



## บทที่ 2

## องค์ประกอบที่สำคัญของระบบการผลิตและสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม

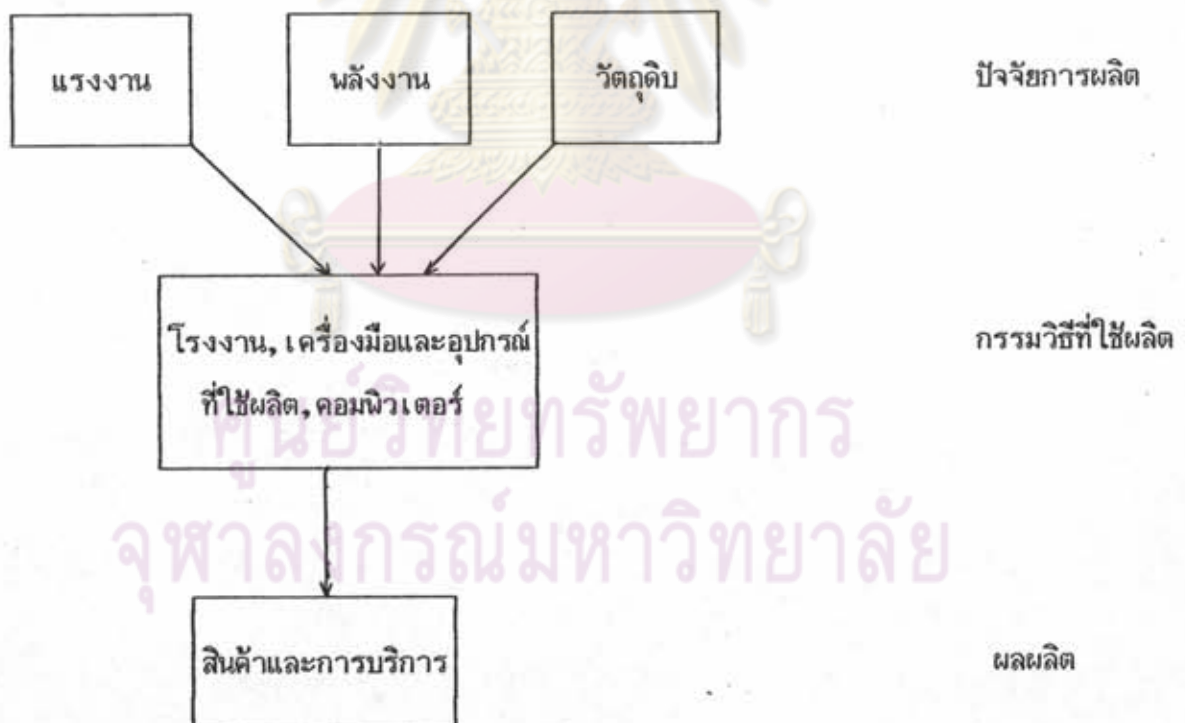
ก่อนที่จะได้กล่าวถึงวิธีการและการวิเคราะห์นั้น จะได้กล่าวถึงองค์ประกอบและส่วนต่าง ๆ ภายในขอบเขตที่กำหนดโดยการสร้างเป็นระบบที่ทำการศึกษา เพื่อความชัดเจนในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมที่สนใจ ซึ่งสิ่งแรกที่จะกล่าวถึง คือ ความหมายของคำว่าระบบเสียก่อน คำว่าระบบได้มีผู้กล่าวถึงกันมาก เป็นคำที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยที่ส่วนมากผู้ใช้นั้นมีความเข้าใจตามความคิดเห็นของตนเอง ในที่นี้จะให้ความหมายที่ค่อนข้างสมบูรณ์ของคำว่าระบบกล่าวคือ คำว่าระบบ (System) หมายถึง กลุ่มขององค์ประกอบ (Elements) ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่ความหมายของระบบงานบอกเฉพาะลักษณะว่าระบบงานมีลักษณะอย่างไรโดยไม่ได้บอกรูปร่างหน้าตาที่แน่ชัด ดังนั้นเมื่อเวลาที่จะทำการศึกษาระบบงานใดระบบงานหนึ่ง จึงจำเป็นที่จะต้องบอกรูปร่างหน้าตาที่ชัดเจนของระบบงานที่กำลังศึกษา การบอกรูปร่างหน้าตาที่แน่ชัดของระบบงานมักจะบอกโดยการกำหนดขอบเขตของระบบ (System Boundaries) ซึ่งก็คือ การกำหนดองค์ประกอบของระบบ การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และการกำหนดองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่นอกระบบนี้ เรียกโดยรวมว่า สิ่งแวดล้อมระบบ (System Environment) องค์ประกอบอื่น ๆ ทั้งภายในและภายนอกระบบงานจะมีลักษณะเฉพาะตัว (Attributes) ที่จะทำให้เกิดกิจกรรม (Activities) และกิจกรรมเหล่านั้น ภายใต้เงื่อนไขบางประการจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงาน (System Status) ดังนั้น นอกจากการกำหนดขอบเขตของระบบงานแล้วยังต้องกำหนดลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบ กิจกรรมที่จะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบเหล่านั้น และการเปลี่ยนแปลงสถานะภาพของระบบงานอื่นเนื่องจากกิจกรรมขององค์ประกอบ เพื่อนำเข้าสู่งานที่ศึกษาอยู่นี้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ ระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น โดยจะได้กล่าวถึงในแต่ละส่วนดังนี้

## 2.1 ระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

ดังได้กล่าวมาแล้วถึงเรื่องของระบบงาน ดังนั้นถ้าพูดถึงระบบการผลิตโดยทั่วไป จะมี ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

- ปัจจัยการผลิต (Input)
- ขบวนการหรือกรรมวิธีในการผลิต (Manufacturing Processes)
- ผลผลิต ซึ่งอาจเป็นสินค้าหรือบริการ (Output)

ในระบบการผลิตนั้น เราจะส่งปัจจัยการผลิต ซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ แรงงาน และอื่น ๆ เข้าไปในช่วงการผลิตโดยผ่านกรรมวิธีหรือขบวนการผลิต เพื่อเปลี่ยนสภาพของปัจจัยการผลิต (กรรมวิธีการผลิตนี้จะแตกต่างกันตามประเภทของสินค้าที่จะผลิต) เมื่อผ่านขั้นตอนในการเปลี่ยนสภาพแล้วก็จะ ได้ผลผลิตออกมาเป็นสินค้าหรือบริการ ซึ่งถ้าเขียนแทนด้วยรูปแบบจำลองขั้นพื้นฐาน สามารถอธิบายระบบการผลิตได้ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1

ดังนั้นในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทนำว่า จะทำการศึกษาเฉพาะ 3 อุตสาหกรรมหลักใหญ่ คือ

- อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบตีบุก (Tinplate Industry)
- อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized Steel Sheet Industry)
- อุตสาหกรรมท่อเหล็ก (Steel Pipe Industry)

ก็จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนนั้น เช่นกัน ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

#### 2.1.1 ปัจจัยการผลิต (Input)

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าปัจจัยการผลิต แบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- วัตถุดิบ
- แรงงาน
- พลังงาน

แต่ในส่วนของการศึกษานี้ได้แบ่งปัจจัยการผลิตละเอียดขึ้นโดยแบ่งเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- วัตถุดิบ
- แรงงาน
- พลังงาน แบ่งเป็น
  - น้ำมันเชื้อเพลิง
  - ไฟฟ้า
- อื่น ๆ คือ น้ำประปา

ซึ่งปัจจัยการผลิตทุกส่วนที่กล่าวมานี้ ในแต่ละอุตสาหกรรมจะมีอัตราส่วนของการใช้ปัจจัยที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1 ถึง 2.3 ซึ่งได้จำแนกความแตกต่างของการใช้ปัจจัยการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรมโดยชี้ให้เห็นในรูปของร้อยละของต้นทุนการผลิต ดังนี้



ตารางที่ 2.1 ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

รายการ	ร้อยละ
1. ค่าวัตถุดิบ	91.10
- วัตถุดิบภายในประเทศ	18.22
- วัตถุดิบต่างประเทศ	72.88
2. ค่าจ้างแรงงาน	1.27
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	0.45
4. ค่าไฟฟ้า	2.05
5. ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร	2.70
6. อื่น ๆ	2.43

- ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

รายการ	ร้อยละ
1. วัตถุดิบ	80.4
- แผ่นเหล็กดำ	68.1
- โลหะสังกะสี	11.5
- โลหะตะกั่ว	0.1
- อื่น ๆ	0.7
2. ค่าแรงงาน	3.5
3. ค่าเชื้อเพลิง (น้ำมันเตา, ดีเซล)	0.7
4. ค่าไฟฟ้า	0.1
5. ค่าใช้จ่ายฝ่ายบริหาร (รวมภาษีอากร)	10.2
6. ค่าเสื่อมราคาอาหารและเครื่องจักร	0.4
7. อื่น ๆ	4.7
รวม	100%

- ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ตารางที่ 2.3 ต้นทุนการผลิตโดยประมาณของท่อเหล็ก

รายการ	ท่อเหล็กกล้าขนาดเล็ก	ท่อเหล็กกล้าขนาดใหญ่
1. ค่าวัตถุดิบ	90.5	72.9
2. ค่าจ้างแรงงาน	1.7	17.0
3. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	1.1	3.0
4. ค่าไฟฟ้า	3.4	2.0
5. ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร	2.2	1.0
6. อื่น ๆ	1.1	4.1

- ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ซึ่งต่อไปนี้จะได้กล่าวถึงปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด รวมทั้งมูลค่าการใช้ปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดในแต่ละอุตสาหกรรม โดยที่ได้เก็บข้อมูลจากโรงงาน ดังนี้

#### 2.1.1.1 วัตถุดิบ (Raw Materials)

จากรายการค่าใช้จ่ายจะเห็นว่า ค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุดของทั้ง 3 อุตสาหกรรม คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบคือ ประมาณ 70-90% ของต้นทุนทั้งหมด และวัตถุดิบหลักก็คือ เหล็กแผ่นดำ คือ คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 70% ที่ไปของค่าวัตถุดิบทั้งหมด โดยที่ในการผลิตนั้นวัตถุดิบแผ่นเหล็กดำไม่สามารถจะเปลี่ยนแปลงปริมาณที่ใช้ต่อผลผลิตได้เลย แม้จะมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้ก็ตาม ดังนั้นเมื่อปริมาณของวัตถุดิบเหล็กแผ่นที่มีความเปลี่ยนแปลง ย่อมแสดงว่าภายในระบบของอุตสาหกรรมนี้หรืออุตสาหกรรมที่รองรับมีการเปลี่ยนแปลง เช่น เมื่อมีปริมาณการนำเข้าแผ่นเหล็กดำมากขึ้น แสดงว่าอุตสาหกรรมนี้มีการผลิตที่สูงขึ้น แสดงว่าปริมาณการใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่รองรับผลิตภัณฑ์มีความต้องการมากขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงภายนอกระบบมา

กระทำให้เปลี่ยนแปลงไป และมูลค่าการใช้เหล็กแผ่นดำ และวัตถุดิบอื่น ๆ ของทั้ง 3 อุตสาหกรรม ตั้งแต่ปี 2521-2527 มีมูลค่าดังตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงมูลค่าการใช้เหล็กแผ่นดำของแต่ละอุตสาหกรรม

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรม แผ่นเหล็ก เคลือบดีบุก	353.500	608.800	727.000	934.300	797.300	912.000	1209.600
อุตสาหกรรม แผ่นเหล็ก อาบสังกะสี	726.929	1127.016	1155.188	1499.175	1447.713	1229.576	1294.104
อุตสาหกรรม ท่อเหล็ก	808.011	825.989	925.199	815.622	841.346	1214.857	1675.258

หน่วย: ล้านบาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 2.5 แสดงมูลค่าของวัตถุดิบอื่น ๆ ของแต่ละอุตสาหกรรม

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็ก	98.615	162.400	180.460	176.380	152.990	168.000	215.100
เคลือบดีบุก							
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็ก	158.612	238.659	258.986	345.128	356.810	290.436	340.174
อาบสังกะสี							
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	130.411	129.725	155.356	123.634	92.099	103.132	303.244

หน่วย : ล้านบาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### 2.1.1.2 ค่าจ้างแรงงาน

แม้ว่าอุตสาหกรรมที่กล่าวถึงจะมีอัตราการใช้จ่ายด้านแรงงานที่ต่ำ คือ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคิดเป็น 1-17% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด เพราะอุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมหนัก โดยใช้เครื่องจักรและเครื่องทุ่นแรงมากก็ตาม แต่เนื่องจากอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการเคลื่อนไหว กล่าวคือมีการจัดตั้งกลุ่มหรือสหภาพผู้ใช้แรงงานทำให้มีพลังผลักดันให้อัตราค่าจ้างแรงงานสูงขึ้น และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นอีกในอนาคต ซึ่งย่อมจะมีผลกระทบต่อระบบการผลิตไม่มากนักน้อย ดังนั้นปัจจัยในส่วนนี้จึงเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงแทบทุกปี ซึ่งตัวเลขการใช้จ่ายด้านแรงงานของทั้ง 3 อุตสาหกรรมมีมูลค่าเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านแรงงาน

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	15.040	19.800	24.600	27.600	28.800	30.300	38.429
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	56.999	76.598	69.652	84.102	90.125	100.641	96.318
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	56.059	57.851	61.573	60.617	56.936	60.844	73.140

หน่วย: ล้านบาท

### 2.1.1.3 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

จากตารางค่าใช้จ่ายรวมของต้นทุนการผลิต จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของทั้ง 3 อุตสาหกรรม โดยเฉลี่ยจะตกประมาณ 0.45-3% ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในช่วงของการหลอมละลายวัตถุดิบที่ใช้เคลือบผิว (ส่วนใหญ่จะใช้น้ำมันเตา 1500) โดยที่ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิงจัดเป็นค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามผลผลิต และราคาน้ำมันในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันทำให้ราคาน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นตลอด ซึ่งแน่นอนย่อมมีผลกระทบโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายส่วนนี้ และทำให้ต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมนี้สูงขึ้นจากการเก็บข้อมูลโดยการสอบถามจากโรงงานในปี 2521-2527 นั้น มีมูลค่าการใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	1.720	2.520	4.460	5.830	5.880	6.120	7.980
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	9.132	13.527	16.782	25.379	23.921	22.635	25.015
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	30.536	43.013	55.874	78.293	70.140	79.745	88.971

หน่วย: ล้านบาท

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 2.1.1.4 ค่าไฟฟ้า

แม้ว่าไฟฟ้าจะเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญของแทบทุกอุตสาหกรรม แต่จากตารางต้นทุนการผลิตของทั้ง 3 อุตสาหกรรมจะเห็นว่าค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยจะตกประมาณ 2-3% ซึ่งนับว่าน้อยมาก เพราะทั้ง 3 อุตสาหกรรมไม่ได้ใช้ไฟฟ้าในการผลิตมากนัก แต่ก็อาจจะทวีความสำคัญมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการผลิต เช่น ในกระบวนการเคลือบผิวดีบุกเดิมใช้กรรมวิธีจุ่มร้อน แต่ต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็นการชุบผิวด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้า (Electrolytic) ซึ่งจากการเก็บข้อมูลโดยการสอบถามจากโรงงานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521-2527 มีมูลค่าการใช้ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงมูลค่าการใช้จ่ายด้านไฟฟ้า

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	6.740	8.600	13.000	21.100	22.300	23.300	28.600
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	3.376	4.153	6.047	11.196	11.147	14.329	11.827
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	20.972	21.747	24.831	34.146	43.275	51.642	57.913

หน่วย: ล้านบาท

#### 2.1.1.5 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร, เครื่องมือ

จากตารางค่าใช้จ่ายรวมของต้นทุนการผลิต จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายด้านค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรจะตกประมาณ 1-3% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้เกิดจากการลดลงของสินค้าต้นทุน (Capital Goods) หรือสินค้าเพื่อการผลิต (Producer Goods) เมื่อผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง และการคิดราคาค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรมีอยู่หลายวิธีซึ่งไม่กล่าวถึงในที่นี้ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้คือเป็นค่าใช้จ่ายคงที่และจะเกิดขึ้นเสมอแม้จะไม่มีการผลิตก็ตาม เมื่อค่าใช้จ่ายส่วนนี้เพิ่มขึ้นผลผลิตอาจไม่สูงขึ้นตามก็ตาม เพราะบางครั้งอุปกรณ์



เครื่องจักร เครื่องมือบางชนิดอาจจะไม่ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นเนื่องสิ่งอำนวยความสะดวกก็ได้ ดังนั้นค่าใช้จ่ายส่วนนี้จึงไม่แปรผันตามผลผลิตเสมอไป ซึ่งในการศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงในส่วนนี้เพราะเป็นค่าใช้จ่ายคงที่และไม่เป็นค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามผลผลิต

#### 2.1.1.6 ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ อาจจะเป็นค่าใช้จ่ายในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกหรือด้านสาธารณูปโภค เช่น ค่าโทรศัพท์ ค่าน้ำประปา ด้านข้อมูล ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจจะเป็นส่วนของการส่งเสริมการผลิตและขึ้นอยู่กับว่าในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีค่าใช้จ่ายส่วนนี้มาใช้สนับสนุนการผลิตเท่าใด ค่าใช้จ่ายส่วนนี้มีค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่รวมอยู่คือ ค่าน้ำประปา ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งสนับสนุนการผลิตหรือสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตและก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมที่สนใจ (จะได้กล่าวในส่วนต่อไป) และจากการสอบถามข้อมูลจากโรงงานตั้งแต่วันที่ 2521 - 2527 ปรากฏว่าในอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสีนั้น เสียค่าใช้จ่ายด้านค่าน้ำประปานั้นน้อยมาก (ถือว่าเป็นศูนย์เมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตอื่น ๆ มีเพียงอุตสาหกรรมท่อเหล็กเท่านั้นที่มีการใช้จ่ายด้านนี้แต่เป็นค่าใช้จ่ายที่น้อยมาก ซึ่งมีมูลค่าการใช้จ่ายด้านน้ำประปา ดัง ตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงมูลค่าการใช้น้ำประปา

ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก	-	-	-	-	-	-	-
อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี	-	-	-	-	-	-	-
อุตสาหกรรมท่อเหล็ก	0.338	0.426	0.484	0.198	0.091	0.131	0.125

หน่วย : ล้านบาท

หมายเหตุ : ตารางที่ 2.4 ถึง 2.9 เป็นข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน



## 2.1.2 ขบวนการหรือกรรมวิธีในการผลิต (Manufacturing Processes)

ในแต่ละอุตสาหกรรมของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นที่สนใจนี้ มีขบวนการและกรรมวิธีในการผลิตที่แตกต่างกันไป ซึ่งในส่วนนี้จะได้แยกแสดงให้เห็นถึงขบวนการผลิตพร้อมทั้งภาพประกอบของแต่ละอุตสาหกรรมดังนี้

### 2.1.2.1 ขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

สำหรับกรรมวิธีเคลือบผิวดีบุกมี 2 วิธี คือ

- กรรมวิธีเคลือบผิวด้วยวิธีจุ่มน้ำร้อน (Hot Dipped Tinplate)
- กรรมวิธีเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Electrolytic Tinplate)

#### 2.1.2.1.1 กรรมวิธีเคลือบผิวด้วยวิธีจุ่มร้อน มีขั้นตอนย่อ ๆ

ดังนี้

- ทำความสะอาดแผ่นเหล็กด้วยกรด ไฮโดรคลอริก

หรือ กรดซัลฟูริก

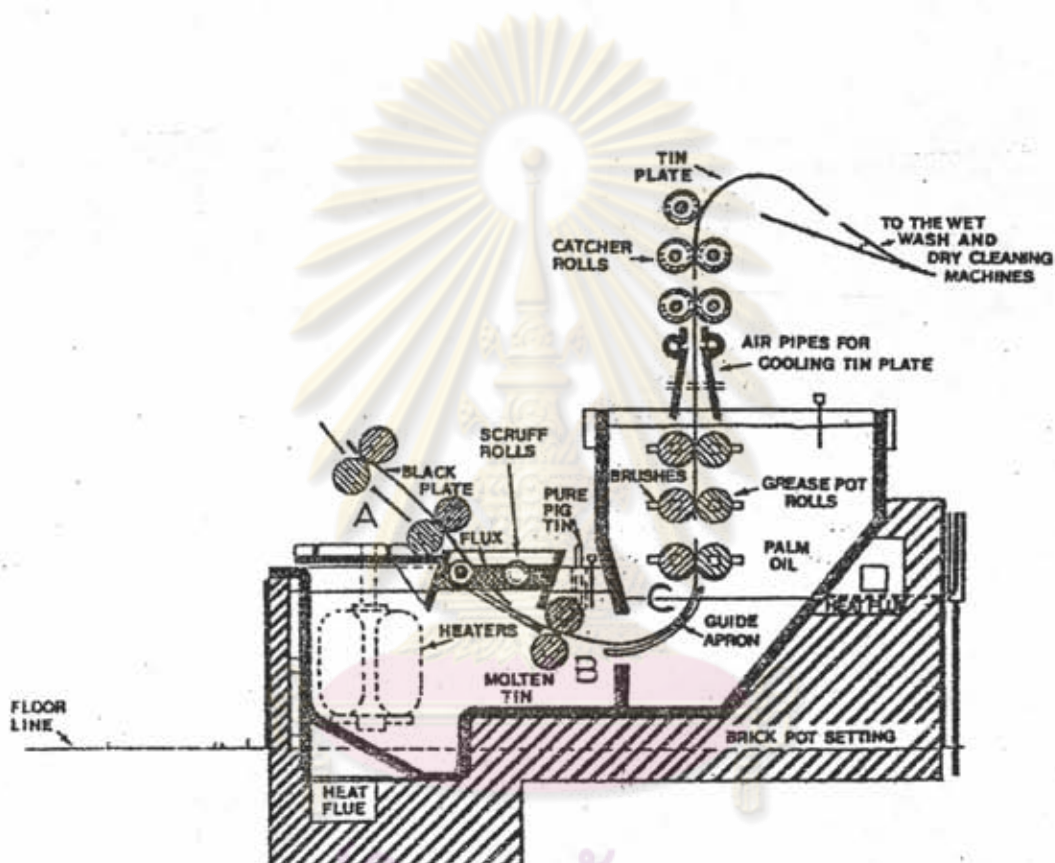
- ทำการชุบเหล็กแผ่นในอ่างชุบซึ่งมีดีบุกหลอม

เหลวที่อุณหภูมิประมาณ 320° C โดยเติม Flux เช่น  $ZnCl_2$  และ  $NH_4Cl$  คลุมอยู่บนผิวหน้าเพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์

เคลือบดีบุกเข้าไปยังลูกกลิ้ง ดังนั้นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการชุบดีบุกด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น อยู่กับ

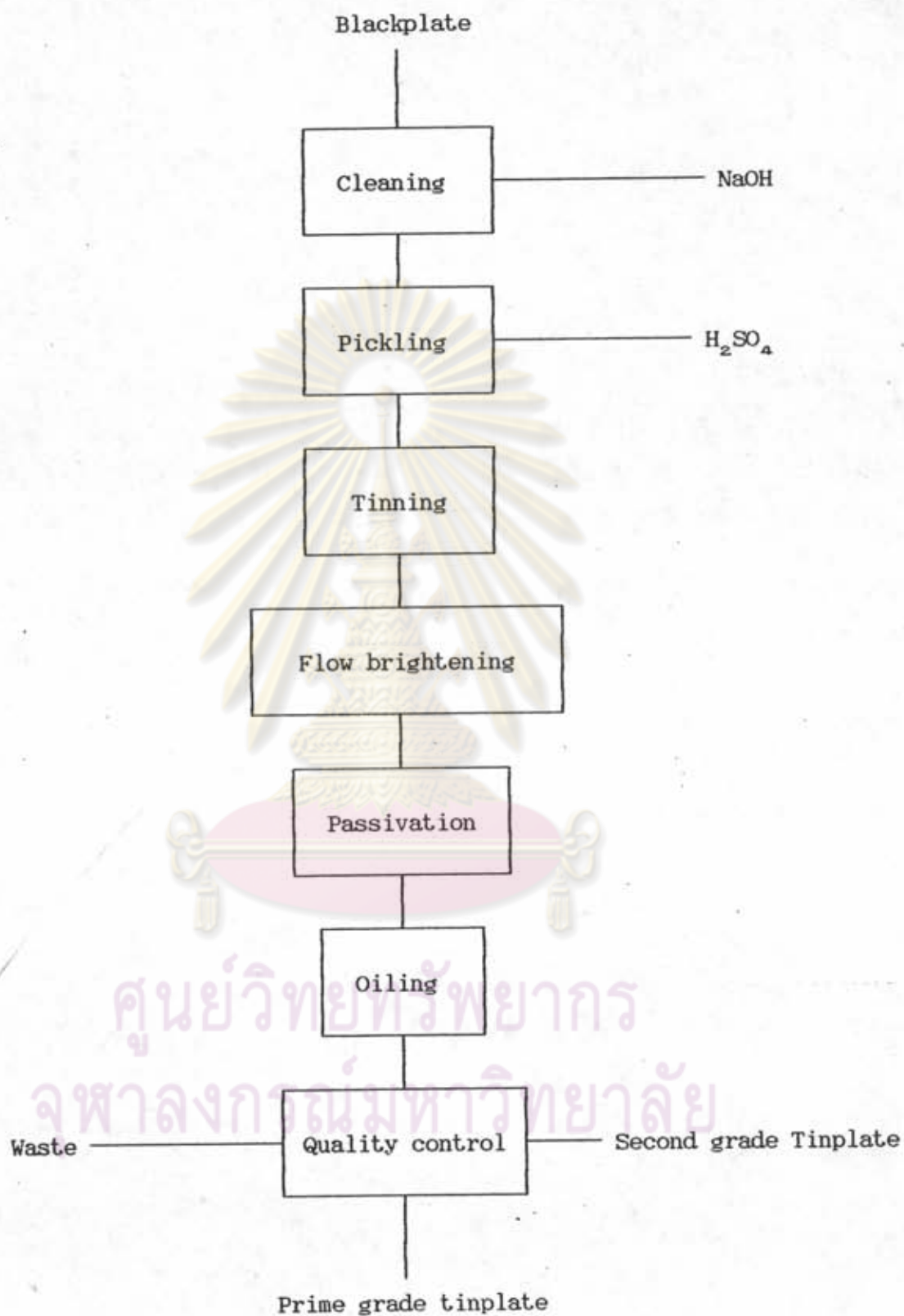
- ความเร็วร้อยของผิวหน้าลูกกลิ้ง
- แรงกดของลูกกลิ้ง
- อุณหภูมิของอ่างชุบ
- เวลา
- การเตรียมของผิวหน้าของเหล็กแผ่นก่อนชุบ

ผลิตภัณฑ์ที่นิยมการชุบด้วยวิธีจุ่มร้อน ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น Drum และ Alcohol Based Fuel Tank สำหรับรูปขบวนการชุบผิวแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่ขั้นตอนการผลิต รวมทั้งภาคตัดขวางของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกแสดงดังรูปที่ 2.2, 2.3 และ 2.4

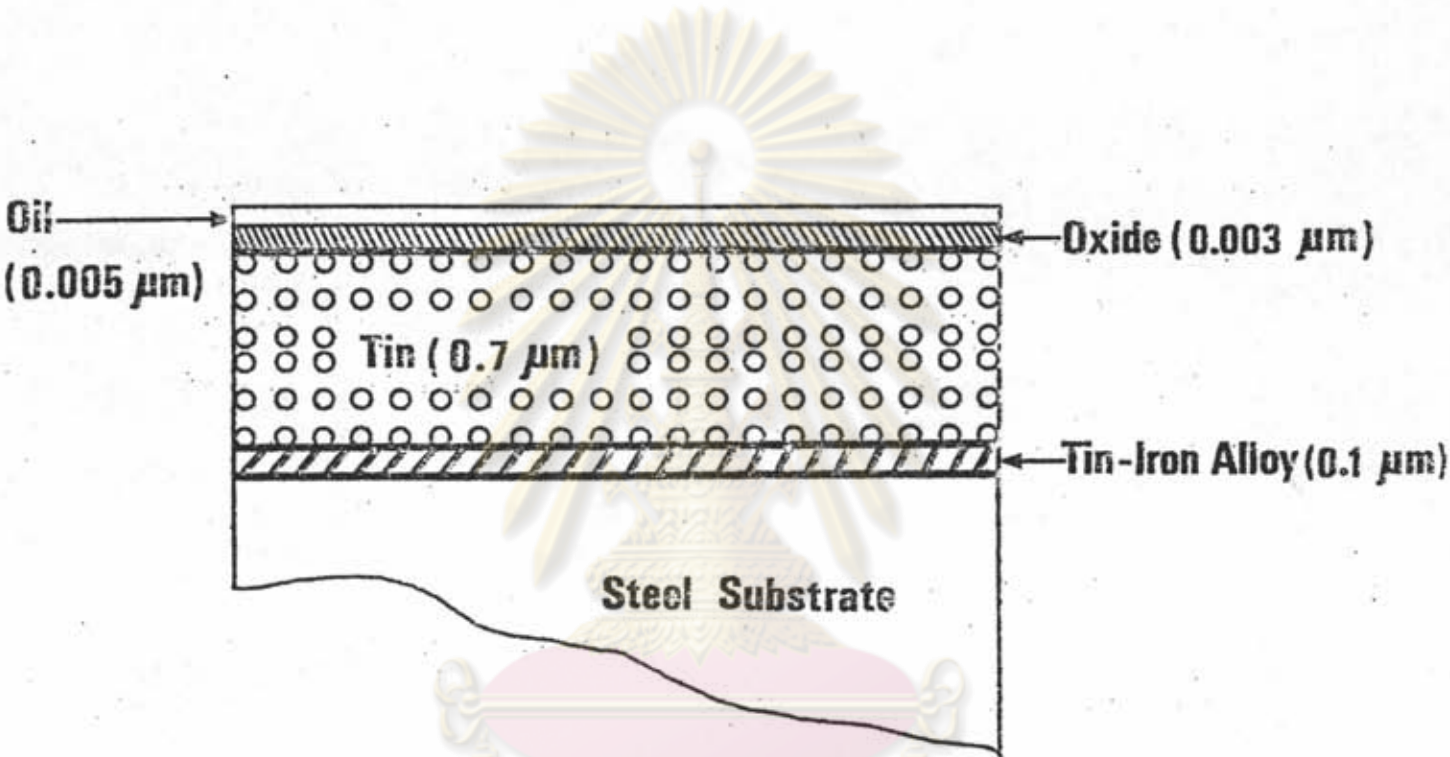


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 Hot dipped tinplate



รูปที่ 2.3 : ขั้นตอนการผลิตแผ่นเหล็กไวลาศ



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.4 : แสดงภาคตัดขวางของแผ่นเหล็กไวลาส



### 2.1.2.1.2 ขบวนการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า (Electrolytic Tinning)

ขบวนการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่นิยมทั่วไปมีหลายวิธี คือ

- Ferrostan Process
- Halogen Process
- Fluoborate Process
- Alkaline Stannate Process

แต่ที่ใช้ในประเทศไทย คือ กรรมวิธี Halogen และแต่ละกรรมวิธีต่างก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปแต่จะไม่ขอกล่าวถึง จะพูดถึงเพียงกรรมวิธีเคลือบผิวด้วยวิธี Halogen Process เนื่องจากในประเทศไทยใช้วิธีนี้อยู่เพราะได้ร่วมทุนกับต่างประเทศและซื้อ Knowhow และขบวนการนี้มา ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการเคลือบผิวด้วยวิธีไฟฟ้า มีดังนี้

1. นำผิวแผ่นเหล็กดำ เข้าเครื่องส่ง (Coil Holder) คือส่งเข้าเครื่องเคลือบดีบุก
2. ล้างแผ่นเหล็กดำ เพื่อชำระสิ่งสกปรก หรือไขมันที่ติดอยู่บนผิวด้วยโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ซึ่งมีความเข้มข้น 1.5 กรัมต่อลิตร
3. ล้างผิวหน้าจัดออกไซด์ที่ผิวด้วยกรดกำมะถันเจือจาง
4. หลังจากนั้นเข้าเครื่องเคลือบแล้วโดยวิธีไฟฟ้า (Plating) ซึ่งเป็นถังบรรจุสารเคมีต่าง ๆ รวมทั้งตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) โดยใช้หลักการแตกตัวของไอออน (Ion) จากแท่งดีบุกที่เป็นแอโนด การเคลือบผิวดีบุกลงบนผิวของแผ่นเหล็กจะเคลือบทีละด้าน เพื่อให้ได้ความหนาของแต่ละด้านตามต้องการ
5. นำแผ่นเหล็กที่เคลือบแล้วเข้าเครื่องอบ (Reflow) โดยใช้ความร้อนประมาณ 200 °C เพื่อให้แผ่นเหล็กและดีบุกประสานเนื้อเดียวกัน และเพื่อให้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมีความเงางาม
6. นำแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่อบแล้ว เคลือบผิวด้วยโครเมียมออกไซด์บาง ๆ (Chemical Treatment) เพื่อไม่ให้ดีบุกเกิดออกไซด์ และเป็นการรักษาคุณภาพของดีบุก
7. ล้างแผ่นเหล็กที่เคลือบผิวด้วยน้ำสะอาดเพื่อทำลายความเป็นกรดของแผ่นเหล็ก

จากนั้นนำไปผ่านความร้อนอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงเป่าลมให้แห้งสนิท

8. นำเข้าเครื่องเคลือบโดยใช้น้ำมันพืช เพื่อให้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นและกันสนิม นอก  
จากนี้ยังเป็นตัวพาในการนำแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกไปเคลือบสีอีกด้วย

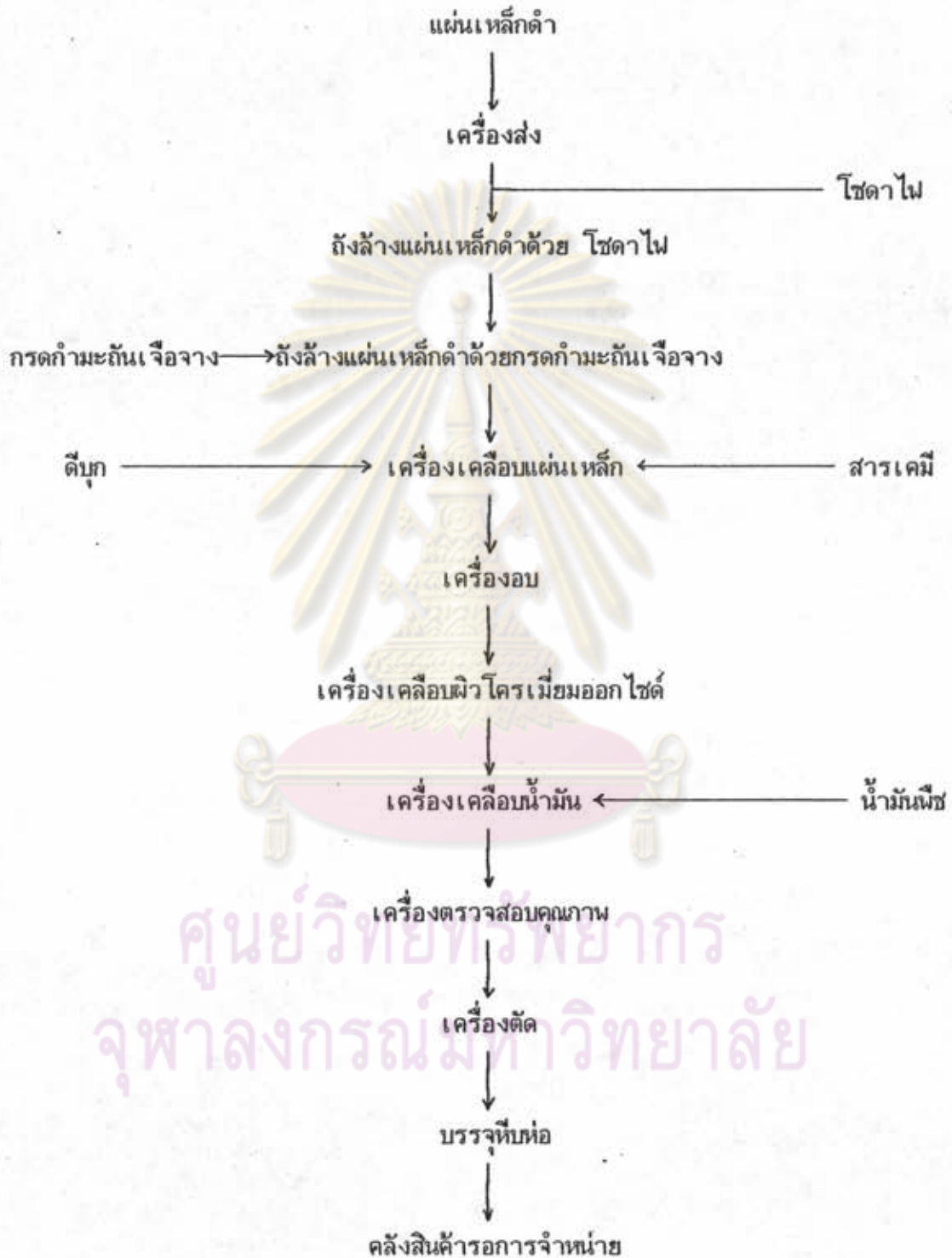
9. นำแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกผ่านมาตามสายพาน ให้ผ่านเครื่องฉายรังสีแกมมา (Gamma)  
เพื่อตรวจคุณภาพความหนาของตีบุกที่เคลือบให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

ซึ่งขั้นตอนการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกด้วยไฟฟ้าได้แสดงไว้มีรายละเอียดดังรูปที่ 2.5



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการผลิตแผ่นเหล็ก เคลือบดีบุก โดยวิธีไฟฟ้า



รูปที่ 2.5



### 2.1.2.2 ขบวนการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสี

ในการผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสี 1 ตัน (แผ่นเหล็กดำ 1 ตัน จะมีความยาวประมาณ 2,610 ฟุต) จะต้องใช้วัตถุดิบสำคัญในปริมาณ ดังนี้คือ

1. แผ่นเหล็กดำ	หนักประมาณ	900	กิโลกรัม
2. โลหะสังกะสี	หนักประมาณ	120	กิโลกรัม
3. โลหะตะกั่ว	หนักประมาณ	2	กิโลกรัม
4. แอมโมเนียมคลอไรด์	หนักประมาณ	0.8	กิโลกรัม
5. สารอัลลอย	หนักประมาณ	0.5	กิโลกรัม

การผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสี มีกรรมวิธีการผลิตอยู่ 2 วิธี คือ

1. การชุบด้วยไฟฟ้า (Electro Galvanizing Method) เป็นกรรมวิธีการผลิต โดยใช้ไฟฟ้าทำให้โลหะสังกะสีเกาะเคลือบผิวแผ่นเหล็ก น้ำหนักของสังกะสีที่เคลือบแผ่นเหล็กดำ จะไม่มากนัก เหมาะในการอาบสังกะสีเพื่อทนการเป็นสนิมในระยะสั้น ๆ หรือเพื่อจะทาหรือพ่นสีทับอีกครั้งหนึ่ง กรรมวิธีการชุบด้วยไฟฟ้านี้ ส่วนใหญ่มีในประเทศอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ฯลฯ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้

2. การชุบด้วยความร้อน (Hot Dip Galvanizing Method) หรือที่เรียกว่า วิธีจุ่มร้อน (Hot Dip Process) เป็นวิธีที่ทำให้โลหะสังกะสีเกาะเคลือบผิวเหล็ก โดยใช้โลหะสังกะสีที่หลอมเหลวแล้วอาบบนผิวเหล็กโดยตรง นับว่าเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัด และแพร่หลาย ใช้มาก่อนกรรมวิธีชุบด้วยไฟฟ้า

สำหรับโรงงานในประเทศไทย ใช้กรรมวิธีการผลิตแบบชุบด้วยความร้อนทั้งหมด ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- การตัดแผ่นเหล็กดำ แผ่นเหล็กดำที่นำเข้ามาแต่เดิมนั้น ตัดเป็นแผ่นเรียบร้อยแล้ว แต่ในปัจจุบันนำเข้ามาเป็นม้วนเกือบทั้งหมด (นอกจากขนาดที่หนากว่า 0.60 มิลลิเมตร) ซึ่งมีขนาดความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร นำมาเข้าเครื่องคลี่แผ่นเหล็กดำออกจากม้วน เพื่อตัดให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ ส่วนมากมีความยาวตั้งแต่ 5-12 ฟุต เรียกว่าเป็นแผ่นเหล็กดำเบอร์ 35 โดยใช้เครื่องตัดไฟฟ้า เครื่องตัดที่ใช้อยู่ที่ 3 โรงงานนี้ แต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพตัดแผ่นเหล็กได้เดือนละประมาณ 1,000-1,500 ตัน แผ่นเหล็กดำที่ตัดแล้วจะส่งไปยังแผนกชุบหรือแผนกล้างต่อไป



- การล้างแผ่นเหล็กดำ แผ่นเหล็กที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ส่วนมากจะมีสนิมและคราบน้ำมันเกาะอยู่ตามผิว ซึ่งจำเป็นต้องล้างออกเสียก่อนด้วยกรดกำมะถันชนิดเจือจางผสมด้วยไอน้ำ ซึ่งมีความร้อนประมาณ 50 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5-10 นาที เมื่อล้างสะอาดแล้วนำแผ่นเหล็กลงแช่ในน้ำเย็น เพื่อล้างน้ำกรด และไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกรดกับเหล็กออก ในระหว่างนี้หากจำเป็นต้องคอยกรรมวิธีการชุบแผ่นเหล็กจะยังคงแช่อยู่ในถังน้ำเย็นต่อไปจนกว่าพร้อมที่จะชุบ ในกรณีที่แผ่นเหล็กดำมีสนิมและคราบน้ำมันอยู่น้อย ก็จะไม่ผ่านขบวนการนี้ แต่จะนำไปล้างในอ่างกรดเกลือ ซึ่งอยู่ในสายการผลิต ต่อไป

- การเตรียมการชุบ เตาลำหรับชุบสังกะสีนั้น จะต้องเดินเครื่องประมาณ 3-4 วัน เพื่อใช้เวลาในการหลอมโลหะสังกะสีและตะกั่วให้ถึงอุณหภูมิ ประมาณ 450 องศาเซลเซียส จึงจะเริ่มการชุบได้ เครื่องจักรทุกโรงงานจึงจำเป็นต้องเดินเครื่องตลอดเวลาในเตาชุบจึงประกอบด้วย

(1) อ่างกรดเกลือ (HCl Tank) เพื่อจะล้างแผ่นเหล็กดำอีกครั้งหนึ่งด้วยกรดเกลือเข้มข้นประมาณ 10%

(2) อ่างน้ำร้อน (Hot-Water Tank) เพื่อล้างกรดเกลือออกจากแผ่นเหล็ก ในอ่างน้ำร้อนจะต้องเพิ่มความร้อน 70 องศาเซลเซียส เพื่อเวลาป้อนแผ่นเหล็กเข้าเตาหลอมจะไม่ทำให้อุณหภูมิลดลง และทำให้แผ่นเหล็กแห้ง เมื่อใช้ลมเป่าก่อนลงเตาชุบ

(3) เตาชุบ (Galvanized Kettle) ในเตาชุบจะประกอบด้วยโลหะตะกั่วที่มีความบริสุทธิ์ 99.98% โลหะสังกะสีที่มีความบริสุทธิ์ 99.95% สารอัลลอยแอมโมเนียมคลอไรด์ ฯลฯ

(4) อ่างน้ำเย็น (Cooling Water Tank) สำหรับล้างและลดอุณหภูมิสังกะสีที่ชุบแล้ว

(5) อ่างกรดโครมิก (Cromic Tank) เพื่อจะทำให้ผิวสังกะสีไม่ขึ้นสนิมขาวเร็ว มีความแวววาว และความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

(6) ท่อลมเป่าแห้ง (Air Duct) สำหรับเป่าให้สังกะสีที่ชุบแห้งเร็วขึ้น

- การชุบแผ่นเหล็กดำ ป้อนแผ่นเหล็กดำที่มีขนาดกว้าง ยาว และหนาตามต้องการเข้าเครื่องชุบซึ่งมีเครื่องลำเลียง (Coveyer) ผ่านไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้

ส่งแผ่นเหล็กดำเข้าเครื่องป้อน ลงสู่อ่างน้ำกรดเกลือเจือจางที่มีความเข้มข้น 8-12%

เพื่อล้างสนิม คราบน้ำมัน หรือ Scale ที่ผิวแผ่นเหล็กอีกครั้งหนึ่ง แล้วผ่านไปล้างในอ่างน้ำร้อน เพื่อล้างในอ่างน้ำร้อนเพื่อล้างกรดและเกลือของกรดที่ติดมากับแผ่นเหล็ก ต่อจากนั้นจะส่งแผ่นเหล็กไปเป่าลมร้อนให้แห้ง สายพานของเครื่องจะส่งแผ่นเหล็กที่แห้งสนิทแล้ว ลงช่อบในเตาชุบ ซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิงช่วยในการหลอม เพื่อให้สารวัตถุคืบในการชุบ ได้แก่ ตะกั่วซึ่งมีจุดละลายที่ 327.4 องศาเซลเซียส และมีน้ำหนักมากกว่าสังกะสี จึงตกอยู่เบื้องล่างสังกะสีซึ่งใส่น้อยกว่า ตะกั่วประมาณ 12 เท่า มีจุดละลายที่ 419.46 องศาเซลเซียส จะลอยอยู่ช่วงบนตะกั่ว นอกจากนี้ก็มีดีบุก พลวง (ซึ่งใส่น้อยกว่าโลหะสังกะสี เพื่อให้สังกะสีที่ชุบเกิดความมันวาวและละลายดอกสวยงาม) แอมโมเนียมคลอไรด์ออกฤทธิ์ในการชุบประมาณ 450 องศาเซลเซียส

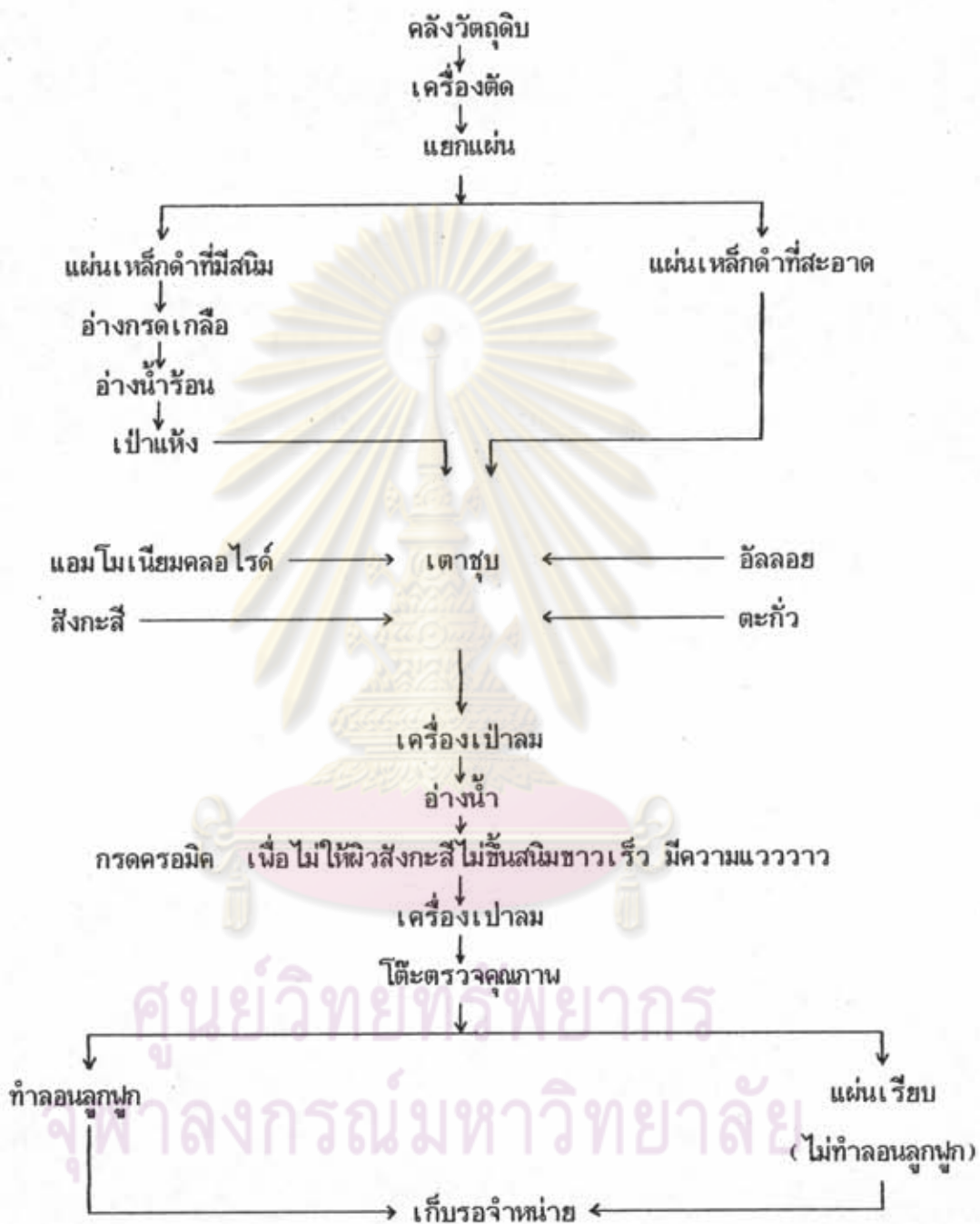
แผ่นเหล็กที่ถูกส่งเข้าเตาหลอมตามลูกกลิ้งส่ง (Roll) ในขั้นแรกจะผ่านช่วงแอมโมเนียมคลอไรด์ในอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดฟิล์มบาง ๆ เคลือบผิวจากนั้นแผ่นเหล็กนี้จะเคลื่อนลงสู่ขั้นของโลหะตะกั่วที่หลอมตัวอยู่กับเตา โดยผ่านตัวนำ (Guide) แผ่นเหล็กจะถูกดันขึ้นสู่ปากเตา ผ่านช่องที่มีโลหะสังกะสี ดีบุก พลวง ลอยอยู่ตอนบน โลหะสังกะสีจะอาบติดแผ่นเหล็กขึ้นมา ส่วนโลหะตะกั่วเป็นเพียงช่วยยกระดับให้โลหะสังกะสีลอยตัวอยู่ตอนบนของเตา และช่วยรักษาอุณหภูมิของแผ่นเหล็กให้ร้อนสม่ำเสมอ เหมาะต่อการชุบสังกะสีอีกทั้งช่วยให้เตาชุบมีความคงทนต่อการกัดกร่อน เพราะโลหะตะกั่วไม่รวมตัวกับเหล็กเหมือนโลหะสังกะสี

แผ่นเหล็กที่ผ่านการอาบสังกะสีแล้ว จะผ่านลูกกลิ้ง (Roll) ออกมา จากนั้นจะมีลมเป่าให้เย็นอย่างรวดเร็ว โลหะสังกะสีที่หลอมเหลวติดผิวหน้าอยู่ จะตกผลึกเป็นดอก (Spangle) สายพานลำเลียงจะส่งแผ่นสังกะสีไปล้างให้สะอาดในอ่างน้ำ เพื่อขจัดสิ่งสกปรก และลดอุณหภูมิของแผ่นเหล็กอาบสังกะสี แล้วจึงผ่านไปยังอ่างกรดโครมิก เพื่อเคลือบผิวให้สังกะสีไม่เป็นสนิมขาว มีความแวววาว และคงทนต่อการใช้ จากนั้นแผ่นเหล็กจะถูกส่งไปเป่าลมให้แห้ง แล้วส่งไปยังโต๊ะคัดเลือกชั้น (Grade) ของสังกะสี เมื่อคัดเลือกชั้นของสังกะสีแล้ว ก็ประทับตราเครื่องหมายการค้า ตามชั้นมาตรฐานของสินค้าประเภทชั้นหนึ่งสำหรับชั้นสองและชั้นสามใช้เครื่องหมายการค้าต่างกันยังไม่ต้องประทับตรา จะนำไปแยกชั้นและประทับตราภายหลัง

สังกะสีที่ได้ทั้งหมดนี้ เป็นแผ่นเรียบซึ่งจะนำออกไปจำหน่าย หรือจะนำเข้าเครื่องอัดลูกผูกตามมาตรฐานสากล ซึ่งมีอยู่ 3 แบบ คือ ลอนเล็ก ลอนใหญ่ และลอนเหลี่ยม จากนั้นจึงส่งเก็บในโกดัง เพื่อเตรียมจัดส่งจำหน่ายต่อไป ซึ่งได้แสดงภาพขบวนการผลิตแบบชุบด้วยความร้อนในรูปที่ 2.6



กระบวนการผลิตชบด้วยความร้อน



รูปที่ 2.6



2.1.2.3 ขบวนการผลิตท่อเหล็ก ในขบวนการผลิตท่อเหล็กจะแยกเป็น ขบวนการผลิตท่อเหล็กกล้าขนาดเล็กกับขบวนการผลิตท่อเหล็กกล้าขนาดใหญ่

1. ท่อเหล็กกล้าขนาดเล็ก ขบวนการผลิตท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี มีดังต่อไปนี้

(1) นำแผ่นเหล็กที่ม้วนไว้มาตัดให้มีขนาดตามความต้องการที่จะนำไปทำท่อขนาดต่าง ๆ

(2) คลี่แผ่นเหล็กที่งอออก แล้วเชื่อมแต่ละปลายแผ่นเหล็กเพื่อนำเข้าเครื่องขึ้นรูปต่อไป

(3) นำเข้าเครื่องขึ้นรูป แผ่นเหล็กจะค่อย ๆ ขึ้นรูปทีละน้อยด้วยลูกกลิ้งจนเป็นท่อ แล้วเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมโดยใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งมีลูกกลิ้งบีบอัดตะเข็บเชื่อมให้แน่น

(4) หลังจากนั้นนำเข้าเครื่องไสเพื่อไสตะเข็บเชื่อมภายนอกออกเพื่อให้ผิวท่อด้านนอกเรียบสม่ำเสมอ แล้วนำท่อเหล็กไปทำให้เย็นโดยใช้น้ำเย็นหยดลงบนท่อ

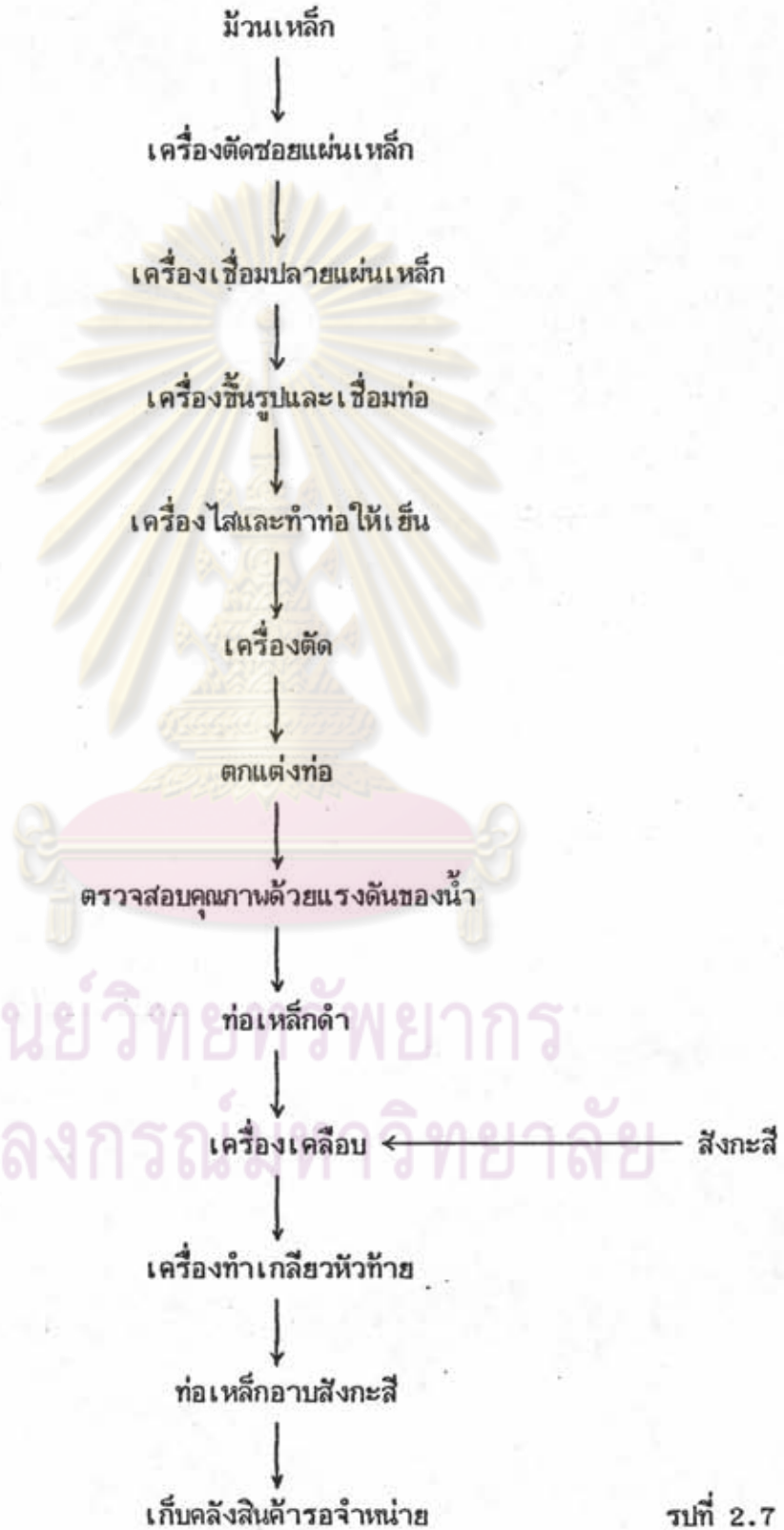
(5) นำท่อมาปรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและขอบรอบวงกลมให้สม่ำเสมอตามที่กำหนด แล้วนำเข้าเครื่องตัดท่อออกเป็นท่อน ๆ ตามความยาวที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะมีขนาดความยาว 6 เมตร

(6) จากนั้นตกแต่งท่อโดยผ่านเข้าเครื่องตัดให้ตรงอีกครั้งหนึ่ง และตกแต่งปลายท่อให้เรียบและมน แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพด้วยกำลังอัดของน้ำ ท่อนี้จะเรียกว่า "ท่อเหล็กดำ"

(7) นำท่อเหล็กดำไปเคลือบสังกะสีด้วยกรรมวิธีจุ่มร้อน (Hot dipped) ท่อเหล็กกล้าชนิดนี้เรียกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสี แล้วนำไปทำให้เป็นเกลียวที่ปลายทั้งสองด้าน

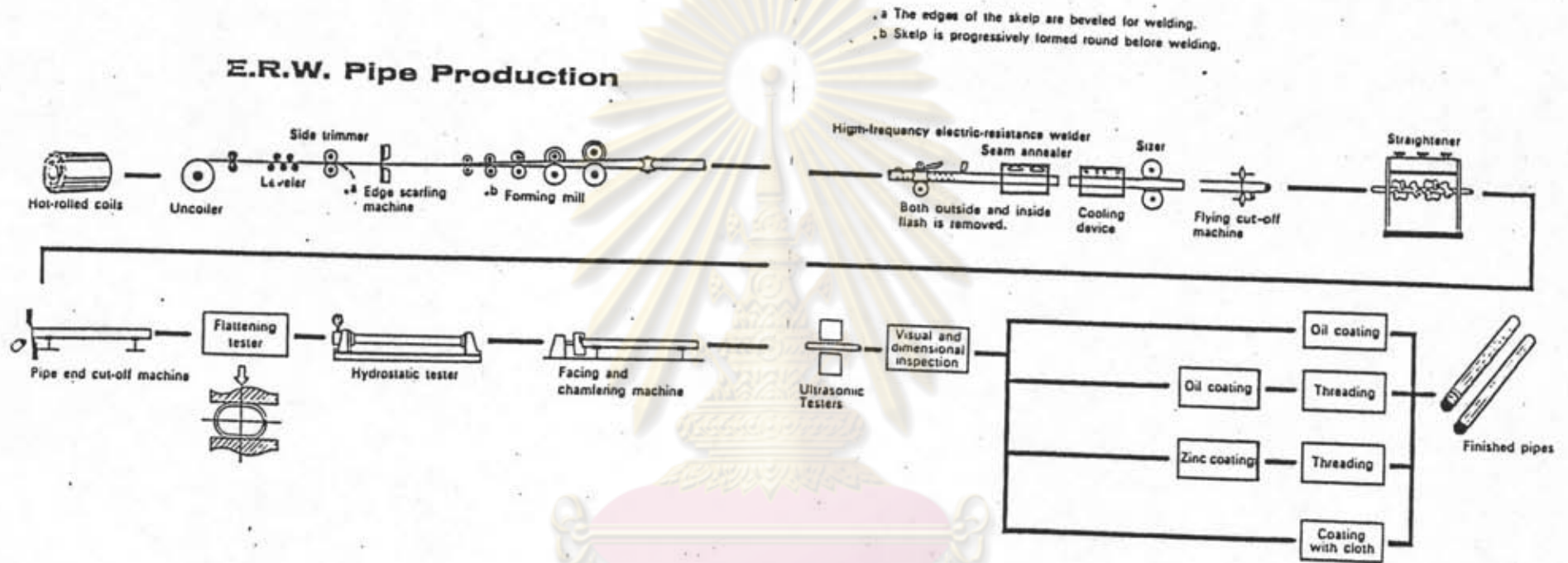
(8) จากนั้นนำไปเก็บคลังสินค้าเพื่อรอจำหน่ายต่อไป ซึ่งขั้นตอนการผลิตได้แสดงในรูปที่ 2.7 และรูปแสดงขบวนการผลิตแสดงในรูป 2.8

การผลิตท่อเหล็กอบสังกะสี



รูปที่ 2.7

## E.R.W. Pipe Production



- .a The edges of the skelp are beveled for welding.
- .b Skelp is progressively formed round before welding.

รูปที่ 2.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## 2. ท่อเหล็กกล้าขนาดใหญ่

### กระบวนการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิด Bending Rolled Pipe

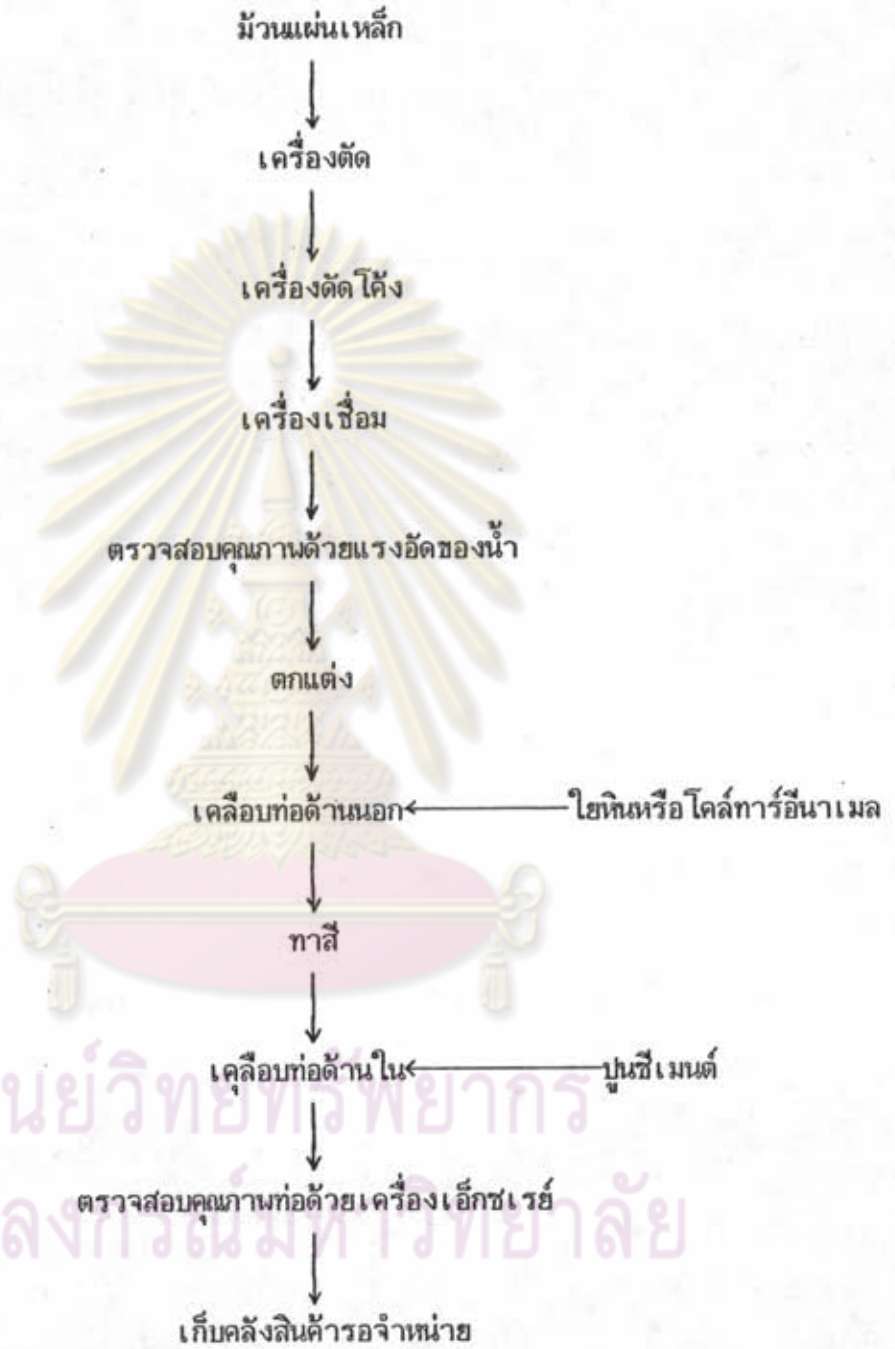
วิธีนี้นิยมใช้ผลิตท่อตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 นิ้ว ความหนาประมาณ 3.5 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยสามารถผลิตได้ทุกขนาด ทั้งนี้แล้วแต่สมรรถนะของเครื่องแต่ละเครื่อง ข้อเสียของการผลิตท่อแบบนี้คือ ความยาวของท่อถูกจำกัดโดยความยาวของลูกกลิ้ง (Roll) ที่ใช้ม้วนแผ่นเหล็ก ซึ่งความยาวของแผ่นเหล็กในประเทศไทยสามารถผลิตได้ยาวประมาณ 3 เมตร โดยไม่มีการเชื่อมต่อในแนวเส้นรอบวง

กรรมวิธีการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิดนี้ โดยการนำแผ่นเหล็กที่ตัดได้ขนาดตามที่กำหนดแล้ว เข้าเครื่องตัดโค้งจนแผ่นเหล็กงอโค้งจนเป็นวงกลม แล้วตกแต่งท่อเหล็กกล้าให้เรียบนำไปเชื่อมทั้งภายในและภายนอก แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพโดยการทดสอบด้วยแรงดันของน้ำ หลังจากนั้นนำท่อเหล็กกล้าไปหุ้มด้านนอกด้วยใยหินหรือโคลทาร์อีนาเมล เพื่อป้องกันไม่ให้เป็นสนิมแล้วพันด้วยกระดาษใยแก้วและทาสี นำท่อเหล็กไปเคลือบภายในท่อด้วยปูนซีเมนต์ หลังจากนั้นรอให้ปูนซีเมนต์อยู่ตัวแล้วจึงนำออกจำหน่าย ซึ่งรูปแสดงขั้นตอนการผลิตแสดงในรูปที่ 2.9



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการผลิตท่อเหล็กกล้ำชนิด Bending Rolled Pipe



รูป 2.9

### ขบวนการผลิตท่อเหล็กกล้าตะเข็บเกลียว (Spiral Weld Pipe)

การผลิตท่อด้วยวิธีนี้นิยมใช้ผลิตท่อตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.6 นิ้วจนถึงขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 80 นิ้ว ความหนาตั้งแต่ 3.5 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตรทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่อง ข้อเสียของท่อนี้คือมีรอยต่อเชื่อมมาก อย่างไรก็ตามท่อนี้สามารถทนต่อความดันภายในได้สูงกว่าท่อนิต Bending Rolled และมีความหนาไม่จำกัด

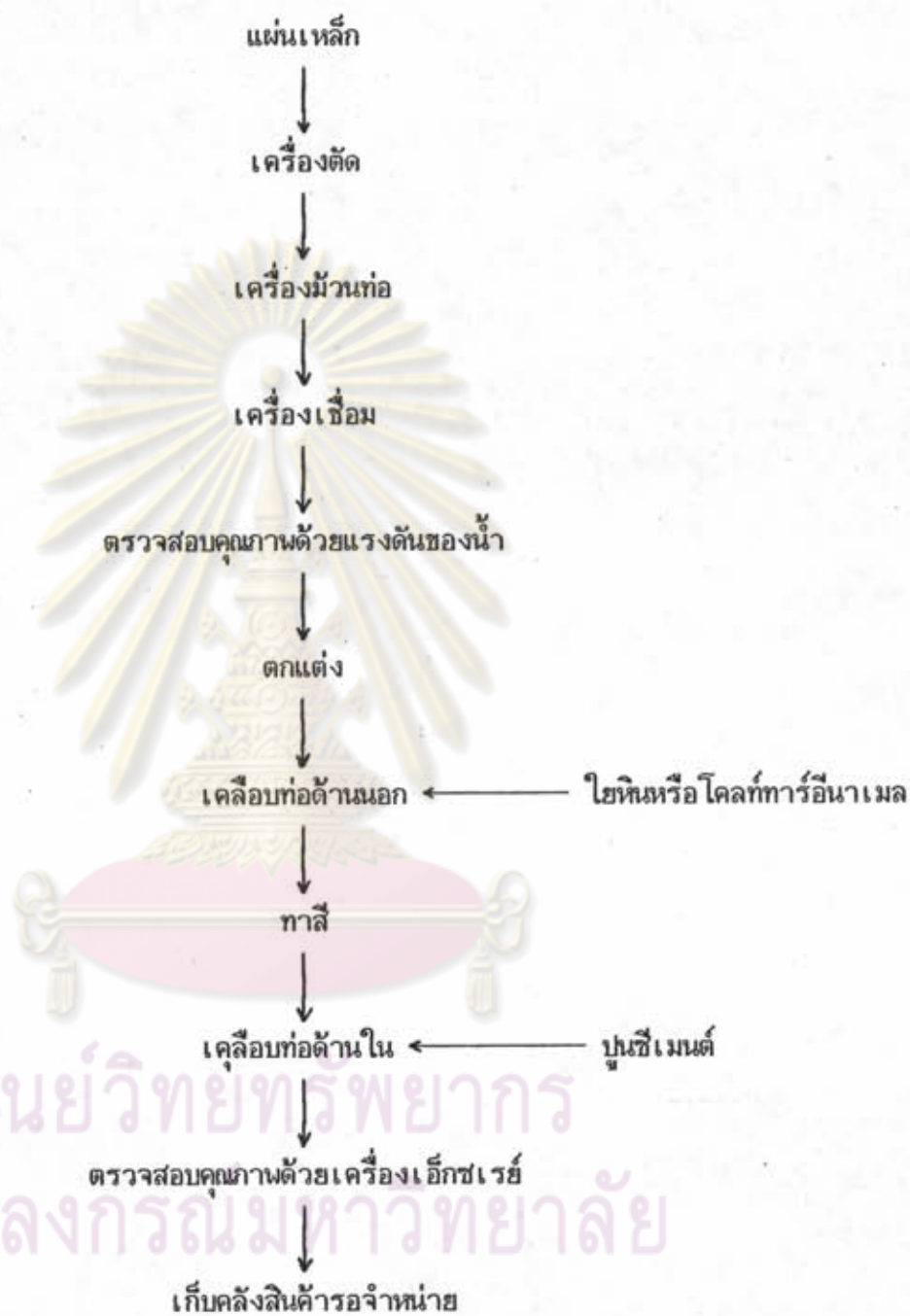
กรรมวิธีการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิดนี้คือ นำม้วนเหล็กคล้ออกแล้วตัดให้ได้รูปตามที่ต้องการ จากนั้นนำเข้าไปเครื่องม้วนท่อแบบเกลียวแบบเกลียว (Spirally Formed) และเชื่อมภายในและภายนอกทันที โดยเครื่องอัตโนมัติ หลังจากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพและตกแต่งให้เรียบสม่ำเสมอ จึงนำไปทดสอบคุณภาพโดยใช้แรงดันของน้ำ แล้วตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง หลังจากนั้นนำไปหุ้มด้วยใยหินหรือโคลทาร์อีนาเมล แล้วหุ้มด้วยกระดาษใยแก้วด้านนอกและทาสี ส่วนภายในเคลือบด้วยปูนซีเมนต์ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพอีกครั้งจึงนำไปจำหน่าย

เมื่อพิจารณากรรมวิธีการผลิตท่อเหล็กกล้าทั้งชนิด Bending Rolled Pipe และ Spiral Weld Pipe แล้ว ลักษณะการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิด Bending Rolled จะใช้แรงงานมากกว่าทุน (Labor Incentive) เมื่อเทียบกับท่อเหล็กกล้าชนิด Spiral Weld เนื่องจากช่วงเชื่อมท่อนั้น การผลิตท่อเหล็กกล้าชนิด Spiral Weld จะใช้เครื่องเชื่อมโดยอัตโนมัติ แต่การผลิตท่อนิต Bending Rolled จะใช้คนงานนำท่อไปเชื่อมทีละท่อ ซึ่งรูปแสดงขั้นตอนการผลิตแสดงในรูปที่ 2.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ขั้นตอนการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิด Spiral Weld



รูปที่ 2.10

ขบวนการผลิตชนิด UOE Steel Pipe

วิธีนี้นิยมใช้ผลิตท่อตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 16 นิ้ว หนาประมาณ 5 มิลลิเมตร ไปจนถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 56 นิ้ว หนาประมาณ 25.4 มิลลิเมตร กรรมวิธีการผลิตคือ นำแผ่นเหล็กมาตัดให้มีควมกว้างพอเหมาะกับเส้นรอบวงของท่อที่จะผลิต ส่วนความยาวของท่อแต่ละท่อนขึ้นอยู่กับความยาวของแบบอัดเหล็กแผ่นเป็นรูปตัวยูและตัวโอ นำแผ่นเหล็กที่ตัดตามขนาดแล้ว ไปตัดปลายแผ่นให้โค้งทั้งสองด้าน แล้วนำเข้าเครื่องอัดเป็นรูปตัวยู (U-ing Press) จากนั้นนำแผ่นเหล็กที่โค้งเป็นรูปตัวยู เข้าเครื่องอัดเพื่อให้แผ่นเหล็กโค้งเข้าหากันเป็นรูปตัวโอ แล้วเชื่อมต่อทั้งภายนอก ภายใน จึงนำไปตรวจสอบคุณภาพ แล้วนำไปทดสอบแรงดันของน้ำตามมาตรฐานที่กำหนด จึงนำไปตรวจสอบคุณภาพอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นนำไปเคลือบน้ำมัน หรือทาสีหรือตรวจสอบคุณภาพอีกครั้งตามที่ลูกค้าต้องการ แล้วจึงนำไปจำหน่ายต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการผลิตท่อเหล็กกล้าชนิด UOE



ศูนย์วิทยุทรัพยากร  
รูปที่ 2.11  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





### 2.1.3 ผลผลิต (Output)

สำหรับผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นที่ศึกษาอยู่มี 3 ชนิดนั้นคือ แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แผ่นเหล็กอาบสังกะสี และท่อเหล็ก และเมื่อก้าวถึงผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แล้ว พอลจะแบ่งกลุ่มผู้บริโภคผลผลิตออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- กลุ่มอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิต (ผู้บริโภคชั้นกลาง) แล้วแต่ว่าผลผลิตของอุตสาหกรรมนั้น ๆ จะมีอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิตต่าง ๆ จะนำไปใช้ในรูปใด เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบ

- กลุ่มผู้บริโภคสุดท้าย ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ภาค คือ
  - ภาคครัวเรือน (Household)
  - ภาครัฐบาล (Government)
  - ภาคการส่งออก (Export)

และยังส่วนของผลผลิตบางส่วนที่เก็บสำรองไว้เป็นวัสดุคงคลัง (Inventory) หรือขายไม่หมดเก็บไว้ในสต็อก (Stock) อีกบางส่วน ซึ่งผลผลิตของเกือบจะทุกภาคอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิตต่าง ๆ ย่อมจะต้องส่งไปจำหน่ายยังกลุ่มผู้บริโภคชั้นสุดท้ายไม่มากก็น้อย แต่ผู้บริโภคในภาคอุตสาหกรรมหรือสาขาการผลิตต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มารองรับผลผลิตของแต่ละอุตสาหกรรม ซึ่งจะได้อธิบายถึงผลผลิตและผู้บริโภคผลผลิตของทั้ง 3 อุตสาหกรรม โดยจะแยกให้เห็นในแต่ละอุตสาหกรรมต่อไป ดังนี้

#### 2.1.3.1 ผลผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก

การใช้ประโยชน์ของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- Packaging มากกว่า 90% นำมาใช้ทำกระป๋องบรรจุอาหารสำเร็จรูป ผลไม้ เครื่องดื่ม อาหารทะเล ไบซา ทมปัง เป็นต้น เพราะดีบุกไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ถ้าหากปริมาณไม่เกิน 250 ppm น้ำหนักเบา สามารถขึ้นรูปง่าย ทนต่อการกัดกร่อนสูง

- Non-Packaging ปริมาณการใช้เหล็กแผ่นเคลือบดีบุกในส่วนนี้ประมาณ 10% ที่สำคัญได้แก่

- Automotive air Filter

- Automotive oil Filter
- ชิ้นส่วนอุปกรณ์รถยนต์
- Battery Case
- PVC - Coated Tinplate

ซึ่งอัตราส่วนการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกของกิจการต่าง ๆ ในประเทศโดยประมาณ คือ

ประเภทของผลิตภัณฑ์

- อาหารทะเล	27%
- นม	21%
- สับปะรด	18%
- อื่น ๆ	34%

\* ข้อมูลจากเอกสารเผยแพร่เรื่อง Tinplate ของกองโลหกรรม กรมทรัพยากรธรณี ปี 2527

ดังนั้นจะเห็นว่าอุตสาหกรรมที่รองรับผลผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก รายใหญ่คือ อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง รองลงมาคืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ซึ่งข้อมูลที่เก็บจากโรงงานตั้งแต่ปี 2521-2527 โดยจำแนกผู้บริโภคผลผลิตออกเป็นอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง และอุตสาหกรรมอื่น ๆ มีมูลค่าและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.10

ผู้บริโภคร	อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง		อุตสาหกรรมอื่น ๆ		รวม มูลค่า	
	ปี(พ.ศ.)	มูลค่า (ล้านบาท)	เปอร์เซ็นต์	มูลค่า (ล้านบาท)		เปอร์เซ็นต์
2521		470.316	70%	201.564	30%	671.880
2522		565.500	67.28%	275.000	32.72%	840.500
2523		644.400	60.80%	415.400	39.20%	1,059.800
2524		714.200	57.75%	522.600	42.25%	1,236.800
2525		559.302	48.92%	583.910	51.08%	1,143.212
2526		521.209	38.35%	838.000	61.65%	1,359.209
2527		665.683	35.66%	1,056.000	61.34%	1,721.683

### 2.1.3.2 ผลผลิตของอุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอบสังกะสี

โดยมากแผ่นเหล็กอบสังกะสี ที่ผลิตจะเป็นสังกะสีลูกหมูเบอร์ 35 คือ คิดเป็นร้อยละ 90 ของปริมาณการผลิตสังกะสีทั้งชนิดลูกหมูและแผ่นเรียบเบอร์ต่าง ๆ ทั้งหมด ปริมาณการผลิตแผ่นสังกะสีจะมีปริมาณหรือน้อยขึ้นอยู่กับฤดูเก็บเกี่ยวของเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากสังกะสีเป็นวัสดุที่ใช้มากในท้องถิ่นชนบทในการสร้างที่พักอาศัย ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะมีรายได้ดีหรือ ไม่ก็ขึ้นอยู่กับการขายผลิตผล และจะเป็นช่วงเวลาที่ทำการปลูกสร้างที่อยู่อาศัยมากกว่าช่วงอื่น ๆ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการผลิตของโรงงานเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลของผู้ซื้อดังนี้

ช่วงเดือน	มกราคม-กุมภาพันธ์	ทำการผลิตประมาณ	60%
	มีนาคม-เมษายน	"	90-95%



พฤษภาคม	ทำการผลิตประมาณ	80%
มิถุนายน-ธันวาคม	"	50-60%

\* ข้อมูลจากเอกสารสภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเฉพาะประเภท อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ส่นง. ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2524

