หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ด้านเทคนิค

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับแนวโน้มของอุปสงค์ และอุปทานของเหล็กเส้นและเหล็กลวด สรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ความสามารถของโครงการในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ปริมาณที่สอดคล้องกับผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด โดยเลือกใช้เทคโนโลยี่การผลิตให้เหมาะสมที่สุด ด้วยการพิจารณาเกี่ยวกับคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ รายละเอียดของกระบวนการผลิต ขนาดกำลังการผลิต เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การผลิต วัตถุดิบ สถานที่ตั้งโรงงาน รวมทั้งการสาธารณูปโภค เพื่อทราบต้นทุนการผลิต ซึ่งผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการทางด้านเทคนิคแสดงได้ ดังต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์

โครงการจะทำการผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตประเภทเหล็กเส้นกลม ชั้นคุณภาพ SR 24 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.20-2527 โดยผลิตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12, 15, 19, 25, 28 และ 34 มม. และผลิตเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตประเภทเหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 30, SD 40 และ SD 50 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.24-2527 โดยจะผลิตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10, 12, 16, 20, 25, 28 และ 32 มม. ดังแสดงมาตรฐานของส่วนประกอบทางเคมีซึ่งวิเคราะห์จากชิ้นทดสอบในตารางที่ 3.1 สำหรับขนาดระบุและมวลแสดงในตารางที่ 3.2 และแสดงมาตรฐานคุณสมบัติทางกลในตารางที่ 3.3 รวมทั้งแสดงเกณฑ์สำหรับบิ้งและครีบของเหล็กข้ออ้อยในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

สัญลักษณ์	ไม่เกินร้อยละโดยน้ำหนัก				
	คาร์บอน	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	แมงกานีส	คาร์บอน + $\frac{\text{แมงกานีส}}{6}$
SR 24	0.280	0.058	0.058	-	-
SD 30	0.280	0.058	0.058	-	0.45
SD 40	-	0.058	0.058	1.80	0.55
SD 50	-	0.058	0.058	1.80	0.60

ตารางที่ 3.2 ขนาดระบุและมวลต่อเมตรของเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	พื้นที่ภาคตัดขวาง (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร (กิโลกรัม)
DB 10	10	78.5	0.617
RB 12 และ DB 12	12	113.1	0.888
RB 15	15	176.7	1.387
DB 16	16	201.1	1.578
RB 19	19	283.5	2.226
DB 20	20	314.2	2.466
RB 25 และ DB 25	25	490.9	3.853
RB 28 และ DB 28	28	615.8	4.834
DB 32	32	804.2	6.313
RB 34	34	907.9	7.127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน สำหรับมวลต่อเมตรของแต่ละเส้น ต้องไม่เกิน ร้อยละ $\pm$ 6.0 และถ้าเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ $\pm$ 3.5 ส่วนเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความยาว กรณีที่ไม่เกิน 10 เมตรกำหนดให้เป็น + 55 มิลลิเมตร แต่ถ้าขนาดระบุยาวเกิน 10 เมตร จะยอมให้เกินกว่า 55 มิลลิเมตรได้อีก 5 มิลลิเมตร ทุก ๆ ความยาว 1 เมตร ที่มากกว่า 10 เมตร โดยที่ส่วนเกินทั้งหมดต้องไม่เกินกว่า 120 มิลลิเมตร และจะสั้นกว่าขนาดระบุไม่ได้

ตารางที่ 3.3 มาตรฐานต่ำสุดของการทดสอบคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึง (เมกาปาสกาล)	ความต้านแรงดึงที่จุดคราก (เมกาปาสกาล)	ความยืด (ร้อยละ)	มุมดัดโค้งเย็น (องศา)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของส่วนโค้ง
SR 24	385	235	21	180°	1.5 D^1
SD 30	480	295	17	180°	4 D^1
SD 40	560	390	15	180°	5 D^1
SD 50	620	490	13	90°	5 D^1

หมายเหตุ D^1 : เส้นผ่าศูนย์กลางระบุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์สำหรับบั้งและครีบของเหล็กข้ออ้อย

ขนาด	เกณฑ์สำหรับบั้งและครีบ			
	ช่วงระหว่างบั้ง ไม่มากกว่า (มิลลิเมตร)	ส่วนสูงของบั้ง		ผลรวมของช่องว่างหรือครีบ ไม่มากกว่า (มิลลิเมตร)
		ไม่น้อยกว่า (มิลลิเมตร)	ไม่มากกว่า (มิลลิเมตร)	
DB 10	7.0	0.4	0.8	7.9
DB 12	8.4	0.5	1.0	9.4
DB 16	11.2	0.7	1.4	12.6
DB 20	14.0	1.0	2.0	15.7
DB 25	17.5	1.3	2.6	19.7
DB 28	19.6	1.4	2.8	22.0
DB 32	22.4	1.6	3.2	25.2

นอกจากนี้ยังผลิตเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ ชั้นคุณภาพ SWRM6, SWRM8, SWRM10, SWRM12, SWRM15, SWRM17, SWRM20 และ SWRM22 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.348-2532 โดยผลิตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5, 6, 8, 10, และ 12 มม. ดังแสดงส่วนประกอบทางเคมีเมื่อวิเคราะห์จากชิ้นทดสอบในตารางที่ 3.5 พร้อมทั้งแสดงขนาดระบุและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ

สัญลักษณ์	ส่วนประกอบทางเคมี ไม่เกินร้อยละโดยน้ำหนัก			
	คาร์บอน	แมงกานีส	ฟอสฟอรัส สูงสุด	กำมะถัน สูงสุด
SWRM 6	สูงสุด 0.11	สูงสุด 0.63	0.055	0.055
SWRM 8	สูงสุด 0.13	สูงสุด 0.63	0.055	0.055
SWRM 10	0.06-0.16	0.27-0.63	0.055	0.055
SWRM 12	0.08-0.18	0.27-0.63	0.055	0.055
SWRM 15	0.11-0.22	0.27-0.63	0.055	0.055
SWRM 17	0.13-0.24	0.27-0.63	0.055	0.055
SWRM 20	0.15-0.27	0.27-0.63	0.055	0.055
SWRM 22	0.17-0.29	0.27-0.63	0.055	0.055

ตารางที่ 3.6 ขนาดระบุและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ

ขนาดระบุ	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
5.5	5.5	1. ของเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเหล็กลวดแต่ละขนาด $\pm$ 0.6 มิลลิเมตร
6	6	
8	8	2. ของผลต่างเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดและต่ำสุด วัด ณ ตำแหน่งภาคตัดขวางเดียวกัน ไม่เกิน 0.6 มิลลิเมตร
10	10	
12	12	

กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเหล็กเส้นและเหล็กลวดจากเตาหลอม ต้องผ่านขั้นตอนการผลิต 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กรรมวิธีการหลอมเหล็กด้วยเตาอาร์กไฟฟ้า เริ่มด้วยการนำเศษเหล็กที่ผ่านการคัดเลือกแล้วใส่ลงในถัง (Scrap Bucket) ใช้เครนแม่เหล็กยกไปชั่งน้ำหนักแล้วเทลงในเตาอาร์กไฟฟ้า โดยใส่เหล็กถลุง (Pig Iron) ผสมลงไปด้วยเพื่อให้น้ำเหล็กมีคุณภาพดีขึ้นและหลอมเหลวได้เร็วขึ้น เมื่อปิดฝาเตาเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าถึงเศษเหล็กโดยผ่านแท่งถ่าน (Graphite Electrode) เกิดการรัดวงจรไฟฟ้า ทำให้เกิดเปลวไฟอันร้อนแรงมีความร้อนสูงถึง 2000°C และเมื่อเศษเหล็กหลอมละลายแล้วจึงดำเนินการทำน้ำเหล็กให้บริสุทธิ์ (Refining) โดยใช้วิธีโลหะสัมผัสกับสแลก[1] (Metal Slag) ซึ่งเริ่มต้นด้วยการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation Reaction) รวมทั้งปรุงน้ำเหล็กด้วยการเติมโลหะผสม (Flux) สุดท้ายนำน้ำเหล็กใส่ใน Ladle Furnace เพื่อทำปฏิกิริยารีดักชั่น (Reduction Reaction) ซึ่งจะได้น้ำเหล็กที่มีส่วนประกอบทางเคมีตามที่มาตรฐานกำหนด โดยมีรายละเอียดดังนี้

การใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยการพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็กเพื่อลดมลทินต่อไปนี้

1. ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งติดมาจากแร่เหล็กหรือเชื้อเพลิง ซึ่งอาจอยู่ในรูปสารประกอบเหล็กฟอสไฟด์ (Fe_3P) ทำให้เหล็กแข็ง เปราะ และแตกร้าวได้ง่ายเมื่อถูกแรงกระแทกในขณะใช้งานที่อุณหภูมิปกติ การพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็กจะช่วยกำจัดฟอสฟอรัสออกไปในรูปของก๊าซ $2P_2O_5$

2. ธาตุซิลิกอน เป็นธาตุที่ไม่รวมกับคาร์บอนเมื่อผสมในเหล็ก เพราะรวมตัวกับเหล็กได้ดีกว่าโดยจะกระจายอยู่ทั่วไปในโครงสร้าง ทำให้เหล็กมีจุดคลากสูงขึ้น แข็งขึ้น และช่วยให้น้ำเหล็กไหลลงแบบหล่อได้ง่าย (Castability) เพราะช่วยลดความตึงผิวของน้ำเหล็ก เมื่อพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็ก ซิลิกอนจะมารวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นซิลิกอนไดออกไซด์

---

[1] สแลก คือสารผสมระหว่างออกไซด์ และ/หรือ ซัลไฟด์ของโลหะต่าง ๆ

(SiO_2) ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเหล็กรวมตัวกับสแลก

3. ธาตุแมงกานีส สามารถรวมตัวกับคาร์บอนเป็นแมงกานีสคาร์ไบด์ (Mn_3C) ซึ่งทำให้เหล็กแข็งขึ้นโดยความเหนียวลดลง จึงเปราะไม่ทนต่อแรงกระแทก และสามารถรวมกับกำมะถันในรูปของแมงกานีสซัลไฟด์ (MnS) ในขณะที่เหล็กหลอมเหลว โดยสามารถลอยตัวขึ้นบนผิวน้ำเหล็ก เมื่อพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็กจะทำให้แมงกานีสรวมกับออกซิเจนได้แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเหล็กรวมตัวกับสแลก

4. ธาตุคาร์บอนซึ่งมีผลต่อความแข็งแรง (Strength) และความอ่อนตัว (Ductility) เมื่อผ่านก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็กจะทำให้คาร์บอนรวมกับออกซิเจนเกิดเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

การพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเหล็กยังทำให้ออกซิเจนรวมตัวกับเหล็ก เกิดเป็นเหล็กออกไซด์ (FeO) นอกจากนี้ยังต้องมีการปรุงน้ำเหล็กโดยการเติมโลหะผสม เช่น เติมหินปูนเพื่อกำจัดฟอสฟอรัส และกำมะถัน เติมแร่เหล็กเพื่อกำจัดคาร์บอน รวมทั้งใส่แร่ฟลูออสปาร์เพื่อให้ได้น้ำเหล็กที่มีความบริสุทธิ์

การใช้ปฏิกิริยารีดักชั่นเพื่อกำจัดออกซิเจน โดยการเติมเฟอร์โรซิลิกอน เฟอร์โรแมงกานีส และปูนขาว ทำให้เหล็กออกไซด์ถูกดึงออกซิเจนออกมารวมตัวกับแมงกานีส หรือซิลิกอนเกิดเป็นแมงกานีสออกไซด์ หรือซิลิกอนไดออกไซด์ ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเหล็กรวมตัวกับสแลก นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดกำมะถันซึ่งรวมตัวอยู่กับเหล็กในรูปเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ซึ่งทำให้เหล็กขาดความเหนียว แตกร้าวง่าย โดยกำมะถันจะถูกรวมตัวกับแคลเซียมจากปูนขาวเกิดเป็นแคลเซียมซัลไฟด์ (CaS) ลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำเหล็กรวมกับสแลก

เนื่องจากการหลอมเหล็กทำให้เกิดมลสารที่เป็นก๊าซ (Fume) จึงต้องมีระบบกำจัดหมอกควัน (Dedusting System) เพื่อควบคุมและบำบัดมลพิษทางอากาศเหล่านี้ให้ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด ก่อนจะปล่อยออกจากโรงงาน

2. กรรมวิธีการหล่อเหล็กแท่งสี่เหลี่ยมตัน เริ่มจากการเทน้ำเหล็กที่มีส่วนผสมทางเคมีตามมาตรฐาน ที่อุณหภูมิประมาณ 1600°C เทใส่เบ้ารับน้ำโลหะของเครื่องหล่ออย่างต่อเนื่อง (Continuous Casting Machine) ซึ่งจะต้องมีการควบคุมให้น้ำเหล็กไหลอย่างต่อเนื่อง เหล็กแท่งสี่เหลี่ยมตันซึ่งถูกหล่อออกมาอย่างต่อเนื่อง จะถูกตัดด้วยเครื่องตัดอัตโนมัติ (Automatic Cutting Machine) ทำให้ได้เหล็กแท่ง (Billet) ที่มีขนาดความยาวตามต้องการซึ่งจะต้องมีระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ (Cooling Water System) ทำให้อุณหภูมิ

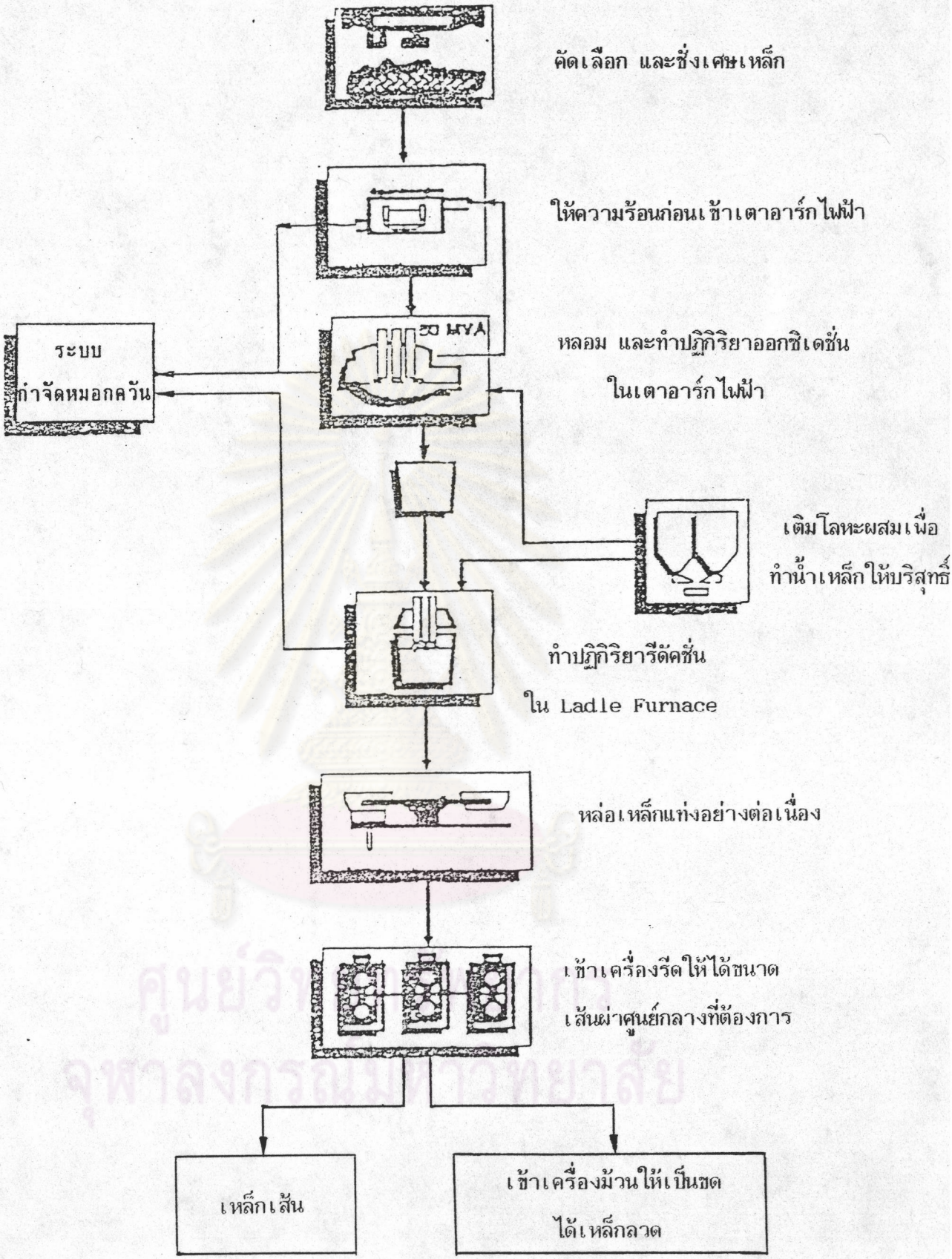
ของเหล็กแท่งลดลงเหลือประมาณ 500-600°C ซึ่งอาจจะป้อนเข้าสู่เตาเผา (Reheating Furnace) ทันทีเพื่อรีดให้เป็นเหล็กเส้น หรืออาจจะนำเข้าเก็บในคลังโดยใช้เครนแม่เหล็ก

3. กรรมวิธีการอบเผาเหล็กแท่งในเตาเผา (Reheating Furnace) ซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เมื่อต้องการจะรีดเหล็กแท่งให้เป็นเหล็กเส้น จะต้องนำเหล็กแท่งซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีตามที่ต้องการใส่เข้าเตาเผาซึ่งอบเผาแบบต่อเนื่อง จนกระทั่งเหล็กแท่งร้อนแดงมีอุณหภูมิประมาณ 1200°C จึงจะนำเข้าเครื่องรีดได้

4. กรรมวิธีการรีดให้ได้ขนาดตามต้องการ เมื่อเหล็กแท่งถูกอบเผาจนร้อนแดงและมีความอ่อนตัวจะถูกนำเข้าเครื่องรีด (Rolling Machine) ซึ่งจะมีการจัดร่องของลูกกลิ้งของแท่นรีดให้เล็กลงเรื่อย ๆ จนได้ขนาดตามที่ต้องการ สำหรับการรีดเหล็กเส้นข้ออ้อย ที่แท่นรีดสุดท้ายจะใช้ลูกกลิ้งที่ทำร่องไว้เป็นข้อ ๆ เหล็กเส้นที่รีดได้ขนาดตามต้องการจะถูกระบายความร้อนด้วยระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ และพัดลมเป่าตามลำดับ หลังจากนั้นนำมาตัดให้มีความยาวตามที่ต้องการแล้วมัดเข้าด้วยกัน โดยแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แล้วส่งเข้าเก็บในคลังเพื่อรอการจำหน่าย สำหรับเหล็กลวด(Wire Rod) เมื่อผ่านเครื่องรีดจนได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ต้องการแล้วจะต้องม้วนให้เป็นขดใหญ่ ๆ แล้วส่งเข้าเก็บในคลังรอการจำหน่าย เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ผลิตจะต้องทดสอบคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คือ มอก.20-2527 สำหรับเหล็กเส้นกลม และ มอก.24-2527 สำหรับเหล็กเส้นข้ออ้อย รวมทั้ง มอก.348-2532 สำหรับเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ ดังแสดงกระบวนการผลิตด้วยรูปที่ 3.1

<u>กำลังการผลิตและโปรแกรมการผลิต</u>

ผลการศึกษาด้านการตลาดสรุปได้ว่ากำลังการผลิตของโครงการเท่ากับ 300,000 ตัน/ปี โดยจะผลิตเหล็กเส้น 55% ของปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ที่เหลืออีก 45% ผลิตเหล็กลวดคาร์บอนต่ำ โดยเริ่มผลิตเพียง 50% ในปีที่1 และผลิต 75% ในปีที่ 2 หลังจากนั้นจึงเริ่มผลิต 100% ของกำลังการผลิต(อายุของโครงการ 10 ปี) เพื่อให้สอดคล้องกับความสามารถทางเทคนิคการผลิต และความต้องการของตลาด ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.7



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิต

ตารางที่ 3.7 โปรแกรมการผลิตของโครงการ

ปีที่	ปริมาณที่จะผลิต (เมตริกตัน/ปี)		
	เหล็กแท่ง	เหล็กเส้น	เหล็กลวด
1	160,000	82,500	67,500
2	240,000	123,750	101,250
3-10	320,000	165,000	135,500

วัตถุดิบ

วัตถุดิบสำหรับเหล็กเส้น และเหล็กลวดที่ผลิตจากเตาหลอมคือเศษเหล็ก ซึ่งแบ่งออกตามแหล่งที่จัดหาได้ 2 ชนิด คือ

1. เศษเหล็กที่หาได้ภายในประเทศ ได้แก่เศษเหล็กที่ได้จากการรื้ออาคาร เศษตะปู ภาชนะเก่า ตัวถังรถยนต์และเครื่องยนต์เก่า หรือเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดเหล็กแผ่นเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม รวมทั้งเศษเหล็กที่เป็นของเสียซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต

2. เศษเหล็กที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งแบ่งตามคุณภาพได้เป็น Heavy Melting Scrap, Bundle Scrap และ Shreded Scrap

นอกจากนี้ยังใช้เหล็กถลุง (Pig Iron) เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณภาพน้ำเหล็ก และในอนาคตถ้าอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นในประเทศไทยสามารถผลิตเหล็กพรุน (Sponge Iron) ได้มากเกินความต้องการก็สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพของน้ำเหล็กด้วย

