บทที่ 3

อุตสาหกรรมเหล็กเส้นในประเทศไทย

3.1 ประวัติอุตสาหกรรมเหล็กเส้นในประเทศไทย

การผลิตเหล็กเส้นในประเทศไทย เกิดขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2493 โดยบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด แต่อุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทย ได้เกิดขึ้นมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2485 แล้ว โดยได้เริ่มจากการที่รัฐบาลได้ทำสัญญามอบสัมปทานการทำเหมืองแร่เหล็ก ที่จังหวัด ลพบุรี และจังหวัด นครสวรรค์ ให้กับบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เพื่อให้ลงทุนจัดตั้งโรงงานถลุงแร่เหล็ก ผลิต และแปรรูปเหล็กกล้า โดยมีกำลังการผลิต 100 ตัน /วัน จากนั้นอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทยก็มีการพัฒนาต่อมาอย่างช้า ๆ จนกระทั่ง ในปี พ.ศ. 2493 บริษัทปูนซีเมนต์ไทย ได้สร้างโรงงานผลิตเหล็กกล้า โดยใช้เหล็กถลุงที่ได้จากการถลุงแร่เหล็ก ไปผสมกับเศษเหล็ก ในเตาหลอม เพื่อผลิตเป็นเหล็กแท่ง สามารถทำการได้ผลิตได้ครั้งละ 7.5 ตัน ในระยะต่อมาบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ได้ขอรับการส่งเสริมการลงทุนเพื่อขยายกำลังการผลิต โดยมีการเปลี่ยนขนาดของเตาหลอมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถทำการผลิตได้ครั้งละ 10 ตัน และมีการสร้างโรงรีดเหล็กเส้นและเหล็กลวดขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศไทย จากนั้น บริษัทปูนซีเมนต์ไทย ได้ทำการผลิตเหล็กเส้น โดยใช้เหล็กแท่งที่ผลิตได้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กเส้น ซึ่งเป็นการผลิตเหล็กเส้นครั้งแรกในประเทศไทย

ในช่วง ปี พ.ศ. 2494-2509 อุตสาหกรรมเหล็กเส้นในประเทศไทย ไม่ค่อยได้รับการพัฒนามากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทางด้านการผลิต การพัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาในส่วนของอุตสาหกรรมเหล็กประเภทอื่น เช่น อุตสาหกรรมผลิตลวดเหล็กและตะปู อุตสาหกรรมเหล็กหล่อ และเหล็กกล้าหล่อรูปพรรณ เป็นต้น และมีการพัฒนากระบวนการผลิตเหล็กกล้าให้มีความทันสมัยมากขึ้น โดยมีการใช้เตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำความถี่สูง และเตาหลอมไฟฟ้าแบบอาร์ค แทนการใช้เตาหลอมแบบ โอเพ่นฮาร์ท และแบบพ่นลม

การขยายตัวของอุตสาหกรรมเหล็กเส้นในประเทศไทยได้เป็นไปอย่างรวดเร็วในช่วงปี พ.ศ. 2510-2519 โดยในช่วงนี้ ได้มีการตั้งโรงงานผลิตเหล็กเส้นเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของโรงงานผลิตเหล็กลวด และเหล็กรูปพรรณ โรงงานเหล็กเส้นที่เกิดขึ้นใหม่ ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานประเภทรีดซ้ำ (Re-rolling) หรือเป็นโรงงานที่ไม่ได้ใช้เตาหลอมในการผลิต เพราะโรงงานประเภทนี้ไม่ต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมากนัก เมื่อเทียบกับโรงงานที่ใช้เตาหลอมในการผลิต (Smelting Furnace) นอกจากนี้ กรรมวิธีการผลิตของโรงงานที่ไม่ได้ใช้เตาหลอมในการผลิตก็ไม่ค่อยมีความยุ่งยาก ซับซ้อนมากนัก ขั้นตอนการผลิตจะมีเพียงแต่ขั้นตอนการเผาเหล็กแท่งให้ร้อน และส่งไปยังเครื่องรีดเพื่อแปรรูปให้ได้เหล็กเส้นที่มีขนาดตรงตามความต้องการเท่านั้น ส่วนโรงงานที่มีเตาหลอมที่มีอยู่ในอุตสาหกรรมในช่วงนี้ ได้มีการปรับปรุงเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น

ในระยะต่อมากิจการการผลิตเหล็กของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ได้แยกตัวออกจากบริษัท ตั้งเป็นบริษัทเหล็กสยาม จำกัด มีการสร้างโรงงานใหม่ และมีการปรับปรุงเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตให้มีความทันสมัยมากขึ้น ประเภทสินค้าที่บริษัททำการผลิต คือ เหล็กเส้นกลม (Rounded Bar) และเหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar) นอกจากนี้ บริษัทยังได้ทำการผลิตเหล็กลวด และลวดเหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรงด้วย หลังจากนั้น ในช่วงปี พ.ศ. 2520-2529 อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมเหล็กเส้นเป็นไปอย่างช้า ๆ การผลิตในอุตสาหกรรมเป็นไปในลักษณะการชี้นำของตลาด คือ ผู้ผลิตเหล็กเส้นในประเทศมุ่งผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในประเทศเป็นหลัก โดยในปี พ.ศ. 2523 ปริมาณการผลิตเหล็กเส้นในประเทศมีมากเกินความต้องการในประเทศมาก ส่งผลให้ราคาเหล็กเส้นในประเทศตกต่ำอย่างมาก ผู้ผลิตเหล็กเส้นในประเทศจึงต้องลดปริมาณการผลิตเหล็กเส้นลง ทำให้มีการใช้กำลังการผลิตเหล็กเส้นไม่เต็มประสิทธิภาพ คือ มีการใช้กำลังการผลิตจริงต่ำกว่าความสามารถในการผลิตที่มีอยู่ (Full Capacity) มาก ทำให้ต้นทุนการผลิตเหล็กเส้นต่อหน่วยอยู่ในระดับสูง รัฐบาลได้เข้ามาแก้ไขปัญหานี้ โดยการประกาศห้ามนำเข้าเหล็กเส้น เพื่อเป็นการคุ้มครองผู้ผลิตเหล็กเส้นในประเทศ

ช่วงปี พ.ศ. 2530-2533 ปริมาณความต้องการเหล็กเส้นได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศได้มีการขยายตัวอย่างมาก ปริมาณการผลิตเหล็กเส้นในประเทศไม่เพียงพอกับปริมาณความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนเหล็กเส้นอย่างรุนแรง รัฐบาลได้เข้ามาแก้ไขปัญหาการขาดแคลนเหล็กเส้นในประเทศ โดยการออกประกาศยกเลิกการควบคุมการนำเข้าเหล็กเส้นเพื่อการก่อสร้าง และได้ลดอัตราอากรขาเข้าเหล็กเส้น และวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการผลิตเหล็กเส้น คือ billet เป็นการชั่วคราว เพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนเหล็กเส้นในประเทศ นอกจากนี้ รัฐบาลยังได้มีการอนุมัติให้มีการตั้ง และขยายโรงงานผลิตเหล็กเส้น ประเภทที่ใช้เตาหลอมในการผลิตเพิ่มขึ้นต่อจากนั้นในช่วงปี พ.ศ. 2534-2535 ภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศได้ชะลอตัวลง เนื่องมาจากเหตุ

การณ์ต่าง ๆ ทางการเมืองทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ทำให้อัตราการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทยได้ชะลอตัวลงตามไปด้วย ส่งผลให้ความต้องการใช้เหล็กเส้นในประเทศลดลง

ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ได้มีการตั้งโรงงานผลิตเหล็กเส้นประเภทที่ใช้เตาหลอมในการผลิตเพิ่มขึ้น และผู้ประกอบการรายเดิมได้มีการขยายกำลังการผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเหล็กเส้นในประเทศได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ในขณะที่ภาวะการก่อสร้างยังอยู่ในช่วงชะลอตัว ประกอบกับราคาของผลิตภัณฑ์เหล็กจากต่างประเทศ ชนิดต่างๆ เริ่มอ่อนตัวลง ทำให้ระดับราคาเหล็กเส้นในประเทศได้อ่อนตัวลงตามไปด้วย และได้มีการคาดการณ์ว่า ในอนาคตความต้องการใช้เหล็กเส้นในประเทศจะขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจาก ได้มีการอนุมัติโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่หลายโครงการ ทั้งที่เป็นโครงการการก่อสร้างของเอกชนและโครงการการก่อสร้างของรัฐบาล ทำให้ ในปี พ.ศ. 2537 รัฐบาลได้อนุญาตให้มีการตั้งโรงงานผลิตเหล็กอย่างเสรี ซึ่งรวมถึงโรงงานผลิตเหล็กเส้นด้วย ทำให้มีโรงงานผลิตเหล็กเส้นในประเทศเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก

ในช่วงปี พ.ศ. 2538-2539 ภาวะการลงทุนในประเทศ ทั้งการลงทุนของภาครัฐบาลและภาคเอกชน ได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งประกอบด้วย การก่อสร้างอาคารพาณิชย์ และโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการก่อสร้างสาธารณูปโภคที่สำคัญ ๆ ของรัฐ เช่น โรงไฟฟ้า ถนน และการวางท่อก๊าซ เป็นต้น ส่งผลให้ภาวะการผลิตในสาขาการก่อสร้างในประเทศได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปริมาณความต้องการใช้เหล็กเส้นเพิ่มขึ้น และปริมาณเหล็กเส้นในประเทศก็มีเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งเป็นผลมาจากการตั้งโรงงานผลิตเหล็กเส้นเพิ่มขึ้น

