท่าเชื่อมมีองค์ประกอบของธาตุใกล้เคียงกัน

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยบัณฑิตศึกษา
 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุน
 งบประมาณในการที่วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sferlazza, S. J. and W. S. Beckett (1991). "The Respiratory Health of Welders 1-3." Am Rev Respir Dis 347: 143
- [2] Antonini, J. M. (2003). Health effects of welding. Critical reviews in toxicology, 33(1), 61-103.
- [3] B Quemeris, J. M. (2017). Detailed characterization of welding fumes in personal exposuresamples. IOPscience.
- [4] Cosgrove, M. (2015). Pulmonary Fibrosis and Exposure to Steel Welding Fume. OXFORD ACADEMIC, 706-712.
- [5] Lillienberg, L., Zock, J., Kromhout, H., Plana, E., Jarvis, D., Toren, K., & Kogevinas, M. (2008). A population-based study on welding exposures at work and respiratory symptoms. Annals of Occupational Hygiene, 52(2), 107-115.
- [6] Stacey, P, & Butler, O. (2008). Performance of laboratories analysing welding fume on filter samples: results from the WASP proficiency testing scheme. Annals of Occupational Hygiene, 52(4), 287-295.
- [7] Stepanova, T., Ondar, U., Korzhova, E., Tolmacheva, V., & Smagunova, A. (2017). Choice of optimum conditions of emitter preparation for X-ray fluorescence analysis of aerosols. Journal of Analytical Chemistry, 72(2), 163-170.
- [8] Berlinger, B., Benker, N., Weinbruch, S., I.Vov, B., Ebert, M., Koch, W, . . . & Thomassen, Y. (2011) . Physicochemical characterisation of different welding aerosols. Analytical and bioanalytical chemistry, 399(5), 1773-1780.
- [9] เชิดพลิง ชิตชวนกิต และคณะ (2524). วิศวกรรมเครื่องกล, สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคแห่งประเทศไทย, น.452
- [10] ชนันต์ แดงประไพ (2540). การควบคุมอาคารสูง:โครงสร้างเหล็ก. ส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). บริษัท ประชาชน จำกัด. 2540 น.127
- [11] วีระรัตน์ ไทย (2538). งานเชื่อมโลหะเบื้องต้น. การเชื่อมด้วยก๊าซ. บริษัท ซีอีเคอชั่น จำกัด (มหาชน) . 2538 น.12-13
- [12] นพทร กู่ระชา และคณะ (2555). ผลกระทบของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อการเกิดควันตะองโลหะในกระบวนการเชื่อมเหล็กข้ออ้อย. งานประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม. 2555



นายกฤษดา เห่งอริย์
 นักศึกษาระดับปริญญาโท
 สาขาวิชาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
 สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จงกล ศรีธรรม
 อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
 สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



อาจารย์ ดร.พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา
 อาจารย์ประจำสาขาวิชาอาชีวอนามัย
 และความปลอดภัย
 สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นายกฤษฎา เฟื่องอารีย์ เกิดเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2535 ณ จังหวัดร้อยเอ็ด สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในปี 2554 และ สำเร็จระดับปริญญาตรี จากสาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ ในปี 2557 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพที่บริษัท รอยัล ปอร์เชน จำกัด (มหาชน) ต่อจากนั้นได้ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยสอนและวิจัย สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ที่สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ให้เกิดแรงจูงใจที่จะศึกษาต่อใน ระดับปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องโดย สาขาวิชาบริหารงานก่อสร้างและสาธารณสุขปโภคเป็นสาขาที่ยอมรับโดยทั่วไป อีกทั้งยังเป็นการ พัฒนาความรู้และความสามารถให้กับตนเอง สำหรับการเป็นผู้ช่วยสอนและวิจัยมาประยุกต์ใช้กับ งานวิจัยได้เป็นอย่างดี จากการทำวิจัยนี้ทำให้ผู้วิจัยมี ความรู้ และความเข้าใจทางด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัย และการนำไปใช้ด้านบริหารจัดการด้านความปลอดภัยในการก่อสร้างได้อีกด้วย และมีผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จำนวน 1 เรื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี