

การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมจากการพัฒนา
กระบวนการผลิตด้วยวิธีการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (FCAW)

��ชวาลัย์ ทิพย้งษ์ทอง

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ชัชวาลย์ ทิพย์วงษ์ทอง จบนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ)

คณะกรรมการสอบปากเปล่างานนิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ต้นติวรานุรักษ์)

..... กรรมการ
(ดร. ภาณุวัฒน์ คำนกลาง)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษางานนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท ซียูอีแอล จำกัด คุณสมศักดิ์ สาคร ผู้ช่วยด้านเทคนิค รวมไปถึงฝ่ายปฏิบัติการทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลการศึกษาการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง และทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูคุณเวทิตาแต่บุพการี บวรอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษา และประสบความสำเร็จมาจนตราบนานเท่านานนี้

ชัชวาลย์ ทิพย์วงษ์ทอง

56920944: สาขาวิชา: การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม; วศ.ม. (การจัดการพลังงานและ
สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต/ การเชื่อมฟลักซ์คอร์/ แท่งขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต/
แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

ชัชวาลย์ ทิพย์วงษ์ทอง: การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่ง
ขุดเจาะปิโตรเลียมจากการพัฒนากระบวนการผลิตด้วยวิธีการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (A STUDY ON
THE EFFECT OF CARCON FOOTPRINT CHANGE ON WELLHEAD PLATFORM
FABRICATION FROM DEVELOPMENT OF A FLUX-CORED ARC WELDING PROCESS.)
อาจารย์ผู้ควบคุมงานนิพนธ์: ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ, Ph.D., 52 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

การศึกษาผลของการพัฒนากระบวนการเชื่อมที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
จากวัฏจักรชีวิตของการผลิตแท่งขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษา
ครั้งนี้ เพื่อประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ ของงานเชื่อม ในการผลิตแท่งขุดเจาะปิโตรเลียมแบบ
หลุมผลิตในการเชื่อมแบบเดิม เปรียบเทียบกับการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) พบว่าผลการประเมิน
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขุดเจาะปิโตรเลียม ขนาด 1,258 ตัน ด้วยวิธีการประเมินแบบ Combined
IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ โดยใช้ emission factor ของวัตถุดิบหลัก คือ เหล็ก จากผลการศึกษา
LCA ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นแหล่งผลิตวัตถุดิบที่ใช้จริงของผลิตภัณฑ์นี้ พบว่า การเชื่อมแบบ
SMAW มีการปล่อย CO₂ สูงกว่า แบบ SMAW + FCAW เมื่อคิดประมาณการค่าร้อยละที่ลดลง
จะเห็นว่าลดลง 1.26% ซึ่งถือได้ว่า เป็นการปรับปรุงงานเชื่อมที่สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก
ให้กับสภาพแวดล้อมลงได้ แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าแนวทางหนึ่งที่ช่วยลด CO₂ ลงได้
ซึ่งเป็นแบบที่ควรเลือกใช้ในงานเชื่อม แท่งขุดเจาะปิโตรเลียม กับงบประมาณที่ต้องเสียแล้วคุ้มค่า
กว่า อาจจำเป็นต้องหาเทคโนโลยีตัวใหม่ แต่อาจมีข้อเสีย คือ ค่าเครื่องเชื่อมมีราคาค่อนข้างสูง
ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงคุณภาพ ระยะการบำรุงรักษาที่ยาวนาน ความชำนาญของบุคลากร
ในการเชื่อม และปริมาณความร้อนที่สะสม และปัจจัยอื่น ๆ ร่วม เพื่อสามารถเพิ่มโอกาสที่ดี
ในการเชื่อม และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ ทั้งนี้
หากเลือกใช้ Emission factor ของเหล็กที่ประเมินจาก IOA ของประเทศไทยพบว่า การปลดปล่อย
คาร์บอนไดออกไซด์จากวัฏจักรชีวิตของแท่งขุดเจาะสูงส่งกว่ามาก จะทำให้ผลงานวิจัยที่ได้มา
มีค่าคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงแนะนำให้เลือกใช้ค่า Emission factor จากแหล่งผลิตที่ตรงกับวัตถุดิบ
ที่ใช้จริง

56920944: MAJOR: MASTER OF ENGINEERING: M.Eng. (ENERGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)

KEYWORD: LIFE CYCLE ANALYSIS/ FLUX-CORED ARC WELDING PROCESS/ WELLHEAD PLATFORM/ INPUT OUTPUT ANALYSIS

CHATCHAWAN THIPWONGTHONG: A STUDY ON THE EFFECT OF CARBON FOOTPRINT CHANGE ON WELLHEAD PLATFORM FABRICATION FROM DEVELOPMENT OF A FLUX-CORED ARC WELDING PROCESS. ADVISORY COMMITTEE: PAWINEE SUKSUNTORN SIRI, Ph.D., 52 P. 2018.

This study is about the development of welding which has an effect of carbon dioxide emission from the wellhead platform fabrication of a flux-cored arc welding process. The purpose of this study was to evaluate the amount of CO₂ emission of welding process in the wellhead platform fabrication by comparing former welding method with flux-cored arc welding process (FCAW). From the evaluation of carbon footprint of the wellhead platform fabrication in the size of 1,258 tons using combined IOA-PCA evaluation for emitting CO₂ using steel from the study of LCA in Japan as emission factor, it was found that in the SMAW welding process, more CO₂ was emitted than SMAW + FCAW welding process. When calculating the reduction percentage, it was 1.26% lower. It also showed that this is another way to reduce CO₂ which should be selected to use in welding process of the wellhead platform fabrication. Considering the cost, it should be worthy to get new technology. There might be a weakness as a welding machine has a fairly high price. For this reason, it is necessary to consider quality, long term maintenance, skill of the welding staff, accumulative heat, and other factors to increase good chance of welding and the effectiveness in reducing the amount of CO₂ emission. However, the development of welding which can reduce the amount of CO₂ emission in the environment by evaluating carbon footprint of steel from Japan as emission factor, which is the material used in the actual case. If we had used the data that assess from IOA table of steel in Thailand as emission factor in the calculation while the emission factor parameter is much higher, the result would have had high discrepancy. Therefore, we would like to recommend Japanese steel rather than Thai steel.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
แผนการดำเนินงาน.....	6
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.....	7
การวิเคราะห์ระบบพลังงาน.....	8
การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.....	9
การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิล.....	11
กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน.....	12
แทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต.....	13
กระบวนการผลิตแทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต.....	14
กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพงานเชื่อม แทนแบบหลุมผลิต.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	19
ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	19
วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
กำหนดหน่วยการทำงาน.....	19
การกำหนดขอบเขตและผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา.....	21
กระบวนการผลิตแทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต.....	21
แผนผังกระบวนการผลิตแทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบมีการเชื่อมฟลักซ์คอร์ มาช่วยเพิ่มผลผลิต.....	27
แผนผังกระบวนการผลิตแทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบมีการเชื่อมไฟฟ้าด้วย ลวดเชื่อม.....	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	30
การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์.....	31
การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ 2 กระบวนการผลิต.....	40
4 ผลการศึกษาการดำเนินงาน.....	41
ผลการศึกษา.....	41
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	47
สรุปผลการศึกษา.....	47
ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงสำหรับผลการศึกษา.....	48
ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงสำหรับผลการปล่อย CO ₂	48
บรรณานุกรม.....	49
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	6
3-1	ข้อมูลทรัพยากรและบริการที่ใช้ในการผลิตแทนชุดเจาะปิโตรเลียม.....	30
3-2	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการเตรียมชิ้นงาน.....	32
3-3	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการประกอบและติดตั้ง.....	33
3-4	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการเชื่อม.....	34
3-5	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการทำสี.....	35
3-6	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการขนส่ง.....	36
3-7	Emission factor ของวัตถุดิบที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น.....	37
3-8	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ของเหล็ก จาก Emission factor ของประเทศญี่ปุ่น และประเทศไทย.....	37
3-9	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีใน กระบวนการเชื่อม SMAW+FCAW.....	38
3-10	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีใน กระบวนการเชื่อม SMAW.....	38
3-11	เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจี ในกระบวนการเชื่อม แบบ SMAW+FCAW กับแบบ SMAW.....	39
3-12	ข้อมูลเครื่องจักร อุปกรณ์ อาคารและที่ดิน.....	40
4-1	วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA โดยใช้ Emission factor จากเหล็ก ประเทศญี่ปุ่น.....	44
4-2	ปริมาณการปล่อย CO ₂ ของเหล็กในกระบวนการผลิต.....	45

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 กรอบการดำเนินงาน LCA จากอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040.....	8
2-2 แบบจำลองของระบบ TES อนุกรมมาตรฐาน ISO 13602.....	9
2-3 การประเมินของวิธี PCA และ IOA.....	11
2-4 แท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต.....	14
2-5 อุปกรณ์การเชื่อมด้วยไฟฟ้า.....	16
2-6 อุปกรณ์การเชื่อมด้วยฟลักซ์คอร์.....	18
3-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	20
3-2 Conductor guide frame.....	22
3-3 Jacket และ Pile.....	23
3-4 Riser และ Riser clamp.....	24
3-5 Mudmat.....	25
3-6 เส้นทางการกระบวนการในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (SMAW+FCAW).....	28
3-7 เส้นทางการกระบวนการในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (SMAW).....	29
4-1 ปริมาณการปล่อย CO ₂ ทางอ้อมในทุกกระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม.....	42
4-2 ปริมาณการปล่อย CO ₂ ทางตรงในทุกกระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม.....	43
4-3 ปริมาณการปล่อย CO ₂ ทางอ้อม ทางตรงและทางอ้อม โดย Capital input ในทุกกระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม.....	45

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United nation framework convention on climate change: UNFCCC) ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ไม่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases: GHG) ทั้งนี้จากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 350.68 MtCO₂e (ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) เมื่อพิจารณาปริมาณการดูดกลับในภาค AFOLU เท่ากับ 122.95 MtCO₂e ส่งผลให้ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 227.73 MtCO₂e โดยภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 256.44 MtCO₂e หรือเป็นคิดร้อยละ 73.13 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมา คือ ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 55.71 MtCO₂e คิดเป็นร้อยละ 15.89 สำหรับภาคที่มีการปล่อยเป็นอันดับที่ 3 ได้แก่ ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มีการปล่อยเท่ากับ 33.50 MtCO₂e คิดเป็นร้อยละ 9.55 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ ส่วนภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด คือ ภาคการจัดการของเสีย โดยมีการปล่อยเท่ากับ 5.03 MtCO₂e หรือเท่ากับร้อยละ 1.43 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์การมหาชน, 2557)

ทั้งนี้จะเห็นว่าปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำเป็นต้องให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ จึงได้มีการวางแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2556-2593) รวมถึงยุทธศาสตร์ การพัฒนาประเทศ (Country strategy) ของรัฐบาล นโยบายรายสาขา ซึ่งมีหลายนโยบายเกี่ยวข้องกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ร้อยละ 25 ในอีก 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) แผนแม่บทการพัฒนาระบบ การขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ. 2556-2559) และยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ด้านการเกษตร พ.ศ. 2556-2559 ซึ่งแต่ละนโยบายมีรายละเอียดคร่าว ๆ เกี่ยวกับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มูลนิธิธนโยบายสุขภาพ, 2557)

สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีปัญหาในการผลิตก๊าซเรือนกระจก ก็คือ อุตสาหกรรมในกลุ่มการผลิตปิโตรเคมี ไม่ว่าจะเป็นแหล่งก๊าซธรรมชาติ แหล่งน้ำมันดิบ ทั้งน้ำมันบนบก และน้ำมันดิบนอกชายฝั่ง (บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน), 2557) ทั้งนี้ ก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้จากอ่าวไทยที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับรองรับการเจริญเติบโตและการขยายตัวของอุตสาหกรรมในประเทศ แต่เนื่องจากแหล่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตของแหล่งที่มีปริมาณสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานสำหรับการขายก๊าซธรรมชาติ (23% CO₂) จะต้องมีการแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนที่เกินออกก่อนที่จะส่งขายผ่านท่อก๊าซ

ในการเจาะหลุมสำรวจ/ ประเมินปิโตรเลียมการผลิตปิโตรเลียม จะมีผู้รับสัมปทานในการขุดเจาะ โดยได้มีการติดตั้งแท่นและอุปกรณ์การผลิต รวมถึงขุดเจาะหลุมพัฒนา (Development well) หรือหลุมผลิตและกระบวนการผลิตที่ได้ถูกออกแบบไว้แตกต่างกันตามชนิดของแหล่งปิโตรเลียม (บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน), 2557) ดังนี้

1. หลุมผลิตแหล่งก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นของไหลที่มีน้ำหนักเบา สามารถไหลขึ้นมาด้วยตัวเองจากความดันสูงจากใต้พิภพ ซึ่งหลุมผลิตของประเทศไทยที่นิยมใช้สำหรับก๊าซธรรมชาติ เป็นแบบหลุมแคบ หรือ Slim hole ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อะไรมากมาย ทำให้ลดต้นทุนการขุดเจาะเพื่อให้แหล่งเล็ก ๆ อย่างในประเทศไทยที่ต้องขุดเจาะหลุมจำนวนมาก ๆ นั้นสามารถลงทุนให้คุ้มทุนได้ เมื่อระยะเวลาการผลิตผ่านไปไ้ระยะหนึ่งความดันจะลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความดันที่ปากหลุมไม่สามารถส่งก๊าซจากแท่นหลุมผลิตต่อไปที่แท่นกระบวนการผลิตได้ ซึ่งจะทำให้การติดตั้งเครื่องอัดก๊าซ (Booster compressor) เพื่อช่วยเพิ่มความดันจากปากหลุมส่งไปที่แท่นกระบวนการผลิตได้

2. แหล่งน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นของไหลที่มีน้ำหนักมากกว่าก๊าซธรรมชาติแต่เบากว่าน้ำ ช่วงการผลิตระยะแรกจะสามารถไหลขึ้นมาด้วยตัวเองจากความดันสูงจากใต้พิภพ แต่เมื่อความดันลดลงจนถึงระดับหนึ่ง น้ำมันดิบจะไม่สามารถไหลขึ้นมาบนปากหลุมได้ด้วยตัวเอง จำเป็นต้องมีอุปกรณ์การผลิตเพิ่มเติม (Artificial lift) ซึ่งหลุมผลิตน้ำมันดิบส่วนใหญ่ยังเป็นหลุมแบบมาตรฐาน หรือ Conventional hole เพื่อให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการผลิตน้ำมันดิบในหลุมได้ เช่น ติดตั้งระบบการอัดก๊าซช่วยการผลิตน้ำมัน (Gas lift) ติดตั้งระบบปั๊มผลิตน้ำมัน (Pump) ติดตั้งระบบแยกโซนการผลิต (Multi-zone completion) เป็นต้น

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้นจะเห็นได้ว่า บริษัทที่ได้รับสัมปทานสำรวจและผลิตปิโตรเลียมจากรัฐบาลไทยจะต้องพัฒนาประสิทธิภาพในการเจาะหลุมสำรวจ/ ประเมินปิโตรเลียมการผลิตปิโตรเลียม ทั้งนี้ในส่วนของการขุดเจาะในภาคตะวันออก คือ อ่าวไทย ได้มีการขุดเจาะ

ปิโตรเลียมได้ทะลุขึ้นมาใช้ ซึ่งในประเทศไทยนิยมใช้เป็นแบบหลุมแคบ ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อะไรมากมาย ทำให้ลดต้นทุนการขุดเจาะเพื่อให้แหล่งเล็ก ๆ โดยมี การขุดเจาะหลุมจำนวนมาก เพราะแหล่งก๊าซในประเทศไทยนั้นกระจายอยู่เป็นกระจุกปะในชั้นหินใต้ทะเล อย่างไรก็ตามก่อนที่จะขุดเจาะนั้นจำเป็นต้องได้รับการประเมินผลและยืนยันว่ามีปริมาณน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติมากพอในเชิงพาณิชย์ ซึ่งกระบวนการผลิตแทนแบบหลุมผลิต อย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ การเชื่อมซึ่งจากเดิมนั้นใช้การเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ (Shield metal arc welding: SMAW) ที่เชื่อมอาร์คโลหะด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ให้โลหะติดกัน โดยใช้ความร้อน ที่เกิดจากการอาร์คระหว่างลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Electrode) กับชิ้นงาน ซึ่งความร้อนที่ เกิดขึ้นที่ปลายลวดเชื่อมเพื่อหลอมละลายโลหะให้ติดกัน โดยแกนของลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า และเป็น โลหะเติมลงในแนวเชื่อม

