หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาด้านวิศวกรรม

การศึกษาด้านวิศวกรรม เป็นการศึกษาถึงลักษณะของโครงการในส่วนที่เกี่ยวกับการผลิตโดยตรง เช่น การศึกษาแหล่งแร่เหล็ก แหล่งพลังงานไฟฟ้า แหล่งน้ำ สถานที่ตั้งโรงงาน แผนการก่อสร้างโรงงาน วัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิต ตลอดจนรายละเอียดกรรมวิธีการผลิตและกำลังผลิตที่ต้องการ

แหล่งแร่เหล็ก

ประเทศไทยมีแหล่งแร่เหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมถลุงเหล็กกระจายอยู่ในที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ และในแต่ละแห่งก็มีสินแร่เหล็กที่มีคุณภาพและสารประกอบของสินแร่ที่แตกต่างกันออกไป ในการศึกษาแหล่งแร่เหล็กนี้ จะได้กล่าวถึงในส่วนที่เกี่ยวกับ สินแร่เหล็ก แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทย และการทำเหมืองแร่เหล็กในประเทศไทย

ก. สินแร่เหล็ก[9] เหล็ก (Iron) หรือ Ferrum ในภาษาลาติน ซึ่งมีสัญญลักษณ์ทางเคมีคือ Fe จัดเป็นแร่ชนิดหนึ่ง แร่เหล็กบริสุทธิ์จะมีคุณสมบัติเป็นโลหะสีเทามันเป็นเงา เนื้อแข็งและเหนียว ตีแผ่ให้เป็นแผ่นบาง หรือดึงให้เป็นเส้นเล็กได้ยาวมาก มีจุดหลอมละลายที่ 1,537 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 7.87 ความร้อนจำเพาะ 0.11 และความแข็ง 4.5 เป็นสารแม่เหล็กที่ดีมาก ส่วนใหญ่มักจะพบเหล็กรวมตัวอยู่กับแร่ที่เป็นสารประกอบ ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันไป

ชนิดของสินแร่เหล็กที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1
ชนิดของสินแร่เหล็กที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ

ลำดับที่	สารประกอบทางเคมี	มีเหล็กอยู่ร้อยละ	ชื่อเรียกทางการค้า
1.	Magnetite Fe_3O_4	72.4	Magnetite (Black) Ore
2.	Hematite Fe_2O_3	70.0	Red Ore
3.	Limonite $Fe_2O_3H_2O$	59 - 63	Brown Ore
4.	Siderite $FeCO_3$	48.2	Spathic Black Sand Clay - Iron Stone

แร่ที่เกิดร่วมกับเหล็กส่วนใหญ่ได้แก่ ซิลิก้า แคลเซียมคาร์บอเนต ฟอสฟอรัส แมงกานิส (โดยเฉพาะใน Hematite) กำมะถัน อลูมินา น้ำ และติตาเนียม

ข. <u>แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทย</u> แหล่งแร่เหล็กในประเทศไทยมีกระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศ เท่าที่ได้สำรวจพบแล้วมีจำนวนทั้งสิ้น 44 แห่ง[10] ตามรายละเอียดในผนวก ข.1 ซึ่งในจำนวนนี้มีแหล่งแร่เหล็กสำคัญที่ได้มีการสำรวจในขั้นต้นเกี่ยวกับปริมาณแร่สำรองและคุณภาพแร่แล้ว รวม 14 จังหวัด ตามรายละเอียดในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2
แหล่งแร่ที่สำรวจพบว่ามีสินแร่เหล็กสำรองและระดับคุณภาพของสินแร่

แหล่งแร่ที่สำรวจ	สินแร่สำรอง (1,000 ตัน)	% คุณภาพของสินแร่
เชียงใหม่	1,000	69.8
แพร่	50	71.8
กำแพงเพชร	157.5	n.a.
เลย	27,200	52.0
นครสวรรค์	37	50.0
ลพบุรี	7,000	48.4 – 66.4
กาญจนบุรี	5,000	34.0 – 42.0
ปราจีนบุรี	21,620	15.0 – 40.0
ฉะเชิงเทรา	5,000	25.0 – 35.0
ชลบุรี	55	52.9 – 68.3
สุราษฎร์ธานี	50.1	49.1 – 57.6
นครศรีธรรมราช	2,000	60.0
สตูล	13,000	28.0
ยะลา	54	25.4 – 39.4
รวม	84,956	

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี

ค. <u>การทำเหมืองแร่เหล็กในประเทศไทย</u> ได้เริ่มมีการเปิดเหมืองแร่เหล็กในประเทศไทยเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2485 ที่เขาทับควาย จังหวัดลพบุรี ซึ่งต่อมาได้มีการเปิดเหมืองในจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช นครสวรรค์ และระยอง ซึ่งในภายหลังเหมืองที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ได้ปิดดำเนินการไป

ในปัจจุบันมีผู้ถือประทานบัตรในการทำเหมืองแร่เหล็ก 8 ราย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.3

รายชื่อผู้ถือประทานบัตรการทำเหมืองแร่เหล็ก

ชื่อบริษัท	ที่ตั้งสำนักงาน	ที่ตั้งเหมือง	เนื้อที่	วิธีทำเหมือง
บริษัทสเทลลา จำกัด	99 อาคารไทยนิยม ถ.ราชดำเนิน เขตพระนคร กรุงเทพ	ต.นิคมเขาบ่อแก้ว อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์	61 ไร่	หาบ
บริษัทสิทธิโชค จำกัด	อาคารศรีบุญเรือง 2 ถ.คอนแวนต์ เขตบางรัก กรุงเทพ	ต.หนองโพ อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์	282 ไร่	หาบ
นางตระหนี่ วิเศษสุข	105/3 ถ.เพชรบุรีตัดใหม่ ต.กลองตัน อ.บางกะปิ กรุงเทพ	ต.นาจอมเทียน อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี	299 ไร่	หาบ
นางสาวเพชรณี เวชพงศา	145-149 ถ.จักรวรรดิ์ เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพ	ต.ท่าบุญมี อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี	258 ไร่	หาบ
บริษัท ซี.ดี.แอลไมนิ่ง จำกัด	528/16-17 ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพ	ต.ทุ่งควายกิน อ.แกลง จ.ระยอง	23 ไร่	หาบ

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ชื่อบริษัท	ที่ตั้งสำนักงาน	ที่ตั้งเหมือง	เนื้อที่	วิธีทำเหมือง
รอ.สมหวัง สารสาส	69 ซอย 21 ถ.สุขสวัสดิ์ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพ	ต.ชันไม้แดง อ.หนองไผ่ จ.เพชรบูรณ์	228 ไร่	หาบ
นายประเวศน์ เวียงอินทร์	118 ต.สนสาย อ.สูงเม่น จ.แพร่	ต.ไผ่โทน อ.ร้อยกวาง จ.แพร่	247 ไร่	หาบ
บริษัทเหล็กสยาม จำกัด	814 ถ.เตชะวณิช แขวง บางซื่อ เขตดุสิต กรุงเทพ	ต.ห้วยโป่ง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี	426 ไร่	หาบ
		ต.ลานสัก อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี	277 ไร่	หาบ
		ต.นาดินดำ เชียงคาน ต.บุฮม อ.เมือง เชียงคาน	825 ไร่	หาบ

ที่มา : ทำเนียบรายชื่อผู้ประกอบการทำเหมืองแร่ ปี พ.ศ. 2521

จากตารางข้างบนจะเห็นว่า ในปัจจุบันได้มีการออกประทานบัตรทำเหมืองแร่เหล็กไปแล้ว จำนวน 8 ราย ครอบคลุมพื้นที่ 8 จังหวัด เป็นเนื้อที่ทั้งสิ้น 2,223 ไร่ ซึ่งเป็นการทำเหมืองโดยวิธีเหมืองหาบ (Open Pitting) โดยใช้แรงงานคน เครื่องจักร และการระเบิดช่วย ในจำนวนผู้ถือประทานบัตรทำเหมืองแร่เหล็กทั้ง 8 รายนี้ มีที่ตั้งเหมืองอยู่ในจังหวัดสระบุรี 2 ราย เป็นเนื้อที่รวม 557 ไร่

แร่เหล็กที่ผลิตได้ จำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ แร่เหล็กที่มีส่วนผสมของเหล็กมากกว่าร้อยละ 55 และแร่เหล็กที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำกว่าร้อยละ 40 สำหรับแร่เหล็กที่มีส่วนผสมของเหล็ก

สูง ในระยะแรก ๆ ที่เริ่มมีการทำเหมืองภายในประเทศส่วนใหญ่ถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ ต่อมาภายหลังจึงได้จำหน่ายให้แก่โรงงานถลุงเหล็กภายในประเทศ ส่วนแร่เหล็กที่มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ จะถูกนำไปใช้ผลิตปูนซีเมนต์ภายในประเทศ(5)

ปริมาณการผลิตแร่เหล็กของประเทศไทยในระยะที่ผ่านมามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4

ปริมาณการผลิตแร่เหล็กของประเทศไทย พ.ศ. 2513–พ.ศ. 2521

หน่วย : เมตริกตัน

ปี	ปริมาณการผลิต
2513	22,524
2514	41,591
2515	27,818
2516	36,309
2517	36,303
2518	32,476
2519	24,971
2520	63,470
2521	88,121

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี

จากตารางข้างบน การผลิตแร่เหล็กภายในประเทศในระยะ 2 ปีที่ผ่านมาได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยมีปริมาณการผลิตแร่เหล็กเพิ่มขึ้นจาก 63,470 ตัน ในปี พ.ศ. 2520 เป็น 88,121 ตัน ในปี พ.ศ. 2521 หรือเพิ่มขึ้นเท่ากับ 38.83%

สำหรับแหล่งแร่เหล็กที่คาดว่าจะนำมาใช้ในโครงการที่ศึกษานี้ ได้แก่แหล่งแร่ที่บ้านปรกฟ้าสระตาพรหม ตำบลท่าบุญมี อำเภอพนัสนิคม และที่เขาชีโอน ตำบลนาจอมเทียน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ซึ่งทั้งสองแหล่งนี้มีปริมาณแร่สำรอง 100,000 ตัน และ 55,000 ตัน ตามลำดับ โดยมีคุณภาพแร่ประมาณ 60 - 65 % และได้เปิดทำเหมืองแล้ว นอกจากแหล่งแร่เหล็ก 2 แหล่งที่กล่าวมาแล้วนี้ ยังมีแหล่งแร่เหล็กในบริเวณใกล้เคียงอีก 2 แหล่งคือ แหล่งแร่เหล็กที่บ้านเนินไร่ อำเภอบางคล้า และที่หนองบอน กิ่งอำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งทั้งสองแหล่งนี้มีปริมาณแร่สำรองประมาณ 400,000 ตัน และ 5,000,000 ตัน ตามลำดับ(11) แต่ทั้งสองแหล่งนี้ในขณะนี้ยังไม่ได้เปิดทำเหมือง

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า การจัดหาแร่เหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญอย่างหนึ่งจากแหล่งแร่เหล็กภายในประเทศ เพื่อนำมาใช้ในโครงการที่ศึกษานี้ ไม่มีปัญหาแต่อย่างใด แม้ว่าจะมีการขยายการผลิตในอนาคตก็ยังเพียงพอ

<u>แหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตเหล็กถลุง</u>

ในการผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้านับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากในการผลิต ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้าดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่จะนำมาใช้ ซึ่งจะเกี่ยวพันโดยตรงกับการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานอีกด้วย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้จัดวางโครงการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้ก๊าซธรรมชาติที่เจาะพบในอ่าวไทยเป็นเชื้อเพลิง โดยจะก่อสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงที่อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยแบ่งออกเป็น 2 โครงการคือ โครงการโรงไฟฟ้าแกสเทอร์ไบน์บางปะกง และ โครงการโรงไฟฟ้าไอน้ำบางปะกงเครื่องที่ 1 ขนาด 500 เมกกะวัตต์

ก. <u>โครงการโรงไฟฟ้าแกสเทอร์ไบน์บางปะกง</u> ตามโครงการนี้จะติดตั้งเครื่องแกสเทอร์ไบน์ พร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าขนาดเครื่องละ 60 เมกกะวัตต์ จำนวน 4 เครื่อง โดยจะออกแบบเครื่องแกสเทอร์ไบน์นี้ให้สามารถใช้ก๊าซธรรมชาติ และ

ใช้น้ำมันดีเซล (Light oil) เป็นเชื้อเพลิงได้ การก่อสร้างโรงไฟฟ้าแกสเทอร์ไบน์เครื่องที่ 1 และ 2 กำหนดจะแล้วเสร็จและจ่ายไฟฟ้าได้ภายในเดือนตุลาคม 2523 และถ้าหากการใช้ไฟฟ้ามีอัตราเพิ่มสูงมากจริงตามที่ได้คาดคะเนไว้ก็จะทำการก่อสร้างโรงไฟฟ้าแกสเทอร์ไบน์เครื่องที่ 3 และ 4 ซึ่งกำหนดแล้วเสร็จและจ่ายไฟฟ้าได้ในเดือนเมษายน 2524 ตามรายละเอียดในผนวก ข.2 ซึ่งถ้าติดตั้งครบโครงการจะมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 240 เมกกะวัตต์ ภายในเดือนเมษายน 2524

