อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก

Steel Production Industry

อัดแน่นด้วยรูปภาพ
กระบวนการผลิตเหล็ก
การออกแบบร่องลูกรีด
รายละเอียดการคำนวณ
การรีดเหล็กเส้น (⌀ 6, 10 mm)
และฝังโรงงาน
มากกว่า 10 โรงงาน

ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก

Steel Production Industry

โดย... ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

220.-

อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก
Steel Production Industry

โดย... **ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล**

ราคา 220 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 เมษายน 2555

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล.
อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก.-- กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2555.
192 หน้า.
1. การก่อสร้าง. 2. โครงสร้างเหล็ก. I. ชื่อเรื่อง.
693.71
ISBN 978-974-443-489-0

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดย สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)
ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
5-7 ซอยสุขุมวิท 29 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทร. 0-2258-0320 (6 เลขหมายอัตโนมัติ), 0-2259-9160 (10 เลขหมายอัตโนมัติ)
เสนองานเขียน • งานแปลได้ที่ www.tpa.or.th/publisher/new
ติดต่อสั่งซื้อหนังสือได้ที่ www.tpabookcentre.com

จัดจำหน่ายโดย **บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)**
1858/87-90 อาคารเนชั่นทาวเวอร์ ชั้น 19 ถนนบางนา-ตราด
แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260
โทร. 0-2739-8000, 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8356-9
www.se-ed.com

ส.ส.ท. รักษ์โลก
ร่วมใช้หมึกพิมพ์จากถั่วเหลือง

"ถ้าหนังสือมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการพิมพ์ ให้นำมาแลกเปลี่ยนได้ที่สมาคมฯ" โทร. 0-2258-0320 ต่อ 1560, 1570

■ **บรรณาธิการที่ปรึกษา** ทิพวรรณ อภิวันท์วรรัตน์ ■ **บรรณาธิการบริหาร** ทวิยา วัณณะวิโรจน์ **หัวหน้ากองบรรณาธิการ** แทนพร เลิศวุฒิภัทร **บรรณาธิการเล่ม** รินดา คันธวร **ออกแบบปก** ภาณุพันธ์ โนวยุทธ **ออกแบบรูปเล่ม** ประเทือง คชเสนีย์ **ธุรการสำนักพิมพ์** อังคณา อรรถพงศ์ชร ■ **พิมพ์ที่** : บริษัท ส.เอเซียเพรส จำกัด

ตัวอย่าง

คำนำนายกสมาคม

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) หรือ ส.ส.ท. ก่อตั้งอย่างเป็นทางการในวันที่ 24 มกราคม 2516 จากความตั้งใจมุ่งมั่น ความร่วมมือร่วมใจ และความเสียสละ ทุ่มเทกำลังกายและกำลังใจของกลุ่มผู้ที่เคยไปศึกษาและดูงานโดยทุน ABK & AOTS ณ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมี ฯพณฯ สมหมาย ฮุนตระกูล เป็นประธานคณะกรรมการก่อตั้ง และสำเร็จด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจาก อาจารย์ โงอิจิ โฮซูมิ อดีตประธานกรรมการ สมาคมความร่วมมือทางเศรษฐกิจ ญี่ปุ่น-ไทย (JTECS) โดยได้รับความช่วยเหลือทางด้านเงินทุนจากกระทรวงการค้าระหว่างประเทศและอุตสาหกรรม (METI) ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งไม่มีพันธะผูกพันใดๆ เพื่อใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรม อันประกอบด้วยฝ่ายต่าง ๆ ดังนี้ ฝ่ายธุรกิจสิ่งพิมพ์ ส.ส.ท. ฝ่ายโรงเรียนภาษาวัฒนธรรม ฝ่ายพัฒนาธุรกิจการศึกษาและสิ่งพิมพ์ ฝ่ายการศึกษาและฝึกอบรม ฝ่ายพัฒนาและส่งเสริมอุตสาหกรรม ฝ่ายพัฒนาและจัดการความรู้ ฝ่ายบริการสอบเทียบและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายวินิจฉัยและให้คำปรึกษาสถานประกอบการ และฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ

สำหรับฝ่ายธุรกิจสิ่งพิมพ์ ส.ส.ท. โดยแผนกตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม หรือสำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ในระยะแรกของการดำเนินการนั้น มุ่งส่งเสริมให้มีตำราภาษาไทยเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอาชีวศึกษา ซึ่งในขณะนั้นยังมีอยู่จำกัดให้แพร่หลายขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานการศึกษาในสายวิชาชีพซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สมาคมฯ ยังคงยึดมั่นการจัดพิมพ์หนังสือที่เป็นรากฐานเดิม คือ เทคโนโลยี และได้ขยายการจัดพิมพ์ครอบคลุมหนังสือด้านการบริหารจัดการธุรกิจ อุตสาหกรรม และจิตวิทยา-การพัฒนาตนเอง รวมถึงคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ทั้งที่เป็นงานเขียนและงานแปล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดและเผยแพร่ความรู้ในสาขาต่าง ๆ ให้แก่บุคลากรทั้งภาครัฐและเอกชน ตลอดจนนักเรียน นักศึกษา เยาวชน ซึ่งจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม เศรษฐกิจ และสังคมไทยให้เติบโตได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ด้วยเจตนารมณ์ที่แน่วแน่ดังกล่าว สมาคมฯ จึงขอเชิญชวนอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่มีความมุ่งมั่นเช่นเดียวกับสมาคมฯ ในอันที่จะถ่ายทอดทักษะ ความรู้ในสาขาต่าง ๆ ร่วมส่งผลงานเขียนของท่านเพื่อให้สมาคมฯ พิจารณาจัดพิมพ์เผยแพร่ในวงกว้างต่อไป อนึ่ง สมาคมฯ ใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อผู้เขียนและผู้แปลทุกท่านที่มีส่วนสำคัญในความสำเร็จของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท. และสมาคมฯ จวบจนปัจจุบัน

(ผศ. ประยูร เชี่ยววัฒนา)

นายกสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ตัวอย่าง

คำแถลงของสำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. โดยแผนกตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม วิวัฒนาการมาจากโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อว่า โครงการตำรา ซึ่งจัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2516 พร้อม ๆ กับการก่อตั้งสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) โดยมุ่งหวังที่จะให้มีตำราทางด้านวิทยาการต่าง ๆ ทั้งในระดับอาชีวศึกษาและประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางด้านช่างที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้

ในระยะแรกนั้น ตำราที่ผลิตโดยโครงการตำรา ส่วนใหญ่จะเป็นหนังสือแปลจากต้นฉบับภาษาญี่ปุ่น ต่อมาจึงได้ขยายขอบข่ายของการจัดพิมพ์ครอบคลุมไปถึงงานแปลและเรียบเรียงจากต้นฉบับภาษาอื่น งานเรียบเรียง-เขียนตำราจากประสบการณ์ของผู้ชำนาญในแต่ละสาขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาจารย์จากสถาบันการศึกษา

ต่อมาในระยะ 4-5 ปี หลังจากการก่อตั้งสมาคมฯ โครงการตำราได้วิวัฒนาการเป็นโครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม และเป็นส่วนตำราสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2539 พร้อม ๆ กับการขยายขอบข่ายหนังสือที่จัดพิมพ์เพิ่มเติม ได้แก่ หนังสือทางด้านการบริหารจัดการธุรกิจ การบริหารจัดการคุณภาพ และอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การดำเนินงาน

โดยที่หนังสือที่จัดพิมพ์โดยสมาคมฯ ได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักศึกษาและประชาชนทั่วไป ทางสมาคมฯ จึงใคร่ขอเชิญชวนให้ผู้เชี่ยวชาญในวงการอุตสาหกรรม และสถาบันการศึกษาได้ช่วยกันเขียน-เรียบเรียงหนังสือทางด้านเทคนิคอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ให้เพิ่มหลายยิ่งขึ้น โดยสมาคมฯ ยินดีให้การสนับสนุนในด้านการจัดพิมพ์

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ขอขอบคุณท่านผู้เขียน-เรียบเรียงและเจ้าหน้าที่ของสมาคมฯ ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนช่วยในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ และหากท่านผู้อ่านมีข้อชี้แนะประการใดขอได้โปรดแจ้งให้ทางสำนักพิมพ์ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ตัวอย่าง

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนำ

หนังสือเรื่องอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กเป็นการเรียบเรียง ค้นคว้า จากตำราและวารสารการผลิตเหล็กหลายเล่ม ผู้เขียนพยายามเรียบเรียง จัดลำดับขั้นตอนให้อ่านเข้าใจง่าย ใช้ประสบการณ์สอดแทรกตามความเหมาะสม หนังสืออุตสาหกรรมการผลิตเหล็กเล่มนี้เหมาะสำหรับท่านผู้อ่านที่เริ่มศึกษาเรื่องการผลิตเหล็ก และท่านที่ทำงานเกี่ยวกับการรีดเหล็กเส้นกลมหรือเหล็กข้ออ้อย มีเนื้อหาตั้งแต่การถลุงสินแร่เหล็ก กรรมวิธีกำจัดสารมลทิน กระบวนการขึ้นรูปต่าง ๆ มีการแสดงการคำนวณอย่างเป็นขั้นตอน จากเหล็กแท่งบิลเล็ตจนกระทั่งเป็นเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย รวมถึงแสดงตัวอย่างผังโรงงานรีดเหล็กที่ผู้เรียบเรียงได้มีประสบการณ์ในการออกแบบ ซึ่งหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน และถ้าหากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใดกรุณาแจ้งมายังผู้เขียน จักขอบคุณอย่างยิ่ง

ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล
วุฒิวิศวกร สาขาอุตสาหการ (วอ.187)
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือ “อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก (Steel Production Industry)” เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ผู้เขียนต้องขอขอบคุณ บริษัท เยนเนอรัลไอออน จำกัด บริษัท นิกโก้ สตีล จำกัด ผู้ผลิตเหล็กเส้น และ บริษัท ไทยเทคสตีล จำกัด ผู้ผลิตลูกรีดสำหรับรีดเหล็ก ที่ให้ความรู้ในการรีดเหล็ก การผลิตเหล็ก การผลิตลูกรีดขนาดเล็กหรือขนาดย่อม (Mini-Rolls) พร้อมทั้งมอบโอกาสให้ปฏิบัติงานนอกเวลาราชการ และมอบทุนการดูงานทั้งเอเชียและยุโรปหลายประเทศ ขอขอบคุณ บริษัท สหกลโลหะกิจ จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งดำเนินกิจการเกี่ยวกับการออกแบบโรงงานและผลิตเครื่องรีดเหล็ก เครื่องจักร อุปกรณ์การรีดเหล็ก ที่ให้ทุนดูงานต่างประเทศ และเปิดโอกาสให้ออกแบบ คำนวณควบคุมการตั้งโรงงานผลิตเหล็กเส้น รวมทั้งติดตามผลการผลิตของโรงงานที่ติดตั้งทั้งในและต่างประเทศจำนวนหลายโรงงาน นอกจากนี้ยังได้มอบแบบแปลนโรงงานและภาพถ่ายอุปกรณ์ของเครื่องรีดเหล็กเพื่อใช้ในการเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ สุดท้ายต้องขอขอบคุณ คุณพงษ์ศักดิ์ แจ้งคำ และคุณสำเริง เนตรภู่ นักศึกษาปริญญาเอก คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้แนวทางในการเรียบเรียงเอกสารฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ดร.สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล
วุฒิวิศวกร สาขาอุตสาหการ (วอ.187)
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำอุตสาหกรรมเหล็ก 1
1.1 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น 1
1.2 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง 5
1.3 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย 5

บทที่ 2 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น 7
2.1 การถลุงแร่เหล็กในสภาพของเหลวจากเตาพ่นลมหรือเตาสูง 8
2.2 การถลุงแร่เหล็กในสภาพของแข็ง 13

บทที่ 3 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง 15
3.1 เตาอาร์กไฟฟ้า (Electric Arc Furnace หรือ EAF) 16
3.2 เตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Induction Furnace) 21
3.3 การหล่อเหล็กแท่งอินกอต (Ingot Mold Casting Process) 21
3.4 กระบวนการหล่อเหล็กต่อเนื่อง 23

บทที่ 4 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย 27
4.1 ชนิดของเตาอบเหล็ก 27
4.2 เชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาอบเหล็ก (Reheating Fuel) 32
4.2 หลักการทำงานและการใช้งานของเตาอบเหล็ก 37
4.4 การประหยัดพลังงานในเตาอบเหล็ก 38

บทที่ 5 เครื่องรีดเหล็ก (Rolling Machine) 43
5.1 ชุดแท่นรีดหยาบ 43
5.2 ชุดแท่นรีดปานกลาง 49
5.3 ชุดแท่นรีดละเอียด 50
5.4 ชุดแท่นรีดลวด 51

