บทที่ 3

การศึกษาด้านวิศวกรรม

การศึกษาด้านวิศวกรรมเป็นการศึกษาถึงลักษณะกายภาพ (Physical Aspect) ของโครงการซึ่งเกี่ยวข้องในด้านการผลิตโดยตรง เช่น การพิจารณาหาที่ตั้งของโรงงาน แผนการก่อสร้างโรงงาน เครื่องจักรอุปกรณ์การผลิตที่ต้องการ พลังงานไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิงที่จำเป็นต้องใช้ในการผลิตตลอดจนรายละเอียดขบวนการผลิตและกำลังผลิตที่ต้องการ

<u>สถานที่ตั้งของโรงงาน</u>

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นหนักการขนส่งเป็นสำคัญ (A Transport Oriented Industry)[13] กล่าวคือการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งวัตถุดิบมายังโรงงานรวมทั้งการขนส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไปยังตลาดนั้นเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในการที่จะทำให้การดำเนินงานของอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นไปด้วยดี ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปของอุตสาหกรรมประเภทนี้มีน้ำหนักมาก ทำให้ความสามารถของยานพาหนะในการขนส่งมีจำกัด ซึ่งทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้ที่ตั้งของโรงงานจึงควรเป็นแหล่งที่ใกล้กับตลาดและแหล่งวัตถุดิบมากที่สุด ซึ่งจะสามารถลดค่าขนส่งได้ ทั้งนี้เพื่อที่จะเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด

จากข้อเท็จจริงดังกล่าวนี้เอง เราจะพบว่าในระยะหลัง ๆ นี้ ที่ตั้งของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าจะตั้งอยู่ติดทะเล[14] เนื่องจากมีข้อได้เปรียบในด้านการขนส่งกล่าวคือ การขนส่งทางทะเลหรือทางน้ำนั้นสามารถขนส่งวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เหล็กสำเร็จรูปได้ครั้งละปริมาณมาก ๆ และเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อหน่วยของวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์เหล็กต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการขนส่งทางบก ซึ่งขนส่งได้ครั้งละปริมาณน้อยและเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อหน่วยของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เหล็กค่อนข้างสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขนส่งด้วยรถยนต์บรรทุก ซึ่งข้อเท็จจริง

ดังกล่าวนี้ได้เป็นที่ทราบและตระหนักกันดีอยู่โดยทั่วไปแล้ว

การพิจารณาเลือกที่ตั้งที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงงานในโครงการนั้นนอกจากจะได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังได้พิจารณาถึงปัจจัยที่ตั้ง(Location Factors) อื่น ๆ ประกอบอีกด้วย โดยได้มีการวางแนวทางพิจารณาออกเป็น 2 ประเด็นดังนี้คือ

1. ปัจจัยที่ตั้งโรงงานอะไรบ้างที่มีความสำคัญต่อการดำเนินงานของอุตสาหกรรมประเภทนี้

จากการพิจารณาโดยอาศัยหลักเกณฑ์ข้อเท็จจริงดังกล่าวข้างต้นประกอบ ปรากฏว่าปัจจัยที่ตั้งที่มีความสำคัญต่อโรงงานอุตสาหกรรมประเภทนี้มีหลายประการด้วยกัน ซึ่งสามารถเรียบเรียงความสำคัญมากน้อยได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การขนส่ง
2. พลังงานที่ใช้ในการผลิต (น้ำมันเชื้อเพลิง ไฟฟ้า)
3. แรงงาน
4. แหล่งน้ำ และการกำจัดน้ำเสีย
5. เขตบริเวณอุตสาหกรรม
6. บริการต่าง ๆ (สถานซ่อมบริการ โรงงานผลิตจำหน่ายชิ้นส่วน ธนาคาร ฯลฯ)
7. แหล่งที่อยู่อาศัย ย่านชุมชน และย่านการค้าใกล้เคียง
8. ดินและลักษณะที่ดิน

2. ที่ตั้งโรงงานที่จะพิจารณาเลือกนี้ มีความสัมพันธ์เหมาะสมสอดคล้องกับปัจจัยที่ตั้งโรงงานดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ได้แบ่งระดับความเหมาะสมของทำเลที่เลือกเป็น 3 ระดับ คือ ดี ปานกลาง และไม่ดี

จากหลักเกณฑ์แนวทางการพิจารณาดังกล่าวนี้ ปรากฏผลว่าทำเลที่เหมาะสมในการจัดตั้งโรงงานนี้ ควรเป็นบริเวณพื้นที่ติดริมแม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณอำเภอพระประแดง จังหวัด

สมุทรปราการ และควรอยู่ติดหรือใกล้กับถนนสุขสวัสดิ์ ซึ่งรายละเอียดการพิจารณาแสดงอยู่ในภาคผนวกที่ ข.1 ซึ่งสรุปผลการพิจารณาปัจจัยที่ตั้งดังต่อไปนี้

1. การขนส่ง	สะดวกดีมาก
2. พลังงานที่ใช้ในการผลิต	สามารถจัดหามาได้สะดวกมาก
3. แรงงาน	มีปัญหาน้อยมาก
4. แหล่งน้ำและการกำจัดน้ำเสีย	ไม่มีปัญหา
5. เขตบริเวณอุตสาหกรรม	อยู่ในบริเวณเขตอุตสาหกรรม
6. บริการต่าง ๆ	การติดต่อทำได้สะดวกมาก
7. แหล่งที่อยู่อาศัย ย่านชุมชน และย่านการค้าใกล้เคียง	ไปมาสะดวกมาก
8. ดินและลักษณะที่ดิน	เหมาะสม

<u>ขบวนการผลิต</u>[15],[16]

การผลิตเหล็กเส้นโดยการรีดจากเศษเหล็กแผ่นมีขบวนการตามขั้นตอนการผลิตแสดงตามแผนภาพที่ 3.1 ดังต่อไปนี้

1. <u>การตัด</u> (Cutting) เนื่องจากเศษเหล็กแผ่นที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีลักษณะเป็นผืนแผ่นขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก จึงต้องนำมาตัดให้ได้ขนาดและน้ำหนักเหมาะสมที่จะผลิตเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ ที่ต้องการต่อไป โดยในขั้นแรกนำเศษเหล็กแผ่นมาตัดโดยใช้แก๊สออกซิเจนให้ได้ขนาดกว้างยาวพอที่จะป้อนเข้าเครื่องตัดย่อยอีกครั้งหนึ่ง เครื่องตัดย่อยจะตัดเศษเหล็กแผ่นเป็นท่อน ๆ ให้ได้ขนาดน้ำหนักท่อนละประมาณ 5.6, 10.0 และ 15.6 กิโลกรัม เพื่อนำมารีดเป็นเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9, 12 และ 15 มิลลิเมตร มีความยาวเส้นละ 10 เมตร ตามลำดับ

2. <u>การเผา</u> (Heating) เศษเหล็กแผ่นที่ตัดได้ขนาดแล้วจะถูกนำมาเผาในเตาเผาซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง และมีอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3. <u>การรีด</u>(Rolling) เศษเหล็กแผ่นที่ถูกเผาจนร้อนจัดจะถูกนำมาผ่านเครื่องรีดรวม 7 เครื่องด้วยกัน เพื่อให้ได้เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการ การที่เศษเหล็กแผ่นผ่านเครื่องรีด แต่ละเครื่องจะทำให้พื้นที่ภาคตัดขวางของเศษเหล็กแผ่นลดลงดังต่อไปนี้