ข. <u>โครงการไฟฟ้าไอน้ำบางปะกงเครื่องที่ 1 ขนาด 500 เมกกะวัตต์</u>

ตามโครงการนี้จะทำการก่อสร้างที่ฝั่งตะวันออก (ฝั่งซ้าย) ของแม่น้ำบางปะกง ในเขตอำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยจะสร้างโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 500 เมกกะวัตต์ รวม 4 เครื่อง หรือเท่ากับ 2,000 เมกกะวัตต์ โรงไฟฟ้าไอน้ำบางปะกงจะเป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้กาซธรรมชาติ หรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้กาซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับเครื่องที่ 1 ซึ่งกำหนดจะก่อสร้างให้แล้วเสร็จและจ่ายไฟฟ้าได้ภายในเดือนมิถุนายน 2526[12]

จากข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งพลังงานที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่า แม้ว่าโครงการที่ศึกษานี้จะเป็นโครงการที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากก็ตาม แต่ก็จะไม่มีปัญหาในเรื่องพลังงานไฟฟ้าแต่อย่างใด และในอนาคตถ้าความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้น ก็สามารถจะขยายการผลิตได้โดยไม่มีอุปสรรคด้านพลังงานไฟฟ้า

<u>สถานที่ตั้งโรงงาน</u>

การเลือกสถานที่ตั้งโรงงาน นับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง เพราะสถานที่ตั้งโรงงานมีความสำคัญต่อค่าใช้จ่ายรายปี และค่าใช้จ่ายในการลงทุนซึ่งเป็นพื้นฐานที่มีผลถึงต้นทุนของสินค้าที่จะส่งไปถึงมือลูกค้า ดังนั้นจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์เกี่ยวกับสถานที่ตั้งโรงงานก็คือเพื่อที่จะผลิตและส่งสินค้าไปยังลูกค้าในราคาต้นทุนที่เท่ากันหรือต่ำกว่าคู่แข่งขัน ในการพิจารณาเลือกสถานที่ตั้งโรงงานตามโครงการที่ศึกษานี้ได้วางแนวทางการพิจารณาออกเป็น 2 ประการด้วยกันคือ

ก. ปัจจัยของสถานที่ตั้งโรงงานที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุง

ข. การพิจารณาเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานที่จัดหามาได้

ก. <u>ปัจจัยของสถานที่ตั้งโรงงานที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุง</u> อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้ามักจะเพ่งเล็งที่เรื่องการขนส่งเป็นสำคัญ เพราะทั้งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีน้ำหนักมาก แต่สำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุง สิ่งที่นับว่ามีความสำคัญอย่างมากอีกอย่างหนึ่งก็คือ พลังงานไฟฟ้า แต่อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเลือกทำเลที่ตั้งโรงงาน มีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบกันเพื่อทำให้สามารถเลือกสถานที่ที่เหมาะสมและเกิดผลดีมากที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคต ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

1. การขนส่ง
2. แหล่งแร่เหล็ก
3. แหล่งพลังงานไฟฟ้า
4. แหล่งน้ำและการกำจัดน้ำเสีย
5. แรงงาน
6. บริเวณอุตสาหกรรม
7. บริการต่าง ๆ
8. สภาพแวดล้อมและข้อกำหนดของสำนักผังเมือง

1. <u>การขนส่ง</u> "อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นหนักในเรื่องการขนส่งเป็นสำคัญ กล่าวคือ การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบมายังโรงงาน รวมทั้งการขนส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปยังตลาดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในการที่จะทำให้การดำเนินงานของอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นไปด้วยดี ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของอุตสาหกรรมประเภทนี้มีน้ำหนักมาก ซึ่งทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้ทำเลที่ตั้งโรงงานจึงควรเป็นแหล่งที่อยู่ใกล้กับตลาดและแหล่งวัตถุดิบมากที่สุด เพื่อจะได้ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้เหลือน้อยที่สุด"(13)

นอกจากจะคำนึงถึงระยะทางของแหล่งวัตถุดิบและตลาดแล้ว ยังจะต้องคำนึงถึงการขนส่งโดยทางรถไฟ สภาพของทางหลวง สภาพของการจราจรบนทางหลวง ตลอดจนระยะทางจากถนนหลวงมายังโรงงาน ซึ่งจะต้องไม่ไกลมากนัก เพื่อให้พนักงานที่อยู่ห่างไกลสามารถเดินทางมาทำงานได้สะดวก

2. <u>แหล่งแร่เหล็ก</u> สถานที่ตั้งโรงงานจะต้องไม่ห่างจากแหล่งแร่เหล็กที่จะนำมาใช้ในโรงงานมากนัก และจะต้องเป็นแหล่งแร่เหล็กที่มีปริมาณแร่สำรองมากเพียงพอสำหรับอนาคต ซึ่งถ้าเป็นไปได้ควรเป็นสถานที่ที่มีแหล่งแร่เหล็กในบริเวณใกล้เคียงมากกว่า 1 แหล่ง และจะต้องเป็นแหล่งแร่เหล็กที่มีคุณภาพสูงเพียงพอที่จะใช้ในการผลิตของโรงงานได้ด้วย

3. <u>แหล่งพลังงานไฟฟ้า</u> ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาถลุงไฟฟ้านี้จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก ดังนั้นทำเลที่ตั้งโรงงานจะต้องอยู่ในบริเวณที่มีการวางสายส่งไฟฟ้าจากสถานีจ่ายไฟฟ้า และต้องอยู่ในย่านที่มีพลังงานไฟฟ้าจ่ายให้อย่างเพียงพออีกด้วย การเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานไกลเกินไปจะทำให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก และอาจจะต้องประสบกับปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากต่อการผลิตในอนาคตได้ สำหรับรายละเอียดการจ่ายไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าบางปะกง ระบบไฟฟ้าปี 2524 และปี 2526 ได้แสดงไว้ในผนวก ข.3 และ ผนวก ข.4

4. <u>แหล่งน้ำและการกำจัดน้ำเสีย</u> แหล่งน้ำนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการเลือกสถานที่ตั้งโรงงาน เพราะนอกจากจะใช้น้ำในขั้นตอนการผลิตที่จำเป็นบางขั้นตอนแล้ว ยังจะต้องใช้น้ำในระบบสาธารณูปโภคของโรงงานอีกด้วย นอกจากนี้การกำจัดน้ำเสียก็นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะต้องนำมาพิจารณา เพราะโรงงานที่มีสถานที่ตั้งอยู่ในย่านตัวเมือง หรือชุมนุมชนมักจะประสบกับปัญหาดังกล่าวอยู่เสมอ

5. <u>แรงงาน</u> โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้แรงงานหลายระดับ ตั้งแต่แรงงานระดับที่ไม่มีทักษะไปจนถึงระดับวิศวกร และผู้บริหาร ดังนั้นการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานจึงควรอยู่ในบริเวณที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งชุมนุมชนมากนัก และควรเป็นสถานที่ที่มีการคมนาคมสะดวก มีรถประจำทางผ่านเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาพาหนะรับส่งพนักงาน นอกจากคนงานบางส่วนที่ต้องทำงานเข้ากะซึ่งจะต้องสร้างหอพักไว้ส่วนหนึ่ง

6. <u>บริเวณอุตสาหกรรม</u> การตั้งโรงงานอยู่ในบริเวณอุตสาหกรรม เช่น ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรม จะช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งไฟฟ้า น้ำประปา และระบบกำจัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังอาจได้รับสิทธิและประโยชน์บางประการตามกฎหมายอีกด้วย แต่เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นิคมอุตสาหกรรมมักอยู่ห่างไกลจากแหล่งแร่เหล็ก อีกทั้งในนิคมอุตสาหกรรมบางแห่งไม่อนุญาตให้ตั้งโรงงานประเภทถลุงโลหะในขั้นต้นอีกด้วย ดังนั้นในการพิจารณาเลือกสถานที่ตั้งโรงงานตามโครงการที่ศึกษานี้จึงจะไม่คำนึงถึงปัจจัยนี้

7. <u>บริการต่าง ๆ</u> โรงงานอุตสาหกรรม จำเป็นต้องพึ่งบริการต่าง ๆ เช่น ที่ทำการไปรษณีย์ ธนาคาร โรงพยาบาล โรงเรียน โรงงานซ่อมแซมหรือผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ ดังนั้นการเลือกสถานที่ตั้งโรงงานที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสถานที่ดังกล่าวจะทำให้โรงงานประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านนี้ลงได้

8. <u>สภาพแวดล้อม และข้อกำหนดของสำนักผังเมือง</u> โรงงานผลิตเหล็กถลุงจัดเป็นโรงงานที่ก่อให้เกิดฝุ่นควันและเสียงดัง ซึ่งก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญแก่ผู้ที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ ดังนั้นบริเวณที่ตั้งโรงงานจึงไม่ควรเป็นย่านชุมนุมชน ในกรณีที่เป็นจังหวัดที่ได้มีการจัดวางผังเมืองโดยสำนักผังเมืองไว้แล้ว การกำหนดจุดที่ตั้งโรงงานจะต้องให้สอดคล้องกับการกำหนดเขตของสำนักผังเมืองด้วย

ถ้าพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นอย่างคร่าว ๆ แล้วจะเห็นได้ว่า ทำเลที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงงานน่าจะได้แก่พื้นที่ในเขตจังหวัดชลบุรี หรือเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา เพราะมีความเหมาะสมทั้งในด้านแหล่งวัตถุดิบและแหล่งพลังงาน แต่บริเวณ

ดังกล่าวมีข้อจำกัดเกี่ยวกับแหล่งน้ำจืด เพราะในฤดูแล้งของแต่ละปีน้ำในแม่น้ำบางปะกง ซึ่งเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านบริเวณดังกล่าวจะเค็มอยู่ประมาณ 4 – 5 เดือน และการจะหาแหล่งน้ำจืดโดยการขุดเจาะน้ำบาดาลก็ไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวน้ำบาดาลมีรสเค็ม ส่วนการที่จะใช้น้ำประปาของจังหวัดก็ไม่สะดวก เพราะยังมีการขาดแคลนอยู่เนือง ๆ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากหลักเกณฑ์ต่าง ๆ โดยถี่ถ้วนแล้ว ปรากฏว่าทำเลที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงงานจึงควรจะเป็นบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และเป็นบริเวณที่สามารถหาแหล่งน้ำจืดมาใช้ได้ตลอดทั้งปี ซึ่งได้แก่ที่ดินในบริเวณอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่สามารถขุดเจาะน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ได้ ตามรายละเอียดเกี่ยวกับการขุดเจาะน้ำบาดาลของกรมโยธาธิการในผนวก ข.5

ข. <u>การพิจารณาเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานที่จัดหามาได้</u> ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับปัจจัยของสถานที่ตั้งโรงงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมากน้อยเพียงใดนั้นได้แบ่งระดับความเหมาะสมของทำเลที่เลือกเป็น 3 ระดับคือ ดี ปานกลาง และไม่ดี

จากหลักเกณฑ์แนวทางการพิจารณาดังกล่าวนี้ ปรากฏผลว่าทำเลที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงงานได้แก่ ที่ดินบริเวณหมู่ที่ 3 ตำบลเสม็ดเหนือ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ตามรายละเอียดการพิจารณาในผนวก ข. 6 ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. การขนส่ง	สามารถใช้การขนส่งทางรถยนต์ได้สะดวกดีมาก และในบางกรณีอาจใช้การขนส่งทางรถไฟได้อีกด้วย
2. แหล่งแร่เหล็ก	อยู่ไม่ไกลจากทำเลที่ตั้งโรงงานมากนัก มีคุณภาพแร่สูง และมีปริมาณแร่สำรองในจำนวนที่เพียงพอแก่ความต้องการ
3. แหล่งพลังงานไฟฟ้า	สามารถติดตั้งระบบไฟฟ้าได้สะดวกมาก และมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เพียงพอแก่ความต้องการทั้งในปัจจุบันและอนาคต

4. แหล่งน้ำและการกำจัดน้ำเสีย	ไม่มีปัญหา
5. แรงงาน	มีปัญหาทางด้านการจัดหาแรงงานระดับสูงบ้าง เล็กน้อย
6. บริเวณอุตสาหกรรม	เป็นอุตสาหกรรมที่เหมาะแก่บริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ และแหล่งพลังงานไฟฟ้า
7. บริการต่าง ๆ	อยู่ใกล้สถานพยาบาล และการติดต่อสื่อสารสามารถกระทำได้สะดวกพอสมควร
8. สภาพแวดล้อมและข้อกำหนดของสำนักผังเมือง	ทำเลที่ตั้งโรงงานไม่เป็นย่านชุมชน และไม่ขัดต่อข้อกำหนดของสำนักผังเมือง

แผนที่แสดงทำเลที่ตั้งโรงงาน ตามรายละเอียดในแผนภาพที่ 3.1

จะเห็นได้ว่า ในการเลือกทำเลที่ตั้งโรงงานได้เพ่งเล็งเกี่ยวกับแหล่งวัตถุดิบเป็นสำคัญ ทั้งนี้เพราะสินแร่เหล็กซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างหนึ่งเมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว จะมีน้ำหนักและขนาดลดลงอย่างมาก ซึ่งทำให้การที่ตั้งโรงงานใกล้แหล่งวัตถุดิบจะก่อให้เกิดผลดีมากกว่าการตั้งโรงงานใกล้ตลาด และเมื่อพิจารณาทางด้านตลาดจะเห็นว่าตลาดของเหล็กถลุงซึ่งได้แก่โรงงานหล่อเหล็กทั่ว ๆ ไปเป็นลักษณะของตลาดที่กระจัดกระจายกันออกไป ดังนั้นการตั้งโรงงานอยู่ใกล้ตลาดจึงไม่ก่อให้เกิดผลดีเท่ากับผลิตภัณฑ์อื่นที่มีตลาดอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

<u>กรรมวิธีการผลิต</u>(14)

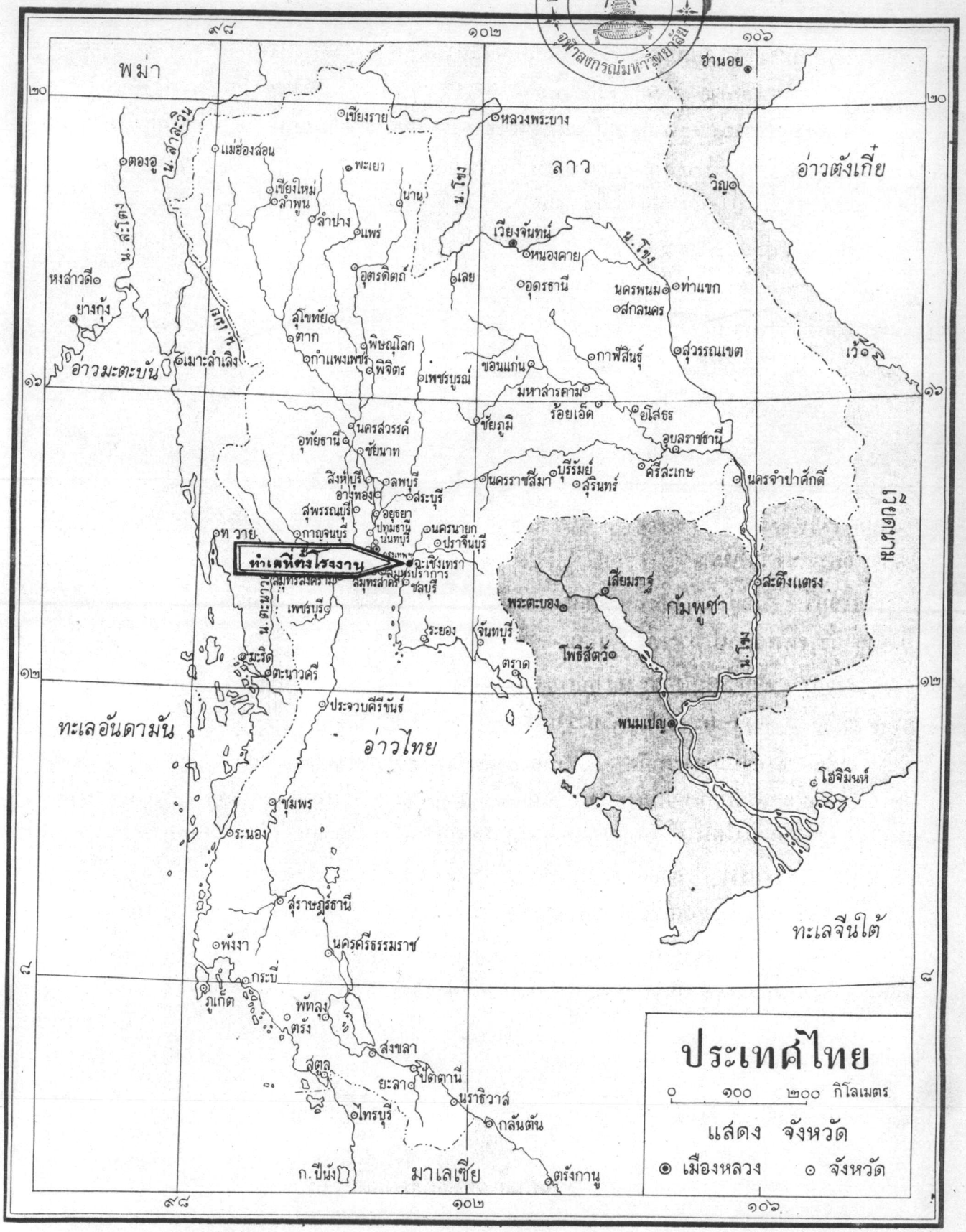
การผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้าโดยใช้สินแร่เหล็กภายในประเทศ มีกรรมวิธีการผลิตตามขั้นตอนการผลิตในแผนภาพที่ 3.2 ดังต่อไปนี้

ก. <u>วิเคราะห์แร่</u> แร่เหล็กที่ส่งมาจากแหล่งแร่จะต้องนำตัวอย่างแร่ไปให้แผนกวิเคราะห์ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพของแร่และสารประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในก้อนแร่ ซึ่งผลของการวิเคราะห์แร่นี้นอกจากจะใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแร่ที่ส่งมาแล้วยังใช้ประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับการกำหนดส่วนผสมที่เหมาะสมอีกด้วย และโดยทั่วไปแล้วแร่เหล็กที่นำ

แผนภาพที่ 3.1

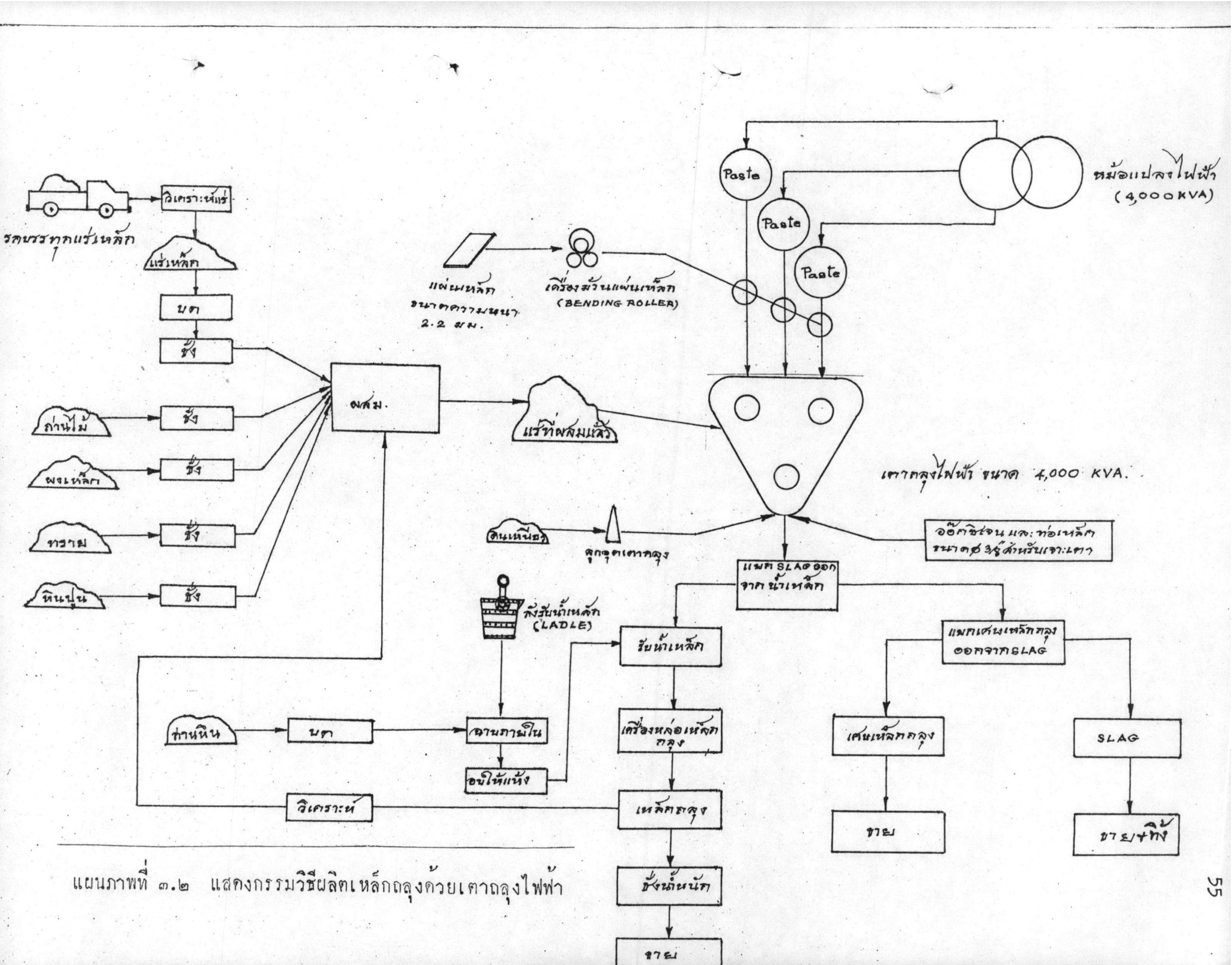
แสดงทำเลที่ตั้งโรงงาน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนที่บริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา
จังหวัดนครนายก
จังหวัดปราจีนบุรี
จังหวัดปทุมธานี
รุงเทพมหานคร
ฉะเชิงเทา
ทำเลที่ตั้งโรงงาน
วัดสมุทรปราการ
จังหวัดชลบุรี
จังหวัดชลบุรี
จังหวัดปราจี
53

304
304
3121
3121
กม. 17
กม. 20
พื้นที่ 110x160
ตารา-
เมตร
N
W
E
S



แผนภาพที่ ๓.๒ แสดงกรรมวิธีผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้า

มาใช้จะมีคุณภาพแร่โดยเฉลี่ยประมาณ 60%

ข. บดแร่ เนื่องจากแร่เหล็กที่ส่งมาจากแหล่งแร่มีขนาดของก้อนแร่ไม่สม่ำเสมอ ส่วนมากมักจะมีขนาดโตเกินไปซึ่งจะทำให้หลอมละลายได้ยาก ดังนั้นก่อนที่จะนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อป้อนเข้าไปในเตาถลุง จะต้องนำมาบดให้มีขนาดโตประมาณ 2.5 เซ็นติเมตรก่อน

ค. ชั่งวัตถุดิบ วัตถุดิบที่ใส่ลงไปในเตาถลุงนอกจากแร่เหล็กแล้วยังประกอบด้วยวัตถุดิบอื่น ๆ อีกคือ

ผงเหล็กซึ่งเป็นของเหลือจากโรงงานรีดเหล็ก ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยนำไฟฟ้า

หินปูน ทำหน้าที่เป็นเชื้อถลุง (Flux) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง เมื่อได้รับความร้อนภายในเตา ก็จะสลายตัวเป็นปูนขาว และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปูนขาวนี้จะรวมตัวกับซิลิกาอีกทีหนึ่ง การมีหินปูนมากเกินไปจะทำให้เกิดความเป็นด่างภายในเตามาก ทำให้สแล็ก จับตัวเป็นผลึกได้

ถ่านไม้ ทำหน้าที่เป็นตัวลดออกซิเจนในแร่เหล็ก และช่วยเพิ่มความร้อนภายในเตาถลุงด้วย สามารถใช้ถ่านหินแทนถ่านไม้ได้ แต่ไม่ใช้เพราะถ่านไม้มีราคาถูกกว่าถ่านหินมาก และไม่เพิ่มกำมะถันในเนื้อเหล็ก

ทราย เป็นตัวทำให้ความเป็นด่างภายในเตาลดลง แต่อย่างไรก็ตามทรายไม่ได้มีคุณสมบัติในการดึงสิ่งสกปรกออกแต่อย่างใด

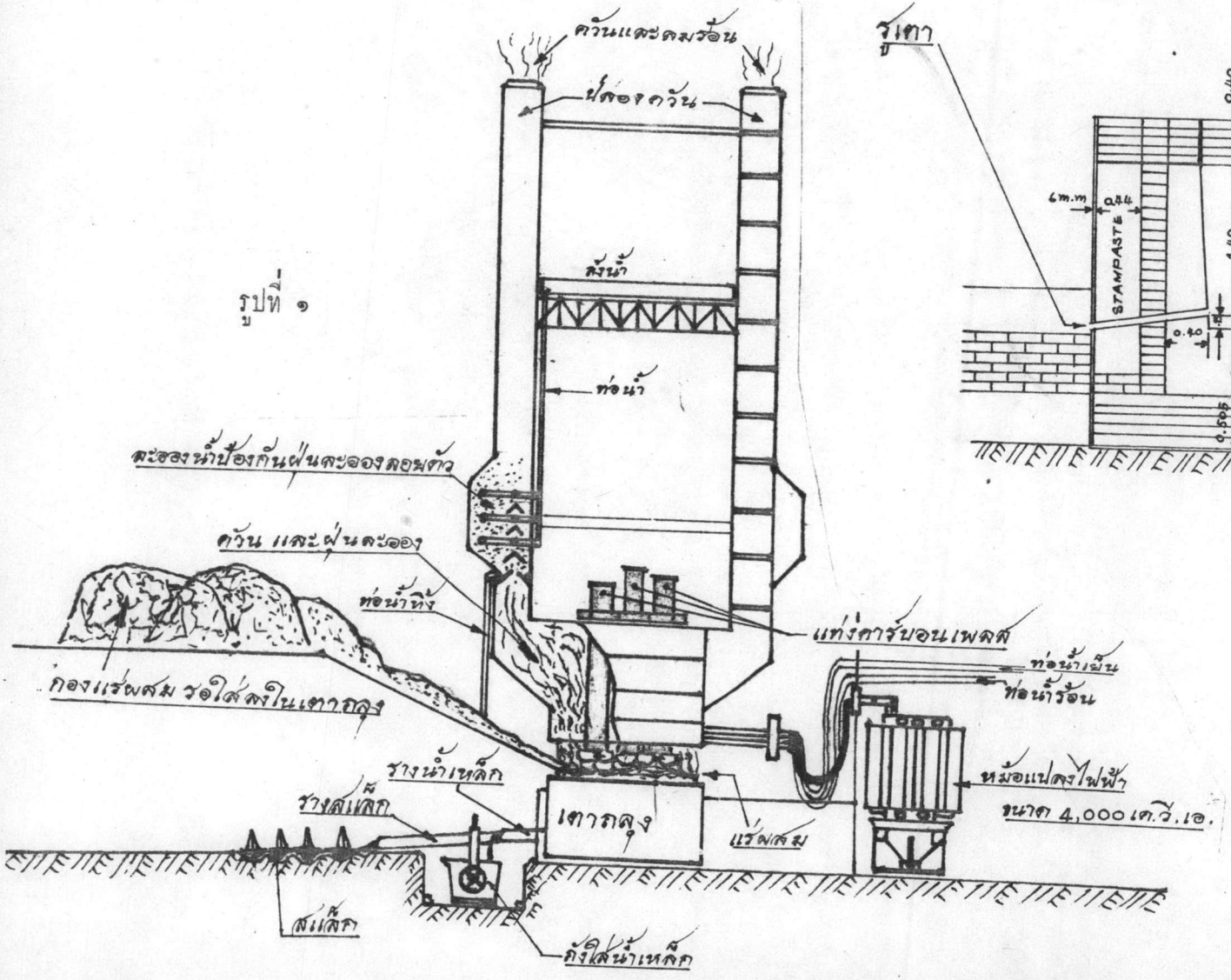
ในการผสมวัตถุดิบดังกล่าวข้างต้นเข้าด้วยกัน จะต้องชั่งวัตถุดิบแต่ละชนิดในอัตราส่วนดังนี้

ชนิดวัตถุดิบ	ปริมาณ (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์
แร่เหล็ก	800	30.02
ผงเหล็ก	800	30.02
หินปูน	400	15.01
ถ่านไม้	500	18.76
ทราย	165	6.19
รวมทั้งสิ้น	2,665	100

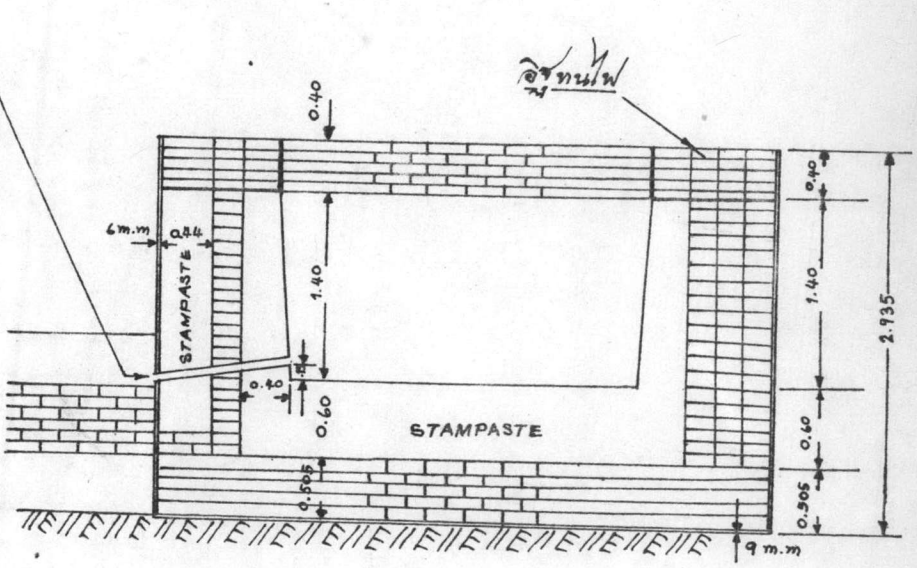
ง. ผสมวัตถุดิบ ในการผสมวัตถุดิบ จะต้องผสมให้ส่วนผสมของวัตถุดิบรวมตัวกันอย่างสม่ำเสมอ แต่เนื่องจากขนาดของก้อนและน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิดแตกต่างกันมาก ดังนั้นเพื่อให้การผสมวัตถุดิบกระทำได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงนำวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ได้ผ่านการชั่งตามอัตราส่วนที่กล่าวแล้วข้างต้นมาเทลงบนลานผสมที่เป็นพื้นคอนกรีต และเกลี่ยให้เสมอโดยจะต้องเทวัตถุดิบให้ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยเริ่มจากถ่านไม้ แร่เหล็ก ผงเหล็ก ถ่านไม้ แร่เหล็ก ผงเหล็ก หินปูน ทราย ตามลำดับ จากนั้นจึงใช้รถตักกลุกวัตถุดิบที่ได้จัดเตรียมไว้ให้เข้ากัน แล้วนำวัตถุดิบที่ผสมแล้วนี้ไปกองรวมกันไว้เพื่อรอตักใส่ถังรองรับ (Hopper) ซึ่งใช้สำหรับใส่วัตถุดิบที่ผสมแล้วเพื่อนำไปใส่เตาถลุงต่อไป

จ. เติมวัตถุดิบลงในเตาถลุง เนื่องจากเตาถลุงต้องทำงานในลักษณะต่อเนื่อง ดังนั้นการเติมวัตถุดิบลงในเตาถลุงจึงต้องใช้คนงานคอยตักวัตถุดิบที่ผสมไว้แล้วเติมลงในเตาถลุง เมื่อเห็นว่าวัตถุดิบในเตาลดลงเพื่อให้เต็มอยู่ตลอดเวลา ในทางปฏิบัติการเติมวัตถุดิบให้เต็มอยู่ตลอดเวลาจะช่วยลดความร้อนของบริเวณที่คนงานทำงาน ซึ่งเกิดจากเปลวไฟในเตาถลุงได้อีกด้วย ตามรูปที่ 1

ฉ. เจาะเตาถลุง เนื่องจากเตาถลุงต้องทำงานในลักษณะต่อเนื่อง และต้องมีการเติมวัตถุดิบลงในเตาถลุงให้เต็มอยู่เสมอตามที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการนำน้ำเหล็กและสแล็ก (Slag) ซึ่งเป็นสิ่งสกปรกที่ปนมากับแร่เหล็กและวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ใส่ลงไปเพื่อช่วยในการถลุงที่หลอมละลาย แล้วออกจากเตาถลุง จึงต้องกระทำโดยการเจาะเตาถลุงซึ่งจะกระทำทุก ๆ 4 ชั่วโมง ในการออกแบบเตาถลุงจะมีรูเตา (Discharge Hold) สำหรับระบายน้ำเหล็กและสแล็กที่หลอมละลาย โดยระดับของรูเตาจะอยู่สูงจากระดับก้นเตาประมาณ 15 เซ็นติเมตร ตามปกติรูเตาจะอุดไว้ด้วยลูกอุดเตาที่ทำจากดินเหนียว ดังนั้นเมื่อจะเจาะเตาจึงต้องนำดินที่อุดไว้ออก แต่เนื่องจากบริเวณปากรูเตาจะมีสแล็กที่เหนียวอุดอยู่อีกชั้นหนึ่ง จึงต้องใช้ก๊าซออกซิเจนและถ่านไม้เผาละลายสแล็ก ส่วนที่เหนียวอุดช่องรูเตา โดยในการส่งก๊าซออกซิเจนนี้จะใช้ท่อเหล็กขนาด 3/8 นิ้ว และท่อเหล็กนี้จะค่อย ๆ หลอมละลายหมดไปในขณะที่ทำการเจาะเตา สำหรับลักษณะของเตาถลุงและรูเตาตามรายละเอียดในรูปที่ 2


ควันและลมร้อน
ปล่องควัน
ลังน้ำ
ท่อน้ำ
ละอองน้ำป้องกันฝุ่นละอองลอยตัว
ควัน และฝุ่นละออง
ท่อน้ำทิ้ง
แท่งคาร์บอนเพลส
ท่อน้ำเย็น
ท่อน้ำร้อน
กองแร่ผสม รอใส่ลงในเตาถลุง
รางน้ำเหล็ก
รางสเลก
เตาถลุง
แร่ผสม
หม้อแปลงไฟฟ้า
ขนาด 4,000 เค.วี.เอ.
สเแล็ก
ถังใส่น้ำเหล็ก

รูปที่ ๑


รูเทา
ลิฟทน์ไฟ
0.40
6m.m
0.24
STAMPASTE
1.40
0.40
0.60
STAMPASTE
0.505
9 m.m
0.40
1.40
0.60
0.505
2.935

รูปที่ ๒

ช. <u>แยกสแล็กออกจากน้ำเหล็ก</u> โดยปกติแล้วน้ำเหล็กซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าจะอยู่ก้นเตา และสแล็กซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าจะลอยอยู่บนน้ำเหล็ก ดังนั้นเมื่อเจาะเตาน้ำเหล็กจะไหลออกมาก่อน และเมื่อน้ำเหล็กไหลออกมาใกล้จะหมดก็จะมีสแล็กไหลปนออกมา ดังนั้นในการออกแบบรางรองรับน้ำเหล็กซึ่งใช้เป็นช่องทางไหลของน้ำเหล็กจะต้องออกแบบให้สามารถแยกสแล็กออกจากน้ำเหล็กได้ โดยมีลักษณะดังในรูปที่ 3 และเนื่องจากน้ำเหล็กและสแล็กมีความร้อนสูง ดังนั้นตัวรางรองรับน้ำเหล็กจะต้องบุด้วยอิฐทนไฟแล้วฉาบด้วยผงถ่านหินอีกชั้นหนึ่ง

ซ. <u>รองรับน้ำเหล็ก</u> ภาชนะที่ใช้รองรับน้ำเหล็ก เรียกว่าถังรับน้ำเหล็ก (Ladle) เป็นถังเหล็กบุภายในด้วยอิฐทนไฟและฉาบด้วยผงถ่านหินอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งก่อนที่จะนำไปใช้งานได้จะต้องอบให้แห้งก่อน ถังเหล็กนี้มีความจุน้ำเหล็กประมาณ 7.5 ตัน ตัวถังรับน้ำเหล็กสามารถปรับให้เอียงเทเป็นมุมต่าง ๆ ได้ด้วยเฟืองตัวหนอน

ฌ. <u>หล่อเหล็กถลุง</u> ใช้รอกเคลื่อนที่ตลอดความกว้างและความยาวของโรงงานยกถังรับน้ำเหล็กที่บรรจุน้ำเหล็กมาเทที่เครื่องหล่อเหล็กถลุง (Casting Machine) ซึ่งมีแบบหล่อเหล็กถลุงติดอยู่กับโซ่ลำเลียง (Chain Conveyor) ในทางปฏิบัติแบบหล่อเหล็กถลุงจะถูกชโลมด้วยน้ำละลายดินเหนียว และทิ้งไว้ให้แห้งก่อนที่จะเทน้ำเหล็กเพื่อช่วยให้เหล็กถลุงไม่ติดแบบหล่อ แบบหล่อที่มีน้ำเหล็กถลุงนี้จะเคลื่อนที่ไปผ่านน้ำซึ่งฉีดระบายความร้อน เพื่อทำให้เหล็กถลุงเย็นและแข็งตัว ก่อนที่จะเทออกจากแบบหล่อลงรถที่มารอรับเหล็กถลุงที่ได้จากการเจาะเตาแต่ละครั้งจะส่งไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักและส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์เพื่อหาส่วนผสม โดยเฉลี่ยเหล็กถลุง 1 แท่งจะมีน้ำหนักประมาณ 18 กิโลกรัม แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของแบบหล่อ และความเร็วในการเทน้ำเหล็กลงแบบหล่อด้วย ตามรูปที่ 4

ญ. <u>วิเคราะห์เหล็กถลุง</u> เนื่องจากไม่สามารถที่จะทำการวิเคราะห์น้ำเหล็กที่อยู่ในเตาถลุง และไม่สามารถเติมส่วนผสมของเหล็กถลุงที่ยังไม่เพียงพอได้ในทันที ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงกระทำโดยนำเหล็กถลุงที่ได้จากการเจาะเตาแต่ละครั้งมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับส่วนผสมของคาร์บอน ซิลิกอน และซัลเฟอร์ ซึ่งผลของการวิเคราะห์นี้

จะใช้ประกอบการพิจารณาในการกำหนดส่วนผสมของวัตถุดิบที่จะใส่ลงไปในเตาถลุงในครั้งต่อไปให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

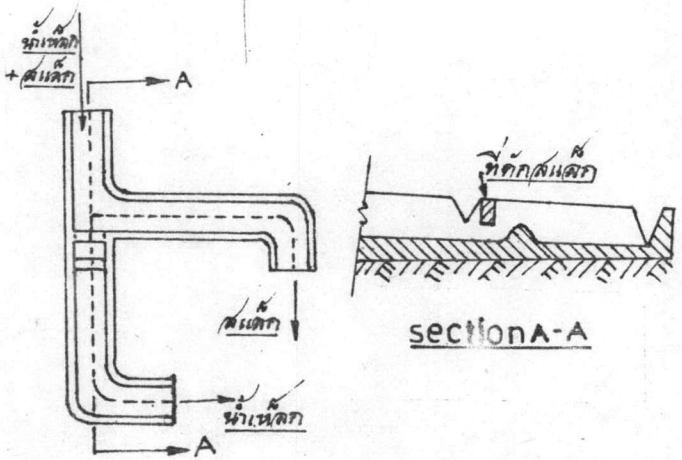
ฎ. <u>แยกเศษเหล็กถลุงออกจากสแล็ก</u> เนื่องจากการไหลของน้ำเหล็กที่ออกจากเตาถลุงไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้มีน้ำเหล็กบางส่วนไหลรวมไปกับสแล็ก ดังนั้นเมื่อสแล็กเย็นตัวแล้วจึงต้องแยกเศษเหล็กถลุงออกจากสแล็ก ซึ่งโดยปกติในการผลิตเหล็กถลุง 1 ตัน จะได้เศษเหล็กถลุงประมาณ 30 กิโลกรัม

ฏ. <u>ม้วนปลอกเหล็กสำหรับใส่คาร์บอนเพลส</u> เตาถลุงไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเหล็กถลุงใช้คาร์บอนเพลสเป็นสื่อนำไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นอีเล็คโทรด (Electrode) แต่เนื่องจากคาร์บอนเพลสมีลักษณะเป็นก้อนโตประมาณ 5 เซ็นติเมตร ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องมีปลอกเหล็กสำหรับใส่คาร์บอนเพลส โดยตัวปลอกเหล็กทั้งสามท่อนทำจากเหล็กแผ่นหนาประมาณ 2.2 มิลลิเมตร นำมาม้วนเป็นท่อกลมแล้วเชื่อมตะเข็บรอยต่อมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 เซ็นติเมตร ยาวท่อนละ 160 เซ็นติเมตร ในการใช้งานจะนำไปเชื่อมต่อกับปลอกเหล็กที่อยู่บนเตาถลุง ซึ่งวางทำมุมเป็นรูปสามเหลี่ยม ตามรูปที่ 5

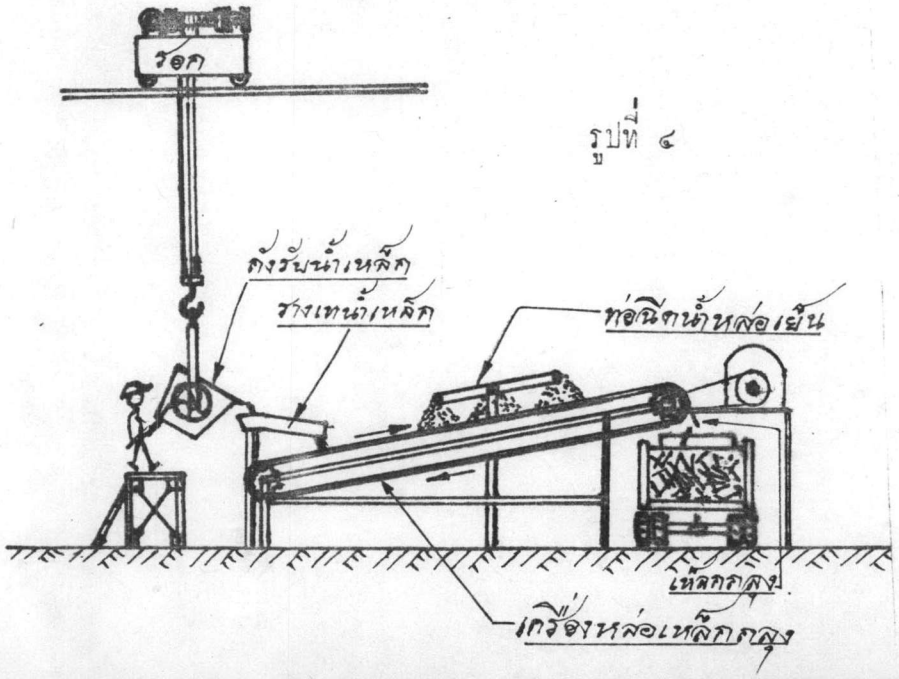
<u>ที่ดิน อาคารโรงงาน สิ่งก่อสร้าง เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตต่าง ๆ</u>

ที่ดิน อาคารโรงงาน สิ่งก่อสร้าง เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตต่าง ๆ เป็นปัจจัยที่จะต้องจัดเตรียมสำหรับการผลิต ซึ่งจะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับโครงการที่จะลงทุน เพื่อให้การลงทุนและการจัดแผนงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. <u>ที่ดิน และการปรับปรุงที่ดิน</u> ในการผลิตเหล็กถลุงตามขนาดกำลังผลิตที่ระบุไว้ในโครงการที่ศึกษานี้ คาดว่าจะต้องใช้ที่ดินเพื่อก่อสร้างอาคารโรงงาน บ่อน้ำ บริเวณที่กองวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป รวมทั้งพื้นที่ว่างส่วนหนึ่งเพื่อการขยายโครงการในอนาคต รวมทั้งสิ้นประมาณ 11 ไร่ แต่เนื่องจากหน้าดินมีระดับต่ำ ดังนั้นในการปรับพื้นที่เพื่อให้เหมาะสม

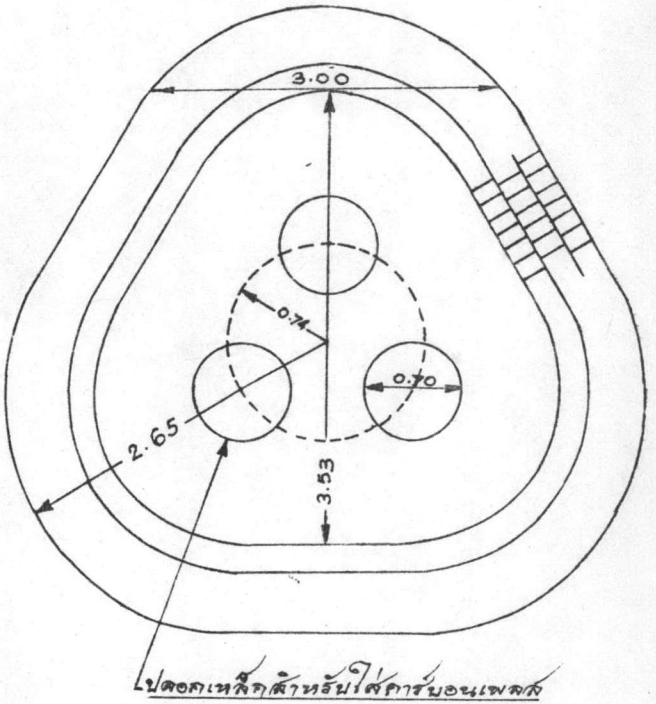


รูปที่ ๓



รูปที่ ๔

รูปที่ ๕



ในการสร้างโรงงาน จึงต้องถมที่ให้สูงขึ้นประมาณ 1 เมตร โดยจะถมเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการใช้ ในโครงการนี้จะต้องใช้ดินหรือทรายประมาณ 4,653 ลูกบาศก์เมตร สำหรับดินที่ใช้ถมส่วนหนึ่งจะได้มาจากการขุดบ่อเพื่อใช้เป็นบ่อพักและเก็บกักน้ำไว้ใช้ในโรงงาน

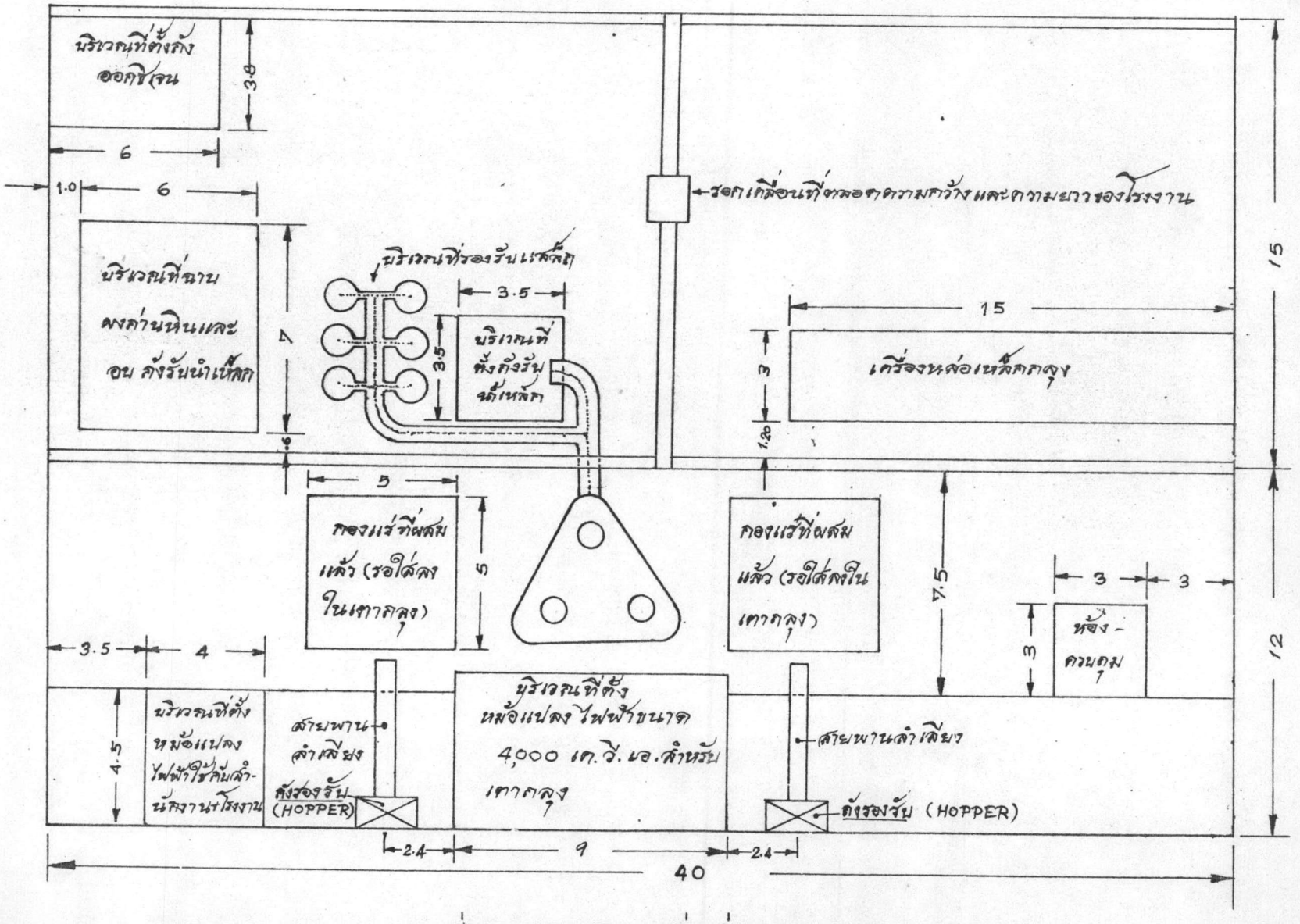
ข. <u>อาคารโรงงานและสิ่งก่อสร้าง</u> ในการกำหนดรายการต่าง ๆ เกี่ยวกับการก่อสร้างนั้น ในที่นี้จะกำหนดเพียงคร่าว ๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์ต้นทุนในบทต่อไป สำหรับการดำเนินงานทางด้านการก่อสร้างซึ่งเป็นรายละเอียดปลีกย่อยนั้น ผู้รับเหมาก่อสร้างจะเป็นผู้วิเคราะห์ดำเนินงานเอง รายการก่อสร้างต่าง ๆ มีดังนี้

1. <u>อาคารโรงถลุง</u> เป็นอาคารลักษณะหลังคาแบบทรงจั่วแบน 2 ชั้น 2 หลังติดกัน ยาว 40 เมตร หลังเล็กกว้าง 12 เมตร หลังใหญ่กว้าง 15 เมตร ความสูงต่ำสุด 8 เมตร ตัวอาคารทำด้วยโครงเหล็กหลังคามุงสังกะสี ความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารสามารถติดตั้งรอกยกน้ำหนักขนาด 15 ตัน ซึ่งเคลื่อนที่ตลอดความกว้างและความยาวของอาคารโรงงานหลังใหญ่ได้ พื้นเป็นดินลูกรังอัดแน่น สำหรับอาคารหลังเล็กพื้นส่วนหนึ่งเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 40 เมตร สูง 3 เมตร สำหรับติดตั้งเตาถลุง ส่วนที่เหลือเป็นพื้นคอนกรีตอัดแน่น กว้าง 4.5 เมตร ยาว 40 เมตร ตามรายละเอียดในแผนภาพที่ 3.3 ซึ่งแสดงส่วนต่าง ๆ ของโรงงาน และตามรูปที่ 6 ซึ่งแสดงภาพร่างตัวอาคารโรงถลุง

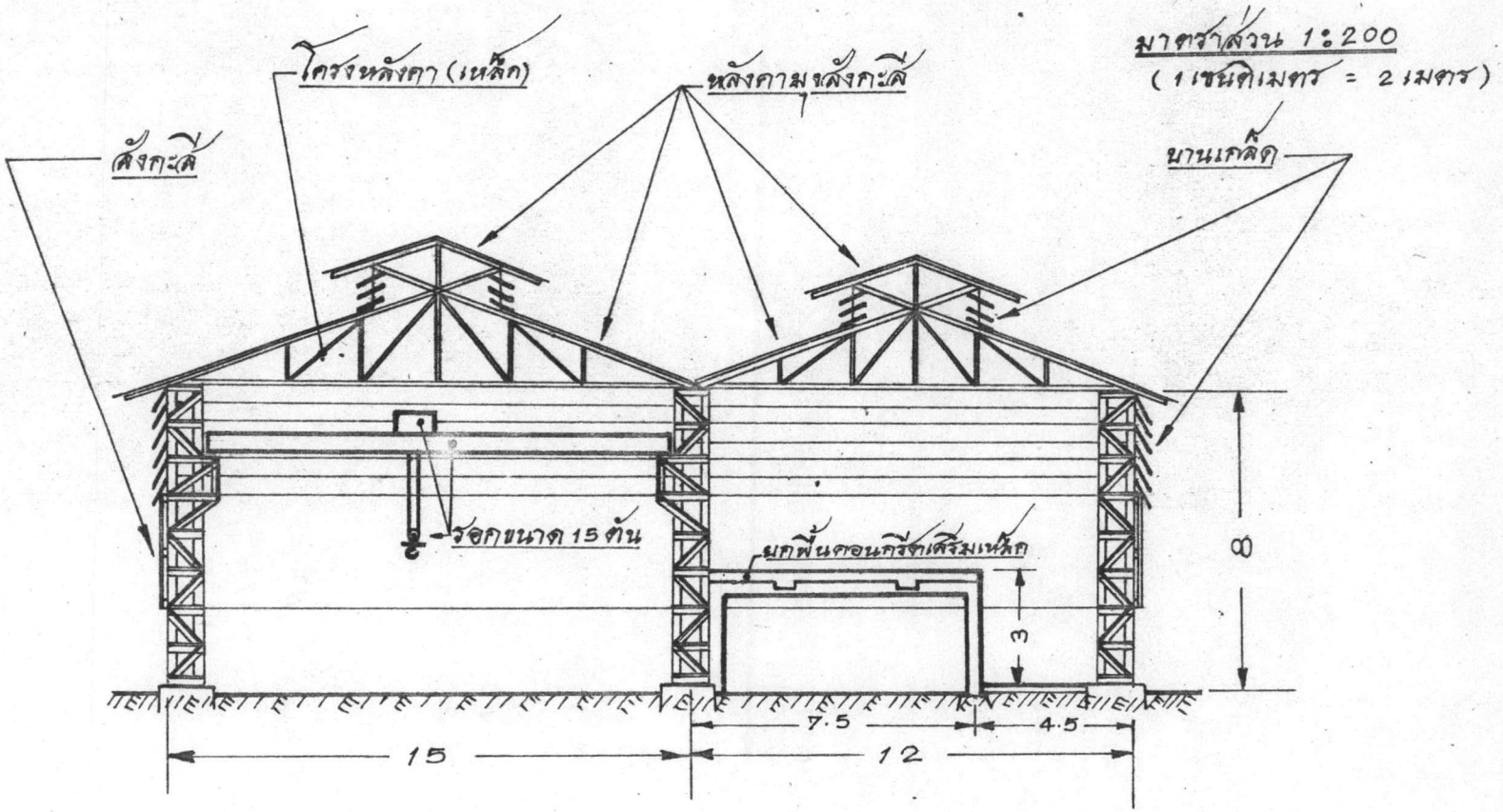
2. <u>อาคารโรงซ่อม</u> มีลักษณะเป็นอาคารโครงเหล็กหลังเดี่ยว กว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร ความสูงต่ำสุด 4 เมตร หลังคามุงสังกะสี พื้นคอนกรีตอัดแน่น มีห้องสำหรับเก็บเครื่องมือ และเบิกจ่ายเครื่องมือ 1 ห้อง

3. <u>อาคารโรงโม่ถ่านหินและโกดังเก็บคาร์บอนเพลส</u> เป็นอาคารโครงเหล็กหลังเดียว กว้าง 8 เมตร ยาว 10 เมตร หลังคามุงสังกะสี กั้นผนังและแบ่งแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยอิฐบล็อก ส่วนหนึ่งใช้เป็นโกดังเก็บคาร์บอนเพลส มีพื้นที่ประมาณ 4 x 8 ตารางเมตร ส่วนที่เหลือใช้สำหรับติดตั้งเครื่องโม่ถ่านหิน มีพื้นที่ประมาณ 6 x 8 ตารางเมตร

มาตราส่วน 1 : 200



แผนภาพที่ ๓.๓ แผนผังแสดงส่วนต่างๆ ของอาคารโรงงาน



รูปที่ ๖ ภาพร่างตัวอาคารโรงถลุง

4. หอพักพนักงาน เป็นอาคารชั้นเดียวขนาด 10 x 15 ตารางเมตร มีห้องพักขนาด 3 x 4 ตารางเมตร จำนวน 10 ห้อง จัดไว้เป็นหอพักสำหรับพนักงานที่เข้ากะทำงานในตอนกลางคืน

5. อาคารสำนักงาน เป็นอาคารแยกเป็นสัดส่วนต่างหากจากโรงงาน มีลักษณะเป็นตึก 2 ชั้น ขนาด 8 x 10 ตารางเมตร ชั้นล่างใช้สำหรับเป็นห้องวิเคราะห์เกี่ยวกับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปส่วนหนึ่ง และใช้เป็นที่ทำงานของพนักงานสำนักงานอีกส่วนหนึ่ง ชั้นบนจัดเป็นห้องรับแขก และห้องทำงานของฝ่ายบริหาร

6. บ่อน้ำบาดาลและถังเก็บน้ำ เป็นบ่อน้ำบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 153 มิลลิเมตร มีถังเก็บน้ำขนาดความจุ 8 ลูกบาศก์เมตร สูงจากระดับพื้นดิน 10 เมตร น้ำจากบ่อน้ำบาดาลนี้จะต่อไปใช้ในระบบสาธารณูปโภคภายในโรงงาน และใช้สำหรับระบายความร้อนในชุดของสายส่งไฟฟ้าแรงสูงจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังอีเล็คโทรดของเตาถลุง

7. บ่อตกตะกอนและบ่อพัก เป็นบ่อดิน ขนาดกว้าง 30 เมตร ยาว 60 เมตร ลึก 3 เมตร มีผนังกั้น (Buffer) เพื่อช่วยในการตกตะกอน 4 ช่วง มีท่อระบายน้ำร้อนจากโรงงานมายังบ่อตกตะกอน และมีปั๊มสำหรับปั๊มน้ำไปใช้ในการระบายความร้อน

8. ลานจอดรถและบริเวณที่ผสมวัตถุดิบ ลานจอดรถเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 14 x 15 ตารางเมตร หนา 100 มิลลิเมตร ใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร อยู่บริเวณหน้าอาคารสำนักงาน สำหรับบริเวณที่ผสมวัตถุดิบเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 12 x 18 ตารางเมตร หนา 100 มิลลิเมตร ใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร เช่นกัน

9. ถนนคอนกรีต เป็นถนนคอนกรีตเสริมเหล็กภายในบริเวณที่ตั้งโรงงาน คิดเป็นพื้นที่ทั้งสิ้น 2,082 ตารางเมตร หนา 100 มิลลิเมตร ใช้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร

10. <u>บริเวณที่เก็บวัตถุดิบและสแล็ก</u> เป็นพื้นที่ซึ่งถมให้ได้ระดับและปรับให้เรียบ ผิวหน้าเป็นดินลูกรังบดอัดแน่น ส่วนการกำหนดตำแหน่งและขนาดของพื้นที่สำหรับกองวัตถุดิบแต่ละชนิด ปรากฏตามรายละเอียดในแผนภาพที่ 3.4

11. <u>บริเวณที่กองเหล็กถลุง</u> เป็นพื้นที่ซึ่งถมให้ได้ระดับและปรับให้เรียบ ผิวหน้าเป็นดินลูกรังบดอัดแน่น แล้วโรยด้วยหินละเอียด เป็นพื้นที่ซึ่งอยู่บริเวณด้านหน้ามีขนาด 20 x 46ตารางเมตร

12. <u>รั้วสังกะสีล้อมรอบโรงงานและประตูรั้ว</u> รั้วล้อมรอบโรงงานเป็นรั้วสังกะสีสูงจากพื้นโรงงานประมาณ 2.10 เมตร ยาวประมาณ 540 เมตร ประตูรั้วเป็นประตูเหล็กสูง 2.10 เมตร ยาว 7.50 เมตร ทำด้วยเหล็กแผ่นมีรางเหล็กกลม 2 ราง และล้อลูกปืน เวลาเปิดจะเลื่อนซ้อนอยู่ด้านหลังกำแพง ด้านข้างมีประตูเล็กขนาดกว้าง 1.20 เมตร สูง 2.00 เมตร

ค. <u>เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต</u> โรงงานอุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุงจะต้องใช้เครื่องจักรแต่ละชนิดในแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งจำนวนและขนาดของเครื่องจักรจะขึ้นอยู่กับขนาดของกำลังผลิตตามโครงการ เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ใช้ประกอบด้วย

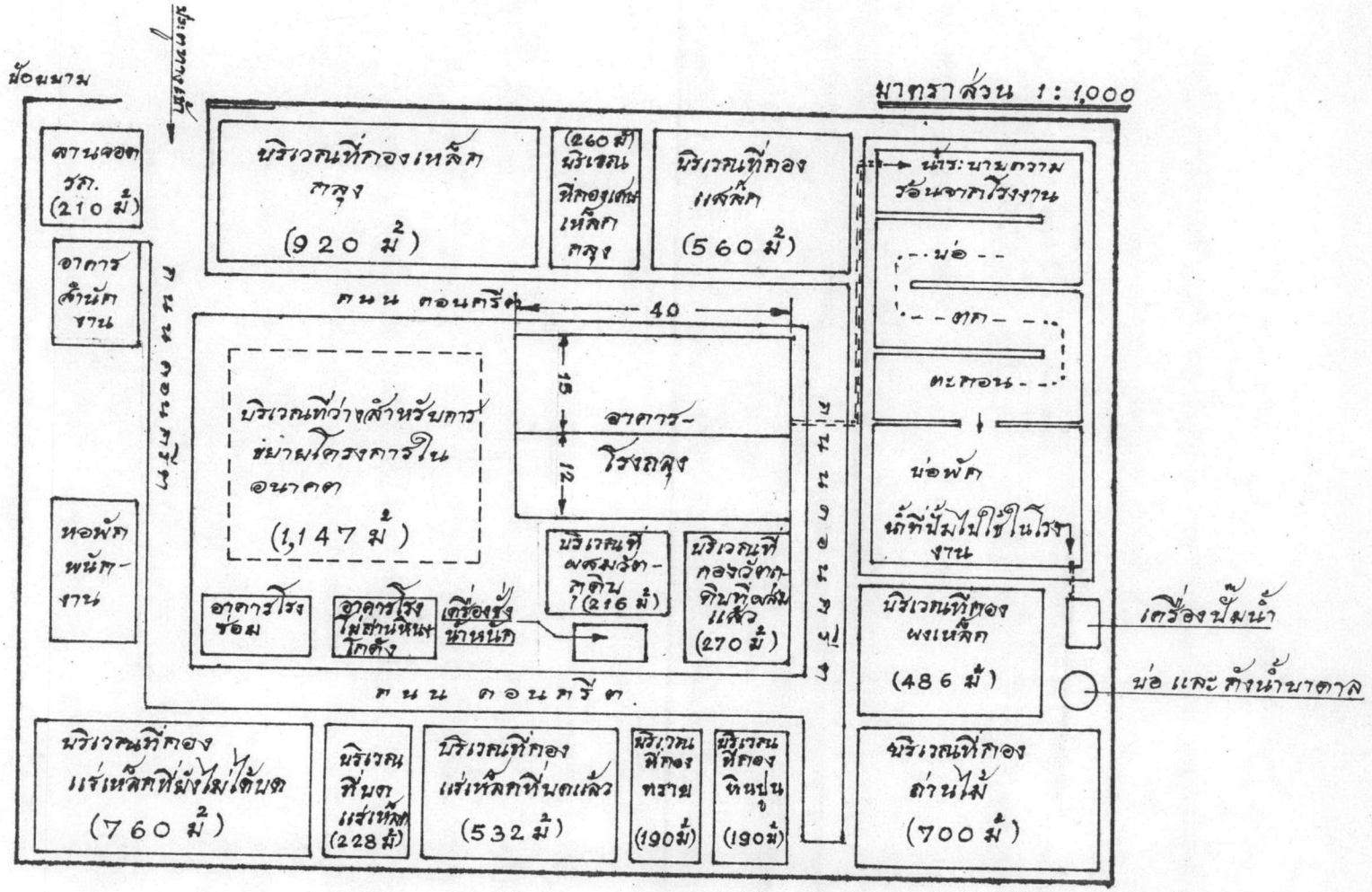
- เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบดแร่เหล็ก
- เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบและลำเลียงวัตถุดิบ
- เตาถลุงและหม้อแปลงไฟฟ้า
- เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อเหล็กถลุง
- เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตอื่น ๆ

ในการผลิตให้ได้ตามโครงการนั้น เราสามารถคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่ต้องการใช้ได้ โดยในที่นี้จะคำนวณหาจำนวนหรือขนาดของเครื่องจักรที่สำคัญ และใช้เป็นประจำตลอดเวลาเท่านั้น ซึ่งได้แก่

1 เครื่องบดแร่เหล็ก

2 รถตักและผสมวัตถุดิบ

3 เตาถลุงและหม้อแปลงไฟฟ้า



แผนภาพที่ ๓.๔ แผนผังแสดงบริเวณโรงงาน

1 <u>เครื่องบดแร่เหล็ก</u> เครื่องบดแร่จะบดแร่เหล็กที่ส่งมาจากแหล่งแร่ให้มีขนาดโตประมาณ 2.5 เซ็นติเมตร ก่อนที่จะนำแร่เหล็กไปผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อใส่ลงไปในเตาถลุง สำหรับจำนวนเครื่องจักรที่ต้องการใช้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ต้องการผลผลิตเหล็กถลุง 13,200 ตัน/ปี (ปีละ 352 วัน)	37.5	ตัน/วัน
ต้องใช้แร่เหล็ก (เหล็กถลุง 1 ตัน ใช้แร่เหล็กประมาณ 800 กก.)	30,000	กก./วัน
เผื่อแร่เหล็กที่สูญเสียไปในขณะบด 10% ∴ น้ำหนักแร่เหล็กที่เอามาบด	33,333	กก./วัน
กำลังผลิตของเครื่องบดแร่เหล็ก	5,000	กก./ชม.
เครื่องบดแร่เหล็กมีประสิทธิภาพ(ทำงานวันละ 8 ชม.)	90	%

$$\text{จำนวนเครื่องจักรที่ต้องการ} = \frac{\text{กำลังผลิตที่ต้องการ}}{\text{กำลังผลิตของเครื่องจักร}}$$

$$\therefore \text{จำนวนเครื่องบดแร่เหล็กที่ต้องการ} = \frac{33,333}{8} \div (5,000 \times 0.9)$$

$$= 0.925$$

$$= 1 \text{ หน่วย}$$

2 <u>รถตักและผสมวัตถุดิบ</u> ในการผสมวัตถุดิบ จะใช้รถตักขนาด 2 ตัน ตักแร่และวัตถุดิบจากกองวัตถุดิบมายังบริเวณผสมวัตถุดิบ และทำหน้าที่ผสมวัตถุดิบ สำหรับจำนวนรถตักที่ต้องการใช้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ต้องการผลผลิตเหล็กถลุง 13,200 ตัน/ปี (ปีละ 352 วัน)	37.5	ตัน/วัน
วัตถุดิบที่ต้องใช้รถตักขนและผสม (เหล็กถลุง 1 ตัน ใช้วัตถุดิบ 2.666 ตัน)	99.937	ตัน/วัน
เผื่อวัตถุดิบสูญหายไปในขณะขน 10% ∴ น้ำหนักวัตถุดิบที่ต้องขน	111.041	ตัน/วัน
รถตัก 1 คันจะสามารถขนและผสมวัตถุดิบได้	30	ตัน/ชม.
ทำงานวันละ	8	ชม.
รถตักมีประสิทธิภาพ	90	%

$$\text{จำนวนรถตักที่ต้องการ} = \frac{\text{กำลังผลิตที่ต้องการ}}{\text{กำลังผลิตของรถตัก}}$$

∴ จำนวนรถตักที่ต้องการ $= \frac{111.041}{8} \div (30 \times 0.9)$

$= 0.514$

$= 1$ หน่วย

3 เตาถลุงและหม้อแปลงไฟฟ้า หลังจากได้เตรียมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำมาใส่ลงในเตาถลุง ลักษณะของเตาถลุงตามรายละเอียดในรูปที่ 4

ในการผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้า ปกติจะใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 160 โวลต์ และจะใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2,100 ถึง 2,750 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง (หน่วย) ต่อเหล็กถลุง 1 ตัน โดยใช้ถ่านหินทำหน้าที่เป็นตัวลดออกไซด์ (Reducing Agent) แร่เหล็กที่ใช้มีส่วนประกอบคือ Fe 58 – 62% SiO_2 7 – 12% และ S 0.7 – 1.5% อย่างไรก็ตาม ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับจำนวนสแล็ก และจำนวนซิลิกอน (Silicon) ที่มีอยู่ในเหล็กถลุง(15)

สำหรับการผลิตเหล็กถลุงด้วยเตาถลุงไฟฟ้าในประเทศไทย โดยใช้แร่เหล็กจากแหล่งแร่ที่อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี มีส่วนประกอบของแร่ดังนี้ Fe 55.5 – 67.2% SiO_2 0.52 – 8.91% และ Al_2O_3 0 – 2.05% โดยมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบตามที่ได้กล่าวมาแล้ว จะใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยประมาณ 2,300 หน่วย แรงเคลื่อนไฟฟ้า 100 โวลต์ ต่อเหล็กถลุง 1 ตัน และจะได้เศษเหล็กถลุงประมาณ 3% โดยน้ำหนัก(12) ดังนั้นในการคำนวณขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะใช้ต่อไปนี้ จึงใช้ตัวเลขดังกล่าวนี้เป็นเกณฑ์

ต้องการผลผลิตเหล็กถลุง 13,200 ตัน/ปี (ปีละ 352 วัน) 37.5 ตัน/วัน
ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า (การผลิตเหล็กถลุง 1 ตัน ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 2,300 หน่วย) เท่ากับ 86,250 หน่วย/วัน

ทำงานวันละ 24 ชม.
หม้อแปลงไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 90 เปอร์เซ็นต์

∴ ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ $= \frac{86,250}{24 \times 0.9}$

$= 3,993.0555$ เค.วี.เอ.

เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 4,000 เค.วี.เอ.

∴ จำนวนหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ 1 หน่วย

เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตเหล็กถลุงตามโครงการที่ศึกษามีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.5

ประเภทและชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต

รายการ	ขนากกำลังแรงม้าต่อหน่วย	จำนวน (หน่วย)
1. เครื่องบดแร่ ขนาดกำลังผลิต 5 ตันต่อชั่วโมง (ขนาดของก้อนแร่ที่บดแล้วโตประมาณ 1 นิ้ว)	20	1
2. รถตักและผสมแร่ ล้อยางขนาด 2.3 ตัน เครื่องยนต์ดีเซล Bucket ขนาด 0.9 ลูกบาศก์เมตร	67	1
3. สายพานลำเลียงวัตถุดิบที่ผสมแล้ว ขนาด 16 นิ้ว ยาว 10 เมตร พร้อมถังรองรับ (Hopper) ความจุ 20 ตัน	3	2
4. เตาถลุงไฟฟ้าพร้อมปล่องควันและอุปกรณ์กันฝุ่น กำลังผลิต 37.5 ตันต่อ 24 ชั่วโมง	–	1
5. หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเตาถลุง 3 Phase 4,000 k.v.A. Primary 22 kv, 50 Hz Secondary Voltage Range 110/105/95/90/85/70v พร้อมทั้งระบบควบคุมและอุปกรณ์การติดตั้ง	(4,000 k.v.A)	1

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

รายการ	ขนาดกำลังแรงม้าต่อหน่วย	จำนวน (หน่วย)
6. พัดลมระบายความร้อน หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเตาถลุง	53	3
7. ชุดสายไฟ (Secondary Copper Plate) พร้อมระบบน้ำหล่อเย็น และอุปกรณ์จับยึดแท่งอีเล็คโทรด	–	1
8. ปั๊มน้ำขนาดท่อ 3 นิ้ว ความเร็ว 1,450 รอบต่อนาที	5	2
9. ถังรับน้ำเหล็กขนาดความจุ 7.5 ตัน	–	2
10. รอกเคลื่อนที่ได้ตลอดความกว้างและความยาวของโรงงาน (Span 15 เมตร สูง 8 เมตร) ความสามารถในการยก 15 ตัน ประกอบด้วย		
มอเตอร์สำหรับยกขนาด 15 ตัน	53.49	1
มอเตอร์ขับเคลื่อนตามความยาวของโรงงาน	10	1
มอเตอร์ขับเคลื่อนตามความกว้างของโรงงาน	6.7	1
11. เครื่องหล่อเหล็กถลุงขนาด 220 แบบ หล่อพร้อมทั้งระบบน้ำหล่อเย็น	15	1
12. เครื่องโม่ถ่านหิน	3	1
13. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 40 ตัน	–	1
14. รถเข็นสำหรับรองรับเหล็กถลุงจากเครื่องหล่อเหล็กถลุง	–	1
15. รถเข็นสำหรับคาร์บอนเพลสและถ่านหิน	–	2

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

รายการ	ขนาดกำลังม้าต่อหน่วย	จำนวน (หน่วย)
16. เครื่องมือวิเคราะห์แร่ และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	–	(1 ชุด)
17. เครื่องมือม้วนปลอกเหล็กสำหรับใส่การ์บอนเพลส (แผ่นเหล็กหนา 2.2 มิลลิเมตร ยาว 1,600 มิลลิเมตร)	1	1
18. เครื่องมือซ่อมบำรุง		
– เครื่องเชื่อมไฟฟ้าขนาด 300 แอมแปร์	4.56	1
– เครื่องเชื่อม	–	(1 ชุด)
– เครื่องเจียรไนไฟฟ้าขนาดรูหินเจียรไน 20 มิลลิเมตร	0.9	1
– สว่านเจาะรู (แบบธรรมดา แท่นจับชิ้นงาน เลื่อนขึ้นลงได้ ใช้สว่านโตสุด 20 มิลลิเมตร)	1.4	1
19. หม้อแปลงไฟฟ้า 3 Phase 160 K.V.A. 50 Hz Primary Voltage 22 kv Secondary Voltage 220/380 V.	(160 K.V.A.)	1

เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ใช้ในโครงการที่ศึกษานี้ สามารถจัดหามาได้จากโรงงานผลิตภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น รถตัก หม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเตาถลุง รถก และเครื่องชั่งน้ำหนัก สามารถจัดหามาได้จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ

วัตถุดิบและพลังงาน

ก. วัตถุดิบ ในการผลิตเหล็กถลุงโดยมีกำลังผลิตปีละประมาณ 13,200 ตัน จะต้องใช้วัตถุดิบและวัสดุจำเป็นในการผลิต ตามรายละเอียดในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6
ปริมาณวัตถุดิบและวัสดุจำเป็นที่ต้องใช้ในการผลิตเหล็กถลุง 13,200 ตันต่อปี

รายการ	น้ำหนักวัตถุดิบและวัสดุจำเป็น กก.ต่อตันเหล็กถลุง	น้ำหนักวัตถุดิบและวัสดุจำเป็น ตันต่อปี
1. แร่เหล็ก	800	10,560
2. ผงเหล็ก	800	10,560
3. หินปูน	400	5,280
4. ถ่านไม้	500	6,600
5. ทราย	165	217.8
6. ถ่านหิน	40	528
7. คาร์บอนเพลส	10	132
8. ปลอกเหล็กสำหรับใส่คาร์บอนเพลส	(3 เซ็นติเมตรต่อตัน)	(396 เมตร)
9. ออกซิเจน (ใช้ในการเจาะเตา)	(2.13 ลบ.เมตรต่อวัน)	(749.76 ลบ.เมตร)
10. ท่อเหล็กขนาด 3/8 นิ้ว ยาว 6 เมตร (ใช้ในการเจาะเตา)	(30 เส้นต่อวัน)	(10,560 เส้น)

ข. <u>พลังงาน</u> พลังงานที่ใช้ในการผลิตเหล็กถลุง คือ น้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้า ในการใช้รถตักและผสมวัตถุดิบจะใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 25 ลิตรต่อวัน หรือ 8,800 ลิตรต่อปี ส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้านั้นแยกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเตาถลุง
2. พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ ในโรงงาน

1. <u>พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเตาถลุง</u> จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเตาถลุงสามารถคำนวณได้ดังนี้

ต้องการผลผลิตเหล็กถลุง		13,200	ตันต่อปี
ในการผลิตเหล็กถลุง 1 ตัน ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า		2,300	หน่วย
ดังนั้นความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี	=	$\frac{13,200 \times 2,300}{0.9}$	
	=	33,733,333	หน่วย

2. <u>พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ ในโรงงาน</u>

จำนวนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ ในโรงงาน สามารถคำนวณได้ดังนี้

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น		162.05	แรงม้า
เครื่องจักรและอุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการทำงาน		90	เปอร์เซ็นต์
∴ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการใช้	=	$\frac{162.05}{0.9}$	= 180.05 แรงม้า
คิดเป็นกิโลวัตต์ (180.05 x 0.746)	=	134.31	กิโลวัตต์
คิดเวลาใช้งานโดยเฉลี่ยของเครื่องจักรและอุปกรณ์ทุกชิ้น	=	8	ชั่วโมงต่อวัน
∴ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ปี (134.31 x 8)	=	1,074.48	หน่วยต่อวัน
(1,074.48 x 352)	=	378,216.96	หน่วยต่อปี

การขนส่ง

โรงงานตามโครงการที่ศึกษานี้ จะซื้อวัตถุดิบและวัสดุจำเป็นภายในประเทศ นอกจากของบางอย่างซึ่งต้องซื้อจากต่างประเทศโดยซื้อจากบริษัทตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ การขนส่งวัตถุดิบเข้าสู่โรงงานเป็นหน้าที่ของผู้ขาย ส่วนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากโรงงานจะต้องมีรถบรรทุกสำหรับส่งไปให้ผู้ซื้อ ซึ่งได้แก่ตัวแทนจำหน่าย และโรงงานหล่อเหล็กต่าง ๆ ดังนั้นโรงงานจึงจำเป็นต้องมีรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ 2 คัน เพื่อบริการลูกค้าด้านการขนส่งผลิตภัณฑ์ให้ถึงที่ตามที่ลูกค้าต้องการ

แรงงานและการจัดองค์กร

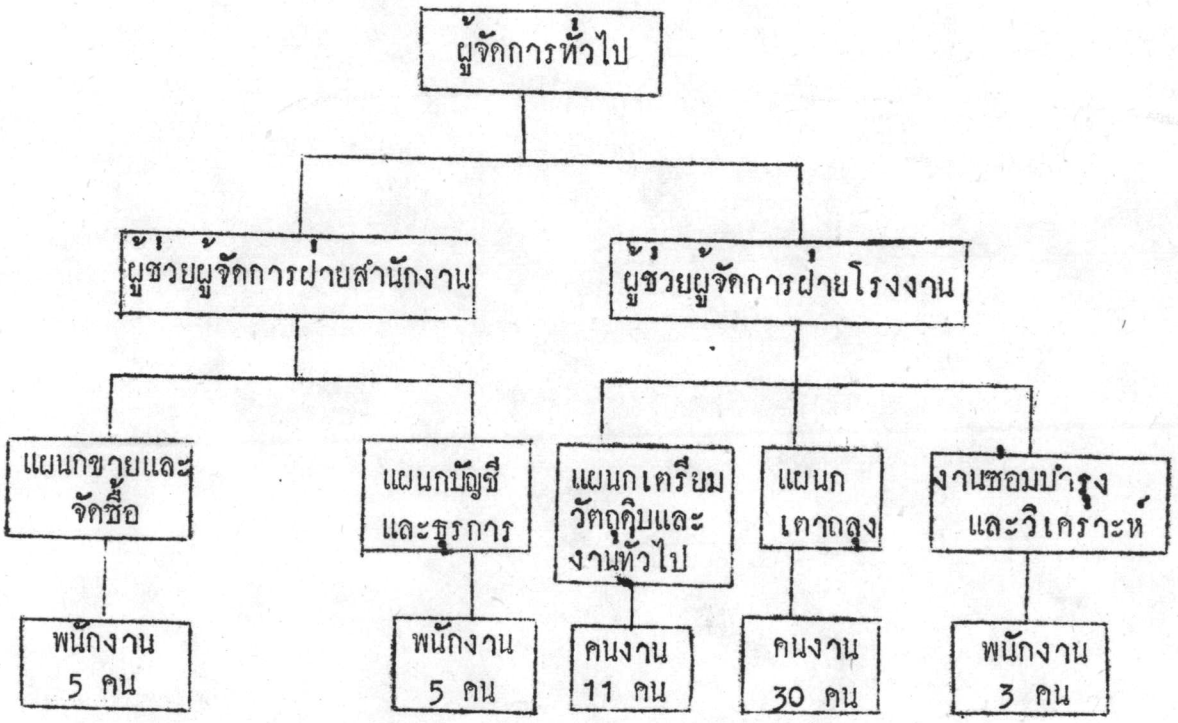
ก. แรงงาน แรงงานที่ใช้ในการดำเนินการตามโครงการรวมทั้งสิ้น 58 คน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. แรงงานที่ใช้ในการผลิต
2. แรงงานที่ใช้ในด้านการบริหารทั่วไป

1. แรงงานที่ใช้ในการผลิต คือแรงงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิต โดยแบ่งออกเป็น 2 พวกคือ แรงงานที่ใช้ในการผลิต ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง จำนวนทั้งสิ้น 16 คน และแรงงานที่ใช้ในการผลิตซึ่งทำงานเป็นกะ กะละ 10 คน วันละ 3 กะ รวม 30 คน ดังนั้นแรงงานที่ใช้ในการผลิตรวมทั้งสิ้นจึงเท่ากับ 46 คน (ตามรายละเอียด หน้าที่ความรับผิดชอบ และจำนวนคนงาน ฝ่ายโรงงานในผนวก ข.7 และรายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะงาน และจำนวนคนงานที่ใช้ในการผลิตในแต่ละแผนกในผนวก ข.8)

2. แรงงานที่ใช้ในด้านการบริหารทั่วไป เป็นแรงงานที่ทำงานประจำอยู่สำนักงาน และทำงานช่วยด้านบริหารทั่วไป ได้แก่ ด้านการตลาด ด้านบัญชี และด้านการดูแลทั่วไป มีจำนวนแรงงานทั้งสิ้น 12 คน (ตามรายละเอียดหน้าที่และความรับผิดชอบของแรงงานด้านบริหารทั่วไป ในผนวก ข.9)

ข. <u>การจัดองค์กร</u> การจัดองค์กร แบ่งเป็นฝ่ายสำนักงาน และฝ่ายโรงงาน ตามรายละเอียดในแผนภาพดังต่อไปนี้



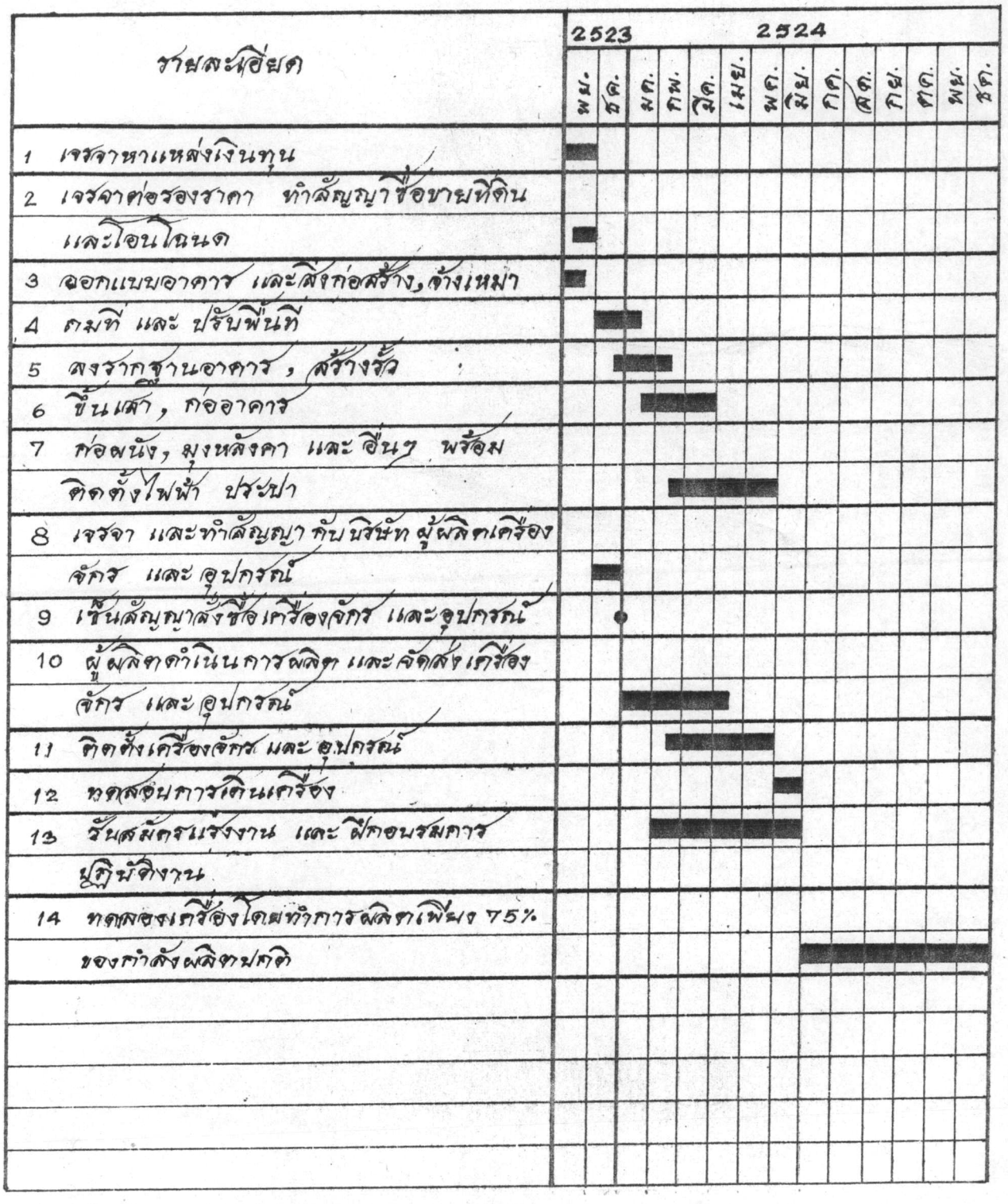
<u>แผนการก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร</u>

การก่อสร้างโรงงานจะใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2523 ถึงเดือนมิถุนายน 2524 ดังนั้นโรงงานตามโครงการที่ศึกษานี้จะเริ่มทำการผลิตได้ในครึ่งหลังของปี พ.ศ. 2524

รายละเอียดการก่อสร้างและดำเนินการตามภาพที่ 3.5.

<u>ปัญหาและความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น</u>

ปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งความไม่สะดวกต่าง ๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในการดำเนินงานด้านวิศวกรรมของโรงงาน ตามโครงการที่ศึกษานี้ สามารถพิจารณาเป็นแต่ละด้านได้ดังนี้



แผนภาพที่ ๓.๕ แผนการก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร

ก. ด้านวัตถุดิบ แร่เหล็กเป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิต จึงต้องให้มีการตรวจสอบคุณภาพ โดยปกติแล้วในแร่เหล็กควรจะมี Fe อยู่ในระดับเฉลี่ยประมาณ 60% จึงจะคุ้มค่าลงทุนในการถลุง เพราะถ้ามี Fe ต่ำมากก็จะทำให้ได้เหล็กถลุงน้อย ในขณะที่ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าคงที่

ข. ด้านพลังงานไฟฟ้า

1. ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า เป็นที่ทราบกันดีว่าในระยะที่ผ่านมาได้เกิดการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากเกิดภาวะฝนแล้งทำให้น้ำเหนือเขื่อนซึ่งใช้ในการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณลดน้อยลง รัฐบาลจึงได้ใช้มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง ซึ่งมาตรการดังกล่าวแม้จะเป็นมาตรการที่ใช้เพียงชั่วคราวก็ตาม แต่ถ้าใช้ในช่วงเวลาที่โรงงานตามโครงการที่ศึกษาได้เริ่มดำเนินการผลิตแล้ว มาตรการดังกล่าวก็จะก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อการผลิตอย่างแน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานตามโครงการที่ศึกษามีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวจะหมดสิ้นไปได้เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้กำหนดโครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยเป็นเชื้อเพลิง โดยจัดทำเป็นโครงการต่อเนื่อง และโรงงานตามโครงการที่ศึกษาก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งดังกล่าวนี้

2. ค่ากระแสไฟฟ้า เนื่องจากกลุ่มประเทศผู้ผลิตน้ำมันเป็นสินค้าออกได้ประกาศขึ้นราคาน้ำมันดิบอยู่ตลอดเวลา เป็นผลทำให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าบางส่วนที่ต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้น รัฐบาลจึงต้องประกาศขึ้นราคาค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตเหล็กถลุงตามโครงการที่ศึกษาสูงขึ้น แต่ปัญหาดังกล่าวก็กำลังได้รับการแก้ไขโดยการหันมาใช้ก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าแทนน้ำมัน ซึ่งจะทำให้ราคาค่ากระแสไฟฟ้าคงที่หรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

ค. ด้านเครื่องจักร อุตสาหกรรมผลิตเหล็กถลุงเป็นอุตสาหกรรมที่มีลักษณะต่อเนื่อง ดังนั้นหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับเตาถลุงซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตมักจะก่อให้เกิดปัญหาและข้อขัดข้องในการผลิตบ่อย ๆ ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถกระทำได้

โดยเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีคุณภาพสูง แม้ว่าจะมีราคาแพงกว่าหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดเดียวกันก็ตาม

จะเห็นได้ว่า ปัญหาและความไม่สะดวกดังกล่าวแล้วข้างต้น หากเกิดขึ้นแล้วก็จะกระทบกระเทือนต่อการดำเนินงานของโรงงานตามโครงการที่ศึกษาบ้าง แต่ก็ไม่มากจนถึงกับเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการดำเนินงานดังกล่าว

<u>สรุป</u>

จากการศึกษาด้านวิศวกรรมซึ่งเป็นการศึกษาทางด้านกายภาพของโรงงาน เช่น การจัดหาและปรับปรุงที่ดิน กรรมวิธีการผลิต เครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต การก่อสร้างอาคารโรงงาน สำนักงาน การจัดหาแรงงานในปริมาณและคุณสมบัติที่ต้องการ ฯลฯ นั้น สรุปได้ว่า โรงงานตามโครงการที่ศึกษาดังกล่าวมีความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรม กล่าวคือ สามารถที่จะดำเนินการผลิตไปได้ด้วยดี และปัญหาต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น หากเกิดขึ้นจริงแล้วก็จะไม่กระทบกระเทือนต่อการดำเนินงานตามโครงการมากนัก