

## ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่ใช้เตาหลอมไฟฟ้าในการผลิต

โดย  
ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก  
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ปัจจุบันการคำนวณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกลุ่มอุตสาหกรรม การผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่ใช้เตาหลอมไฟฟ้า (Electric Arc Furnace: EAF) ในการผลิตของประเทศไทย ใช้ค่ากลางการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Default Emission Factor) ของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าที่ใช้เตา EAF ในการผลิตจาก International Iron and Steel Institute<sup>1</sup> ตามคำแนะนำของ 2006 IPCC Guidelines ทำให้ผลการคำนวณที่ได้อาจไม่สะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แท้จริงของประเทศ จากกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าว

เพื่อให้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะของประเทศไทย (Country-specific Emission Factor) สำหรับอุตสาหกรรม การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า ด้วยเตา EAF องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จึงได้ดำเนินโครงการ “การพัฒนาและจัดทำข้อมูลค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (IPPU) ของประเทศไทย” โดยมีสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ร่วมเป็นที่ปรึกษาในการดำเนินโครงการ และมีโรงงานผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ให้ความอนุเคราะห์ในการ เข้าไปสำรวจข้อมูล จำนวน 10 โรงงาน (จากจำนวนทั้งหมด 14 โรงงาน) ซึ่งทั้ง 10 โรงงาน มีกำลังการผลิตรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตทั้งหมด

### ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (Carbon Content) ในชิ้นงานตัวอย่าง ตามมาตรฐานสากล และ ศึกษาวิธีการ คำนวณ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) จากการใช้พลังงานและการเกิดปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF
2. เข้าสำรวจโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ และขอความอนุเคราะห์ชิ้นงานตัวอย่าง ทั้งสารขาเข้า และสารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF เช่น วัตถุดิบ ปริมาณเชื้อเพลิง / พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ EAF และของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต เป็นต้น

<sup>1</sup> International Iron and Steel Institute (2004). Consensus of experts and IISI Environmental Performance Indicators 2003 STEEL

3. วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน (Carbon Content) จากชิ้นงานตัวอย่างที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงาน
4. คำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF
5. เปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับผลการศึกษาของต่างประเทศ
6. นำเสนอผลการศึกษาต่อบริษัทผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อรับฟังความคิดเห็นต่อผลการดำเนินโครงการ

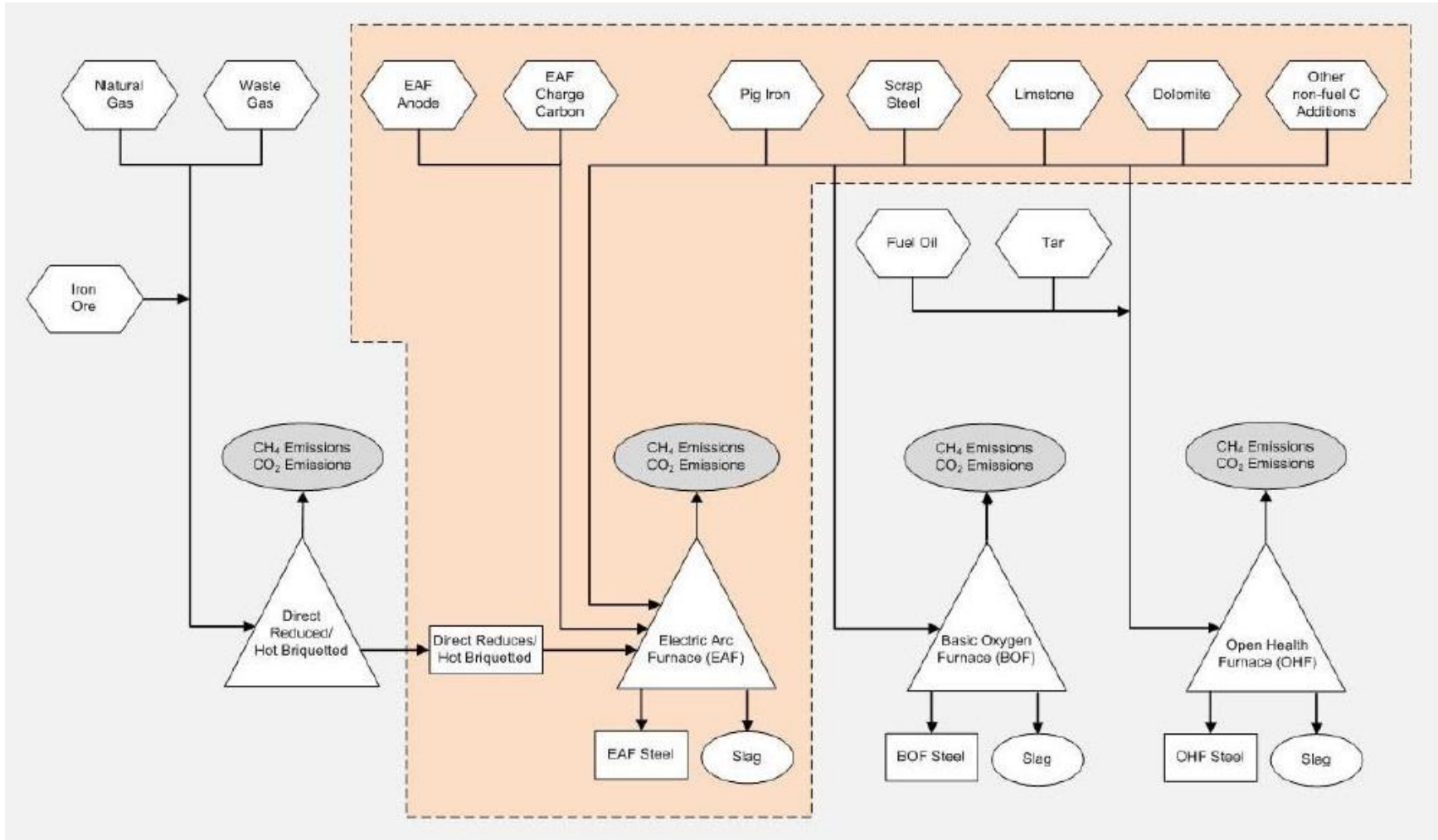
### ผลการศึกษา

#### 1. สารขาเข้า-สารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็ก และเหล็กกล้าด้วยเตา EAF

จากผลการศึกษาและรวบรวมปริมาณสารขาเข้า-สารขาออก ตามที่ระบุใน 2006 IPCC Guidelines จากโรงงานที่ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF สามารถสรุปได้ดังนี้

- สารขาเข้า ได้แก่
  - วัตถุดิบ: เศษเหล็ก (Scrap) โลหะหลอมเหลว (Molten Metal) เหล็กพิก (Pig Iron) ฝุ่นอัดก้อน (Hot Briquette Metal) แท่งอิเล็กโทรด (Electrode) โดโลไมท์ (Dolomite) ปูนขาว (Lime) ซิลิคอนแมงกานีส (SiMn) เฟอร์โรแมงกานีส (FeMn) และเฟอร์โรซิลิคอน (FeSi)
  - พลังงาน/เชื้อเพลิง: ไฟฟ้า (Electricity) ถ่านหิน (Coal) น้ำมันหนัก (Heavy Oil) น้ำมันดีเซล (Diesel) ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) ก๊าซออกซิเจน (Oxygen Gas) และก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen Gas)
- สารขาออก ได้แก่
  - ผลิตภัณฑ์: เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Slab) และเหล็กแท่งแบน (Bloom)
  - ของเสีย: ฝุ่น (EAF Dust) ตะกรัน (Slag) สนิมเหล็ก (Scale) เป็นต้น

สารขาเข้า-สารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงตาม รูปที่ 1



รูปที่ 1 สารขาเข้า-สารขาออก จากกระบวนการผลิต เหล็กและเหล็กกล้า ด้วยเตา EAF<sup>2</sup>

<sup>2</sup>

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Illustration of steel production process (Vol.3, Chapter 4: Metal Industry Emissions, pp 4.15)

คำนิยามของสารขาเข้า- สารขาออก แสดงในตารางที่ 1 โดยสารขาเข้า-สารขาออก ประเภทวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF จะถูกนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ คาร์บอน (Carbon Content) เพื่อนำไปคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

ตารางที่ 1 สารขาเข้า-สารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF

รายการ	คำนิยาม
<b>สารขาเข้า: วัตถุดิบ</b>	
เศษเหล็ก (Scrap)	เศษเหล็กที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ในการผลิตเหล็กกล้า ด้วยเตา EAF หรือใช้ บ้อนเข้าเตา BOF เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิ
โลหะหลอมเหลว (Molten Metal)	แร่เหล็กในรูปเหล็กออกไซด์ให้ความร้อนกลายเป็นโลหะหลอมเหลว
เหล็กพิก (Pig Iron)	น้ำเหล็กถลุงจากเตา Blast ที่นำมาหล่อในแบบหล่อ เพื่อใช้งานบาง ประเภทหรือขายเป็นวัตถุดิบ เพื่อใช้ในเตา BOF หรือเตา EAF ก้อน เหล็กที่ได้จากการหล่อนี้เรียกว่า Pig Iron
ฝุ่นอัดก้อน (Hot Briquette Iron)	เกิดจากการอัดก้อนฝุ่นที่จับได้จากอากาศเสีย ที่เกิดจากกระบวนการ ผลิตเพื่อนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอีก ฝุ่นที่ถูกดักจับแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ฝุ่นหยาบ และ 2) ฝุ่นละเอียด ฝุ่นเหล่านี้จะถูกทำการ บดอัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 650°C ในช่วงเวลาของการบดอัดและมีความ หนาแน่นมากกว่า 5,000 kg/m <sup>3</sup> โดยฝุ่นอัดก้อนเหล่านี้จะมีปริมาณเหล็ก สูงถึง 90%
แท่งอิเล็กโทรด (EAF Carbon Electrodes)	แท่งอิเล็กโทรดที่ทำด้วยกราไฟต์ เป็นส่วนประกอบหนึ่งในเตา EAF ขั้วไฟฟ้ามีหน้าที่ทำให้เกิดประกายไฟฟ้า (อาร์ค) ใช้ในการหลอมเศษ เหล็กให้กลายเป็นน้ำเหล็ก เทคโนโลยีในปัจจุบันเตาอาร์คไฟฟ้ามีทั้ง ระบบ 4 ช่องที่ฝาเตา (3 ขั้วไฟฟ้า) และ 2 ช่อง (1 ขั้วไฟฟ้า) โดยช่องที่ เหลือจากขั้วไฟฟ้าจะเป็นช่องระบายแก๊สเสียที่เกิดขณะหลอมเศษเหล็ก ซึ่งถือว่าเป็นแก๊สเสียปฐมภูมิมีปริมาณสูงถึง 95% ของแก๊สเสียทั้งหมด จากเตาหลอม โดยมีแก๊สเสียที่ถูกปล่อยออกจากเตาในขณะบ้อนวัตถุดิบ และขณะระบาย Slag เป็นแก๊สเสียทุติยภูมิ ซึ่งแก๊สทั้งสองส่วนจะต้อง ถูกรวบรวมและส่งไปบำบัดด้วยอุปกรณ์จับฝุ่นที่เหมาะสมต่อไป ขั้วไฟฟ้าเมื่อใช้ไปนานๆ จะถูกเผาไหม้สึกกร่อนและเมื่อถึงระดับหนึ่ง จะต้องมีการเปลี่ยนขั้วไฟฟ้าใหม่ การเผาไหม้ขั้วไฟฟ้าจะได้แก๊ส CO <sub>2</sub> ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก
โดโลไมท์ (Dolomite)	แร่ที่มีองค์ประกอบของ MgCO <sub>3</sub> และ CaCO <sub>3</sub> ที่มีความจำเป็นต้องใช้ใน การถลุงเหล็กและผลิตเหล็กกล้า มีประโยชน์ในการช่วยให้ Slag มี คุณสมบัติการไหลที่ดี โดยทั่วไปโดโลไมท์จะถูกเผาก่อนนำไปใช้งาน เรียกว่า Light - burned Dolomite

รายการ	คำนิยาม
ปูนขาว (Lime)	มีชื่อเรียกทางเคมีว่า แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide: CaO) ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผงสีขาว มีฤทธิ์เป็นด่าง กัดกร่อนได้ โดยปกติแล้วจะผลิต CaO จากการเผาวัสดุใดๆ ที่มีส่วนผสมของ CaCO <sub>3</sub> เป็นองค์ประกอบ ณ อุณหภูมิมากกว่า 825°C เรียกกระบวนการเผาใหม้ว่า Calcinations และจะมีการปล่อยก๊าซ CO <sub>2</sub> ออกมา ซึ่ง CaO สามารถทำปฏิกิริยากับ CO <sub>2</sub> ในอากาศ โดยอาศัยระยะเวลาที่นานพอ กลับกลายเป็น CaCO <sub>3</sub> ได้
ซิลิกอนแมงกานีส (SiMn)	เป็นโลหะผสม ที่มีส่วนผสมของ Mn และ Si ซึ่งเป็นการนำส่วนผสมของออกไซด์แมงกานีสออกไซด์ (MnO <sub>2</sub> ) ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO <sub>2</sub> ) และเหล็กออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) มาทำปฏิกิริยาภายใต้ความร้อนในเตาเผา โดยทั่วไปซิลิกอนแมงกานีสมีซิลิกอน 14-16% แมงกานีส 65-68% และคาร์บอน 2%
เฟอร์โรแมงกานีส (FeMn)	เป็นโลหะผสมที่มีส่วนผสมของ Mn สูง เป็นการนำส่วนผสมของออกไซด์ของแมงกานีสออกไซด์ (MnO <sub>2</sub> ) เหล็กออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ซึ่ง FeMn จะถูกนำมาใช้ในการผลิตเหล็กสำหรับการ Deoxidizer, Desulfurizer และถูกนำมาใช้ในการเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์
เฟอร์โรซิลิกอน (FeSi)	เป็นโลหะผสมระหว่างออกไซด์ของเหล็ก (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) และซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO <sub>2</sub> ) มีซิลิกอนเฉลี่ยตั้งแต่ 15-90% โดยน้ำหนัก FeSi จะถูกนำมาใช้ในการดึงออกซิเจนออกจากเหล็ก เพื่อปรับปรุงคุณภาพสุดท้ายของเหล็ก
<b>สารขาเข้า: พลังงาน/เชื้อเพลิง</b>	
ไฟฟ้า (Electricity)	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในหน่วย kWh
น้ำมันชนิดหนัก (Heavy Oil)	ได้แก่ น้ำมันเตา ยางมะตอย และกำมะถันเหลว
น้ำมันดีเซล (Diesel)	น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลเป็นส่วนหนึ่งของน้ำมันดิบที่ได้จากโรงกลั่นน้ำมัน (เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน) ซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส มีจุดเดือดอยู่ที่ประมาณ 180-370°C
ถ่านหิน (Coal)	ถ่านหินที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ ถ่านหินบิทูมินัส ส่วนถ่านหินธรรมชาติก็ยังมีควมจำเป็นที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนโดยตรง เช่น ให้ความร้อนที่เตาบลาสท์ เรียกว่า Pulverised Coal Injection หรือ PCI และที่เตาอาร์คไฟฟ้าในการหลอมเศษเหล็กเป็นเหล็กกล้า
ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas)	เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วย H และ C ที่เกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ประเภทจุลินทรีย์ที่มีอายุหลายร้อยล้านปี ซึ่งสามารถแยกส่วนประกอบได้ เป็น มีเทน (Methane) โพรเพน (Propane) บิวเทน (Butane) และเพนเทน (Pentane) เป็นต้น ในที่นี้ยังหมายถึง บีโตรเลียมที่มีสภาพเป็นแก๊ส ณ ที่อุณหภูมิและความ

รายการ	คำนิยาม
	<p>ดินมาตรฐาน 15.6°C และ 101 kPa แก๊สธรรมชาติไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีสารพิษ และถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยสูงสุดผลิตภัณฑ์หนึ่งในปัจจุบัน เมื่อเผาไหม้แล้วจะเป็นเชื้อเพลิงสะอาดและส่งผลกระทบแก่สิ่งแวดล้อมน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเตาและแก๊สหุงต้ม</p>
ออกซิเจน (Oxygen Gas)	<p>เป็นก๊าซที่แยกได้จากโรงแยกอากาศ ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้งานโดยตรงและอีกส่วนหนึ่งจะถูกเก็บไว้ในรูปของแก๊สเหลว ออกซิเจนจะถูกนำไปใช้งานสำคัญ ได้แก่ การพ่นเข้าเตาเบสิกออกซิเจน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา (Decarburization) ซึ่งทำให้คาร์บอนอิ่มตัวในน้ำเหล็กถลุงลดลงจาก 4% เหลือต่ำกว่า 1% กลายเป็นน้ำเหล็กกล้า (Liquid Steel)</p>
ก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen Gas)	<p>เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เป็นส่วนประกอบในอากาศถึง 78% มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา จึงนิยมใช้เป็นแก๊สปกคลุมป้องกันการทำปฏิกิริยาของอากาศกับสารเคมีหรือชิ้นงานต่างๆ ในทางอุตสาหกรรม</p>
<b>สารขาออก: ผลิตภัณฑ์</b>	
เหล็กแท่งเล็ก (Billet)	<p>น้ำเหล็กกล้าหลังจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพแล้ว จะถูกหล่อแบบต่อเนื่องเป็นเหล็กแท่งสำเร็จรูปแบบต่างๆ ซึ่งหนึ่งในนั้นเรียกว่า Billet ที่สามารถนำไปรีดร้อนต่อ เป็นเหล็กทรงยาวแบบต่างๆ เช่น เหล็กเส้น เหล็กหลอด</p>
เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom)	<p>น้ำเหล็กกล้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพตามต้องการแล้ว จะถูกนำไปหล่อเป็นรูปร่างและขนาดต่างกัน ผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้ เรียกว่าผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป และหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูป เรียกว่า เหล็กแท่งใหญ่ ซึ่งมีขนาดหน้าตัด 450x650 mm โดยจะถูกนำไปรีดร้อนให้เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เช่น คานรูปตัว H</p>
เหล็กแท่งแบน (Slab)	<p>ผลิตภัณฑ์เหล็กแท่งแบนที่ได้จากกระบวนการหล่อโดยทั่วไปมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด (หนาxกว้าง) ไม่เกิน 350x2,720 mm เหล็กแท่งแบนเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปซึ่งจะนำไปเข้าสู่กระบวนการรีดเพื่อแปรสภาพให้เป็นเหล็กแผ่น</p>
<b>สารขาออก: ของเสีย</b>	
ฝุ่นจากเตาอาร์คไฟฟ้า (EAF Dust)	<p>ฝุ่นเหล็กเป็นผลพลอยได้อย่างหนึ่งจากการกระบวนการหลอมรีไซเคิลเศษเหล็กด้วยเตา EAF ฝุ่นเหล็กประกอบด้วยโลหะเจือปนหลักที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ได้แก่ สังกะสีและเหล็ก โลหะทั้งสองชนิดจับตัวในรูปของสารประกอบซิงค์เฟอร์ไรท์ นอกจากนี้ ยังมีโลหะหนักอื่นๆ เจือปนอยู่อีกด้วย เช่น ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล และโครเมียม</p>
ตะกรัน (Slag)	<p>สารประกอบออกไซด์และซัลไฟด์ที่ได้จากกระบวนการถลุงและการปรับปรุงน้ำเหล็ก</p>

รายการ	คำนิยาม
ออกไซด์ของเหล็ก (Scale)	ออกไซด์ของเหล็กเกิดระหว่างขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ $Fe_2O_3$

ที่มา: โครงการศึกษาแปล และกำหนดนิยามศัพท์เทคนิคต่างๆ (Terminology) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก, สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

## 2. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน ในสารขาเข้า- สารขาออกจากกระบวนการผลิต เหล็ก และเหล็กกล้าด้วยเตา EAF

จากรายการสารขาเข้า-สารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ข้างต้น จะถูกนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างสารขาเข้า-สารขาออก แต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน

ลำดับ	ประเภท/ชนิด	มาตรฐาน	คำนิยาม
1	เศษเหล็ก	ASTM E350	Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron
		GB4223-2004	The carbon content of steel scrap is generally less than 2.0%, sulfur content, not more than 0.050% phosphorus content. Scrap steel standard (GB4223-2004)
		ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
2	โลหะหลอมเหลว	US 4443118 A	Method of determining the carbon content of steel melts by thermal analysis
		US 4261202 A	The carbon contents in molten metal
		ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
3	เหล็กพิก	ASTM E351	These test methods cover the chemical analysis of pig iron, gray cast iron (including alloy and austenitic), white cast iron, malleable cast iron, and ductile
		ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and