แต่ปัจจุบันได้นำการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (Flux-cored arc welding: FCAW) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในงานประกอบ โครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ งานบำรุงรักษา เป็นต้น โดยการเชื่อมนี้จะให้อัตราการเติมเนื้อแนวเชื่อมได้มากและรวดเร็วเพราะลวดอิเล็กโทรดเป็นม้วนจึงสามารถเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้การเชื่อมฟลักซ์คอร์จะทำให้ช่วยลดแรงงานช่างเชื่อม ได้ จึงเห็นได้ว่าการดำเนินงานในทุกขั้นตอน ได้มุ่งมั่นพัฒนา โดยกำหนดแผนปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต เพื่อช่วยลดต้นทุน เพิ่มกำลังการผลิต ลดระยะเวลาการผลิต รวมไปถึงการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตแทนขุดเจาะปิโตรเลียม จึงมีความสนใจในการศึกษาถึงการเชื่อม จากการพัฒนากระบวนการผลิตด้วยวิธีการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ CO₂ โดยผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประสิทธิภาพในการผลิตที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่า CO₂ ที่เกิดกับงานเชื่อมแบบเดิมกับการเชื่อมฟลักซ์คอร์ แบบใดที่มีการปล่อย CO₂ มากหรือน้อยกว่ากัน ทั้งนี้สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพงานเชื่อม โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ จึงสนใจศึกษาผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานเชื่อม ที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากวัฏจักรชีวิตของการผลิตแทนขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต โดยใช้วิธี LCA หาค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่กระบวนการได้มาของผลิตภัณฑ์ไปจนถึงส่งมอบให้ลูกค้าแล้วนำค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกัน ซึ่ง Carbon footprint of product คือ การวัดประมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ Greenhouse gas อื่น ๆ ที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมของมนุษย์หรือที่ปล่อยออกมาทั้งหมดจากวงจร วัฏจักรชีวิต ของกระบวนการผลิตสินค้าหรือบริการ (Life cycle analysis: LCA)

คำว่า "วัฏจักรชีวิต" ในนิยามของ Carbon footprint นี้จะคิดจากสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนออกมา คือ จะต้องนับทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นการปล่อยทั้งทางตรงและทางอ้อม คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (GHG) ส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ปลดปล่อยจากกระบวนการทางตรงและทางอ้อม จึงพิจารณาเฉพาะปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ทั้งนี้ผู้วิจัยจะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการประเมินทางเลือกเกี่ยวกับงานเชื่อมในการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิตให้มีความปลอดภัยในการทำงานและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และข้อมูลที่ได้ยังเป็นประโยชน์กับผู้ที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ต่อในการประเมินการหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ผลิตมาจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมันในประเทศไทยในกระบวนการต้นน้ำ อีกทั้งยังไม่เคยมีการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิตในประเทศไทยมาก่อนหน้านี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ ในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม (SMAW) กับการนำการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) มาช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิต

สมมติฐานของการวิจัย

1. การเชื่อมที่ต่างกัน ทำให้ปริมาณการปล่อย CO₂ ของงานเชื่อม ในการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิตมีค่าแตกต่างกัน
2. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (GHG) ส่วนใหญ่เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ปลดปล่อยจากกระบวนการทางตรงและทางอ้อม จึงพิจารณาเฉพาะปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียม หลังจากการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแล้วว่าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด

2. ผู้ผลิตปิโตรเลียมสามารถทราบข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการต้นน้ำ เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบที่เกี่ยวข้องให้เกิดการลด GHG จากวัฏจักรชีวิตของการผลิตแท่งขุดเจาะปิโตรเลียม

3. สามารถนำข้อมูลไปใช้ต่อในการประเมินอื่นที่ต้องการทราบ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของผลิตภัณฑ์ที่มาจากก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน

4. ผลของงานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการที่ทำธุรกิจประกอบโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ที่ต้องการจะปรับปรุงประสิทธิภาพงานเชื่อมให้สอดคล้องต่อพันธกรณีในการลดการปลดปล่อย GHG

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน
2. ประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนถึงการได้มาของผลิตภัณฑ์ (Cradle to gate) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Combined IOA-PCA
3. ใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้จริงในการผลิต โดยเปรียบเทียบกับแฟกเตอร์ต้นน้ำเหล็กจากประเทศไทย เพื่อต้องการให้เห็นว่าถ้าเลือกที่มาของวัตถุดิบไม่ถูกต้องจะทำให้ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าแตกต่างกันเท่าไร
4. ใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2558 ในการเก็บค่าของทรัพยากรและบริการในการผลิตแท่งขุดเจาะปิโตรเลียมแบบมีการเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มผลผลิตเพราะเป็นปีแรกของการเริ่มนำการเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มผลผลิต โดยเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557 ซึ่งยังใช้การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมแบบเดิมในการผลิต
5. หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของการผลิตแท่งขุดเจาะปิโตรเลียมที่ใช้ในการศึกษา

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment)

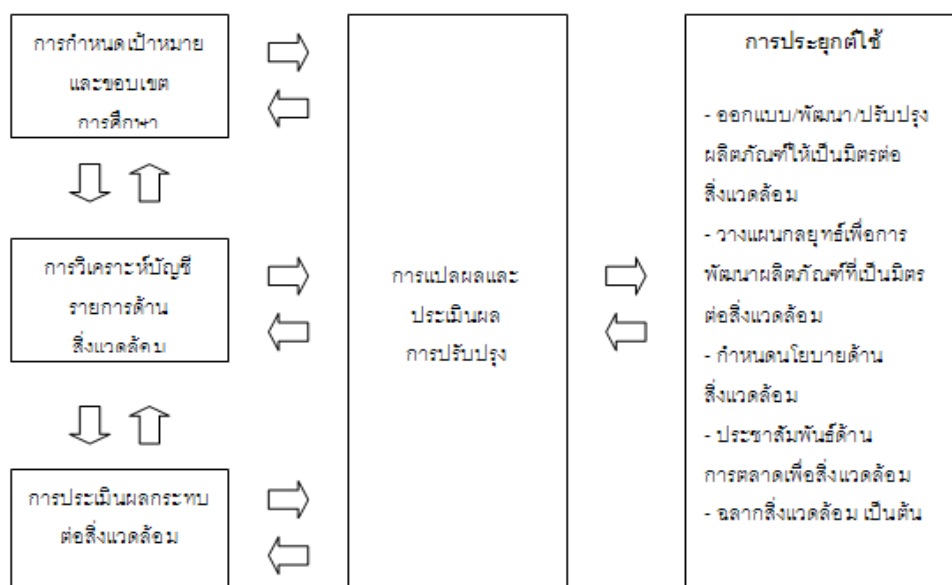
Life cycle assessment: LCA หรือการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตามมาตรฐาน ISO 14044:2006 (ISO 14044, 2006) คือ วิธีการประเมินปริมาณของการใช้ทรัพยากร ที่มาจากการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการนำไปกำจัดการศึกษา LCA ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition) คือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของระบบ (System boundary) หน่วยการทำงาน (Functional unit) ที่จะทำการศึกษา ขั้นตอนมีความสำคัญมากเป็นปัจจัยโดยตรงต่อความละเอียดในการศึกษาเพราะถ้ากำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ดีพอจะทำให้ผลที่ได้จากการประเมินนั้น ไม่ถูกต้องและไม่มีประโยชน์ในการที่จะนำผลที่ได้ไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นให้ดีขึ้น

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis) คือ การเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ขั้นตอนนี้มีการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งการคัดเลือกข้อมูล (Data collection) จำเป็นต้องคัดเลือกลักษณะของระบบสามารถระบุแหล่งที่มาได้ ซึ่งการคำนวณข้อมูล (Data calculation) จะได้คุณภาพและน่าเชื่อถือและที่สำคัญ คือ การปันส่วนของข้อมูล (Allocation) เพราะในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ทรัพยากร วัสดุ พลังงานที่ใช้ในกระบวนการไม่ได้ใช้ในการผลิตกันทีเดียว โดยจะต้องปันส่วนให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับขอบเขตและหน่วยการทำงานที่ตั้งไว้

3. การประเมินผลกระทบ (Impact assessment) คือ การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เป็นการคำนวณเพื่อแปลงข้อมูลบัญชีรายการที่ได้จากการรวบรวมปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิต เพื่ออธิบายค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละช่วงชีวิตโดยตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ โดยการประเมินจะแบ่งหัวข้อหลัก ๆ คือ การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

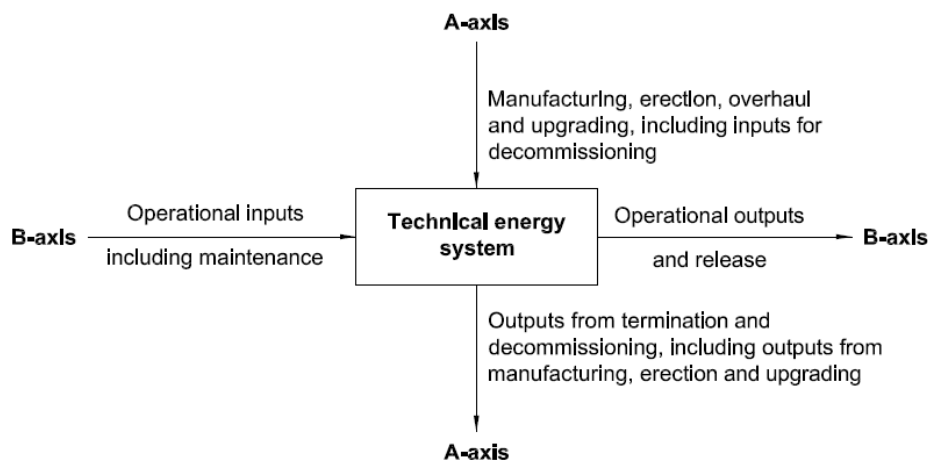
4. การแปลผลการศึกษา (Life cycle interpretation) คือ การนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล การใช้ข้อเสนอแนะจากการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยการสรุปผลจะต้องมีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาที่เราตั้งไว้



ภาพที่ 2-1 กรอบการดำเนินงาน LCA จากอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 (ISO 14040, 2006)

การวิเคราะห์ระบบพลังงาน (Technical energy system)

การวิเคราะห์ระบบพลังงาน อ้างอิงจากมาตรฐานสากล ISO 13602-1:2002 (2) Technical energy system (TES) (ISO 13602, 2002) เป็นการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในระบบที่เป็นทั้งพลังงานทางตรงและพลังงานทางอ้อม โดยพิจารณาจากแหล่งพลังงานที่จัดหา นำเข้ามาใช้ในระบบ ซึ่งอาจเป็นการใช้โดยตรง หรือเกิดการเปลี่ยนรูป มีการจัดเก็บภายในระบบ มีการนำกลับมาใช้ใหม่ จนกระทั่งมีผลผลิตออกจากระบบ เป็นแบบจำลองของระบบ TES ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แกนหลักในการพิจารณาระบบ คือ แกนแนวตั้ง (A) เป็นการพิจารณาการไหลเข้าและไหลออก (Input-output) ของสินทรัพย์และบริการที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในระบบ เช่น ที่ดิน อาคาร เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนสนับสนุนในกระบวนการ รวมถึงกระบวนการบริการ ซ่อมบำรุง ปรับปรุงระบบ และการรีไซเคิล



ภาพที่ 2-2 แบบจำลองของระบบ TES อนุกรมมาตรฐาน ISO 13602 (ISO 13602, 2002)

สำหรับแกนแนวนอน (B) เป็นการไหลของพลังงานและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องในการดำเนินระบบ โดยกระบวนการไหลเข้า จะพิจารณาตั้งแต่ แหล่งพลังงาน ทรัพยากรที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบ รวมถึงแรงงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินระบบ ข้อมูล วัสดุที่จำเป็นต่อการดำเนินระบบ ซึ่งผลผลิตที่จะไหลออกจากระบบ นอกจากจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการดำเนินการแล้ว ยังอาจรวมถึงอื่น ๆ ที่ผลิตได้ เช่น พลังงานที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์ร่วม มลพิษ หรือของเสียจากกระบวนการในระบบ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นซ์ของผลิตภัณฑ์

คาร์บอนฟุตพริ้นซ์ของผลิตภัณฑ์ คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การจัดการของเสีย และการขนส่ง วัสดุออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยพิจารณาจาก 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นซ์ทางตรง จากกิจกรรมต่าง ๆ ของกระบวนการผลิต เช่น การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การใช้งานพาหนะหรือการใช้สารเคมี เป็นต้น
2. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นซ์ทางอ้อมจากการได้มาของวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์
3. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นซ์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน ได้แก่ การซื้อพลังงานมาใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน เป็นต้น

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน การบำรุงรักษา

การกำจัดซาก โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยมีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

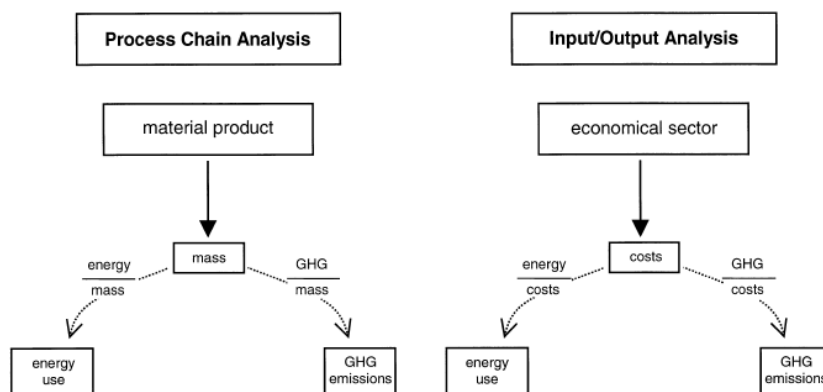
1. กำหนดเป้าหมายและขอบเขต โดยกำหนดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมิน และกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit) จะต้องระบุขอบเขตของการประเมิน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 Business to business (B2B) เป็นการประเมินตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนถึงกระบวนการผลิต (Cradle to gate) ซึ่งจะไม่ประเมินช่วงการใช้งาน และการกำจัดซาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จะไม่สามารถประเมินช่วงการใช้งานได้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะต้องนำมาผ่านกระบวนการอื่น ๆ เพื่อผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูป

1.2 Business to customer (B2C) เป็นการประเมินตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การใช้งาน การกระจายสินค้า การใช้งาน และการกำจัดซาก

2. การเก็บข้อมูล จะเก็บข้อมูลตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ทั้งข้อมูลวัตถุดิบ พลังงาน ในแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิต โดยอาศัยข้อมูลจากปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ในกระบวนการผลิตที่สามารถตรวจวัดได้จากกระบวนการจริง หรือหากไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง ก็สามารถใช้อัตราการใช้ข้อมูลที่มีค่าจำนวนได้ เช่น การปันส่วนจากบิลค่าสาธารณูปโภค มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของวัตถุดิบ เป็นต้น

ในขั้นตอนของการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประเมินการปล่อย GHG ในแต่ละกระบวนการ ต้องอาศัยการตรวจวัดค่าปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน ตั้งแต่กระบวนการของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิง รวมทั้งในกระบวนการผลิต ต้องมีการตรวจวัดค่าการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต เป็นวิธีที่เรียกว่า Process chains analysis: PCA เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย ซึ่งต้องอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือ และเวลาค่อนข้างมากในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่อยู่นอกเหนือกระบวนการผลิตในโรงงาน เช่น ในกระบวนการผลิตวัตถุดิบ กระบวนการผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ผลิตหลายชั้น ข้อมูลบางประเภทก็อาจจะไม่สามารถเก็บได้ง่ายโดยวิธีนี้ ดังนั้น วิธี Input-output analysis: IOA จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยในการรวบรวมข้อมูลที่ไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง IOA เป็นการประเมินปัจจัยการผลิตและผลผลิตในรูปแบบของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของทุกภาคส่วนในระบบเศรษฐกิจนั้น ๆ โดยแต่ละภาคส่วนจะมีสิ่งที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (Input) คือ ทรัพยากร วัตถุดิบ อุปกรณ์ และผลผลิต (Output) ที่ได้ออกมา คือ ตัวผลิตภัณฑ์รวมทั้งของเสียด้วย ซึ่งเมื่อนำสองวิธีมาทำร่วมกันซึ่งรวมเรียกว่า การประเมินแบบ Combined IOA-PCA เพื่อให้การประเมินมีความถูกต้อง และแม่นยำมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2-3 การประเมินของวิธี PCA และ IOA