ผ่านเครื่องรีดที่	1	พื้นที่ภาคตัดขวางของเศษเหล็กแผ่นที่ตัดแล้ว			ลดลง	30 %
"	"	2	"	"	ที่ผ่านเครื่องรีดที่	1	"	25 %
"	"	3	"	"	"	2	"	25 %
"	"	4	"	"	"	3	"	20 %
"	"	5	"	"	"	4	"	15 %
"	"	6	"	"	"	5	"	15 %
"	"	7	"	"	"	6	"	10 %

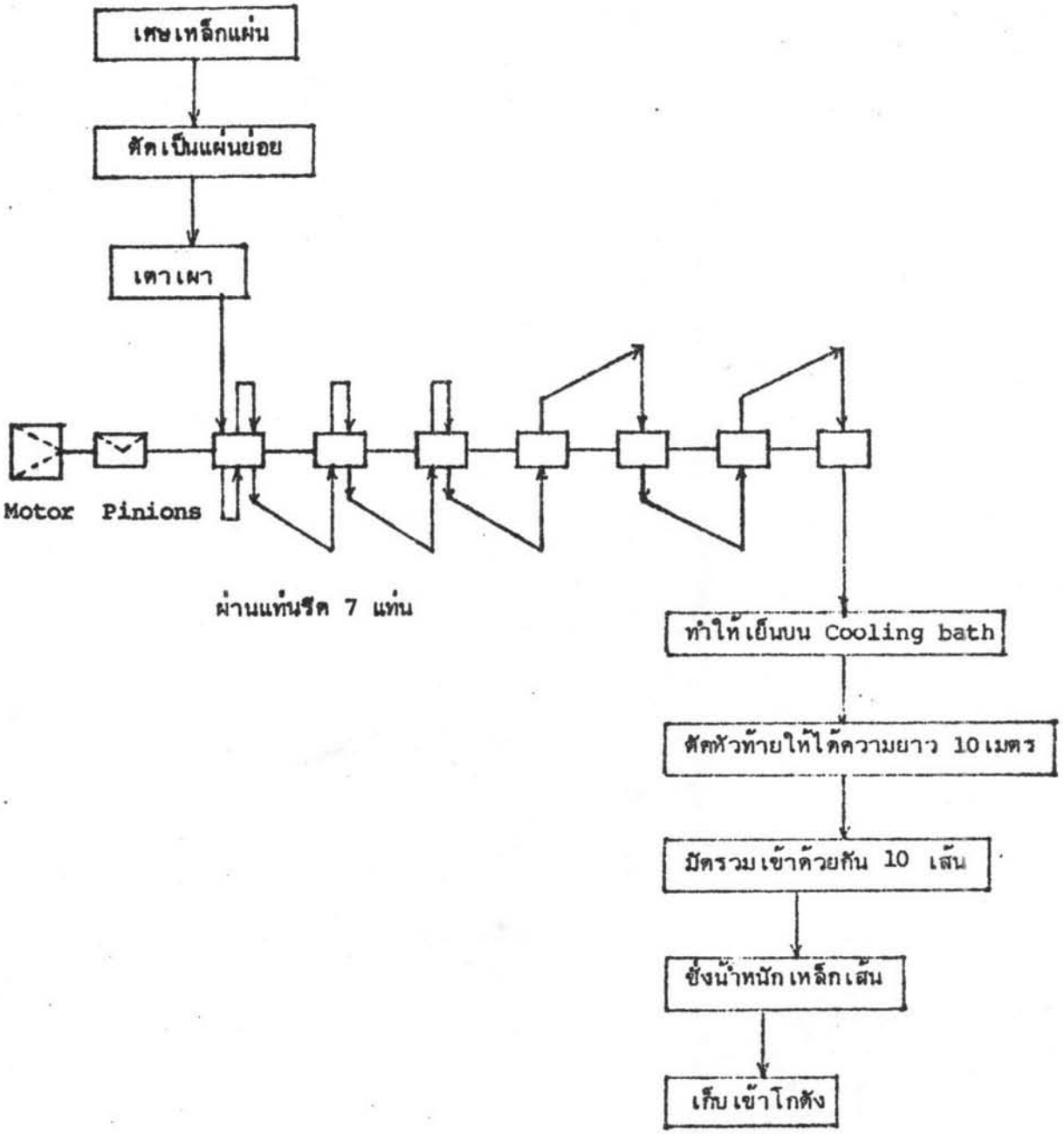
ในการรีดเหล็กเส้นให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ กันนั้น ทำได้โดยการจัดร่องของลูกกลิ้งของแท่นรีดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

4. <u>การแต่งสำเร็จ</u> เหล็กเส้นที่ได้จากเครื่องรีดเครื่องสุดท้ายจะถูกทิ้งให้เย็นในบรรยากาศโดยใช้ความเย็นจากพัดลมช่วย หลังจากนั้นเหล็กเส้นจะถูกนำไปตัดหัวท้ายให้ได้ความยาวขนาด 10 เมตร นำเหล็กเส้นที่ตัดหัวท้ายแล้วมัดเข้าด้วยกันโดยแยกตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ชั่งน้ำหนักเหล็กเส้น และเก็บไว้รอการจำหน่ายต่อไป

สำหรับเศษเหล็กเส้นที่เกิดจากการตัดหัวท้ายให้ได้ความยาวที่ต้องการนั้นมีน้อยมาก ซึ่งจะถูกรวบรวมจำหน่ายให้แก่โรงงานหลอมเหล็กนำไปหลอมต่อไป โดยขายในราคากิโลกรัมละ 1.70 บาท

อนึ่ง ในการผลิตเหล็กเส้นนี้ น้ำหนักของเศษเหล็กแผ่นที่เรานำเข้ามารีด (INPUT) จะสูญเสียไป 10 % ดังนั้นน้ำหนักของเหล็กเส้นก่อนการแต่งสำเร็จเปรียบเทียบกับน้ำหนักและความยาวของเหล็กเส้นหลังการแต่งสำเร็จจะเป็นดังนี้

แผนภาพที่ 3.1 : แผนผังขบวนการผลิตเหล็กเส้น



ตารางที่ 3.1
เปรียบเทียบน้ำหนักของเหล็กเส้นก่อนและหลังการแต่งสำเร็จ

เศษเหล็กแผ่น (ก.ก.)	เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเหล็กเส้น (ม.ม)	กิโลกรัม	ความยาว (เมตร)	ก.ก.เฉลี่ยต่อเมตร (17) (ของเหล็กเส้น)
5.60	9	5.04	10.084	0.4998
10.00	12	9.00	10.129	0.8885
15.60	15	14.04	10.114	1.3882

หมายเหตุ[17] ใช้สูตร น้ำหนักเหล็กเส้นที่ทำด้วยเหล็กกล้าละมุน (mild steel) ต่อความยาว 1 เมตร = 0.617 D^2 กิโลกรัมโดยที่ D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหน่วยเป็นเซนติเมตร

จากตารางดังกล่าวข้างบนนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อนำเหล็กเส้นมาตัดแต่งสำเร็จให้ได้ขนาด 10 เมตร แล้ว น้ำหนักของเหล็กเส้นซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางแต่ละขนาดและน้ำหนักของเศษเหล็กที่เหลือจากการแต่งสำเร็จจะเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.2
น้ำหนักของเหล็กเส้นแต่งสำเร็จขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ และของเศษเหล็กจากการผลิต