ลำดับ	ประเภท/ชนิด	มาตรฐาน	คำนิยาม
			Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
4	ฝุ่นอัดก้อน	IS 15774: 2007	Method of chemical analysis of Sponge Iron/Direct Reduce Iron (DRI), Hot Briquetted Iron(HBI) and Cold Briquetted Iron (CBI) for Steel Making-specification
		IS 228 (Part I): 1987	Method of chemical analysis of steels : Part I Determination of carbon by volumetric method (for carbon 0.05 percent to 2.5 percent)
		ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
5	แท่งอิเล็กโทรด	ASTM E1941-04	Standard Test Method for Determination of Carbon in Refractory and Reactive Metals and Their Alloys for analysis of metal ore and alloy product.
		ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
6	โดโลไมท์	ASTM C25-06	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime for analysis of flux materials such as limestone or dolomite.
7	ปูนขาว	ASTM C25-06	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime for analysis of flux materials such as limestone or dolomite.
8	ซิลิคอนแมงกานีส	ASTM A483/A483M	This specification covers standards for Silicon Manganese of Grades A, B, and C. Materials shall conform to Manganese, Silicon, Carbon, Phosphorus, and Sulfur contents
		JIS G 1314-3: 2011	Method for chemical analysis of Silicon Manganese - Part 3: Determination of carbon content
9	เฟอร์โรแมงกานีส	ASTM A99	This specification covers standards for Ferro Manganese (Grades A, B, and C), medium-carbon Ferro Manganese (Grades A, B, C, D, and Nitride) and low-carbon Ferro

ลำดับ	ประเภท/ชนิด	มาตรฐาน	คำนิยาม
			Manganese (Grades A and B). The Ferro Alloys shall conform to Manganese, Carbon, Silicon, Phosphorus, Sulfur, and Nitrogen contents specific to different material grades
10	เฟอร์โรซิลิคอน	ASTM A100	This specification covers standards grades of Ferro Silicon used for steel-making and foundry. The grades shall conform to the required chemical composition for Silicon, Carbon, Sulfur, Phosphorous, Aluminum, Manganese, Calcium, and Boron. Sizes available of Ferro Silicon for various grades are specified.
		IS 1559	Methods of chemical analysis of ferrosilicon
		JIS G 1312-2: 2011	Method for chemical analysis of Ferro Silicon - Part 2: Methods for determination of carbon content
11	เหล็กแท่งเล็ก เหล็กแท่งใหญ่ เหล็กแท่งแบน	ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
		BS EN 10036:1991	Chemical analysis of ferrous materials. Determination of total carbon in steels and irons. Gravimetric method after combustion in a stream of oxygen
		BS EN ISO 15350:2010	Steel and iron. Determination of total carbon and sulfur content. Infrared absorption method after combustion in an induction furnace (routine method)
		BS EN ISO 9556:2001	Steel and iron. Determination of total carbon content. Infrared absorption method after combustion in an induction furnace
12	ฝุ่นจากเตาอาร์คไฟฟ้า	ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques
13	ตะกรัน	ASTM E 1019-11	Standard Test Methods for Determination of Carbon, Sulfur, Nitrogen, and Oxygen in Steel, Iron, Nickel, and Cobalt Alloys by Various Combustion and Fusion Techniques

จากตารางที่ 2 มาตรฐานที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในสารขาเข้า- สารขาออก ทั้งใน ส่วนของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสีย คือ มาตรฐาน ASTM E 1019-11 ยกเว้นในส่วนของวัตถุดิบ ประเภทสารปรุงแต่ง ได้แก่ SiMn FeMn FeSi ซึ่งจะใช้วิธีอื่นดังแสดงในตารางที่ 2 และจากข้อมูลการ สํารวจวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนของวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต พบว่า โรงงานส่วนใหญ่จะ ใช้มาตรฐาน ASTM E 1019-11 ในการวิเคราะห์ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จึง เลือกรูปแบบมาตรฐาน ASTM E 1019-11 เป็นหลัก สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ในสารขาเข้า- สารขาออก จากกระบวนการผลิตด้วยเตา EAF

นอกจากนี้ จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้น พบว่าโรงงานไม่มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซ คาร์บอนมอน ออกไซด์ (CO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จากปล่องของกระบวนการโดยตรง และไม่อนุญาตให้ ทำการตรวจวัด เนื่องจากจะทำให้ต้องหยุดกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงตั้ง สมมติฐานให้ก๊าซที่เกิดขึ้นใน กระบวนการผลิตเป็นก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่านั้น ส่งผลให้ การคำนวณในสมการดังกล่าวจะมีเฉพาะปฏิกิริยาเคมีที่ เกิดขึ้นจากสารขาเข้า- สารขาออก ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ในสารขาเข้า- สารขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็ก และเหล็กกล้า ด้วยเตา EAF ที่ไม่ใช่ พลังงาน / เชื้อเพลิง จะถูกนำไปใช้ในการ คำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกต่อไป