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิล

ในการประเมิน CO₂ นั้น ขั้นตอนแรกให้ประเมินปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ ดังนี้

$$\text{Carbon Content (GgC)} = \frac{\text{Consumption (phy.unit)} \times \text{Conversion Factor} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{phy.unit}} \right) \times \text{emission factor} \left(\frac{\text{tC}}{\text{TJ}} \right)}{1000}$$

หักลบด้วยปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้จะได้ปริมาณคาร์บอนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมา (Net carbon emission) และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Actual CO}_2 \text{ Emissions (Gg CO}_2\text{)} = \frac{44}{12} \times \text{Actual Carbon Emissions (Gg C)}$$

โดย

Carbon Content (GgC) คือ ปริมาณคาร์บอนที่ถูกปลดปล่อย

Consumption(phy. unit) คือ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้

Conversion Factor $\left(\frac{\text{TJ}}{\text{phy.unit}} \right)$ คือ ปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้

Emission Factor $\left(\frac{\text{tonC}}{\text{TJ}} \right)$ คือ อัตราการปลดปล่อยคาร์บอนของเชื้อเพลิงฟอสซิล
ค่าจาก IPCC

Fraction of carbon oxidized คือ อัตราการออกซิไดซ์ของคาร์บอน ขึ้นสถานะ
เช่น ของแข็ง ของเหลว แก๊ส

$\frac{44}{12}$ คือ อัตราการเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากคาร์บอน Molecular weight ของ C กับ CO₂

Actual CO₂ Emission (GgCO₂) คือ ปริมาณการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

กระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน

ในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมันโดยทั่ว ๆ ไปเราสามารถแยกได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การสำรวจ

โดยขั้นตอนของการสำรวจนั้นจะแบ่งออกเป็น การสำรวจทางธรณีวิทยา เพื่อสำรวจหาว่ามีชั้นหินที่เป็นแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมอยู่หรือไม่และอยู่ที่ไหน และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เป็นการวัดคลื่นความไหวสะเทือนผ่านชั้นหิน โดยผลธรณีฟิสิกส์ดังกล่าวจะถูกนำมาเขียนบนแผนที่แสดงตำแหน่งและรูปร่างลักษณะ โครงสร้างใต้ทะเลเพื่อเราจะได้เลือก โครงสร้างที่เหมาะสมที่สุดเพื่อกำหนดพื้นที่เป้าหมายสำหรับการเจาะสำรวจต่อไป

2. การขุดเจาะ

หลังจากที่สำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์แล้ว คราวนี้ก็เป็นหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ฝ่ายขุดเจาะที่ต้องทำการเจาะ "หลุมสำรวจ" (Exploration well) โดยใช้วิธีเจาะสุ่มซึ่งเราจะเรียกหลุมชนิดนี้ว่า "หลุมแรกสำรวจ" (Wildcat well) เพื่อสำรวจหาปิโตรเลียมในบริเวณที่ยังไม่เคยมีการเจาะพิสูจน์เลย จากนั้นเมื่อถึงขั้นตอนของการประเมินคุณค่าทางเศรษฐกิจและหาขอบเขตของแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม เราจะเจาะหลุมที่เรียกว่า "หลุมประเมินผล" (Delineation well) และหลังจากที่เราแน่ใจแล้วว่า มีแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมในปริมาณที่มากพอในเชิงพาณิชย์ เราจึงเจาะ "หลุมเพื่อการผลิตปิโตรเลียม" (Development well) เพื่อนำปิโตรเลียมที่สะสมตัวอยู่ใต้พื้นดินขึ้นมาใช้ประโยชน์ต่อไป

3. การผลิต

เมื่อผลิตน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติในระยะเริ่มแรก หลุมจะมีแรงดันตามธรรมชาติดันปิโตรเลียมขึ้นมาจากชั้นหินใต้พื้นโลกด้วยตัวเอง เราจะติดตั้งวาล์วเพื่อควบคุมแรงดันและบังคับการไหลไว้ที่ปากหลุม เมื่อผลิตไประยะเวลาหนึ่งแรงดันตามธรรมชาติจะลดลงเราจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและเทคนิคต่าง ๆ เข้าช่วยเพื่อเพิ่มแรงดันให้กับหลุม เมื่อน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติเดินทางผ่านทางท่อจากแท่นหลุมผลิตมายังแท่นผลิตกลาง ก็จะผ่านเข้าสู่กระบวนการต่าง ๆ บนแท่นเพื่อแยก น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารปนเปื้อนอื่น ๆ ออกจากน้ำมันและ

ก๊าซธรรมชาติ เมื่อผ่านกระบวนการทั้งหมด น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติเหลวจะถูกส่งไปเก็บยังคลังเก็บน้ำมันลอยน้ำบนเรือขนาดใหญ่ซึ่งสามารถกักเก็บน้ำมันได้หลายแสนบาร์เรลและติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้กับแท่นผลิตเพื่อรอการขนถ่ายไปยังเรือของผู้ซื้อตามที่ได้วางแผนไว้ ส่วนก๊าซธรรมชาติจะถูกขนส่งผ่านทางท่อมาขึ้นฝั่งเพื่อนำไปใช้ ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไป

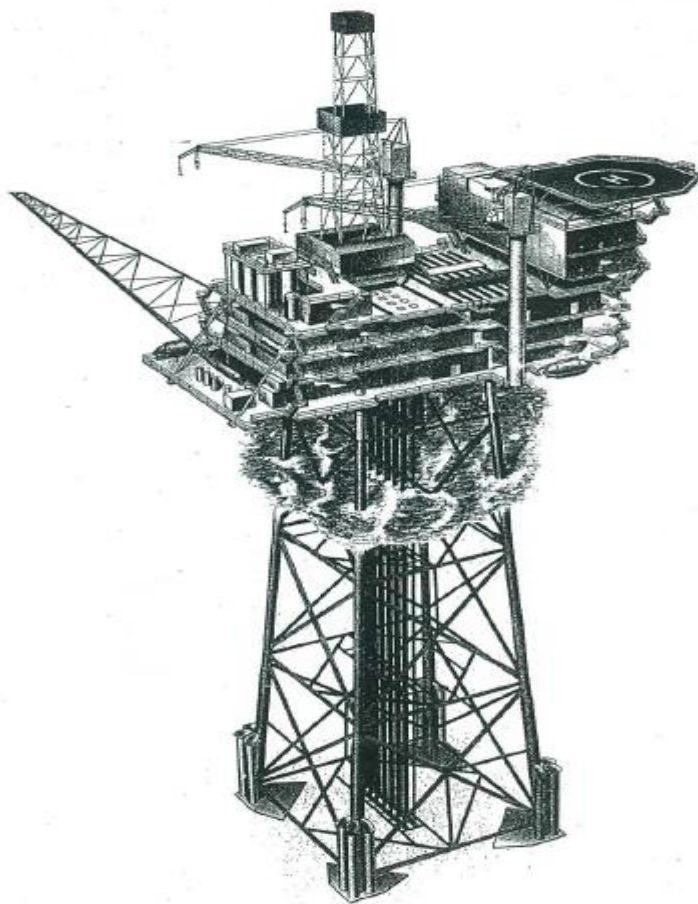
4. การนำไปใช้

เมื่อก๊าซธรรมชาติถูกขนส่งผ่านทางท่อใต้ทะเลมาขึ้นฝั่งก็จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติที่โรงแยกก๊าซ เพื่อนำไปแยกออกมาเป็นก๊าซมีเทน ก๊าซอีเทน ก๊าซโพรเพน ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ก๊าซธรรมชาติเหลว ก๊าซอีเทนนั้นจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนั้นก๊าซธรรมชาติยังนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมซีเมนต์และเซรามิค เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ และเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมี เป็นต้น ส่วนก๊าซที่เหลือก็ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เพื่อผลิตเม็ดพลาสติก ยางรถยนต์ ของเด็กเล่น เสื้อผ้า และอุปกรณ์ของใช้ต่าง ๆ อีกมากมาย นอกจากนั้นยังนำไปใช้เป็นก๊าซหุงต้มในครัวเรือน อีกด้วย

แท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต

ตัวแท่นประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนดังนี้

1. **ตัวแท่น (Deck)** ผลิตจากการประกอบโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักมากที่สุด มีหน้าที่สำหรับวางวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน อีกทั้งยังมีเครนที่ติดตั้งอยู่บนตัวแท่นนี้เพื่อใช้สำหรับงานยกและขนย้ายอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระหว่างการซ่อมบำรุง
2. **ขาตั้ง (Jacket)** เป็นโครงสร้างเหล็กที่ใช้สำหรับเป็นขาตั้งเพื่อวางตัวแท่น ซึ่งตัวขาตั้งนี้จะวางอยู่บนพื้นใต้ทะเลและมีการตอกเสาเข็มผ่านท่อขาตั้งเพื่อเสริมความแข็งแรง
3. **ท่อก๊าซ** ท่อก๊าซที่ติดตั้งบนแท่น จะใช้ตั้งแต่ลำเลียงปิโตรเลียมขึ้นมาจากหลุมมายังตัวแท่น และผ่านตามท่อต่าง ๆ ในกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน ไปจนถึงส่งก๊าซธรรมชาติไปยังท่อไรเซอร์ที่ติดตั้งที่ขาตั้งเพื่อส่งไปยังแท่นผลิตกลาง
4. **อุปกรณ์เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ไฟฟ้า** เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติและน้ำมันบนแท่นและเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานบนแท่น



ภาพที่ 2-4 แท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต

กระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต

ประกอบไปด้วยการผลิตหลักดังนี้

1. งานตัด ในการผลิตแท่นขุดเจาะแบบหลุมผลิตนั้น ต้องใช้เหล็กหลายขนาดและหลายรูปแบบ เพื่อนำมาตัดให้ได้ขนาดและระยะตามแบบ โดยใช้กระบวนการตัดที่ใช้ความร้อน ซึ่งให้ความรวดเร็วในการใช้งาน โดยในการตัดเพลทเราจะใช้อะเซทิลีนเป็นเชื้อเพลิงในการตัด เนื่องจากต้องการความละเอียดของงาน ส่วนในการตัดท่อนั้นเราจะใช้ก๊าซแอลพีจีผสมกับก๊าซออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงในการตัดเพราะมีราคาที่ถูกกว่าเนื่องจากไม่ต้องการความละเอียดของงานมากนัก

2. งานเชื่อม เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับต่อวัสดุ ส่วนใหญ่เป็นโลหะ โดยให้รวมตัวเข้าด้วยกันโดยใช้วิธีทำให้ชิ้นงานหลอมละลายและการเพิ่มเนื้อโลหะเติมลงในแอ่งหลอมละลายของวัสดุที่หลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความแข็งแรง โดยแหล่งพลังงานสำหรับนำมาใช้ในการเชื่อมมีหลายอย่าง เช่น การใช้ความร้อนจากเปลวแก๊ส การอาร์คโดยใช้กระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งในการผลิตแทนแบบหลุมผลิตนั้นจะทำการเชื่อมอยู่ 2 ชนิด คือ

2.1 การเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ (Shield metal arc welding: SMAW) ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ คือ กระบวนการต่อโลหะให้ติดกัน โดยใช้ความร้อน ที่เกิดจากการอาร์คระหว่างลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Electrode) กับชิ้นงาน ซึ่งความร้อนที่ เกิดขึ้นที่ปลายลวดเชื่อมเพื่อหลอมละลายโลหะให้ติดกัน โดยแกนของลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า และเป็นโลหะเติมลงในแนวเชื่อม ส่วนฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมจะได้รับความร้อนและหลอมละลายปกคลุมแนวเชื่อมเอาไว้ เพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้า ทำปฏิกิริยากับแนวเชื่อม พร้อมทั้งช่วยลดอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อม เมื่อเย็นตัวฟลักซ์จะแข็ง และเปราะเหมือนแก้ว เรียกว่า สแลค (Slag) กระบวนการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ คือ การเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ ด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ หรือที่เรียกว่า การเชื่อมด้วยรูปเชื่อม ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากต้นทุนต่ำและสามารถเชื่อมได้ ทุกท่าเชื่อม

2.1.1 ข้อดีของการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ

2.1.1.1 งานมีคุณภาพสูงคงทนและสวยงาม

2.1.1.2 โครงสร้างของงานที่ไม่ยุ่งยาก

2.1.1.3 ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและเตรียมการค่อนข้างต่ำ

2.1.2 ข้อเสียของการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ

2.1.2.1 ชิ้นส่วนของงานเชื่อมมีความไวต่อการเกิดความเค้นเฉพาะที่

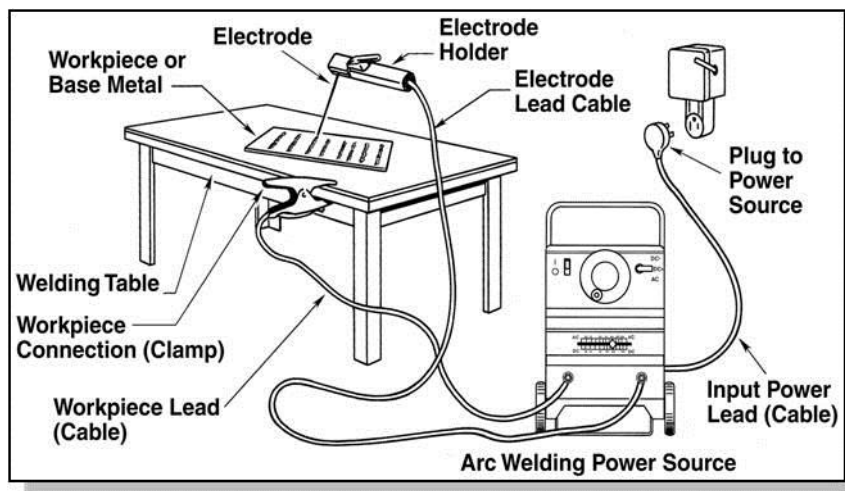
2.1.2.2 การควบคุมคุณภาพจะต้องตรวจสอบทุกขั้นตอน

2.1.2.3 ทำให้เกิดความเค้นตกค้างอยู่ในวัสดุงานเชื่อม

2.1.2.4 ทำให้คุณสมบัติของโลหะงานเชื่อมเปลี่ยนแปลง

2.1.2.5 งานบิดตัวและหดตัว

ดังนั้นในการทำแทนหลุมผลิตจึงเลือกใช้กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยมือในการเชื่อมงานที่เป็นงาน โครงสร้าง



ภาพที่ 2-5 อุปกรณ์การเชื่อมด้วยไฟฟ้า

2.2 TIG ย่อมาจาก Tungsten inert gas เครื่องเชื่อมระบบทิก (TIG) ใช้การนำกระแสที่ปลายลวดทั้งสแตน ส่งผ่านไปที่แนวเชื่อมเพื่อให้เกิดการหลอมละลายของชิ้นงาน โดยใช้แก๊สเฉื่อยซึ่งทั่ว ๆ ไปนิยมใช้แก๊สอาร์กอน เป็นแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม การเชื่อมวิธีนี้เบื้องต้นจะเชื่อมโดยไม่ต้องมีเนื้อลวดแต่ใช้ความร้อนเป็นตัวหลอมเนื้องานให้ติดกัน นอกเสียจากการเชื่อมบางชิ้นงานที่อาจจะต้องมีลวดเติมเพื่อความสมบูรณ์ของชิ้นงานและได้แนวเชื่อมที่ต้องการ

ข้อดีของการเชื่อมระบบทิก คือ การใช้งานง่าย มองเห็นแนวเชื่อมและบ่อหลอมละลายชัดเจนจากการอาร์กที่สะอาดไม่มีควัน ให้แนวเชื่อมที่สวยงาม เพราะไม่ต้องใช้ฟลักซ์ แนวเชื่อมที่ได้ทำให้ไม่ต้องเคาะสแลก ตัดปัญหาสแลกฝังตัวในแนวเชื่อม สาเหตุแนวเชื่อมที่ไม่แข็งแรงจนผุกร่อนได้ง่าย

ข้อเสีย ราคาเครื่องเชื่อมค่อนข้างสูง ต้องใช้ความชำนาญในการเชื่อม การเชื่อมที่สามารถทำได้ช้ากว่าการเชื่อมด้วยวิธีอื่น และเกิดความร้อนสะสมที่ชิ้นงานเชื่อมสูงกว่าด้วยเช่นกัน ทำให้ต้องใช้แก๊ส มีการตั้งค่าที่ซับซ้อน อีกทั้งต้องมีแหล่งจ่ายไฟและต้องใช้แก๊ส