ดังนั้นจะเห็นว่าผู้บริโภคมผลผลิตในภาคการก่อสร้างจะเป็นสาขาการผลิตที่รองรับผลผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีรายใหญ่ และก็จะมีส่วนออกชนหรือครัวเรือน เป็นกลุ่มผู้บริโภคหลักในกลุ่มผู้บริโภคสุดท้าย ซึ่งจากข้อมูลที่สอบถามจากโรงงานในส่วนของผู้บริโภคมผลผลิตแผ่นเหล็กอาบสังกะสีตั้งแต่ปี พ.ศ.2521-2527 มีมูลค่าและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดังแสดงในตาราง 2.11

ตารางที่ 2.11

ผู้บริโภค	อุตสาหกรรมก่อสร้าง		ภาคครัวเรือน		รวม
	ปี(พ.ศ.)	มูลค่า (ล้านบาท)	เปอร์เซ็นต์	มูลค่า (ล้านบาท)	
		มูลค่า (ล้านบาท)	เปอร์เซ็นต์	มูลค่า (ล้านบาท)	เปอร์เซ็นต์
2521	1,396.445	99.31%	9.714	0.69%	1,406.159
2522	1,675.734	99.71%	4.857	0.29%	1,680.591
2523	2,010.881	99.52%	9.714	0.48%	2,020.595
2524	2,304.741	99.68%	7.286	0.32%	2,312.027
2525	2,246.455	98.72%	29.143	1.28%	2,275.598
2526	2,530.601	99.71%	7.286	0.29%	2,537.887
2527	2,387.314	99.70%	7.286	0.30%	2,394.600

### 2.1.3.3 ผลผลิตของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก

ในปัจจุบันท่อเหล็กมีบทบาทมาก สำหรับการนำไปใช้เป็นท่อส่งน้ำ น้ำมัน ก๊าซ และใช้เป็นส่วนประกอบเฟอร์นิเจอร์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นโครงสร้างในการก่อสร้าง อาคารและอื่น ๆ นับตั้งแต่ปี 2521-2524 การผลิตท่อเหล็กมีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นเกือบทุกปี แต่ในปี พ.ศ.2525 ปริมาณการผลิตลดลง เพราะปริมาณความต้องการภายในประเทศลดลง ส่วนปี พ.ศ.2526-2527 เริ่มผลิตมากขึ้น ซึ่งปริมาณความต้องการภายในประเทศและต่างประเทศ ประมาณ 5,000 ตัน/เดือน แต่ต่างประเทศมีความต้องการลดลง

ดังนั้นจะเห็นว่าภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นอุตสาหกรรมใหญ่ที่รองรับผลผลิตหรือบริโภค ผลผลิตของอุตสาหกรรมท่อเหล็ก และก็มีอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกเช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ส่วนผู้บริโภคสุดท้ายนั้นจะมีภาครัฐบาลและภาคการส่งออกเป็นกลุ่มผู้บริโภคหลัก ซึ่งจากข้อมูลที่สอบถามจากโรงงานในส่วนของผู้บริโภคผลผลิตท่อเหล็ก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2521-2527 มีมูลค่าและคิด เป็นเปอร์เซ็นต์ดังแสดงใน ตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12

ผู้บริโภค ปี (พ.ศ.)	อุตสาหกรรมก่อสร้าง มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)	อุตสาหกรรมอื่น ๆ มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)	การส่งออก มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)
2521	131.426(11.61)	485.777(42.92)	15.410(1.36)
2522	157.952(12.60)	553.943(44.20)	-
2523	182.917(13.67)	457.556(34.20)	0.872(0.07)
2524	319.288(22.65)	426.707(30.24)	-
2525	140.558(12.74)	372.562(33.76)	3.405(0.31)
2526	298.816(19.99)	407.402(27.25)	31.017(2.08)
2527	444.489(20.13)	469.650(21.26)	165.591(7.50)



ผู้บริโภค ปี (พ.ศ.)	ภาคครัวเรือน มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)	ภาครัฐบาล มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)	มูลค่ารวม มูลค่า (เปอร์เซ็นต์)
2521	254.298 (22.47)	244.783 (21.64)	1,131.694
2522	280.665 (22.39)	260.693 (20.81)	1,253.253
2523	377.870 (28.25)	318.607 (23.81)	1,337.822
2524	349.215 (24.78)	314.715 (22.33)	1,409.425
2525	292.064 (26.47)	294.985 (26.72)	1,103.574
2526	392.447 (26.25)	365.098 (24.43)	1,494.780
2527	616.809 (27.93)	512.087 (23.18)	2,208.626

หมายเหตุ ตารางที่ 2.4 ถึง 2.12 ได้จากการสอบถามจากโรงงาน ซึ่งการเก็บข้อมูลและปัญหาได้รวบรวมไว้ในภาคผนวก ก.

ในหัวข้อ 2.1 ที่กล่าวทั้งหมดนี้ ได้ชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบและส่วนต่าง ๆ ภายในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ว่าในแต่ละส่วนมีอะไรบ้างและมีส่วนเกี่ยวข้องกันอย่างไรบ้าง ส่วนสำคัญที่อยากจะแยกชี้ให้เห็นความเด่นชัดอีกคือ ในส่วนของปัจจัยการผลิตและผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้กล่าวคือ

ในส่วนของปัจจัยการผลิตนั้น ถ้าแบ่งประเภทของปัจจัยการผลิตออก จะเห็นว่าปัจจัยการผลิตหลัก คือ วัตถุดิบ กับปัจจัยการผลิตอื่น ๆ ที่เป็นส่วนสนับสนุนการผลิต ซึ่งทำให้วัตถุดิบเหล่านั้นเปลี่ยนสภาพเป็นผลผลิต ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ แรงงาน น้ำมัน เชื้อเพลิง ฯลฯ ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกปัจจัยการผลิตทั้ง 2 ประเภทนี้ว่า วัตถุดิบ (Raw Material) กับปัจจัยสนับสนุนการผลิต (Secondary Input)

ในส่วนของผลผลิตก็เช่นกัน ในทางเศรษฐศาสตร์จะแบ่งประเภทของผู้บริโภคผลผลิตของอุตสาหกรรมออกเป็น 2 ประเภทคือ ผู้บริโภคในภาคอุตสาหกรรมซึ่งใช้ผลผลิตจากอุตสาหกรรมนี้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป กับ กลุ่มผู้บริโภคขั้นสุดท้าย (Final Consumer)

ซึ่งความสำคัญของการแบ่งประเภทของปัจจัยการผลิต และผู้บริโภคผลผลิตนั้น เพื่อความ



เด่นชัดและเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปและได้สรุปในท้ายบทถึงส่วนต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา ส่วนในรายละเอียดของสภาวะการผลิตและแนวโน้มการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นทั้ง 3 ได้กล่าวถึงดังรายละเอียดในภาคผนวก จ.

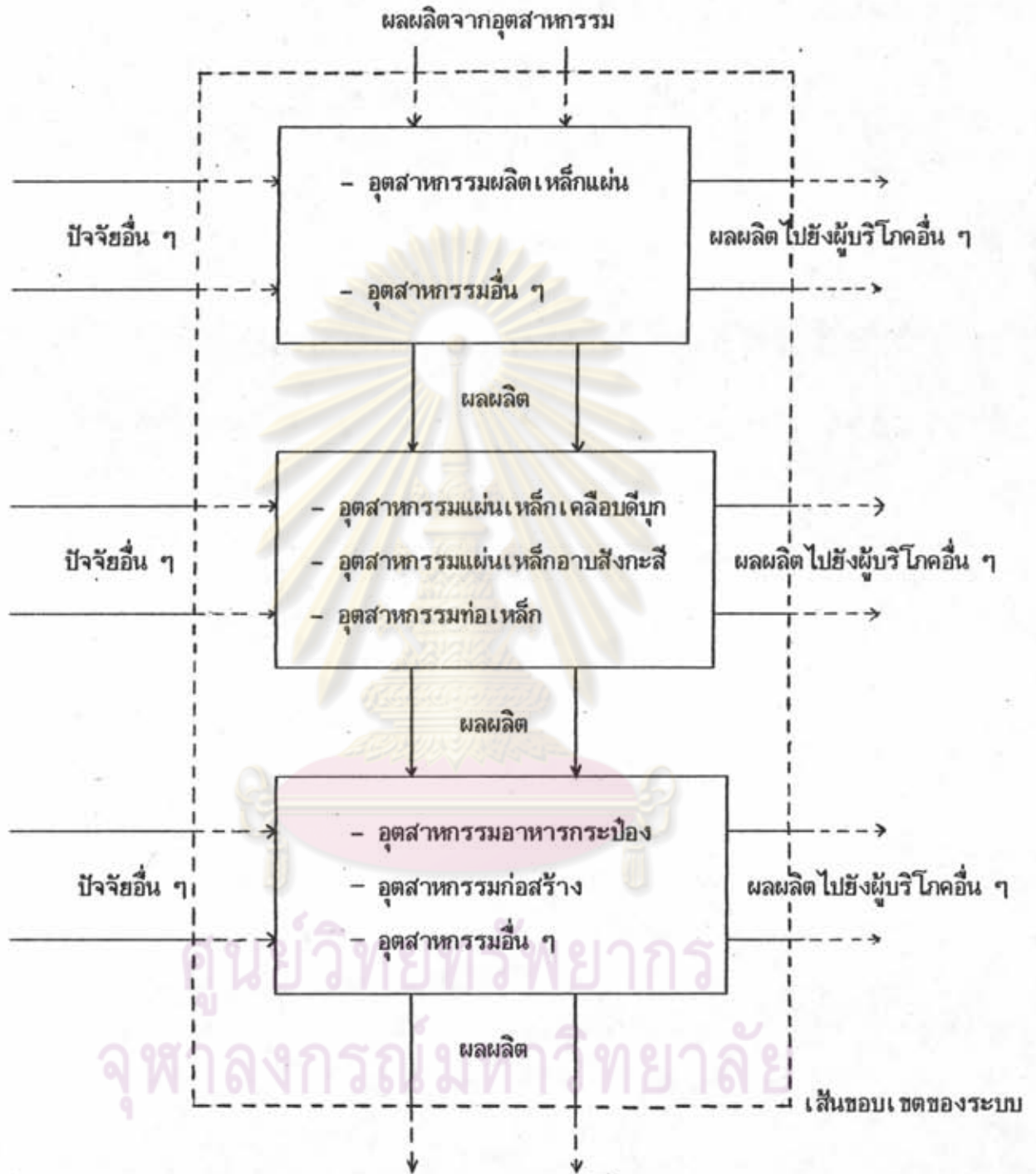
## 2.2 ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

จากที่ได้แบ่งกลุ่มของปัจจัยการผลิตและผู้บริโภคผลผลิตนั้น จะเห็นว่ามีส่วนของปัจจัยการผลิตในรูปของวัตถุดิบ (ที่มาจากภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ) และผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นที่ส่งไปยังผู้บริโภคในภาคอุตสาหกรรม เมื่อนำกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นมารวมกันมาสร้างเป็นระบบใหม่ที่มีขอบเขตจำกัด จะได้ระบบใหม่ซึ่งเป็นระบบย่อยที่เป็นส่วนประกอบอยู่ภายในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. กลุ่มอุตสาหกรรมที่ป้อนวัตถุดิบให้กับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น
2. กลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น
3. กลุ่มอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่รองรับผลผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

โดยที่ความสัมพันธ์ของระบบนี้คือ กลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ป้อนผลผลิตของตน (ในที่นี้คืออุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่น และอุตสาหกรรมอื่น ๆ) เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น และกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น (ในที่นี้คือ อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก อุตสาหกรรมแผ่นเหล็กอาบสังกะสี และอุตสาหกรรมท่อเหล็ก) นำวัตถุดิบ รวมทั้งปัจจัยสนับสนุนการผลิตอื่น ๆ ผ่านกระบวนการผลิตแล้วได้ผลผลิตออกมาและส่งผลผลิตเหล่านั้น ต่อไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ (ในที่นี้คือ อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมก่อสร้าง และอุตสาหกรรมอื่น ๆ) เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป ซึ่งระบบที่ว่านี้จะเรียกว่า "ระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น" จะเห็นว่าระบบนี้มีความสอดคล้องกับกลุ่มอุตสาหกรรมทางเศรษฐศาสตร์ คือ กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการแลกเปลี่ยนปัจจัยการผลิตชั้นกลาง กล่าวคือ การที่กลุ่มอุตสาหกรรมใด ๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนผลผลิตกันเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไป

เพื่อให้เห็นถึงขอบเขตและความสัมพันธ์ของประกอบต่าง ๆ ของระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ได้แสดงให้เห็นภาพรวมของระบบนี้ดังรูปที่ 2.12



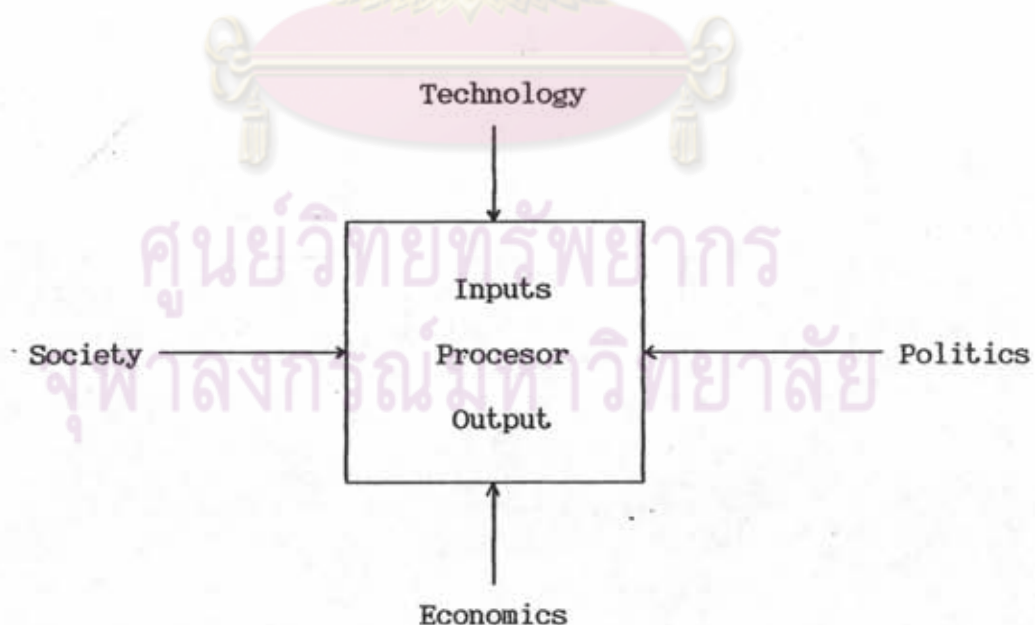
รูปที่ 2.12 แสดงอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น

การที่กำหนดและแยกให้เห็นว่าระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นเป็นระบบย่อยของระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น เพื่อที่จะให้เกิดความเด่นชัดและกำหนดขอบเขตที่แน่นอน ในการที่จะชี้ให้เห็นถึงส่วนต่าง ๆ ที่สนใจทำการศึกษา เพื่อแยกแสดงให้เห็นถึงผลอันเกิดจากสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมว่าจะทำให้ส่วนใดบ้างที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือในระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นจะมีส่วนที่สนใจทำการศึกษา ส่วนใดบ้างที่มีความเปลี่ยนแปลง โดยที่ความหมายและสิ่งที่จะทำการศึกษาในส่วนของสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมจะ ได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป

### 2.3 สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม

ในที่นี้สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม คือ สิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น ซึ่งข้อมหมายถึงทุกอย่างที่อยู่รอบ ๆ อุตสาหกรรมนี้ โดยมีผลกระทบทั้งหมดทั้งทางตรงและทางอ้อมต่ออุตสาหกรรม แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงสิ่งแวดล้อมภายนอก (External Environment) ซึ่งมีอะไรบ้างจะได้แสดงดังรูปที่ 2.13