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ Cobble Plate ซึ่งเป็นเหล็กแผ่นหนาที่มีคุณสมบัติไม่ได้มาตรฐานสำหรับใช้ในสภาพเหล็กแผ่น หรืออาจใช้เหล็กท่อน เหล็กฉาก เหล็กรางรถไฟ หรือเหล็กที่ตัดจากเรือบรรทุกสินค้าเก่าที่หมดสภาพแล้วมาใช้เป็นวัตถุดิบได้ แต่ปกตินิยมใช้สำหรับผลิตเหล็กเส้นประเภทรีดซ้ำ และสภาพปัจจุบันซึ่งจัดหาเศษเหล็กได้ไม่พอจึงมีการนำเข้าเหล็กแท่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เ๑๗๒๑๑๕๑๑

มาใช้ผลิตเหล็กเส้นด้วย

เนื่องจากการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ 1 ตัน ต้องใช้เหล็กแท่ง 1.052 ตัน และต้องหลอมเศษเหล็ก 1.17 ตันจึงจะได้เหล็กแท่ง 1 ตัน โดยที่มีเศษเหล็กเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตซึ่งสามารถนำกลับมาหลอมได้ใหม่ถึง 7.88% เพราะฉะนั้นปริมาณเศษเหล็กที่จะต้องจัดหาเพื่อให้สอดคล้องกับโปรแกรมการผลิตของโครงการ ดังนี้

ปีที่ 1 ผลิตผลิตภัณฑ์ 150,000 ตัน ต้องใช้เศษเหล็ก 170,100 ตัน

ปีที่ 2 ผลิตผลิตภัณฑ์ 225,000 ตัน ต้องใช้เศษเหล็ก 255,150 ตัน

ตั้งแต่ปีที่ 3 ผลิตผลิตภัณฑ์ 300,000 ตัน ต้องใช้เศษเหล็ก 340,200 ตัน

จากสถิติในอดีตทราบว่า ผู้ผลิตเหล็กเส้นประเภทใช้เตาหลอม นำเข้าเศษเหล็กจากต่างประเทศน้อยมาก แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี 2530 ทั้งนี้เพราะเศษเหล็กภายในประเทศสามารถจัดหาได้ประมาณปีละ 500,000 - 600,000 ตัน ดังนั้นเมื่อปริมาณการผลิตสูงขึ้นอย่างมาก จึงต้องนำเข้าเศษเหล็กมากขึ้นตามไปด้วย ดังนี้

ปี 2526-2529 ต้องใช้เศษเหล็กซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ $\simeq$ 5%

ปี 2530-2531 ต้องใช้เศษเหล็กซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ $\simeq$ 15%

ปี 2532 ต้องใช้เศษเหล็กซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ $\simeq$ 30%

จากการศึกษาทำให้ทราบว่า ในอนาคตจะต้องมีการนำเข้าเศษเหล็กเพื่อใช้ผลิตเหล็กเส้นมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อสนองความต้องการ ซึ่งจัดหาได้ภายในประเทศค่อนข้างจำกัด โดยโครงการนี้ได้ตระหนักและเตรียมรับสถานการณ์ไว้เป็นอย่างดี ด้วยการพิจารณาเลือกแหล่งวัตถุดิบโดยคำนึงถึงปริมาณที่จะสามารถจัดหาให้โครงการ ราคาวัตถุดิบซึ่งรวมค่าขนส่งและค่าใช้จ่ายทั้งหมด ระยะเวลาการประกันราคาขาย รวมทั้งระยะเวลาการจัดส่งวัตถุดิบ

เศษเหล็กทั้งหมดจะขนส่งเข้าโรงงานโดยทางรถบรรทุก โดยกรณีเศษเหล็กที่จัดหาได้ภายในประเทศจะซื้อจากตัวแทนด้วยราคาที่รวมค่าขนส่งจนถึงโรงงาน ส่วนเศษเหล็กที่นำเข้าจากต่างประเทศใช้วิธีทำสัญญากับบริษัทขนส่งให้รับช่วงการขนส่งจากท่าเรือจนถึงโรงงาน โดยทั่วไปแล้วราคาเศษเหล็กภายในประเทศจะถูกกว่าเศษเหล็กที่นำเข้าจากต่างประเทศเล็กน้อย

รวมทั้งได้มีการศึกษาวัตถุดิบอื่น ๆ ด้วย เช่น พลังงานไฟฟ้า ก๊าซออกซิเจน อิเลคโตรด น้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น และโลหะผสมซึ่งเป็นสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำน้ำเหล็กให้บริสุทธิ์ เช่น เฟอร์โรซิลิกอน และ เฟอร์โรแมงกานีส ฯลฯ

เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การผลิต

หลังจากที่ศึกษากระบวนการผลิต ตลอดจนวัตถุดิบที่จะต้องจัดหาให้สอดคล้องกับโปรแกรมการผลิตของโครงการซึ่งมีขนาดกำลังผลิต 300,000 ตัน/ปี ขั้นตอนต่อมาคือการพิจารณาคัดเลือกขนาดกำลังผลิตและผู้จำหน่ายเครื่องจักรกล รวมทั้งอุปกรณ์ที่สำคัญในการผลิตและอุปกรณ์ช่วยการผลิต ดังนี้

1. เตาอาร์กไฟฟ้า ซึ่งมีเบ้าหลอมขนาด 50 ตัน ใช้เวลาในการหลอมเหล็กประมาณครั้งละ 1 ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด พร้อมทั้งอุปกรณ์ต่อไปนี้