น้ำหนักเศษเหล็กแผ่น (กิโลกรัม)	ขนาดเหล็กเส้นยาว 10 เมตร		เศษเหล็กที่ได้ (กิโลกรัม)
	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	
5.60	9	4.998	0.042
10.00	12	8.885	0.115
15.60	15	13.882	0.158

กำลังการผลิต

กำลังการผลิตที่เหมาะสมในการดำเนินการตามโครงการนี้เท่ากับ 12,000 ตันต่อปี (ดูรายละเอียดการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตในขนาดกำลังการผลิตต่าง ๆ กันในบทถัดไป) โดยจะผลิตเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ พร้อมทั้งมีผลพลอยได้คือเศษเหล็กที่ได้จากการตบแต่งสำเร็จผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นดังต่อไปนี้

เหล็กเส้น		เศษเหล็ก (ตันต่อปี)
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ตันต่อปี	
9	4,800	40.4
12	3,600	46.6
15	3,600	41.0
รวม	12,000	128.0

ทั้งนี้ได้สมมติว่าในปีแรกของการดำเนินงานจะผลิตเพียงร้อยละ 75 ของกำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

ที่ดิน อาคารโรงงานและเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิตต่าง ๆ

ในการผลิตตามขนาดกำลังผลิตที่ระบุไว้ในโครงการนี้ จำเป็นต้องใช้ที่ดิน อาคารโรงงานและเครื่องจักรอุปกรณ์ต่าง ๆ และอื่น ๆ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ที่ดินและการปรับปรุงที่ดิน

ในการผลิตตามขนาดการผลิตดังที่กล่าวมาแล้วนั้นคาดว่าจะต้องใช้บริเวณที่ดินประมาณ 4 ไร่ ด้วยกัน โดยจะแบ่งเนื้อที่บริเวณดังกล่าวไว้ใช้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. อาคารสำนักงาน
2. อาคารโรงตัดเหล็ก
3. อาคารโรงอบและรีด
4. บริเวณที่เก็บวัตถุดิบ
5. ที่จอดรถและถนนภายในบริเวณ

แผนผังบริเวณโรงงานตามแผนภาพที่ 3.2 แสดงรายละเอียดการวางผังโรงงานโดยสังเขป

เพื่อเป็นการปรับปรุงพื้นที่ดินในบริเวณที่จะตั้งโรงงานให้อยู่ในระดับเดียวกับถนนและสภาพที่เหมาะสมในการจัดสร้างโรงงาน จึงมีการถมดินและทรายอัดแน่นสูงจากพื้นที่เดิมประมาณ 1 เมตร

2. สิ่งก่อสร้าง (ที่มิใช่อาคารโรงงานและสำนักงาน) สิ่งก่อสร้างในบริเวณโรงงานมีดังต่อไปนี้

1. รั้วคอนกรีตบล็อคล้อมรอบบริเวณโรงงาน ทั้งนี้จะทำการก่อสร้างขนาดสูงจากพื้นดิน 2.5 เมตร พร้อมทั้งคานบน-ล่าง ความยาวทั้งสิ้น 322 เมตร

2. ถนนคอนกรีตเสริมอัดแน่นขนาดความกว้าง 6 เมตร ความยาวในบริเวณโรงงานที่ต้องการ 244 เมตร

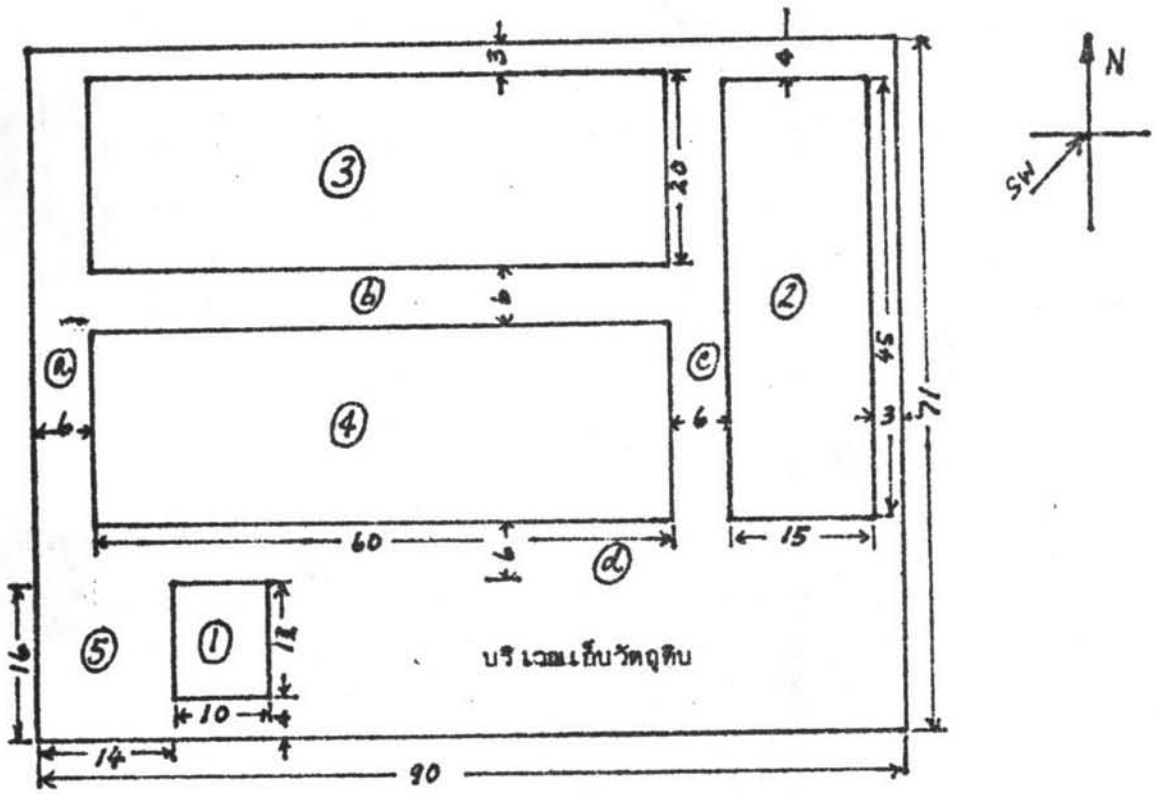
3. ที่จอดรถเสริมคอนกรีตอัดแน่นมีเนื้อที่ทั้งสิ้น 224 ตารางเมตร

4. บ่อน้ำบาดาลโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อบาดาลเท่ากับ 6 นิ้ว พร้อมทั้งมีที่เก็บน้ำ ลักษณะเป็นถังเหล็กจุน้ำได้ 18 ลูกบาศก์เมตร ถังน้ำตั้งอยู่บนที่เก็บสูงจากพื้นดิน 12 เมตร

5. บริเวณที่เก็บวัตถุดิบ เป็นบริเวณที่ดินและสร้างเสาพร้อมคานสำหรับรอกยกวัตถุดิบ

3. อาคารโรงงาน อาคารโรงงานประกอบด้วย อาคารโรงตัดและอาคารโรงอบรีด มีลักษณะเป็นอาคารโครงเหล็กพื้นคอนกรีตอัดแน่นเปิดตลอด 4 ด้าน ลักษณะของอาคารโรงงานปรากฏในแผนภาพที่ 3.3 ซึ่งแสดงภาพร่างตัวอาคารโรงงาน สำหรับจำนวนโรงงานและขนาดความ

I15251706.