กลางปี พ.ศ. 2540 รัฐบาลได้ประกาศเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยนจากระบบตะกร้าเงิน (Basket of Currency) มาเป็นระบบลอยตัวแบบมีการจัดการ (Managed Floating Exchange Rate) ทำให้ค่าเงินบาทเมื่อเทียบกับเงินดอลลาร์สหรัฐฯ ได้อ่อนตัวลงอย่างมาก ประกอบกับการสั่งปิดสถาบันการเงินในประเทศเป็นจำนวนมาก ทำให้ภาวะเศรษฐกิจของประเทศอยู่ในภาวะซบเซา ภาคอสังหาริมทรัพย์ต้องประสบกับปัญหาการขาดสภาพคล่องอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อเนื่องมายังอุตสาหกรรมก่อสร้าง โครงการก่อสร้างขนาดใหญ่หลายโครงการต้องชะลอ หรือหยุดการก่อสร้างไป ทำให้ปริมาณความต้องการใช้เหล็กเส้นลดลงอย่างมาก ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเหล็กเส้นประสบกับปัญหาการขาดทุน เนื่องจากต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น เพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่ต้องนำเข้า เมื่อค่าเงินบาทอ่อนตัวลง ราคาวัตถุดิบก็เพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยังประสบกับปัญหาการขาดสภาพคล่องทางการเงิน เพราะสถาบันการเงินจำนวนมากได้ปิดกิจการลง ส่วนสถาบันการเงินที่ยังเหลืออยู่ ก็ได้มีการควบคุมการปล่อยสินเชื่ออย่างเข้มงวด และได้ลดปริมาณการปล่อยสินเชื่อลง ทำให้ผู้

ประกอบการในอุตสาหกรรมเหล็กเส้นขาดเงินทุนหมุนเวียนที่ใช้ในการดำเนินงาน ผู้ประกอบการจำนวนมาก โดยเฉพาะผู้ประกอบการขนาดเล็ก ต้องปิดกิจการลง เพราะไม่สามารถทนรับปัญหาการขาดทุน และการขาดสภาพคล่องได้

ในปัจจุบัน ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเหล็กเส้นที่เหลืออยู่ ต่างพยายามปรับตัวเพื่อให้สามารถดำเนินกิจการต่อไปได้ ผู้ประกอบการรายใหญ่จำนวนหนึ่ง จึงมีแนวคิดที่จะทำการควบรวมกิจการกัน เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะการแข่งขันกันเอง และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้น ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง การปรับตัวของผู้ประกอบการรายใหญ่นี้ จะทำให้อุตสาหกรรมเหล็กเส้นของไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปมากพอสมควร อาจจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตให้มีความทันสมัยมากขึ้น โครงสร้างตลาดของอุตสาหกรรมจะมีการผูกขาดมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ระดับราคาและคุณภาพของสินค้าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเป็นเรื่องที่จะต้องทำการพิจารณากันต่อไปว่าผลจะออกมาเป็นเช่นใด

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กเส้น

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตเหล็กเส้นก่อสร้างสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. วัตถุดิบประเภทโลหะเหล็ก ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเหล็กทุกประเภท รวมถึงเหล็กเส้นด้วย วัตถุดิบประเภทนี้ สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 เหล็กขั้นต้น ได้แก่ เหล็กถลุง (Pig Iron) เหล็กพรุน (Sponge Iron) และเศษเหล็ก (Scrap) วัตถุดิบประเภทนี้ใช้กับการผลิตที่ใช้เตาหลอมไฟฟ้า เศษเหล็กที่นำมาใช้ในการผลิตเหล็กสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- เศษเหล็กชิ้นเล็กๆ (Melting Steel Scrap) ได้แก่ เศษเหล็กที่ได้จากการรื้ออาคาร เศษตะปู ภาชนะเก่า ตัวถังรถยนต์ เครื่องใช้ที่เป็นเหล็ก และเครื่องยนต์เก่า ซึ่งส่วนใหญ่ร้านค้าของเก่าจะเป็นผู้รวบรวมเศษเหล็กเหล่านี้ส่งให้โรงงานผลิตเหล็กเส้นประเภทที่มีเตาหลอม เพื่อนำไปหลอมเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเหล็กเส้น ในอดีตโรงงานส่วนใหญ่ใช้เศษเหล็กประเภทนี้เป็นอัตราส่วนมากถึง 75-80% ของวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต แต่ในปัจจุบันเศษเหล็กในประเทศมีไม่เพียงพอกับความ

ต้องการของโรงงานผลิตเหล็กเส้น ทำให้มีการนำเข้าเศษเหล็ก เหล็กถลุง และเหล็กพรุน มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเพิ่มขึ้น