1.1 อุปกรณ์ในการขนถ่ายและชั่งเศษเหล็ก เช่น Scrap Bucket ขนาด 37 ลูกบาศก์เมตร เครน และ Hoist และเครื่องชั่งน้ำหนักด้วยระบบอิเลคทรอนิกส์

1.2 อุปกรณ์ในการขนถ่ายและดำเนินการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

1.3 อุปกรณ์ขนถ่ายสแลก เช่น หม้อใส่สแลกขนาด 6 ลูกบาศก์เมตร

2. เตา Ladle Furnace 1 ชุด พร้อมด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

2.1 อุปกรณ์ขนถ่ายน้ำเหล็กจากเตาอาร์กไฟฟ้าใส่ Ladle Furnace

2.2 อุปกรณ์ในการขนถ่ายและดำเนินการทำปฏิกิริยารีดัคชั่น

3. เครื่องหล่ออย่างต่อเนื่องซึ่งสามารถหล่อเหล็กแท่งอย่างต่อเนื่องได้พร้อมกันถึง 3 แท่ง จำนวน 1 ชุด พร้อมด้วยอุปกรณ์ ต่อไปนี้

3.1 ชุดอุปกรณ์ตัดเหล็กแท่งให้มีขนาดความยาวตามที่ต้องการ

3.2 ระบบขนถ่ายเหล็กแท่งออกจากเครื่องหล่ออย่างต่อเนื่อง

3.3 อุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษาโมลด์ของเครื่องหล่อ ระบบควบคุมตำแหน่งและระดับของโมลด์ และระบบควบคุมการสเปรย์เพื่อระบายความร้อนโมลด์ ฯลฯ

4. เตาเผาที่สามารถอบเผาเหล็กแท่งให้ร้อน และอ่อนตัว ที่อุณหภูมิประมาณ 1200°C เพื่อส่งเข้าเครื่องรีดด้วยอัตรา 90-100 ตัน/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด รวมทั้งระบบช่วยการผลิต ต่อไปนี้

4.1 ระบบขนถ่ายเหล็กแท่งเข้าและออกจากเตาเผา

4.2 ระบบท่อควบคุมและปล่อยหมอกควัน (Fume)

5. เครื่องรีด จำนวน 1 ชุด โดยต้องมีชุดลูกกลิ้งซึ่งมีขนาดครบตามที่โครงการต้องการผลิต โดยแต่ละชุดของลูกกลิ้งจะมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งที่แท่นรีดสุดท้าย

จะได้เหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ ต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์ขนถ่ายเหล็กแท่งเข้าเครื่องรีด

5.2 ระบบเครื่องชั่งน้ำหนัก

5.3 ระบบระบายความร้อนเหล็กเส้นที่รีดเสร็จแล้ว

5.4 เครื่องม้วนเหล็กลวด

6. ระบบและอุปกรณ์ช่วยในการผลิตที่สำคัญนอกเหนือจากระบบหลัก ประกอบด้วย

6.1 โรงผลิตก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจน ที่มีความบริสุทธิ์ 99.5% โดยสามารถผลิตก๊าซออกซิเจนที่ 25 ความดันบรรยากาศ ด้วยอัตรา 1500 Nm^3/hr และผลิตก๊าซไนโตรเจนที่ 8 ความดันบรรยากาศ ด้วยอัตรา 50 Nm^3/hr โดยการแยกก๊าซออกมาจากอากาศ ซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยประมาณ 1300 kW.

6.2 ศูนย์กลางปฏิบัติการทดสอบ ประกอบด้วย

6.2.1 เครื่อง Vacuum Spectrometer ใช้อ่านค่าส่วนผสมทางเคมีของน้ำเหล็ก ในขั้นตอนการทำน้ำเหล็กให้บริสุทธิ์

6.2.2 เครื่องทดสอบความแข็ง ที่ 80-440 Brinell

6.2.3 เครื่องทดสอบแรงดึง แรงอัด การดัด และการโค้ง(Flexure)

6.2.4 ชุดอุปกรณ์เตรียมตัวอย่างทดสอบ

6.2.5 เครื่องวัดค่า pH

6.2.6 เครื่อง Spectro - Photometer

6.2.7 เครื่อง Electro - Optical Precision Scaler

6.3 โรงซ่อมบำรุงเครื่องมือกลและอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อซ่อมบำรุงหรือสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ โดยใช้เครื่องกลึง เครื่องเจียรนัย เครื่องกัด เครื่องเจาะ และเครื่องเลื่อย ส่วนการตรวจสอบและ Calibrate อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการใช้ Oscilloscope วัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า ความถี่ และแรงเคลื่อนไฟฟ้า รวมทั้งเครื่องนับจำนวนรอบของการหมุน และ Megger ฯลฯ

นอกจากนี้ยังมีระบบช่วยสนับสนุนการผลิตอื่น ๆ เช่น ระบบวงจรไฟฟ้า ระบบควบคุมการทำงานอัตโนมัติของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ระบบขนถ่าย ระบบหล่อลื่น ระบบไฮดรอลิก ระบบนิวเมติก รวมทั้งอะหลั่ยสำรองของระบบต่าง ๆ

การพิจารณาเลือกซื้อเครื่องจักรกลและอุปกรณ์การผลิตให้เหมาะสมกับโครงการมากที่สุด

พิจารณาจากปัจจัย ต่อไปนี้ คือ

1. เงินลงทุนต่ำ
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ
3. สามารถให้ผลตอบแทนสูง ถึงแม้ปริมาณการผลิตจะน้อย
4. สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งมีขนาดตามที่ต้องการได้ดี
5. สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นผิวเรียบ

สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกบริษัทผู้ผลิต คือ

1. ราคาเหมาะสม
2. สามารถติดตั้งเครื่องจักรจนสามารถผลิตได้เร็วที่สุด

สถานที่ตั้งโรงงาน

ผลการศึกษาเพื่อเลือกสถานที่ตั้งโรงงานโดยพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้า น้ำ ระบบกำจัดของเสียจากโรงงาน การคมนาคมขนส่ง การโทรคมนาคม ภาษีเทศบาลและการยกเว้นภาษี ระยะทางจากโรงงานถึงแหล่งวัตถุดิบและตลาด รวมทั้งลักษณะ ขนาด และราคาที่ดินที่จะสามารถหาได้ เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานน้อยที่สุด จากการศึกษาทางโครงการได้เลือกตั้งโรงงานอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งมีบริการสาธารณูปโภค ดังต่อไปนี้

1. พลังงานไฟฟ้า ทางโรงงานสามารถตั้งสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า 115 kV. จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่สถานีจังหวัดระยองซึ่งส่งเข้ามาในนิคมอุตสาหกรรม ฯ ทำให้มีไฟฟ้าเพียงพอสำหรับใช้ได้ตลอดอายุของโครงการ

2. น้ำ ทางโรงงานจะซื้อน้ำจากการนิคมอุตสาหกรรม ฯ ซึ่งได้รับน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำดอกกรัย โดยการนิคม ฯ สามารถบริการน้ำได้ถึง 75 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ด้วยท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.35 เมตร ซึ่งส่งน้ำผ่านหน้าโรงงานด้วยอัตรา 563 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

3. ระบบกำจัดน้ำเสียจากโรงงาน ทางการนิคม ฯ มีบริการกำจัดน้ำเสียของโรงงานได้ถึง 4000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แล้วจึงปล่อยน้ำที่บำบัดจนได้มาตรฐานสำหรับที่จะปล่อยทิ้งตามกฎหมายของกรมโรงงาน เช่น มีค่า B.O.D. น้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีของแข็งที่อยู่ในสภาพแขวนลอยน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ฯลฯ โดยปล่อยให้ซึม

ลงดินในบ่อที่มีขนาด 340,000 ลูกบาศก์เมตร รวมทั้งปล่อยลงสู่คลองจากมาก

4. การคมนาคมขนส่ง ทางการนิคมได้สร้างถนนคอนกรีตเชื่อมระหว่างการนิคม ฯ กับถนนทางหลวงสุขุมวิทและท่าเรือน้ำลึกมาบตาพุด

5. การโทรคมนาคม ได้มีการติดตั้งโทรศัพท์ในการนิคม ฯ เรียบร้อยแล้วถึง 4000 เลขหมาย ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้โครงการได้มาก

6. ทางรถไฟยาว 140 กิโลเมตร จากฉะเชิงเทราเรียบบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกจนถึงสัตหีบ รวมทั้งมีทางรถไฟยาว 24 กิโลเมตร เชื่อมระหว่างการนิคม ฯ กับท่าเรือน้ำลึกมาบตาพุด

7. มีเขตที่พักอาศัยโดยเฉพาะ ในลักษณะของชุมชนสำหรับพนักงานที่ทำงานอยู่ภายในการนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งจะมีการสาธารณูปโภคเช่นเดียวกับภายในการนิคมอุตสาหกรรม ฯ

8. ที่ดินซึ่งโครงการจะตั้งโรงงานโดยการเช่าจากการนิคม ฯ มีพื้นที่ 108 ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