แผนภาพที่ 3.2 : แผนผังบริเวณโรงงาน

1 อาคารสำนักงาน

2 อาคารโรงตัด

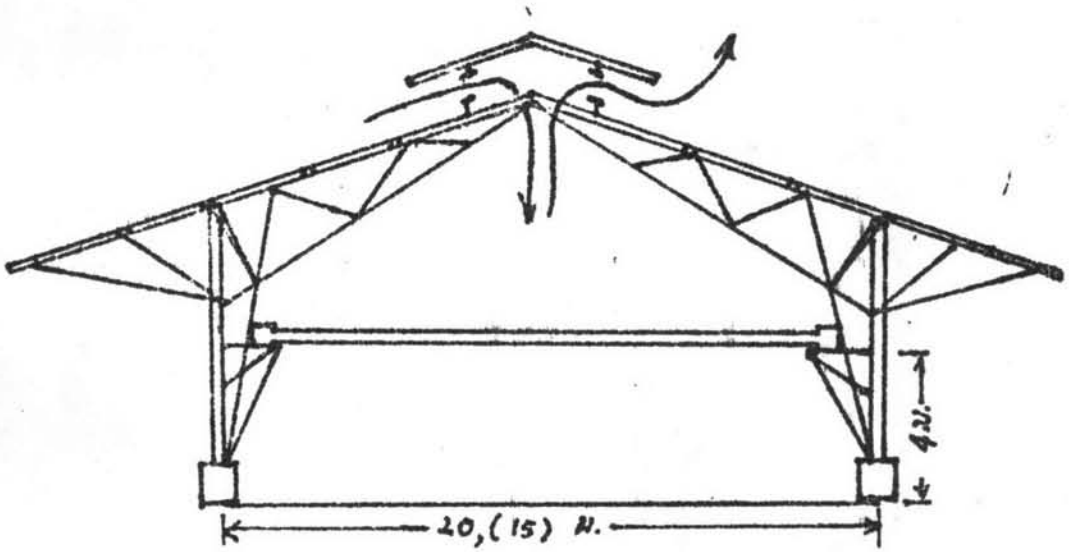
3, 4 อาคารโรงอบ , รีด

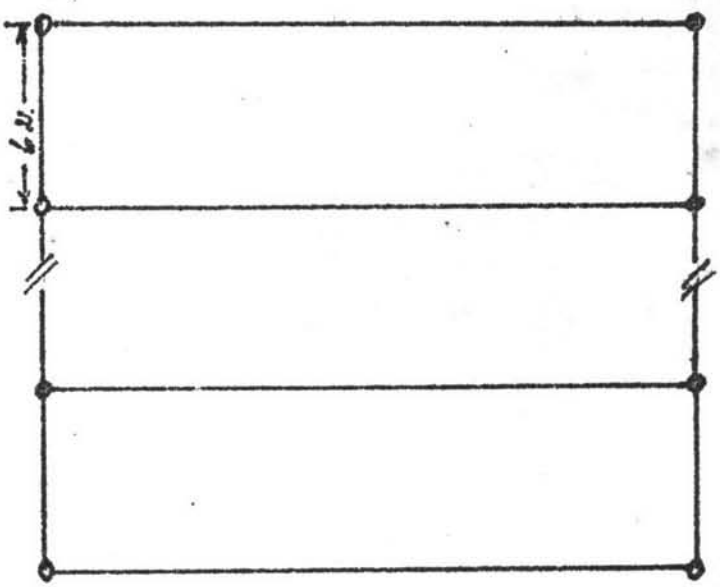
5 ลานจอดรถ ขนาด 14 ม. x 16 ม.

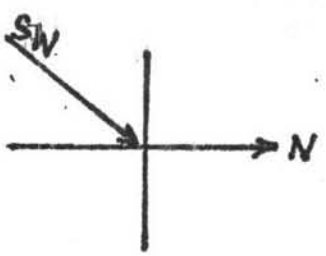
a b c d ถนนคอนกรีต ขนาด 49 x 6 $ม^2$, 60 x 6 $ม^2$, 48 x 6 $ม^2$ และ 87 x 6 $ม^2$

อัตราส่วน 20 เมตร : 1 นิ้ว

แผนภาพที่ 3.3 ภาพร่างตัวอาคารโรงตัดและโรงอบ,รีด
แสดงให้เห็นทิศทางลมด้านตะวันตกเฉียงใต้







กว้างยาว มีดังต่อไปนี้

1. อาคารโรงตัด ขนาด 15 × 45 ตารางเมตร มีจำนวน 1 โรง เพดานมีราง I - beamเคลื่อนที่ได้ตลอดความยาว 45 เมตร และรอกเคลื่อนที่บน I-beam ดังนั้นรอกจะยกวัสดุที่ต้องการในอาคารโรงตัดได้ตลอดพื้นที่

2. อาคารโรงอบรีด ขนาด 20 × 60 ตารางเมตร มีจำนวน 2 โรง เพดานมีราง I - beam เคลื่อนที่ได้ตลอดความยาว 30 เมตร และรอกเคลื่อนที่บน I - beam ดังนั้นรอกจะยกเหล็กเส้นในบริเวณที่ใช้ตัดหัวท้ายเหล็กเส้น บริเวณดัดเข้ามัดเหล็กเส้น และยกขึ้นรถยกเพื่อส่งขึ้นรถบรรทุกต่อไป

4. <u>อาคารสำนักงาน</u> อาคารสำนักงานแยกเป็นสัดส่วนต่างหากจากอาคารโรงงานโดยมีลักษณะเป็นอาคารตึก 2 ชั้น ขนาด 10 × 12 ตารางเมตร

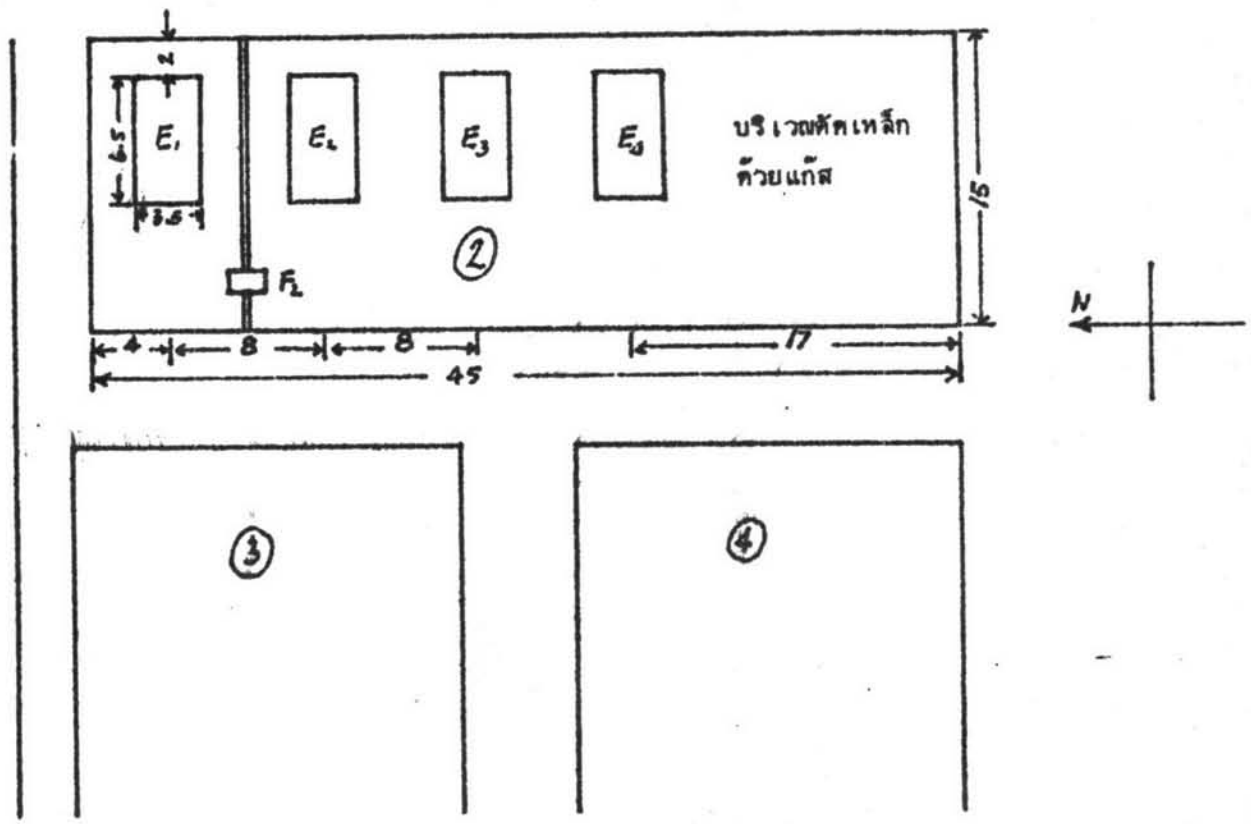
5. <u>ผังโรงงาน</u> ผังโรงงานแบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังนี้คือ

1. ผังโรงตัดเหล็ก (แผนภาพที่ 3.4) ซึ่งประกอบด้วย

ก. บริเวณสำหรับกรรไกรตัดแผ่นเหล็กจำนวน 4 ตัว
ข. บริเวณสำหรับตัดเหล็กด้วยแก๊ส

2. ผังโรงอบและรีดเหล็ก (แผนภาพที่ 3.5) ซึ่งประกอบด้วย

ก. บริเวณที่ตั้งเตาอบ
ข. บริเวณที่ตั้งแท่นรีด
ค. บริเวณที่ตั้งเครื่องตัดเหล็กเส้นหัวท้าย
ง. บริเวณที่ตั้งเครื่องดัดเหล็กเส้น



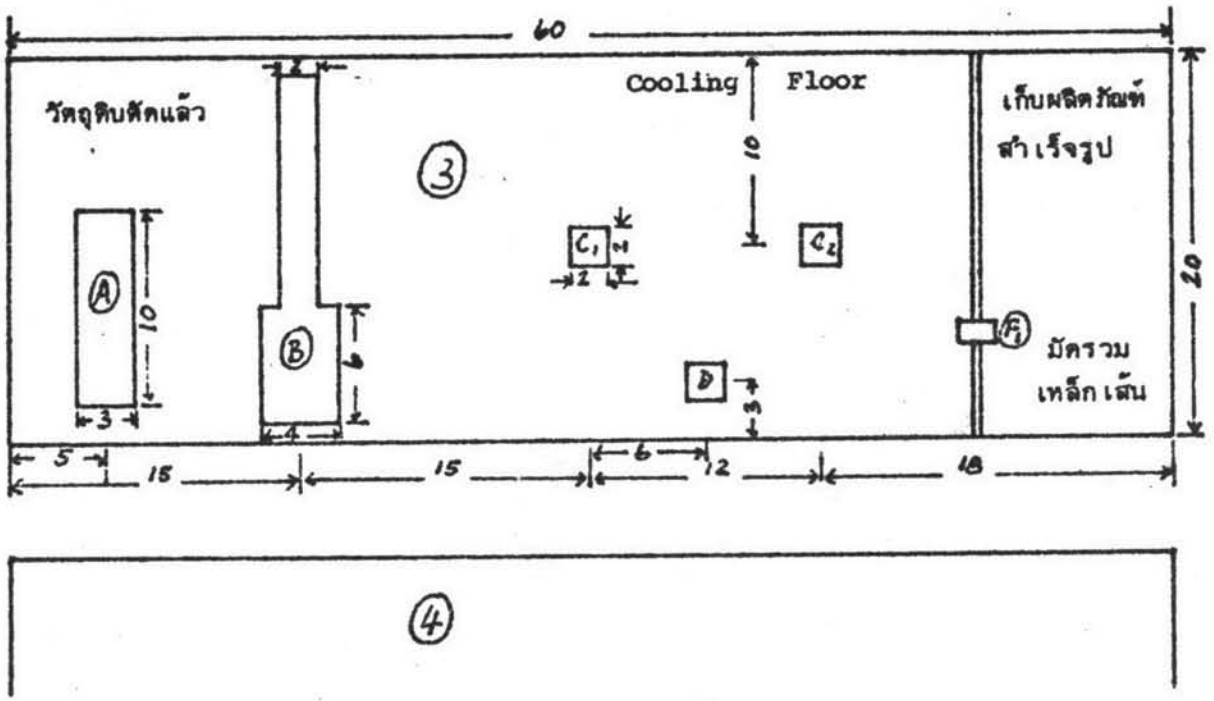
แผนภาพที่ 3.4 : แผนผังบริเวณโรงตัด

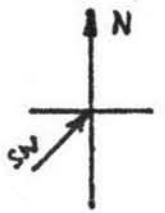
E = กรรไกรตัดแผ่นเหล็ก

F = รอก เคลื่อนที่ตลอดความกว้างของโรงงาน
I-beam เคลื่อนที่ได้ตลอดความยาวของโรงงาน

อัตราส่วน 10 เมตร : 1 นิ้ว

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภาพที่ 3.5 : แผนผังบริเวณโรงอบและรีดเหล็ก

A = เตาอบ B = แท่นรีด 1 ชุด

C = เครื่องตัดเหล็กเส้นหัวท้าย D = เครื่องตัดเหล็กเส้น

F = รอกเคลื่อนที่คลอดความกว้างของโรงงาน

I-beam เคลื่อนที่ได้ 30 เมตร

อัตราส่วน 10 เมตร : 1 นิ้ว

6. <u>เครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต</u> เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่ใช้ประกอบด้วย

ก. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดเหล็ก
ข. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบและรีดเหล็ก
ค. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการอื่น ๆ

และในการผลิตให้ได้ตามโครงการนั้น เราอาจจะคำนวณหาจำนวนเครื่องจักรที่ต้องการใช้ได้ โดยในที่นี้จะคำนวณหาเครื่องจักรสำคัญที่ใช้ประจำตลอดเวลาเท่านั้น ซึ่งได้แก่

1. กรรไกรตัดเหล็ก
2. เตาอบเหล็ก
3. แท่นรีด

1. <u>กรรไกรตัดเหล็ก</u>

แผ่นเหล็กที่นำเข้าจากต่างประเทศนั้น ถ้าเป็นแผ่นใหญ่จะถูกนำมาตัดให้เล็กลงด้วยแก๊สออกซิเจนก่อน หลังจากนั้นจะนำเข้าเครื่องตัดเป็นชิ้นย่อยอีกครั้งหนึ่ง