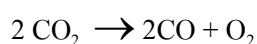
ดังนั้นในการทำแทนหลุมผลิตเราจะใช้กระบวนการเชื่อมระบบทิกในการเชื่อมงานที่เป็นงานท่อที่ติดตั้งสำหรับในการส่งก๊าซที่มีแรงดัน โดยส่วนใหญ่จะเป็นท่อใน Line process ที่ติดตั้งอยู่บนแทน

กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ที่ใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพงานเชื่อมแทนแบบ หลุมผลิต

การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (Flux-cored arc welding: FCAW) เป็นกระบวนการเชื่อมอาร์คแบบหลอมเหลว โดยการอาร์คของลวดอิเล็กโทรดเป็นม้วนสามารถเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง ในกระบวนการเชื่อมนี้ใช้ก๊าซปกคลุม (Shielding gas) หรือการเชื่อมที่ใช้สารปกป้องที่มาจากฟลักซ์เมื่อฟลักซ์หลอมละลายทำให้ได้ก๊าซปกคลุม ลวดเชื่อมของฟลักซ์คอร์ ผลิตมาจากแผ่นโลหะเหล็กกล้าบางขึ้นรูปเป็นท่อกลวง แล้วถูกม้วนภายในท่อบรรจุผงฟลักซ์ไว้ เมื่อทำการเชื่อมฟลักซ์จะเปลี่ยนสภาพเป็นสแลคปกคลุมผิวรอยเชื่อมและเกิดควันเป็นก๊าซปกคลุมบ่อหลอมละลาย

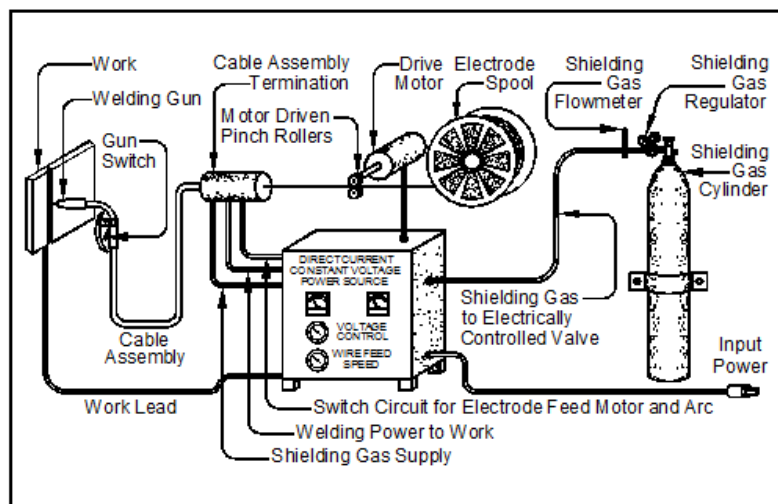
แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม

แก๊สปกคลุมที่ใช้กับกระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และแก๊สผสมระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) กับแก๊สอาร์กอน (Ar) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่มีการใช้มากในกระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์ ข้อดีของแก๊สชนิดนี้ คือ ทำให้แนวเชื่อมเกิดการหลอมลึกที่ดี มีราคาที่ไม่แพง หาซื้อได้ง่ายและยังให้รูปแบบการถ่ายโอนน้ำโลหะแบบหยด (Globular transfer) เป็นตัวนำความร้อนได้สูงมากในบริเวณขอบนอกของเปลวอาร์ค เมื่อสัมผัสกับแกนนำของกระแสจะช่วยให้เกิดพลังที่เข้มข้นสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดการหลอมลึกที่ดี และเกิดการแตกตัวเมื่ออยู่ภายใต้เปลวอาร์คแสดงดังนี้



การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) นิยมนำไปใช้กับงานได้อย่างกว้างขวาง เช่น งานประกอบโครงสร้างเหล็กขนาดใหญ่ งานบำรุงรักษา งานก่อสร้างอาคารสูง เพราะการเชื่อมนี้ให้อัตราการเติมเนื้อแนวเชื่อมได้มากและรวดเร็วเพราะลวดอิเล็กโทรดเป็นม้วนสามารถเชื่อมได้อย่างต่อเนื่อง

จากกระบวนการงานเชื่อมฟลักซ์คอร์ที่มีคุณสมบัติสามารถเชื่อมงานได้อย่างต่อเนื่อง จึงถูกเลือกมาใช้ในกระบวนการผลิตแทน โดยนำมาช่วยงานเชื่อมเดิมที่เป็นการเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ ซึ่งทำให้เราสามารถผลิตแทนได้เพิ่มมากขึ้น แต่สามารถลดแรงงานช่างเชื่อมให้น้อยลงได้



ภาพที่ 2-6 อุปกรณ์การเชื่อมด้วยฟลักซ์คอร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Begoña Guezuraga, Rudolf Zauner and Werner Pölz (2012) ได้ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกังหันลม แม้ว่าการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมซึ่งระหว่างการดำเนินการผลิตจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยมาก แต่ในช่วงวงจรชีวิตทั้งหมดของกังหันลมจากโรงงานไปจนถึงการรื้อถอน การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ การดำเนินการที่จะหาจำนวนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของทั้งสองกังหันลมที่มีอยู่ กังหัน 1.8 MW-gearless และ 2.0 MW turbine กับเกียร์ เทคโนโลยีทั้งสองจะถูกเปรียบเทียบ การปล่อยก๊าซ คาร์บอน ไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากขั้นตอนการผลิต คิดเป็น 84.4% ของวงจรชีวิตทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากหอคอย การก่อสร้างซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 55% ของการผลิตกังหันทั้งหมด คิดเป็นสัดส่วนการปลดปล่อย CO₂e เท่ากับ 0.76 ตัน ต่อน้ำหนักกังหันลม 1 ตัน (Turbine 2 MW-gearless) และคิดเป็นสัดส่วนการปลดปล่อย CO₂e เท่ากับ 0.95 ตัน ต่อน้ำหนักกังหันลม 1 ตัน(Turbine 1.8 MW-gearless)

Vargas a, Zen_on b, Oswald c, Islas b, Güereca d and Manzini (2015) ได้ศึกษาผล LCA กังหันลมขนาด 2 MW. ของกังหันลมแบบ A และแบบ B ตั้งแต่การผลิตและขั้นตอนการกำจัดขั้นสุดท้าย ซึ่งมีวัสดุที่ใช้ทำ Rotor, Foundation, Tower และ Nacelle ที่แตกต่างกัน โดยกังหันลมแบบ A มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 962.91 ตัน ปลดปล่อย CO₂e เท่ากับ 403.56 ตัน (คิดเป็นสัดส่วนปล่อย CO₂e เท่ากับ 0.42 ตัน ต่อน้ำหนักกังหันลม 1 ตัน) ส่วนกังหันลมแบบ B มีน้ำหนักรวมทั้งหมด 1,087.7 ตัน ปลดปล่อย CO₂e เท่ากับ 551.94 ตัน (คิดเป็นสัดส่วนการปล่อย CO₂e เท่ากับ 0.51 ตัน ต่อน้ำหนักกังหันลม 1 ตัน)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม อาศัยหลักการประเมินของ LCA ต้องอาศัยข้อมูลตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต และการขนส่งมอบตัวผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการเก็บข้อมูลจำนวนมาก ทำให้อาจต้องใช้เวลาาน และข้อมูลอาจไม่ครบถ้วนทุกกระบวนการ ในการศึกษา ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้วิธีการประเมิน LCA โดยอาศัยข้อมูลการนำเข้าและผลผลิต (IOA) ในการประเมิน เพื่อให้สามารถประเมินวัฏจักรชีวิตได้ครบถ้วนตั้งแต่กระบวนการได้มาของวัตถุดิบจนถึงการได้มาของผลิตภัณฑ์

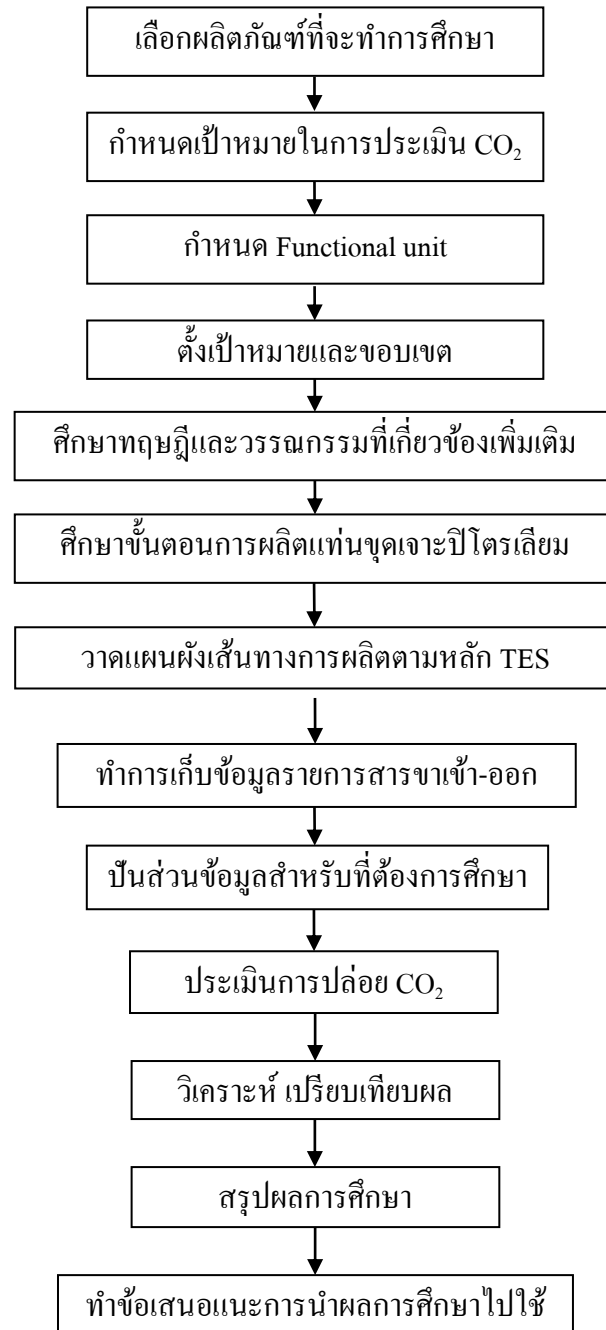
วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมการผลิตแบบเดิมกับการผลิตที่ปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบที่เกี่ยวข้องให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กำหนดหน่วยการทำงาน (Functional unit)

หน่วยการทำงานในการศึกษารั้งนี้ คือ แท่นขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน 1 แท่น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพที่ 3-1

Flow chart ขั้นตอนการดำเนินงาน



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การกำหนดขอบเขต และผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม ซึ่งทำการเปรียบเทียบการผลิต 2 รูปแบบ ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างการผลิตแบบเดิมกับแบบที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้กระบวนการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ โดยพิจารณาขอบเขตการศึกษาตลอดวัฏจักรแบบ B2B (Business to business) ซึ่งจะใช้ข้อมูลตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตจนถึงการส่งมอบตัวแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมให้กับลูกค้า

โดยในขอบเขตของการศึกษา จะทำการประเมินทั้งการปล่อย CO₂ ทางตรงจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลและการปล่อยทางอ้อมจากวัตถุดิบและกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบหลุมผลิต

กระบวนการผลิตแบ่งออกเป็น 5 กระบวนการหลัก ได้แก่

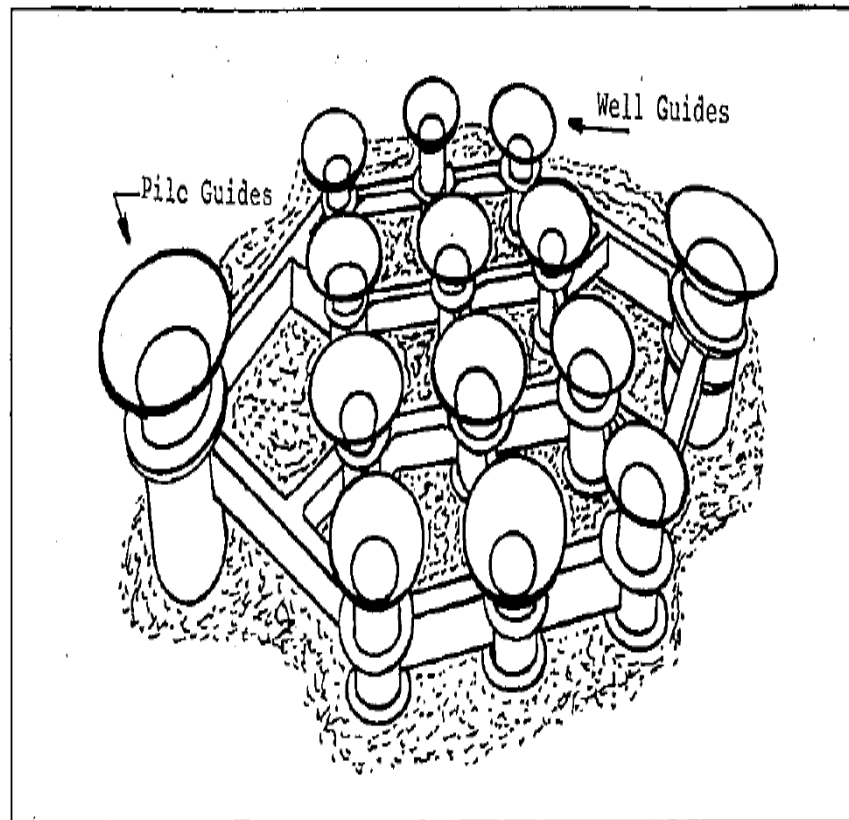
1. กระบวนการเตรียมชิ้นงาน (Pre-fabricate) โดยการตัดแผ่นเหล็ก บีม และท่อให้ได้ตามแบบ แผ่นเหล็กบางส่วนที่ตัดเสร็จแล้วต้องทำการส่งเจาะรูและม้วนให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ทั้งหมดมาทำการเจียรแต่งเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับงานประกอบของแต่ละส่วน

2. กระบวนการประกอบและติดตั้ง (Assembly) ส่วนประกอบหลักของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมมีอยู่ 6 ส่วนประกอบดังนี้

2.1 Crane ซึ่งจะสั่งซื้อ แล้วนำมาประกอบเอง เกรนนี้จะทำการติดตั้งอยู่ด้านบนของ Deck เพื่อใช้สำหรับยกสิ่งของหรือชิ้นงานต่าง ๆ

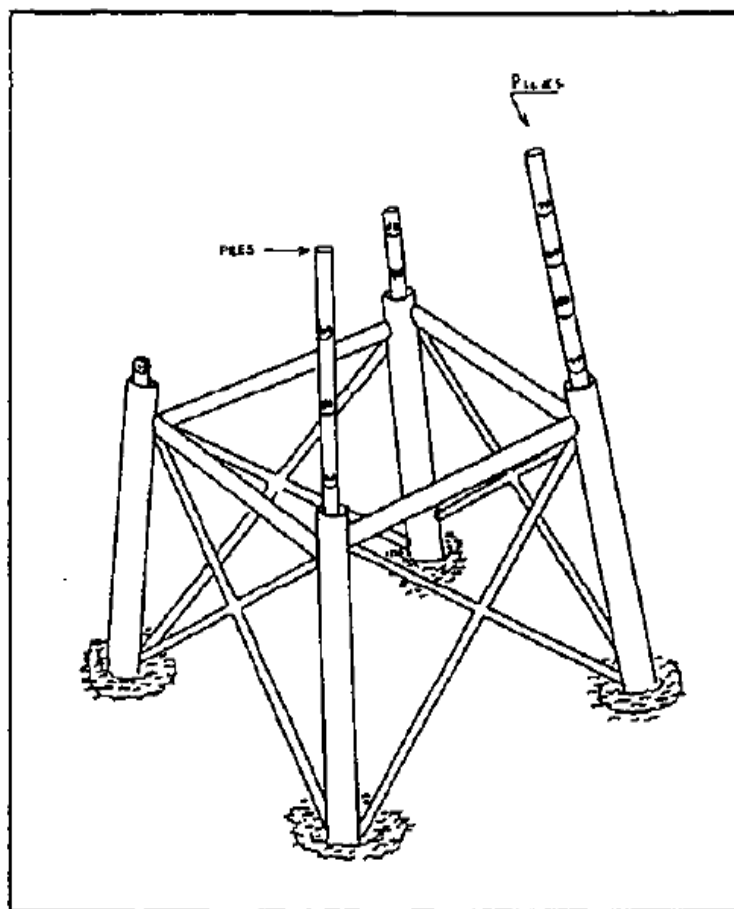
2.2 Deck ได้จากการนำบีม เพลท และท่อที่ได้ตัดเตรียมไว้ นำมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน ส่วนประกอบส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ของกระบวนการผลิตปิโตรเลียมเบื้องต้น (Line process) เพื่อส่งต่อไปยังแท่นผลิตต่อไป