<u>การสาธารณูปโภค</u>

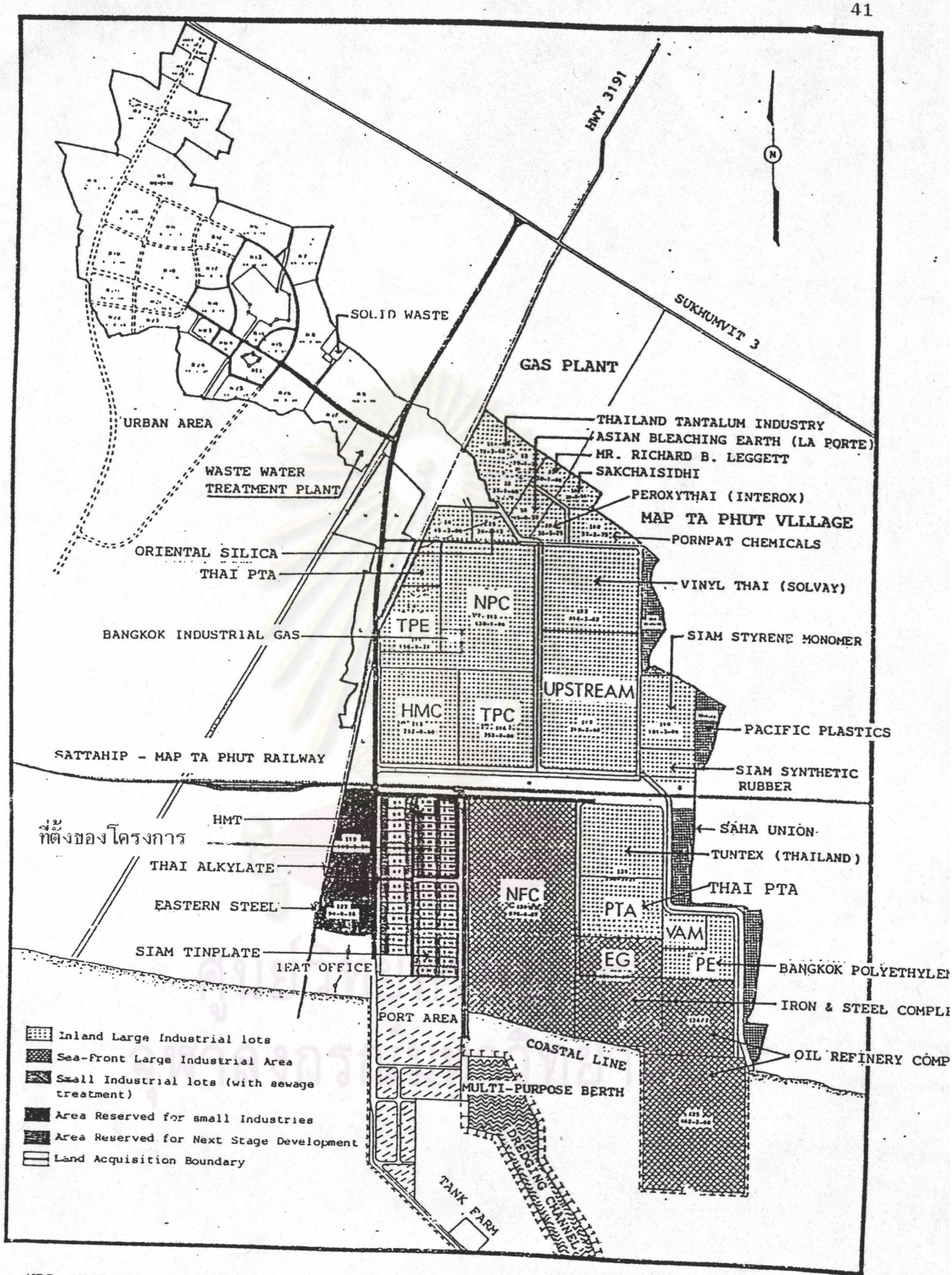
การสาธารณูปโภคที่สำคัญซึ่งจะช่วยสนับสนุนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

1. ไฟฟ้า จัดเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำงานของเครื่องจักรกล และอุปกรณ์การผลิต โครงการนี้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามากจึงต้องมีสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อทำการแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า 115 kV. จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคให้เหลือแรงเคลื่อน 22 kV. สำหรับเตาอาร์กไฟฟ้า และ 6.6 kV. สำหรับโรงผลิตก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจน ความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งในโรงหลอม โรงรีด อาคาร สำนักงาน รวมทั้งโรงผลิตก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจน รวมทั้งหมดประมาณ 90-100 MW.

2. น้ำใช้สำหรับโครงการนี้ แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ส่วน คือ

2.1 น้ำใช้ทั่วไปสำหรับการผลิต ประมาณ 30 m^3/hr

2.2 น้ำสำหรับระบบหล่อเย็นเตาอาร์กไฟฟ้า ระบบกำจัดหมอกควันเครื่องหล่ออย่างต่อเนื่อง Ladle Furnace โรงผลิตก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจน เตาเผา และระบบสเปรย์โมลด์ของเครื่องหล่อ โดยที่ระบบน้ำหล่อเย็นเป็นระบบหมุนเวียน



NPC NATIONAL PETROCHEMICAL CORP.,LTD

TPE THAL POLYETHYLENE CO.,LTD

TPC THAI PLASTIC & CHEMICAL CO.,LTD

HMC HIMONT CORPORATION

รูปที่ 3.2 สถานที่ตั้งโรงงานของโครงการ

จึงใช้น้ำประมาณ 160 m^3/hr รวมทั้งต้องมีการสำรองน้ำไว้ใช้กรณีฉุกเฉินในถังเก็บ 120 m^3

3. ระบบกำจัดหมอกควัน (Dedusting System) เพื่อทำการกรองหมอกควันต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหลอมเหล็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการทำน้ำเหล็กให้บริสุทธิ์ ซึ่งทำให้เกิดไอของโลหะกลั่นตัวในอากาศเป็นหมอกควัน เช่น หมอกควันออกไซด์เหล็ก ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมทั้งคาร์บอนมอนอกไซด์ ฯลฯ เพื่อกำจัดหมอกควันเหล่านี้ให้มีปริมาณ และ คุณภาพ ตามมาตรฐานกำหนดในกฎหมายของกรมโรงงานก่อนที่จะปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม

4. ระบบกำจัดน้ำเสียจากโรงงาน ทางโครงการจ้างการนิคมอุตสาหกรรมให้รับผิดชอบดำเนินการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยให้ซึมลงดิน และไหลลงสู่คลอง

5. การคมนาคมขนส่ง เนื่องจากเหล็กเส้นเป็นสินค้าที่มีน้ำหนักมาก รวมทั้งวัตถุดิบหลักคือ เศษเหล็กก็ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะฉะนั้นจึงเลือกสถานที่ตั้งโรงงานอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ซึ่งมีถนนคอนกรีตเชื่อมระหว่างการนิคมอุตสาหกรรมกับท่าเรือน้ำลึกมาบตาพุด และถนนทางหลวงสุขุมวิท

6. การโทรคมนาคมของโครงการต้องการใช้โทรศัพท์ 20 เลขหมาย และโทรสาร 3 เลขหมาย โดยการนิคม ฯ มีบริการเพียงพอเพราะได้ติดตั้งโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วทั้งสิ้น ถึง 4000 เลขหมาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย