



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา (Development of Rubber Sheet Peeling and Washing Machine.)

คณะผู้วิจัย

สังกัด

1. ผศ.ฉลอง อุไรรัตน์	หัวหน้าโครงการวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
2. รศ.สมพันธ์ อำพวัน	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
3. นายสุชาติ เย็นวิเศษ	ผู้ร่วมวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
4. นายสุรพล ชูสวัสดิ์	ผู้ร่วมวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
5. นายวีรยุทธ จันทรักษา	ผู้ช่วยวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
6. นายวิชัย ประยูร	ผู้ช่วยวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
7. นายสุชาติ จันทรมณีย์	ผู้ช่วยวิจัย	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ชุดโครงการการวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา
(Development of Rubber Sheet Peeling and Washing Machine.)

ผศ.ฉลอง อุไรรัตน์ และคณะ

10 มิถุนายน 2545

Executive Summary

Project Title: Development of Rubber Sheet Peeling and Washing Machine.

Proposal's name, Organization/fax number

Mr. Chalong Urairat
Industrial Engineering Division
Rajamongala Institute of Technology
Southern Campus Songkhla
Tel. Office 074-440195 EXT 1305
Tel./Fax. Home 074-324743
Tel.Mb. 01-9903268

Problem Statement and Importance

Rubber plantation in Thailand covers an area over 12 million rais. There are more than 5 million people involved in this industry, which earns the country 80,000 million Bath a year.

Over 60% of Thailand's rubber products is the ribbed smoked sheet (RSS) which is new forcing labors shortage in the peeling and working process. The cost associated with this process is approximately 0.1 Bath/kg. There is an indication of the need of technology that can handle this job.

Objective

To design and construct a prototype machine for peeling and washing crepe sheet rubbers to be used in smoked rubber industry.

Methodology (Experimental, measurement, sampling analysis, etc.)

1. Determine and evaluate various design concepts.
2. Design the selected system.
3. Set the technical specification of the machine.
4. Working drawing.
5. Construct prototype machine.
6. Test of prototype machine.
7. Modify the prototype machine, if necessary.
8. Test the modify machine.
9. Demonstrate and disseminate the machine to industry.

Expected outputs

1. To increase the productivity and reduce the production cost for smoked rubber industry.
2. To solve the labors shortage to problem in rubber industry.

Duration

15 months

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยออกแบบ ทดลอง และสร้างต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางพาราในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและการพัฒนากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน เพื่อต้องการเพิ่มผลิตภาพและลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยโดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับยางแผ่น กระบวนการลอกและล้างยาง คุณลักษณะของยางแผ่น และขั้นตอนการลอกและล้างยางในรูปแบบที่ใช้คนงาน แล้วจึงเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำมาประมวลและสรุปผลออกมาเป็นแนวคิด กำหนดรูปแบบ และคุณลักษณะของเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา แล้วทำการสร้างตามรูปแบบ และมีการทดลองใช้และปรับปรุง ในระหว่างการสร้างไปพร้อมกัน

ผลจากทดลองกระบวนการลอกและล้างยางจากเครื่องต้นแบบที่วิจัยออกแบบแล้วหาประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างยางได้ 93.75 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ และมีกำลังการผลิตประมาณ 1.019 ตันต่อชั่วโมง

Abstract

The aim of this research is to design, construct and experiment a prototype of rubber sheet peeling and washing machine in ribbed smoked rubber sheets (RSS) process. This study helps to establish the productivity improvement and also reduce the labor shortage in RSS industry. Firstly, the information of RSS, the peeling and washing process and the physical properties, are investigated to construct the prototype machine. Next, the prototype machine is tested to determine the efficiency and performance.

The results reveal that the efficiency of the peeling and washing prototype machine is 93.75% on reliability of 90% at total capacity 1.019 ton/hr.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา เป็นโครงการวิจัยที่รับทุนอุดหนุนการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม โดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, สกว. และดำเนินการวิจัยโดยคณะทำงานจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จ.สงขลา

ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ถาวรอุตสาหกรรมยาง จำกัด และบริษัทผู้พัฒนาการยาง จำกัด ในการเข้าสำรวจข้อมูลและขอคำปรึกษาข้อมูลด้านการผลิต รวมถึงการขอยืมแผ่นยางพารามาทำการทดลองบางส่วนด้วย

สาขาวิชาอส.บ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จ.สงขลา เป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งงานวิจัยการออกแบบ สร้างต้นแบบเพื่อทดลอง และสร้างต้นแบบที่ผ่านการทดลองแล้ว โดยมีบุคลากร เครื่องมืออุปกรณ์ สถานที่และนักศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และใคร่ขอแสดงความขอบคุณ องค์กร และบุคคล ที่เกี่ยวข้องในการสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดีมา ณ ที่นี้ด้วย

ฉลอง อุไรรัตน์ และคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 อุตสาหกรรมยางพารา และผลิตภัณฑ์ยาง	5
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	13
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	14
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	15
1.6 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	15
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ	16
2.2 ความจำเป็นของกระบวนการออกแบบเครื่องจักรกลและล้าสมัย	17
2.3 การสำรวจงานวิจัย	18
2.4 ลักษณะทั่ว ๆ ไปของการออกแบบ	19
2.5 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	19
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 การดำเนินการวิจัย	21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.4 ความคิดเบื้องต้นในการออกแบบ	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 ตัวชี้วัดของกระบวนการในเครื่องต้นแบบ	31
4.2 วิธีการทดลอง	31
4.3 ผลการทดลอง	33

	หน้า
บทที่ 5 ผลการวิจัยการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลอกและล้างยาง	
5.1 เครื่องต้นแบบ	35
5.2 ประเมินผลเครื่องต้นแบบจากผลการทดลอง	36
5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากเครื่องต้นแบบ	36
5.4 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก ก. บทความงานวิจัยสำหรับเผยแพร่	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แผนภูมิสายงานพื้นฐานสำหรับการพัฒนาของเครื่องจักร	16
3.1 การจัดเรียง พับยางลงบน Pallet	22
3.2 การลำเลียงยางด้วย Forklift ไปยังบ่อล้างยาง	22
3.3 การนำยางลงบ่อแช่ก่อนลอกด้วยพนักงาน	23
3.4 พนักงานลอกยางเตรียมเข้ากระบวนการล้าง	23
3.5 พนักงานนำยางที่ลอกแล้วเข้ากระบวนการล้าง	24
3.6 พนักงานเตรียมแผ่นยางที่ผ่านกระบวนการล้างไปยังราวตาก	24
3.7 พนักงานตากยางที่ผ่านกระบวนการล้างไว้บนราวตากยาง	25
3.8 การนำแผ่นยางที่ผ่านการตากแล้วนำเข้าโรงรมควันเพื่ออบแห้ง	25
3.9 Imaginary Draft for Sheet Rubber Peeling and Washing Machine	26
3.10 Sheet Rubber Peeling and Washing Machine	27
3.11 ชุดล้างยาง (Washing Unit)	27
3.12 ชุดสายพานป้อนยาง (Feed Unit)	28
3.13 ชุดลอกยางแผ่น (Peeling Unit)	29
3.14 ชุดป้อนและยกยาง (Lift and Feed Unit)	29
3.15 ชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานล้างยาง (Roller of rubber feed Unit)	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางกว่า 12 ล้านไร่ เกี่ยวพันกับประชากร ไม่ต่ำกว่า 5 ล้านคน ในภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยางพาราทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละ 80,000 ล้านบาท นับเป็นสินค้าอยู่ใน 5 อันดับแรกของประเทศ ประเทศไทยถึงแม้จะเป็นผู้ส่งออกยางรายใหญ่ที่สุดของโลก แต่กลับปรากฏว่าอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศ โดยเฉพาะยางแผ่นรมควันเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีเลย

ปัจจุบันผลผลิตยางประมาณ 60% เป็นยางแผ่นรมควัน และประเทศไทยยังคงต้องผลิตยางแผ่นรมควันต่อไป เพราะเป็นข้อจำกัดของเกษตรกรรายย่อย และความทุรกันดารของท้องที่ที่ไม่อาจจำหน่ายผลผลิตในรูปแบบนี้ได้อย่างได้

กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันกระทำโดย ทำความสะอาดยางแผ่นที่รับซื้อมา แล้วแขวนราวผึ่งแดดก่อนเอาเข้าห้องรมที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส จนยางแห้งและสุก จึงนำออกมาคัดเกรด และตัดสิ่งสกปรกออก ก่อนที่จะอัดเป็นก้อน บรรจุคอนเทนเนอร์เพื่อส่งออก การผลิตยางแผ่นรมควันต้องใช้แรงงานมากในการลอก และตัดสิ่งสกปรก เป็นที่ประมาณการว่าค่าจ้างในกิจกรรมทั้ง 2 คิดเป็น 0.1 บาท./กก. และ 0.06 บาท./กก. ตามลำดับ การลอกยางจะมีสปอร์ราสีเหลืองฟุ้งกระจายเป็นอันตรายต่อสุขภาพคนงาน น้ำที่ล้างจะมีสภาพเป็นกรดกัดผิวหน้าคนงาน จึงต้องเปลี่ยนน้ำบ่อย สิ่งเหล่านี้คือต้นทุนที่ควรลดได้โดยพัฒนาเทคโนโลยีการลอกและการล้างให้ทำงานแทนคน เพื่อให้อุตสาหกรรมยางพาราของประเทศสามารถแข่งขันได้ ซึ่งจะนำผลต่อเนื่องถึงเกษตรกรชาวสวนยาง ต่อไป

ในปัจจุบันประเทศไทยมีผลผลิตในด้านต่างๆ ออกมามากมายหนึ่งในจำนวนนั้นก็คือผลผลิตยางพาราจากสวนยาง ซึ่งมีปริมาณ 12 ล้านไร่ ได้ผลผลิต 2 ล้านตันต่อปีและ 60% ของผลผลิตได้นำมาทำเป็นยางแผ่นรมควัน ซึ่งส่งผลให้ประเทศไทยผลิตยางแผ่นรมควันมากที่สุดในโลก สาเหตุที่ทำให้ประเทศไทยต้องผลิตเป็นยางแผ่นรมควันเพราะการครอบครองสวนยางขนาดเล็ก ความห่างไกลจากเส้นทางคมนาคมจึงทำให้เกษตรกรจึงต้องแปรรูปจากน้ำยางสดเป็นยางแผ่นดิบเพราะสะดวกในการจำหน่ายทางภาคใต้ มีโรงงานซึ่งจัดทำยางสำเร็จรูปเพื่อการส่งออกอยู่หลายชนิด นอกจากยางแผ่นรมควันแล้วยังมียางแท่ง และน้ำยางข้น ซึ่งจะขอล่าวกรรมวิธี การผลิตของผลิตภัณฑ์ยางเหล่านี้พอสังเขป

กรรมวิธีการผลิตยางโดยทั่วไป

- ยางแท่ง (Thai Tested Rubber)

ยางแท่งได้จัดแบ่งเกรดตามมาตรฐานไว้ 5 เกรด คือ TTR 5L , TTR 5, TTR 10, TTR 20, และ TTR 50 สำหรับ TTR 5L และ TTR 5 จะผลิตจากน้ำยางสดเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. นำน้ำยางสดมาวัดความเข้มข้น แล้วผสมกรดฟอร์มิก
2. คลุมภาชนะใส่น้ำยางด้วยพลาสติกสีดำ ป้องกันไม่ให้ถูกแสง เพื่อให้น้ำยางจะไม่เปลี่ยนเป็นสีคล้ำ
3. ทิ้งน้ำยางไว้ 1 คืน น้ำยางจะฟุ้ง และจับกันเป็นก้อนคล้ายฟองน้ำ
4. นำน้ำยางก้อนเข้าเครื่องตัด เพื่อตัดให้เป็นชิ้นเล็ก
5. ป้อนยางชิ้นเล็ก ๆ เข้าเครื่องอัดดัน จะได้ยางเป็นเส้นฝอย ๆ ออกมาตามรูของเครื่อง
6. นำยางเส้นฝอย ๆ เข้าเครื่องอบ อุณหภูมิ 100°C ประมาณ 4 ชั่วโมง เมื่อตรวจดูว่ายางแห้งและสุกเหลืองดีแล้วจึงนำออกมา
7. นำยางที่สุกดีแล้วเข้าเครื่องชั่ง ชั่งให้ได้น้ำหนัก 33.33 กก.
8. นำเข้าเครื่องอัด เพื่ออัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยม
9. ตัดยางแท่งที่อัดแล้วตรงมุมเล็กน้อย เพื่อนำไปตรวจสอบและแบ่งเกรด
10. นำยางแท่งที่ได้ ห่อพลาสติกโพลีชีน และบรรจุลงไม้ เพื่อออกจำหน่าย

ส่วน TTR 10 , TTR 20 และ TTR 50 จะผลิตจากแผ่นยาง และเศษยาง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. ทำความสะอาดและล้างยาง
2. ผ่านยางที่ล้างแล้วนั้นบนเครื่อง เพื่อตัดยางออกเป็นชิ้นย่อย ๆ
3. นำไปบดเป็นเนื้อเดียวกัน
4. ผ่านยางที่ได้ไปบนเครื่องเครป
5. ยางที่ผ่านเครื่องเครปแล้วนำไปตัดเป็นชิ้นย่อย ๆ
6. หลังจากนั้นนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบ ณ อุณหภูมิ 100°C ประมาณ 4 ชั่วโมง
7. ยางที่อบแล้วนำไปชั่งน้ำหนักอัดให้เป็นแท่ง ๆ ละ 33.33 กก.
8. ตัดมุมของยางแท่งเพื่อเป็นตัวอย่างนำไปทดสอบเพื่อแบ่งเกรดยาง
9. ห่อด้วยพลาสติกโพลีชีน แล้วบรรจุลงไม้ เพื่อออกจำหน่าย

น้ำยางชั้น

ใช้น้ำยางสดที่ได้จากสวน เป็นวัตถุดิบ โดยชาวสวนจะขายน้ำยางสดให้กับโรงงาน ผ่านพ่อค้าคนกลางโดยต้องเติมแอมโมเนีย เพื่อป้องกันยางจับตัว น้ำยางสดเมื่อถึงโรงงานผลิตยางชั้น จะผ่านการกรองลงสู่ถังรวม และนำน้ำยางตัวอย่างทดสอบหาปริมาณเนื้อยางแห้ง ถ้าน้อยกว่า 25% จะไม่ผลิตน้ำยางชั้น การผลิตน้ำยางชั้น ในปัจจุบันที่ทำกันอยู่มี 4 วิธี คือ