- เศษเหล็กชนิดดี (Re-Rolled Scrap) เป็นเศษเหล็กที่อาศัยการนำเข้าเกือบทั้งหมด แบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นเศษเหล็กชนิดแผ่น (Cobble Plate) ซึ่งเป็นเหล็กแผ่นหนาที่มีคุณสมบัติไม่สมบูรณ์และไม่ได้มาตรฐานสำหรับการใช้งานในสภาพเหล็กแผ่น จึงนิยมนำมาตัดแล้วนำไปเผารีดออกมาเป็นเหล็กเส้น ส่วนใหญ่นำเข้าจากกลุ่มประเทศในแถบยุโรป และอเมริกา ส่วนประเภทที่สอง คือ เศษเหล็กแผ่นที่อยู่ในสภาพดี ได้แก่ เศษเหล็กที่ตัดจากเรือบรรทุกสินค้า (Ship Plate) ที่หมดสภาพ เช่น เหล็กท่อน เหล็กฉาก และเหล็กราว เศษเหล็กเข็มพืด (Sheet Pile) เป็นต้น เศษเหล็กประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้ในโรงงานผลิตเหล็กเส้นประเภทรีดซ้ำ โดยการนำมาตัดเป็นขนาดที่ต้องการแล้วนำไปเผาเพื่อรีดออกมาเป็นเหล็กเส้น

1.2 เหล็กขั้นกลาง ได้แก่ เหล็กแท่ง (Billet) เหล็กแผ่น (Chip or Cobble Plate) ส่วนใหญ่ใช้กับการผลิตแบบรีดซ้ำ

2. วัตถุดิบอื่นๆ วัตถุดิบประเภทนี้จะเป็นส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำเหล็กในเตาหลอมให้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ได้แก่ หินขาว หินเผา ไดโลไมท์ แร่ฟลูออไรท์ และสารเคมีจำพวกเฟอร์โรอัลลอย (Ferro Alloy) ซึ่งได้แก่ เฟอร์โรซิลิคอนและเฟอร์โรแมงกานีส วัตถุดิบประเภทนี้ที่มีในประเทศ ได้แก่ หินขาว หินเผา โดโลไมท์ และแร่ฟลูออไรท์ ส่วนวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน ฟิลิปปินส์ และเกาหลี เป็นต้น

3.3 กรรมวิธีการผลิตเหล็กเส้น

ก่อนที่จะกล่าวถึงกรรมวิธีการผลิตเหล็กเส้น จะขอกล่าวถึงกระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าก่อน เพื่อให้เข้าใจถึงกระบวนการผลิตเหล็กตั้งแต่ขั้นต้น ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงกรรมวิธีการผลิตเหล็กเส้นได้ง่ายขึ้น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีผลิตภัณฑ์อยู่หลายประเภท ซึ่งสามารถแบ่งตามขั้นตอนหรือกระบวนการผลิตได้ดังนี้

1. **การผลิตเหล็กขั้นต้น (Raw Steel Product)** หรือขั้นตอนการถลุงเหล็ก (Iron Making) เป็นการแยกเหล็กออกมาจากสินแร่เหล็ก เพื่อให้ได้เหล็กที่มีปริมาณของสารมลทินต่าง ๆ น้อยลง สามารถแบ่งรูปแบบของกรรมวิธีการถลุงเหล็กได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1.1 การใช้เตาถลุงแบบพ่นลม (Blast Furnace)

วิธีการถลุงเหล็กแบบนี้เป็นการถลุงเหล็กแบบดั้งเดิมที่สุด โดยเป็นการถลุงแร่เหล็กในสภาวะของเหลว ใช้ถ่านหินชนิดพิเศษเป็นตัวช่วยถลุง วิธีการแบบนี้จะใช้อากาศพ่นเข้าไปในเตาถลุงที่กำลังเผาวัตถุดิบซึ่งประกอบไปด้วยแร่เหล็กผสมกับหินปูนหรือโดโลไมท์ และถ่านโค้ก เพื่อให้ได้ก้อนแข็ง (Sinter) หรือปั้นเป็นเม็ด (Pellet) อุณหภูมิภายในเตาถลุงนี้จะสูงมากประมาณ 1,600 องศาเซลเซียส เหล็กที่ได้จึงเป็นเหล็กเหลว ซึ่งปกติจะหล่อออกมาเป็นแท่ง เรียกว่า เหล็กถลุง (Pig Iron)