### 3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (Carbon Content)

หลังจากนำตัวอย่างสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงาน ทั้ง 10 แห่ง มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาปริมาณคาร์บอน ด้วยมาตรฐาน ASTM E 1019-11 แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะทำ ให้ทราบปริมาณคาร์บอนที่ประกอบอยู่ในชิ้นงานตัวอย่าง แสดงตามตารางที่ 3 เทียบกับปริมาณคาร์บอนที่ เป็นค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines

ตารางที่ 3 ปริมาณคาร์บอนในชิ้นงานตัวอย่าง เมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงตามคู่มือ 2006 IPCC

ลำดับ	รายการ	Carbon Contents (kgC/kg <sub>product</sub> )	
		ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC <sup>3</sup>
1	Scrap*	0.0131	-
2	Scrap Iron**	-	0.04
3	Pig Iron	0.0352	0.04
4	EAF Carbon Electrodes	0.9819	0.82
5	Light Burnt Magnesite	0.0006	-
6	Black Ball	0.0897	-

<sup>3</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Table 4.3 TIER 2 MATERIAL-SPECIFIC CARBON CONTENTS FOR IRON & STEEL AND COKE PRODUC (Vol.3, Chapter 4: Metal Industry Emissions, pp 4.27)

ลำดับ	รายการ	Carbon Contents (kgC/kg <sub>product</sub> )	
		ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC <sup>3</sup>
7	Burnt Dolomite	0.0089	-
8	Burnt Lime	0.0012	-
9	SiMn	0.0208	-
10	FeMn	0.0068	-
11	FeSi	0.0011	-
12	EAF Dust	0.0182	-
13	Slag	0.0008	-
14	Scale	0.0097	-
15	EAF Product	0.0029	0.01

หมายเหตุ \* ค่าองค์ประกอบของคาร์บอนในเศษเหล็ก (Scrap) ในการศึกษานี้วิเคราะห์จากชิ้นงานตัวอย่าง (Sample) ที่ผ่านการปรับคุณสมบัติให้เป็นไปตามต้องการเรียบร้อยแล้ว ก่อนนำไปหลอมเพื่อผลิตเหล็ก ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกได้ว่าเป็น เศษเหล็กที่มาจากเหล็กกล้า(Scrap steel) หรือเป็นเศษเหล็กที่มาจากเหล็ก(Scrap iron)

\*\* ในคู่มือ 2006 IPCC ได้ระบุองค์ประกอบคาร์บอนใน Scrap iron ซึ่งเป็นค่ากลาง (Default factor) เหมาะสำหรับประเทศที่ต้องการประเมินแต่ไม่มีการวิเคราะห์ค่าดังกล่าวไว้

สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยมาตรฐาน ASTM E 1019-11 ในสารขาเข้า-สารขาออก แต่ละประเภทของแต่ละโรงงาน ได้ทำการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างซ้ำกัน ตามมาตรฐานแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของสารขาเข้า-สารขาออก ประเภทนั้นๆ ก่อนนำค่าที่เป็นตัวแทนของทั้ง 10 โรงงาน มาหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weight mean) เพื่อนำไปคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เป็นค่าเฉพาะของ กิจกรรมการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ต่อไป

#### 4. ผลการคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ในภาพรวมของประเทศ

การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก การเกิดปฏิกิริยาเคมี และ 2) การคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากใช้พลังงาน ในกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ซึ่งในบทความ ฉบับนี้จะไม่แสดงรายละเอียดของข้อมูลกิจกรรม และผลการวิเคราะห์รายโรงงาน เนื่องจากเป็นความลับในการดำเนินธุรกิจของบริษัทผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการศึกษา

ข้อมูล ปริมาณสารขาเข้า -สารขาออก ในกระบวนการผลิตเหล็ก และเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ที่รวบรวมได้จากโรงงานทั้ง 10 แห่ง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4 – 7

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (สารขาเข้า) ปี พ.ศ. 2556 ในภาพรวมของประเทศ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณวัตถุดิบ (ตัน/ปี)
1	Scrap	4,059,046.10
2	EAF Carbon electrodes	7,829.27
3	Pig iron	219,340.58
4	Burnt lime (CaO)	104,095.58
5	Burnt dolomite	42,911.83
6	Light burnt Magnesite	565.14
7	HBI (Hot Briquette Iron)	37,093.18
8	Black ball	970.03
9	SiMn	31,396.23
10	FeMn	3,710.42
11	FeSi	8,100.07

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้พลังงานต่างๆ (สารขาเข้า) ปี พ.ศ. 2556 ในภาพรวมของประเทศ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณการใช้พลังงาน (ตัน/ปี)
1	Electricity	1,676,732,360.00
2	Natural Gas	1,363,689.06
3	Coke	44,195.95
4	Coal	13,856.27
5	Heavy Oil	1,700,899.00
6	Diesel	1,217,871.84
7	LPG	55,381.45

ตารางที่ 6 ปริมาณผลิตภัณฑ์ (สารขาออก) ปี พ.ศ. 2556 ในภาพรวมของประเทศ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)
1	EAF Product	3,446,231.40

ตารางที่ 7 ปริมาณการเกิดของเสีย (สารขาออก) ปี พ.ศ. 2556 ในภาพรวมของประเทศ

ลำดับ	รายการ	ปริมาณของเสีย (ตัน/ปี)
1	EAF dust	50,794.01
2	Slag	591,696.46
3	Scrap (Waste)	7,234.27
4	Scale	9,150.39

จากข้อมูลในตารางที่ 3-7 สามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยาเคมี และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากใช้พลังงานในกระบวนการผลิต เหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์ ( $tCO_2eq/t_{product}$ ) ได้ดังนี้

- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยาเคมี มีค่าเท่ากับ  $0.0753 tCO_2eq/t_{product}$
- ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก ใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ  $0.3568 tCO_2eq/t_{product}$

จากผลการคำนวณส่งผลให้กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ของประเทศไทยมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวม เท่ากับ  $0.4321 tCO_2eq/t_{product}$  โดยได้นำค่าที่ได้จากการศึกษา มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines และค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources โดยจะแสดงในหัวข้อถัดไป

## 5. การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยและต่างประเทศ

การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ที่ได้จากการศึกษากับค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines และค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources แสดงตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการผลิต

รายการ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF ( $tCO_2eq/t_{product}$ )		
	ค่าจากการศึกษา	ค่าจาก 2006 IPCC <sup>4</sup>	ค่าจาก Envi. <sup>5</sup>
EAF Product	0.0753	0.08	0.1173

จากการเปรียบเทียบ ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการผลิตเหล็ก และเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ที่ได้จากการศึกษากับค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories และค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources พบว่าค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของประเทศ มีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC ร้อยละ 6.00 และแตกต่างจากค่าอ้างอิงของ Environment and Natural Resources ร้อยละ 35.80 ทั้งนี้เนื่องจาก

- ค่าอ้างอิงจาก IPCC และค่าอ้างอิงจากเอกสารวิชาการของ Environment and Natural Resources ใช้วิธีการประเมินโดยยึด IPCC 2006 ในการประเมิน ซึ่งค่าองค์ประกอบของ

<sup>4</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Table 4.1 TIER 1 DEFAULT CO<sub>2</sub> EMISSION FACTORS FOR COKE PRODUCTION AND IRON & STEEL PRODUCTION (Vol.3, Chapter 4: Metal Industry Emissions, pp 4.25)

<sup>5</sup> Environment and Natural Resources J. Vol. 10, No.2, December 2012:50-57

คาร์บอนในสารต่างๆ เช่น เศษเหล็ก และผลิตภัณฑ์เหล็กจากเตา EAF มีค่าคาร์บอนมากกว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จริงจากตัวอย่างที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงาน ส่งผลให้ให้ค่าดังกล่าวสูงกว่าค่าที่ประเมินได้จริงจากการศึกษาครั้งนี้

- ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการคำนวณ ยังมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความแตกต่างของกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีที่ใช้ ความแตกต่างของวัตถุดิบ ความหลากหลายของประเภทผลิตภัณฑ์ ข้อจำกัดด้านข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน เป็นต้น
- บางโรงงานอาจไม่ได้รับข้อมูลสารขาเข้า-สารขาออก ทั้งหมดมาให้ เนื่องจากความลับในการดำเนินธุรกิจ ดังนั้นอาจส่งผลให้ค่าการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

การเปรียบเทียบ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ที่ได้จากการคำนวณในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ 0.3568 tCO<sub>2</sub>eq/t<sub>product</sub> เมื่อนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงของ Environment and Natural Resources ดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** การเปรียบเทียบค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

รายการ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF (tCO <sub>2</sub> eq/t <sub>product</sub> )	
	ค่าจากการศึกษา	ค่าจาก Envi. <sup>6</sup>
EAF Product	0.3568	0.3127

จากตารางที่ 9 พบว่าค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจากใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าด้วยเตา EAF ต่างกับค่าอ้างอิงจาก 2006 IPCC ร้อยละ 12.36 ทั้งนี้เนื่องจาก

- ความแตกต่างของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณมีค่าต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 0.5813 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh ขณะที่ค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 0.65 kgCO<sub>2</sub>eq/kWh
- ความแตกต่างของชุดข้อมูล ได้แก่
  - จำนวนโรงงาน ในกรณีของค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources นั้นรวบรวมข้อมูลจาก 5 โรงงาน การศึกษาครั้งนี้รวบรวมข้อมูลจาก 10 โรงงาน

<sup>6</sup> Environment and Natural Resources J. Vol. 10, No.2, December 2012:50-57

○ ช่วงเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษา ในกรณีของค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources นั้นรวบรวมข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2549-2553 การศึกษาครั้งนี้รวบรวมในปี พ.ศ. 2556

○ ความแตกต่างของการใช้เทคโนโลยีในการผลิตในแต่ละโรงงาน

สำหรับการเปรียบเทียบผลรวมของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF สามารถเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources ได้ดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** การเปรียบเทียบผลรวมของค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF

รายการ	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF (tCO <sub>2</sub> eq/t <sub>product</sub> )	
	ค่าจากการศึกษา	ค่าจาก Envi. <sup>7</sup>
EAF Product	0.4321	0.4300

จากตารางที่ 10 พบว่า ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากการศึกษาแตกต่างกับค่าอ้างอิงจาก Environment and Natural Resources ร้อยละ 0.49 ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ ความหลากหลายของวัตถุดิบที่ใช้ในรายโรงงาน ความลับทางการค้า และความจำเพาะของเทคโนโลยี จึงส่งผลให้ผลการคำนวณอาจมีความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกัน

## 6. ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

จากการสัมภาษณ์และการสำรวจข้อมูล สารขาเข้า -ขาออก จากกระบวนการผลิตเหล็ก และเหล็กกล้าด้วยเตา EAF มีปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการดังนี้

- เศษเหล็ก ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตมีความหลากหลาย เนื่องจากการรวบรวมเศษเหล็กในประเทศไทยยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทำให้เกิดการผสมของเศษเหล็กหลากหลายประเภท ดังนั้นอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ได้ ซึ่งได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการเก็บตัวอย่างเศษเหล็กในแต่ละกลุ่มที่มีการใช้ในโรงงาน มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน และใช้การถ่วงน้ำหนักการใช้เศษเหล็กในแต่ละประเภท เพื่อลดการเกิดค่าความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ
- การตรวจวัดการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้นจะเป็นการตรวจวัดทางอ้อม โดยอาจใช้การตรวจวัดปริมาณก๊าซ CO และก๊าซ CO<sub>2</sub> จากปล่อง เช่นเดียวกับการวัดมลพิษทางอากาศหากโรงงานอนุญาต แต่จากการสำรวจข้อมูลพบว่าโรงงานไม่มีข้อมูลการตรวจวัดปริมาณ ก๊าซ CO และก๊าซ CO<sub>2</sub> จากกระบวนการโดยตรง และไม่อนุญาตให้ทำการตรวจวัด เนื่องจากจะทำให้ต้องหยุดกระบวนการผลิต

<sup>7</sup> Environment and Natural Resources J. Vol. 10, No.2, December 2012:50-57

ดังนั้นจำที่จะเป็นต้องกำหนดสมมติฐานให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่านั้น ดังนั้นการคำนวณ จะมีเฉพาะสารขาเข้า-สารขาออกที่ไม่รวมถึงก๊าซที่เกิดขึ้น

- การขอความอนุเคราะห์ตัวอย่างในบางโรงงานไม่สะดวกที่จะให้ตัวอย่างมาทำ การวิเคราะห์ และ บางส่วนสะดวกที่จะให้ข้อมูลค่าปริมาณคาร์บอนที่มาจากใบรับรองจากผู้ขาย ดังนั้นจำเป็นต้องนำ ข้อมูลบางส่วนจากใบรับรองของผู้ขายวัตถุดิบมาทำ การคำนวณ ซึ่งจะระบุหมายเหตุชี้แจงไว้ใน การคำนวณ
- เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับการได้รับตัวอย่างจากโรงงานในบางกรณี ที่ทางโรงงานไม่สามารถ อนุเคราะห์ตัวอย่างและข้อมูลปริมาณคาร์บอนได้ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ค่าปริมาณคาร์บอนในสาร ต่างๆ จาก 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories ซึ่งส่งผลให้เกิด ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ ดังนั้นจึงขอความร่วมมือไปทางโรงงานอีกครั้ง เพื่อความสมบูรณ์ ของรายงานและชี้แจงเหตุผลในการนำตัวอย่างดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์บอน ที่อยู่ในตัวอย่างนั้นๆ เพื่อลดการเกิดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้
- ตัวอย่างสารขาเข้า-สารขาออก ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต มีความแตกต่างกันในเรื่องของ กระบวนการผลิตต้นทาง บางประเภทจะมีความแตกต่างตั้งแต่ลักษณะทางกายภาพ เช่น สีแตกต่างกัน ทำให้ค่าการวิเคราะห์องค์ประกอบคาร์บอนของตัวอย่างประเภทเดียวกันมีความแตกต่างกัน ค่อนข้างมากในบางตัวอย่าง ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษาเพิ่มเติมในประเภทกระบวนการผลิตตัวอย่าง สารขาเข้าเพิ่มเติมต่อไป
- เทคโนโลยีเฉพาะที่ใช้ในการผลิต ซึ่งเทคโนโลยีที่ต่างกันมีนัยสำคัญอย่างมากต่อการใช้พลังงาน ในการผลิต ดังนั้น มีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องศึกษาในรายเทคโนโลยีที่ใช้ในลำดับถัดไป เพื่อลด ความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

### ข้อเสนอแนะ

- การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเหล็ก และเหล็กกล้า ยังมีข้อจำกัดในเรื่อง ของข้อมูล สารขาเข้า-สารขาออก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการประเมิน ทั้งนี้เนื่องมาจากความลับทาง การค้า ดังนั้น ควรจัดทำโปรแกรมการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมเหล็ก และเหล็กกล้า จัดทำเอกสารความร่วมมือในการขอข้อมูลผลลัพธ์สุดท้าย เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว และยังทำให้ได้รับข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ มาก ยิ่งขึ้น

- โรงงานควรทำการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ โดยเฉพาะปัจจุบันทางโรงงานยังไม่มี การตรวจวัดปริมาณก๊าซที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตหลัก ดังนั้นควรทำการตรวจวัดและเก็บรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อประโยชน์ในการคำนวณและลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น
- ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในสารขาเข้า-สารขาออกเพิ่มเติม ในด้านของที่มาและวิธีการ ผลิตสารขาเข้า เพื่อจะได้สามารถนำไปใช้เป็นตัวแทนข้อมูลของประเทศต่อไป

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมติดต่อ

ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก

โทร. 02-141-9840 หรือ 0-2141-9788