2.3 Conductor guide frame ได้จากการนำท่อ เพลทที่ได้ไปม้วน เพลทที่ได้จากการเจาะรู นำมาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งส่วนประกอบตัวนี้ที่ขึ้นส่วนสำหรับสอดท่อคอนดักเตอร์เพื่อนำก๊าซและน้ำมันลำเลียงขึ้นมายังกระบวนการผลิตบน Deck ตัว Conductor guide frame เราจะทำการติดตั้งไว้ที่ขา Jacket



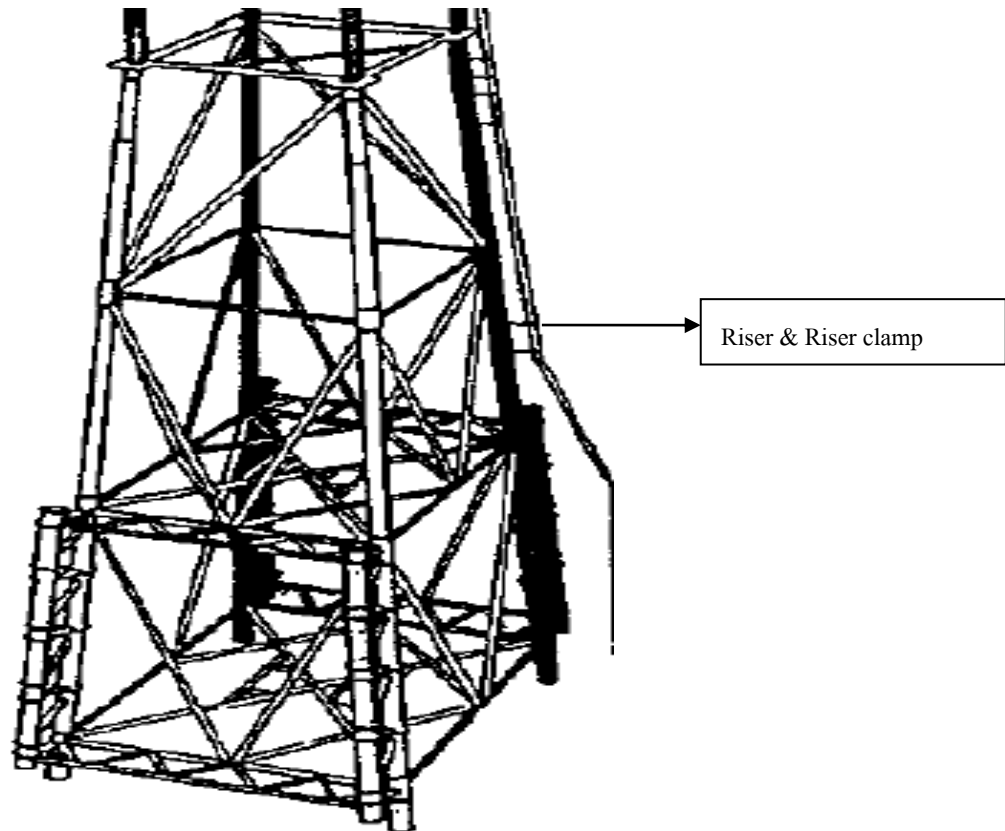
ภาพที่ 3-2 Conductor guide frame

2.4 Jacket ได้จากการนำท่อที่ได้ตัดเตรียมไว้มาทำการเชื่อมในขั้นตอนการติดตั้งในส่วนที่เป็นท่อไพล์เราจะเชื่อมชิ้นงานและดึงไปทำการติดตั้งที่กลางทะเล หน้าที่ของตัว Jacket ทำหน้าที่เป็นขาตั้งสำหรับตัว Deck ซึ่งจะวางอยู่บนพื้นของทะเล ส่วนไพล์จะทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงของตัวขานี้ เพราะจะทำการดอกผ่านขา Jacket ฟังลึกลงไปในท้องทะเล เหมือนเป็นการดอกเสาเข็มเพื่อติดกับขาที่พื้นใต้ทะเลเข้าด้วยกัน



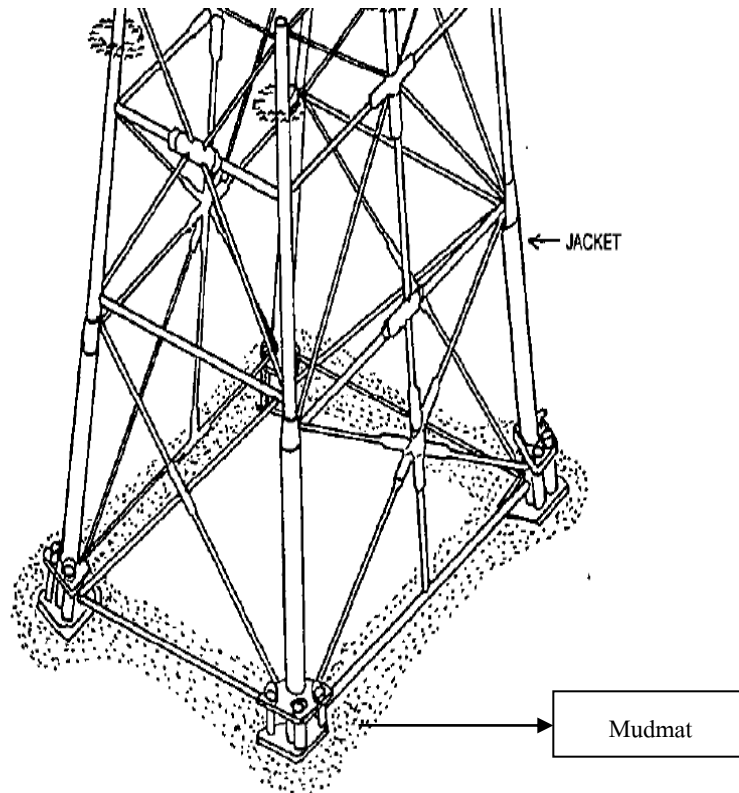
ภาพที่ 3-3 Jacket และ Pile

2.5 Riser ได้จากการนำท่อมาเชื่อมประกอบต่อกันแล้วนำไปติดตั้งที่ขาของ Jacket โดยมีส่วนประกอบที่เรียกว่า Clamp เป็นตัวจับยึดท่อไว้ โดย Clamp นี้ได้จากการนำชิ้นส่วนท่อที่ตัดเตรียมไว้ นำมาเชื่อมประกอบกับเพลทที่ส่งไปม้วนและเจาะรู โดย Clamp นี้จะเชื่อมติดตั้งอยู่ที่ขาของ Jacket ซึ่งท่อ Riser นี้มีหน้าที่ลำเลียงก๊าซจากกระบวนการผลิตส่งต่อไปยังแท่นผลิตต่อไป



ภาพที่ 3-4 Riser และ Riser clamp

2.6 Mudmat ได้จากการนำบีมและเพลทที่ได้ตัดเตรียมไว้มาเชื่อมประกอบเข้าด้วยกัน แล้วนำไปติดตั้งที่ใต้ขาของ Jacket เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงสำหรับตัว Jacket เพราะพื้นใต้ทะเล เป็นทั้งทรายและโคลนที่อ่อนนุ่ม



ภาพที่ 3-5 Mudmat

3. กระบวนการเชื่อมโลหะ (Welding) หมายถึง การต่อโลหะ 2 ชั้นให้ติดกัน โดยการให้ความร้อนแก่โลหะจนหลอมละลายติดเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งการเชื่อมจะเกิดขึ้นเมื่อเราได้ประกอบและติดตั้งชิ้นงานตามจุดเรียบร้อยแล้ว หลังจากได้ทำการเชื่อมของชิ้นงานแล้ว เราจะมีวิธีการตรวจสอบ โดยใช้ การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย เป็นที่รู้จักในภาษาอังกฤษว่า Non-destructive testing/ Inspection/ Evaluation หรือ NDT, NDI, NDE โดยเป็นกรรมวิธีที่ใช้ตรวจหารอยบกพร่อง ความไม่สมบูรณ์หรือความผิดปกติใด ๆ ที่มีอยู่ในชิ้นงาน เช่น การแยกชั้น (Lamination) รอยแตก โพรงอากาศ ฟองอากาศ ฯลฯ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย หรือทำลายชิ้นงาน

หลักการในการตรวจสอบของวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลายนั้นอาศัยหลักการและปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ เช่น รังสีแอกซ์เรย์หรือรังสีเอ็กซ์ คลื่นเสียงความถี่สูง การสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก หลักการแทรกซึมของของเหลวในช่องแคบ (Capillary action) เป็นต้น โดยผลที่ได้จะเป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นไปตามความผิดปกติของรอยบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงานที่ทำการทดสอบ โดยลักษณะของรอยบกพร่อง/

ความไม่สมบูรณ์สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ รอยบกพร่อง/ ความไม่สมบูรณ์ที่เกิดบริเวณผิว และรอยบกพร่อง/ ความไม่สมบูรณ์ที่เกิดภายในชิ้นงาน

เทคนิคการให้บริการตรวจสอบแบบไม่ทำลายที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่

1) การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม 2) การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็ก 3) การตรวจสอบโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง และ 4) การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี

3.1 การตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม (Liquid penetrant testing: PT) เป็นวิธีการตรวจสอบโดยใช้ของเหลวที่มีความสามารถในการแทรกซึมเข้าไปในช่องเปิดขนาดเล็ก ๆ เมื่อทำการกำจัดส่วนที่เกินออกไปแล้วและใช้สารเคมีอีกชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการดึงเอาของเหลวที่แทรกตัวออกมาสู่ภายนอกจึงทำให้สามารถมองเห็นความไม่ต่อเนื่องที่มีอยู่ได้ วิธีการตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึมนี้เหมาะสำหรับการตรวจสอบหารอยบกพร่องที่อยู่บนผิวหรือที่มีปากเปิดออกสู่ผิวชิ้นงาน

3.2 การตรวจสอบโดยใช้อนุภาคแม่เหล็ก (Magnetic particle testing: MT) เป็นวิธีการตรวจสอบที่ใช้ได้กับวัสดุที่มีคุณสมบัติทางแม่เหล็ก (Magnetic materials) เท่านั้น เมื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้กับชิ้นงานพบว่าบริเวณที่มีความบกพร่องหรือความไม่ต่อเนื่องจะเกิดการรั่วของเส้นแรงแม่เหล็ก จึงสามารถดูดผงแม่เหล็กขนาดเล็กให้เข้ามารวมตัวกันในบริเวณที่มีรอยบกพร่องหรือความไม่ต่อเนื่อง ทำให้สามารถตรวจสอบหารอยบกพร่องดังกล่าวได้ วิธีการตรวจสอบนี้เหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบหารอยบกพร่องที่อยู่บนผิวหรือที่อยู่ใกล้ผิวชิ้นงาน โดยไม่จำเป็นจะต้องมีปากเปิดออกสู่ผิวชิ้นงานเหมือนการตรวจสอบโดยใช้สารแทรกซึม

3.3 การตรวจสอบโดยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic testing: UT) เป็นการตรวจสอบหารอยบกพร่องภายในชิ้นงาน โดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงผ่านเข้าไปยังชิ้นงาน ทดสอบเมื่อคลื่นเสียงกระทบกับสิ่งกีดขวางจะเกิดการตรวจวัดสัญญาณเสียงที่สะท้อนกลับมาทำให้สามารถตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องได้ นอกจากนั้นยังสามารถใช้ตรวจวัดความหนาของชิ้นงานได้เช่นกัน

3.4 การตรวจสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี (Radiographic testing: RT) เป็นการตรวจสอบหารอยบกพร่องภายในชิ้นงานจากภาพถ่ายรังสี โดยใช้รังสีผ่านชิ้นงานไปยังฟิล์มที่อยู่อีกด้านหนึ่งของชิ้นงาน และจากการที่ชิ้นงานสามารถดูดซับรังสีได้แตกต่างกันตามความหนา การที่มีความไม่ต่อเนื่องอยู่ในชิ้นงานเปรียบเสมือนชิ้นงานบางกว่าบริเวณรอบข้างจึงเกิดความแตกต่างของความเข้มของฟิล์มทำให้สามารถตรวจสอบความไม่ต่อเนื่องในชิ้นงานได้

4. กระบวนการทำสี

เป็นการป้องกันไม่ให้เหล็กถูกกับแก๊สออกซิเจนและความชื้น ซึ่งเป็นการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กได้ เป็นวิธีที่สะดวก และให้ผลดีในการป้องกันการเกิดสนิม การเคลือบผิวนอกจะทำให้ชิ้นงานมีความสวยงามแล้วยังเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการกัดกร่อนหรือเพิ่มความต้านทานการสึกหรอให้กับชิ้นงาน ได้เป็นอย่างดี

5. ขั้นตอนการขนส่ง (Transportation) หลังจากกระบวนการติดตั้งเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ ขนส่งเพื่อส่งมอบแทนชุดเจาะปิโตรเลียมให้ลูกค้า ซึ่งทำได้โดยขนส่งทางน้ำ โดยการโหลดตัว Deck และ Jacket พร้อมทั้งไฟลิ่ง ลงเรือทอ้งแบน และเดินทาง โดยมีเรือลากจูงไปยังจุดหมายที่ลูกค้าต้องการ

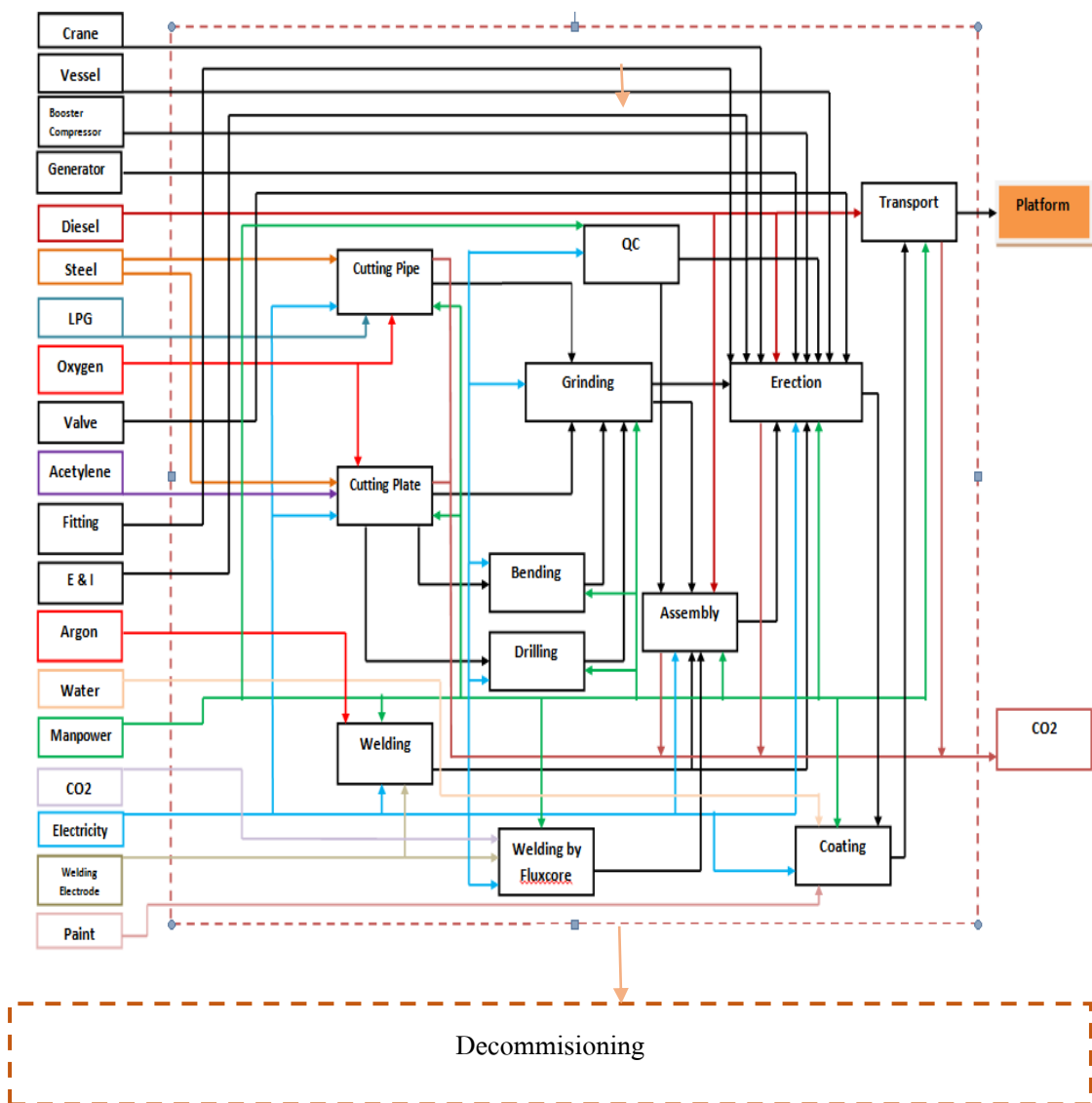
แผนผังกระบวนการการผลิตแทนชุดเจาะปิโตรเลียมแบบมีการเชื่อมฟลักซ์คอร์ มาช่วยเพิ่มผลผลิต

จากข้อมูลกระบวนการผลิต สามารถเขียนในรูปแบบระบบทางพลังงานได้ดังภาพที่ 3-6

Building , Machine , Tool , Office Equipment , Land , Vehicle

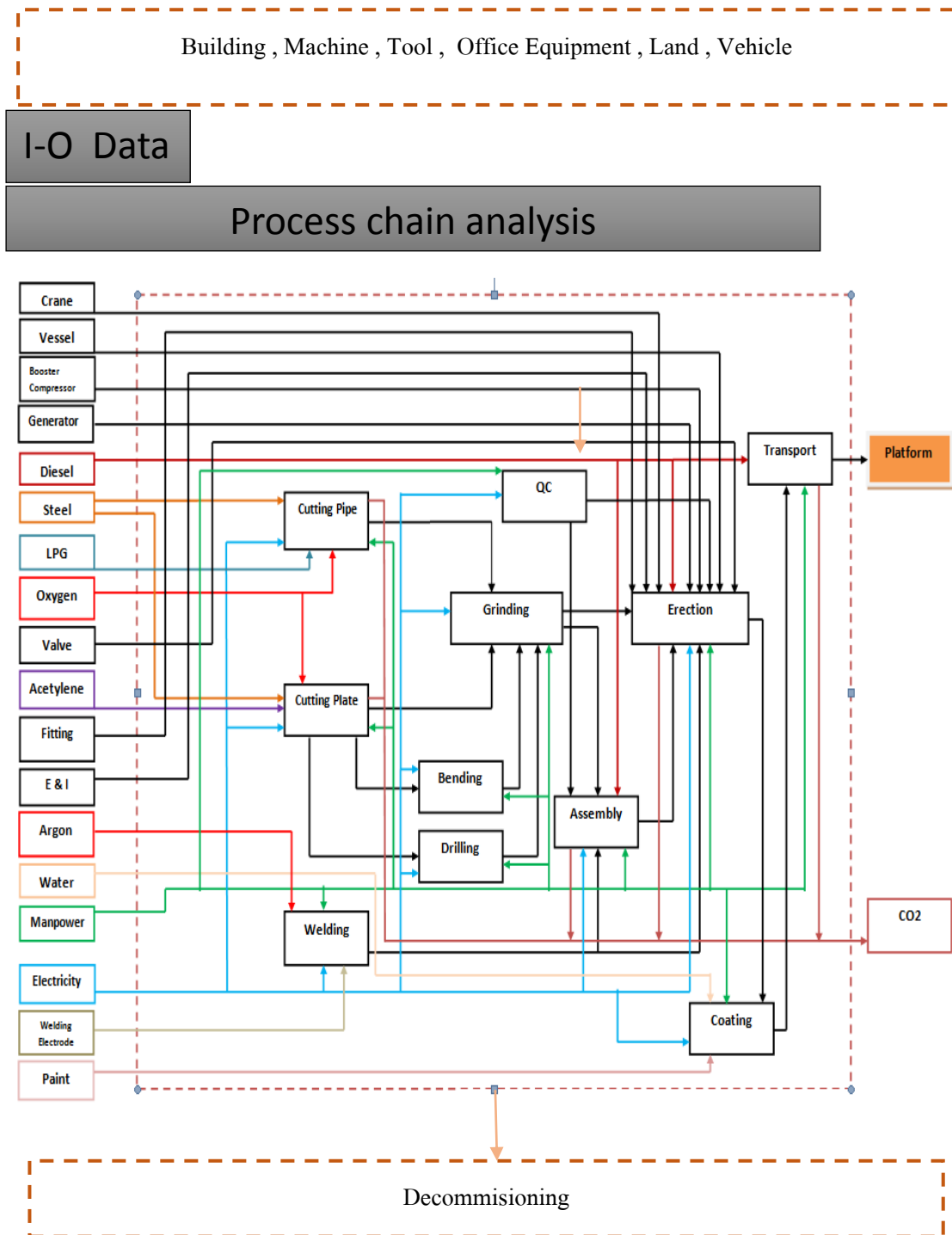
I-O Data

Process chain analysis



ภาพที่ 3-6 เส้นทางการขนานการในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (SMAW+FCAW)

แผนผังกระบวนการการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมแบบการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม
จากข้อมูลกระบวนการผลิต สามารถเขียนในรูปแบบระบบทางพลังงานได้ดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 เส้นทางกระบวนการในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (SMAW)

กระบวนการผลิตของทั้ง 2 กระบวนการนี้มีลักษณะคล้ายกัน แตกต่างกันที่ชนิดของ
 ลวดเชื่อม ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ และเวลาในการผลิต ข้อแตกต่างของ 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1. ปริมาณของลวดเชื่อมฟลักซ์คอร์ ในกระบวนการเชื่อม
2. ปริมาณของ CO₂ ที่ใช้เป็นแก๊สปกคลุม ในกระบวนการเชื่อม
3. ปริมาณของลวดเชื่อมที่อาร์คด้วยไฟฟ้า ในกระบวนการเชื่อม
4. เวลาในการผลิต
5. จำนวนแรงงานที่ใช้ในการผลิต
6. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากแผนผังในกระบวนการผลิตแทนแบบหลุมผลิตสามารถจำแนกวัตถุดิบและบริการ
 แยกตามรหัส Sector ได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลทรัพยากรและบริการที่ใช้ในการผลิตแทนชุดเจาะปีโตรเลียม

รหัส Sector	ชื่อ Sector	ทรัพยากรและบริการที่ใช้
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	- เหล็ก
117	การผลิตเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าสำหรับ งานอุตสาหกรรมกิจกรรม	- ใบหินเจีย
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	- ดีเซล
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	- แอลพีจี
84	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน	- ออกซิเจน
84	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน	- อาร์กอน
84	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน	- คาร์บอนไดออกไซด์
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	- ลวดเชื่อม
135	การไฟฟ้า	- ไฟฟ้า
137	การประปา	- น้ำประปา
201	เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าตอบแทน	- ค่าตอบแทน
121	การก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย	- อาคารสำนักงาน
75	โรงฟอกหนังและการแต่งสำเร็จหนัง	- ถุงมือหนัง

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

รหัส Sector	ชื่อ Sector	ทรัพยากรและบริการ ที่ใช้
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอผ้าสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	- ถู่มือผ้า
115	การผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์พิเศษ	- เกรน
122	การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ	- อุปกรณ์ไฟฟ้า
87	การผลิตสี น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	- สี
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	- น้ำมันหล่อลื่น
94	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	- น้ำมันหล่อเย็น
98	การผลิตพลาสติก	- พลาสติกทุกชนิด
94	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	- จาระบี
78	โรงเลื่อย	- ไม้อัด
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอผ้าสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	- เศษผ้า
87	การผลิตสีทา น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	- สเปร์เก็บสี
87	การผลิตสีทา น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	- ทินเนอร์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะคำนวณปริมาณการปล่อย CO₂ ขึ้นตอนของการศึกษา โดยเริ่มจากการหาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CO₂ (Emission factor) ของ Input ที่ใช้ในการผลิต ทั้งทางตรงและทางอ้อม

การหาปริมาณการปล่อย CO₂ ในแต่ละ Sector จะต้องทำการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร ซึ่งจะนำมาคำนวณหาค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์โดยการใช้ตาราง I/O ซึ่งจะเทียบเป็นต้นทุนจากการใช้ทรัพยากร ซึ่งทำให้เราทราบค่าการปลดปล่อยทางอ้อม ส่วนการเผาไหม้ทางตรงจากกระบวนการผลิตก็จะทำการเก็บข้อมูลของปริมาณการใช้ทรัพยากร แล้วทำการคำนวณการปลดปล่อย CO₂ จากปริมาณที่ใช้ในกระบวนการผลิต คูณกับ Emission factor ของการเผาไหม้ ตามวิธีการใน IPCC Guideline

1. ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ จากการปล่อยทางอ้อมของการผลิตแทนชุดเจาะ 1 แท่น

1.1 วัตถุดิบในแต่ละกระบวนการจำแนกตามตาราง I/O (เหล็กจากประเทศญี่ปุ่น) ได้ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการในกระบวนการเตรียมชิ้นงาน

รหัส Sector	ชื่อ Sector	วัตถุดิบที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)			
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+F CAW	ค่าความต่างของการ ปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558	เปรียบเทียบการปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	เหล็ก	1,63012	1,528.81	101.31	ลดลง
135	การไฟฟ้า	ไฟฟ้า	77.51	78.94	-1.43	เพิ่มขึ้น
117	การผลิตเครื่องจักรและเครื่องมือไฟฟ้าสำหรับงาน อุตสาหกรรม	ไบหินเจีย	3.52	3.13	0.39	ลดลง
137	การประปา	น้ำประปา	0.20	0.24	-0.04	เพิ่มขึ้น
75	โรงฟอกหนังและการแต่งสำเร็จหนัง	ถุงมือหนัง ปอกแขน	0.60	0.67	-0.07	เพิ่มขึ้น
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	ถุงมือผ้า	0.05	0.06	-0.01	เพิ่มขึ้น
180	กิจกรรมที่ไม่สามารถระบุการผลิตได้	ค่าตอบแทน	47.02	55.29	-8.27	เพิ่มขึ้น
84	การผลิตเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้นมูลฐาน	ออกซิเจน	1.39	1.30	0.09	ลดลง
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	แอลพีจี	14.96	13.03	1.93	ลดลง
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	น้ำมันหล่อลื่น	1.79	1.94	-0.15	เพิ่มขึ้น
94	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	น้ำมันหล่อเย็น	1.14	1.25	-0.11	เพิ่มขึ้น
94	การผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	จาระบี	0.03	0.05	-0.02	เพิ่มขึ้น
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอสำเร็จรูป ยกเว้นเครื่องแต่งกาย	เศษผ้า	0.08	0.09	-0.01	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 3-2 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์ และบริการในกระบวนการเตรียมชิ้นงาน ของปี 2557 SMAW กับ ปี 2558 SMAW+FCAW พบว่า ตามรายการวัตถุดิบ ของปี 2558 มีประสิทธิภาพดีขึ้นมากกว่าปี 2557 ดังนี้ เหล็ก ไบหินเจีย ออกซิเจน และแอลพีจี ส่วนรายการอื่น ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำประปา ถุงมือหนัง ปอกแขน ถุงมือผ้า ค่าตอบแทน น้ำมันหล่อลื่น น้ำมันหล่อเย็น จารบี และเศษผ้า ของปี 2558 มีประสิทธิภาพลดลงกว่า ปี 2557

ตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการประกอบและติดตั้ง

รหัส Sector	ชื่อ Sector	วัตถุดิบ ที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)			
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+ FCAW	ค่าความต่าง ของการปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558	เปรียบเทียบ การปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558
135	การไฟฟ้า	ไฟฟ้า	77.51	85.36	-7.85	เพิ่มขึ้น
137	การประปา	น้ำประปา	1.99	1.83	0.16	ลดลง
115	การผลิตเครื่องจักรและ อุปกรณ์พิเศษ	เครน	103.6	103.67	0	เท่า เดิม
122	การผลิตเครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ	อุปกรณ์ ไฟฟ้า	297.6	297.66	0	เท่าเดิม
75	โรงฟอกหนังและการแต่ง สำเร็จหนัง	ถุงมือ หนัง ปอกแขน	1.02	1.11	-0.09	เพิ่มขึ้น
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอถัก สำเร็จรูป ยกเว้น เครื่องแต่งกาย	ถุงมือผ้า	0.01	0.01	0	เท่าเดิม
201	เงินเดือนค่าจ้าง ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทน	904.2	722.59	181.64	ลดลง
84	การผลิตเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรม ขั้นมูลฐาน	ไม้อัด	0.32	0.33	-0.01	เพิ่มขึ้น
93	โรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	ดีเซล	0.60	0.37	0.23	ลดลง

จากตารางที่ 3-3 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และ บริการ ในกระบวนการประกอบ และติดตั้งของปี 2557 SMAW กับ ปี 2558 SMAW+FCAW พบว่า ตามรายการวัตถุดิบ ของปี 2558 มีประสิทธิภาพดีขึ้นมากกว่าปี 2557 ดังนี้ น้ำประปา ค่าตอบแทน ดีเซล ส่วนที่มีประสิทธิภาพเท่าเดิม ได้แก่ เครน อุปกรณ์ไฟฟ้า ถุงมือผ้า และในส่วนอื่นจะมี ประสิทธิภาพลดลง ได้แก่ ไฟฟ้า ถุงมือหนัง ปอกแขน และไม้อัด

ตารางที่ 3-4 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการเชื่อม

รหัส Sector	ชื่อ Sector	วัตถุดิบที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)			
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+FCAW	ค่าความต่าง ของการปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558	เปรียบเทียบ การปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558
135	การไฟฟ้า	ไฟฟ้า	301.03	263.52	37.51	ลดลง
106	การผลิตผลิตภัณฑ์ เหล็กกล้า	ลวดเชื่อม	34.58	13.90	20.68	ลดลง
		ไฟฟ้า				
106	การผลิตผลิตภัณฑ์ เหล็กกล้า	ลวดเชื่อม ฟลักซ์คอร์	-	261.04	0	-
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอ ถักสำเร็จรูป ยกเว้น เครื่องแต่งกาย	เศษผ้า	0.08	0.07	0.01	ลดลง
75	โรงฟอกหนังและ การแต่งสำเร็จหนัง	ถุงมือหนัง ปอกแขน	1.24	1.16	0.08	ลดลง
201	เงินเดือนค่าจ้าง ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทน	942.75	765.50	177.25	ลดลง
84	การผลิตเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรม ขั้นมูลฐาน	CO ₂	-	106.74	0	-
84	การผลิตเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรม ขั้นมูลฐาน	อาร์กอน	123.58	137.38	-13.8	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 3-4 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และ
บริการ ในกระบวนการเชื่อม ของปี 2557 SMAW กับ ปี 2558 SMAW+FCAW พบว่า ตามรายการ
วัตถุดิบ ของปี 2558 มีประสิทธิภาพดีขึ้นมากกว่าปี 2557 ดังนี้ ไฟฟ้า เศษผ้า ถุงมือหนัง ปลอกแขน
ลวดเชื่อมไฟฟ้า และค่าตอบแทน ส่วนประสิทธิภาพลดลงกว่าปี 2557 ได้แก่ อาร์กอน

ตารางที่ 3-5 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ
ในกระบวนการทำสี

รหัส Sector	ชื่อ Sector	วัตถุดิบที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t-CO ₂)			
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+ FCAW	ค่าความต่าง ของการปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558	เปรียบเทียบ การปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558
137	การประปา	น้ำประปา	4.69	3.62	1.07	ลดลง
135	การไฟฟ้า	ไฟฟ้า	96.55	99.63	-3.08	เพิ่มขึ้น
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอถัก สำเร็จรูป ยกเว้น เครื่องแต่งกาย	เศษผ้า	0.08	0.08	0	เท่าเดิม
70	การผลิตสินค้าสิ่งทอถัก สำเร็จรูป ยกเว้น เครื่องแต่งกาย	ถุงมือผ้า	0.01	0.01	0	เท่าเดิม
87	การผลิตสี น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	สเปรย์เก็บสี	0.47	0.63	-0.16	เพิ่มขึ้น
87	การผลิตสี น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	สี	219.15	267.10	-47.95	เพิ่มขึ้น
201	เงินเดือนค่าจ้าง ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทน	164.57	163.38	1.19	ลดลง
87	การผลิตสี น้ำมันชักเงา และแลคเกอร์	ทินเนอร์	2.14	2.19	-0.05	เพิ่มขึ้น
98	การผลิตพลาสติก	พลาสติก	0.14	0.16	-0.02	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 3-5 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และ บริการ ในกระบวนการทำสี ของปี 2557 SMAW กับ ปี 2558 SMAW+FCAW พบว่า ตามรายการ วัตถุดิบ ของปี 2558 มีประสิทธิภาพดีขึ้นมากกว่าปี 2557 ดังนี้ น้ำประปา และค่าตอบแทน ส่วนประสิทธิภาพคงเดิม ได้แก่ ถุงมือผ้า และเศษผ้า และประสิทธิภาพลดลงกว่าปี 2557 ได้แก่ ไฟฟ้า สเปร์เก็บสี สี ทินเนอร์ และพลาสติก

ตารางที่ 3-6 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และบริการ ในกระบวนการขนส่ง

รหัส Sector	ชื่อ Sector	วัตถุดิบ ที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)			
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+FCAW	ค่าความต่าง ของการปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558	เปรียบเทียบ การปล่อย CO ₂ ปี 2557 กับ ปี 2558
94	การผลิตผลิตภัณฑ์ อื่น ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม	ดีเซล	0.02	0.01	0.01	ลดลง
137	การประปา	น้ำประปา	0.02	0.02	0	เท่าเดิม
201	เงินเดือนค่าจ้าง ค่าตอบแทน	ค่าตอบแทน	4.70	4.32	0.38	ลดลง

จากตารางที่ 3-6 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ อุปกรณ์และ บริการ ในกระบวนการขนส่ง ของปี 2557 SMAW กับ ปี 2558 SMAW+FCAW พบว่า ตามรายการ วัตถุดิบ ของปี 2558 มีประสิทธิภาพดีขึ้นมากกว่าปี 2557 ดังนี้ ดีเซล และค่าตอบแทน ส่วนน้ำประปา มีประสิทธิภาพเท่าเดิม

1.2 วัตถุดิบในกระบวนการผลิตที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ 3-7 Emission factor ของวัตถุดิบที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

รหัส Sector	ชื่อ Sector	Emission Factor (kg CO ₂ / MJPY)	
		ปี 2557	ปี 2558
175	Cast and forged steel	3,627.41	3,275.84

จากตารางที่ 3-7 จะนำค่า Emission factor ไปคำนวณค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเหล็กซึ่งค่าที่คำนวณได้แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างค่า Emission factor ของประเทศญี่ปุ่นกับประเทศไทยได้ดังตารางที่ 3-8 โดยมีอัตราแลกเปลี่ยนเงิน 1 เยนญี่ปุ่น = 0.2937 บาทไทย ณ ปี พ.ศ. 2557 และ 1 เยนญี่ปุ่น = 0.2958 บาทไทย ณ ปี พ.ศ. 2558

ตารางที่ 3-8 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของเหล็ก จาก Emission factor ของประเทศญี่ปุ่น และประเทศไทย

รหัส Sector	ชื่อ Sector	ตาราง IOA	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)	
			ปี 2557	ปี 2558
			SMAW	SMAW+FCAW
175	Cast and forged steel	เหล็กประเทศญี่ปุ่น	1,630.12	1,528.81
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	เหล็กประเทศไทย	8,553.40	8,004.30

จากตารางที่ 3-8 แสดงให้เห็นว่าในปี 2557 ในการเชื่อมแบบ SMAW ที่เลือกใช้เหล็ก (ประเทศญี่ปุ่น) มีค่าการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 1,630.12 t- CO₂ ถ้าเลือกใช้เหล็กในประเทศไทย จะได้ค่าการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 8,553.40 t-CO₂ ซึ่งมีค่าต่างกันประมาณ 5 เท่า ส่วนในปี 2558 ที่ได้นำการเชื่อมแบบ SMAW+FCAW มาใช้ในกระบวนการผลิต โดยเลือกใช้เหล็ก (ประเทศญี่ปุ่น) ทำให้มีค่าการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 1,528.81 ในขณะที่เลือกใช้เหล็กในประเทศไทย ค่าการปลดปล่อย CO₂ เท่ากับ 8,004.30 ซึ่งมีค่าต่างกันประมาณ 5 เท่าเช่นเดียวกัน

2. ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ จากการปล่อยทางตรงของการผลิตแท่งขูดเจาะ 1 แท่ง
 การเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์จากกระบวนการประกอบ ติดตั้งรวมทั้ง การขนส่งและการเผาไหม้ของแอลพีจีในการตัดเหล็กในกระบวนการเตรียมชิ้นงาน จะคำนวณ

การปลดปล่อย CO₂ จากปริมาณที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามวิธีการใน IPCC Guideline ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซล

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงดีเซล 7,350 ลิตร

ค่าการแปลงหน่วย 36.42 kJ/L = 0.00003642 TJ/L

อัตราการปลดปล่อยคาร์บอน 20.2 ton.C/TJ

อัตราการออกซิไดซ์ของคาร์บอน (% Carbon oxidized) เชื้อเพลิงเหลว 99%

ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ = 0.01962695 Gg.CO₂

ปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ = 19,62695 Kg.CO₂

ตารางที่ 3-9 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม SMAW+FCAW

เชื้อเพลิง	ปริมาณที่ใช้	Conversion factor	Emission factor	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรง
ดีเซล	7,650 L	36.42 kJ/L	20.2 ton.C/TJ	1.57 t-CO ₂
แอลพีจี	2,234 kg	26.62 MJ/kg	17.2 ton.C/TJ	0.28 t-CO ₂

จากตารางที่ 3-9 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม SMAW+FCAW พบว่าเชื้อเพลิงดีเซล มีปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรง เท่ากับ 20,374.64 kg.CO₂ และแอลพีจี เท่ากับ 3,732.27 kg.CO₂

ตารางที่ 3-10 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม SMAW

เชื้อเพลิง	ปริมาณที่ใช้	Conversion factor	Emission factor	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรง
ดีเซล	7,350 L	36.42 kJ/L	20.2 ton.C/TJ	1.96 t-CO ₂
แอลพีจี	2,030 kg	26.62 MJ/kg	17.2 ton.C/TJ	0.34 t-CO ₂

จากตารางที่ 3-10 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม SMAW พบว่าดีเซล มีปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรง เท่ากับ 19,626.95 kg.CO₂ และแอลพีจี มีปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรง เท่ากับ 3,391.45 kg.CO₂

ตารางที่ 3-11 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม แบบ SMAW+FCAW กับแบบ SMAW

เชื้อเพลิง	ปริมาณที่ใช้	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ ทางตรง		ค่าความต่าง (t-CO ₂)	ผลการเปรียบเทียบ
		SMAW	SMAW+FCAW		
ดีเซล	7,350 L	1.96	1.57	0.39	SMAW+FCAW ดีกว่า SMAW
แอลพีจี	2,030 kg	0.34	0.28	0.06	SMAW+FCAW ดีกว่า SMAW

จากตารางที่ 3-11 เปรียบเทียบปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางตรงของการเผาไหม้ดีเซลและแอลพีจีในกระบวนการเชื่อม แบบ SMAW+FCAW กับแบบ SMAW พบว่า เชื้อเพลิงทั้งแบบดีเซล และแบบแอลพีจี ของปริมาณการปลดปล่อย SMAW ดีกว่า SMAW+FCAW

3. ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ทางอ้อมของเครื่องจักร อุปกรณ์ อาคารและยานพาหนะ (Capital input) ของการผลิตแท่นขุดเจาะ 1 แท่น

เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Capital input) ในแต่ละกระบวนการ สามารถใช้ข้อมูลจากตาราง Input-output ประเมินเช่นเดียวกับการหาการปลดปล่อย CO₂ ของวัตถุดิบ โดยหาข้อมูลราคาอายุของเครื่องจักรและอุปกรณ์แต่ละชนิด และปริมาณชิ้นงานที่ผลิตได้ตลอดอายุการใช้งาน ดังตารางที่ 3-5 จากนั้นนำมาทำการป้อนส่วนเพื่อคิดปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ต่อแท่นเจาะแบบหลุมผลิต 1 แท่น

ตารางที่ 3-12 ข้อมูลเครื่องจักร อุปกรณ์ อาคารและที่ดิน (Capital input)

เครื่องจักร/ อุปกรณ์	อายุการใช้งาน (ปี)	ราคา (บาท)	ปริมาณแทน ที่ผลิตได้ทั้งหมด (SMAW)	ปริมาณแทน ที่ผลิตได้ทั้งหมด (SMAW+FCAW)
Cutting machine	5	2,736,000	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
Drilling machine	5	1,042,800	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
Bending machine	5	1,113,600	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
SMAW welding machine	5	1,528,800	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
FCAW welding machine	5	2,127,000	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
vehicle	5	13,657,000	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
Boat	5	5,580,000	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
Office equipment	5	3,640,000	50 แทนต่อ 5 ปี	65 แทน ต่อ 5 ปี
Building	20	23,630,000	200 แทนต่อ 10 ปี	260 แทน ต่อ 10 ปี

จากตารางที่ 3-12 แสดงให้เห็นว่าในปี 2557 ที่ใช้การเชื่อมแบบ SMAW มาใช้ในกระบวนการผลิตจะสามารถผลิตแทนชุดเจาะปีโตเลียมได้จำนวน 10 แทนต่อปี ในขณะที่ปี 2558 การนำการเชื่อม (SMAW+FCAW) มาใช้กระบวนการผลิตจะสามารถผลิตแทนชุดเจาะปีโตเลียมได้ถึง 13 แทนต่อปี

การเปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ 2 กระบวนการผลิต

เปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของผลิตภัณฑ์ คือ เปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตแทนชุดเจาะปีโตเลียมแบบหลุมผลิตโดยใช้การเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกับการผลิตแทนแบบการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมแบบเดิม โดยจะเปรียบเทียบต่อ 1 แทน

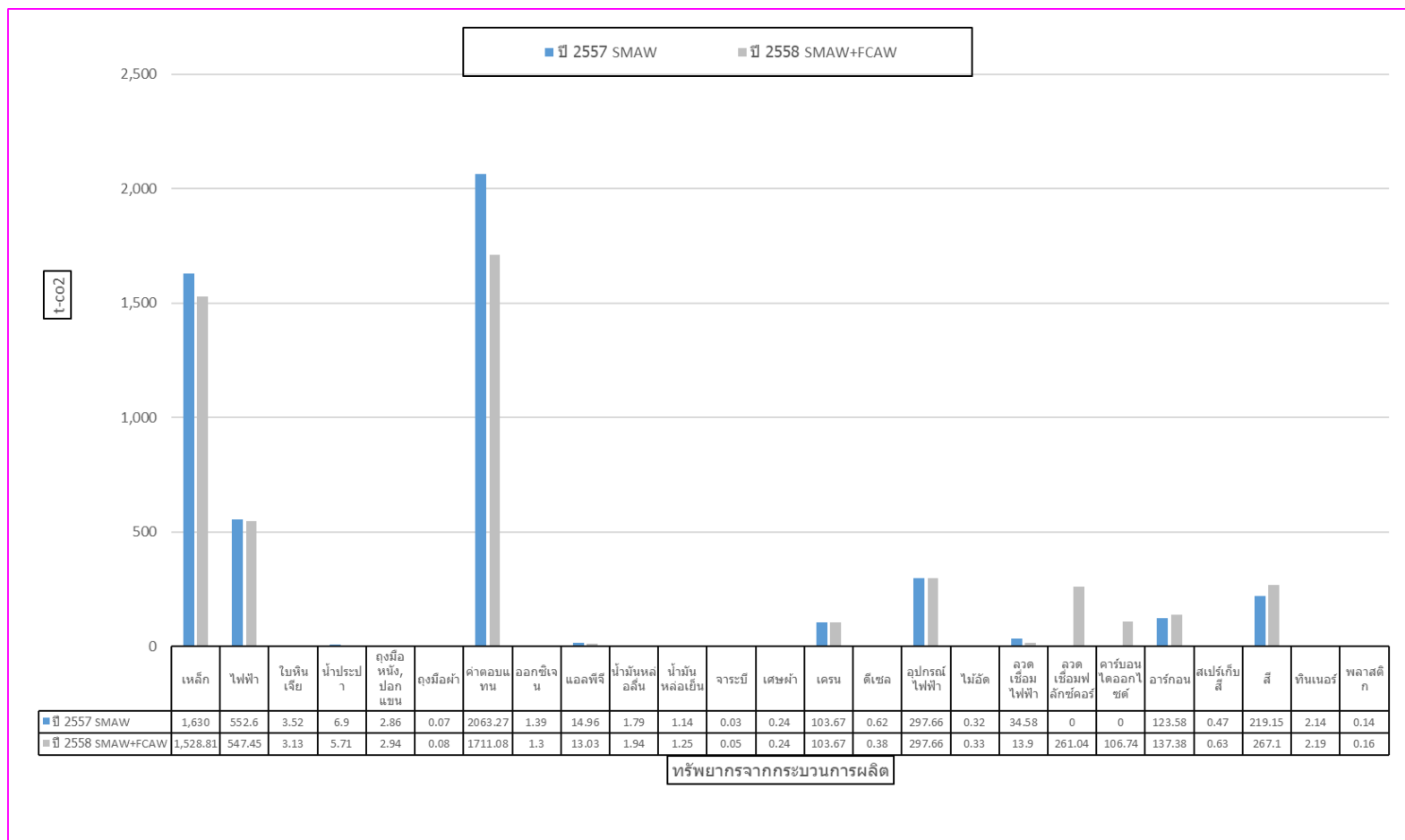
บทที่ 4

ผลการศึกษาดำเนินงาน

ผลการศึกษา

ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานเชื่อม ที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จากวัฏจักรชีวิตของการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิต โดยใช้วิธี LCA ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ ของงานเชื่อม ในการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิต ในการเชื่อมแบบเดิมเปรียบเทียบกับ การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) โดยมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

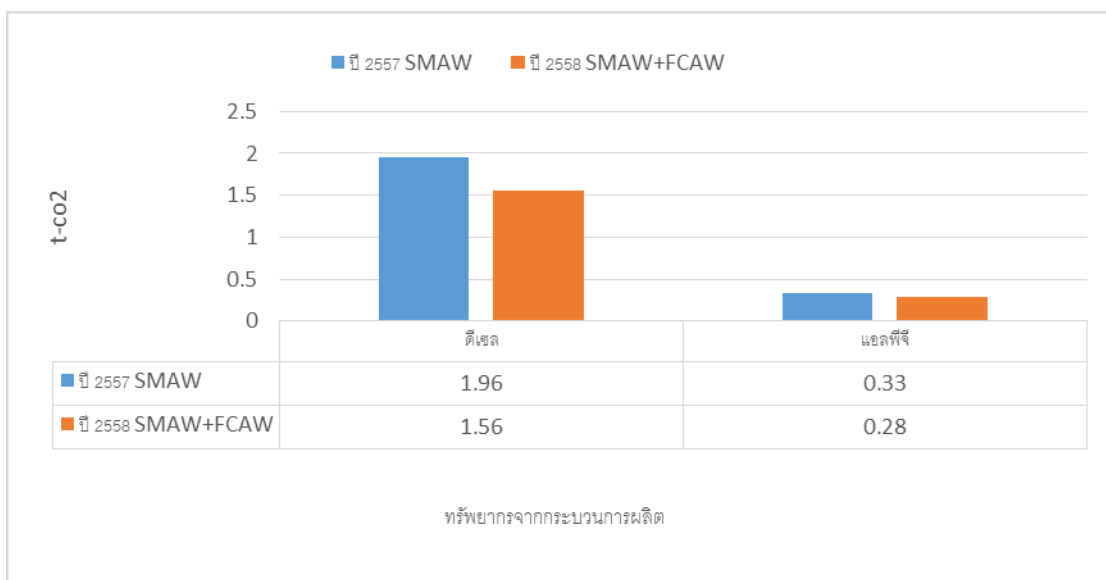
1. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน
2. ประเมินตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ จนถึง การได้มาของผลิตภัณฑ์ (Cradle to gate) โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Combined IOA-PCA
3. ใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้จริงในการผลิต โดยเปรียบเทียบกับแฟกเตอร์ต้นน้ำเหล็กจากประเทศไทย เพื่อต้องการให้เห็นว่าถ้าเลือกที่มาของวัตถุดิบไม่ถูกต้องจะทำให้ค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าแตกต่างกันเท่าไร
4. ใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2558 ในการเก็บค่าของทรัพยากรและบริการในการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบมีการเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มผลผลิตเพราะเป็นปีแรกของการเริ่มนำ การเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มผลผลิตโดยเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557 ซึ่งยังใช้การเชื่อมไฟฟ้าด้วย ลวดเชื่อมแบบเดิมในการผลิต
5. หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งผลการศึกษา ดังนี้
 - 5.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้ วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ ทางอ้อม โดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็ก ของประเทศญี่ปุ่น ในกระบวนการผลิตทั้ง 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียมชิ้นงาน กระบวนการประกอบและติดตั้ง กระบวนการเชื่อมโลหะ กระบวนการทำสีและกระบวนการขนส่ง โดยอธิบายได้ดังภาพที่ 4-1 ดังนี้