การถลุงเหล็กโดยวิธีนี้จะกระทำได้ทีละมากๆ จึงเหมาะสำหรับการผลิตในขนาดที่ใหญ่ ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการผลิตสูง และต้นทุนการผลิต (Operating Cost) ต่ำ ซึ่งเป็นข้อดีของการถลุงเหล็กแบบนี้ แต่การใช้เตาถลุงแบบพ่นลมก็มีข้อเสียอยู่หลายประการด้วยกัน โดยประการแรก คือ ต้องใช้เงินลงทุนสูง เนื่องจากต้องมีกำลังการผลิตสูงถึง 3 ล้านตันต่อปีขึ้นไป จึงจะคุ้มทุนในเชิงพาณิชย์ เพราะมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ทำให้ต้องใช้อุปกรณ์มาก ซึ่งได้แก่ เตาย่างแร่ผสม (Sintering Furnace) เตาผลิตถ่านโค้ก (Coke Oven) และเตาพ่นลม เป็นต้น และยังต้องลงทุนในส่วนของการป้องกันมลพิษจากกระบวนการผลิตอีกด้วย ข้อเสียประการต่อมา คือ การพึ่งพาการนำเข้าถ่านโค้ก เนื่องจากถ่านหินในประเทศมีคุณภาพไม่สูงพอ และข้อเสียประการสุดท้าย คือ ปริมาณตะกรันที่เหลือจากการถลุงมีจำนวนมาก จำเป็นต้องหาที่เก็บ หรือนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เป็นต้น

กรรมวิธีการผลิตที่ใช้เตาถลุงแบบพ่นลมนี้ ในประเทศญี่ปุ่นได้มีการพัฒนาให้กระบวนการผลิตให้สามารถผลิตเหล็กได้โดยตรงจากวัตถุดิบต่าง ๆ คือ แร่เหล็ก หินปูน ถ่านหิน โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการผลิตในส่วน Sintering Process และ Coke Making Process ซึ่งเรียกเทคโนโลยีการผลิตนี้ว่า

Direct Iron Ore Smelting Reduction Process (DIOS) ต้นทุนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีแบบ DIOS จะต่ำกว่าแบบเตาพ่นลมประมาณ 10%

1.2 การใช้เตาถลุงอุณหภูมิต่ำ (Direct Reduction)

เป็นกรรมวิธีการถลุงแร่เหล็กในสภาวะของแข็ง โดยใช้ก๊าซที่เป็นรีดิวซิ่ง (Reducing Gas) เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน พ่นเข้าไปในเตาถลุงที่อุณหภูมิประมาณ 800-1,000 องศาเซลเซียส สารประกอบของเหล็กจะทำปฏิกริยากับก๊าซเหล่านี้กลายเป็นเหล็กในสภาวะของแข็งมีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เรียกว่า เหล็กพรุน (Sponge Iron) เหล็กพรุนนี้จะมีสารมลทินน้อยกว่าเหล็กถลุง เนื่องจากไม่มีการหลอมเหลว จึงไม่มีการกลืนสารมลทินต่างๆเข้าไป เหล็กพรุนที่ได้นี้จะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามาก สามารถลุกไหม้ติดไฟได้ง่าย ยากต่อการจัดเก็บ ดังนั้นในบางกรณีจึงมีการนำเหล็กพรุนที่ผลิตออกมาใหม่ ๆ และมีอุณหภูมิที่สูงอยู่มาอัดเป็นก้อนขนาดเล็ก ทำให้บางครั้งเรียกเหล็กพรุนที่ได้นี้ว่า DRI: Direct Reduced Iron หรือ HBI:Hot Briquette Iron การผลิตแบบนี้นิยมใช้กันในกลุ่มประเทศที่มีก๊าซธรรมชาติมาก เช่น แม๊กซิโก กลุ่มประเทศในอเมริกาใต้ มาเลเซีย เป็นต้น และการผลิตเหล็กพรุนจะเป็นการผลิตในขนาดเล็กเท่านั้น

การใช้เตาถลุงอุณหภูมิต่ำ มีข้อดีตรงที่ขนาดกำลังการผลิตอยู่ในระดับที่เหมาะสมในเชิงพาณิชย์ คือ ระดับ 1 ล้านตันต่อปี ทำให้จุดคุ้มทุนไม่สูงมากและเหมาะสมสำหรับประเทศที่มีปริมาณความต้องการเหล็กขั้นต้นไม่สูงนัก นอกจากนี้ หากมีการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการผลิตที่ใช้ถ่านหิน แต่ก็อาจมีปัญหาทางด้านวัตถุดิบ เนื่องจากราคาก๊าซธรรมชาติของประเทศค่อนข้างสูง และหากใช้ถ่านหินเป็นวัตถุดิบอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากกำมะถันที่ปนมากับถ่านหิน

ปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาการผลิตแบบ Fast Met ซึ่งเป็นการผลิตที่ใช้ผงแร่เหล็ก (Fine Iron Ore) และถ่านหินเป็นวัตถุดิบ โดยจะบดและผสมเป็นเม็ดป้อนเข้าใน Rotary Furnace ทำให้สามารถหลอมเหล็กได้เร็วขึ้น 4-5 เท่า ทำให้ประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก

1.3 การถลุงโดยใช้กระบวนการ Smelting Reduction

ในปัจจุบันมีเพียงกระบวนการที่เรียกว่า COREX Process เท่านั้นที่มีการผลิตในระดับพาณิชย์ การผลิตแบบนี้ใช้ถ่านหินบิทูมินัส ได้ผลิตภัณฑ์ คือ เหล็กถลุงที่หลอมเหลว และยังได้ผลพลอยได้เป็น

ก๊าซที่สามารถนำไปผลิตเหล็กพรุนได้อีก เราสามารถแบ่งกรรมวิธีการผลิตได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ทำหน้าที่ถลุงเปลี่ยนสภาพแร่เหล็กให้เป็นรูพรุนโดยใช้ถ่านหิน และส่วนที่ทำหน้าที่หลอมเหล็กพรุนให้อยู่ในสภาพของเหลว ประเทศที่มีการผลิตโดยใช้วิธีนี้ส่วนใหญ่ คือ กลุ่มประเทศแอฟริกาใต้ และเกาหลี

การผลิตแบบนี้สามารถทำการผลิตในขนาดกำลังการผลิตเล็ก ๆ ได้ เช่นเดียวกับการผลิตที่ใช้เตาถลุงอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตยังสามารถใช้ถ่านหินได้หลายประเภท ไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านหินที่หายากและมีราคาแพง ส่วนก๊าซที่ได้จากปฏิกิริยาเผาไหม้ของถ่านหินสามารถนำกลับไปใช้ในเตาถลุงต่อไปได้ และก๊าซที่เหลืออาจนำไปขายหรือผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งถือเป็นข้อดีของการผลิตแบบนี้ แต่การถลุงโดยใช้กระบวนการ Smelting Reduction มีข้อเสียตรงที่มีข้อจำกัดทางด้านกำลังการผลิตที่มีขนาดไม่เกิน 1 ล้านตันต่อปี

2. **การผลิตเหล็กขั้นกลาง (Semi-Finished Steel Product)** หรือขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้า (Steel Making) เป็นการนำเหล็กขั้นต้น ซึ่งได้แก่ เหล็กถลุง และเหล็กพรุนที่ยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานเนื่องจากยังมีสิ่งเจือปนผสมอยู่ หรือมีปริมาณคาร์บอนในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมมาปรับปรุงคุณภาพและลดปริมาณของธาตุมลทินให้มีคุณสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

- นำเหล็กเหลว (Hot Metal) หรือเหล็กถลุงที่ได้จากเตาถลุงไปเปลี่ยนเป็นเหล็กกล้าในเตาแปลงสภาพ (Converter) ประเภท Basic Oxygen Furnace (BOF) และจะเป่าก๊าซออกซิเจนจากส่วนบนของเตาเข้าไปในเตาเพื่อขจัดคาร์บอน และสิ่งเจือปนอื่นๆที่ไม่ต้องการออกมาจากเหล็กถลุง ทำให้ได้เหล็กที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนดก่อนที่จะนำไปหล่อเป็นแท่งตามต้องการ

- นำเศษเหล็ก(Scrap) เหล็กพรุน หรือเหล็กถลุง มาหลอมในเตาหลอมไฟฟ้า (Electric Arc Furnace :EAF) แล้วปรับปรุงคุณภาพให้เป็นไปตามที่ต้องการ

เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพเหล็กโดยผ่านกรรมวิธี 2 วิธีข้างต้นแล้ว จะนำเหล็กที่ผ่านการหลอมไปหล่อเป็นเหล็กแท่งชนิดต่าง ๆในเบ้าหล่อ (Ingot) หรือหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting) จะได้เหล็กแท่งที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆกัน คือ

- เหล็กแท่งเล็ก (Billet) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กเส้นก่อสร้าง เหล็กลวด และเหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก เช่น เหล็กฉาก และเหล็กรางน้ำ เป็นต้น

- เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กรูปพรรณ หรือเหล็กโครงสร้างขนาดใหญ่
- เหล็กแท่งแบน (Slab) ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กแผ่น

3. **การผลิตเหล็กขั้นปลาย (Finished Sheet Product)** หรือขั้นตอนการแปรรูปเหล็กแท่งชนิดต่างๆ เป็นขั้นตอนการนำเหล็กขั้นกลางซึ่งได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก เหล็กแท่งใหญ่ และเหล็กแท่งแบน มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ในขั้นตอนนี้สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตได้เป็น 4 ขั้นตอนย่อย คือ
   - ขั้นตอนการแปรรูปร้อน (Hot Working) เช่น การนำ Slab ไปรีดเป็นเหล็กแผ่นรีดร้อน หรือการนำ Billet ไปรีดเป็นเหล็กเส้น
   - ขั้นตอนการแปรรูปเย็น (Cold Rolling) เช่น การนำเหล็กแผ่นรีดร้อนไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็น
   - ขั้นตอนการเคลือบผิว เช่น การใช้เหล็กแผ่นรีดเย็นในการผลิตเหล็กแผ่นเคลือบผิวชนิดต่างๆ
   - ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ได้แก่ การนำผลิตภัณฑ์เหล็กจาก 3 ขั้นตอนข้างต้นไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ท่อเหล็ก ภาชนะบรรจุ ลวดหนาม ตะแกรง ตาข่าย โซ่ ตะปู เป็นต้น