ต้องการผลผลิต 12,000 ตัน/ปี , 40 ตัน/วัน ,	40,000	กก./วัน
ในขบวนการรีดเหล็ก น้ำหนักสูญไป 10 % ∴น้ำหนักที่ตัด	44,444	กก./วัน
(แผ่นเหล็กหนักเฉลี่ยประมาณท่อนละ 10 กก.)	4,450	ท่อน/วัน
กำลังผลิตของกรรไกรตัดเหล็ก	60	ท่อน/ชม.
ทำงานวันละ	24	ชม.
ให้กรรไกรตัดเหล็กมีประสิทธิภาพ	90	%

จำนวนเครื่องจักรที่ต้องการ (18) $= \frac{\text{กำลังผลิตที่ต้องการ}}{\text{กำลังผลิตของเครื่องจักร}}$

∴ จำนวนกรรไกรตัดเหล็กที่ต้องการ $= \frac{4,450}{24} \div 60 \times 0.9$

$= 3.43$

$= 4$ หน่วย

2. เตาอบเหล็ก

หลังจากแผ่นเหล็กถูกตัดให้เป็นชิ้นเล็กแล้ว จะถูกนำเข้าเตาอบซึ่งมีกำลังผลิต 40 ตัน ต่อ 24 ชั่วโมง ให้เตามีประสิทธิภาพ 90 % ในขบวนการรีดเหล็กเพื่อให้ได้ผลผลิต 12,000 ตัน/ปี มีน้ำหนักเหล็กที่สูญหายไป 10 %

ดังนั้นเตาอบเหล็กทำการอบเหล็กทั้งหมด $\frac{12,000}{0.9 \times 0.9}$ = 14,814 ตัน/ปี

หรือ = 15,000 ตัน/ปี

คิดเป็นวัน (ทำงาน 300 วัน/ปี) = 50 ตัน/วัน

จากกำลังผลิตของเตา 1 เตา 40 ตัน ต่อ 24 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าถ้าให้เตาทำงานตลอด 24 ชั่วโมง กำลังผลิตก็ยังไม่ได้ตามที่ต้องการคือ 50 ตัน/วัน

ดังนั้นจำนวนเตาที่ต้องการจะเป็น 2 เตา

$\therefore$ จำนวนชั่วโมงทำงานของเตา = $\frac{\text{ผลผลิตที่ต้องการ}}{\text{จำนวนเตา}} \div \frac{\text{กำลังผลิตของเตา}}{\text{ชั่วโมง}}$

$= \frac{50}{2} \div \frac{40}{24}$

= 15 ชั่วโมง

ดังนั้นจำนวนเตาอบเหล็กที่ต้องการเท่ากับ 2 หน่วย

โดยเตาทั้งสองทำงานวันละ 15 ชั่วโมง

3. แท่นรีด

การคำนวณเหมือนกับคำนวณหาจำนวนเตาอบ เพราะกำลังผลิต 40 ตัน/24 ชั่วโมงเท่ากัน

∴ จำนวนแท่นรีดที่ต้องการ เท่ากับ 2 ชุด
แท่นรีดทั้งสองทำงานวันละ 15 ชั่วโมง

สำหรับประเภทและข้อจำกัดเฉพาะของเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิตตามข้อ ก, ข, และ ก แสดงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3
ประเภทและชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต

รายการ	ขนาดกำลังแรงม้าต่อหน่วย	จำนวน (หน่วย)
ก. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดเหล็ก		
1. กรรไกรตัดเหล็ก (สามารถตัดเหล็กที่มีความหนาได้ถึง $2\frac{1}{2}$ นิ้ว)	50	4
2. รอก (Span 15 เมตร สูง 4 เมตร) ความสามารถในการยก 2 ตัน	2	1
3. เครื่องตัดเหล็กด้วยแก๊ส	1	2
ข. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงอบและรีดเหล็ก		
1. แท่นรีด 7 แท่น พร้อมอุปกรณ์ประกอบด้วยลูกกลิ้ง (roller) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว รวม 21 ลูก และมีกำลังผลิต 40 ตัน ต่อ 24 ชั่วโมง	600	2
2. เตาอบเหล็กพร้อมด้วยอุปกรณ์ส่งเหล็กเข้าเตา กำลังผลิต 40 ตัน ต่อ 24 ชั่วโมง	15	2
3. กรรไกรตัดเหล็กหัวท้าย	5	4
4. เครื่องตัดเหล็กเส้น	5	2

ตารางที่ 3.3 : ประเภทและชนิดของเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต

รายการ	ขนาดกำลังแรงม้าต่อหน่วย	จำนวน (หน่วย)
5. ถังเก็บน้ำมัน	(จุ 12,000ลิตร)	2
6. รอก (span 20 เมตร สูง 4 เมตร) ความสามารถในการยก 3 ตัน	5	2
ค. เครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น ๆ		
1. เครื่องไส	5	1
2. เครื่องกลึงขนาด 600 Rpm	5	2
3. รอก (span 20 เมตร สูง 4 เมตร) ความสามารถในการยก 5 ตัน	5	1
4. หม้อแปลงพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง	(2000 KVA)	1
5. รถยก (Fork lift) ความสามารถในการยก 3 ตัน		2
6. อื่น ๆ (เครื่องสูบน้ำ พัดลม เครื่องชั่งน้ำหนัก ฯลฯ)	30	

เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตดังกล่าวแล้ว สามารถจัดหามาได้จากโรงงานผลิตในประเทศ เป็นส่วนใหญ่ สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่น เช่น รถยก เครื่องชั่งน้ำหนักเหล็กเส้น สามารถหามาได้จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศ

7. <u>น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังไฟฟ้า</u> น้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้ในการผลิต มีรายละเอียดดังนี้

ก. <u>น้ำมันเชื้อเพลิง</u> น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเตาอบเหล็ก คือน้ำมันเตา เตาที่ใช้มีกำลังผลิต 40 ตัน/24 ชั่วโมง

ให้เตามีประสิทธิภาพ 90 %
เนื่องจากในขบวนการรีดเหล็กน้ำหนักเหล็กสูญหายไป 10 %

∴ ต้องการผลิตเหล็กเส้นทั้งหมด 12,000 ตันต่อปี

เตาอบเหล็กต้องอบเหล็ก $\frac{12,000}{0.9 \times 0.9}$ = 14,814 "

หรือ = 15,000 "

เตาอบ 2 เตา มีกำลังผลิตรวม = 80 ตัน/ 24 ชั่วโมง

ทำการอบวันละ 15 ชม. $(\frac{80 \times 15 \times 300}{24})$ = 15,000 ตันต่อปี

ดังนั้น น้ำมันเตาที่ใช้ใน 15 ชม. เตาอบ 2 เตา = 60 x 15 x 2 ลิตร/วัน

(ใช้น้ำมันเตา 1 ชม. ต่อ 60 ลิตร/เตา)

= 1800 ลิตร/วัน

ข. ไฟฟ้า

อุปกรณ์เครื่องจักรที่ติดตั้งต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 1525 แรงม้า

ให้อุปกรณ์เครื่องจักรทั้งหมดมีประสิทธิภาพ 90 %

พลังงานไฟฟ้าที่ออกจากเครื่อง (output) = 1525 แรงม้า

พลังงานไฟฟ้าที่เข้าเครื่อง (input) $\frac{(1525)}{0.9}$ = 1694 "

คิดเป็นกิโลวัตต์ (1694 x 0.746) = 1264 กิโลวัตต์

ให้เวลาใช้ งานเฉลี่ยทุกอุปกรณ์ = 15 ชั่วโมง/วัน

∴ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (1264 x 15) = 18,960 หน่วย/วัน

(18,960 x 25) = 474,000 หน่วย/เดือน

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่เหล็กแผ่นที่มีคุณภาพดี แต่เนื่องจากไม่ได้ขนาดตามที่โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์จากเหล็กแผ่นต้องการ จึงถูกนำมาจำหน่ายในรูปเศษเหล็ก หรือที่เรียกกันว่า Cobble Plate

เศษเหล็กแผ่นดังกล่าวนี้สามารถนำมารีดซ้ำเป็นเหล็กเส้นได้ โดยก่อนที่จะมีการสั่งซื้อ จะตรวจดูสภาพและลักษณะ ว่ามีคุณสมบัติดีพอที่หลังจากนำมารีดเป็นเหล็กเส้นแล้ว จะได้คุณภาพสอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ทางราชการกำหนดไว้

แหล่งเศษเหล็กนำเข้าที่สำคัญได้แก่สหรัฐอเมริกา และยุโรปรวมทั้งประเทศญี่ปุ่น

การใช้วัตถุดิบในการผลิตในแต่ละปี มีปริมาณดังต่อไปนี้

1. <u>ในปีแรกของการผลิต</u> ซึ่งกำหนดให้ผลิตเพียงร้อยละ 75 ของกำลังผลิตทั้งสิ้นนั้น จะต้องใช้วัตถุดิบในปริมาณดังต่อไปนี้

ผลิตเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	9	มิลลิเมตร	ปริมาณ	3,600	ตัน.	จะใช้เศษเหล็ก	4,033.61	ตัน
"	"	12	"	"	2,700	"	"	3,038.63	"
"	"	15	"	"	2,700	"	"	3,034.14	"
						รวม	10,106.58	"
						หรือ	10,107.00	"

2. <u>ในปีต่อ ๆ ไปของการผลิต</u> ซึ่งผลิตเต็มกำลังผลิต จะต้องใช้วัตถุดิบในปริมาณดังต่อไปนี้

ผลิตเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	9	มิลลิเมตร	4,800	ตัน	จะใช้เศษเหล็ก		5,378.15	ตัน
"	"	12	"	3,600	"	"		4,051.50	"
"	"	15	"	3,600	"	"		4,045.52	"
						รวม		13,475.17	"
						หรือ		13,475.00	"

<u>การขนส่ง</u>

ในการขนส่งนี้แบ่งออกได้เป็นการขนส่งวัตถุดิบจากท่าเรือมายังที่ตั้งโรงงาน และการขนส่งเหล็กเส้นไปจำหน่ายในตลาด ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. การขนส่งวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบถูกนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น จากบริเวณที่ตั้งโรงงานซึ่งได้เลือกสรรแล้วว่าอยู่ติดริมแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นการขนส่งวัตถุดิบจากท่าเรือกรุงเทพมายังโรงงานจึงกระทำได้สะดวกโดยการใช้เรือฉลอมบรรทุกมาซึ่งในแต่ละคราวบรรทุกได้ 250 – 300 ตัน ทั้งนี้โดยเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งตันละ 30 บาท

2. การขนส่งเหล็กเส้นไปสู่ตลาด โรงงานในโครงการจะจำหน่ายเหล็กเส้นให้แก่พ่อค้าขายส่ง และจำหน่ายปลีก ด้วยในขณะเดียวกันหากมีการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการขนส่งเหล็กเส้นไปยังลูกค้าจะใช้รถบรรทุกกะบะขนาด 6 ล้อ จำนวน 2 คัน ด้วยกัน

แรงงานและการจัดองค์กร

1. แรงงาน

แรงงานที่ใช้ในการดำเนินการตามโครงการ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้ในการผลิตโดยตรง และประเภทในด้านการบริหารทั่วไป

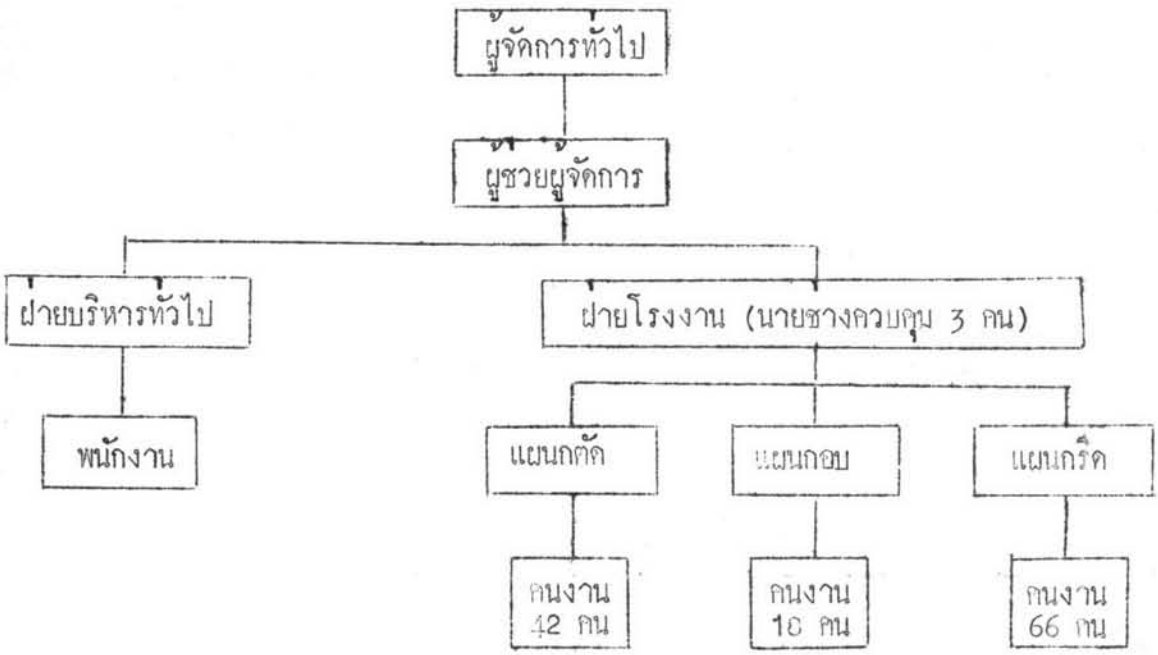
ก. แรงงานในการผลิต แรงงานในการผลิตหรือแรงงานที่ปฏิบัติเกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิต แบ่งเป็น 3 กะด้วยกันในแต่ละวัน ในแต่ละกะมีจำนวนแรงงาน 54 คน ดังนั้นแรงงานรวมในการผลิต 3 กะ เท่ากับ 162 คน (ดูรายละเอียดชนิดประเภทและจำนวนแรงงานในภาคผนวกที่ ข.2 และรายละเอียดหน้าที่การทำงานของแรงงานระดับคนงานที่ใช้ในการผลิตแต่ละกะในภาคผนวกที่ ข.3)

ข. แรงงานในด้านบริหารทั่วไป แรงงานในด้านบริหารทั่วไปในการผลิต การจำหน่ายและอื่น ๆ มีจำนวนทั้งสิ้น 10 คน (ดูรายละเอียดหน้าที่ความรับผิดชอบ ตลอดจนจำนวนคนงานในแต่ละประเภทในภาคผนวกที่ ข.4)