ภาพที่ 4-1 ปริมาณการปล่อย CO₂ ทางอ้อมในทุกกระบวนการผลิตแทนจุดเจาะปีโตรเลียม

จากภาพที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าปริมาณการปล่อย CO₂ หลังจากมีการนำการเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต มีค่าลดลงจากเหล็ก ไฟฟ้า และค่าตอบแทนมากที่สุด เมื่อเทียบกับ ทรัพยากรและบริการที่ใช้ในการผลิตอื่น ๆ รองลงมา คือ ลวดเชื่อมไฟฟ้า แอลพีจี น้ำประปา ไบโกลีเยอร์ และดีเซล

5.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ ทางตรง โดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่น ในกระบวนการผลิตทั้ง 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียมชิ้นงาน กระบวนการประกอบและติดตั้ง กระบวนการเชื่อมโลหะ กระบวนการทำสีและกระบวนการขนส่ง โดยอธิบายได้ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ปริมาณการปล่อย CO₂ ทางตรงในทุกกระบวนการผลิตแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม

จากภาพที่ 4-1 จะเห็นได้ว่าปริมาณการปล่อย CO₂ หลังจากมีการนำการเชื่อมฟลักซ์คอร์มาช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต ทำให้ดีเซลและแอลพีจีมีค่าการปล่อย CO₂ ทางตรงลดลง

5.3 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดยทาง Capital input โดยเปรียบเทียบการเชื่อม SMAW+FCAW กับ SMAW โดย SMAW+FCAW ปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดยทาง Capital input เท่ากับ 21.13 t-CO₂ และ SMAW ปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดยทาง Capital input เท่ากับ 26.31 t-CO₂ ซึ่งวิธีการคำนวณได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 3-6

5.4 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ รวมทั้งหมดทั้งทางอ้อมทางตรงและทางอ้อมโดยทาง Capital input โดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่น ในกระบวนการผลิตทั้ง 5 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการเตรียมชิ้นงาน กระบวนการประกอบและติดตั้ง กระบวนการเชื่อมโลหะ กระบวนการทำสีและกระบวนการขนส่ง โดยอธิบายได้ดังตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA โดยใช้ Emission factor จากเหล็กประเทศญี่ปุ่น

วิธีการประเมิน	ปล่อย CO ₂ ทางอ้อม	ปล่อย CO ₂ ทางตรง	ปล่อย CO ₂ ทางอ้อมโดย Capital input	รวม (t-CO ₂)
SMAW	5,065.49	2.30	26.31	5,091.10
SMAW + FCAW	5,003.82	1.85	21.13	5,026.80
ส่วนต่าง (Different = (5,351.60 – 5,302.67))				64.30

จากตารางที่ 4-1 การประเมิน พบว่าแบบ Combined IOA-PCA โดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่น วิธีการประเมิน แบบ SMAW มีการปล่อย CO₂ ทางอ้อม เท่ากับ 5,065.49 t-CO₂ การปล่อย CO₂ ทางตรง เท่ากับ 2.30 t-CO₂ และการปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดย Capital input เท่ากับ 26.31 t-CO₂ ส่วนแบบ SMAW+FCAW การปล่อย CO₂ ทางอ้อม เท่ากับ 5,003.82 t-CO₂ ปล่อย CO₂ ทางตรง เท่ากับ 1.85 t-CO₂ และการปล่อยทางอ้อมโดย Capital input เท่ากับ 21.13 t-CO₂ โดยสรุป แบบ SMAW มีการปล่อย CO₂ รวมมากกว่าแบบ SMAW+FCAW โดยการปล่อย SMAW เท่ากับ 5,091.10 t-CO₂ และแบบ SMAW+FCAW เท่ากับ 5,026.80 t-CO₂ ซึ่งมีค่าที่ต่างกันเท่ากับ 64.30 t-CO₂ ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ปริมาณการปล่อย CO₂ ทางอ้อม ทางตรงและทางอ้อมโดย Capital input
ในทุกกระบวนการผลิตแทนชุดเจาะปีโตรเลียม

5.5 ปริมาณการปลดปล่อย CO₂ ของเหล็ก จาก Emission factor ของประเทศญี่ปุ่น
และประเทศไทย โดยอธิบายได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ปริมาณการปล่อย CO₂ ของเหล็กในกระบวนการผลิต

รหัส Sector	ชื่อ Sector	ตาราง IOA	ปริมาณการปลดปล่อย CO ₂ (t- CO ₂)	
			ปี 2557 SMAW	ปี 2558 SMAW+FCAW
175	Cast and forged steel	เหล็ก (ประเทศญี่ปุ่น)	1,630.12	1,528.81
106	การผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	เหล็ก (ประเทศไทย)	8,553.40	8004.30

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าการเลือกแหล่งที่มาของวัตถุดิบอย่างถูกต้องมาคำนวณจะทำให้ผลของค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าปริมาณการปลดปล่อย CO₂ จากแฟกเตอร์ต้นน้ำของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่นและไทย มีค่าต่างกันประมาณ 5 เท่า ซึ่งวัตถุดิบจริงที่เรานำมาใช้ในการผลิตเป็นหลักจากประเทศญี่ปุ่น

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของงานเชื่อม ที่มีผลต่อการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ จากวัฏจักรชีวิตของการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิต โดยใช้วิธี LCA ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อประเมินปริมาณการปล่อย CO₂ ของงานเชื่อมในการผลิตแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมแบบหลุมผลิตในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม (SMAW) กับการนำการเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW) มาช่วยผลผลิตในกระบวนการผลิต ทั้งนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

สรุปผลการศึกษา

1. ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขูดเจาะปีโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ โดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่นพบว่า 1) วิธีการประเมิน แบบ SMAW มีการปล่อย CO₂ ทางอ้อมทุกกระบวนการผลิต เท่ากับ 5,065.49 t-CO₂ การปล่อย CO₂ ทางตรงในกระบวนการผลิต เท่ากับ 2.30 t-CO₂ และการปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดย Capital input เท่ากับ 26.31 t-CO₂ ส่วนแบบ SMAW+FCAW การปล่อย CO₂ ทางอ้อมทุกกระบวนการผลิต เท่ากับ 5,003.82 t-CO₂ ปล่อย CO₂ ทางตรงในกระบวนการผลิต เท่ากับ 1.85 t-CO₂ และการปล่อย CO₂ ทางอ้อมโดย Capital input เท่ากับ 21.13 t-CO₂ โดยสรุป แบบ SMAW มีการปล่อย CO₂ รวมมากกว่าแบบ SMAW+FCAW โดยการปล่อย SMAW เท่ากับ 5,091.10 t-CO₂ และแบบ SMAW+FCAW เท่ากับ 5,026.80 t-CO₂ ซึ่งมีค่าที่ต่างกันเท่ากับ 64.30 t-CO₂

2. ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่งขูดเจาะปีโตรเลียม ขนาด 1,258 ตัน โดยประเมินการปล่อย CO₂ เฉพาะเหล็กโดยใช้แฟกเตอร์ต้นน้ำจากเหล็กของประเทศญี่ปุ่นเปรียบเทียบกับเหล็กของประเทศไทยพบว่า ค่าปริมาณการปลดปล่อย CO₂ จากแฟกเตอร์ต้นน้ำของเหล็กจากประเทศไทยมีค่ามากกว่าเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น เท่ากับ 5.24 เท่า

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงสำหรับผลการศึกษา

1. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียมขนาด 1,258 ตัน โดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA ในการปล่อย CO₂ โดยใช้ Emission factor จากเหล็กประเทศญี่ปุ่น ซึ่งการประเมินโดยสรุป พบว่า แบบ SMAW มีการปล่อย CO₂ สูงกว่าแบบ SMAW+FCAW โดยสูงกว่า 64.30 t-CO₂ แบบ SMAW จึงเห็นได้ว่าการใช้การเชื่อมอาร์คโลหะด้วยมือ SMAW ร่วมกับกระบวนการเชื่อมแบบพลาสมา โดยการประเมินโดยใช้วิธีประเมินแบบ Combined IOA-PCA จะทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาลดลงได้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงว่า หากจะใช้การเชื่อม และแบบ SMAW+FCAW เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาได้

2. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม ขนาด 1,258 ตัน โดยใช้ Emission factor จากเหล็กประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้จริง ถ้าเราใช้เลือก Emission factor เหล็กในประเทศไทยใช้ในการคำนวณซึ่งมีค่า Emission factor สูงกว่ามาก จะทำให้ผลงานวิจัยที่ได้มามีค่าคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นเราจึงแนะนำให้เลือกของญี่ปุ่นดีกว่าของไทย

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงสำหรับผลการปล่อย CO₂

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแท่นขุดเจาะปิโตรเลียม ค่าที่คำนวณได้จากการเลือกใช้ IOA ของเหล็กจากประเทศญี่ปุ่น ทำให้การคำนวณการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แม่นยำมากยิ่งขึ้น เปรียบเทียบกับการใช้ IOA ของเหล็กในประเทศไทย

แต่อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาในส่วนของประสิทธิภาพที่ได้รับ คือ สามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้กับสภาพแวดล้อมได้ ซึ่งถือเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมนโยบายกิจกรรมสิ่งแวดล้อมให้กับองค์กรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นก็ตาม จะเห็นว่าแนวทางหนึ่งที่ช่วยลด CO₂ ลงได้ซึ่งเป็นแบบที่ควรเลือกใช้ในงานเชื่อม แท่นขุดเจาะปิโตรเลียม กับงบประมาณที่ต้องเสียแล้วคุ้มค่ากว่า อาจจำเป็นต้องพัฒนาใช้เทคโนโลยีการเชื่อมตัวใหม่ในอนาคต แต่ข้อเสียคือ ค่าเครื่องเชื่อมอาจมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณภาพ ระยะเวลาบำรุงรักษาที่ยาวนาน ความชำนาญของบุคลากรในการเชื่อม และปริมาณความร้อนที่สะสม และปัจจัยอื่น ๆ ร่วม เพื่อสามารถเพิ่มโอกาสที่ดีในการเชื่อม และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนากิจกรรมสิ่งแวดล้อมให้กับองค์กรได้

บรรณานุกรม

- กรมเชื้อเพลิงพลังงาน. (2554). *เทคนิคการเจาะหลุมปิโตรเคมี*. เข้าถึงได้จาก http://www.dmf.go.th/index.php?act=petroleum&sec=drilling_technic
- คณะทำงานวิจัยเชิงบูรณาการ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรเขต 1-11. (2556). *ภาวะการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกปาล์มน้ำมัน*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.
- ณัฐณี วรยศ. (2556). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์*. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ธีรเวช ทิพย์สีแสง. (2557). *การประเมินวัฏจักรชีวิต*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- นพพร ภูระยา, สุธีพร เครือวงศ์ และวสุพล มีทอง. (2555). *ผลกระทบของส่วนผสมแก๊สปกคลุมต่อการเกิดควันละอองโลหะในกระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไร้ฟลักซ์*. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี.
- บริษัท แชนพีเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด. (2559). *นโยบายด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย*. เข้าถึงได้จาก <http://www.schaeffler.co.th/content.schaeffler.co.th/th/company/environment/e-policy/EnvironmentalPolicy.jsp>
- บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน). (2557). *การผลิตปิโตรเลียม*. เข้าถึงได้จาก <https://www2.pttep.com/energyliteracy/PTTEP/issue.aspx?id=25>
- ปฐมา ไพโรจน์ศักดิ์. (2558). *การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วในจังหวัดจันทบุรี*. ภาควิชาอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงศ์เทพ สุวรรณวาริ. (2557). *การศึกษาออคเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายขาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย กรณีศึกษา: จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์*. สาขาวิชาชีววิทยา, สำนักวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ. (2557). *เอกสารคำสอนวิชา พลังงาน สิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ*.
- มูลนิธินโยบายสุขภาพ. (2557). *การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย: โอกาสและความท้าทาย*. นนทบุรี: มูลนิธินโยบายสุขภาพ.

- เวิร์ดเพรส (Wordpress). (2557). *ปิดทางกลุ่มอนุรักษ์ ยื่นหนังสือถึงรัฐมนตรีพลังงาน*.
เข้าถึงได้จาก https://tlhr2014.wordpress.com/2015/08/10/protest_petroleum
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
(2557). *การประเมินวัฏจักรชีวิต*. เข้าถึงได้จาก
<http://www.thaicidatabase.net/index.php/history-life-cycle-assessment-lca>
สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย). (2552). *การจัดการ
ความปลอดภัยในการทำงาน*. เข้าถึงได้จาก www.shawpat.or.th/index.php?option=com.
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 6 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). *การศึกษาการปล่อย
ก๊าซเรือนกระจกจากผลิตภัณฑ์ทุเรียนผลสดในพื้นที่เมืองเกษตรสีเขียว จังหวัดจันทบุรี*.
เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร: กันยายน. จันทบุรี: สามดีเวิร์ค.
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2557). *สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก*.
เข้าถึงได้จาก <http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=10&s2=35>.
อัจฉรา วีระวงศ์. (2555). *โครงการพัฒนาเทคโนโลยีการเปลี่ยนก๊าซ CO₂ ให้กลายเป็นก๊าซมีเทน
CH₄CO₂ Conversion to methane (CCM) project*. บริษัท ปตท. สำรวจและผลิต
ปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน).
- A.V. Vargas a, E. Zen_on b, U. Oswald c, J.M. Islas b, L.P. Güereca d & F.L. Manzini. (2015).
Life cycle assessment of case study of teo wind turbines used in Mexico. pp1210-1216
- Augus, Mather. *Offshore Engineering*. England. Witherby & Co Ltd., (2000a). ISBN 1-85609-
186-4, pp.25
- Augus, Mather. *Offshore Engineering*. England. Witherby & Co Ltd., (2000b). ISBN 1-85609-
186-4, pp.27
- Augus, Mather. *Offshore Engineering*. England. Witherby & Co Ltd., (2000c). ISBN 1-85609-
186-4, pp.29
- Augus, Mather. *Offshore Engineering*. England. Witherby & Co Ltd., (2000d). ISBN 1-85609-
186-4, pp.30
- Begoña Guezuraga, Rudolf Zauner & Werner Pölz. (2012) *Life cycle assessment of two
different 2 MW class wind turbines*. pp 37-44
- Nansai, K., Moriguchi, Y. & Tohmo, S. (2002). *Embodied Energy and Emission Intensity Data
for Japan Using Input-Output Tables (3EID)*. National Institute for Environmental
Studies, Tokyo University, Japan.

- Pawinee Suksuntornsiri & Bundit Limmeechokchai. (2005). The PCA and IOA approaches for life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from Thai commodities and energy Consumption, *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 27(1), 177-179
- Pawinee Suksuntornsiri, Paiboon Limpitipanich, Warunee Tia & Bundit Limmeechokchai. (2013). Embodied Primary Energy and CO₂ Emission Intensity in Thai Commodities Based On PDP2010: An Input-Output Analysis. 6th *AUN/SEED-Net Regional Conference on Energy Engineering (RCEnE)*, 14.
- International Organization for Standardization. (2006). *Technical Committee ISO/TC 207. ISO14044:2006-Environment management-Life cycle Assessment-requirement and guidelines*. New York:
- International Organization for Standardization. (2002). *Technical Committee ISO/TC 203. ISO13602-1:2002 Technical energy systems-Methods for analysis*. New York:
- Voorpoels, K, R., Brouwers, E, A., D'haeseleer, W, D., (2000). *Energy content and indirect Greenhouse gas emissions embedded in "emission-free" power plants: results for the low countries*. *Applied energy*, 67: 307-330.
- World bank. (2017). *GDP per capita*, The World Bank, Retrieved from Retrieved from www.worldbank.org