1. วิธีปั่นหนีศูนย์กลาง (Centrifuging)
2. วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming)
3. วิธีการระเหยน้ำ (Evaporation)
4. วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

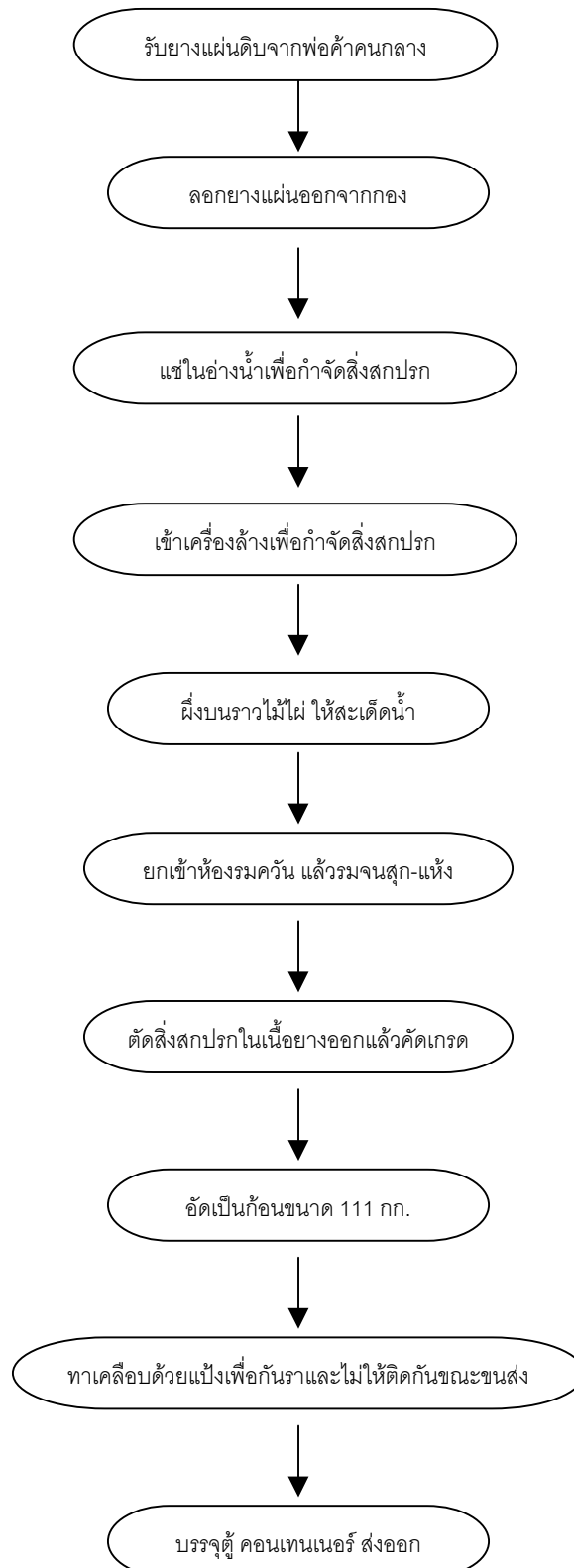
แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคือ วิธีใช้เครื่องปั่นหนีศูนย์กลาง เพราะสามารถผลิตได้เร็ว ซึ่งจะขอกล่าวเฉพาะวิธีปั่นหนีศูนย์กลาง

นำน้ำยางสดที่เตรียมไว้แล้ว มาเข้าเครื่องปั่นหนีศูนย์กลางโดยผ่านเข้าเครื่องปั่นแยก ซึ่งเครื่องจะปั่นหมุน ด้วยความเร็วสูงมาก ทำให้เกิดการแยกชั้นของน้ำยางออกเป็น 2 พวก ซึ่งถูกกั้นระหว่างกลางด้วย ชั้นที่อิสระ แรงสู่ศูนย์กลางจะพาเอาอนุภาคของน้ำยางที่เบากว่า ไปรวมกันอยู่บริเวณศูนย์กลางของเครื่องปั่นแยก แล้วลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบนดันกันออกไป ตามรูข้างบน ซึ่งเป็นทางออกของน้ำยางชั้นที่ต้องการลงสู่ที่รวมน้ำยาง แล้วไหลสู่ภาชนะเก็บต่อไป ส่วนของเหลวอีกพวกหนึ่งจะถูกแรงหนีศูนย์กลาง พาออกไปจากจุดศูนย์กลาง ของเครื่องปั่นแยก ส่วนนี้คือของเหลวที่เรียกว่า Serum ซึ่งหนักกว่าแยกลงสู่ ด้านล่างออกมาเป็นหางน้ำยาง โดยวิธีนี้จะได้น้ำยางชั้นที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 60 – 60 นำไปเติมแอมโมเนีย บรรจุภาชนะเพื่อจำหน่ายต่อไป

ถึงแม้ประเทศไทยจะมีแนวโน้มในการผลิตยางแท่งมากขึ้นแต่ประกอบกับกลสมบัติของยางแผ่นรมควันแตกต่างจากยางแท่งจึงทำให้อุตสาหกรรมบางประเภทยังต้องการยางแผ่นรมควันอยู่ จากการคาดการณ์ภายใน 10-15 ปี ข้างหน้านี้ประเทศไทยยังคงต้องผลิตยางแผ่นรมควันไม่น้อยกว่า 40% ของผลผลิตทั้งหมดที่คาดว่าจะเพิ่มจาก 2 ล้านตัน เป็น 2.4 ล้านตัน

- ยางแผ่นรมควัน

การผลิตยางแผ่นรมควันจะทำในระดับโรงงาน โดยทางโรงงานจะเป็นผู้ซื้อยางแผ่นดิบจากพ่อค้าคนกลางที่รับซื้อยางแผ่นดิบจากเกษตรกรซึ่งพอจะสรุปขั้นตอนการผลิตยางแผ่นรมควันได้ ดังนี้



แต่เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในขบวนการผลิตยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรทั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าจะในขั้นตอนการลอกยางพารา ขั้นตอนการล้างยางพารา ห้องรมควันที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ การกำจัดสิ่งสกปรกซึ่งปัญหาที่ประสบอยู่คือ ยางแผ่นดิบที่เกษตรกรผลิตเมื่อถึงโรงงานจะอยู่ในรูปของกองยางแผ่นที่วางซ้อนทับกันเป็นเวลานาน (สะสมที่ชาวสวน พ่อค้าคนกลาง และในโกดังวัตถุดิบของโรงงาน) ปกติผิวยางแผ่นจะถูกรีดให้เป็นรอยนูนเพื่อลดการเกาะติดกัน แต่การกองทับเป็นเวลานานจะทำให้ผิวติดกัน ยางแผ่นดิบที่ซื้อมาจะสกปรกที่ผิวเนื่องจากเกษตรกรตากยางแผ่นอย่างไม่ระมัดระวัง จึงมีฝุ่นละออง เศษไม้ และกรวดทรายติดที่ผิว (ยางแผ่นที่แปรรูปจากน้ำยางสดจะมีน้ำอยู่มาก ต้องตากให้แห้งระดับหนึ่งก่อน) นอกจากนั้นการกองทิ้งไว้นานๆ ในสภาพอากาศชื้นของภาคใต้ทำให้เกิดราสีเหลืองที่ผิว (ผิวที่มีรอยนูนทำให้มีโพรงอากาศและราขึ้นได้) โรงงานจึงต้องลอกยางแผ่นออกจากกองเพื่อล้างทำความสะอาดแรงเกาะติดกันของยางต้องใช้กำลังมาก การลอกทำให้ราฟุ้งกระจาย อันอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ โรงงานจึงประสบปัญหาขาดแคลนแรงงานเพราะสภาพการทำงานไม่เป็นที่พอใจ

ยางเมื่อลอกแล้วจะถูกล้างในอ่างน้ำ กรดที่อยู่ในยาง (การทำยางแผ่นจะต้องผสมกรดฟอร์มิคส์ในน้ำยางเพื่อให้จับตัวแข็ง) จะละลายปนออกมาทำให้ระคายเคืองผิวหนังคนงาน เป็นเหตุให้ต้องเปลี่ยนน้ำบ่อย ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ประกอบกับประเทศมาเลเซียผลิตแต่ยางแท่ง ไม่ได้ผลิตยางแผ่นจึงไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมนี้ ซึ่งไม่เหมือนกับเครื่องจักรอุตสาหกรรมยางแท่งและน้ำมันปาล์มในประเทศไทยซึ่งเป็นเทคโนโลยีนำเข้ามาจากมาเลเซีย การทำยางแผ่นรมควันจึงต้องใช้แรงงานมาก ในขณะที่ค่าจ้างแรงงานสูงขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตยางแผ่นรมควันสูงขึ้นด้วยและทำให้ไทยเสียศักยภาพในการแข่งขัน

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับอุตสาหกรรมนี้เพื่อทดแทนแรงงานคนเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลิตภาพทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีการศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของขั้นตอน การล้างและการลอกยางพารา จึงส่งผลให้มีการจัดทำชุดโครงการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องล้างและลอกยางพารานี้ขึ้นมา

1.2 อุตสาหกรรมยางพารา และผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.1 นิยาม

อุตสาหกรรมยางพาราเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นต้นที่นำเอาน้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางพารามาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ยางพาราที่ผลิตได้แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครป ยางผึง

แห้งและน้ำยางข้น ยางพาราเหล่านี้จะนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป เช่น ยางยานพาหนะ ยางรถยนต์ ยางรถจักรยาน-ยางรถจักรยานยนต์ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ ฯลฯ

ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยในปี พ.ศ. 2539 ผลิตได้ประมาณ 1.978 ล้านตัน หรือร้อยละ 31 ของที่โลกผลิตได้ทั้งหมดจำนวน 6.34 ล้านตัน แต่เมื่อพิจารณาด้านการนำยางพาราไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางภายในประเทศแล้ว ปรากฏว่ามีการนำยางพารามาใช้เพียงประมาณ ร้อยละ 8 ของผลผลิตทั้งหมดเท่านั้น นอกนั้นต้องพึ่งตลาดส่งออก

1.2.2 สถานภาพของอุตสาหกรรม

1.2.2.1 บทบาทและสถานะเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

บทบาท

อุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับการผลิตภาคเกษตร คือ การปลูกยางพารา หากพัฒนาอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์ให้มีบทบาทในการใช้ยางพารามากขึ้นไม่เพียงแต่จะสร้างมูลค่าเพิ่ม การจ้างงานและรายได้ในภาคอุตสาหกรรม ยังก่อให้เกิดประโยชน์ต่อราคายางพาราและรายได้ของเกษตรกรด้วย บทบาทของอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์ต่อเศรษฐกิจในภาพรวมมีดังนี้

1). **มูลค่าเพิ่ม** ผลิตภัณฑ์ยางมีมูลค่าเพิ่ม 36,123 ล้านบาท (ปีพ.ศ.2539) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.6 ของมูลค่าเพิ่มภาคอุตสาหกรรม

2). **การจ้างงาน** มีโรงงานอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางประมาณ 630 โรงงาน และมีการจ้างงานในอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์ รวมประมาณ 69,000 คน จำแนกเป็นการจ้างงานในอุตสาหกรรมยางพารา (แปรรูปขั้นต้น) คือ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเคบป ยางผึ่งแห้ง และน้ำยางข้น ประมาณ 25,000 คน และในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ยางยานพาหนะ ถุงมือ ยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ ยางยืด ที่นอน ฯลฯ ประมาณ 44,000 คน นอกจากนี้ ยังมีการจ้างงานในภาคการเกษตร คือ การปลูกและกรีดยางอีกประมาณ 800,000 ครัวเรือน

3). **การส่งออก** ยางพาราและผลิตภัณฑ์เป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่ามากเป็นอันดับ 4 กล่าวคือ ปี พ.ศ. 2539 มูลค่าการส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ 82,464 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 7.9 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าอุตสาหกรรม ซึ่งจำแนกรายละเอียดได้ คือ

- **อุตสาหกรรมยางพารา (ยางแปรรูปขั้นต้น)**

การปลูกยางพารา ในปี พ.ศ. 2540 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกยางประมาณ 12.29 ล้านไร่ ผลผลิตโดยเฉลี่ยประมาณ 183 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 115 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี พ.ศ.2530 ทั้งนี้ เนื่องจากการได้มีการใช้ยางพันธุ์ดีมาปลูกแทนยางเก่าและปลูกในพื้นที่ใหม่มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การปลูกยางพาราของไทยส่วนใหญ่เป็นสวนยางขนาดเล็กซึ่งดำเนินการโดยเกษตรกรรายย่อยจำนวนมาก และปลูกยางพาราพันธุ์ที่แตกต่างกัน คุณสมบัติและคุณภาพของน้ำยางดิบที่ได้จะมีความหลากหลาย ในขณะที่ต้นทุนในการปลูกยางและผลิตน้ำยางดิบมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะต้นทุนด้านแรงงาน

ปริมาณการผลิตยางพารา ในปี พ.ศ. 2539 มีผลผลิตยางพาราทั้งสิ้นประมาณ 1.9 ล้านตัน (ประมาณร้อยละ 70-80 ของกำลังการผลิต) ในจำนวนนี้เป็นการผลิตยางแผ่นรมควันมากที่สุด ประมาณร้อยละ 63.4 รองลงมาเป็นยางแท่งประมาณร้อยละ 16.6 และน้ำยางข้นประมาณร้อยละ 12.5 ที่เหลือเป็นยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครป และอื่นๆ จากสถิติการผลิตยางพาราในระยะที่ผ่านมาแล้ว ปรากฏว่า ปริมาณการผลิตแผ่นรมควันและยางเครปได้มีสัดส่วนที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณการผลิตยางแท่งและน้ำยางขนมมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น

การใช้ยางพารา การใช้ยางพาราภายในประเทศของไทยยังอยู่ในสัดส่วนที่ค่อนข้างต่ำ ประมาณร้อยละ 9 ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด โดยอยู่ในอัตราที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับมาเลเซียซึ่งมีสัดส่วนการใช้ยางภายในประเทศมากกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณผลผลิตของประเทศ

การส่งออก ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยในพ.ศ. 2539 ประเทศไทยส่งออกยางพารา คิดเป็นมูลค่า 63,373 ล้านบาท ในจำนวนนี้เป็น การส่งออกยางแผ่นรมควันถึงร้อยละ 63 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด รองลงมาเป็นยางแท่ง และน้ำยางข้น อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของการส่งออกยางแท่งและน้ำยางขนมเริ่มมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น

- **อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง**

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางของไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตเพื่อการส่งออก คือ ประมาณร้อยละ 80 ของการผลิต ยกเว้น ยางรถยนต์ที่ผลิตเพื่อใช้ในประเทศถึงร้อยละ 80 ประเภทอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางที่มีบทบาทสำคัญต่อการใช้อย่างพาราได้แก่ ยางยานพาหนะ (ยางรถยนต์ ยางรถจักรยานยนต์ และยางอื่นๆ) ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลิตภัณฑ์ยางที่ไทยมีการส่งออกแล้วพบว่า ในมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางทั้งหมดไทยมีการส่งออกยางยานพาหนะร้อยละ 33 ถุงมือยางร้อยละ 35 ยางรัดของร้อยละ 7 และผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ อีกร้อยละ 25 ซึ่งถ้ามองในด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมยางในเอเชีย ประเทศมาเลเซียเป็นคู่แข่งสำคัญของไทย โดยได้มีการลดพื้นที่เพาะปลูกยางพาราลงและเน้นการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางแทนสำหรับสถานการณ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางจะกล่าวถึงเฉพาะประเภทที่มีมูลค่าการส่งออกมาก ดังนี้

- **ยางรถยนต์** อุตสาหกรรมยางรถยนต์ในประเทศแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

กลุ่มผู้ผลิตที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง กลุ่มนี้จะร่วมลงทุนกับบริษัทต่างชาติ เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีและเงินลงทุนในส่วนของเครื่องจักรสูงเพื่อให้สามารถผลิตยางรถยนต์ให้ได้ตามมาตรฐานโลก นอกจากนี้ เครื่องหมายการค้าของบริษัทร่วมทุนก็เป็นที่ยอมรับและนิยมในหมู่ผู้บริโภค ตลอดจนการมีเครือข่ายการตลาดทั่วโลกที่ดีจะช่วยให้มีความสามารถทางการตลาดที่เข้มแข็งด้วย บริษัทข้ามชาติหรือบริษัทร่วมทุนกับต่างประเทศเหล่านี้ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เป็นต้น

กลุ่มที่ผลิตขนาดย่อม ผู้ผลิตในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดด้านเงินลงทุน ใช้เทคโนโลยีที่ได้มาพร้อมกับการซื้อเครื่องจักรจากไต้หวัน หรือพัฒนาเครื่องจักรกันเองตามประสบการณ์จากการร่วมทำงานในบริษัทใหญ่ ผู้ผลิตของไทยจึงมีโอกาสน้อยที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์และการตลาด รวมทั้งการพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ในอุตสาหกรรมการผลิต

ปริมาณการผลิต ช่วงปี พ.ศ.2535 ได้มีบริษัทข้ามชาติรายใหญ่มาร่วมลงทุนในประเทศไทยเพิ่มขึ้น และมีเป้าหมายเพื่อการส่งออก ทำให้ปริมาณการผลิตได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี พ.ศ. 2539 ปริมาณยางรถยนต์ที่ผลิตได้ประมาณ 9 ล้านเส้น

ตลาดยางรถยนต์

1. **ตลาดในประเทศ** ยางรถยนต์ที่ผลิตได้จะจำหน่ายในประเทศร้อยละ 80 ของปริมาณการผลิต ได้แก่ ตลาดโรงงานประกอบรถยนต์ (Original Equipment Manufacturing:OEM) และตลาดยางทดแทนหรือยางอะไหล่ (Replacement Equipment Manufacturing:REM)

2. **ตลาดต่างประเทศ** คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 20 ของปริมาณการผลิตทั้งหมดปี พ.ศ. 2539 มีการส่งออกยางรถยนต์ 2,658.3 ล้านบาท แยกเป็นยางรถบรรทุก 1,686.5 ล้านบาท (ร้อยละ 61) และรถยนต์ 971.81 ล้านบาท ประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ ออสเตรเลีย พม่า เกาหลีใต้ ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ แทนซาเนีย และสิงคโปร์

- **ยางรัดของ**

การผลิต ยางรัดของที่ผลิตในไทยมี 2 ลักษณะ คือ ยางแก้วและยางแป้ง ยางแก้วเป็นยางรัดของที่มีคุณภาพดีและราคาแพง ส่วนยางแป้งจะมีคุณภาพด้อยกว่า ประเทศไทยมีการพัฒนาการผลิตยางรัดของมาเป็นเวลานานทำให้สามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสูง ปัจจุบันมีผู้ประกอบการรายใหญ่ที่ผลิตสินค้าคุณภาพสูง ประมาณ 6-7 ราย

อุตสาหกรรมยางรัดของเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้ยางธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนการผลิต เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้คนงานที่ไม่จำเป็นต้องมีการศึกษาสูงเพราะจะใช้แรงงานเป็นหลัก ยางรัดของนำไปใช้มากในกิจการหีบห่อสิ่งของ เช่น พัสตุโปรชนี การมัดสิ่งของ และการห่อของขวัญ

การตลาด การผลิตยางรัดของในประเทศไทยเป็นการผลิตเพื่อส่งออกเป็นส่วนใหญ่ โดยส่งออกสูงถึงร้อยละ 90 จำหน่ายในประเทศเพียงร้อยละ 10 ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ทั้งปริมาณและมูลค่า ตลาดในประเทศ มีการใช้ยางรัดของในประเทศประมาณปีละ 3,000 ตัน โดยมีอัตราการเติบโตในการใช้ที่เพิ่มขึ้นเข้ามา คือ 500 ตันจากเมื่อ 15 ปีก่อน นอกจากนี้ผู้บริโภคชาวไทยนิยมใช้ยางรัดของเพียง 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 7/8 นิ้ว

การส่งออก ประเทศไทยส่งออกยางรัดของร้อยละ 90 ของผลผลิต โดยส่งออกประมาณ 30,000 ตันต่อปี ตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา (ร้อยละ 40 ของการส่งออกทั้งหมด) นอกนั้นกระจายในตลาดอื่น เช่น ฝรั่งเศส สหราชอาณาจักร ฮองกง อิตาลี และ เบลเยียม คู่แข่งขันสำคัญของไทยในการส่งออกยางรัดของ ได้แก่ ศรีลังกา และ อินโดนีเซีย ซึ่งอินโดนีเซียและศรีลังกามีต้นทุนและค่าแรงงานต่ำกว่าไทย

• ถู่มือยาง

ถู่มือยางมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ถู่มือยางที่ใช้ในวงการแพทย์ ถู่มือที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ถู่มือที่ใช้ในบ้านเรือน ผู้ผลิตถู่มือยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. **โรงงานขนาดใหญ่** เป็นการลงทุนโดยบริษัทข้ามชาติซึ่งใช้เงินลงทุนสูง เช่น บริษัท แอนเซลล์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นของประเทศออสเตรเลีย ซึ่งบริษัทนี้มีสาขาการผลิตในมาเลเซีย 2 แห่ง และศรีลังกา 1 แห่ง

2. **โรงงานขนาดย่อมและขนาดกลาง** (มีขนาดกำลังผลิตต่ำกว่า 100-500 ล้านชิ้น/ปี) เป็นกิจการที่ลงทุนโดยคนไทย หรือร่วมทุนกับชาวต่างชาติ เช่น ชาวไต้หวัน สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และ ฮองกง

การผลิต อุตสาหกรรมถู่มือยางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมาก (Labor Intensive) ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 12-17 ของต้นทุนการผลิต ขั้นตอนที่ใช้แรงงานมากที่สุด คือ การตรวจสอบคุณภาพถู่มือ ตรวจดูรูรั่ว ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1 ใน 3 ของคนงานทั้งหมดในโรงงาน วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตถู่มือยาง คือ น้ำยางข้น และ สารเคมี โรงงานขนาดใหญ่จะได้เปรียบในเรื่องต้นทุนสารเคมีเพราะสามารถสั่งซื้อสารเคมีโดยตรงจากผู้ผลิตได้คราวละมาก ๆ ทำให้ต้นทุนการซื้อถูกลง โรงงานผลิตถู่มือยางของไทยร้อยละ 90 จะผลิตถู่มือยางประเภท (examination gloves) ชนิดแป้ง

ที่ใช้ในงานตรวจโรค ซึ่งผู้ผลิตในไทยจะมีความได้เปรียบในการผลิตถุงมือยางประเภทนี้ เพราะไทยมีต้นทุนด้านน้ำยางข้นและแรงงานที่ต่ำกว่า ในขณะที่ผู้ผลิตในมาเลเซียใช้เทคโนโลยีที่ดีกว่าไทยทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้ดีกว่าไทย เช่น ถุงมือผ่าตัด ถุงมือชนิดไม่มีแป้ง หรือ ถุงมือโปรตีนต่ำ ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูง (ราคาจำหน่ายสูง)

ตลาดในประเทศ แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นผู้ผลิตและส่งออกถุงมือยาง แต่ยังต้องนำเข้าถุงมือจากต่างประเทศด้วย โดยนำเข้าจากประเทศมาเลเซียถึงร้อยละ 50 ของการนำเข้าทั้งหมด (นอกนั้นจะเป็นการนำเข้าจากสหรัฐอเมริกา และ ญี่ปุ่น) โดยสินค้าที่นำเข้าส่วนใหญ่เป็นถุงมือยางที่ใช้ในการผ่าตัด

ตลาดส่งออก ไทยมีการส่งออกถุงมือยางร้อยละ 95 ของการผลิตทั้งหมด ตลาดที่มีการใช้ถุงมือยางมาก ได้แก่ สหรัฐอเมริกา (เป็นตลาดใหญ่ที่สุด) อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน และญี่ปุ่น

สำหรับประเทศในอาเซียนซึ่งสามารถผลิตถุงมือยางส่งออกได้ถึงกึ่งหนึ่งของปริมาณถุงมือยางทั้งหมดในตลาดโลก ผู้ส่งออกถุงมือยางรายใหญ่ที่สุดของอาเซียน ได้แก่ มาเลเซีย โดยมีส่วนแบ่งการตลาดสูงถึงร้อยละ 38.5 ของมูลค่าซื้อขายในตลาดโลก สำหรับไทยส่งออกได้รองลงมาโดยมีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 6.3 ที่เหลือเป็นสิงคโปร์ อินโดนีเซีย และ ฟิลิปปินส์ ตามลำดับ

1.2.3 ศักยภาพในการผลิต

ในภาพรวมของอุตสาหกรรมยางพาราและผลิตภัณฑ์กล่าวได้ว่าประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตโดยเฉพาะในเรื่องของความพร้อมด้านวัตถุดิบเนื่องจากรัฐมีนโยบายและมาตรการสนับสนุนการผลิตมาโดยตลอด ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมยางพารา (ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครป ยางผึ่งแห้ง และน้ำยางข้น) ใช้กำลังการผลิตเพียงร้อยละ 70 ของกำลังการผลิตทั้งหมดที่มีอยู่ประมาณ 2,113 ตัน (ยางแท่ง) และจำนวน 500 ตัน (น้ำยางข้น) ดังนั้น หากตลาดมีความต้องการยางพาราเพิ่มขึ้นหรือผลผลิตจากการเกษตรมีปริมาณเพิ่ม โรงงานที่มีอยู่ก็สามารถขยายปริมาณการผลิตได้

ส่วนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางบางชนิดที่ร่วมทุนกับบริษัทต่างชาติ ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตผลิตจากบริษัทผู้ร่วมทุน หรือบริษัทใหม่ ทำให้สามารถใช้ในการผลิตสินค้าที่เป็นที่ยอมรับในตลาดโลก เช่น การผลิตยางรถยนต์ ถุงมือยาง และถุงยางอนามัย แต่ยังมีผลิตภัณฑ์ยางอีกจำนวนหนึ่งที่จำเป็นจะต้องพัฒนาเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของตลาดโลกซึ่งในส่วนของผู้ประกอบการไทยส่วนใหญ่ก็มีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีศักยภาพในการผลิตและส่งออก หากได้รับการสนับสนุนจากรัฐ เช่น การวิจัยและพัฒนา ฯลฯ

1.2.4 ขีดความสามารถของการแข่งขัน

1.2.4.1 อุตสาหกรรมยางพาราของไทยในปัจจุบันกล่าวได้ว่ามีศักยภาพในการแข่งขัน เนื่องจากสามารถผลิตยางพาราได้มากเป็นอันดับหนึ่งและค่าจ้างแรงงานที่ต่ำเมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตรายสำคัญ คือ มาเลเซียได้ทีลดพื้นที่การปลูกยางพาราลง และค่าจ้างแรงงานที่สูงกว่าไทย ในขณะที่ประเทศอินโดนีเซียกำลังประสบปัญหาด้านภัยธรรมชาติและด้านภาวะเศรษฐกิจ

1.2.4.2 อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางรายใหญ่ที่ร่วมทุนกับบริษัทต่างชาติ ซึ่งจะมีความสามารถในการแข่งขันสูง เนื่องจากมีเครือข่ายการตลาดที่แน่นอนและมีศักยภาพในการหาตลาดเพิ่มเติม แต่ในส่วนของผู้ประกอบการที่ไม่ได้ร่วมทุนกับบริษัทต่างชาติซึ่งต้องพัฒนากระบวนการผลิตและเทคโนโลยีเองจำเป็นต้องสนับสนุนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน เช่น ด้านการปรับปรุงหรือพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เดิม การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ทั้งรูปแบบและคุณภาพ การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ข่าวสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การผลิต การตลาด ฯลฯ

1.2.5 ปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรม

สรุปตามลำดับความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1.2.5.1 การขาดวิสัยทัศน์ร่วมระดับชาติที่ชัดเจนตลอดจนนโยบายที่เอื้อต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม การแปลงนโยบายสู่แผนปฏิบัติการ และการติดตามผลที่ทำให้วิสัยทัศน์บรรลุเป้าหมาย

1.2.5.2 นโยบายและมาตรการสนับสนุนอุตสาหกรรมต่อเนื่องยังไม่ชัดเจน ไม่ครบวงจร และยังไม่เน้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางธรรมชาติและมีมูลค่าเพิ่มสูง

1.2.5.3 ผู้ประกอบการขนาดกลางขนาดย่อม ส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ด้านเทคโนโลยีการผลิต การจัดการ ด้านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ และข้อมูลข่าวสารต่างๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.5.4 ขาดความเข้มแข็งในการเจาะตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศและขาดความคล่องตัว ทำให้ขาดความได้เปรียบในการส่งออก

1.2.5.5 ขาดการสนับสนุนเงินกู้ระยะยาวอัตราดอกเบี้ยผ่อนปรน เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ การขยายกำลังการผลิต หรือตั้งโรงงานใหม่

1.2.5.6 ความร่วมมือในการวิจัยและพัฒนาระหว่างภาครัฐและเอกชนยังไม่เพียงพอที่จะสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรม และยังขาดการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่เป็นประโยชน์

1.2.5.7 ปัญหาด้านมาตรฐานคุณภาพ การบริการทดสอบ การรับรองคุณภาพ ตลอดจนการสนับสนุนให้ใช้ ISO 9000 หรือ ISO 14000

1.2.5.8 อัตราการนำเข้าวัตถุดิบที่จำเป็นสูง เช่น ยางสังเคราะห์ สารเคมี ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง

1.2.5.9 ขาดแคลนบุคลากรด้านเทคโนโลยียาง

1.2.5.10 การผลิตยางแท่งมีน้อย และมีการผลิตยางแผ่นรมควันมากเกินไป ไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลกเนื่องจากเกษตรกรขาดความมั่นใจเรื่องราคารายางดิบ อันเป็นผลมาจากนโยบายการแทรกแซงราคารายางแผ่น

1.2.5.11 สภาพของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางบางประเภท ใช้เครื่องจักรเก่า ล้าสมัย ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำและขายไม่ได้ราคา

1.2.5.12 ขาดอุตสาหกรรมสนับสนุนที่เข้มแข็ง เช่น อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เครื่องผสมยาง ทำให้ต้องนำเข้าปัจจัยการผลิตในราคาสูง

1.2.6 จุดแข็ง

1.2.6.1 ประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้เกิดความต้องการใช้ภายในประเทศ โดยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางพารามากเป็นอันดับหนึ่งของโลก

1.2.6.2 ต้นทุนวัตถุดิบน้ำยางต่ำกว่าประเทศคู่แข่ง โดยเฉพาะประเทศมาเลเซีย

1.2.6.3 มีเครือข่ายการผลิตและการตลาดผลิตภัณฑ์บางประเภทจากการร่วมลงทุนของบริษัทแม่ในต่างประเทศ เช่น ยางรถยนต์ ถังมือยาง ถังยางอนามัย

1.2.6.4 เป็นที่รู้จักของต่างประเทศในฐานะผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติรายใหญ่ของโลก

1.2.6.5 มีแรงงานฝีมือระดับต้นที่มีคุณภาพ

1.2.7 จุดอ่อน

1.2.7.1 เกษตรกรที่ผลิตยางดิบส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรายย่อย ทำให้ยากต่อการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ และส่งผลต่อเนื่องถึงการควบคุมคุณภาพในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางด้วย

1.2.7.2 นโยบายการแทรกแซงราคารายางดิบของรัฐ ทำให้ต้นทุนด้านวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางสูงกว่าประเทศคู่แข่ง

1.2.7.3 โครงสร้างภาษีนำเข้าวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสมและไม่เอื้ออำนวยต่อการลงทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.7.4 ผู้ประกอบการขนาดเล็กและขนาดกลาง ขาดความสามารถในการจัดการที่มี และขาดความกระตือรือร้นที่จะเป็นฐานการผลิต และการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.2.7.5 ขาดแคลนบุคลากรทางเทคนิค และ Technical Infrastructure ในการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.7.6 นโยบายของรัฐในการพัฒนาไม่ต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะมีการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองอยู่เสมอ

1.2.8 โอกาส

1.2.8.1 ประเทศคู่แข่ง ได้แก่ มาเลเซีย ลดพื้นที่การเพาะปลูกยางพารา และอินโดนีเซีย กำลังประสบปัญหาทางด้านภัยธรรมชาติและภาวะเศรษฐกิจ จึงเป็นโอกาสของไทยในการแข่งขัน

1.2.8.2 ค่าเงินบาทลดลงทำให้มีโอกาสในการส่งออกผลิตภัณฑ์ได้สูงขึ้น

1.2.8.3 ตลาดต่างประเทศ มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง

1.2.8.4 ผู้ผลิตไทยมีประสบการณ์และมีความมั่นใจสูงที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์หากได้รับการสนับสนุนด้านนโยบาย เช่น มาตรการด้านภาษี เป็นต้น

1.2.8.5 โอกาสที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ที่มี Value added ยังมีโอกาสเป็นไปได้อีกมาก โดยการส่งออกในรูปแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแทนการส่งออกยางพารา

1.2.9 ข้อจำกัด

1.2.9.1 ขาดแคลนแรงงานกรีดยาง และค่าจ้างแรงงานสูง

1.2.9.2 ขาดความหลากหลายของชนิดยางดิบ

1.2.9.3 ขาดแคลนช่างเทคนิค และผู้ชำนาญการในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.9.4 ขาดแคลนเทคโนโลยีด้านการผสมเคมียาง และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.9.5 ขาดแคลนหน่วยงานสนับสนุนด้านเทคนิค การจัดการและการตลาดสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดย่อม

1.2.9.6 ขาดแคลนเงินทุน และสภาพคล่องในการดำเนินธุรกิจ

1.2.9.7 มีข้อกีดกันทางการค้าหลายรูปแบบ ทั้งในรูปภาษี และมีใช้ภาษีอากร เช่น คุณภาพ สินค้า การสนับสนุนในการรักษาสิ่งแวดล้อม

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพาราแผ่น

1.3.2 เครื่องจักรต้นแบบที่จะนำสู่การพัฒนา นำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาง

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 สํารวจข้อมูลเบื้องต้นจากอุตสาหกรรมยางแผ่น
- 1.4.2 กำหนดหลักการในการลอกและล้างยาง
- 1.4.3 กำหนด Specification ของเครื่องและชิ้นส่วน
- 1.4.4 ออกแบบรูปร่างของเครื่องและเขียนแบบ
- 1.4.5 สร้างเครื่องลอกและล้างยาง
- 1.4.6 ทดลองการทำงาน
- 1.4.7 ปรับปรุงแก้ไข
- 1.4.8 ทดสอบการทำงานให้ได้เครื่องต้นแบบที่สามารถทำงานได้
- 1.4.9 เผยแพร่และสาธิตการใช้เครื่อง

แผนการดำเนินงานวิจัยออกแบบและสร้างต้นแบบลอกยางและล้างยางพารา

[illegible]

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เทคโนโลยีเฉพาะและเครื่องต้นแบบที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง
- 1.5.2 สามารถลดต้นทุนในอุตสาหกรรมยางทั้งทางตรงและทางอ้อมเพิ่มผลิภาพการผลิต
- 1.5.3 การลอกและล้างยางเป็นกระบวนการที่สกปรกลดการขาดแคลนแรงงานประเภนี้

1.6 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยออกมาในรูปของเทคโนโลยีเฉพาะและเครื่องต้นแบบในการที่จะนำไปผลิตเพื่อสนองตามความต้องการของโรงงานรมยาง

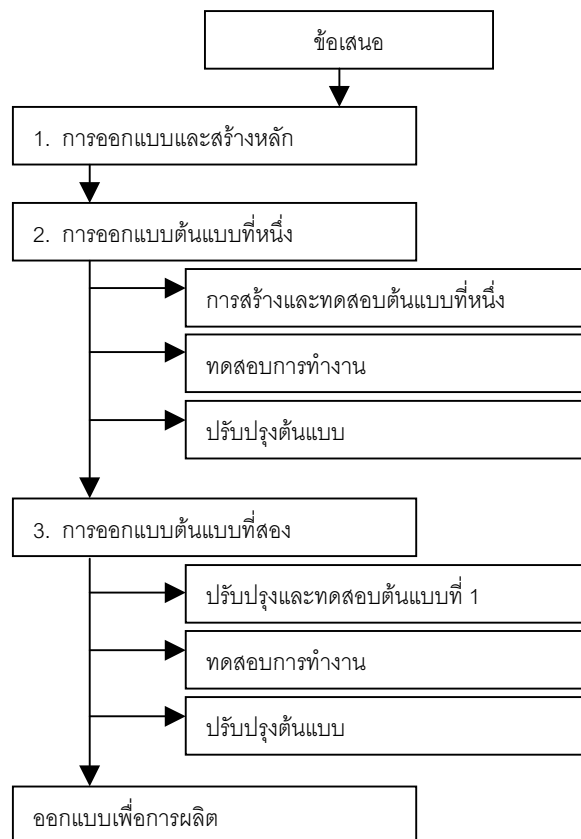
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยและพัฒนาออกแบบเครื่องลอกและล้างยาง เพื่อสร้างต้นแบบสำหรับการผลิตใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ดีและมีประสิทธิภาพนั้น วิศวกรที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องออกแบบรูปร่างและชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่มีคุณภาพรวมทั้งการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องมีวิศวกรดำเนินงานการวิจัย และพัฒนาจำนวนหลายคนช่วยกัน เพื่อให้การดำเนินงานพัฒนาสำเร็จเป็นไปตามวัตถุประสงค์ จึงต้องรวมวิศวกรที่เกี่ยวข้องจัดตั้งเป็นกลุ่มออกแบบ (Design Team) โดยมีวิศวกรผู้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่มที่เรียกว่า “หัวหน้าผู้ออกแบบ” (Chief Designer) เป็นผู้ออกแบบรูปร่างเครื่องจักร กำหนดตำแหน่งของชิ้นส่วนที่ทำงานสัมพันธ์กันตลอดจนกำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรตามความต้องการของอุตสาหกรรมยางพารา

2.1 หลักการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพ

หลักการทั่วไปของกระบวนการวิจัยและพัฒนาจะประกอบด้วยงานตามขั้นตอนดังแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภูมิสายงานพื้นฐานสำหรับการพัฒนาของเครื่องจักร

ข้อเสนอจะประกอบด้วยข้อมูลทางเทคนิคมากมาย เช่น ข้อกำหนดเฉพาะ การดูแลและบำรุงรักษาและการซ่อมแซมเป็นต้น จากนั้นก็จะต้องตั้งเป้าหมายด้านต้นทุนการผลิต และจำนวนที่จะผลิตตลอดจนการกำหนดเวลาในการพัฒนาต้นแบบออกสู่อุตสาหกรรมข้อเสนอเหล่านี้จะต้องนำเข้าสู่ที่ประชุมเพื่อพัฒนาและอภิปรายกันอย่างกว้างขวางเพื่อหาข้อสรุป มีบ่อยครั้งที่ข้อเสนอไม่ผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุม สำหรับข้อเสนอที่ผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุมก็จะได้รับอนุมัติให้ดำเนินการต่อไป

2.2 ความจำเป็นของกระบวนการออกแบบเครื่องลอกและล้างยาง (Necessary Process of Designing Rubber Sheet Washing and Peeling Machine)

2.2.1 โครงร่างของแผนวิจัยและพัฒนา

2.2.1.1 การวิเคราะห์ตลาดในอนาคต

2.2.1.2 คุณลักษณะและสมรรถนะ

2.2.1.3 ค่าใช้จ่ายและโครงสร้างของราคา

2.2.2 ต้นแบบครั้งแรกของการวิจัยพัฒนาเครื่องลอกและล้างยาง (R&D of the 1st Prototype)

2.2.2.1 มุมมอง (Whole View) การวางแผนออกแบบ

2.2.2.2 การวางแผนออกแบบรายละเอียดและออกแบบชิ้นส่วน

2.2.2.3 ลองผลิต (Trial manufacturing) และทดสอบ (Test)

2.2.3 การพัฒนาต้นแบบครั้งที่ 2

2.2.4 ทำการวิจัยและพัฒนาต้นแบบการผลิต

2.2.4.1 มุมมองของการปรับปรุงออกแบบเพื่อการผลิต

2.2.4.2 เตรียมการผลิต

2.2.4.3 ยืนยันการทดสอบ และความต้องการใช้จริง

2.2.5 การออกแบบต้นแบบเพื่อการผลิต (Design for Manufacturing, DFM)

การออกแบบ ต้องง่ายเพื่อการผลิต ต้นทุนการผลิตต่ำ ชิ้นส่วนจะต้องมีกรรมวิธีในการผลิตที่หลากหลายและยืดหยุ่นในขอบเขตที่สามารถหากรรมวิธีได้ อุปกรณ์ที่ช่วยในการผลิตต้องง่ายต่อการสร้างและประกอบ

2.2.6 การออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA)

เครื่องกลไกโดยทั่วไปมีส่วนประกอบของชิ้นส่วนจำนวนมาก ดังนั้นการออกแบบต้นแบบที่ถูกต้อง ต้องคำนึงถึงขั้นตอนการประกอบด้วย จำเป็นต้องลดจำนวนชิ้นส่วนลงให้น้อยที่สุด การประกอบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน การออกแบบต้องใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานมากที่สุด ซึ่งเป็นตัวกำหนดคุณภาพใน

การออกแบบ จำเป็นจะต้องประเมินวิธีการประกอบ ขั้นตอนการประกอบในขณะที่ยังออกแบบเบื้องต้น เพื่อนำสู่ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรกลต้นแบบ

2.2.7 การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม (Design for Environment, DFE)

สิ่งจำเป็นอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบเครื่องจักรกลต้นแบบจำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการสร้างเครื่องจักรกลที่เกิดขึ้นในหลายๆ ด้าน ซึ่งเป็นการเริ่มคำนึงในตั้งแต่เบื้องต้น เพื่อหลีกเลี่ยงในขอบเขตของทางเลือกต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดต่อกิจกรรมที่ทำตั้งแต่ทรัพยากรการผลิต กระบวนการผลิตจนมาเป็นเครื่องจักรที่ต้องรวมไปถึงการกำจัดวัสดุในขั้นตอนสุดท้าย เมื่อหมดอายุการใช้งาน เช่น การเลือกใช้วัสดุที่น้อยที่สุด ทดแทนกันได้และรีไซเคิลได้ กระบวนการต้องใช้พลังงานน้อย ของเสียน้อย ขณะเดียวกันเมื่อเป็น เครื่องจักรกลแล้วการ Operate ในวัตถุประสงค์นั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการผลิต ที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมน้อยด้วย

2.2.8 ตัววัดชี้ถึงคุณภาพในการออกแบบ (Measures of Design Quality)

2.2.8.1 จำนวนชิ้นส่วนประกอบและทางเลือกในการผลิต

2.2.8.2 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน

2.2.8.3 ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่

2.2.8.4 ค่าใช้จ่ายในการ Operate เครื่องครั้งแรก

2.2.8.5 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงทางวิศวกรรมหลังจาก 6 เดือน การทำงาน