3.3.2 กระบวนการผลิตเหล็กเส้น

กรรมวิธีการผลิตเหล็กเส้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การผลิตเหล็กเส้นแบบใช้เตาหลอมไฟฟ้าอาร์ค (Electric Arc Furnace) เป็นการผลิตของโรงงานขนาดใหญ่ ซึ่งสามารถพิจารณาขั้นตอนการผลิตได้จากรูปที่ 3.1 ที่แสดงถึงกระบวนการผลิตเหล็กเส้นของโรงงานที่ใช้เตาหลอมในการผลิต

การผลิตเหล็กเส้นแบบใช้เตาหลอมไฟฟ้าอาร์ค สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตได้ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 จัดหาวัตถุดิบประเภท เศษเหล็ก เหล็กถลุงหรือ เหล็กพรุน สำหรับเตาหลอมโลหะ

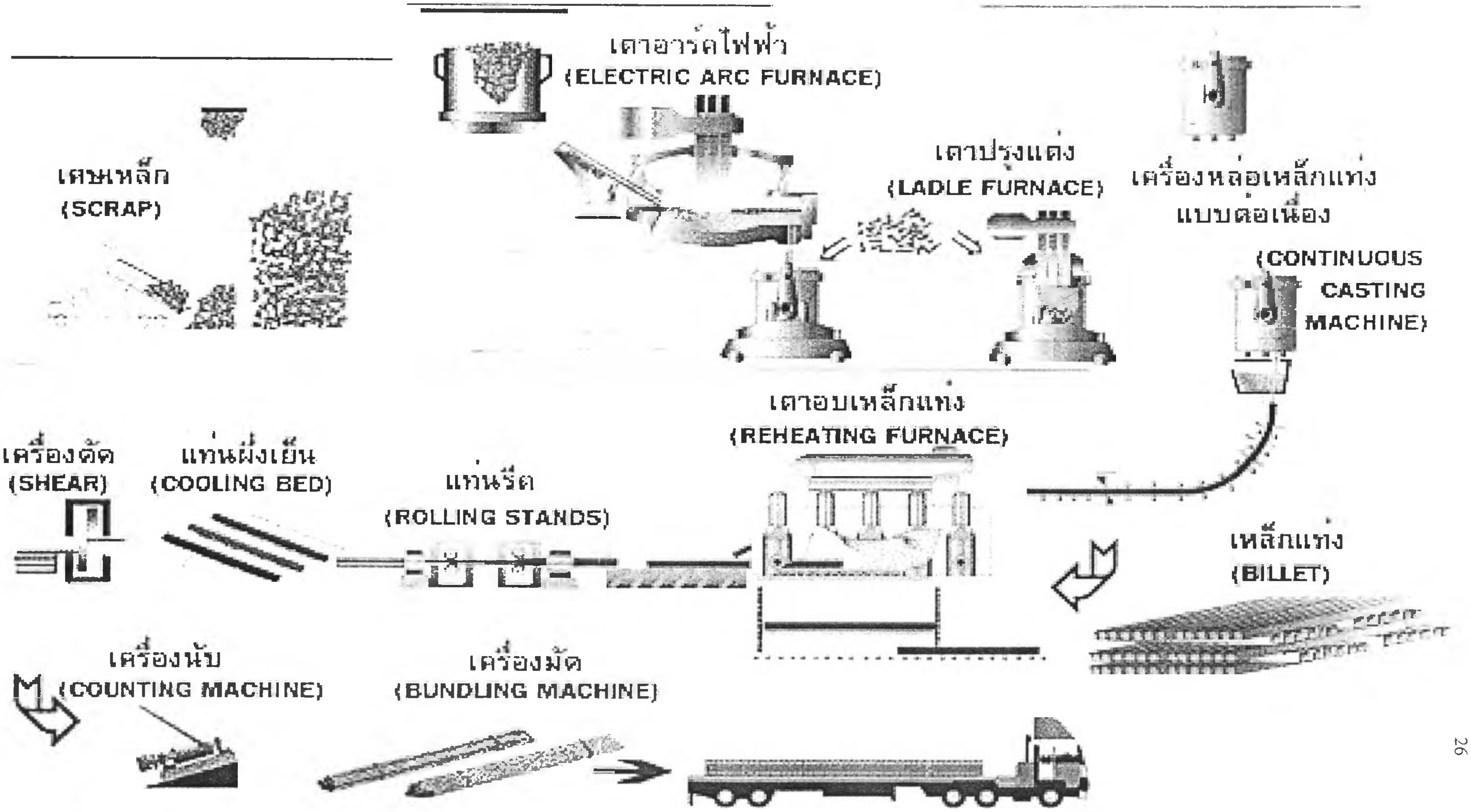
1.2 ขั้นตอนเตรียมเศษเหล็ก โดยคัดเลือกเศษเหล็ก เหล็กพรุน หรือเหล็กถลุง ที่ต้องการ แล้วนำมาผสมกัน จากนั้นใช้แม่เหล็กดูดใส่ถังบรรจุ (Changing Bucket) ป้อนลงสู่เตาหลอมพร้อมกับวัตถุดิบอื่นๆ เช่น หินปูนเผา ถ่านCoke แร่ฟลูออไรท์ ในปริมาณที่เหมาะสม

1.3 Melting เป็นขั้นตอนของการหลอมละลายวัตถุดิบ โดยใช้พลังงานไฟฟ้า (Electric Arc) ผ่านทางแท่ง Graphite Electrode แล้วนำน้ำเหล็กตัวอย่าง (Sampling) ไปทำการวิเคราะห์หาส่วนผสมของน้ำเหล็ก จากนั้นจึงมีการไล่ขี้ตะกรัน (Slag off) และปรับส่วนผสม (Composition Adjustment) ให้น้ำเหล็กมีส่วนผสมที่ถูกต้องตรงตามมาตรฐานอุตสาหกรรมโดยการเติม Alloy ต่างๆ เช่น เฟอร์โรซิลิกอน เฟอร์โรแมงกานีส ทำให้ได้น้ำเหล็กบริสุทธิ์ (Refining) เมื่อน้ำเหล็กบริสุทธิ์มีอุณหภูมิประมาณ1,650 องศาเซลเซียส นำน้ำเหล็กไปเทใส่ถังน้ำเหล็ก (Ladle) จากนั้นเทลงเครื่องจักรหล่อเหล็กแท่งต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) เพื่อทำการหล่อเป็นเหล็กแท่ง (Billet)

1.4 Continuous Casting เป็นขั้นตอนของการหล่อเหล็กแท่งด้วยเครื่องหล่อแท่งเหล็ก โดยน้ำเหล็กถูกถ่ายเทจากถังน้ำเหล็ก ลงถังรับน้ำเหล็ก (Tundish) น้ำเหล็กจะไหลลงสู่ถังทองแดงที่มีน้ำเย็นอยู่รอบๆ หลังจากนั้นน้ำเหล็กจะแข็งตัว และจะถูกตัดเป็นเหล็กแท่ง (Billet)

1.5 Rolling เป็นขั้นตอนของการรีดเหล็กแท่งให้เป็นเหล็กเส้นก่อสร้าง (Steel Bar) โดยนำเหล็กแท่งผ่านเข้าสู่เตาอบ (Reheating Furnace) อบให้ได้อุณหภูมิประมาณ 1,250 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม จากนั้นส่งเข้าเครื่องรีด (Rolling Mills) โดยลำเลียงเข้าสู่แท่นรีดแล้วทำการรีดจนได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ต้องการ หลังจากนั้นจะถูกลำเลียงต่อไปยังเครื่องตัด (Cold Shear) เพื่อตัดให้ได้ขนาดตามความยาวมาตรฐาน

2. การผลิตเหล็กเส้นประเภทรีดซ้ำ (Re-Rolling) เป็นการผลิตของโรงงานขนาดเล็กที่ใช้เงินลงทุนต่ำ กรรมวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน จะมีเฉพาะขั้นตอนการรีดเหล็กเส้น โดยใช้วัตถุดิบ ซึ่งได้แก่ เหล็กแท่ง (Billet) เศษเหล็กแผ่น (Cobble Plate) หรือเศษเหล็กเรือ (Ship Plate) เข้าเตาเผาหรือทำให้ร้อนแล้วรีดเป็นเหล็กเส้นขนาดความยาวตามต้องการ

จากกรรมวิธีการผลิตข้างต้น เราจะเห็นว่ากรรมวิธีการผลิตแบบใช้เตาหลอมไฟฟ้ามีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าการผลิตเหล็กเส้นประเภทรีดซ้ำ แต่การใช้เตาหลอมไฟฟ้าจะทำให้ได้เหล็กเส้นที่มีคุณภาพและมาตรฐานสูง แต่คุณภาพของเหล็กเส้นประเภทรีดซ้ำขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นสำคัญ เพราะว่ากรรมวิธีการผลิตไม่ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางเชิงกล และทางเคมี

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตเหล็กเส้น แบบใช้เตาหลอมในการผลิต