ดังนั้นจำนวนคนงานทั้งสิ้นที่จะต้องใช้ในการดำเนินงาน 172 คน

2. <u>การจัดองค์กร</u>

การจัดองค์กรแบ่งเป็นฝ่ายบริหารทั่วไป และฝ่ายโรงงาน ดังรายละเอียดในแผนภาพต่อไปนี้



<u>แผนการก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร</u>

การก่อสร้างโรงงาน จะใช้ระยะเวลาประมาณ 8 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง ธันวาคม 2521 ดังนั้นในปี 2522 โรงงานในโครงการจะเริ่มดำเนินการผลิตได้

รายละเอียดการก่อสร้าง และดำเนินการดูได้จากแผนภาพที่ 3.6 (gantt chart)

<u>ปัญหาและความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น</u>

ปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งความไม่สะดวกที่อาจจะเกิดขึ้นในการดำเนินงานด้านวิศวกรรมของโรงงานในโครงการ อาจจะพิจารณาดังนี้

แผนภาพที่ 3.6 : แผนการก่อสร้างโรงงานและติดตั้งเครื่องจักร

รายการ	พ.ศ. 2521							
	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
การตระเตรียมที่ดินและจัดตั้งโรงงาน								
1) ถมที่								
2) ลงฐาน								
3) เทคานคอดิน								
4) ขึ้นเสา, คานหลังคา								
5) ก่อผนัง, มุงหลังคาและอื่น ๆ พร้อมทั้งติดตั้งไฟฟ้า, ประปา								
การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องจักร								
1) สั่งเครื่องจักรและอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ								
2) ติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องจักร								

หมายเหตุ การลองเครื่องรวมอยู่ในปีแรกของการผลิตแล้ว

1. ด้านวัตถุดิบ

ก. คุณภาพ เนื่องจากวัตถุดิบหรือเศษเหล็กที่เป็น Cobble Plate นั้นต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งสิ้น ดังนั้นในการสั่งซื้อวัตถุดิบแต่ละครั้งจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างใกล้ชิด หรือมีการรับรองคุณภาพเพื่อที่เมื่อนำมาผลิตแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ทางราชการกำหนดไว้

ข. ความสม่ำเสมอในการได้รับวัตถุดิบ การที่โรงงานในโครงการต้องพึ่งวัตถุดิบจากต่างประเทศนั้น อาจทำให้เกิดปัญหาความไม่แน่นอนและความไม่สม่ำเสมอในการได้รับวัตถุดิบจากต่างประเทศให้ได้ชนิดประเภทและคุณภาพ รวมทั้งปริมาณที่ต้องการก็ได้ ทั้งนี้ปริมาณความต้องการ (Demand) และการเสนอขาย (Supply) ของเศษเหล็กไม่แน่นอน ซึ่งอาจมีผลกระทบกระเทือนถึงแผนการผลิตของโรงงานในโครงการก็เป็นได้ หากมิได้ตระเตรียมการไว้เพียงพอ เช่นปริมาณความต้องการในตลาดโลกมีมาก แต่ตรงกันข้ามการเสนอขายกลับน้อยลง ดังนั้นนอกจากอาจจะทำให้ไม่สามารถได้รับวัตถุดิบในปริมาณและคุณภาพที่ต้องการแล้ว ยังทำให้ราคาขายสูงกว่าเดิมอีกด้วย ดังนั้นในเรื่องนี้ การวางแผนการผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งเพราะจะทำให้การแก้ไขปัญหาดังกล่าวเป็นไปได้ด้วยดี

ค. ความยืดหยุ่นในการผลิต เมื่อวัตถุดิบทั้งหมดต้องนำเข้าจากต่างประเทศแล้ว การที่จะได้รับวัตถุดิบในปริมาณที่ต้องการ และสอดคล้องกับภาวะการตลาดเหล็กเส้นในประเทศซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลานั้น ทำได้ยากเพราะเกิด time lag ขึ้น เช่นตลาดต้องการเหล็กเส้นเป็นอย่างมากโรงงานผลิตได้ไม่พอจำหน่าย ในขณะเดียวกันปริมาณวัตถุดิบที่เก็บไว้เริ่มลดลงตามลำดับ จึงต้องสั่งซื้อวัตถุดิบเพิ่มมาใหม่ ซึ่งในการสั่งซื้อดังกล่าวต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งจากต่างประเทศมาถึงโรงงาน และเมื่อวัตถุดิบถึงโรงงานแล้ว ภาวะการตลาดอาจมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทางตรงกันข้ามก็เป็นได้ ฉะนั้นการประสานกันระหว่างการวางแผนการผลิตและการวางแผนการจำหน่ายจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ให้ลุล่วงไปได้

2. ด้านพลังงานไฟฟ้า

เป็นที่ทราบกันดีว่าในระยะเวลาที่ผ่านมา ความต้องการกระแสไฟฟ้าในประเทศได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันอัตราการขยายตัวของการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นไปในอัตราต่ำ ดังนั้นจึงอาจเกิดปัญหากระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการ อาจจะเกิดปัญหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกในขณะที่กำลังดำเนินการผลิตอยู่ก็เป็นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ตั้งโรงงานที่ได้เลือกสรรไว้แล้ว เป็นบริเวณอุตสาหกรรมที่มีโรงงานตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก โอกาสที่จะเกิดปัญหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกจึงมีมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวนี้อาจแก้ไขได้โดยการติดตั้งเครื่องปรับความดันไฟฟ้า

3. ด้านที่ตั้งโรงงาน

จากที่ได้กล่าวแล้วในตอนต้นว่า ที่ตั้งของโรงงานนั้นควรจะเป็นที่ดินในเขตจังหวัดสมุทรปราการ ติดริมแม่น้ำเจ้าพระยา และริมถนนสายใหญ่ คือ ถนนสุขสวัสดิ์ การจัดหาที่ดินดังกล่าวอาจจะเป็นปัญหาเพราะกระทำได้ยาก อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการให้ได้มาซึ่งที่ดินลักษณะดังกล่าวก็เป็นได้ ดังนั้นที่ดินที่จัดหาได้อาจจะไม่มีลักษณะดังกล่าวประกอบกันก็ได้ ฉะนั้นหากเกิดปัญหาทำนองดังกล่าวที่ดินที่ตั้งโรงงานซึ่งมีความเหมาะสมรองลงมาก็ควรเป็นที่ดินลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และห่างจากถนนใหญ่ไม่มากนัก

ปัญหาและความไม่สะดวกดังกล่าวข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าหากเกิดขึ้นแล้วจะกระทบกระเทือนการดำเนินงานผลิตบ้างแต่ก็ไม่มากจนถึงจะเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานของโรงงาน เช่นประสบความเสียหายอย่างหนัก หรือหยุดการผลิตลงแต่อย่างใด.

สรุป

จากการศึกษาด้านวิศวกรรมซึ่งเป็นการศึกษาในด้านกายภาพของโรงงานตามโครงการ เช่นการจัดหาและปรับปรุงที่ดิน ขบวนการผลิตเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต การก่อสร้างอาคารโรงงาน สำนักงาน การจัดหาแรงงานในปริมาณและคุณสมบัติที่ต้องการ ฯลฯ นั้นสรุปได้ว่า

โรงงานในโครงการดังกล่าวมีความเป็นไปได้ในด้านวิศวกรรมกล่าวคือ สามารถที่จะดำเนินการผลิตไปได้ด้วยดี และในขณะเดียวกันปัญหาต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นนั้น หากเกิดขึ้นจริงแล้วจะไม่กระทบกระเทือนการดำเนินงานตามโครงการมากนัก