2.2.8.6 ค่าใช้จ่ายของปีแรกสำหรับการซ่อมบำรุง

2.2.8.7 ต้นทุนรวม

2.2.8.8 ทางเลือกที่เอื้อต่อการปรับปรุงและพัฒนา

2.3 การสำรวจงานวิจัย

สมาน เสงงาน และคณะ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควันส่วนการลอกยาง พบว่าในการผลิตแบบใช้แรงงานในปัจจุบันมีอัตราการผลิตเฉลี่ย 543 แผ่น/คน/ชั่วโมง ด้วยค่าจ้างเฉลี่ย 3.7 สตางค์/แผ่น ในกรณีที่ยางแผ่นดิบมีความเหนียวมากอัตราการผลิตจะลดลง 44% เป็น 305 แผ่น/คน/ชั่วโมง โดยค่าจ้างเพิ่มขึ้น 41% เป็น 5.2 สตางค์/แผ่น เมื่อทดสอบหาค่าแรงที่ใช้ลอกยางแผ่นดิบออกจากกองพบว่ามีความแรงลอกเฉลี่ย 2.4 กิโลกรัม และมีค่าสูงสุด 13.9 กิโลกรัม สำหรับยางแผ่นดิบที่เก็บไว้นาน 11 สัปดาห์ ได้ว่าระยะเวลาเก็บในโกดังที่เหมาะสมคือเก็บไว้ไม่เกิน 9 สัปดาห์ ในกรณีจำเป็นต้องเก็บนานสามารถนำยางแผ่นดิบมาแช่น้ำ 10 นาทีก่อนทำการลอก จะทำให้ใช้แรงลดลง เหลือ 3.4 กิโลกรัมโดยดูดซับความชื้นเพิ่มอีกไม่เกิน 1 %

สำหรับกระบวนการใหม่ที่ใช้เครื่องจักรกลในการลอกยางแผ่นนั้น พบว่าเทคนิคการใช้ลูกกลิ้งหนามเกี่ยวเกาะยางแผ่นมีศักยภาพสูงต่อการพัฒนาถึงระดับการใช้งานได้จริง

มงคลชนก ปราโมทย์ธนา และคณะ

เป็นการศึกษาวิจัย การล้างและอบแห้งยางแผ่นโดยแบ่งสรุปผลการทดลองออกเป็น ตอน ๆ ดังนี้ ตอนที่ 1 แร่งที่ใช้ดึงยางแผ่นให้ออกจากกันจะเพิ่มขึ้นในช่วง 0-14 วัน และจะเริ่มคงที่ช่วงเวลา 14-60 วัน ช่วงมากกว่า 60 วัน เป็นช่วงที่ยาวติดเป็นเนื้อเดียวกันการแยกยางแผ่นโดยใช้เครื่องบิดเหวี่ยงทำให้ยางเสียหาย ยางแผ่นจะหลุดออกจากกันยาก การแยกยางแผ่นโดยใช้เครื่องกวั่น การดูดซับน้ำของยางแผ่นและการทดสอบการอบแห้งของยางแผ่น

2.4 ลักษณะทั่ว ๆ ไปของการออกแบบ

เครื่องจักรกล เป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต่ออยู่ด้วยกัน เครื่องที่สัมพันธ์กันและส่งกำลังเพื่อเอาชนะ ความต้านทานต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล ซึ่งชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโดยทั่วไป จะเป็นชิ้นส่วนที่แข็งแรง (Rigid) การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลนั้นจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่าง ขนาด ตลอดจนการเลือกใช้ชนิดของวัสดุที่เหมาะสม กับการนำไปใช้งานในลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สามารถที่จะทำได้จากการคำนวณเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมกับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน สิ่งแวดล้อมตลอดจนระยะเวลาที่มีการทำงานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นก็สามารถหาขนาดที่เหมาะสมของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรได้ โดยใช้ตารางสำเร็จรูป ซึ่งมีความสะดวกในการออกแบบ ทั้ง 2 วิธีการ ก็ต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับลักษณะของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เช่นถ้าเป็นชิ้นส่วนที่มีมาตรฐาน เช่น สกรู ลิ้ม แบริง ฯลฯ ชิ้นส่วนเหล่านี้ สามารถเลือกใช้ได้โดยพิจารณาองค์ประกอบในการใช้งาน แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตาราง มาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้ หรือจากเอกสารทางวิชาการ เป็นต้น ซึ่งการทำวิจัยเพื่อสร้างออกแบบและต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางพารา มีชิ้นส่วนเครื่องจักรกลมากมายหลายชนิด เช่น เพลา, สกรู, เฟือง, แบริง, ลิ้ม, ฯลฯ

2.5 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.5.1 การออกแบบเพลา เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด การออกแบบเพลาต้องพิจารณาองค์ประกอบหลาย ๆ ด้าน เช่น

2.5.1.1 ชนิดของแรง เช่น รับแรงกด แรงดึง แรงบิด หรือ แรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกัน

2.5.1.2 วัสดุเพลา วัสดุที่ใช้ทำเพลา มีหลายชนิด เช่น เหล็กกล้า เหล็กกล้าผสม เหล็กกล้าคาร์บอน

2.5.1.3 ขนาดของเพลลา เพลลาเป็นชิ้นส่วนที่องค์มาตรฐานระหว่างประเทศได้มีการกำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน เพื่อสะดวกในการเลือกใช้ให้สอดคล้องกับขนาดของแบร็ริงที่ใช้อย่างเพลลาด้วย

2.5.1.4 ความเร็ววิกฤตของเพลลา ซึ่งในทางปฏิบัติของการออกแบบจะให้เพลลาทำงานที่ความเร็วสูงหรือต่ำกว่าความเร็ววิกฤต 25 % เพื่อหลีกเลี่ยงการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของเพลลา อันจะส่งผลเสียหายต่อชิ้นส่วนอื่น ๆ ในระบบ

2.5.2 การออกแบบสลักเกลียว สลักเกลียวเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐาน และสามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการ โดยมีการระบุคุณสมบัติทางกลของสลักเกลียวเอาไว้ด้วย ทำให้สามารถเลือกใช้งานได้ง่ายยิ่งขึ้น ในการคำนวณเพื่อการออกแบบสลักเกลียว ต้องมีการพิจารณาภาวะการประกอบและรับแรง ในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

2.5.2.1 ไม่มีความเครียด หรือไม่มีแรงดึงก่อนการใช้งาน

2.5.2.2 มีความเครียดหรือมีแรงดึงก่อนใช้งานโดยไม่มีแรงภายนอกใน แนวแกน

2.5.2.3 มีความเครียด รับแรงภายนอกในแนวแกน

2.5.2.4 มีความเครียด รับแรงเฉือนจากภายนอก

2.5.2.5 มีความเครียด รับแรงเยื้องศูนย์กลาง

จากลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถที่จะคำนวณหาขนาดของสลักเกลียวที่เหมาะสมได้ แล้วจึงเลือกสลักเกลียว ตามขนาดและชนิดที่ได้กำหนดและคำนวณไว้ให้สอดคล้องไปในทางเดียวกัน

2.5.3 การออกแบบลิ้มและสลัก ลิ้มเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ช่วยในการส่งกำลังจากเพลลาไปยังส่วนอื่น ๆ เช่น ล้อสายพาน เฟือง ลูกเบี้ยว และมีการถอดประกอบบ่อยครั้ง นอกจากนั้น ลิ้มยังมีหน้าที่ป้องกันมิให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวแกน ของเพลลาด้วย ซึ่งในการใช้งานนั้นตัวเลือกใช้ชนิดของลิ้มให้เหมาะสมกับลักษณะของงานด้วยเช่นเดียวกัน โดยที่ลิ้มนั้นก็ถูกกำหนดให้เป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดมาตรฐาน เมื่อมีการคำนวณหาขนาดของลิ้มได้แล้ว ก็สามารถจัดหาได้ง่าย และนำมาตัดแบ่งตามความยาวที่ต้องการ และในกรณีของชิ้นส่วนมาตรฐานอื่นๆ เช่น แบร็ริง สายพานและพูลเลย์ ก็ใช้วิธีการในทำนองเดียวกัน

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางพาราเป็นการวิจัยเชิงสำรวจและออกแบบเพื่อการทดลองตัดสินใจสร้างต้นแบบโดยได้เข้าตรวจสอบข้อมูลทางด้านเทคนิคของอุตสาหกรรมยางพารา ในกระบวนการผลิตเดิมของยางแผ่นรมควัน ทั้งกระบวนการลอกแผ่นยางพาราและกระบวนการล้างยางพารา ซึ่งกระบวนการลอกแผ่นยางพารายังเป็นแบบใช้แรงงานคน ร้อยเปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความจำเป็นต้องคิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ มาใช้ กับกระบวนการนี้ ส่วนกระบวนการล้างจะใช้เครื่องล้างในการแปร่งทำความสะอาด นอกจากนั้นก็ใช้แรงงานคนทั้งหมด ดังนั้นในส่วนการดำเนินการออกแบบจะมีทั้งในส่วนวิจัยพัฒนาแบบเดิมที่มีใช้ในโรงงานคือเครื่องล้างยาง กับต้องคิดวิธีขึ้นมาใหม่ทั้งหมดในขบวนการลอกล้างซึ่งมีเงื่อนไขและข้อจำกัดค่อนข้างมาก ถือเป็นสิ่งที่ท้าทายและมีความเสี่ยงสูงสำหรับคณะผู้วิจัย เนื่องจากหลายองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนรวมถึงโรงงานอุตสาหกรรมยางเอง เคยคิดและออกแบบเบื้องต้น แต่ยังไม่เคยทำต้นแบบหรือ simulation กระบวนการให้ได้ข้อสรุปถึงความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรม นี่คือนิยามที่ผู้วิจัยตระหนักดี

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องลอกและล้างยางได้แบ่งงานออกเป็น 3 ระยะ ประกอบด้วย

- | | |
|-------------------------|---|
| <u>ระยะที่ 1</u> | ออกแบบและสร้างเครื่องล้างยางพร้อมชุดสายพานป้อนยาง |
| <u>ระยะที่ 2</u> | ออกแบบและสร้างเครื่องลอกยางพร้อมชุดป้อนและยกยาง |
| <u>ระยะที่ 3</u> | ออกแบบรวมเครื่องลอกและล้างเข้าด้วยกันเป็นสายการผลิต |

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.3.1 สำรวจข้อมูลเบื้องต้นจากอุตสาหกรรมยางแผ่น
- 3.3.2 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.3.3 กำหนด specification ของเครื่องและชิ้นส่วน
- 3.3.4 ออกแบบรูปร่างของเครื่องกลและเขียนแบบ
- 3.3.5 สร้างเครื่องลอกและล้างยาง
- 3.3.6 ทดลองการทำงาน
- 3.3.7 ปรับปรุงแก้ไข
- 3.3.8 ทดสอบการทำงานให้ได้เครื่องต้นแบบที่สามารถทำงานได้

3.3.9 เผยแพร่และสาธิตการใช้เครื่อง

3.4 ความคิดเบื้องต้นในการออกแบบ

ทีมผู้ออกแบบได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการลอกและล้างยาง ทั้งในโรงงานจริง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผู้ชำนาญการในกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 3.1-3.8



รูปที่ 3.1 การจัดเรียงพับบยางลงบน Pallet



รูปที่ 3.2 การลำเลียงยางด้วย Forklift ไปยังบ่อล้างยาง



รูปที่ 3.3 การนำยางลบ่อแช่ก่อนลอกด้วยพนักงาน



รูปที่ 3.4 พนักงานลอกยางเตรียมเข้ากระบวนการล้าง



รูปที่ 3.5 พนักงานนำยางที่ลอกแล้วเข้ากระบวนการล้าง



รูปที่ 3.6 พนักงานเตรียมแผ่นยางที่ผ่านกระบวนการล้างไปยังราวตาก

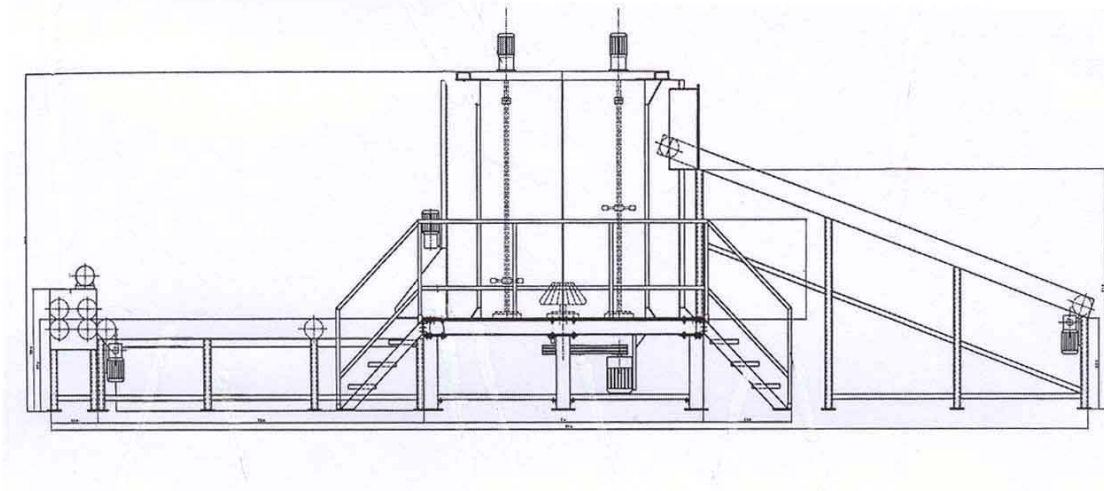


รูปที่ 3.7 พนักงานตากยางที่ผ่านกระบวนการล้างไว้บนราวตากยาง



รูปที่ 3.8 การนำแผ่นยางที่ผ่านการตากแล้วนำเข้าโรงรมควันเพื่ออบแห้ง

Concept เบื้องต้นในการออกแบบดังรูปที่ 3.9 Imaginary Draft for Rubber Sheet Peeling and Washing Machine ด้วยข้อจำกัดยางแผ่นมีรูปร่าง ขนาด และคุณสมบัติไม่แน่นอน (Irregular Shape) ดังนั้น จึงต้องใช้แรงทางอ้อมในการลอกและล้างไปในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 3.9 Imaginary Draft for Sheet Rubber Peeling and Washing Machine