#### External Environment of the Production System



รูปที่ 2.13



จากรูปที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่าสภาพของสังคม เทคโนโลยี การเมือง และเศรษฐกิจ มีผลกระทบต่อระบบการผลิต คือ สภาพของสังคม จะบอกให้ทราบว่าต้องการผลิตวัตถุดิบ ใด วัสดุ อย่างไร เทคโนโลยีจะนำมาซึ่งความรู้ใหม่ ๆ ในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เศรษฐกิจจะกำหนดขอบเขตการแลกเปลี่ยนการซื้อขายระหว่างกันของวัตถุและผู้อุปโภคบริโภค และระบบการเมืองจะมีผลกระทบในด้านกฎหมาย ข้อบังคับต่าง ๆ

ซึ่งสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ระบบการผลิตนั้น จะเห็นว่าทุกสิ่งเป็นตัวแปรที่จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงภายในระบบได้ทั้งสิ้น เพราะทุกสิ่งย่อมจะมีผลกระทบต่อระบบไม่ว่ามากก็น้อย และการที่จะศึกษากันอย่างละเอียดครบถ้วนจะเป็นเรื่องที่ยาก เพราะสิ่งแวดล้อมที่มากกระทบระบบบางชนิด เราไม่สามารถจะประเมิน ในรูปมูลค่า หรือมีรูปแบบที่แน่นอน อีกทั้งยังเป็น เรื่องที่สลับซับซ้อนมาก ดังนั้นแนวทางที่จะจะศึกษาได้ นั่น ก็คือเลือกเฉพาะส่วนที่สำคัญ และเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะมองให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงในระบบในรูปของเชิงปริมาณได้ ในที่นี้จะขอเน้นศึกษาเฉพาะสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากภาวะทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะสิ่งที่เห็นได้ชัดและสามารถศึกษาพฤติกรรมในอดีตในรูปของการเปลี่ยนแปลงในรูปมูลค่า คือ การเปลี่ยนแปลงราคา หรือ อัตราต่อหน่วยของ ปัจจัยสัมพันธการผลิตที่สำคัญ 4 ชนิดคือ ด้านอัตราแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา และค่าน้ำมัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะส่งผลและสามารถวิเคราะห์ให้เห็นได้ในรูปของมูลค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้จ่าย ด้านปัจจัยการผลิตและผลผลิตของระบบการผลิตได้ ซึ่งตลอดระยะเวลาในช่วงที่ผ่านมาปัจจัยเหล่านี้ มีการเปลี่ยนแปลงและเพิ่มราคาหรืออัตราต่อหน่วยมาตลอด ซึ่งมีบทบาทและส่งผลกระทบต่อระบบอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีผลทำให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศและของโลก ได้รับผลกระทบอย่างมาก เท่าที่ผ่านมาสิ่งแวดล้อมเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงราคาหรืออัตราต่อหน่วย ดังจะ ได้กล่าวถึงแต่ละชนิดดังนี้

### 2.3.1 อัตราค่าแรงงานขั้นต่ำ

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาได้มีการเคลื่อนไหวเรียกร้องให้มีการปรับอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำมาตลอด ทำให้อัตราค่าแรงงานขั้นต่ำมีการปรับให้สูงขึ้นมาตลอด จากการรวบรวมประกาศของสำนักงานคณะกรรมการค่าจ้างกรมแรงงาน ฉบับต่าง ๆ นั้น สามารถสรุปอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำเฉพาะในช่วงปีที่ทำการศึกษาคือปี พ.ศ. 2521-2527 ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13

ฉบับที่	อัตราค่าจ้างขั้นต่ำที่กำหนด (บาท)	วันที่ประกาศใช้	วันที่บังคับใช้	เขตท้องที่ที่บังคับใช้	หมายเหตุ
6	28	23 ส.ค. 20	1 ต.ค. 20	กรุงเทพฯ,	ยกเลิกฉบับที่ 8
8	35	30 ส.ค. 21	1 ต.ค. 21	นนทบุรี, ปทุมธานี	" " 9
9	45	5 ก.ย. 22	1 ต.ค. 22	สมุทรปราการ,	" " 10
10	54	1 ก.ย. 23	1 ต.ค. 23	และนครปฐม	" " 11
11	61	15 ก.ย. 24	1 ต.ค. 24		" " 13
13	64	30 ก.ย. 25	1 ต.ค. 25		" " 14
14	66	29 ก.ย. 26	1 ต.ค. 26		" " 15
15	70	25 ธ.ค. 27	1 ม.ค. 28		-

\* หมายเหตุข้อมูลจาก สำนักงานคณะกรรมการค่าจ้าง กรมแรงงาน

แต่เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษา เฉพาะช่วงปี 2521-2527 และเมื่อนำมาเฉลี่ยอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำที่มีผลเฉลี่ยเป็นอัตราตลอดทั้งปี สรุปได้ดังตารางที่ 2.14 และแสดงให้เห็นในรูปกราฟ เพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มของการขึ้นอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำดังในรูปที่ 2.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.14

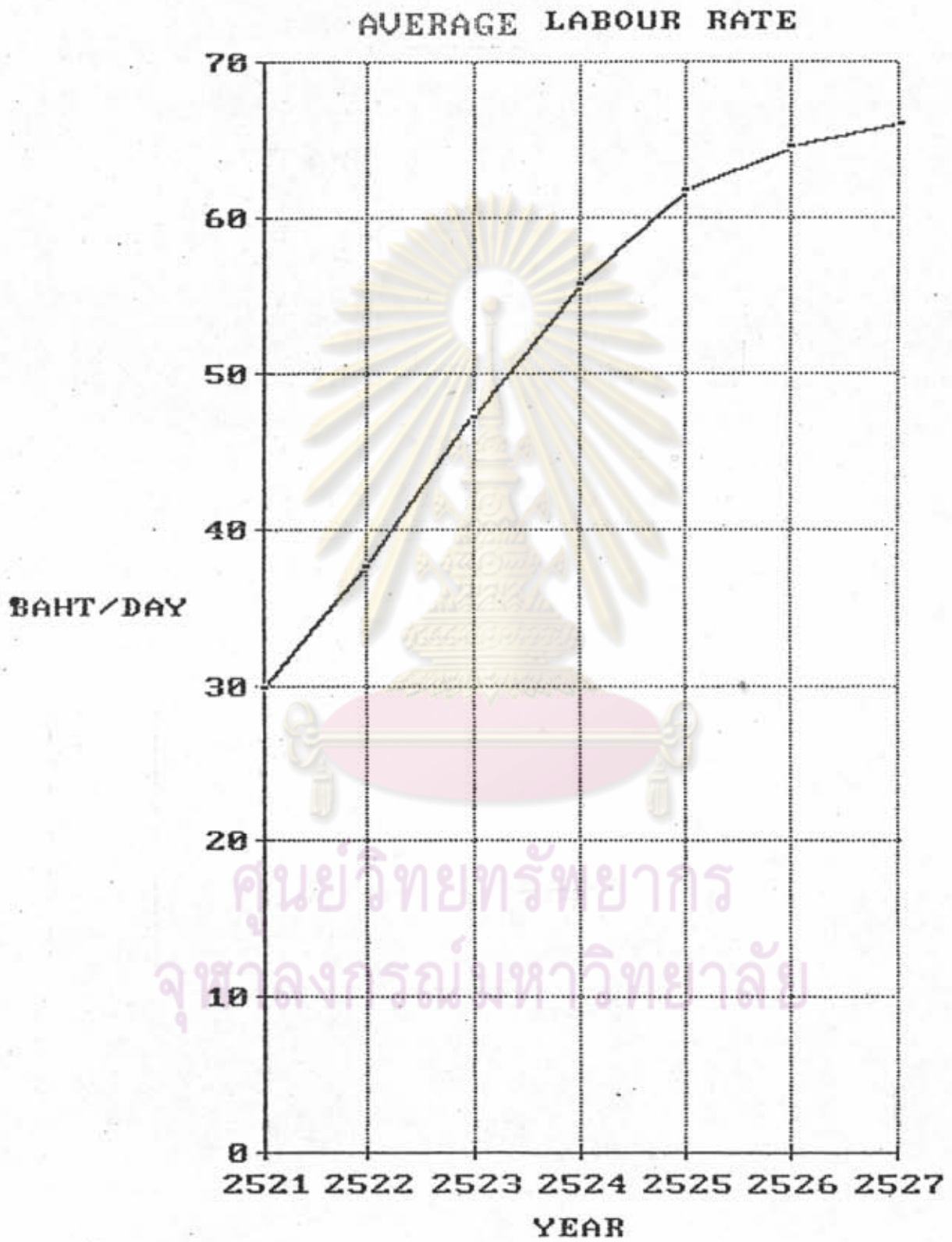
ปี	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
อัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ (เฉลี่ย)	29.75	37.50	47.25	55.75	61.75	64.5	66

หน่วย : บาท/วัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปกราฟที่ 2.14

### 2.3.2 ราคาน้ำมัน

เนื่องจากการเกิดวิกฤตการณ์ด้านราคาน้ำมันดิบ ทำให้ราคาน้ำมันเกือบทุกชนิดมีราคาสูงขึ้นมาตลอด คือ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา (เพิ่งจะเริ่มลดลงในต้นปี พ.ศ. 2529 นี้) ซึ่งส่งผลให้ระบบการผลิตในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีปัญหาเพราะต้องใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเชื้อเพลิงทำให้พลังงานในระหว่างขบวนการผลิต ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นและส่งผลให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศและของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยเฉพาะในประเทศไทยมีการประกาศเปลี่ยนแปลงราคาจำหน่ายน้ำมันบางประเภท ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521-2529 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ตารางเปรียบเทียบราคาน้ำมัน บางประเภท ตั้งแต่ปี 2520 ถึงปัจจุบัน

ชนิดของน้ำมัน	15/3/20	8/3/21	30/1/22	13/7/22	10/2/23	
เบนซิน ชนิดพิเศษ	4.22	4.98	5.60	7.84	9.80	
เบนซิน ธรรมดา	3.93	4.69	5.12	7.45	9.26	
เตา 1500	1.61	1.61	1.77	2.90	1.29	
ดีเซลหมุนเร็ว	2.64	2.64	3.03	4.88	7.39	
ดีเซลหมุนช้า	2.50	2.50	2.93	4.71	7.12	
ชนิดของน้ำมัน	19/3/23	21/1/24	2/12/24	29/3/26	1/8/26	21/2/29
เบนซิน ชนิดพิเศษ	9.80	11.90	13.45	12.60	11.70	10.20
เบนซิน ธรรมดา	9.26	11.40	11.40	11.10	10.80	9.50
เตา 1500	1.29	4.43	4.43	4.09	4.09	3.80
ดีเซลหมุนเร็ว	6.54	7.39	7.39	6.99	6.70	6.70
ดีเซลหมุนช้า	6.27	7.12	7.12	6.72	6.50	6.50

- หมายถึงข้อมูลจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

แต่เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาถึงระบบการผลิต ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำมันเตา ซึ่งใช้เชื้อเพลิงในการหลอมละลายวัสดุเคลือบผิว ดังได้กล่าวไว้ในต้นบทแล้ว และการศึกษาเฉพาะช่วงปี พ.ศ. 2521-2527 และเมื่อนำราคาน้ำมันเตา 1500 มาเฉลี่ยเป็นราคาตลอดทั้งปี สรุปได้ดังตารางที่ 2.16 และแสดงในรูปภาพเพื่อให้เห็นแนวโน้มของราคาน้ำมันเตา ดังแสดงในรูปที่ 2.15

ตารางที่ 2.16

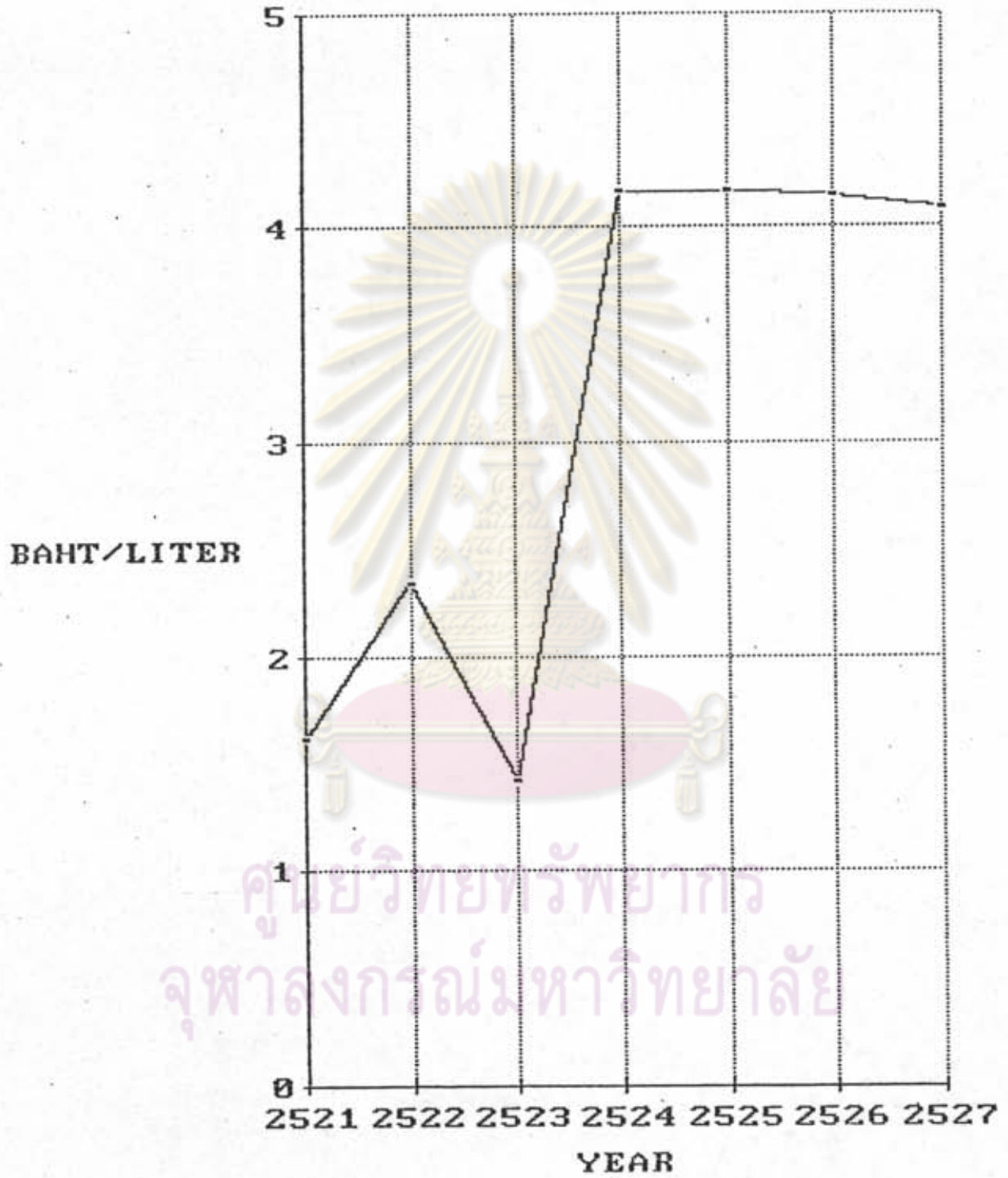
ปี (พ.ศ.)	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
ราคาน้ำมันเตา (เฉลี่ย)	1.61	2.335	1.424	4.17	4.17	4.15	4.09

(หน่วย : บาทต่อลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### AVERAGE FUEL OIL RATE



ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปกราฟที่ 2.15

### 2.3.3 ราคาค่าไฟฟ้า

เนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ต้องอาศัยน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นตัวให้พลังงานความร้อน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นราคาจำหน่ายน้ำมัน จึงมักมีผลกระทบทำให้ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นตามขั้นด้วย และตลอดช่วง 10 ปีที่ผ่านมาราคาน้ำมันในประเทศไทยมีราคาสูงขึ้นมาตลอด (ดังได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 2.3.2) ทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตมีการปรับราคาจำหน่าย กระแสไฟฟ้าให้แก่ การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าภูมิภาค ซึ่งมีผลทำให้ราคาจำหน่ายแก่ผู้บริโภคมีราคาสูงขึ้น และเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาล้วนใหญ่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง ดังนั้น จึงอ้างอิงถึงราคาจำหน่ายและการขึ้นราคาค่ากระแสไฟฟ้าที่จำหน่ายโดยการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงราคาค่ากระแสไฟฟ้านครหลวง สามารถสรุปได้ดังนี้ (เฉพาะช่วงปีที่ศึกษา)

1. ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2520 - มกราคม 2523
  - จากอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 61.03 สตางค์ เป็นอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 79.41 สตางค์
2. ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2523 - กันยายน 2523
  - จากอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 79.41 สตางค์ เป็นอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 112.17 สตางค์
3. ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2523 - ธันวาคม 2523
  - จากอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 112.71 สตางค์ เป็นอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 132.57 สตางค์
4. ตั้งแต่เดือนมกราคม 2524 - มีนาคม 2524
  - จากอัตราประมาณหน่วยละ 132.57 สตางค์ เป็นอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 152.14 สตางค์
5. ตั้งแต่เดือนเมษายน 2524 - กรกฎาคม 2524
  - จากอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 152.14 สตางค์ เป็นอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 189.19 สตางค์

6. ตั้งแต่สิงหาคม 2524 - มีนาคม 2525
- ลดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย สำหรับช่วงการไฟฟ้า 36-300 หน่วย  
ลงหน่วยละ 6 สตางค์ จากอัตราเฉลี่ยประมาณหน่วยละ 185.19 สตางค์ เป็นอัตรา  
เฉลี่ยประมาณหน่วยละ 184.46 สตางค์
7. ตั้งแต่เดือนเมษายน 2526-2529 (มีการประกาศลดในภายหลัง)
- เฉลี่ยลดลงประมาณหน่วยละ 2 สตางค์ (เหลือ 185.26 สตางค์) และมีการปรับอัตรา  
ราคาค่าไฟฟ้าให้เท่ากันทั่วประเทศทุกประเภท)
- \* ข้อมูลจากฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้านครหลวง

แต่เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะช่วงปี พ.ศ. 2521-2527 และเมื่อนำ  
ค่าไฟฟ้ามาคิดเฉลี่ยเป็นราคาตลอดทั้งปี สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.17 และได้แสดงให้เห็น  
ในรูปของกราฟเพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มของการขึ้นลงราคาค่าไฟฟ้าได้แสดงในรูปที่ 2.14

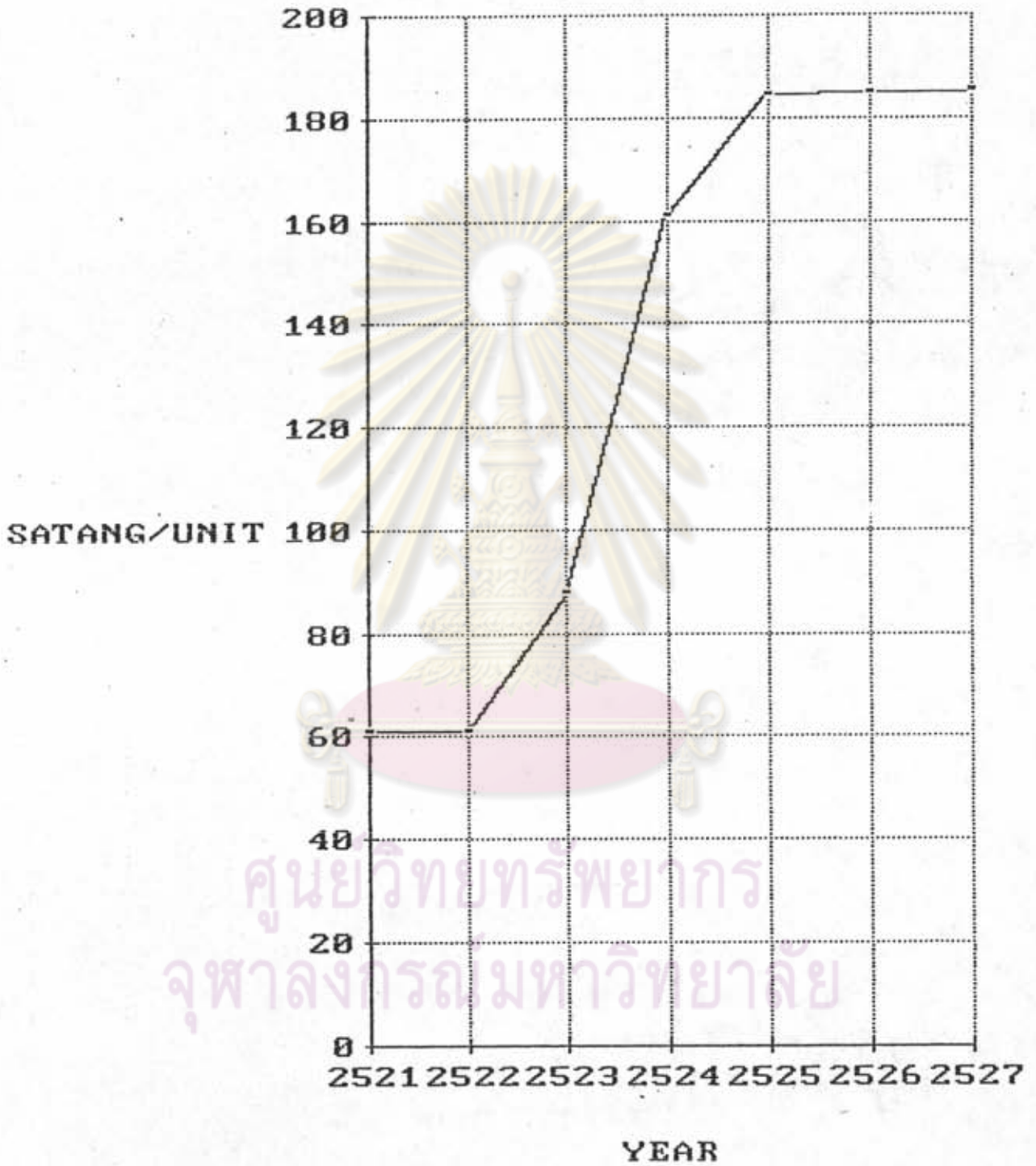
ตารางที่ 2.17

ปี (พ.ศ.)	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	61.03	61.03	87.6	161.02	184.6425	185.075	185.265

หน่วย : สตางค์ต่อหน่วย



### AVERAGE ELECTRICAL RATE



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปกราฟที่ 2.16

### 2.3.4 ราคาค่าน้ำประปา

เนื่องจากน้ำประปาถือว่าเป็นสาธารณูปโภคที่อำนวยความสะดวก และเพื่อสนับสนุนการผลิตที่สำคัญส่วนหนึ่ง และเนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของการประปานครหลวง ดังนั้นจึงอ้างอิงถึงราคาจำหน่ายและการขึ้นราคาค่าน้ำประปาที่จำหน่ายโดยการประปานครหลวง ซึ่งการประปานครหลวงได้มีการประกาศปรับอัตราค่าจำหน่ายน้ำประปาหลายครั้ง ซึ่งจากการรวบรวมเฉพาะส่วนที่จำหน่ายแก่ธุรกิจต่าง ๆ ตั้งแต่ช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ.2515-2527 สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2.18-2.20

ตารางที่ 2.18 แสดงอัตราค่าน้ำประปาที่จำหน่ายตั้งแต่ มิถุนายน 2515 - มีนาคม 2524

จำนวนลูกบาศก์เมตร-ต่อเดือน		ราคาจำหน่ายน้ำประปาต่อหน่วยลูกบาศก์เมตร	
		บาท	สตางค์
	0-6 ลูกบาศก์เมตร	ให้เปล่า	-
เกิน	6-12 "	-	50
เกิน	12-25 "	1	-
เกิน	25-50 "	1	50
เกิน	50-200 "	2	-
เกิน	200 "	2	50

ตารางที่ 2.19 แสดงอัตราค่าน้ำประปาที่จำหน่ายตั้งแต่ เมษายน 2524 - สิงหาคม 2527

ประเภทที่ 3 รัฐวิสาหกิจและธุรกิจ

ไม่เกิน	10	ลูกบาศก์เมตร	เหมาจ่ายรายละ	50.00 บาท
เกิน	10-50	"	ลูกบาศก์เมตรละ	3.25 บาท
เกิน	50-100	"	"	4.00 บาท
เกิน	100-300	"	"	5.00 บาท
ส่วนที่เกิน	300	"	"	5.50 บาท

ตารางที่ 2.20 แสดงอัตราค่าน้ำประปาที่จำหน่ายตั้งแต่เดือน กันยายน 2527 - มกราคม 2528

ประเภทที่ 2 ธุรกิจ	ก.ย.27	ต.ค.27	พ.ย.27	ธ.ค.27	ม.ค.28
รัฐวิสาหกิจและอื่น ๆ	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)
0-10 ลูกบาศก์เมตร	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
11-20 "	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00
21-30 "	3.25	3.50	3.75	4.00	4.75
31-40 "	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50
41-50 "	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75
51-60 "	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
61-80 "	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25
81-100 "	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50
101-120 "	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75
121-160 "	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00
161-200 "	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25
201 ขึ้นไป "	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50

\* หมายเหตุตารางที่ 2.18 ถึง 2.20 เป็นข้อมูลที่ได้จากฝ่ายประชาสัมพันธ์ การประปานครหลวง



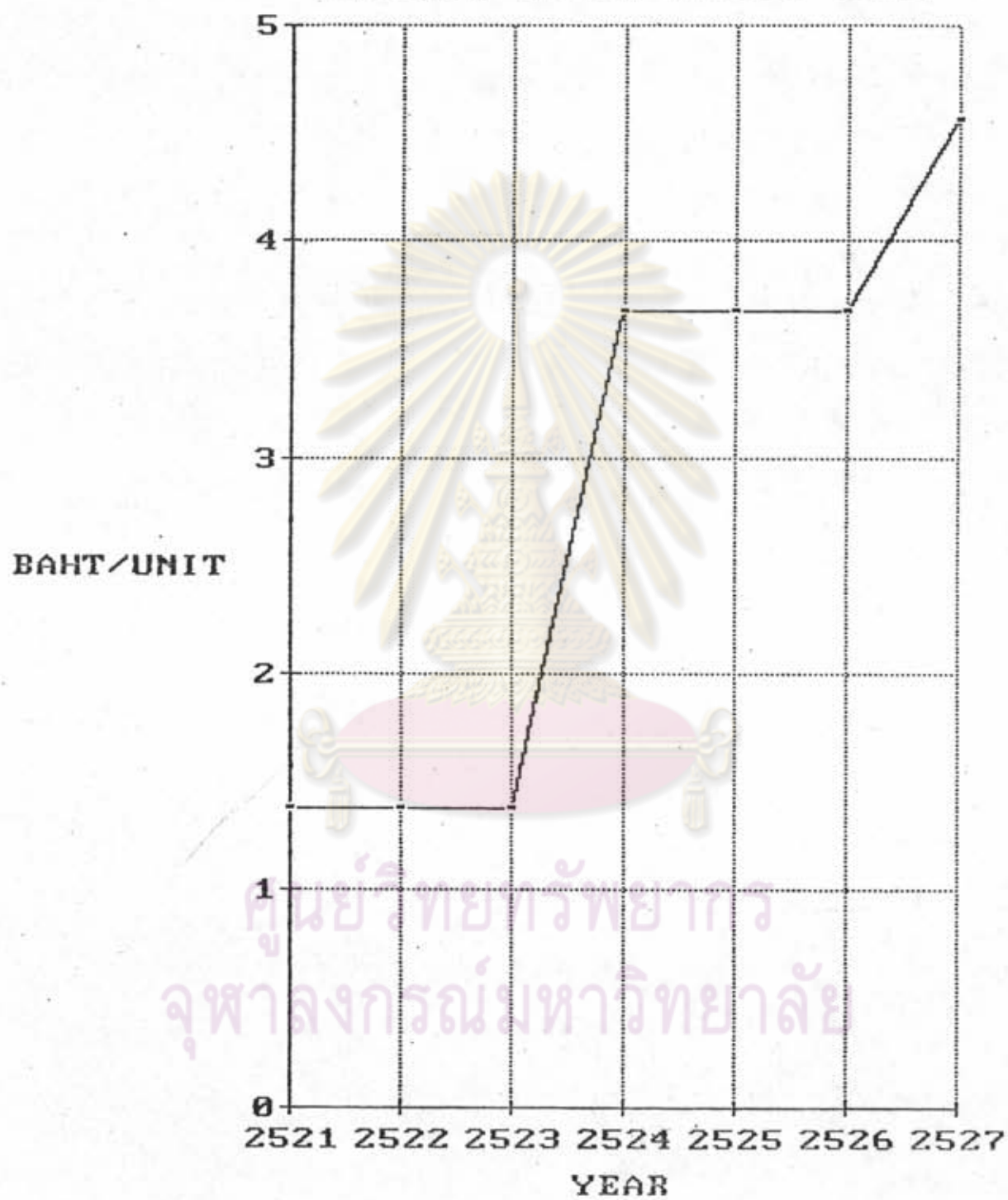
แต่เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะช่วงปี พ.ศ.2521-2527 และเมื่อนำมาเฉลี่ยอัตราค่าน้ำประปาที่ใช้ตลอดทั้งปี สรุปได้ตารางที่ 2.21 และแสดงในรูปภาพเพื่อให้เห็นแนวโน้มของการขึ้นอัตราค่าน้ำประปาดังในรูป 2.17

ตารางที่ 2.21

ปี พ.ศ.	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527
ราคาค่าน้ำประปาเฉลี่ย	1.3833	1.3833	1.3833	3.68	3.68	3.68	4.56

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## AVERAGE WATER SUPPLY RATE



รูปกราฟที่ 2.17

## สรุป

ในบทนี้มุ่งที่จะชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ขอบเขตของระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น องค์ประกอบต่าง ๆ รวมทั้งขอบเขตของระบบย่อยหรือระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่น รวมทั้งสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมที่ศึกษา ซึ่งเป็นส่วนที่จะต้องทำความเข้าใจในขั้นต้นเสียก่อนที่จะทำการศึกษาต่อไป ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ มุ่งที่จะชี้ให้เห็นผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ราคาหรืออัตราต่อหน่วย ของปัจจัยสนับสนุนการผลิตที่สนใจ คือ ด้านอัตราค่าแรงงานขั้นต่ำ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา และค่าน้ำมัน ซึ่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบการผลิตของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นคือ การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการใช้จ่ายด้านปัจจัยสนับสนุนการผลิตทั้ง 4 และจะส่งผลต่อเนื่องไปยังระบบอุตสาหกรรมที่ล้อมรอบกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้เหล็กแผ่นว่าจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

จากลักษณะข้อมูลที่เก็บในช่วงที่ทำการศึกษา คือ ปี 2521 - 2527 พอที่จะทำให้เห็นภาพในขั้นต้นของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ คือ ส่วนใหญ่ผลผลิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ขยายตัวและหดตัว) มากนัก จึงทำให้ภาวะปริมาณการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ รวมทั้งปัจจัยสนับสนุนการผลิตต่าง ๆ ไม่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากนัก (รวมทั้งเมื่อตัดอิทธิพลของภาพลวงตาเรื่องเงินตรา โดยใช้ตัวดัชนีราคาเป็นตัวปรับค่า ซึ่งจะทำได้ตัวเลขมูลค่าที่แท้จริงของการใช้ปัจจัยชนิดต่าง ๆ จะเห็นว่า การใช้ปัจจัยการสนับสนุนชนิดต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก และจะได้แสดงรายละเอียดต่อไปในช่วงการคำนวณในบทที่ 4) สิ่งเหล่านี้สามารถอธิบายได้จากวัฏจักรภาวะทางเศรษฐกิจของระบบอุตสาหกรรม ที่มีช่วงภาวะต่างๆ ของการผลิต คือ ตั้งแต่เริ่มต้น ช่วงขยายตัวและช่วงลดลงหรือหดตัวของการผลิต และเนื่องจากปัญหาในด้านข้อมูลรวมทั้งระยะเวลาที่ทำการศึกษาเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังได้แสดงในภาคผนวก ก. ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจจะทำให้เห็นภาพครบวัฏจักร (cycle) ของภาวะการผลิตได้หมด ข้อมูลที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการผลิตมากนัก เป็นช่วงที่เกือบจะอยู่ในสภาวะนิ่ง ตัวนั้นผลลัพท์ที่ได้ (จะแสดงผลการวิเคราะห์ในบทที่ 5) จึงค่อนข้างจะไม่เห็นผลที่บอกถึงการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งแนววิธีการรวมทั้งผลการวิเคราะห์จะได้แสดงในบทต่อไป