บทที่ 6 กระบวนการอบชุบเพิ่มความแข็งเหล็ก (Tempcore Process) 55
และลานลดอุณหภูมิ (Cooling Bed)
6.1 กระบวนการอบชุบเพิ่มความแข็งเหล็ก 55

ตัวอย่าง

6.2 ลานลดอุณหภูมิ 61

บทที่ 7 วิธีออกแบบการรีดเหล็ก (Designing Method of Steel Rolling) 65
7.1 การยืดตามยาว 65
7.2 การขยายตามขวาง 68
7.3 ช่วงสไลด์ตามยาว 68
7.4 ความเร็วต่อเนื่อง 71
7.5 การออกแบบร่องลูกรีด (Roll Pass Design) 74

บทที่ 8 การออกแบบร่องลูกรีดและการวางผังโรงงานรีดเหล็กเส้นกลม 99
8.1 การออกแบบร่องรีดลูกรีดเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กจาก บิลเล็ตเล็กขนาด 60 x 60 mm และการวางผังโรงงาน 99
8.2 การออกแบบร่องลูกรีดเหล็กเส้นข้ออ้อยขนาดเล็กจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm และการวางผังโรงงาน (Plant Layout ของ DB10 และเหล็กฉากขนาด 50 x 50 x 5 mm) 103

บทที่ 9 แท่นรีด (Mill Stand) และทิศทางการรีด 119
9.1 ลักษณะแท่นรีดและทิศทางการรีด 119
9.2 ชุดแท่นรีด (Mill Train) 120
9.3 แผนผังโรงงานรีดเหล็ก (Rolling Mill Layout) 124
9.4 ตัวอย่างผังโรงงานรีดเหล็กและข้อมูลด้านเทคนิคของโรงงาน รีดเหล็กเส้นกลมในประเทศที่ติดตั้งและผลิตโดยคนไทย 140
9.5 แนวทางการเลือกโรงงานผลิตเหล็กที่ใช้เทคโนโลยีระดับกลาง 148

บทที่ 10 เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในโรงงานรีดเหล็กเส้น 153
10.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานรีดเหล็กเส้น 153
10.2 อุปกรณ์แท่นรีดหยาบ 3 ชั้น (3 Hi) 159
10.3 อุปกรณ์แท่นรีด 2 ชั้น (2 Hi) 163

เอกสารอ้างอิง 171

ประวัติผู้เขียน 174

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 แผนผังกรรมวิธีการผลิตเหล็กขั้นต้น เหล็กขั้นกลาง เหล็กขั้นปลาย ยกเว้นกรรมวิธีการเคลือบผิว[48] 3

รูปที่ 1.2 การผลิตเหล็กขั้นต้นถึงขั้นปลาย[6] 4

รูปที่ 2.1 ผังกระบวนการผลิตเหล็กสมบูรณ์แบบ[8] 9

รูปที่ 2.2 เตาหลอมแบบพ่นลม (Blast Furnace)[31] 10

รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของเตาออกซิเจน[31] 12

รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้า[31] 13

รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการผลิตเหล็กแท่งเล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือบิลเล็ตจากเตาหลอม 16

รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตเหล็กของบริษัท ISPAT Hamburger Stahlwerke GmbH[30] 16

รูปที่ 3.3 เตาอาร์กไฟฟ้าสำหรับทำเหล็กกล้า[31] 17

รูปที่ 3.4 ตัวอย่างการผลิตเหล็กด้วยเตาหลอมแบบเตาอาร์กไฟฟ้ากระแสตรง[30] 17

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างเตาหลอมอาร์กไฟฟ้ากระแสตรง[30] 18

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตาอาร์กไฟฟ้าและเตาปรุงน้ำเหล็ก[30] 18

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างขั้นตอนการปรุงส่วนผสมของเหล็กกล้าโลหะผสม และเตาปรุงน้ำเหล็กแบบต่าง ๆ[43] 19

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีด้านกระบวนการผลิตเหล็ก[44] 20

รูปที่ 3.9 ลักษณะอินกอตของเหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ[1] 22

รูปที่ 3.10 หลักการเบื้องต้นของการหล่อเหล็กแท่งต่อเนื่อง (CCM)[30] 24

รูปที่ 3.11 เครื่องหล่อเหล็กแท่งต่อเนื่องในการหล่อเหล็กแท่งแบน (Slab Caster) การหล่อเหล็กแท่งเล็ก (Billet Caster) และข้อกำหนดด้านเทคนิคเฉพาะ[30] 25

รูปที่ 4.1 เตาอบชนิดใช้พลังงานจากถ่านหินยุคต้น ๆ[12] 28

รูปที่ 4.2 เตาอบชนิดแรงดันไฮดรอลิกสำหรับเหล็กแท่งเล็กขนาดสั้น ๆ[12] 29

รูปที่ 4.3 เตาอบชนิดวอล์กกิงบีม[44] 30

รูปที่ 4.4 เตาอบชนิดวอล์กกิงฮาร์ธ[27] 30

รูปที่ 4.5 เตาอบเหล็กแท่งแบบต่าง ๆ[16] 31

รูปที่ 4.6 ลักษณะของถ่านหินบิทูมินัสและถ่านหินซับทูมินัส 35

รูปที่ 4.7 ลักษณะของถ่านหินแอนทราไซด์ 36

รูปที่ 4.8 แผนภาพเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของหัวเผารีเจนเนอเรทีฟและรีคิวเพอเรเตอร์[28] 40

รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบหัวเผาแบบ Conventional Type และ Regenerative Type[27] 41
รูปที่ 4.10 หัวเผารีเจนเนอเรทีฟแบบ Low NO_x Burner[27] 41
รูปที่ 4.11 แผนภาพแสดงการกระจายตัวของแก๊สจากศูนย์กลางของหัวเผา และตามความยาว ของเปลวไฟจากหัวฟนภายในหัวเผา Low NO_x Burner[27] 42
รูปที่ 5.1 แท่นรีดหยาบแบบนอน 2 ชั้นและ 3 ชั้น ชนิดรองรับ 2 ด้าน[12] 44
รูปที่ 5.2 แท่นรีดหยาบแบบนอน 2 ชั้น ชนิดรองรับ 2 ด้าน[34] 45
รูปที่ 5.3 แท่นรีดหยาบแบบตั้ง ชนิดรองรับ 2 ด้าน ขับเคลื่อนด้านบนของบริษัท Morgardshammar[34] 46
รูปที่ 5.4 แท่นรีดหยาบแบบตั้ง ชนิดรองรับ 2 ด้าน ขับเคลื่อนด้านล่างของบริษัท Morgardshammar[34] 46
รูปที่ 5.5 แท่นรีดหยาบแบบรองรับด้านเดียวชนิดตั้งและนอนของบริษัท Danieli[13] 47
รูปที่ 5.6 แท่นรีดหยาบแบบรองรับด้านเดียวชนิดตั้งและนอนแบบรีดต่อเนื่องของบริษัท Danieli[13] 48
รูปที่ 5.7 ชุดแท่นรีดหยาบแบบลูกรีด 3 ลูก[34] 49
รูปที่ 5.8 กระบวนการผลิตเหล็กและลูกรีดแท่นละเอียดแบบ 3 ลูก[42] 50
รูปที่ 5.9 ตัวโรยขดลวด[13] 51
รูปที่ 5.10 ลานผึ่งเย็นต่อจากตัวโรยขดลวด[42] 51
รูปที่ 5.11 ชุดแท่นรีดแบบตั้งและแบบนอนชนิดรองรับด้านเดียว รองรับ 2 ด้าน และตัวโรยลวดของบริษัท Danieli[13] 52
รูปที่ 5.12 ระบบโรยขดลวดของบริษัท Morgardshammar[34] 52
รูปที่ 5.13 ระบบโรยขดลวดและการลดอุณหภูมิของบริษัท Morgardshammar[34] 53
รูปที่ 5.14 ชุดแท่นรีดลวดแบบตั้งและแบบนอนชนิดรองรับด้านเดียวของบริษัท Danieli[13] 54
รูปที่ 5.15 ชุดแท่นรีดลวดแบบตั้งและแบบนอน ชนิดรองรับด้านเดียวแท่นเอียง 45° ของบริษัท Morgan[42] 54
รูปที่ 6.1 แผนภาพการชุบแข็งของเหล็ก AISI 1021[19] 56
รูปที่ 6.2 แผนภาพการชุบแข็งของเหล็ก AISI 1027[19] 57
รูปที่ 6.3 แผนภาพการชุบแข็งของเหล็ก 0.29 %C, 1.67 Mn[19] 58
รูปที่ 6.4 อุปกรณ์ ภาพหน้าตัด และแผนภาพของกระบวนการอบชุบเพิ่มความแข็งเหล็ก[30] 59
รูปที่ 6.5 กระบวนการและแผนภาพการอบชุบเพิ่มความแข็งเหล็ก[41] 60
รูปที่ 6.6 ลานลดอุณหภูมิแบบชุดเหล็กฉากจำนวน 2 ราง 62
รูปที่ 6.7 ลานลดอุณหภูมิแบบชุดเหล็กฉากจำนวน 4 ราง 62
รูปที่ 6.8 ลานลดอุณหภูมิแบบชุดโรตารีหมุน 63
รูปที่ 6.9 ลานลดอุณหภูมิแบบชุดกระบอกคู่และแบบฟันปลา 63

รูปที่ 6.10 ลานลดอุณหภูมิแบบชุดกระบอกคู่ 64
รูปที่ 6.11 ลักษณะลานลดอุณหภูมิแบบฟันปลา[42] 64
รูปที่ 7.1 กระบวนการรีดเหล็กเส้น[45] 66
รูปที่ 7.2 รายละเอียดกระบวนการรีดและการคำนวณ[12] 67
รูปที่ 7.3 รายละเอียดการคำนวณช่วงสไลด์ตามยาว[12] 70
รูปที่ 7.4 การรีดแบบต่อเนื่องของแท่นรีดหลายแท่น[47] 71
รูปที่ 7.5 การคำนวณความเร็วต่อเนื่องและรางบิดของแท่นรีดหยาบ[12] 71
รูปที่ 7.6 การหาจุดศูนย์กลางของชิ้นงาน (Determination of Effect Diameter or Working Diameter)[45] 73
รูปที่ 7.7 การออกแบบร่องลูกรีดแบบกลมและวงรี (Rolling of Round by the Oval-Round Method)[45] 75
รูปที่ 7.8 ตัวอย่างการออกแบบร่องลูกรีดแบบร่องสี่เหลี่ยม-วงรี-วงกลม[12] 79
รูปที่ 7.9 ร่องรีดรูปแบบต่าง ๆ[29] 81
รูปที่ 7.10 การออกแบบร่องรีดรูปวงรีเป็นสี่เหลี่ยม[12] 83
รูปที่ 7.11 การออกแบบร่องรูไดมอนด์เป็นสี่เหลี่ยม[45] 84
รูปที่ 7.12 ตัวอย่างการออกแบบร่องรีดเหล็กกลม 3 วิธี[12] 86
รูปที่ 7.13 การออกแบบร่องรูปวงรีเป็นสลัก[45] 87
รูปที่ 7.14 การลดพื้นที่หน้าตัดรูปกลมเป็นวงรี[12] 88
รูปที่ 7.15 การออกแบบรูปวงรีรัศมีเดียวและรัศมีคู่สำหรับการรีดเหล็กกลมขนาด 1.5 นิ้ว[12] 89
รูปที่ 7.16 การออกแบบการรีดเหล็กกลมจากรูปวงรีเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3/4 นิ้ว[12] 90
รูปที่ 7.17 วิธีการออกแบบร่องลูกรีดกลม 3 แบบ (ก), (ข) และ (ค)[45] 92
รูปที่ 7.18 วิธีการออกแบบร่องลูกรีดกลมแบบรีดจับแทงด้วยมือ[45] 93
รูปที่ 7.19 แผนภาพการออกแบบร่องลูกรีดรูปวงรีรีดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก[45] 94
รูปที่ 7.20 แผนภาพการออกแบบร่องลูกรีดรูปวงรีรีดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่[45] 96
รูปที่ 7.21 ชุดแท่นรีดแบบลูกรีด 3 ลูก[29] 98
รูปที่ 7.22 ตัวอย่างแท่นรีดแบบลูกรีด 3 ลูก และจำนวนร่องรีด 8 ร่องรีดของบริษัท KOCKS 98
รูปที่ 8.1 ผังโรงงานที่ 1 แสดงผังโรงงานรีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 60 x 60 x 1,500 mm จำนวน 17 ร่องรีด รีดเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm 104
รูปที่ 8.2 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 60 x 60 mm ร่องรีด 1-4 105
รูปที่ 8.3 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 60 x 60 mm ร่องรีด 5-13 106
รูปที่ 8.4 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 60 x 60 mm ร่องรีด 14-17 107

รูปที่ 8.5 ผังโรงงานที่ 2 แสดงผังโรงงานรีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 100 x 100 x 3,000 mm จำนวน 17 ร่องรีด รีดเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm และเหล็กฉาก 112
รูปที่ 8.6 การกลึงร่องรีด 1-5 ของแท่นรีดแบบ 3 ลูก 3 ชั้น รีดกลับไป-กลับมา 113
รูปที่ 8.7 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm ร่องรีด 1-4 114
รูปที่ 8.8 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm ร่องรีด 5-8 115
รูปที่ 8.9 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm ร่องรีด 9-12 116
รูปที่ 8.10 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm ร่องรีด 13-16 117
รูปที่ 8.11 การออกแบบร่องลูกรีดจากบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm ร่องรีด 17 ร่องรีดสุดท้าย และตัวอย่างแบบของเหล็กข้ออ้อย[10] 118
รูปที่ 9.1 ลักษณะของแท่นรีดและทิศทางการรีด[45] 120
รูปที่ 9.2 ชุดแท่นรีดแบบต่าง ๆ 5 แบบ[45] 122
รูปที่ 9.3 ชุดแท่นรีด 3 Hi และ 2 Hi (Cross-Country)[12] 123
รูปที่ 9.4 แผนผังโรงงานรีดบิลเล็ตและบลูม[45] 125
รูปที่ 9.5 การรีดโดยใช้แท่นหยาบแบบต่อเนื่องรีดเหล็กเส้นกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กแบบแท่นตรงและแท่นขวาง[12] 126
รูปที่ 9.6 การรีดแท่นหยาบแบบ Semi Auto และรีดเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กแท่นตรงและแท่นขวาง[12] 127
รูปที่ 9.7 การรีดเหล็กลวดและเหล็กเส้น[12] 128
รูปที่ 9.8 การรีดเหล็กเส้นลวด 4 เส้น (Strand) ขนาด 50 ตัน/ชั่วโมง[12] 130
รูปที่ 9.9 โรงงานรีดเหล็กลวดและเหล็กเส้นความเร็วสูง 100 m/s ของบริษัท MORGAN 131
รูปที่ 9.10 โรงงานรีดเหล็กลวด เหล็กโลหะผสม และเหล็กเกรดพิเศษต่าง ๆ ของบริษัท SMS[42] 132
รูปที่ 9.11 โรงงานรีดเหล็กเส้นและเหล็กลวดโดยใช้ลูกรีดแบบ 3 ลูกของบริษัท KOCKS RBS[30] 133
รูปที่ 9.12 แผนผังของโรงงานรีดเหล็กเส้นและเหล็กลวดโดยใช้ลูกรีดแบบ 3 ลูกของบริษัท KOCKS RBS[30] 134
รูปที่ 9.13 จำนวนแท่นรีดเหล็กลวดและเหล็กเส้นจากบิลเล็ต 150 x 150 mm จำนวน 28 ร่องรีด[20] 135
รูปที่ 9.14 การรีดเหล็กเส้นกลมแบบผ่าแยก[42] 136
รูปที่ 9.15 การรีดเหล็กเส้นกลมแบบผ่าแยก 4 เส้น[20] 137
รูปที่ 9.16 การออกแบบร่องลูกรีดแบบต่าง ๆ และลักษณะของแท่นรีด[43] 138
รูปที่ 9.17 ผังโรงงานที่ 3 แสดงผังโรงงานรีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 60 x 60 mm เป็นเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12-20 mm ความสามารถในการผลิต 12 ตัน/ชั่วโมง (1995) 141

รูปที่ 9.18 ผังโรงงานที่ 4 รีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm เป็นขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 12-25 mm ความสามารถในการผลิต 25 ตัน/ชั่วโมง 142
รูปที่ 9.19 ผังโรงงานที่ 5 รีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 130 x 130 mm เป็นขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9-25 mm ความสามารถการผลิต 35 ตัน/ชั่วโมง (1993) 143
รูปที่ 9.20 ผังโรงงานที่ 6 รีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 130 x 130 mm เป็นขนาด
เส้นผ่านศูนย์กลาง 9-32 mm ความสามารถในการผลิต 50 ตัน/ชั่วโมง 144
รูปที่ 9.21 ผังโรงงานที่ 7 รีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 100 x 100 mm
เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9-25 mm ความสามารถในการผลิต 35 ตัน/ชั่วโมง 146
รูปที่ 9.22 ผังแสดงการออกแบบร่องลูกรีดแบบรีดหยาบหนักจำนวน 4 ร่องรีด 147
รูปที่ 9.23 ผังโรงงานที่ 8 โรงงานรีดเหล็กบิลเล็ตขนาด 130 x 130 mm
เป็นเหล็กเส้นกลมและเหล็กรูปพรรณ 149
รูปที่ 9.24 ผังโรงงานที่ 9 รีดบิลเล็ตขนาด 150 x 150 mm เป็นเหล็กเส้นกลมและลี่เหลี่ยม 150
รูปที่ 9.25 ผังแสดงการรีดแบบผ่า 2 เส้น 152
รูปที่ 10.1 เครื่องตัดเหล็กแท่งครอปเชียร์ 153
รูปที่ 10.2 เครื่องตัดโรตารีเชียร์ 155
รูปที่ 10.3 เครื่องขับส่งเหล็กเส้นพินช์โรล 156
รูปที่ 10.4 เครื่องตัดขณะเย็น 157
รูปที่ 10.5 เครื่องดัดเหล็กให้ตรง 158
รูปที่ 10.6 แบบแปลนแสดงโครงสร้างของเครื่องพับดัดโค้งเหล็กเส้น 159
รูปที่ 10.7 รางอัตโนมัติป้อนเหล็กแท่งบิลเล็ตของแท่นรีดแบบ 3 Hi 160
รูปที่ 10.8 ชุดแท่นรีดแบบขวางแนวตรง (Cross-Country) มีรางโค้ง[12] 162
รูปที่ 10.9 การใช้ซองประกับหรือไกด์ในแท่นรีดหยาบ ปานกลาง และละเอียด[12] 163
รูปที่ 10.10 การใช้ซองประกับหรือไกด์ในรูปทรงต่าง ๆ[12] 164
รูปที่ 10.11 รายละเอียดรางโค้งและการติดตั้งซองประกับ[12] 165
รูปที่ 10.12 รางบิดแบบตายตัว[12] 166
รูปที่ 10.13 ประกับแบบตายตัว ประกับแบบตลับลูกปืน และซองบังคับเหล็กให้ออกตรง[29] 167
รูปที่ 10.14 รูปบน คือ รางบิดแบบลูกปืนสำหรับรางรูปวงรี
รูปล่างแสดงการรีดเหล็กผ่านไกด์แบบตลับลูกปืนผ่านลูกรีดและรางบิด[29] 168
รูปที่ 10.15 รูปไกด์แบบต่าง ๆ ของบริษัท HOLLTECK[30] 169

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 การกำหนดสมบัติ ลักษณะ และคุณภาพน้ำมันเตา 32

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบสมบัติเฉพาะของเชื้อเพลิงแก๊สกับเชื้อเพลิงปิโตรเลียม 33

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบสมบัติระหว่างแก๊สธรรมชาติ น้ำมันเตา และแก๊สหุงต้ม 34

ตารางที่ 4.4 ค่าความร้อน (Heating Value) ของเชื้อเพลิง 36

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางความร้อนและค่าความร้อนของถ่านหินแต่ละประเภท 37

ตารางที่ 7.1 การคำนวณการรีดเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.380 นิ้ว จากบิลเล็ตขนาด 3 x 3 นิ้ว โดยทำการรีดทั้งหมดจำนวน 17 ร่องรีดในรูปที่ 7.7 และตารางที่ 7.3 76

ตารางที่ 7.2 การคำนวณการรีดเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.76 นิ้ว จากบิลเล็ตขนาด 4 x 4 นิ้ว โดยทำการรีดทั้งหมดจำนวน 17 ร่องรีดในรูปที่ 7.7 และตารางที่ 7.3 77

ตารางที่ 7.3 พื้นที่หน้าตัด (in^2) และเปอร์เซ็นต์การลดพื้นที่หน้าตัด (% Redn.)[45] 78

ตารางที่ 7.4 การคำนวณการรีดเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.505 นิ้ว จากบิลเล็ตขนาด 3 x 3 นิ้ว โดยทำการรีดทั้งหมดจำนวน 12 ร่องรีด ในรูปที่ 7.8 80

ตารางที่ 7.5 ขนาดของร่องรีดเหล็กสี่เหลี่ยมจากสูตรของ Hoff and Dahl 97

ตารางที่ 8.1 รายละเอียดการคำนวณการรีดเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm 100

ตารางที่ 8.2 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยและส่วนผสมทางเคมี 103

ตารางที่ 8.3 รายละเอียดการคำนวณการรีดเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm และเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm 111

ตัวอย่าง

1 บทนำอุตสาหกรรมเหล็ก

เหล็กเป็นโลหะที่มีมากที่สุดในโลก เหล็กเป็นโลหะที่จำเป็นในการก่อสร้าง อุตสาหกรรม การผลิตเครื่องจักรเครื่องมือกล และอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัจจุบันมีการใช้เหล็กมากกว่าร้อยละ 90 ของโลหะทั้งหมดที่ใช้อยู่ ดังนั้น อุตสาหกรรมเหล็กนับเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ปริมาณการใช้เหล็กจะบ่งชี้ทิศทางของเศรษฐกิจได้ กล่าวคือ เมื่อภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของโลกอยู่ในช่วงเฟื่องฟู มีอัตราการขยายตัวมาก กำลังการผลิตเหล็กของโลกและความต้องการใช้เหล็กจะมากตามไปด้วย หากเศรษฐกิจโลกถดถอย อัตราการผลิตเหล็กของโลกก็ลดลงตามไปด้วย อุตสาหกรรมเหล็กแบ่งได้เป็น 3 ขั้น คือ อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง และอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีการผลิตมานานแล้วตั้งแต่อดีต มีอยู่ในหลายประเทศ โดยมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีของระบบการผลิต เพื่อให้ได้เหล็กที่มีคุณภาพสูง ประหยัดต้นทุน และตอบสนองความต้องการของตลาดตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าสรุปได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

- อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น (Raw Steel Products)
- อุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง (Intermediate Steel Products)
- อุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย (Final Steel Products)

1.1 อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น

อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้นเป็นขั้นตอนในการนำแร่เหล็ก (Iron Ore) ที่อยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์มาถลุงให้เป็นโลหะเหล็ก ทำให้ได้เหล็กที่มีปริมาณสารมลทินต่ำด้วยกระบวนการถลุงแร่เหล็ก โดยมีวัตถุดิบหลักคือ แร่เหล็ก ถ่านหิน (Coal) และหินปูน (Limestone) กระบวนการถลุงแร่เหล็กแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ การถลุงแร่เหล็กในสภาพของเหลว ได้ผลิตภัณฑ์คือ เหล็กดิบ (Pig Iron) (ดูรูปที่ 1.1) และการ

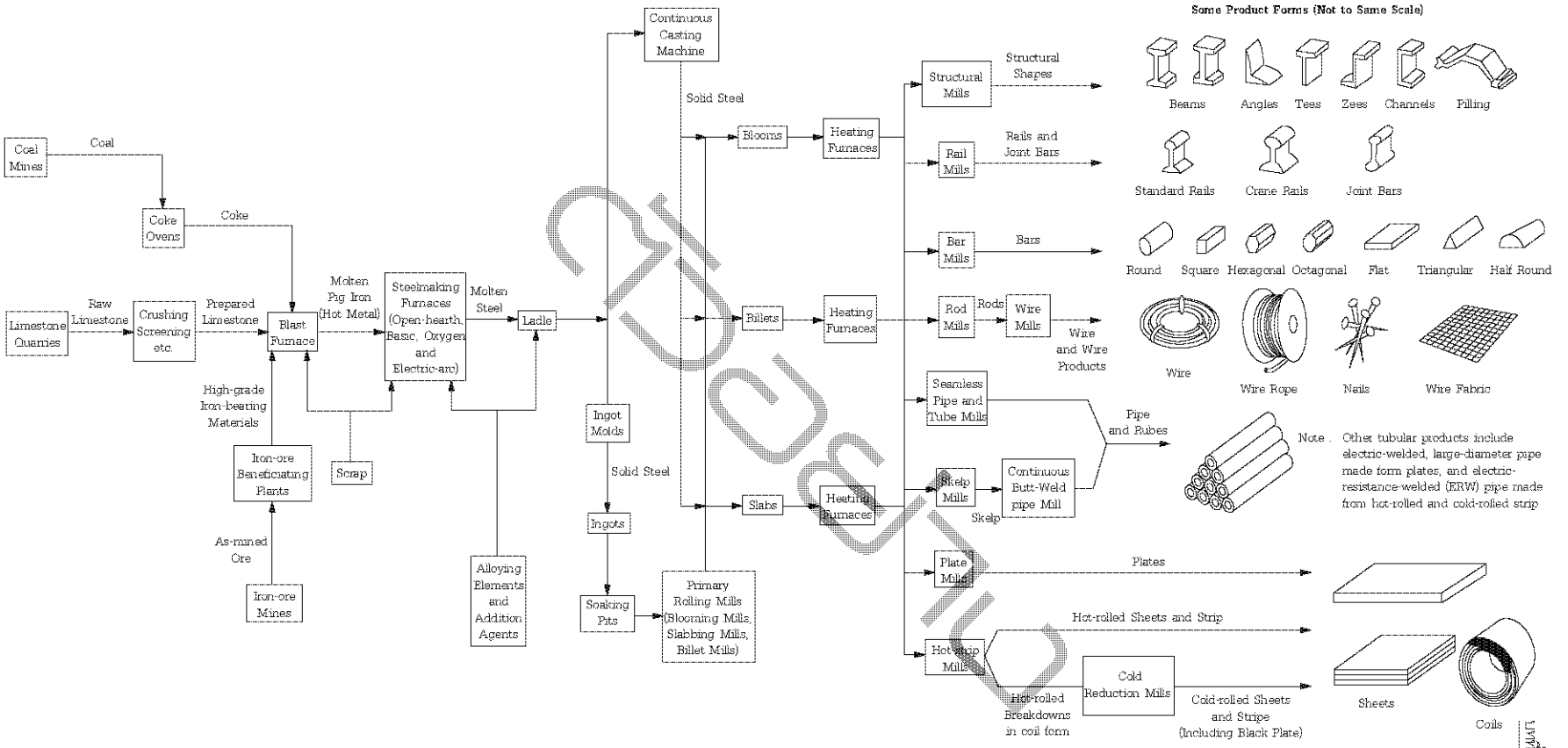
ถลุงแร่เหล็กในสภาพของแข็ง จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเหล็กพรุน (Sponge Iron) ที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้า (Steel) และเหล็กหล่อ (Cast Iron) ชนิดต่าง ๆ อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้นนี้จัดได้ว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้นของอุตสาหกรรมเหล็กที่มีความสำคัญอย่างมากในการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กขั้นต่อ ๆ ไป รวมถึงอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมเหล็ก เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้นเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง และจำเป็นต้องมีระบบโครงสร้างพื้นฐานและระบบสาธารณูปโภคที่เอื้ออำนวยต่อการผลิตด้วย (ดูรูปที่ 1.2) เทคโนโลยีในการผลิตเหล็กขั้นต้นมีกรรมวิธีการถลุงอยู่ 2 วิธี ได้แก่

1.1.1 การถลุงแร่เหล็กในสภาพของเหลว

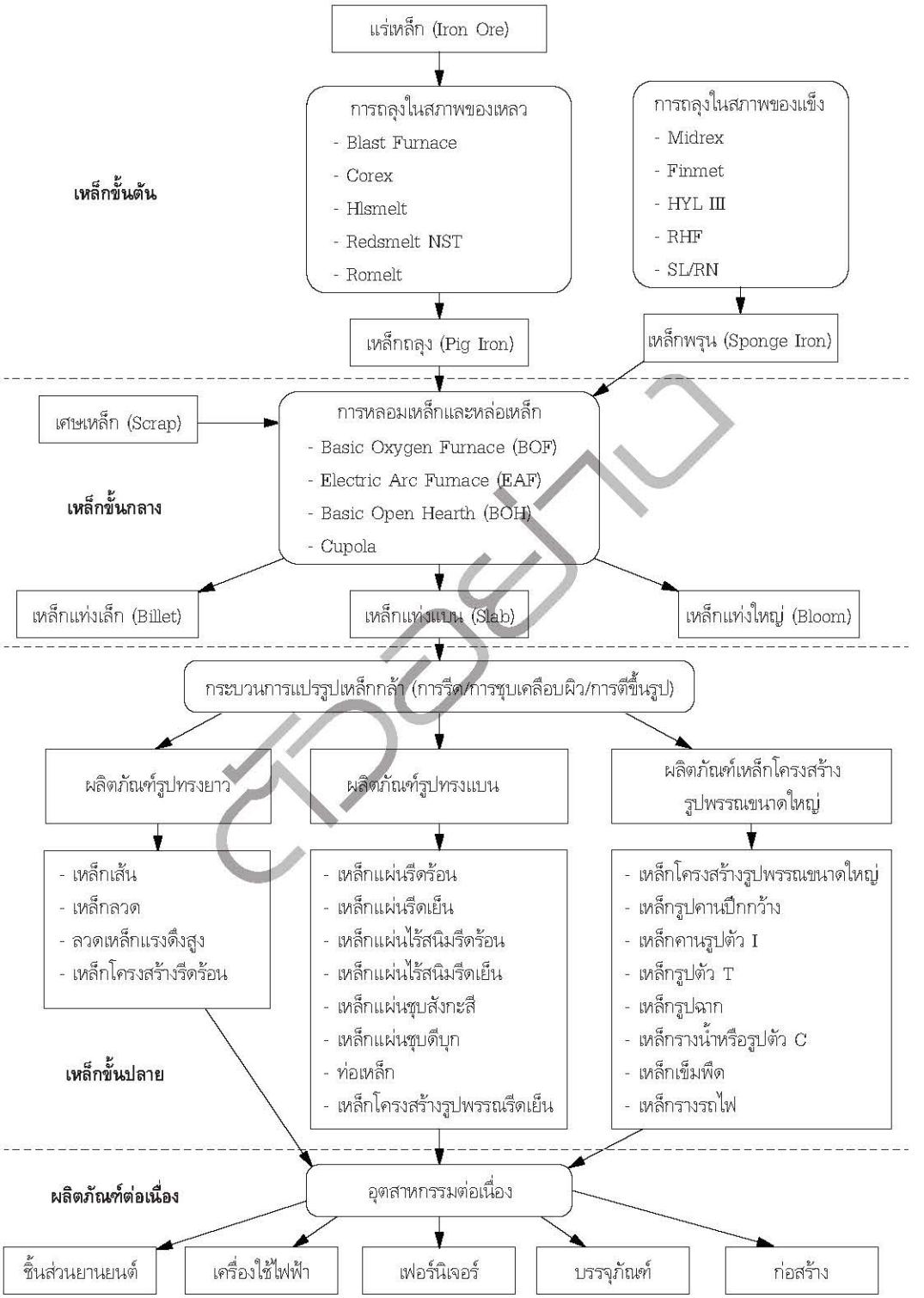
การถลุงในสภาพของเหลวเป็นกระบวนการกำจัดออกซิเจนออกจากแร่เหล็ก พร้อมทั้งเปลี่ยนสภาพจากของแข็งเป็นของเหลว โดยใช้อากาศร้อนและออกซิเจนพ่นเข้าไปในเตาถลุงซึ่งอยู่ในสภาพหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1,400°C สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบเหล็กต่อเนื่องในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง หรือการผลิตเหล็กกล้า (Steel Making) อาทิ Blast Furnace, Basic Oxygen Furnace (BF หรือ BOF), Corex-Electric Arc Furnace (Corex-EAF) ได้ทันที โดยกระบวนการถลุงแร่เหล็กที่พัฒนาเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ Blast Furnace และ Direct Smelting (เช่น Corex และ Hismelt เป็นต้น) ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถลุงจะเรียกว่า เหล็กดิบ

1.1.2 การถลุงแร่เหล็กในสภาพของแข็ง หรือที่เรียกกันว่า การผลิตเหล็กพรุน

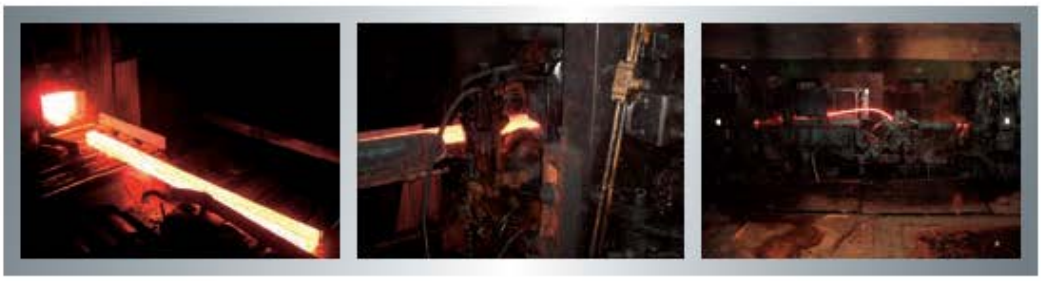
การถลุงในสภาพของแข็งเป็นการถลุงแร่เหล็กโดยใช้วิธีรีดิวซิงแก๊ส (Reducing Gas) เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไฮโดรเจน เป็นต้น พ่นเข้าไปในเตาถลุงที่อุณหภูมิประมาณ 800-1,000 °C สารประกอบของแร่เหล็กจะทำปฏิกิริยากับแก๊สเหล่านี้กลายเป็นเหล็กขั้นต้นในสภาพของแข็ง อย่างไรก็ตาม กากแร่ที่ติดปนมากับแร่เหล็กจะไม่สามารถแยกออกได้ ทำให้ต้องสิ้นเปลืองพลังงานในขั้นตอนการผลิตขั้นกลางหรือการผลิตเหล็กกล้ามากกว่าการใช้เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบ การถลุงแร่เหล็กในสภาพของแข็งแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่ การถลุงแร่เหล็กด้วยแก๊สที่ได้มาจากแก๊สธรรมชาติ โดยกระบวนการถลุงที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ Midrex, HyL III, Finmet เป็นต้น และการถลุงแร่เหล็กด้วยแก๊สถลุงที่ได้มาจากถ่านหิน โดยกระบวนการผลิตในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ SL/RN, Fastmet, Inmetco, DRC เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถลุงในสภาพของแข็งนี้ เรียกว่า เหล็กพรุน หรือ Direct Reduction Iron (DRI) หรือ Hot Direct Reduction Iron (HDRI) หรือ Hot Briquette Iron, (HBI)[37]



รูปที่ 1.1 แผนผังกรรมวิธีการผลิตเหล็กขั้นต้น เหล็กขั้นกลาง เหล็กขั้นปลาย ยกเว้นกรรมวิธีการเคลือบผิว[48]



รูปที่ 1.2 การผลิตเหล็กขั้นต้นถึงขั้นปลาย[6]



เป็นหนังสือที่เกิดจากความมุ่งมั่นและความตั้งใจจริงของผู้เขียน ที่ต้องการจะถ่ายทอดความรู้ เทคโนโลยี และประสบการณ์ทำงานจริงที่มีมากกว่า 30 ปี ในการออกแบบ วางแผน ติดตั้ง ทดลอง และติดตามผลการผลิตของโรงงานผลิตเหล็กเส้นกลม เหล็กข้ออ้อย และเหล็กรูปพรรณ ทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ผ่านการค้นคว้า อ้างอิงจากตำราและวารสารการผลิตเหล็กจำนวนมาก นำมารวบรวม เรียบเรียง และจัดลำดับเนื้อหา พร้อมด้วยตารางและรูปประกอบ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่าย นำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้จริง

เนื้อหาในเล่มประกอบด้วย

- กระบวนการผลิตเหล็ก ทั้งอุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย
- การทำงานและชุดแท่นที่ใช้ในเครื่องรีดเหล็ก (Rolling Machine)
- การเปลี่ยนรูปร่างของเหล็กขณะที่มีอุณหภูมิสูง
- การออกแบบร่องลูกรีดและการวางผังโรงงานรีดเหล็กเส้น
- เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในโรงงานรีดเหล็กเส้น
- การคำนวณและออกแบบโรงงานรีดเหล็กเส้นทั้งโรงงาน
- ตัวอย่างผังโรงงานรีดเหล็กที่ให้ผลผลิตสูง ทั้งในและต่างประเทศ มากกว่า 10 โรงงาน

เหมาะสำหรับ

- อาจารย์และนักศึกษาระดับ ปวส. ปริญญาตรี ปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์
- ช่างเทคนิค วิศวกร
- ผู้บริหารโรงงาน และเจ้าของกิจการที่ต้องการลดต้นทุนและปรับปรุงโรงงานให้มีประสิทธิผลดีขึ้น

ตัวอย่าง

สนใจหนังสือออกใหม่ • เสนอผลงานเขียน/แปล ได้ที่
www.tpa.or.th/publisher/new

ISBN 978-974-443-488-0
ราคา 220 บาท
หมวดเทคนิคอุตสาหกรรม