เมื่อได้ทำการทดลองนำยางแผ่นมาใส่ในถังน้ำ เพื่อหาความถ่วงจำเพาะของยางและทดลองดี น้ำให้หมุนพยางกระแทกกับผนังของถัง น้ำหนักจำเพาะของน้ำและยางมีขนาดพอกันคือยางลอยปริ่ม น้ำพอดี ซึ่งเป็นจุดดี ในวิธีการเช่นนี้ แต่เมื่อเป็นยางที่ยึดติดกันระหว่างแผ่นต่อแผ่น แรงกระแทกจาก น้ำไม่สามารถเอาชนะแรงเกาะติดของเนื้อยางได้ และน้ำไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ จึงเป็นจุด เปลี่ยน Concept ในการออกแบบใหม่ ซึ่งการตัดสินใจทุกชั้นจะได้มาจากการทดสอบทั้งสิ้น

เพื่อความเสี่ยงของการออกแบบต้นแบบ ทีมผู้วิจัยได้แยกการออกแบบเป็น 5 หน่วยย่อย ๆ และได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้ ดังรูป 3.10

1. ชุดล้างยาง (Washing Unit)
2. ชุดสายพานป้อนยาง (Feed Unit)
3. ชุดลอกยางแผ่น (Peeling Unit)
4. ชุดป้อนและยกยาง (Lift and Feed Unit)
5. ชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานล้างยาง (Roller Feed Unit)



รูปที่ 3.10 Sheet Rubber Peeling and Washing Machine

ก). การออกแบบชุดล้างยาง

การออกแบบชุดล้างยางได้ปรับปรุงจากเครื่องเดิมที่มีอยู่ในโรงงาน แต่ได้เน้นการออกแบบเพื่อการผลิต การออกแบบเพื่อการประกอบ และการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ได้จุดเด่นของเครื่องล้างยางที่พัฒนาขึ้นโดยให้หน่วยความเร็วสัมพัทธ์ของลูกกลิ้งป้อนยางและชุดแปรงล้างชุดกลางเพื่อให้ยางมีเวลาแปรงกับล้อแปรงตัวสุดท้ายได้มากขึ้น ประกอบการบังคับอัตราการไหลของน้ำล้างที่พอเหมาะมีผลทำให้ยางสะอาดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังรูป 3.11



รูปที่ 3.11 ชุดล้างยาง (Washing Unit)

ข). การออกแบบชุดสายพานป้อนยาง

จากการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ที่จะรวมกระบวนการลอกและล้างยางมีความเป็นไปได้สูงที่สามารถจะรวมเป็นกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกันได้ ประกอบกับต้องการใช้เวลาให้ยางสัมผัสกับน้ำก่อนเข้ากระบวนการล้าง จึงมี concept การออกแบบชุดสายพานป้อนยางและมีการฉีดน้ำล้างยางเบื้องต้นก่อนเข้ากระบวนการล้างจริง และยังคำนึงถึงการออกแบบที่จะต้องมีความเร็วที่เหมาะสมในการทำงาน เพื่อสมดุลเวลาการผลิตระหว่างกระบวนการลอกยาง และล้างยางซึ่งออกแบบแยกกันอย่างอิสระเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของกระบวนการผลิตซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่วางไว้ได้ดังรูปที่ 3.12

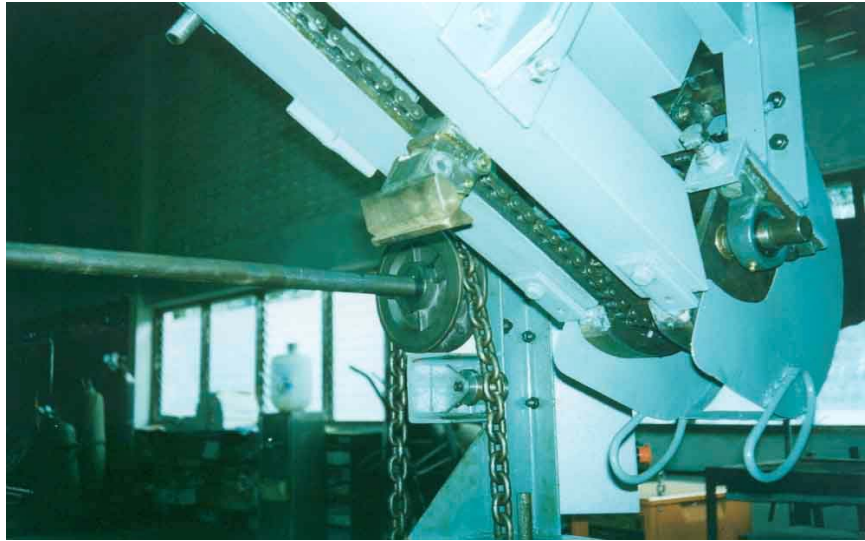


รูปที่ 3.12 ชุดสายพานป้อนยาง (Rubber feed Unit)

ค). การออกแบบชุดลอกยาง

การออกแบบชุดลอกยางเป็นสิ่งที่ท้าทายความสามารถของทีมวิจัยออกแบบเพราะเป็น Concept ใหม่ ที่ไม่เคยมีมาก่อน ความคิดเริ่มต้น (Initial Condition for Concept Design) แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการทดลอง (Experiment) ทุกขั้นตอนเป็นตัวตัดสินใจ (Decision Making) ของทีมงานจึงเป็นวิวัฒนาการการออกแบบที่ต้องใช้เวลามาก ค่าใช้จ่ายสูง

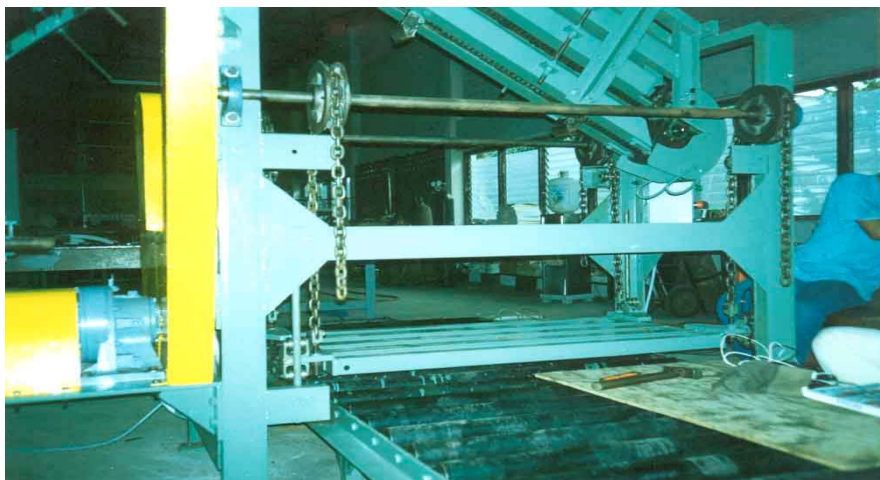
การลอกแผ่นยางได้จำลองความคิดมาจากการลอกแผ่นยางจริง โดยใช้คนงานในโรงงาน และใช้หลักการจับยางแล้วดึงลอกโดยใช้แรงกลในทิศทางที่ต้องให้เกิดแรงเฉือนแผ่นยางออกจากกัน ดังนั้นทิศทางการลอกจึงขึ้นเป็นมุมเอียง จุดสำคัญอยู่ที่การออกแบบคลีป (Grip) จับยางว่าจะให้เปิดปิดอย่างไร ความคิดการออกแบบกลไกถูกเบี่ยงได้ถูกนำมาใช้โดยมีชุดให้กำลังลอกมาจากโซ่ ซึ่งรับแรงการหมุนมาจากมอเตอร์ขับได้ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ชุดลอกยางแผ่น (Rubber Peeling Unit)

ง). ชุดป้อนและยกยาง

การออกแบบและสร้างชุดป้อนและยกยางมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีระบบป้อนยางซึ่งจัดวางไว้บน Pallet เตรียมเข้าสู่ลิฟท์เพื่อยกขึ้นให้ได้ระดับเพื่อให้คลีปของเครื่องลอกจับยางแผ่นได้พอดีเหมาะเพื่อเข้าสู่กระบวนการลอก เมื่อลอกได้หมดแล้วลิฟท์จะหยุดและลงมารับ Pallet ยางชุดต่อไปเตรียมลอกเป็นวัฏจักรเช่นนี้ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ชุดป้อนและยกยาง (Lift and Feed Unit)

จ). ชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานลำเลียง

การออกแบบและสร้างชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานลำเลียงเป็นการออกแบบและทดสอบสร้างแผง Roller รับยางที่ลอกเสร็จแล้วถูกปล่อยตกลงมาให้ไหลอย่างต่อเนื่องลงสู่สายพานลำเลียงเข้าสู่กระบวนการล้างยาง จุดสำคัญอยู่ที่การปรับมุมของแผง Roller รับยางซึ่งต้องใช้วิธีการทดลองและ Optimization ว่าตัวแปรความยาวของยางที่ลอกโดยส่วนใหญ่เหมาะกับมุมของแผง Roller เท่าไร ซึ่งต้องใช้เวลามากในการทดลองและปรับเปลี่ยนต้นแบบตลอดเวลา ซึ่งสรุป Concept การออกแบบและสร้างชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานลำเลียงให้สามารถปรับมุมได้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานลำเลียง (Roller Feed Unit)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ตัวชี้วัดของกระบวนการในเครื่องต้นแบบ

โครงการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ เครื่องลอกและล้างยางพาราเป็นโครงการวิจัยออกแบบที่เป็นไปในลักษณะของการออกแบบครั้งแรก Initial Design ซึ่งลักษณะดังกล่าว จึงทำให้ยากต่อการกำหนดประสิทธิภาพและสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ แต่สามารถหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของกระบวนการของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมาได้ โดยการกำหนดจำนวนแผ่นยางเพื่อใช้ในกระบวนการลอกและล้างยางพาราขึ้นมาจำนวนหนึ่งที่ระดับความเชื่อมั่น ที่ถูกกำหนดขึ้นมาแล้วทำการลอกและล้างจากเครื่องต้นแบบ เพื่อหาว่าประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างเครื่องต้นแบบ มีกี่เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจึงทำการหาสมรรถนะของกระบวนการเครื่องต้นแบบเป็นลำดับต่อไป

4.2 วิธีการทดลอง

เนื่องจากกระบวนการลอกและล้างยางพาราไม่สามารถวัดได้ในเชิงตัวเลข (Quantitative Method) แต่สามารถวัดได้ในเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) การหาประสิทธิภาพของกระบวนการของเครื่องต้นแบบในเบื้องต้นจึงเป็นสิ่งที่ยาก จึงได้ประยุกต์วิธีการของ DOE (Design and Analysis of Experiment) เพื่อหาว่าจำนวนแผ่นยางน้อยสุดที่ความเชื่อมั่นที่ต้องการมาหาประสิทธิภาพของกระบวนการและสามารถยอมรับได้มีจำนวนกี่แผ่น

ซึ่งในการทดลองเพื่อหาจำนวนตัวอย่าง โดยใช้วิธีการของ DOE ซึ่งมีหลายวิธีแต่ในที่นี้ใช้วิธี Operating Characteristic Curves (OC-Curve) โดยกำหนดรายละเอียดของการกำหนดตัวอย่างดังนี้

1. กำหนดความเชื่อมั่นที่ 90% (probability of least = 0.90)
2. แบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 1 กลุ่มย่อย และในกลุ่มย่อยมี 4 ระดับ (4 Level) ระดับละ 20 แผ่น (four treatment)
3. ค่าความเสี่ยง (α) = 0.05

เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น จึงทำการทดลองนำแผ่นยางมาอง ๆ ละ 20 แผ่น เป็นจำนวน 4 กอง รวม 80 แผ่น นำมาทดลองลอกและล้างเพื่อเก็บข้อมูลด้านปริมาณ ซึ่งได้ผลการทดลองเป็นตัวเลขด้านปริมาณของแผ่นยางที่ผ่านกระบวนการลอกและล้าง (กำหนดให้เป็น μ_1 , μ_2 , μ_3 , และ μ_4) ดังนี้

$\mu_1 = 18$, $\mu_2 = 20$, $\mu_3 = 16$, และ $\mu_4 = 19$ และจากค่า μ_1 ถึง μ_4 สามารถหาค่าพิสัย (Range) = $20-16 = 4$ จากค่าพิสัย (R) = 4 สามารถนำมาหาค่า standard deviation (σ) ได้ดังนี้

$$\text{จาก } \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

แต่เนื่องจากกลุ่มย่อยมีการทดลอง 1 กลุ่ม ดังนั้นจึงใช้ค่า d_2 (สำหรับการประมาณค่า σ โดย $\bar{R}$) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ : การวิเคราะห์ระบบการวัด) ซึ่งได้ค่า $d_2 = 2.447$

$$\text{ดังนั้น } \sigma = 4/2.447 = 1.63$$

จากวิธีการของการกำหนดตัวอย่างของ DOE โดยวิธี OC – Curve ซึ่งใช้สมการดังนี้

$$\phi^2 = \frac{n \sum_{i=1}^a \tau^2}{a \sigma^2}$$

τ_i = ผลต่างระหว่างค่าของ Mean

n = Choice of Sample Size

σ = Standard deviation

a = Number of Level

$1-\beta$ = Power of Test

β = Type II error

จากค่า $\mu_1 = 18$, $\mu_2 = 20$, $\mu_3 = 16$, และ $\mu_4 = 19$

$$\sum \mu = (18+20+16+19) = 73$$

$$\text{หาค่า } \tau ; \tau_1 = \mu_1 - \bar{\mu} = 18-18.25 = -0.25$$

$$\tau_2 = \mu_2 - \bar{\mu} = 20-18.25 = 1.75$$

$$\tau_3 = \mu_3 - \bar{\mu} = 16-18.25 = -2.25$$

$$\tau_4 = \mu_4 - \bar{\mu} = 19-18.25 = -0.75$$

$$\begin{aligned}\sum \tau^2 &= (-0.25)^2 + (1.75)^2 + (-2.25)^2 + (0.75)^2 = 8.75 \\ \phi^2 &= n \sum \tau^2 / a \sigma^2 = (n \times 8.75) / 4 \times 4.63 = 1.34n\end{aligned}$$

N	ϕ^2	ϕ	a(n-1)	β	1- β
3	4.02	2	8	0.27	0.73
4	5.36	2.32	12	0.06	0.94*

เพราะฉะนั้นต้องการทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง รวมจำนวนตัวอย่าง (จำนวนแผ่นยางน้อยสุด) = $80 \times 4 = 320$ แผ่น เพราะให้ค่าความเชื่อมั่น = 94% ซึ่งมากกว่า 90%

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างยาง

จากข้อ 4.2 เมื่อได้จำนวนตัวอย่างที่นำมาทดลอง ซึ่งจำนวนน้อยสุดคือ 320 แผ่น ผลการทดลองโดยการลอกและล้างอย่างต่อเนื่องรวม 320 แผ่น โดยทำการลอกครั้งละ 80 แผ่น ติดต่อกัน 4 ครั้ง ผลปรากฏดังนี้

ครั้งที่	จำนวนแผ่นยาง	จำนวนแผ่นยางที่ผ่านกระบวนการลอกและล้างสมบูรณ์	จำนวนแผ่นยางที่ผ่านกระบวนการลอกและล้างไม่สมบูรณ์
1	80	77 แผ่น	3 แผ่น
2	80	73 แผ่น	7 แผ่น
3	80	74 แผ่น	6 แผ่น
4	80	76 แผ่น	4 แผ่น

รวมจำนวนยางที่นำมาลอกและล้าง = 320 แผ่น

รวมจำนวนที่ผ่านกระบวนการลอกและล้างสมบูรณ์ = 300 แผ่น

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = $(300 \times 100) / 320$
= 93.75 %

รวมจำนวนที่ผ่านกระบวนการลอกและล้างที่ไม่สมบูรณ์ = 20 แผ่น

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = $(20 \times 100) / 320$
= 6.25%

สรุป ประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้าง = 93.75% (ที่ความเชื่อมั่น 90 %)

หมายเหตุ

1. **ความสมบูรณ์** หมายถึง แผ่นยางที่ผ่านกระบวนการลอกและล้างตามลำดับและพร้อมที่จะนำแผ่นยางผึ่งลมเพื่อเข้าโรงรมควันได้
2. **ความไม่สมบูรณ์** หมายถึง แผ่นยางที่ไม่ผ่านกระบวนการลอกและล้างตามลำดับหรือผ่านกระบวนการลอกแต่ไม่ผ่านกระบวนการล้าง ซึ่งไม่สามารถนำแผ่นยางไปเข้าโรงรมควันได้
3. **เมื่อผ่านกระบวนการสมบูรณ์** บ่งชี้คุณภาพทางกายภาพโดยมีความสะอาดที่จะเข้าสู่กระบวนการในลำดับต่อไป

4.3.2 กำลังการผลิต

จากการทดลองลอกและล้างยางอย่างต่อเนื่อง ได้กำลังการผลิตของเครื่องต้นแบบลอกและล้างยาง ดังนี้

1. คิดต่อหน่วยชั่วโมง	=	728	แผ่น/ชั่วโมง
หรือ	=	1.019	ตัน/ชั่วโมง
2. คิดต่อหน่วยเวลา 1 วัน	=	5,829	แผ่น/วัน
หรือ	=	8.16	ตัน/วัน

บทที่ 5

ผลการวิจัยการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลอกและล้างด้วยยาง

5.1 เครื่องต้นแบบ

ผลจากการวิจัยการออกแบบและสร้างต้นแบบ เครื่องลอกและล้างยางทำให้ได้เครื่องต้นแบบเครื่องลอกและล้างยาง ซึ่งแสดงรายละเอียดในภาคผนวกและประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังนี้

5.1.1 ชุดล้างยาง (Washing Unit)

5.1.2 ชุดสายพานป้อนยาง (Belt Feed Unit)

5.1.3 ชุดลอกยางแผ่น (Peeling Unit)

5.1.4 ชุดป้อนและยกยาง (Lift and Feed Unit)

5.1.5 ชุดรับยางลำเลียงลงสู่สายพานล้างยาง (Roller Feed Unit)

ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบจะสัมพันธ์กันทั้ง 5 ส่วนประกอบดังกล่าว โดยมีขั้นตอนการทำงานจากเริ่มต้นกระบวนการจนถึงสิ้นสุดกระบวนการล้าง มีดังนี้

1. ยางที่วางอยู่บน Pallet จะถูกเลื่อนเข้ามาบนชุดป้อนและยกยาง และยางจะถูกยกขึ้นมายังตำแหน่งที่ระดับพอเหมาะกับการลอก โดยชุดยก ซึ่งขั้นตอนนี้จะมี Limit Switch ช่วยในการกำหนดตำแหน่งสูงสุดของชุดยก

2. ขั้นการลอกยาง ภายหลังจากที่ยกขึ้นมาอยู่ในระดับที่เหมาะสม (โดยพนักงานที่คอยเปิดหน้ายาง สามารถบังคับ Lift ยกตามความเหมาะสมของพนักงานแต่ละคน ได้) โดยในขั้นนี้ใช้พนักงาน 1 คน คอยเปิดหน้ายางเพื่อให้ Grip จับยางลอกขึ้นไป โดยอัตโนมัติ และจะมีการปลดยางเอง โดยอัตโนมัติตามระยะที่กำหนดไว้

3. เมื่อยางถูกปลดตกลงมาจาก Grip แล้ว แผ่นยางจะตกลงมาสู่ชุดลำเลียงเพื่อป้อนลงสู่สายพานป้อนยาง ซึ่งในชุดลำเลียงนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพของการล้าง เพราะแผ่นยางที่ถูกป้อนเข้าสู่สายพานลำเลียงจะมีลักษณะแบนราบทำให้กระบวนการป้อนยางเข้าสู่กระบวนการล้างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

4. ชุดสายพานป้อนยาง จะรับยางที่ส่งมาจากชุดรับยางลำเลียง ป้อนเข้าสู่ชุดล้างยาง โดยขั้นตอนนี้จะมีระบบน้ำฉีดตลอดความยาวของสายพานเพื่อให้การล้างทำความสะอาดดีขึ้น และด้านบนก็จะมีชุดฝาครอบ เพื่อป้องกันน้ำกระเด็นออกไปบริเวณรอบนอก

5. ชุดล้างยางจะเป็นชุดสุดท้ายของกระบวนการลอกและล้างยาง ซึ่งชุดนี้จะประกอบด้วยป้อนยาง ซึ่งเป็นตัวดึงยางเข้าสู่กระบวนการขัดทำความสะอาดด้วยล้อขนแปรงที่อยู่ด้านหลังของล้อป้อนอีก 2 ชุด โดยในกระบวนการนี้มีจุดเด่นที่ล้อขนแปรงชุดนี้กับชุดหลังจะทำการหมุนแผ่นยาง ให้ตั้ง –

หย่อน ในขณะที่ล้างและขัด ทำให้แผ่นยางมีระยะเวลาอยู่ในระหว่างชั้นตอสนี้ยาวนานขึ้น ซึ่งมีผลทำให้กระบวนการล้างมีประสิทธิภาพมาก

5.2 ประเมินผลเครื่องต้นแบบจากผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ซึ่งได้แสดงผลไว้ในบทที่ 4 ได้ผลดังนี้

5.2.1. ประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างยาง 93.75%(ที่ความเชื่อมั่น 90%)

5.2.2. ด้านสมรรถนะของการลอกและล้างยาง ประมาณ 5,829 แผ่น/วัน หรือ ประมาณ 8.16 ต้น/วัน

ซึ่งจากผลดังกล่าว สามารถประเมินผลได้ ดังนี้

1. เครื่องต้นแบบลอกและล้างยางผลออกมาค่อนข้างสมบูรณ์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของการล้าง สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยางได้
2. แนวโน้มสามารถลดต้นทุนในอุตสาหกรรมยางได้ โดยเฉพาะต้นทุนด้านแรงงาน
3. แก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่จะนำมาใช้ในการลอกยาง เนื่องจากกระบวนการลอกและล้างยาง เป็นกระบวนการที่อยู่ในประเภทสกปรกและหนัก (Dirty Labor) ทำให้การจัดหาคนงานค่อนข้างยาก
4. ได้เครื่องต้นแบบลอกและล้างยางที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลของกระบวนการลอกและล้างยาง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและความเชื่อมั่นของกระบวนการที่สูงขึ้น ตลอดจนการนำไปสู่อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องลอกและล้างยาง จำนวนมากได้ในอนาคต
5. ประสิทธิภาพและสมรรถนะ อาจมีค่าตัวเลขที่เปลี่ยนแปลงได้ด้วยสาเหตุที่ลักษณะทางกายภาพของแผ่นยางมีการเปลี่ยนแปลงมาก เช่น น้ำหนัก ความยาว ความหนา และระยะเวลาในการเก็บยางก่อนนำมาลอกและล้าง ซึ่งลักษณะทางกายภาพ ดังกล่าว ไม่สามารถควบคุมได้

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากเครื่องต้นแบบ

- 5.3.1 เครื่องต้นแบบลอกและล้างยาง
- 5.3.2 ลดต้นทุนในการผลิตยาง
- 5.3.3 ผลผลิตเพิ่มขึ้น
- 5.3.4 ขวัญกำลังใจของพนักงาน ในกระบวนการลอกและล้างยางดีขึ้น
- 5.3.5 เป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาเครื่องลอกและล้างยางในระดับการผลิตจำนวนมาก

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางเป็นลักษณะของงานที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการออกแบบรวมทั้งทักษะการผลิต ระยะเวลาที่ยืดหยุ่นมากพอสมควร ด้วยเหตุผลที่เป็นงานใหม่ ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทุกขั้นตอนที่คิดต้องนำมาผ่านกระบวนการร่างแบบ ทดลองสร้าง และทดลองใช้ ประเมินผลแทบทั้งสิ้น จึงทำให้ทีมวิจัยต้องใช้ความมานะพยายามสูงมาก ภายใต้อุปสรรคที่จำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น ภาระงานประจำ ข้อจำกัดการใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต ระยะเวลาในการวิจัย งบประมาณ และรูปแบบทางกายภาพของยางพาราแผ่นที่ไม่มีความแน่นอน ซึ่งจากข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ดังกล่าว ทางทีมวิจัยใคร่ขอเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนา เป็นข้อ ๆ ดังนี้

5.4.1 ปรับปรุงและเพิ่มเติมชุดจัดระเบียบแผ่นยางก่อนเข้าสู่ชุดสายพานป้อนยางเพื่อแก้ปัญหาความหลากหลายของรูปแบบทางกายภาพของแผ่นยาง

5.4.2 ระยะเวลาในการวิจัย งบประมาณและวิธีการจัดการควรเป็นระบบเปิดและยืดหยุ่นพอสมควรเพื่อที่จะเอื้อให้เกิดการวิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (Effective) และปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพ (Efficiency) ให้ได้

5.4.3 การบริหารจัดการโครงการในส่วนของทรัพยากรมนุษย์ของทีมวิจัยฯ จำเป็นจะต้องใช้กลยุทธ์ในการดำเนินการค่อนข้างสูงมาก บางครั้งผู้จัดการโครงการรู้สึกเหนื่อยเกินความจำเป็น ปัญหาการไม่รู้จักร Description of Function ของตัวเอง ความรับผิดชอบจริงต่องานการทุ่มเทกับงาน การยึดเกาะติดตามวิจัยที่มอบหมาย ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จึงเห็นควรน่าจะมีการสัมมนา ถึงหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ร่วมวิจัย ผู้ช่วยวิจัยและหัวหน้าโครงการวิจัยบ้างในการทำโครงการวิจัยร่วมกันเป็นทีม

5.4.4 ต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางใน Phase นี้ การวิจัยออกแบบเน้นลงไปให้กระบวนการทำงานทั้งกระบวนการนั้น ทำได้ก่อนตามวัตถุประสงค์ของกระบวนการลอกและล้าง แต่เมื่อจะนำมาสู่การเป็นต้นแบบที่สมบูรณ์นั้น เพื่อนำสู่การออกแบบต้นแบบเพื่อการผลิตที่เป็นจำนวนมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำการ optimization ในหลาย ๆ ด้าน เช่น เมื่อได้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่พอใจในระดับหนึ่งแล้วคําค่าที่จะนำเข้าทดแทนแรงงานคนได้ ก็นำมาสู่การ optimization ต้นทุนการสร้างต่อเครื่อง การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน ทางเศรษฐศาสตร์ และการตัดสินใจขั้นสุดท้ายก่อนนำไปสู่การผลิตจำนวนมาก

บรรณานุกรม

1. บรรณเลข ศรนิล และ ประเสริฐ ก้วยสมบุญ , 2524, ตารางงานโลหะ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
2. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542, การวิเคราะห์ระบบการวัด, สมาคมส่งเสริมไทยญี่ปุ่น (ไทย- ญี่ปุ่น)
3. แผนกลยุทธ์และแผนปฏิบัติการเพื่อการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม สาขาอุตสาหกรรมยาง และผลิตภัณฑ์ยาง, <http://www.dip.go.th/paper/study/rubber.html>
4. บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ, 2524 เครื่องกลขนถ่าย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
5. มานพ ตันตระกูลบัณฑิตย์และคณะ, 2539, ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, กรุงเทพฯ, ประชาชน.
6. สมยศ จันทะยม และคิโยคัตสึ ซึเงะ, 2527, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล, กรุงเทพฯ, ดวงกลม.
7. สมาน เสงงามและคณะ, 2540 การศึกษาเบื้องต้นของการลอกแผ่นยาง, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่.
8. มงคลชนก ปราโมทย์ธนาและนัยสิทธิ์ เบ็ญจชัยพร, 2541, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
9. Jun. Sakai และ สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์, 2542, เอกสารประกอบการบรรยายวิชา Product Design.
10. Douglas, C.M., 1996, Design and Analysis of Experiments, 4th ed., New York, John Wiley & Sons.
11. Roberta S. Russell., Bernard W. Taylor III., 1998, Operation Management, 2nd ed.,USA, Prentice Hall, Inc.

ภาคผนวก ก
บทความงานวิจัยสำหรับเผยแพร่

การวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยาง

คณะวิจัย

ผศ.ฉลอง อุไรรัตน์ รศ.สมพันธ์ อำพวัน นายสุชาติ เย็นวิเศษ นายสุรพล ชูสวัสดิ์
นายวิรัช จันทรักษา นายวิชัย ประยูร นายสุชาติ จันทรมณีย์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ-เครื่องมือกล

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้

สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนการวิจัย

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยออกแบบ ทดลอง และสร้างต้นแบบ เครื่องลอกและล้างยางพารา ในกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน นำไปสู่การปรับปรุงและการพัฒนากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน เพื่อต้องการเพิ่มผลิตภาพและลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยโดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับยางแผ่น กระบวนการลอกและล้างยาง คุณลักษณะของยางแผ่น และขั้นตอนการลอกและล้างยางในรูปแบบที่ใช้คนงาน แล้วจึงเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำมาประมวลและสรุปผลออกมาเป็นแนวคิด กำหนดรูปแบบและคุณลักษณะของเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางพารา แล้วทำการสร้างตามรูปแบบ และมีการทดลองใช้และปรับปรุง ในระหว่างการสร้างไปพร้อมกัน

ผลจากทดลองกระบวนการลอกและล้างยางจากเครื่องต้นแบบที่วิจัยออกแบบ ซึ่งหาประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างยางได้ 93.75 เปอร์เซ็นต์ (ที่ความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์) และมีกำลังการผลิตประมาณ 1.019 ตันต่อชั่วโมง

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยางพาราเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นต้นที่นำเอาน้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยางพารามาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ยางพาราที่ผลิตได้แบ่งออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครป ยางฝั่แห้งและน้ำยางข้น ยางพาราเหล่านี้จะนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป เช่น ยางยานพาหนะ ยางรถยนต์ ยางรถจักรยาน-ยางรถจักรยานยนต์ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ ฯลฯ ปัจจุบัน

ประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยในปี พ.ศ. 2539 ผลิตได้ประมาณ 1.978 ล้านตัน หรือร้อยละ 31 ของที่โลกผลิตได้ทั้งหมดจำนวน 6.34 ล้านตัน แต่เมื่อพิจารณาด้านการนำยางพาราไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางภายในประเทศแล้ว ปรากฏว่ามีการนำยางพารามาใช้เพียงประมาณ ร้อยละ 8 ของผลผลิตทั้งหมดเท่านั้น นอกนั้นต้องพึ่งตลาดส่งออก

สำหรับยางแผ่นรมควันนั้นมีขั้นตอนในกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งขั้นตอนที่มีความสำคัญก็คือขั้นตอนของการลอกและล้างยางนั่นเอง เพราะเป็นขั้นตอนการทำงานที่เป็นลักษณะของงานที่หนักและสกปรก ทำให้การจัดหาแรงงานค่อนข้างยากและคนงานที่ทำงานในขั้นตอนนี้ก็ต้องทำงานหนัก ดังนั้นการวิจัยออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางนี้ เพื่อที่จะได้เครื่องต้นแบบลอกและล้างยางที่สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมยางและใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในโอกาสต่อไปได้

2. วิธีการวิจัย

คณะทีมผู้วิจัยได้ทำการศึกษารายละเอียดต่างๆ ของการผลิตยางแผ่นรมควันทั้งในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมจริงและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาประมวลเป็นแนวคิดในการออกแบบและสร้างต้นแบบให้สอดคล้องกับการผลิต โดยแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

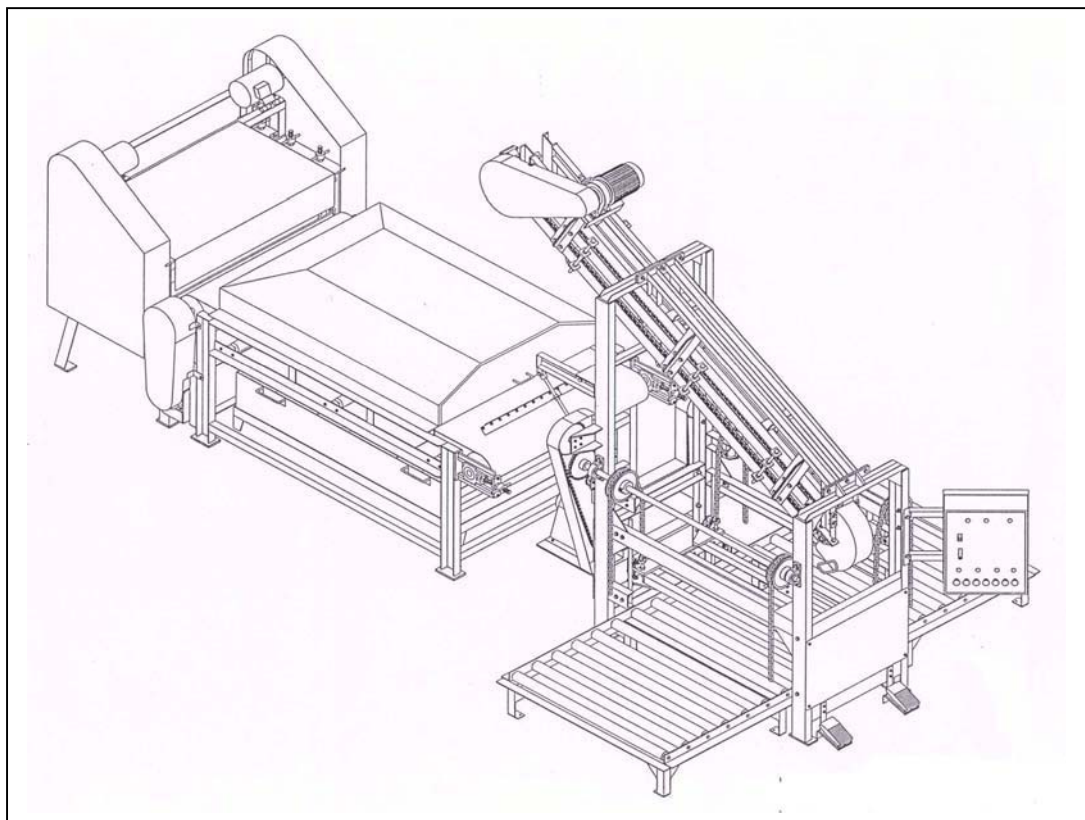
- 2.1 สรุ้วข้อมูลเบื้องต้นจากอุตสาหกรรมยางแผ่น
- 2.2 กำหนดหลักการในการลอกและล้างยาง
- 2.3 กำหนด Specification ของเครื่องและชิ้นส่วน
- 2.4 ออกแบบรูปร่างของเครื่องและเขียนแบบ
- 2.5 สร้างเครื่องลอกและล้างยาง
- 2.6 ทดลองการทำงาน
- 2.7 ปรับปรุงแก้ไข
- 2.8 ทดสอบการทำงานให้ได้เครื่องต้นแบบที่สามารถทำงานได้
- 2.9 เผยแพร่และสาธิตการใช้เครื่อง



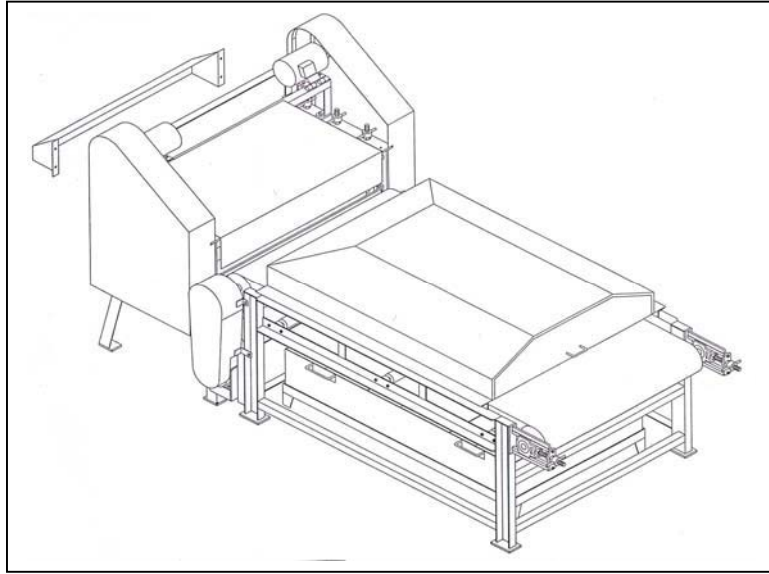
รูปที่ 1 กระบวนลอกและล้างยางในโรงงานอุตสาหกรรม

3. ผลของการวิจัยการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องลอกและล้างยาง

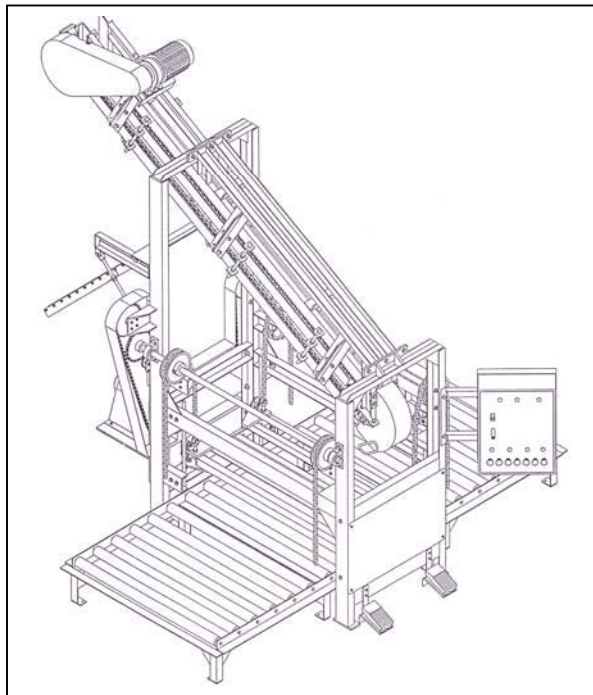
จากผลการวิจัยซึ่งผ่านขั้นตอนการออกแบบ การผลิต การทดลองใช้ และมีการปรับปรุงไปด้วยพร้อมๆ กัน ซึ่งทำให้ได้ต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางที่มีประสิทธิภาพและกำลังการผลิตในระดับหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2 – รูปที่ 4



รูปที่ 2 เครื่องต้นแบบลอกและล้างยาง



รูปที่ 3 ชุดเครื่องล้างยาง



รูปที่ 4 ชุดเครื่องลอกยาง

4. สรุปผลของเครื่องต้นแบบ

จากเครื่องต้นแบบที่ถูกออกแบบและผลิตออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2 – รูปที่ 4 ซึ่งหาประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้างยาง รวมทั้งกำลังการผลิตของเครื่องต้นแบบได้ดังนี้

4.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการลอกและล้าง = 93.75 % (ที่ความชื้น 90%)

4.2 กำลังการผลิต = 728 แผ่น/ชั่วโมง (1.019 ตัน/ชั่วโมง)

หรือ = 5,829 แผ่น/วัน (8.16 ตัน/วัน)

5. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบลอกและล้างยางเป็นลักษณะของงานที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการออกแบบรวมทั้งทักษะการผลิต ระยะเวลาที่ยืดหยุ่นมากพอสมควร ด้วยเหตุผลที่เป็นงานใหม่ ยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทุกขั้นตอนที่คิดต้องนำมาผ่านกระบวนการร่างแบบ ทดลองสร้าง และทดลองใช้ ประเมินผลแทบทั้งสิ้น จึงทำให้ทีมวิจัยต้องใช้ความมานะพยายามสูงมาก ภายใต้อุปสรรคที่จำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น ภาระงานประจำ ข้อจำกัดการใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต ระยะเวลาในการวิจัย งบประมาณ และรูปแบบทางกายภาพของยางพาราแผ่นที่ไม่มีน้ำหนัก ซึ่งจากข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ดังกล่าว ทางทีมวิจัยใคร่ขอเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนา เป็นข้อ ๆ ดังนี้

5.1 ปรับปรุงและเพิ่มเติมชุดจัดระเบียบแผ่นยางก่อนเข้าสู่ชุดสายพานป้อนยาง เพื่อแก้ปัญหาคความหลากหลายของรูปแบบทางกายภาพของแผ่นยาง

5.2 ระยะเวลาในการวิจัย งบประมาณและวิธีการจัดการควรเป็นระบบเปิดและยืดหยุ่นพอสมควรเพื่อที่จะเอื้อให้เกิดการวิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบที่มีประสิทธิผล (Effective) และปรับปรุงให้เกิดประสิทธิภาพ (Efficiency) ให้ได้

5.3 การบริหารจัดการโครงการในส่วนของทรัพยากรมนุษย์ของทีมวิจัยฯ จำเป็นจะต้องใช้กลยุทธ์ในการดำเนินการค่อนข้างสูงมาก บางครั้งผู้จัดการโครงการรู้สึกเหนื่อยเกินความจำเป็น ปัญหาการไม่รู้จัก Description of Function ของตัวเอง ความรับผิดชอบจริงต่อการทุ่มเทกับงาน การยึดเกาะติดตามวิจัยที่มอบหมาย ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จึงเห็นควรน่าจะมีการสัมมนา ถึงหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ร่วมวิจัย ผู้ช่วยวิจัยและหัวหน้าโครงการวิจัยบ้างในการทำโครงการวิจัยร่วมกันเป็นทีม

5.4 ต้นแบบเครื่องลอกและล้างยางใน Phase นี้ การวิจัยออกแบบเน้นลงไปให้กระบวนการทำงานทั้งกระบวนการนั้น ทำได้ก่อนตามวัตถุประสงค์ของกระบวนการลอกและล้าง แต่เมื่อนำมาสู่การเป็นต้นแบบที่สมบูรณ์นั้น เพื่อนำสู่การออกแบบต้นแบบเพื่อการผลิตที่เป็นจำนวนมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำการ Optimization ในหลาย ๆ ด้าน เช่น เมื่อได้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่พอใจในระดับ

หนึ่งแล้วคําค่าที่จะนำเข้าทดแทนแรงงานคนได้ ก็นำมาสู่การ Optimization ต้นทุนการสร้างต่อเครื่อง การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน ทางเศรษฐศาสตร์ และการตัดสินใจขั้นสุดท้ายก่อนนำไปสู่การผลิตจำนวนมาก

6. เอกสารอ้างอิง

1. บรรเลง ศรีนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบุญ , 2524, ตารางงานโลหะ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ
2. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542, การวิเคราะห์ระบบการวัด, สมาคมส่งเสริมไทยญี่ปุ่น (ไทย- ญี่ปุ่น)
3. แผนกลยุทธ์และแผนปฏิบัติการเพื่อการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม สาขาอุตสาหกรรมยาง และผลิตภัณฑ์ยาง, <http://www.dip.go.th/paper/study/rubber.html>
4. บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ, 2524 เครื่องกลขนถ่าย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
5. มานพ ตันตระกูลและคณะ, 2539, ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, กรุงเทพฯ, ประชาชน.
6. สมยศ จันเกษม และศิโยศักดิ์ ชีวะ, 2527, การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล, กรุงเทพฯ, ดวงกลม.
7. สมาน เสงี่ยมและคณะ, 2540 การศึกษาเบื้องต้นของการลอกแผ่นยาง, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่.
8. มงคลชนก ปราโมทย์ธนาและนัยสิทธิ์ เบ็ญจชัยพร, 2541, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
9. Jun. Sakai และ สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์, 2542, เอกสารประกอบการบรรยายวิชา Product Design.
10. Douglas, C.M., 1996, Design and Analysis of Experiments, 4th ed., New York, John Wiley & Sons.
11. Roberta S. Russell., Bernard W. Taylor III., 1998, Operation Management, 2nd ed.,USA, Prentice Hall, Inc.