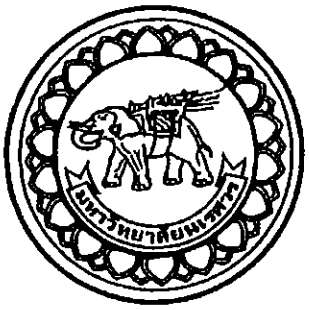


การใช้ทฤษฎีการสร้างนวัตกรรม (TRIZ) ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

Application of TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) in modification of a centrifugal broadcaster

นายณัฐพงศ์ กิตติวรกาล รหัส 48363534

นายพงษ์พัฒน์ พยุงพันธุ์ รหัส 48363763

โ609458ธ e.2

มร.

ณ๖๗๗๐

2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การใช้ทฤษฎีการสร้างนวัตกรรม (TRIZ) ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐพงศ์ กิตติวรกาล	รหัส 48363534
	นายพงษ์พัฒน์ พยุงพันธุ์	รหัส 48363763
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร. ศลิษา วีรพันธุ์	
ที่ปรึกษาร่วมโรงงาน	รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2552	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ดร. ศลิษา วีรพันธุ์)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แดนลา)

.....กรรมการ
(ดร. ภาณุ พุทธวงศ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**การใช้ทฤษฎีการสร้างนวัตกรรม (TRIZ) ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์**	
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นายณัฐพงศ์ กิตติวรกาล**	**รหัส 48363534**
	นายพงษ์พัฒน์ พยุงพันธุ์	**รหัส 48363763**
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ดร. ศลิษา วีรพันธุ์**	
ที่ปรึกษาร่วมโรงงาน	**รศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี**	
สาขาวิชา	**วิศวกรรมเครื่องกล**	
ภาควิชา	**วิศวกรรมเครื่องกล**	
ปีการศึกษา	2552	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาทฤษฎี TRIZ เพื่อใช้ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อที่จะให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซนต์ความเสียหายของเมล็ดข้าวน้อยลงส่วนในการศึกษานี้เป็นการใช้ทฤษฎีผังก้างปลามาช่วยวิเคราะห์ควบคู่กับทฤษฎีTRIZโดยใช้ผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าว และใช้TRIZเพื่อแสวงหาแนวทางในการแก้ไข จากการใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาทั้งหมดของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์จะเห็นว่ามีส่วนที่ทำให้เมล็ดข้าวแตกหักเสียหายได้มากที่สุดคือ 1.จานหว่าน 2.ใบกวน 3.ครีบหว่านซึ่งในการแก้ปัญหามักพบว่าเมื่อต้องการปรับปรุงคุณสมบัติอย่างหนึ่งให้ดีขึ้นอาจจะส่งผลให้คุณสมบัติอีกอย่างด้อยลง การแก้ปัญหาคู่ความขัดแย้งลักษณะนี้ TRIZ มีเครื่องมือของTRIZซึ่งประกอบด้วยส่วนหลักๆที่สำคัญ 2 ส่วนคือ 1. ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งเชิงเทคนิค 2.หลักการ 40 ข้อในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่คำตอบที่หลากหลายทั้งนี้คำตอบที่ได้จะต้องนำไปพัฒนาต่อเพื่อนำมาใช้งานได้จริงต่อไป

Project title	Application of TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) in modification of a centrifugal broadcaster	
Name	Mr.Nuttapong Kittivorakan	ID 48363534
	Mr.Pongpat Payungpan	ID 48363763
Project advisor	Ms.Salisa Veraphun	
Co-Project advisor	Mrs.Mattanee Sanguansermsri	
Major	Mechanical Engineering	
Department	Mechanical Engineering	
Academic year	2009	

Abstract

The objective of the project is to study the applicability of TRIZ in modification of a centrifugal rice broadcaster to reduce the damage to the rice broadcasted. The cause and Effect method is used to explore possible events leading to rice damage. TRIZ is then applied in solution searching process .As we used the Cause and Effect diagram to analyze the total problems of centrifugal broadcaster, we have seen that the 3 parts which is the most damaging cause of rice are

1. Plate for scattering rice seeds 2. Impeller 3. Fin for scattering rice seeds

From the principle of TRIZ, we can solve this problem by using the equipment of TRIZ which consists of 2 main compositions that are Table of conflict Matrix technical and 40 inventive principles. However, solving this problem should consider that if some quality is higher, another quality will be lower.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงาน ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ศลิษา วีรพันธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงงาน ตลอดจนติดตามประเมินผลการทำโครงงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจ จนกระทั่งโครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรม สั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้ดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงาน

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงงานนี้ แด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงงานนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายพงษ์พัฒน์ พยุงพันธุ์

นายณัฐพงศ์ กิตติวรกาล

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฌ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	2
1.7 งบประมาณ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ทฤษฎี TRIZ	4
2.1.1 เครื่องมือของ TRIZ	5
2.1.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย TRIZ	11
2.1.3 ตัวอย่างการใช้ตารางความขัดแย้ง	12
2.1.4 กรณีศึกษา	14
2.2 ทฤษฎีผังก้างปลา Fish Bone Diagram หรือ แผนผังสาเหตุและผล	21
2.2.1 วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา	21
2.2.2 โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล	22
2.2.3 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา	24
2.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	24
2.3.1 ถังบรรจุ	24
2.3.2 ชุดควบคุมปริมาณเมล็ด	26
2.3.3 จานหว่านเมล็ด	26
2.3.4 ชุดเพลาส่งกำลัง	27
2.3.5 กระบวนการหว่านเมล็ดข้าว	28
2.3.6 ข้อมูลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าว	28
2.4 การคำนวณการทดรอบของใบกวน	29
บทที่ 3 การวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วย TRIZ	31
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	31
3.2 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา	32
3.2.1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา	32
3.3 การวิเคราะห์คู่ความขัดแย้งของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	35
3.3.1 คู่ความขัดแย้งของใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด (สำหรับหว่านข้าวเปลือก)	35
3.3.2 คู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน (สำหรับหว่านข้าวงอก)	37
บทที่ 4 การพัฒนาคำตอบจาก TRIZ	39
4.1 สรุปผลการเลือกคู่ความขัดแย้งของ ใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด	39
4.1.1 หลักการข้อที่ 4 คือ ไม่สมมาตร	39
4.1.2 หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม	39
4.1.3 หลักการข้อที่ 1 คือ แบ่งส่วน	42
4.1.4 การคำนวณหาขนาดพู่เล่และความเร็วรอบของใบกวนที่ใช้ทดรอบ	42
4.2 สรุปผลการเลือกคู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน	43
4.2.1 หลักการข้อที่ 10 คือ กระทำก่อน	43
4.2.2 หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม	43
4.2.3 หลักการข้อที่ 30 คือ ใช้ฟิล์มบางหรือเยื่อยืดหยุ่น	44
4.2.4 หลักการข้อที่ 40 คือ ใช้วัสดุคอมโพสิต	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.5 หลักการข้อที่ 18 คือ สั่นเชิงกล	44
4.2.6 หลักการข้อที่ 27 คือ ใช้แล้วทิ้ง	45
4.2.7 หลักการข้อที่ 28 คือ แทนระบบเชิงกล	45
4.3 สรุปผลการพัฒนาคำตอบ	47
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	49
5.1 การใช้TRIZเพื่อปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	49
5.2 ข้อจำกัดของการใช้ TRIZ	49
5.3 ข้อดีของการใช้ TRIZ	50
5.4 ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารอ้างอิง	ฎ
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่	2.1 ระดับความยากง่ายของปัญหาทางเทคนิค	5
ตารางที่	2.2 ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง	6
ตารางที่	2.3 ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ	7
ตารางที่	2.4 ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของปัญหา	13
ตารางที่	2.5 39 พารามิเตอร์ทางของ TRIZ สำหรับสาเหตุหลักของอุบัติเหตุจากสารเคมี	16
ตารางที่	2.6 เมทริกซ์ความขัดแย้งของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed	18
ตารางที่	2.7 เมทริกซ์ความขัดแย้งของเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene	18
ตารางที่	3.1 ตารางคู่ความขัดแย้งของ ใบกวน,ช่องจ่ายเมล็ด	35
ตารางที่	3.2 ตารางคู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน	37
ตารางที่	4.1 รูปร่างใบกวนชนิดต่างๆที่ใช้กวนของเหลวในงานอุตสาหกรรม	41
ตารางที่	4.2 การพัฒนาคำตอบของชุดใบกวน	47
ตารางที่	4.3 การพัฒนาคำตอบของชุดจานหว่านและครีบหว่าน	48

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 ตารางการดำเนินงาน	3
รูปที่ 2.1 ระดับความยากง่ายของปัญหาทางเทคนิค	4
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย TRIZ	12
รูปที่ 2.3 P&ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed	17
รูปที่ 2.4 P&ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene	20
รูปที่ 2.5 วิธีการใช้ผังก้างปลาหรือ(Cause and Effect Diagram)	21
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล	22
รูปที่ 2.7 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา	23
รูปที่ 2.8 สามารถแตกสาเหตุในแต่ละปัจจัยออกไปอีกได้หลายสาเหตุย่อย	24
รูปที่ 2.9 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านหน้า	24
รูปที่ 2.10 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านข้าง	25
รูปที่ 2.11 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านบน	25
รูปที่ 2.12 ใบกวนและช่องจ่ายเมล็ดข้าว	25
รูปที่ 2.13 สเกลบอกระดับ 1-8	26
รูปที่ 2.14 คันโยก	26
รูปที่ 2.15 ชุดจานเหวี่ยง	27
รูปที่ 2.16 ใบพัดและรูปรับระดับองศา	27
รูปที่ 2.17 ชุดเพลาส่งกำลัง	28
รูปที่ 2.18 กระบวนการหว่านเมล็ดข้าว	29
รูปที่ 2.19 กลไกลการทำงานของพู่เล่ที่มีสายพานเป็นตัวส่งกำลัง	30
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วย TRIZ	31
รูปที่ 3.2 แผนผังก้างปลาของปัญหาเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	32
รูปที่ 3.3 ใบกวน	33
รูปที่ 3.4 ครีบหว่าน	33
รูปที่ 3.5 จานหว่าน	33

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.6 เพลาส่งกำลัง 34

รูปที่ 3.7 แมลงศัตรูพืช 34

รูปที่ 4.1 ใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์แบบดั้งเดิม 40

รูปที่ 4.2 ใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 1 40

รูปที่ 4.3 ชุดทดกำลังของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 1 42

รูปที่ 4.4 การทดรอบของเพลาส่งกำลัง 42

รูปที่ 4.4 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 2 46

รูปที่ 4.5 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 2(ด้านหลัง) 46

รูปที่ 4.6 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 2(ด้านหน้า) 47

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

V_W = ความเร็วของชุดทดลอง	(กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
ω = ความเร็วเชิงมุม	(เรเดียนต่อวินาที)
r = รัศมีของพู่เล่	(เมตร)
f = จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 วินาที	(เฮิรตซ์)
n = ความเร็วรอบ	(รอบต่อนาที)
D = เส้นผ่านศูนย์กลาง	(เมตร)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) เป็นการใช้ความคิดทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม ทฤษฎีนี้ค้นพบโดย นายเกนริค อัลทซูลเลอร์ (Genrich Alshuller) ชาวรัสเซีย ซึ่งได้มาจากข้อสรุปของการศึกษา สิทธิบัตรที่นำมาจดทะเบียนนับพันๆรายการ โดยวิธีการลองผิดลองถูกมาใช้ในการคิดค้นพบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ

เมื่อเกิดปัญหาคนเรามักจะใช้ความคิดยึดติดกับประสบการณ์และการรับรู้ที่ผ่านมาคือมองรูปแบบเดิมๆเป็นหลักทำให้ไม่สามารถออกจากรูปแบบความคิดเดิมได้แต่ จากการที่ได้ศึกษาถึงความรู้พื้นฐาน เครื่องมือและวิธีการนำไปใช้ พบว่า TRIZ สามารถทำให้กระบวนการคิดมีความเป็นระบบและระเบียบมากขึ้น ทำให้กระบวนการแก้ไขปัญหาต่างๆนั้นง่ายขึ้น โดยการมองสภาพของปัญหากว้างขวางมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการพัฒนานำ TRIZ มาแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมใหม่ๆออกมามากมาย

ทำให้มีแนวคิดในการนำ TRIZ มาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ เพราะว่าปัจจุบันอุตสาหกรรมทางการเกษตรของไทยกำลังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เครื่องหว่านจึงมีผลที่จะช่วยในเรื่องการเพิ่มผลผลิต ลดเวลาและแรงงานในการทำงานให้แก่เกษตรกรได้ และเป็นสิ่งที่ชาวเกษตรมีความต้องการในการใช้เครื่องหว่านข้าวเป็นจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ศึกษาแนวคิดและการนำ TRIZ ไปใช้ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาแนวคิดพื้นฐานของ TRIZ

1.3.2 ศึกษาเครื่องมือต่างๆของ TRIZ และวิธีการใช้งาน

1.3.3 ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาของ TRIZ

1.3.4 ประยุกต์ใช้ TRIZ ในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

1.4.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

1.4.3 ใช้ Fish Bone Diagram และ Mind Map เพื่อวิเคราะห์ปัญหาการเสียหายของเมล็ดข้าวเกิดจากที่ใด

1.4.4 ใช้ตารางเมตริกความขัดแย้งเพื่อเลือกคู่ความขัดแย้งและหาวิธีแก้ปัญหา

1.4.5 วิเคราะห์ผลข้อมูลด้วยวิธีแนะนำของTRIZ

1.4.6 สรุปผลและจัดทำรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีความเข้าใจ TRIZ และสามารถนำไปใช้ได้

1.5.2 สามารถใช้ TRIZ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

1.5.3 สามารถให้คำแนะนำ TRIZ และการใช้ เพื่อแก้ปัญหาอื่นๆ ได้

1.6 งบประมาณที่ใช้

(1,000 บาท / คน) ในกลุ่มมี 2 คน = 2,000 บาท

หัวข้อ	2552							2553		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. หาข้อมูล										
- หนังสือ TRIZ , หนังสือที่เกี่ยวข้อง										
- เว็บไซต์www.trizthailand.com										
2. วางแผนการทำงาน										
- ศึกษา TRIZ										
- ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องหว่าน										
- ศึกษาการใช้แผนผังก้างปลา										
-สรุปข้อมูลและจัดทำ Proposal										
3.ขั้นตอนการดำเนินงาน										
-วิเคราะห์ความขัดแย้งเชิงเทคนิคด้วยแผนผังก้างปลา										
-ใช้หลักการของ TRIZ ในการแก้ไขความขัดแย้ง										
-สรุปแนวทางในการแก้ปัญหาที่ได้จากการใช้ TRIZ										
4.สรุปผลการทำงาน										
-จัดทำรายงานเป็นรูปเล่ม										
-จัดทำ Presentation										
-สอบโครงงาน										

1.Proposal

2.สรุปข้อขัดแย้งเชิงเทคนิค

3.ทำรูปเล่ม

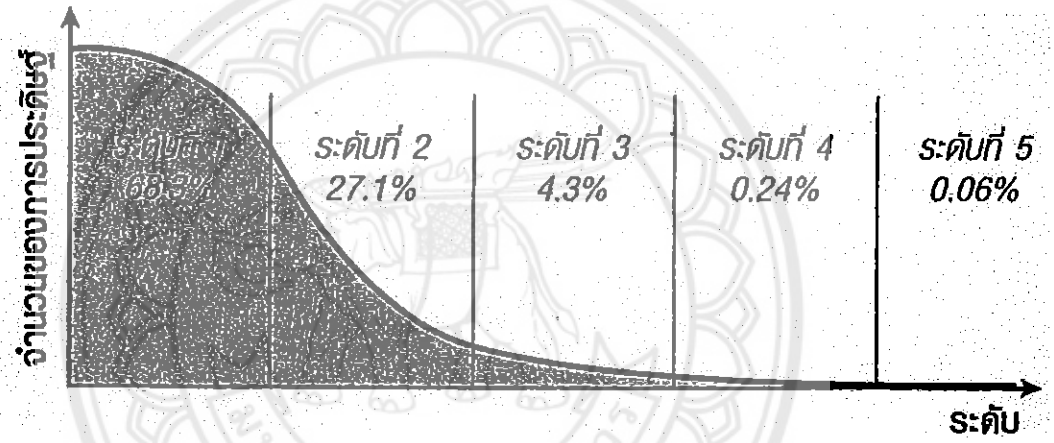
4.Present

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎี TRIZ

TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) เป็นการใช้ความคิด ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม ทฤษฎีนี้ค้นพบโดย นายเกนริค อัลทซูลเลอร์ (Genrich Alshuller) ชาวรัสเซีย ซึ่งได้มาจากข้อสรุปของการศึกษาสิทธิบัตรที่นำมาจดทะเบียนนับพันๆรายการ โดยวิธีการลองผิดลองถูกมาใช้ในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ



รูปที่ 2.1 ระดับความยากง่ายของปัญหาทางเทคนิค [1]

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าระดับปัญหาทางเทคนิคนั้นมีจำนวนมากมาย แต่เราจะเห็นว่าระดับที่ 1 มี 68.3% นั่นคือปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยทฤษฎีและความรู้ทั่วไปที่ได้ศึกษาเรียนรู้มา ระดับที่ 2 มี 27.1% จะใช้ประสบการณ์ทางด้านสาขาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ระดับที่ 3 มี 4.3% จะใช้ความรู้จากอุตสาหกรรมอื่นที่อยู่นอกจากไปจากอุตสาหกรรมของตนเอง ระดับที่ 4 มี 0.24% ได้มีการนำความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์มาใช้มากกว่าจะใช้วิชาการในอุตสาหกรรมในสาขานั้นๆ ระดับที่ 5 มี 0.06% เป็นปัญหาที่ไม่เคยค้นพบหรือไม่มีมาก่อน จากทั้ง 5 ระดับ จะรวมเป็น 100% ของปัญหาทั้งหมด TRIZ เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในระดับที่ 3-5 เพื่อค้นหาคำตอบที่อาจจะอยู่นอกเหนือกลุ่มความรู้ในสาขาตนเอง

ตารางที่ 2.1: ระดับความยากง่ายของปัญหาทางเทคนิค

ระดับ	ระดับของการประดิษฐ์คิดค้น	%ของปัญหา	แหล่งความรู้
1	เป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยทฤษฎีและความรู้ทั่วไป	68.3	ใช้ประสบการณ์เฉพาะในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง
2	มีการปรับปรุงพัฒนาในระดับหนึ่ง	27.1	ใช้ประสบการณ์จากสาขาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง
3	มีการปรับปรุงพัฒนาในระดับพื้นฐาน	4.3	ใช้ความรู้จากสาขาอุตสาหกรรมอื่นที่อยู่นอกจากไปจากสาขาอุตสาหกรรมของตนเอง
4	สร้างระบบใหม่ที่ต้องใช้หลักการใหม่ๆ	0.24	นำความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์มาใช้มากกว่าจะใช้วิชาการในอุตสาหกรรมในสาขานั้นๆ
5	สร้างระบบแบบใหม่โดยการค้นพบเทคโนโลยีใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน	0.06	ค้นพบใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน

2.1.1 เครื่องมือของ TRIZ

2.1.1.1 ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งเชิงเทคนิค

ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมส่วนใหญ่จะมีความขัดแย้งเชิงเทคนิค เมื่อต้องการให้คุณสมบัติอย่างหนึ่งดีขึ้น คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งมักจะด้อยลง TRIZ กำหนดคุณสมบัติหลักไว้ 39 คุณสมบัติ และ ความขัดแย้งของคุณสมบัติแต่ละอย่างนั้นใช้หลักการการแก้ปัญหาที่มีรูปแบบคล้ายๆกัน ซึ่งเขาได้พัฒนามาเป็นหลักการเชิงประดิษฐ์คิดค้น 40 ข้อและได้จัดทำเป็นตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง โดยเมื่อเราสามารถระบุคู่ความขัดแย้งได้ เราก็สามารถดูแนวทางการแก้ปัญหาว่า ควรใช้หลักการข้อใดในการนำเข้ามาช่วยแก้ปัญหานั้น

ตารางที่ 2.2: ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้ง

ลักษณะสมบัติ			ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง (Characteristic that is getting worse)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
(Characteristics to be improved)	1	น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่		–	15, 8 29, 34	–	29, 17 38, 34	–	29, 2 40, 28	–
	2	น้ำหนักของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–		–	10, 1 29, 35	–	35, 30 13, 7	–	5, 35 14, 2
	3	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	8, 15 29, 34	–		–	15, 17 4	–	7, 17 4, 35	–
	4	ความยาวของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	35, 28 40, 29	–		–	17, 7 10, 40	–	35, 8 2, 14
	5	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 17 29, 4	–	14, 15 18, 4	–		–	7, 14 17, 4	–
	6	พื้นที่ของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	30, 2 14, 18	–	26, 7 9, 39	–		–	–
	7	ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	2, 26 29, 40	–	1, 7 4, 35	–	1, 7 4, 17	–		–
	8	ปริมาตรของวัตถุซึ่งอยู่นิ่งกับที่	–	35, 10 19, 14	19, 14	35, 8 2, 14	–	–	–	
	9	ความเร็ว	2, 28 13, 38	–	13, 14 8	–	20, 30 34	–	7, 29 34	–
	10	แรง	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	10, 18 15,	1, 18 35, 37	15, 9 12, 37	2, 35 18, 37

① คือ คุณสมบัติที่ต้องการปรับปรุง

② คือ คุณสมบัติที่ด้อยลง

③ คือ วิธีแก้ปัญหาความขัดแย้ง

2.1.1.2 หลักการเชิงประดิษฐ์คิดค้น 40 ข้อ

เป็นหลักการที่นำมาช่วยในการแก้ปัญหา และสามารถพาไปสู่คำตอบที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นได้

ตารางที่ 2.3: ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ

หัวข้อ	หลักการ	ตัวอย่าง
1. แบ่งส่วน	มีอิสระง่ายต่อการผลิต สะดวก และเคลื่อนย้าย	จักรยาน, ตู้ประกอบ
2. สกัดออก	เอาส่วนที่ดีมาใช้หรือจำกัดส่วนที่ไม่ดีออก	น้ำมันพืช , การทำอัญมณีต่างๆ
3. ลักษณะเฉพาะ	ส่วนที่เป็นหน้าที่สำคัญ คุณสมบัติพิเศษ	เครื่องดักฟัง , ไขควงที่สามารถใช้ได้ในที่แคบๆ
4. ไม่สมมาตร	เพื่อความสมดุลและใช้งานง่าย	การออกแบบหน้ายางด้านนอกทนต่อการเสียดสีได้มากกว่าด้านใน
5. รวมกัน	นำส่วนมีประโยชน์มารวมกัน	เครื่องพิมพ์เอกสาร , โทรศัพท์มือถือ
6. อเนกประสงค์	ชิ้นเดียวแต่มีประโยชน์มาก ฟังก์ชั่นการทำงาน	USB(Universal Serial BUS) , กล้องถ่ายรูป
7. ซ้อนกัน	การประหยัดพื้นที่	แก้วกรวยกระดาษ , เก้าอี้พลาสติกที่ซ้อนกันเพื่อลดพื้นที่จัดเก็บ
8. คานน้ำหนัก	สมดุลปรับสภาพระบบ	ตาชั่งสองแขน , เครื่องร่อนต่างๆ

ตารางที่ 2.3: ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ (ต่อ)

หัวข้อ	หลักการ	ตัวอย่าง
9. กระทำการต่อต้านก่อน	ขจัดปัญหาก่อนเกิด	เสื้อนาโนซิลเวอร์ , วัคซีนชนิดต่างๆ
10. กระทำก่อน	รวดเร็ว ไม่ผิดพลาด	นาฬิกาปลุก , สมุดฉีก
11. ป้องกันไว้ก่อน	ป้องกันการเกิดความเสียหาย	อุปกรณ์ตัดไฟฟ้าฉุกเฉิน , สัญญาณกันขโมย
12. ศักย์เท่ากัน	เคลื่อนย้ายขึ้นลงทำให้เสียพลังงาน	กีตาร์ที่มีสายสะพาย ,Bluetoothรับโทรศัพท์
13. ทำกลับกัน	ทำตรงข้ามเพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้น	ถอยหลังเพื่อฝึกสมาธิ
14. ทรงกลม	เปลี่ยนเส้นตรงเป็นโค้ง ผิวแบนเป็นกลม ลดแรงเสียดทานเป็นราบรื่น	แปรงทาสีแบบลูกกลิ้ง
15. พลวัต	ลดการกระแทก ไม่เคลื่อนที่ให้เคลื่อนที่	เครื่องนวด
16. การทำบางส่วนหรือมากกว่า	ใช้งานระบบให้มากกว่าที่ออกแบบไว้	พ่นสีรถยนต์
17. แปลงสู่มิติใหม่	เปลี่ยนมุมมองจากแนวตั้งเป็นเอียงหรือตะแคง	กระจกรถยนต์
18. สั่นเชิงกล	ใช้ประโยชน์การแกว่งเพื่อเพิ่มความถี่ให้เกิดพลังงาน	เครื่องลดน้ำหนัก ,เครื่องแยกถั่ว

ตารางที่ 2.3: ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ (ต่อ)

หัวข้อ	หลักการ	ตัวอย่าง
19. กระทำเป็นจังหวะ	ถ้าเป็นจังหวะให้เป็นประโยชน์ ใช้ช่วงหยุดพักให้เป็นประโยชน์	การปั่นจักรยาน, การพายเรือ
20. กระทำต่อเนื่องที่เป็นประโยชน์	เปลี่ยนการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาเป็นการหมุน เพื่อลดสภาวะการเคลื่อนที่	ทาสี, ผลิตน้ำร้อน
21. กระทำอย่างว่องไว	เพิ่มความเร็วเพื่อลดอันตรายต่อความเสี่ยง	ฉีดยาฆ่าแมลง
22. เปลี่ยนวิกฤติเป็นโอกาส	ใช้ปัจจัยอันตรายให้เป็นประโยชน์ หรือหักล้างกันเพื่อไม่ให้เกิดอันตราย	การรีไซเคิล , การนำยาเสพติดมาใช้ในด้านการแพทย์
23. ป้อนกลับ	หาค่าปฏิบัติเปรียบกับค่าทฤษฎีเพื่อให้เกิดประโยชน์	ระบบควบคุมความดัน
24. ตัวกลาง	อาศัยสื่อกลางเพื่อส่งผ่านหรือถ่ายเทหน้าที่และเงื่อนไขของระบบ	ทองแดงล่อฟ้าผ่า,พลังงานต่างๆ
25. บริการตัวเอง	สร้างระบบให้ทำตามหน้าที่หรือดำเนินการได้เองโดยอัตโนมัติ	กระถางต้นไม้
26. เลียนแบบ	จำลองระบบหรือรูปแบบการทำงานเพื่อให้ลดต้นทุน	โมเดลบ้าน , โปรแกรมเขียนแบบ
27. ใช้แล้วทิ้ง	ใช้วัสดุราคาถูกแทนราคาแพงโดยยอมเสียลักษณะบางประการเช่นความทนทาน	แก้วพลาสติก,กระดาษกรอง ถุงมือ

ตารางที่ 2.3: ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ (ต่อ)

หัวข้อ	หลักการ	ตัวอย่าง
28. แทนระบบเชิงกล	แทนระบบเชิงกลด้วยระบบทางกายภาพ(แสง เสียง ลม และอื่นๆ)	เครื่องเป่าเหลือก
29. ใช้ระบบนิวเมติคหรือไฮโดลิค	แทนของแข็งด้วยก๊าซหรือของเหลวเพื่อให้ชิ้นส่วนขยาย	รถยนต์,ม้าหมุน
30. เยื่อยืดหยุ่นหรือฟิล์มบาง	ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของชิ้นงาน	เคลือบสมุด,เคลือบสารกันสนิม
31. วัสดุรูพรุน	แยกหรือกรององค์ประกอบที่ต้องการหรือไม่ต้องการหรือดูดซึมเก็บกักไว้ได้	ผ้าขาวบาง,กระดาษกรอง
32. เปลี่ยนสี	การเปลี่ยนสีมาเป็นกลไกในการตรวจวัดและเพิ่มความสามารถในการตรวจจับปัญหา	การตรวจแบงค์ปลอม
33. เนื้อเดียว	วัตถุที่ทำกับสิ่งอื่นๆควรปรับมาใช้วัสดุหรือพลังงานเดียวกัน	ค้อนตีเหล็ก
34. ใช้ชิ้นส่วนที่สลายและเกิดใหม่ได้เอง	เมื่อผ่านการใช้งานแล้วการใช้วัสดุหรือชิ้นส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้	กระดาษ
35. เปลี่ยนสภาพลักษณะสมบัติ	การเปลี่ยนแปลงรูปทรงเรขาคณิต การยืดหยุ่นเชิงกลหรือคุณสมบัติจากการเพิ่มสารเคมี	สิ่งมีชีวิตที่ผ่านการดัดแปลง (GMOs, Ganetically Modified Organisms)

ตารางที่ 2.3: ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา 40 ข้อของ TRIZ (ต่อ)

หัวข้อ	หลักการ	ตัวอย่าง
36. แปลงสถานะ	เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวหรือก๊าซเพื่อความสะดวก	ลูกเหม็น,สบู่เหลว
37. ขยายตัวด้วยความร้อน	การขยายตัวด้วยพลังงานความร้อนเพื่อให้เป็นเชิงกลหรือการเคลื่อนที่	การตีคาบ,การขยายตัวของประตูบ้าน
38. เติมอากาศอย่างรวดเร็ว	ตัวเร่งปฏิกิริยาในรูปของก๊าซไอออนหรือโมเลกุลได้	ตู้เลี้ยงปลา
39. สภาพแวดล้อมเฉื่อย	ลดการเกิดปฏิกิริยา สร้างสภาวะเป็นกลาง	ก๊าซเฉื่อยในการทำปฏิกิริยา
40. วัสดุคอมโพสิต	ลดน้ำหนักช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและทนแรงบิดได้มากขึ้น	รองเท้า,เก้าอี้

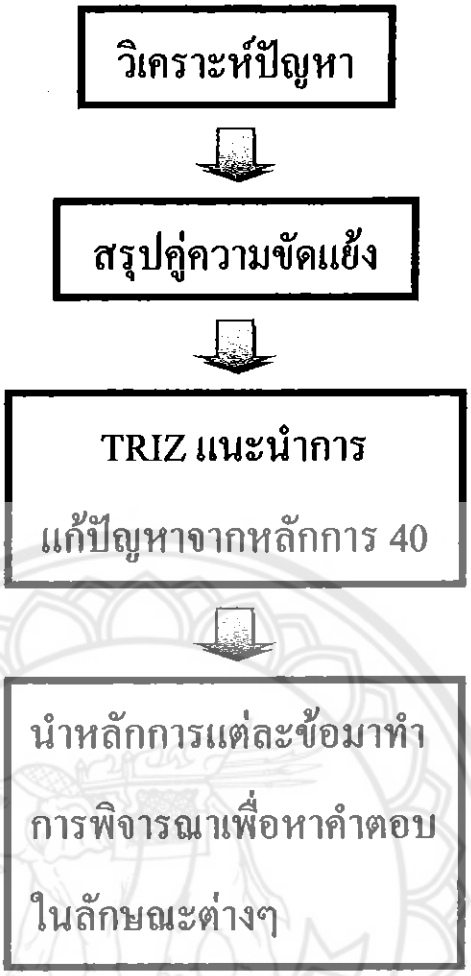
2.1.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย TRIZ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ดังนี้

2.1.2.1 วิเคราะห์ปัญหาที่ต้องการแก้ไข

2.1.2.2 หาคู่ความขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น

2.1.2.3 TRIZ แนะนำการแก้ปัญหาจากหลักการ 40 ข้อ ว่ามีแนวทางที่ช่วยในการแก้ปัญหาแบบใดบ้าง

2.1.2.4 นำหลักการแต่ละข้อที่ TRIZ แนะนำมาพิจารณาเพื่อหาคำตอบในลักษณะต่างๆ



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วย TRIZ

2.1.3 ตัวอย่างการใช้ตารางความขัดแย้ง เช่น

2.1.3.1 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องบิน

เครื่องบินในปัจจุบันนั้นยิ่งต้องการความเร็วและขนาดที่ใหญ่ขึ้น แต่การจะเพิ่มความเร็วของเครื่องบินอาจมีผลทำให้การสั่นสะเทือนของเครื่องบินเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันรูปร่างของเครื่องบินที่ใหญ่ขึ้น ก็จะมีผลต่อน้ำหนักของเครื่องบินที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน จะเห็นได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นคู่ความขัดแย้งกัน คือ ระหว่างพารามิเตอร์ที่ 9 (ความเร็ว) และ13 (เสถียรภาพของวัตถุ), พารามิเตอร์ที่ 12 (รูปร่าง) และ1 (น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.1.3.2 หลักการที่ TRIZ แนะนำเพื่อแก้ปัญหาคู่ความขัดแย้ง

ตารางที่ 2.4: ตารางเมตริกซ์ความขัดแย้งของปัญหา

ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง / ลักษณะสมบัติที่ต้องการปรับปรุง		1 น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	13 เสถียรภาพของวัตถุ
9	ความเร็ว	[redacted]	1, 18, 28, [redacted]
12	รูปร่าง	[redacted], 10, 29, 40	[redacted]

คู่ความขัดแย้งที่ 1 : 9 (ความเร็ว) ขัดแย้งกับ 13 (เสถียรภาพของวัตถุ) เมื่อเพิ่มความเร็วมากขึ้นก็จะทำให้เสียเสถียรภาพของเครื่องลดลงได้เช่น เครื่องบินจะสั่นทำให้เกิดการเสียสมดุล โดยหลักการในการแก้ปัญหาที่ TRIZ แนะนำจากตารางเมตริกซ์ คือ

ข้อที่ 1 แบ่งส่วน คือ มีอิสระง่ายต่อการผลิต สะดวกและเคลื่อนย้าย

ข้อที่ 18 สั่นเชิงกล คือ การใช้ประโยชน์การแกว่งเพื่อเพิ่มความถี่ให้เกิดพลังงาน

ข้อที่ 28 แทนระบบเชิงกล คือ การแทนระบบเชิงกลด้วยระบบทางกายภาพ เช่น (แสง เสียง ลม และอื่นๆ)

ข้อที่ 33 เนื้อเดียว คือ วัตถุที่ทำกับสิ่งอื่นๆควรปรับมาใช้วัสดุหรือพลังงานเดียวกัน

จากคู่ความขัดแย้งที่ 1

จากหลักการที่ TRIZ แนะนำเพื่อแก้ปัญหาคู่ความขัดแย้งนี้ มีแนวทางในการนำไปสู่คำตอบมากกว่า 1 ข้อ เช่น แทนระบบเชิงกล (ข้อที่ 28) ในการออกแบบระบบควบคุมทิศทางด้วยหางเสือ (แทนระบบเชิงกลด้วยพลังงานลม), คุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกัน (ข้อ 33) โดยออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องบินเป็นเนื้อเดียวกันให้มากที่สุดเพื่อลดการสั่นสะเทือนจากการเสียดสีของตัวเครื่องบินและอากาศ ในส่วนของหลักการข้ออื่นอาจไม่สามารถนำมาแก้ปัญหาในคู่ความขัดแย้งนี้ได้ เนื่องจากอาจเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหารูปแบบอื่น

คู่ความขัดแย้งที่ 2 : 12 (รูปร่าง) ขัดแย้งกับ 1 (น้ำหนักของวัตถุที่เคลื่อนที่) เมื่อปรับเปลี่ยนรูปร่าง โดยหลักการในการแก้ปัญหาที่ TRIZ แนะนำจากตารางเมตริกซ์ คือ

ข้อที่ 8 คานน้ำหนัก คือ สมดุลปรับสภาพระบบ

ข้อที่ 10 กระทำก่อน คือ ความรวดเร็ว ไม่ผิดพลาด

ข้อที่ 29 ใช้ระบบนิวเมติคหรือไฮโดรลิค คือ การแทนของแข็งด้วยก๊าซหรือของเหลวเพื่อให้ชิ้นส่วนขยาย

ข้อที่ 40 วัสดุคอมโพสิต คือ ลดน้ำหนักช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและทนแรงบิดได้มากขึ้น

จากคู่ความขัดแย้งที่ 2

จากหลักการที่ TRIZ แนะนำเพื่อแก้ปัญหาคู่ความขัดแย้งนี้ มีแนวทางในการนำไปสู่คำตอบมากกว่า 1 ข้อ เช่น คานน้ำหนัก(ข้อที่ 8) โดยการออกแบบปีกเครื่องบินที่ให้แรงยกในการลอยให้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักของเครื่องบินที่เพิ่มขึ้น, ใช้ระบบไฮโดรลิค(ข้อที่ 29)ในการสร้างระบบลงจอดเพื่อรองรับน้ำหนักจำนวนมากในการลงจอดของเครื่องบิน ในส่วนของหลักการข้ออื่นอาจไม่สามารถนำมาแก้ปัญหาในคู่ความขัดแย้งนี้ได้ เนื่องจากอาจเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหารูปแบบอื่นและ TRIZ จะทำให้มองปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และสามารถเข้าไปแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด TRIZ สามารถนำเข้าไปใช้ในการแก้ปัญหาในด้านอื่นๆได้อีกมากมาย [2]

2.1.4 กรณีศึกษา

<u>การใช้ TRIZ เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยในการประมวลผลทางเคมีให้มากขึ้น [3]</u>

การกำหนดคู่ความขัดแย้งของ TRIZ แบบดั้งเดิม คือ การเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการจะปรับปรุงจากตารางเมตริกซ์โดยตรงจึงยากต่อการนำไปปรับใช้ในการดูแลความปลอดภัยในระบบกระบวนการทางเคมี เนื่องจากการนำไปประยุกต์ใช้และความคลุมเครือของคำศัพท์ในการจำแนกประเภทของปัจจัยที่ต้องการจะปรับปรุง เช่น หากการประมวลผลทางเคมีเกิดความผิดพลาดภายในกระบวนการ การศึกษานี้ได้มีการปรับปรุง 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ ให้สัมพันธ์กับ 6 ปัจจัย คือ ช่างซ่อม, การให้บริการ, ความผิดพลาดของกระบวนการการ, การออกแบบ, อันตรายจากธรรมชาติและวัสดุอุปกรณ์ ทั้ง 6 ปัจจัยนี้คือสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุทางเคมี เพื่อนำการปรับปรุง TRIZ นี้มาใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed และ เครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene

2.1.4.1 การปรับปรุงแก้ไข TRIZ

อันดับที่ 1 ปรับปรุง 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ ให้เข้ากับ 6 ปัจจัย คือ ช่างซ่อม, การให้บริการ, การผิดพลาดของกระบวนการ, การออกแบบ, อันตรายจากธรรมชาติและวัสดุอุปกรณ์

อันดับที่ 2 สร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของสาเหตุของแต่ละอุบัติเหตุจากสารเคมีที่มี 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ ในการตรวจสอบตัวอย่างอุบัติเหตุทางเคมีที่เกิดจากปัญหาเครื่องจักรกลนั้นสามารถรับการเปลี่ยนคุณสมบัติ เช่น แรง, รูปร่าง, ความแข็งแรงและความทนทาน หลังจากนั้น แสดงคุณสมบัติเหล่านี้เพื่อโยงเข้ามาให้สัมพันธ์กับพารามิเตอร์ของ TRIZ ดังนั้นปัญหาของการปรับปรุงความปลอดภัยในกระบวนการเคมีจะโอนไปยังปัญหา TRIZ ดังตารางที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของอุบัติเหตุสารเคมี และ 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ

TRIZ ที่ปรับปรุงแล้วเพื่อที่จะง่ายต่อการนำไปใช้กับกระบวนการความปลอดภัยทางเคมี มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน

1.) วิเคราะห์ระบบและกำหนดลักษณะของระบบที่ต้องมีการปรับปรุง
2.) เลือกหมวดของปัจจัย ช่างซ่อม, การให้บริการ, ความผิดพลาดของกระบวนการ, การออกแบบ, อันตรายจากธรรมชาติ และ วัสดุอุปกรณ์
3.) กำหนดความขัดแย้งและระบุลักษณะที่เสื่อมสภาพอื่นๆ
4.) จับคู่ความขัดแย้งและใช้ 40 หลักการ เพื่อหักล้างความขัดแย้ง และหาหลักการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและนำไปใช้ในระบบ

ตารางที่ 2.5: 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ สำหรับสาเหตุหลักของอุบัติเหตุจากสารเคมี

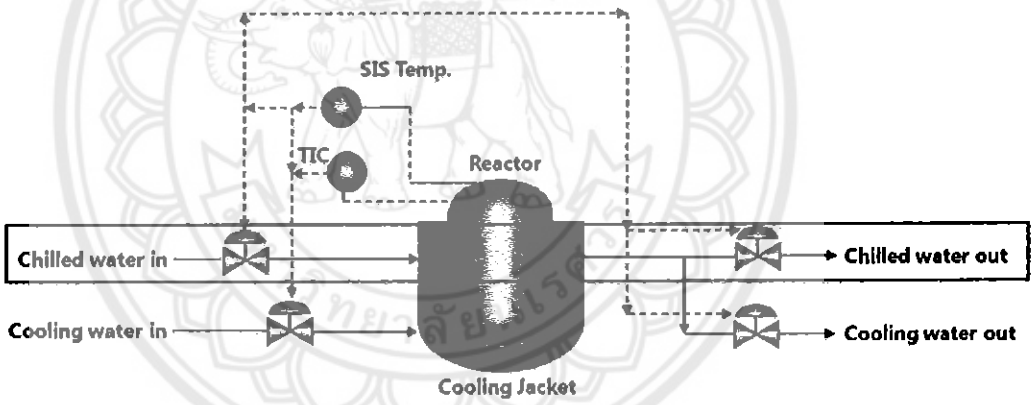
พารามิเตอร์	ช่าง ซ่อม บำรุง	การ ให้บริ- การ	ความ- ผิดพลาดของ กระบวนการ	การออกแบบ	อันตราย จาก ธรรมชาติ	วัสดุ อุปกรณ์
1.) น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่						
2.) น้ำหนักของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง						
3.) ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่						
4.) ความยาวของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง						
5.) พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่		•				
6.) พื้นที่ของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง						
7.) ปริมาตรของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่						
8.) ปริมาตรของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง						
9.) ความเร็ว	•	•	•			
10.) แรง	•		•			
11.) ความดัน	•		•			
12.) รูปร่าง	•			•	•	
13.) เสถียรภาพขององค์ประกอบ	•		•	•	•	•
14.) ความแข็งแรง	•			•	•	
15.) ความทนทานของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่	•		•	•		
16.) ความทนทานของวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง	•		•	•		
17.) อุณหภูมิ	•		•			
18.) ความสว่าง		•				•
19.) พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งเคลื่อนที่		•			•	
20.) พลังงานซึ่งใช้ไปโดยวัตถุซึ่งหยุดนิ่ง						
21.) กำลัง			•			
22.) การสูญเสียพลังงาน			•			
23.) การสูญเสียสสาร			•			•
24.) การสูญเสียข้อมูลข่าวสาร		•	•			
25.) การสูญเสียเวลา	•					
26.) จำนวนสสาร			•			•
27.) ความน่าเชื่อถือ	•			•		•
28.) ความแม่นยำในการวัด	•		•			
29.) ความแม่นยำในการผลิต	•					
30.) ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก	•			•		•
31.) ปัจจัยอันตรายซึ่งวัตถุสร้างขึ้น	•			•	•	•
32.) ความสามารถในการผลิต				•		

ตารางที่ 2.5: 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ สำหรับสาเหตุหลักของอุบัติเหตุจากสารเคมี (ต่อ)

33.) ความสะดวกในการใช้		•		•		
34.) ความสามารถในการซ่อมแซมได้	•			•		•
35.) ความสามารถในการปรับใช้ได้		•		•		
36.) ความซับซ้อนของอุปกรณ์		•	•	•		
37.) ความซับซ้อนในการควบคุม		•	•	•		
38.) ระดับของความอัตโนมัติ		•	•	•		
39.) กำลังการผลิต		•	•	•		•

2.1.4.2 เครื่องปฏิกรณ์ Jacketed

เครื่องปฏิกรณ์ Jacketed ควบคุมอุณหภูมิโดยการระบายความร้อนด้วยการไหลของน้ำผ่าน Cooling Jacket การควบคุมอุณหภูมิเป็นส่วนหนึ่งของระบบการควบคุมกระบวนการพื้นฐาน รูปที่ 2.3 แสดง P & ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed



รูปที่ 2.3 P&ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed

1.) ในกระบวนการนี้จำเป็นที่จะต้องควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed เพราะอุณหภูมิที่สูงมากของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed จะทำให้เกิดปัญหาในด้านความปลอดภัย เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของกระบวนการจึงจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม

2.) การเลือกอุณหภูมิที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการ จึงสามารถเลือกพารามิเตอร์ที่จะปรับปรุงและพารามิเตอร์ที่จะค้อยลงที่สอดคล้องกับความผิดพลาดของกระบวนการ(ตารางที่ 2.5)

3.) จากคู่ความขัดแย้งที่ ①สามารถสรุปได้ดังนี้

พารามิเตอร์ที่ปรับปรุง: การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed ให้เหมาะสม (17, อุณหภูมิ)

พารามิเตอร์ที่ด้อยลง: อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed ต้องเพิ่มความ ซับซ้อนของอุปกรณ์นี้ (37, ซับซ้อนของการควบคุม)

วิธีแก้ไขความขัดแย้งที่ ① จากตารางที่ 2.6 หลักการที่แนะนำคือหลักการที่ 3, 27, 35 และ 31 หลักการที่ 3(ลักษณะเฉพาะ) และ 35 (การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์) เป็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ กรณีนี้ การเพิ่มเติมระบบเติมน้ำหล่อเย็น (Chilled water) ใน cooling jacket (ในรูปที่ 2.3) อาจจะแก้ไขปัญหานี้ได้

ตารางที่ 2.6: เมทริกซ์ความขัดแย้งที่ ①ของเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed

ลักษณะที่ด้อยลง / ลักษณะที่จะปรับปรุง	37(ความซับซ้อนของการควบคุม)
17(อุณหภูมิ)	[redacted], 27, [redacted], 31

ตารางที่ 2.7: เมทริกซ์ความขัดแย้งที่ ②ของเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene

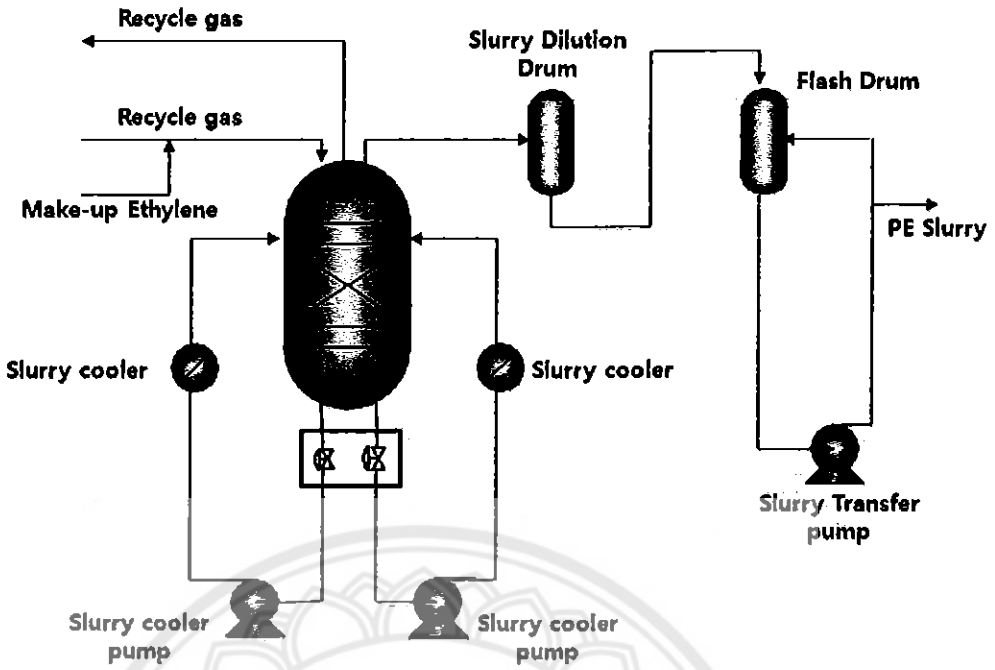
ลักษณะที่ด้อยลง / ลักษณะที่จะปรับปรุง	33(ความสะดวกในการดำเนินการ)	36(ความซับซ้อนของอุปกรณ์)
23(สูญเสียสาร)	2, [redacted], [redacted], 32	[redacted]
30(ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก)	[redacted]	19, 22, 29, [redacted]

2.1.4.3 เครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene

Polymer ประกอบด้วยโซ่ยาวของ เอทิลีนโมโนเมอร์ เป็นพลาสติกที่เป็นที่นิยมและมีประโยชน์ทางเคมี เครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene เป็นกระบวนการ polymerization ของเอทิลีนและตัวเร่ง นั้นคือขั้นตอนกระบวนการทำ Polyethylene รูปที่ 2.4 แสดง P & ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene

1.) กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับอันตรายรั่วไหลของไฟ เช่น hexane และกระบวนการนี้ยังสามารถระเบิดได้เนื่องจากการรั่วไหลอีกด้วย อันตรายจากไฟนี้จะทำให้ท่อและอุปกรณ์เครื่องลุกไหม้ ปัญหานี้จากตารางที่ 2.5 จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบ
2.) ลักษณะแรกคือ เกี่ยวข้องกับวัสดุอุปกรณ์ และลักษณะที่สอง เกี่ยวข้องกับการออก-แบบ คุณสามารถเลือกการปรับปรุงและค้อยลง พารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับวัสดุอุปกรณ์และการออกแบบ (ตารางที่ 2.5)
3.) คู่ความขัดแย้งที่ ②สามารถสรุปดังนี้
พารามิเตอร์ที่จะปรับปรุง :ลดอันตรายจากการรั่วไหลของวัตถุไวไฟ เช่น hexane (23, สูญเสียสาร)
พารามิเตอร์ที่จะค้อยลง :การเพิ่มเติมอุปกรณ์จะทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการลดลง (33, ความสะดวกในการดำเนินการ)
พารามิเตอร์ที่จะปรับปรุง:ลดการลุกไหม้ที่จะเกิดกับเครื่อง (30, ปัจจัยอันตรายซึ่งกระทำต่อวัตถุภายนอก)
พารามิเตอร์ที่จะค้อยลง :อุปกรณ์เพิ่มเติมเพิ่มความซับซ้อนของกระบวนการ (36, ความซับซ้อนของ-อุปกรณ์)
4.) เพื่อแก้ไขความขัดแย้งที่ ②จากตารางที่ 2.7 ที่แนะนำหลักการคือ 32, 28, 2 และ 24 (ระหว่าง พารามิเตอร์ 23 และ 33) หลักการที่แนะนำอื่นๆ 22, 19, 29 และ 40 (ระหว่าง พารามิเตอร์ 30 และ 36)
หลักการ 28 แทนที่ระบบเครื่องกล เป็นที่ยอมรับมากกว่าหลักการอื่นๆ (ระหว่าง พารามิเตอร์ 23 และ 33) การเปลี่ยนวาล์วทำงานเป็นวาล์วไฟฟ้า (ในรูปที่ 2.4) อาจจะสามารถแก้ไขปัญหาได้

หลักการ 40 วัสดุคอมโพสิต ได้ถูกเลือกในกรณีนี้ (ระหว่างพารามิเตอร์ 30 และ 36) เปลี่ยนพื้นผิวของท่อและอุปกรณ์เป็นวัสดุที่ป้องกันการลุกไหม้ อาจสามารถแก้ไขปัญหาได้



รูปที่ 2.4 P&ID ของเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene

2.1.4.4 สรุปกรณีศึกษา

การพัฒนาปรับปรุง TRIZ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการทางเคมี การศึกษา นี้ได้จัด 39 พารามิเตอร์ของ TRIZ ให้สัมพันธ์กับ 6 ปัจจัย คือ ช่างซ่อม, การให้บริการ, ความผิด พลาดของกระบวนการ, การออกแบบ, อันตรายจากธรรมชาติและวัสดุอุปกรณ์ โดย 6 ปัจจัยเหล่านี้คือสาเหตุหลักของอุบัติเหตุทางเคมี

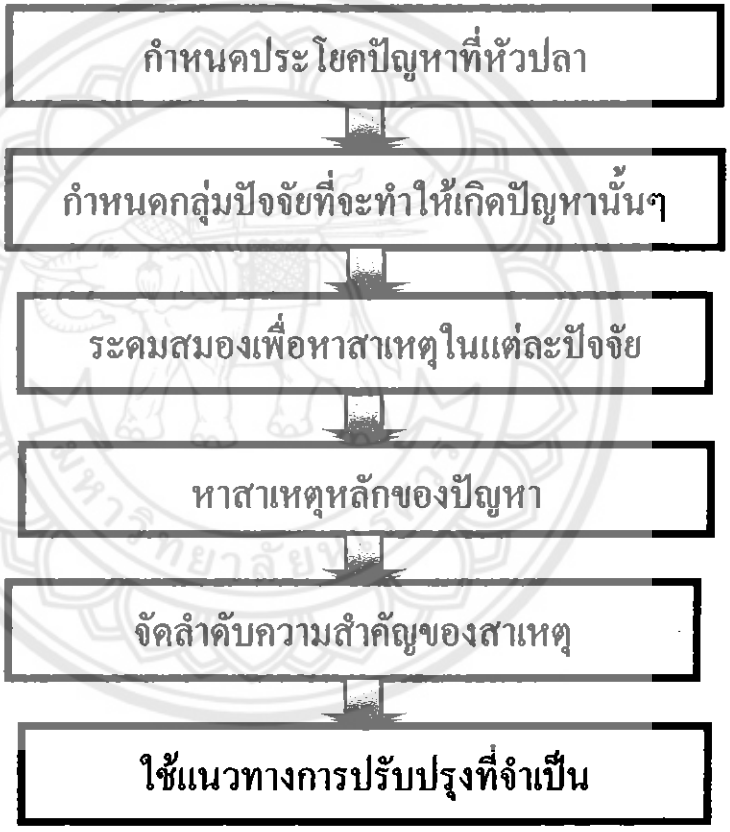
การปรับปรุง TRIZ ที่ได้นำไปทดสอบกับเครื่องปฏิกรณ์ jacketed และ เครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene จะเห็นได้ว่าการปรับปรุง TRIZ ทำให้มีวิธีซึ่งสอดคล้องกันเพื่อแก้ปัญหาในกระบวนการรักษาความปลอดภัยทางเคมี ตามผลการวิจัย จึงได้เสนอทางเลือกในการออกแบบเพื่อการปรับปรุงเครื่องปฏิกรณ์ Jacketed ที่มีปัญหาด้านการควบคุมอุณหภูมิแต่ไม่ต้องการทำให้ระบบการควบคุมอุณหภูมิมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นจึงติดตั้งระบบการเติมน้ำหล่อเย็นไหลเพิ่มลงไปใน Cooling Jacket ดังรูปที่ 2.3 และเครื่องปฏิกรณ์ Polyethylene ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการรั่วไหลของวัตถุไวไฟทำให้เกิดการลุกไหม้กับเครื่องปฏิกรณ์ แต่ต้องการความสะดวกในการดำเนินการและไม่ต้องการความซับซ้อนของอุปกรณ์ จึงเปลี่ยนวาล์วให้เป็นวาล์วไฟฟ้าสามารถปิดการไหลเมื่อเกิดการรั่วไหลดังแสดงในรูปที่ 2.4 และได้ใช้วัสดุคอมโพสิตเพื่อป้องกันการลุกไหม้ที่จะเกิดกับเครื่องปฏิกรณ์ ตามลำดับ

2.2 ทฤษฎีผังก้างปลา Fish Bone Diagram หรือ แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) [4]

แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา

2.2.1 วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.5 วิธีการใช้ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)

2.2.2 โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล

1.) ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา

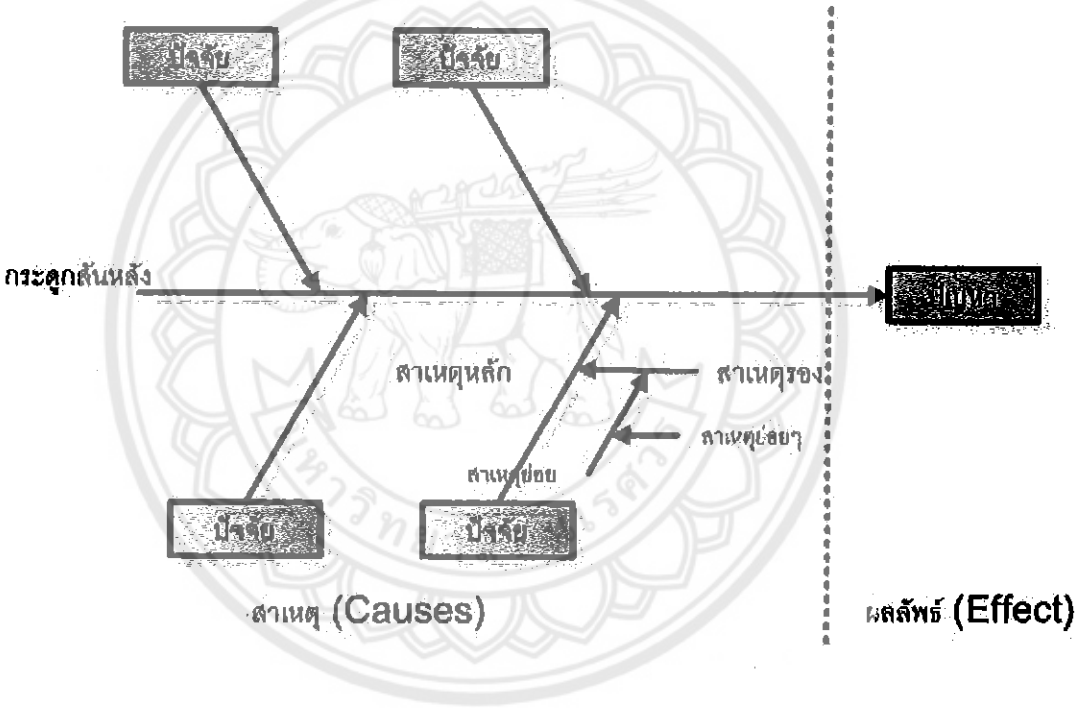
2.) ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

3.) ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)

4.) สาเหตุหลัก

5.) สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของแผนผังสาเหตุและผล

2.2.3 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

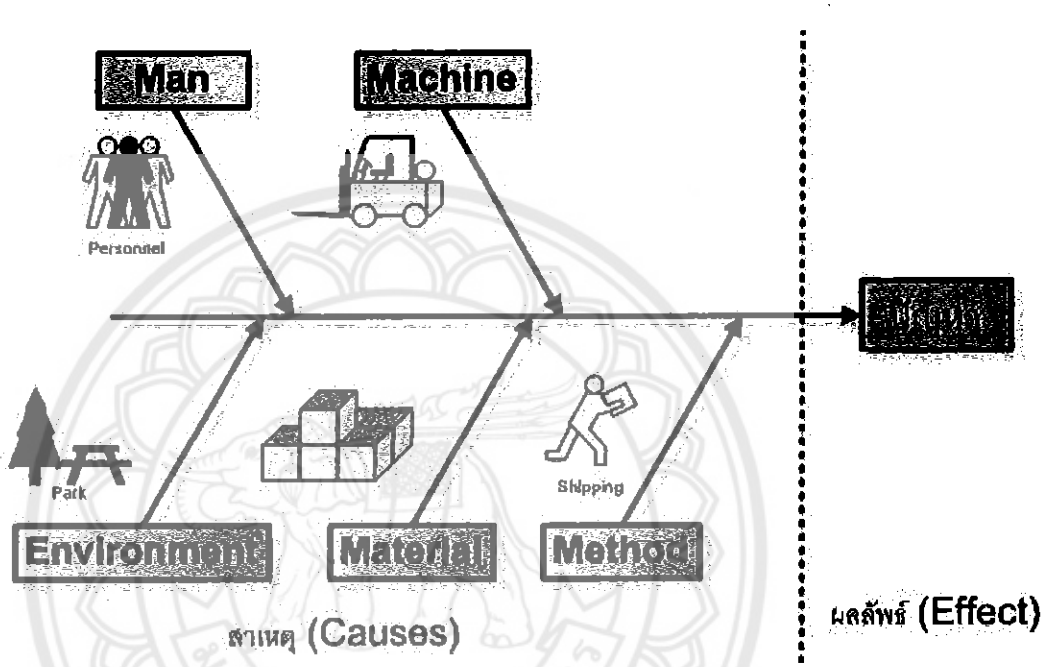
1.) M Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

2.) M Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

3.) M Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

4.) M Method กระบวนการทำงาน

5.) E Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน



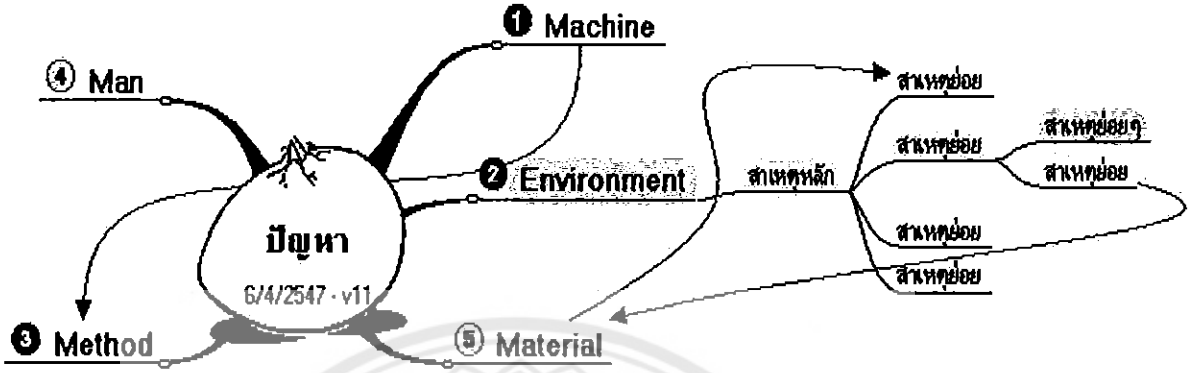
รูปที่ 2.7 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E ไม่เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place, Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกได้เช่นกัน

2.2.4 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากกำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้ใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา

การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ



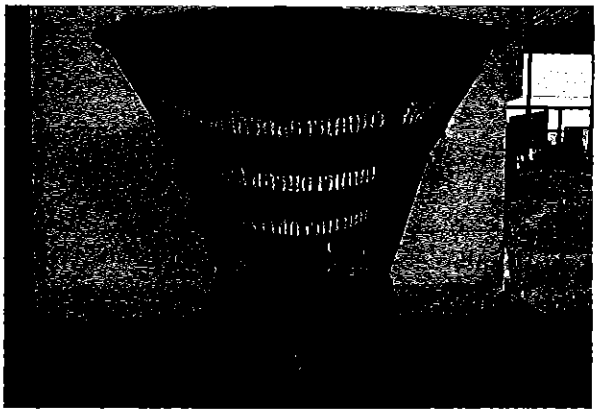
รูปที่ 2.8 สามารถแตกสาเหตุในแต่ละปัจจัยออกไปอีกได้หลายสาเหตุย่อย

2.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ OTMA-TRESTINA รุ่น RS\400 มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

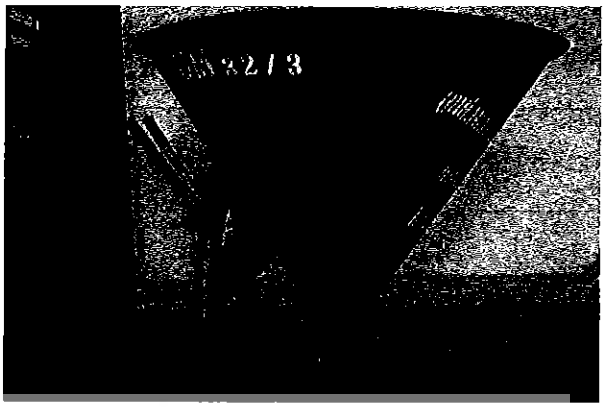
2.3.1 ถังบรรจุ

มีลักษณะเป็นรูปกรวย ทำจากเหล็ก บรรจุเมล็ดข้าวได้ประมาณ 150 กิโลกรัม ผนังเอียงทำมุม 45 องศากับแนวนอน ด้านในของถังมีช่องสำหรับให้เมล็ดข้าวไหลออกจำนวนสองช่องพร้อมใบกวนโดยช่องจ่ายเมล็ดข้าวสามารถปรับระดับความกว้างได้ตั้งแต่ 1-8 ระดับ ทั้งสองข้าง และช่องจ่ายเมล็ดข้าว นั้น เป็นอิสระต่อกัน โดยจะทำงานสัมพันธ์กับชุดควบคุมปริมาณเมล็ด



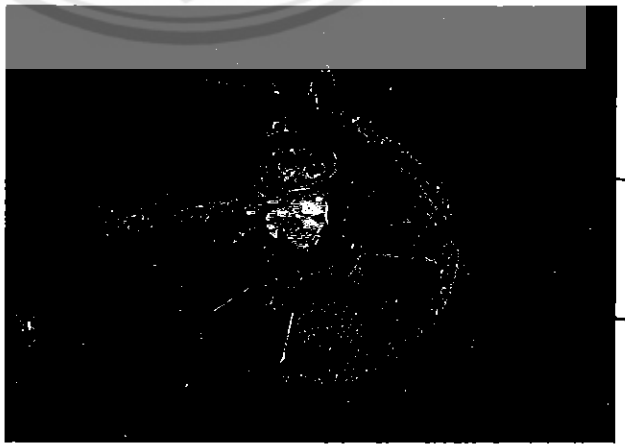
รูปที่ 2.9 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านหน้า

ก 5094586 e.2
ปร.
ฉ 3390
2552



รูปที่ 2.10 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านข้าง

รูปที่ 2.11 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้านบน

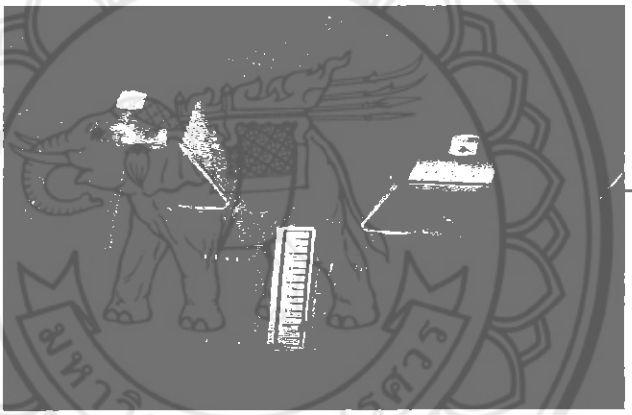


รูปที่ 2.12 ใบกวน และช่องจ่ายเมล็ดข้าว

2.3.2 ชุดควบคุมปริมาณเมล็ด

มีลักษณะเป็นคันโยกสองอัน ใช้สำหรับปรับระดับความกว้างของช่องจ่ายเมล็ดทั้งสองช่อง ปรับระดับได้ตั้งแต่ 1-8 ระดับ โดยมีสเกลบอกระดับ

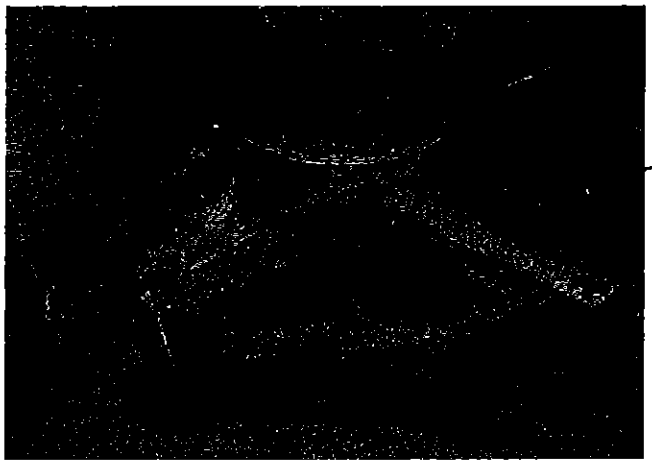
รูปที่ 2.13 สเกลบอกระดับ 1 – 8



รูปที่ 2.14 คันโยก

2.3.3 จานหว่านเมล็ด

ใช้สำหรับหมุนหว่านเมล็ดข้าวที่ตกลงมาจากช่องจ่ายเมล็ด โดยจานหว่านประกอบด้วยชุดครีบหว่านจำนวนสี่ครีบ และสามารถปรับระดับองศาของใบพัดแต่ละครีบ ได้จำนวนสี่ระดับ โดยจานหว่านเมล็ดจะหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา (เมื่อหันไปในทิศด้านหน้ารถแทรกเตอร์) ขณะเครื่องทำงาน วัดความเร็วรอบของจานหว่านได้เท่ากับ 540 รอบ/นาที (เท่ากับเพลาอำนวยกำลัง) คิดเป็นอัตราเร็วเชิงมุม 56.6 เรเดียน/วินาที และคำนวณหาอัตราเร็วเชิงเส้นที่บริเวณขอบนอกของจานหว่านได้เท่ากับ 2.4 m/s



รูปที่ 2.15 ชุดจานเหวี่ยง

รูปที่ 2.16 ครีบหว่าน และรูปรับระดับองศาของใบพัด

2.3.4 ชุดเพลาส่งกำลัง

เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ OTMA-TRESTINA รุ่น RS\400 นี้จะต่อพ่วงท้ายแบบสามจุดเข้ากับรถแทรกเตอร์ขนาด 60 แรงม้า โดยความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ใช้อยู่ในช่วง 1600 – 1800 รอบ/วินาที และความเร็วรอบเพลาอำนวยกำลัง 540 รอบ/นาที และในขณะที่ทำงานจานเหวี่ยงต้องอยู่สูงจากพื้นดิน 40 – 70 เซนติเมตร

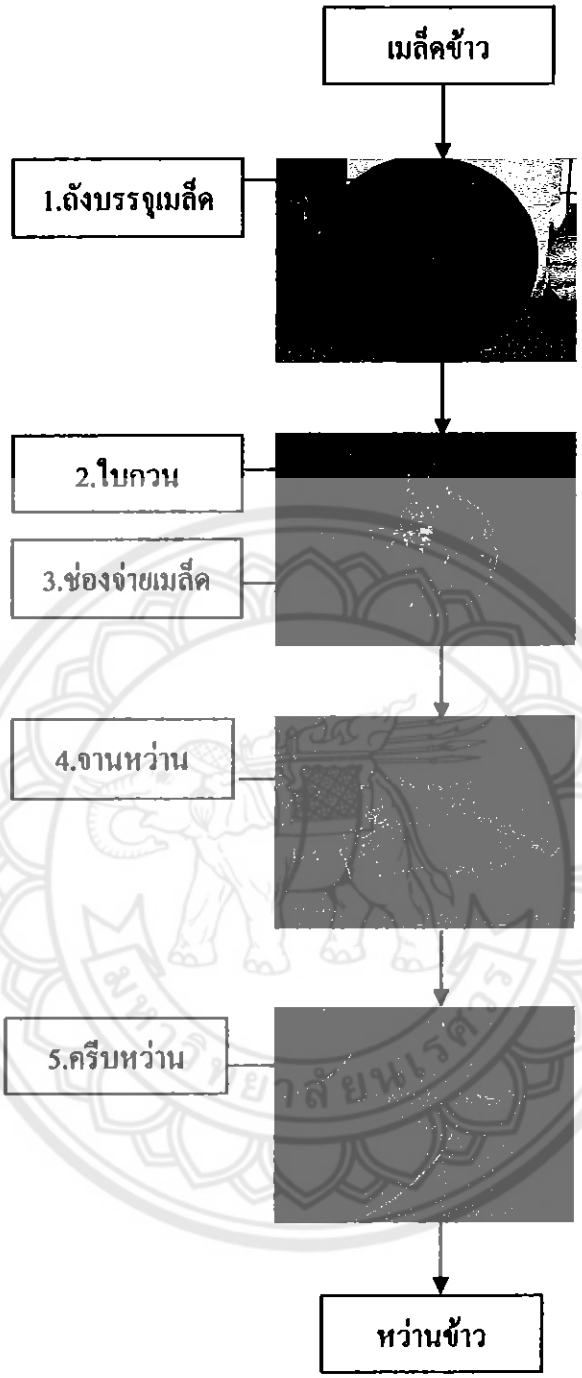
รูปที่ 2.17 ชุดเพลาส่งกำลัง

2.3.5 กระบวนการหว่านเมล็ดข้าว

กระบวนการหว่านเมล็ดข้าวด้วยเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์นั้นในที่นี่ใช้เมล็ดข้าวทั้ง 2 ชนิด คือ เมล็ดข้าวเปลือกและข้าวงอก ในการทำการหว่านนั้นจะต้องนำเมล็ดข้าวไปสู่ 1.ถังบรรจุเมล็ด ภายในถังบรรจุเมล็ดจะประกอบไปด้วย 2.ใบกวนเพื่อที่จะช่วยกวนให้เมล็ดข้าวไหลสู่ 3.ช่องจ่ายเมล็ดซึ่งช่องจ่ายเมล็ดสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของช่องได้เพื่อช่วยให้ปริมาณข้าวที่ไหลออกไปสู่ 4.จานหว่านที่หมุนด้วยความเร็วเท่ากับเพลาส่งกำลังคือ 540รอบ/นาทีและ5.ครีบหว่านมี4ครีบสามารถปรับองศาได้ในการหว่านเมล็ดข้าว ดังรูปที่ 2.18

2.3.6 ข้อมูลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอกของข้าว

จากการศึกษาข้อมูลการทดสอบสมรรถนะเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ (Performance Test of Centrifugal broadcaster) [5] พบว่าในการหว่านข้าวของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ทั้ง 2 ชนิดซึ่งถังบรรจุเมล็ด 100 กิโลกรัม จะเกิดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยเมื่อเครื่องทำการหว่านอยู่กับที่ มีค่าเท่ากับ 21.02% (สำหรับข้าวแห้ง) และ 42.83% (สำหรับข้าวงอก) ขณะรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ได้เท่ากับ 20.09% (สำหรับข้าวแห้ง) และ 39.42% (สำหรับข้าวงอก) ดังนั้นค่าความเสียหายของทั้ง 2 กรณี สำหรับข้าวแห้ง มีค่าเท่ากับ 20.06% และสำหรับข้าวงอก มีค่าเท่ากับ 40.59%



รูปที่ 2.18 กระบวนการหว่านเมล็ดข้าว

2.4 การคำนวณการทดรอบของใบกวน

สรุปสมการที่ใช้คำนวณเพื่อหาขนาดส่วนประกอบของพู่เล่ สมการที่ใช้คำนวณมีดังต่อไปนี้

$$V_w = \omega \times r = 2 \times \pi \times f \times r = \frac{2 \times \pi \times n \times r}{60} = \frac{\pi \times n \times D}{60} \qquad (2.1)$$

เมื่อ V_w = ความเร็วของชุดทดลอง (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ω = ความเร็วเชิงมุม (เรเดียลต่อวินาที)

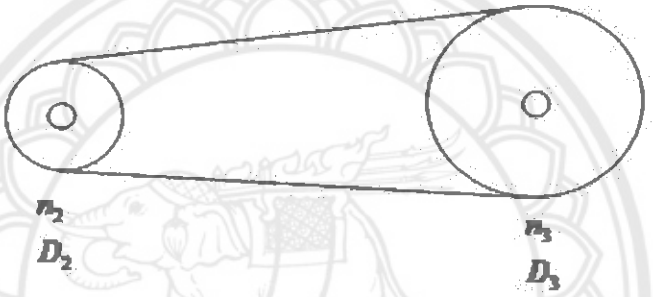
r = รัศมีของพู่เล่ (เมตร)

f = จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ใน 1 วินาที (เฮิรตซ์)

n = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ ที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบของชุดขับเคลื่อนล้อ และชุดขับเคลื่อนแขนเหวี่ยงของชุดทดลองพ่นหว่านข้าว โดยพิจารณารูปที่ 2.19 ซึ่งแสดงกลไกการทำงานของพู่เล่ที่ใช้สายพานเป็นส่งกำลัง



รูปที่ 2.19 กลไกการทำงานของพู่เล่ที่มีสายพานเป็นตัวส่งกำลัง

จากสมการที่ (2.1) จะได้ว่า $\frac{\pi \times n_2 \times D_2}{60} = \frac{\pi \times n_3 \times D_3}{60}$

ดังนั้น $\frac{D_2}{D_3} = \frac{n_3}{n_2}$ (2.2)

โดยที่ n_2 คือ ความเร็วรอบของเพลาส่งกำลัง (รอบต่อนาที)

n_3 คือ ความเร็วรอบที่ต้องการ (รอบต่อนาที)

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่เป็นตัวส่งกำลัง (นิ้ว)

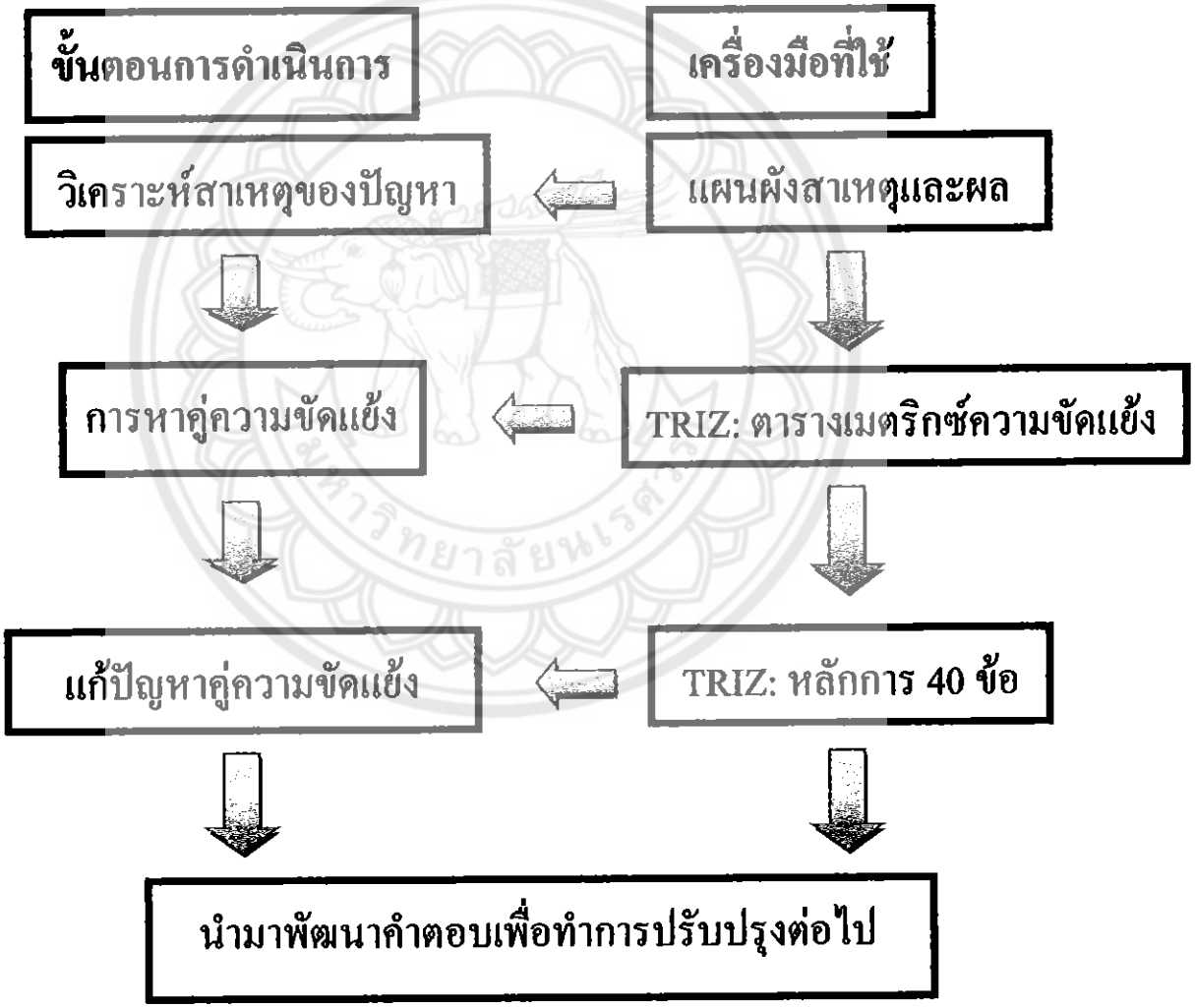
D_3 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่ใช้ต่อกับแกนของใบกวน (นิ้ว)

บทที่ 3

การวิเคราะห์คู่ความขัดแย้งและหลักการแก้ปัญหาโดย TRIZ

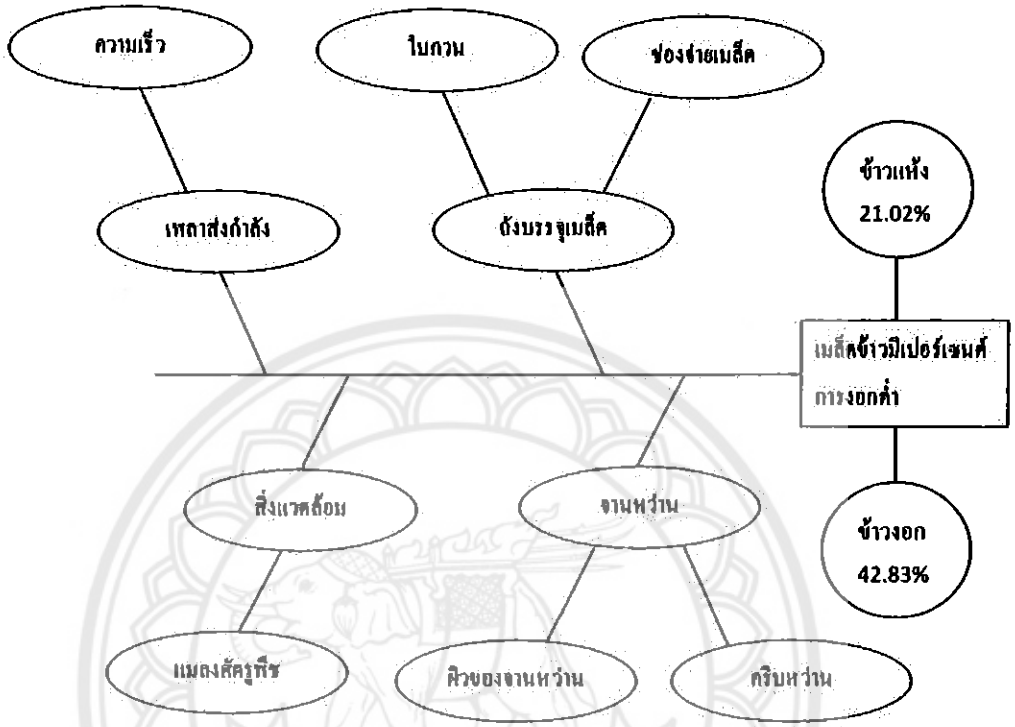
จากการศึกษาแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) จะสามารถนำไปใช้เพื่อหาปัญหาและสาเหตุของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ได้ว่า ทำไมเมล็ดข้าวจึงเกิดความเสียหายจึงส่งผลให้เมล็ดข้าวไม่งอก เมื่อได้ทราบสาเหตุต่างๆทำให้สามารถนำหลักการ 40 ข้อของTRIZ และเมตริกซ์ความขัดแย้งเพื่อมาใช้ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหา

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานแสดงดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วย TRIZ

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา

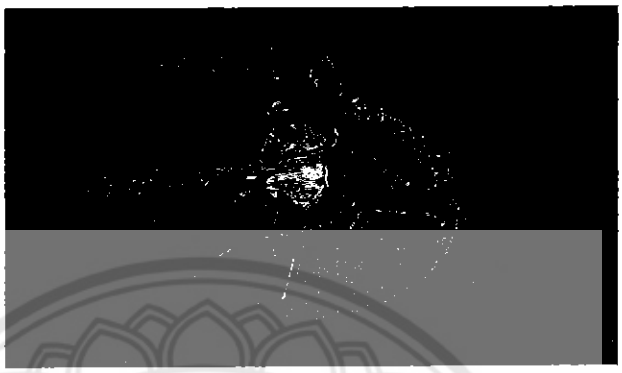


รูปที่ 3.2 แผนผังก้างปลาของปัญหาเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

3.2.1 วิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา

จากการใช้แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์จะพบว่าส่วนที่มีสาเหตุที่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวงอกแตกหักหรือเสียหายในการหว่านของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ทั้ง 2 ชนิดซึ่งถังบรรจุเมล็ด 100 กิโลกรัม จะเกิดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์เฉลี่ย เมื่อเครื่องทำการหว่านอยู่กับที่ มีค่าเท่ากับ 21.02% (สำหรับข้าวแห้ง) และ 42.83% (สำหรับข้าวงอก) ขณะรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ได้เท่ากับ 20.09% (สำหรับข้าวแห้ง) และ 39.42% (สำหรับข้าวงอก) ดังนั้นค่าความเสียหายทั้ง 2 กรณี สำหรับข้าวแห้ง มีค่าเท่ากับ 20.06% และสำหรับข้าวงอก มีค่าเท่ากับ 40.59% และสาเหตุที่ทำให้เมล็ดข้าวเสียหายสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ [5]

3.2.1.1 ในส่วนของถังบรรจุเมล็ด คือ ใบกวนอาจมีส่วนในปัญหาเนื่องจากรากของข้าวงอกที่มีความยาวของรากมากเกินไปอาจส่งผลเมื่อเวลาหว่านข้าวทำให้รากขาดได้แต่เมื่อเมล็ดข้าวเปลือกอาจส่งผลให้เมล็ดข้าวถูกเสียดสีกับใบกวนมากขึ้นอาจทำให้เมล็ดข้าวเปลือกหลุดหรือแตกเสียหาย



รูปที่ 3.3 ใบกวน

3.2.1.2 ในส่วนของจานหว่าน คือ ผิวของจานหว่านมีความขรุขระอาจจะมีผลทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกกับจานหว่านอาจจะทำให้เมล็ดข้าวถูกเสียดสีเสียหายได้ ครีบหว่านมีความแข็งมากเกินไปอาจจะทำให้งมูกของเมล็ดข้าวเปลือกเสียหายได้

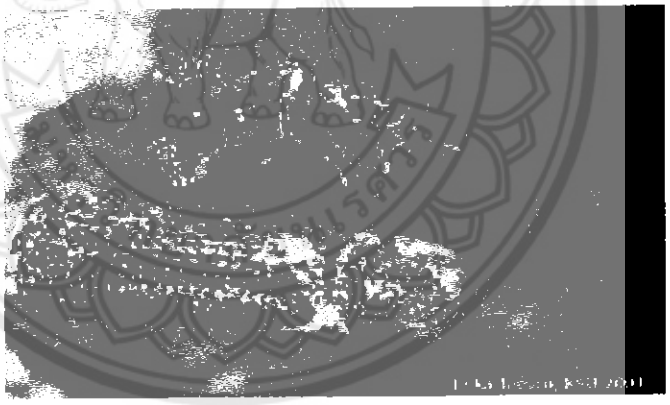
รูปที่ 3. 4 ครีบหว่าน

รูปที่ 3.5 จานหว่าน

3.2.1.3 ในส่วนของเพลาส่งกำลัง คือ ความเร็วรอบที่มากเกินไปคือ 540 รอบ/นาที อาจส่งผลทำให้ใบกวนมีความเร็วรอบในการหว่านเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวงอกมากขึ้นจึงอาจส่ง ผลให้เมล็ดข้าวถูกปั่นหรือทำให้แตกหักได้

รูปที่ 3.6 เพลาส่งกำลัง

3.2.1.4 ในส่วนของสิ่งแวดล้อม คือ แมลงศัตรูพืชที่เข้าไปกัดกินเมล็ดข้าวที่จะนำไปทำการหว่าน อาจมีส่วนทำให้เมล็ดข้าวเสียหายได้ในกรณีที่เป็นข้าวเปลือก



รูปที่ 3.7 แมลงศัตรูพืช

จากการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) พบว่าปัญหาที่เกิดความเสียหายของเมล็ดข้าวมากที่สุดคือ ส่วนของถังบรรจุเมล็ดและชุดจานหว่าน โดยจะพิจารณาแก้ปัญหาในส่วนของ ใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด กับส่วนของจานหว่านและครีบหว่าน ดังแสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

3.3 การวิเคราะห์คู่ความขัดแย้งของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

3.3.1 คู่ความขัดแย้งของใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด (สำหรับหว่านข้าวเปลือก)

ตารางที่ 3.1 : ตารางคู่ความขัดแย้งของ ใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด (สำหรับหว่านข้าวเปลือก)

No.	ลักษณะสมบัติที่จะปรับปรุง	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง	หลักในการ-แก้ปัญหา
1	ความเร็ว(ใบกวน)	กำลัง(เพลาส่งกำลัง)	2 , 19 , 35 , 38
2	รูปร่าง(ใบกวน)	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(ใบกวน)	[redacted] , 5 , 29 , 34
3	รูปร่าง(ใบกวน)	เสถียรภาพของวัตถุ(ใบกวน)	[redacted] , [redacted] , 18 , 33
4	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(ใบกวน)	รูปร่าง(ใบกวน)	[redacted] , 5 , 29 , 34
5	พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(ใบกวน)	ความยาวของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(ใบกวน)	[redacted] , [redacted] , 15 , 18

อธิบายคู่ความขัดแย้งจากตารางที่ 3.1

คู่ความขัดแย้งที่ 1: ความเร็วของใบกวนที่มากเกินไปอาจมีผลทำให้เมล็ดข้าวเสียหายแต่หากลดความเร็วของใบกวนลงจะมีผลทำให้ต้องลดกำลังของเพลาส่งกำลังลงไปด้วย

คู่ความขัดแย้งที่ 2: รูปร่างของใบกวนต้องมีความยาวที่ไม่มากเกินไปเพื่อไม่ให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างใบกวนและถังบรรจุเมล็ด

คู่ความขัดแย้งที่ 3: เนื่องจากต้องการเปลี่ยนรูปร่างของใบกวนใหม่แต่อาจมีผลทำให้ใบกวนสูญเสียเสถียรภาพได้

คู่ความขัดแย้งที่ 4: ต้องการพื้นที่ใบกวนซึ่งใช้ในการกวาดเมล็ดข้าวให้ลงไปในช่องจ่ายแต่ทำให้ยากต่อการออกแบบให้พอเหมาะกับขนาดถังหว่าน

คู่ความขัดแย้งที่ 5: พื้นที่ใบกวนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความยาวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากหลักการแก้ปัญหาของ TRIZ จะเห็นได้ว่า หลักการข้อที่ 4 เป็นข้อที่ถูกแนะนำมากที่สุด จึงนำมาคิดก่อนว่าจะนำไปสู่คำตอบใดได้บ้าง

หลักการข้อที่ 4 คือ ไม่สมมาตร เช่น การทำให้ใบกวนอยู่ต่างระดับกันเพื่อทำให้สามารถการกวาดข้าวลงสู่ช่องจ่ายได้อย่างต่อเนื่อง

** นอกจากหลักการข้อที่ 4 แล้วก็ยังมีหลักการข้ออื่นๆที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้อีกโดยเรียงลำดับจากความถี่ในการแนะนำ ดังนี้ **

หลักการข้อที่ 5 คือ รวมกัน เช่น การนำประโยชน์หลายๆอย่างมารวมกันไว้ในเครื่องหว่านโดยการออกแบบให้มีระบบหว่านปุ๋ยในเครื่องหว่านด้วย

หลักการข้อที่ 18 คือ สั่นเชิงกล เช่น ออกแบบระบบการปล่อยเมล็ดให้หล่นมาจากถังบรรจุเมล็ดด้วยการสั่นแทนการใช้ใบกวนหมุน

หลักการข้อที่ 29 คือ ใช้ระบบนิวเมติคหรือไฮโดลิค เช่น การติดตั้งให้ใช้ระบบไฮโดริคโดยทำให้ถังบรรจุเมล็ดขยับได้เพื่อทำให้เมล็ดข้าวตกลงมา

หลักการข้อที่ 34 คือ ใช้ชิ้นส่วนที่สลายและเกิดใหม่ได้เอง ไม่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้

หลักการข้อที่ 1 คือ แบ่งส่วน ออกแบบระบบทดกำลังเพื่อแยกการหมุนของใบกวนและจานหว่านออกจากกัน เช่น การใช้สายพานและพู่เล่ เพื่อทำให้ความเร็วรอบของใบกวนหมุนช้าลง

หลักการข้อที่ 2 คือ สกัดออก ไม่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้

หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม เช่น ทำให้ใบกวนเป็นผิวโค้ง สามารถลดการเสียดสีเนื่องจากการกระทบกันระหว่างข้าวและใบกวน

หลักการข้อที่ 15 คือ พลวัต ไม่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้

หลักการข้อที่ 19 คือ กระทำเป็นจังหวะ เช่น การหว่านข้าวให้เป็นจังหวะอาจทำให้เปอร์เซนต์การงอกของข้าวเพิ่มขึ้น

หลักการข้อที่ 33 คือ เนื้อเดียว การออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องหว่านให้เป็นเนื้อเดียวกัน

หลักการข้อที่ 35 คือ เปลี่ยนสภาพลักษณะสมบัติ ไม่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ได้

จากหลักการทั้งหมดที่ TRIZ ได้แนะนำ จึงได้เลือกหลักการข้อที่ 4, 14 และ 1 เพื่อนำไปพัฒนาศึกษาคำตอบต่อไป

3.3.2 คู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน (สำหรับหว่านข้าวงอก)

ตารางที่ 3.2: ตารางคู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน (สำหรับหว่านข้าวงอก)

No.	ลักษณะสมบัติที่จะปรับปรุง	ลักษณะสมบัติที่ด้อยลง	หลักในการแก้ไข
1	รูปร่าง(ครีบหว่าน)	ความแข็งแรง(ครีบหว่าน)	10 , 14 , 30 , [redacted]
2	น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(จานหว่าน)	ความแข็งแรง(จานหว่าน)	18 , 27 , 28 , [redacted]

อธิบายคู่ความขัดแย้งจากตาราง 3.2

คู่ความขัดแย้งที่ 1: รูปร่างของครีบหว่านมีความแข็งมากเกินไปอาจส่งผลทำให้เมล็ดข้าวเสียหายได้จึงมีผลทำให้ต้องปรับปรุงครีบหว่าน

คู่ความขัดแย่งที่ 2: จานหว่านมีความแข็งแรงมากเกินไปอาจจะส่งผลทำให้เมล็ดข้าวเสียหายได้จึงมีผลทำให้ต้องปรับปรุงจานหว่าน

ในคู่ความขัดแย้งจะเห็นได้ว่าหลักการข้อที่ 40 คือ วัสดุคอมโพสิต มีการซ้ำกันของหัวข้อเป็นเพราะว่า TRIZ ช่วยแนะนำหลักการข้อที่ 40 ไว้เพื่อที่จะใช้พิจารณาในการแก้ปัญหาครีบหว่านและจานหว่านของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นอันดับแรก

หลักการข้อที่ 40 คือ ใช้วัสดุคอมโพสิต เช่น พลาสติก ไฟเบอร์การ์ด เพื่อมาแทนเหล็กที่ใช้ทำจานหว่านหรือครีบหว่านทำให้วัสดุมีความเบาและทนทานกว่าเหล็ก

** นอกจากหลักการข้อที่ 40 แล้วก็ยังมีหลักการข้ออื่นๆที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้อีก ดังนี้ **

หลักการข้อที่ 10 คือ กระทำก่อน ทำการดูแลรักษาเครื่องเมื่อใช้เสร็จโดยการใช้น้ำยาทากันสนิมเพื่อป้องกันการสึกกร่อน

หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม ทำจานหว่านให้มีผิวโค้งเพื่อที่จะช่วยลดแรงสัมผัสระหว่างเมล็ดข้าวเมื่อลงกระทบกับจานหว่าน

หลักการข้อที่ 30 คือ ใช้ฟิล์มบางหรือเยื่อยืดหยุ่น เช่นเมื่อเราเอา Physical Vapor Deposition, PVD ซึ่งเป็นการสร้างไอออนของสารเคลือบ เช่น สารประกอบไทเทเนี่ยมไนเตรต จะทำให้ปกป้องชิ้นงานจากการกัดกร่อน ลดแรงเสียดทาน และยิ่งทำให้ผิววัสดุสวยงาม

หลักการข้อที่ 18 คือ สั่นเชิงกล เมื่อรถไถจะทำการหว่านข้าวจะเกิดการสั่นสะเทือนซึ่งจะช่วยทำให้เมล็ดข้าวไหลออกมาได้ดี

หลักการข้อที่ 27 คือ ใช้แล้วทิ้ง ใช้วัสดุที่ราคาถูกเช่นใช้ ยางธรรมดาหรือยางในรถมอเตอร์ไซค์มาติดรวมกับครีบหว่าน

หลักการข้อที่ 28 คือ แทนระบบเชิงกล ใช้ระบบลมมาแทนที่โดยการติดไว้ด้านหลังรถ แทรกเตอร์ อยู่ระหว่างจานหว่าน เพื่อไม่ให้ข้าวกระเด็นออกมาด้านหน้าของจานหว่าน (ด้านหลังรถแทรกเตอร์) และช่วยให้เมล็ดข้าวไม่กระทบครีบหว่าน

จากหลักการทั้งหมดที่ TRIZ ได้แนะนำจึงได้เลือกหลักการข้อที่ 14, 28 และ 40 เพื่อนำไปพัฒนาศึกษาคำตอบต่อไป

จากการที่ได้นำแผนผังก้างปลามาช่วยในการวิเคราะห์หาปัญหาและสาเหตุของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ก็จะทำให้ได้คำตอบเพื่อไปทำการแก้ไขในส่วนต่างๆ ของเครื่อง เช่น ใบกวน ครีบหว่าน จานหว่าน และ ความเร็วรอบของตัวเพลาส่งกำลัง ทำให้ได้คู่ความขัดแย้งของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นกับความเสียหายของเมล็ดข้าว

บทที่ 4

การพัฒนาคำตอบจาก TRIZ

หลังจากการที่ได้นำหลักการที่ TRIZ แนะนำจึงได้ตัวอย่างเครื่องหว่านข้าวชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ได้ปรับปรุงรูปแบบของใบกวนและใช้ระบบทดกำลังเพื่อทำให้ความเร็วรอบของใบกวนหมุนช้าลงโดยแยกความเร็วการหมุนของจานหว่านกับใบกวนออกจากกันและให้เครื่องหว่านข้าวซึ่งออกแบบการหว่านเมล็ดโดยใช้ระบบการเป่าลมแทนระบบเชิงกล ซึ่งคำแนะนำจากหลักการของ TRIZ ที่ได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์นั้นทำให้เห็นว่า TRIZ สามารถให้คำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ ดังนั้นหลักการข้ออื่นๆ สามารถพัฒนาคำตอบเพื่อนำมาพิจารณาข้อดีข้อเสียได้ดังนี้

4.1 การพัฒนาคำตอบจากคู่ความขัดแย้งของ ใบกวนและช่องจ่ายเมล็ด

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าหลักการการแก้ปัญหาของ TRIZ หลักการข้อที่ 4 เป็นข้อที่ถูกแนะนำมากที่สุดจากจำนวนคู่ความขัดแย้งทั้งหมด จึงนำมาคิดก่อนว่าจะนำไปสู่คำตอบใดได้บ้าง

4.1.1 หลักการข้อที่ 4 คือ ไม่สมมาตร

การทำให้ใบกวนอยู่ต่างระดับกันเพื่อทำให้สามารถการกวาดข้าวลงสู่ช่องจ่ายได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อดีในการใช้หลักการข้อที่ 4(ไม่สมมาตร)	คือ ทำให้สามารถการกวาดข้าวลงสู่ช่องจ่ายได้อย่างต่อเนื่อง
ข้อเสียในการใช้หลักการข้อที่ 4(ไม่สมมาตร)	คือ อาจมีปัญหาในด้านการเสียสมดุลแต่เนื่องจากครีบกวาดนั้นมีน้ำหนักเบาจึงไม่น่าจะก่อให้เกิดความเสียหาย

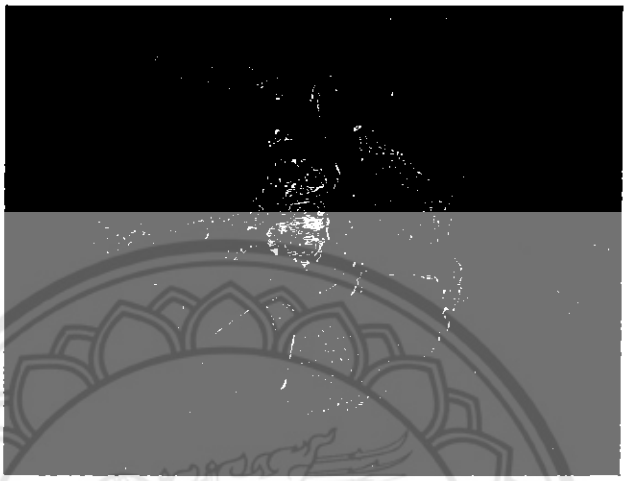
** นอกจากหลักการข้อที่ 4 แล้วก็ยังมีหลักการข้ออื่นๆที่สามารถนำมาใช้ได้อีก ดังนี้ **

4.1.2 หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม

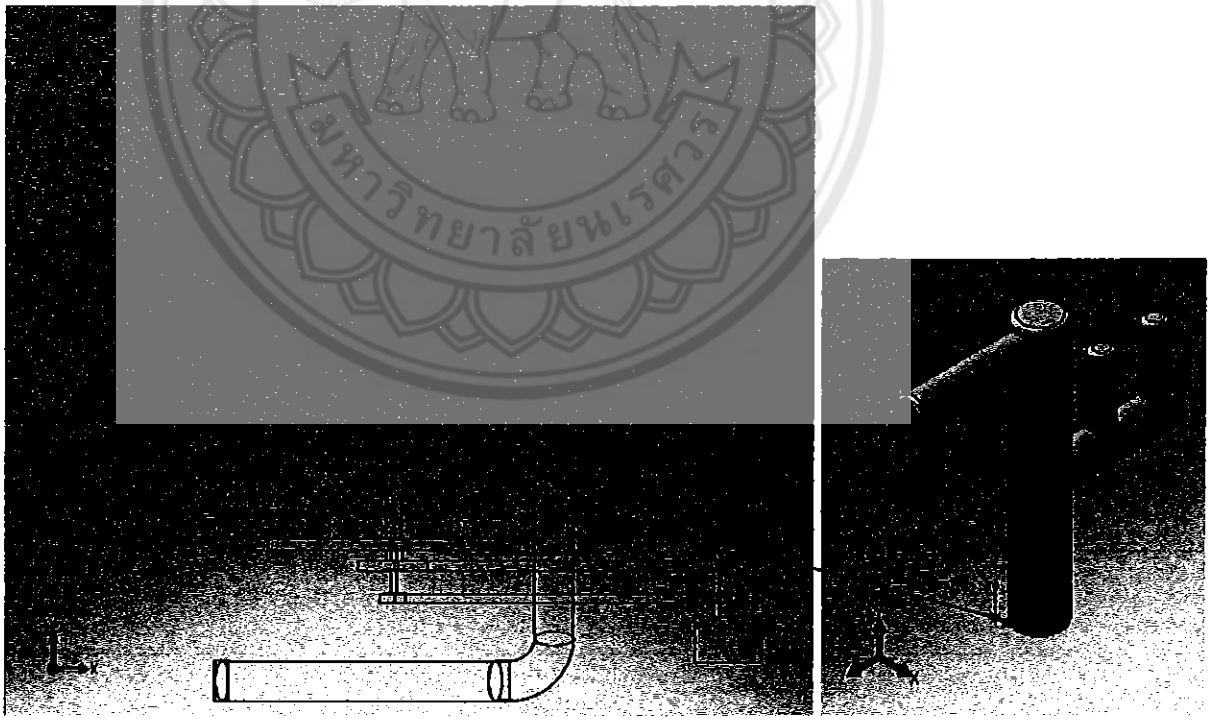
การทำให้ใบกวนเป็นผิวโค้งมน

ข้อดีในการใช้หลักการข้อที่ 14(ทรงกลม)	คือ ลดการเสียดสีเนื่องจากการกระทบกันระหว่างข้าวและใบกวน
ข้อเสียในการใช้หลักการข้อที่ 14(ทรงกลม)	คือ อาจทำให้ข้าวบางส่วนกระเด็นออกไปกระทบกับถังหว่านในช่วงที่ข้าวในถังหว่านใกล้จะหมด

จากหลักการข้อที่ 4 และ 14 ที่ TRIZ ได้แนะนำจึงสามารถออกแบบรูปร่างของใบกวนให้ต่างระดับและมีลักษณะเป็นผิวโค้ง ทำให้สามารถกวนเมล็ดข้าวลงสู่ช่องจ่ายเมล็ดได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้นและด้วยลักษณะของใบกวนซึ่งเป็นผิวโค้งช่วยให้ลดการตัดหรือการบดเมล็ดข้าวทำให้เมล็ดข้าวแตกหักเสียหายให้ลดน้อยลงได้ ดังรูปที่ 4.2 และในรูปที่ 4.1 คือรูปใบกวนแบบดั้งเดิม



รูปที่ 4.1 ใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์แบบดั้งเดิม

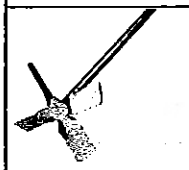
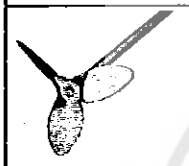
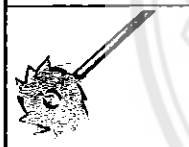
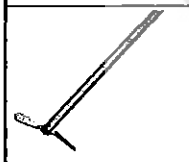
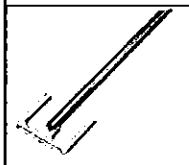
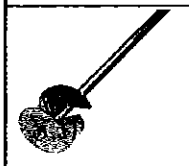


รูปที่ 4.2 ใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 1

การออกแบบรูปร่างของใบกวนใหม่นี้เป็นเพียงการยกตัวอย่างการนำแนวทางการแก้ปัญหาซึ่ง TRIZ แนะนำเท่านั้น ซึ่งสามารถออกแบบรูปร่างใบกวนในลักษณะอื่นๆได้อีก ซึ่งจะเห็นได้ว่า

ในงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก มีการใช้ใบกวนเพื่อกวนเมล็ดพืชในลักษณะเดียวกันกับใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ หรือแม้แต่ใบกวนซึ่งใช้สำหรับกวนสารชนิดต่างๆก็มีลักษณะรูปร่างการทำงานซึ่งใกล้เคียงกับรูปร่างใบกวนของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ เช่น ใบกวนสารชนิดต่างๆ (วัสดุทำจาก Stainless steel AISI 316L) [6]

ตาราง 4.1: รูปร่างใบกวนชนิดต่างๆที่ใช้กวนของเหลวในงานอุตสาหกรรม

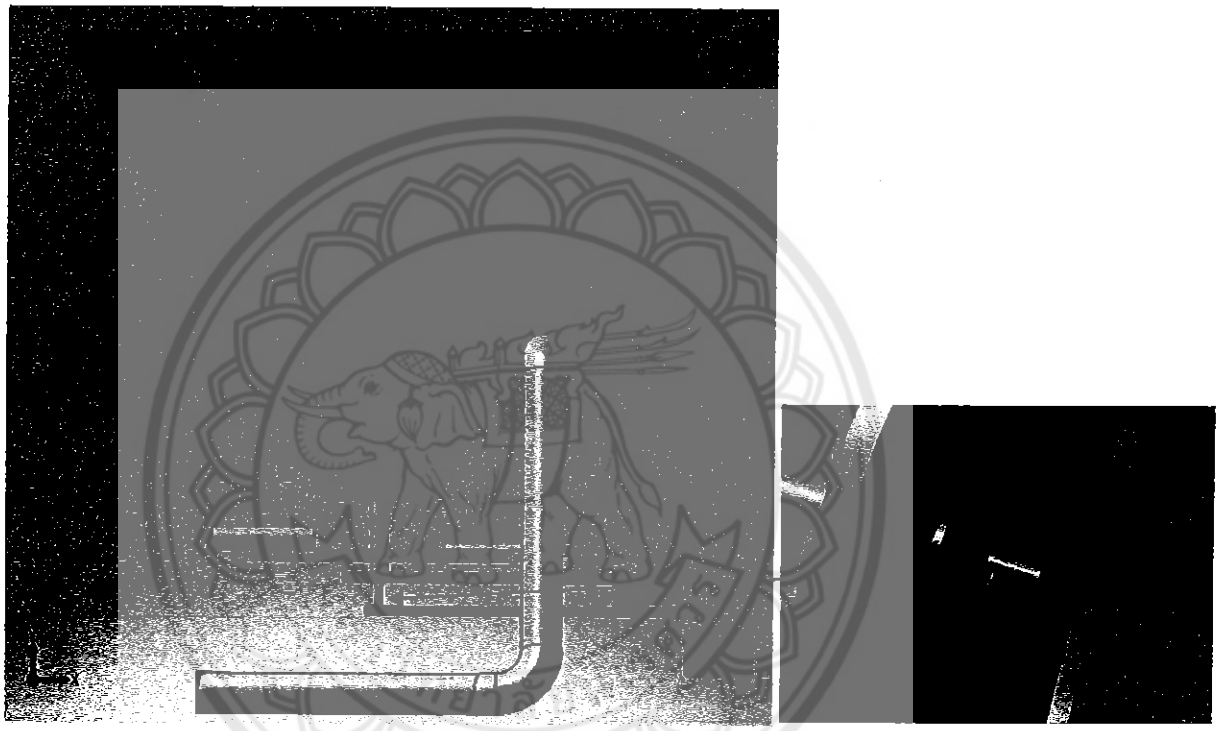
รูปร่างของใบกวน	ข้อดี	ข้อเสีย
 ใบกวนแบบ 4 ใบพัด	ใช้กวนสารจากด้านบนลงไปสู่ด้านล่าง ใช้กวนสารมีความเร็วปานกลาง	แรงกระทบจากใบกวนจะกระทบกับสารตัวอย่างเพียงบางส่วนเท่านั้น
 ใบกวนแบบ 3 ใบพัด	กวนสารให้ผสมเข้ากันได้ดีแรงกระทบจากใบกวนจะกระทบกับสารเบาที่สุด	ราคาแพงและหายากและใบพัดจะกระทบกับหลอดทดลองมาก
ใบกวนแบบกังหัน	กวนสารผสมกันจากด้านบนและทำให้สารตัวอย่างคงคุณสมบัติเดิม	วัสดุหายากจากท้องตลาดจึงต้องสั่งทำเป็นพิเศษ
 ใบกวนแบบแผ่ออกจากศูนย์กลาง	ทำให้สารมีการแตกตัวมากที่สุด	แรงกระทบจากใบกวนจะเกิดการกระทบกับสารเยอะอาจทำให้คุณสมบัติเปลี่ยน
 ใบกวนแบบใช้แรงเหวี่ยงศูนย์กลาง	ทำให้ใบพัดกวนสารได้รวดเร็วยิ่งขึ้น	ราคาแพงและเหมาะสำหรับใช้งานเฉพาะ
ใบกวนแบบใบพาย	กวนสารแบบนิ่มนวลไม่ให้สารแตกตัวและถ่ายเทความร้อนได้ดี	ใช้ในการกวนสารที่มีคุณสมบัติที่เฉพาะตัวเพื่อไม่ให้เปลี่ยนคุณสมบัติ
 ใบกวนแบบคล้ายสมอ	ลดการเกาะตัวของสารที่บริเวณขอบของหลอดทดลอง	ใช้กวนสารที่มีเฉพาะสารของแร่ธาตุสูงและมีความหนืดสูง
 ใบกวนแบบนวดสาร	กวนสารลักษณะแกว่งไปแกว่งมาและลดการเกาะของสารที่บริเวณขอบของหลอดทดลอง	ใช้กวนสารที่มีเฉพาะสารของแร่ธาตุต่ำและมีความหนืดต่ำ

4.1.3 หลักการข้อที่ 1 คือ แบ่งส่วน

ออกแบบระบบทดกำลังเพื่อแยกการหมุนของใบกวนและจานหว่านออกจากกัน เช่น การใช้สายพานและพู่เล่ หรือ ชุดเกียร์ทดกำลัง ดังรูปที่ 4.3

ข้อดีในการใช้หลักการข้อที่ 1(แบ่งส่วน) คือ สามารถทำให้แยกระบบส่งกำลังของ 2 ส่วน ออกจากกันได้โดยการใช้ระบบทดกำลัง

ข้อเสียในการใช้หลักการข้อที่ 1(แบ่งส่วน) คือ เป็นระบบที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากในการถอดและประกอบ

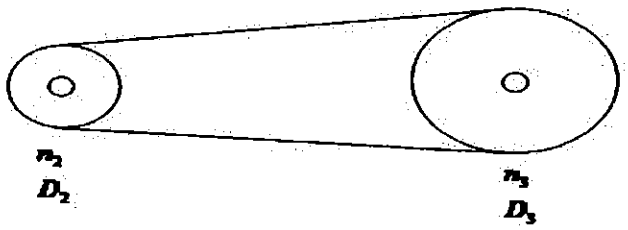


รูปที่ 4.3 ชุดทดกำลังของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ปรับปรุงแล้วแบบที่ 1

4.1.4 การคำนวณหาขนาดพู่เล่และความเร็วรอบของใบกวนที่ใช้ทดรอบ

กำหนดอัตราการทดรอบของใบกวนที่ต้องการคือ 1: 3 จากสูตร $\frac{D_2}{D_3} = \frac{n_3}{n_2}$ โดย $\frac{n_3}{n_2} = \frac{1}{3}$

ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การทดรอบของเพลาส่งกำลัง

กำหนด : เส้นผ่านศูนย์กลาง D_2 = 5 cm

ดังนั้น : $\frac{5}{D_3} = \frac{1}{3}$ จะได้ D_3 = 15 cm โดย D_3 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ที่หมุนใบกวน

ความเร็วรอบของ n_2 คือ ความเร็วที่ได้จากเพลาส่งกำลังมีค่าความเร็วอยู่ที่ 540 รอบ/นาที

จะได้ : $\frac{n_3}{540} = \frac{1}{3}$ จะได้ความเร็วรอบ n_3 = 180 รอบ/นาที

ดังนั้น : หลังจากการทดรอบแล้ว ความเร็วของใบกวนจะเหลือ 180 รอบ/นาที

ด้วยการออกแบบระบบทดกำลังนี้ ทำให้ความเร็วรอบในการหมุนของใบกวนลดลงเหลือ 180 รอบ/นาที ซึ่งจะช่วยลดการกระทบกระเทือนระหว่างเมล็ดข้าวและใบกวนเนื่องจากความเร็วรอบของใบกวนที่มากเกินไปจนอาจตีเมล็ดข้าวจนแตกหักเสียหายได้ และยังสามารถใช้ความเร็วรอบเดิมในส่วนของจานหว่านเมล็ดโดยไม่ลดความเร็วรอบเดิมได้อีกด้วย

4.2 การพัฒนาคำตอบจากคู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน

จากตารางที่ 3.2 ที่ได้คำตอบในการปรับปรุงจำนวนมากสามารถพัฒนาคำตอบได้ดังนี้

4.2.1 หลักการข้อที่ 10 คือ กระทำก่อน

ทำการดูแลรักษาเครื่องเมื่อใช้เสร็จโดยการใช้น้ำยาทากันสนิมเพื่อป้องกันการสึกกร่อนถ้าเกิดการสึกกร่อนอาจทำให้เมล็ดข้าวถูกเสียดสีมากขึ้นอาจทำให้เมล็ดข้าวเสียหายได้

ข้อดีของการใช้หลักการข้อที่ 10 (กระทำก่อน)	คือ ช่วยให้เมล็ดข้าวไม่เสียหายหรือถูกกระทบกระเทือนซึ่งอาจจะไม่เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าว
ข้อเสียของหลักการข้อที่ 10 (กระทำก่อน)	คือ อาจไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเมล็ดข้าวเมื่อใช้น้ำยากันสนิม

4.2.2 หลักการข้อที่ 14 คือ ทรงกลม

ทำจานหว่านให้มีผิวโค้งเพื่อที่จะช่วยลดแรงสัมผัสระหว่างเมล็ดข้าวเมื่อลงกระทบกับจานหว่าน

ข้อดีของหลักการข้อที่ 14 (ทรงกลม)	คือ ช่วยให้เมล็ดข้าวไหลลงสู่จานหว่านได้ดีโดยไม่มีแรงเสียดทาน
ข้อเสียของหลักการข้อที่ 14 (ทรงกลม)	คือ เมล็ดข้าวอาจไหลลื่นลงสู่พื้นเลอะเทอะมากกว่าเข้าสู่จานหว่าน

4.2.3 หลักการข้อที่ 30 คือ ใช้ฟิล์มบางหรือเยื่อยืดหยุ่น

เมื่อเอา Physical Vapor Deposition, PVD ซึ่งเป็นการสร้างไอออนของสารเคลือบ เช่น สารประกอบไทเทเนียมไนเตรต จะทำให้ปกป้องชิ้นงานจากการกัดกร่อน ลดแรงเสียดทาน

ข้อดีของหลักการข้อที่ 30 (ใช้ฟิล์มบางหรือเยื่อยืดหยุ่น) คือ ช่วยให้เมล็ดข้าวกระทบกับครีบหว่านไม่โดนกับเหล็กโดยตรงซึ่งให้โดนกับสารที่เคลือบไว้

ข้อเสียของหลักการข้อที่ 30 (ใช้ฟิล์มบางหรือเยื่อยืดหยุ่น) คือ อาจทำให้เมล็ดข้าวติดกับครีบหว่านได้เพราะสารเคมีที่ใช้อาจมีความเหนียวหรือลดการกระจายตัวของเมล็ดข้าวลงสู่พื้น

4.2.4 หลักการข้อที่ 40 คือ ใช้วัสดุคอมโพสิต

ใช้พลาสติก ไฟเบอร์การ์ด เพื่อมาแทนเหล็กที่ใช้ทำจานหว่านหรือครีบหว่านทำให้วัสดุมีความเบาและทนทานกว่าเหล็ก

ข้อดีของหลักการข้อที่ 40(ใช้วัสดุคอมโพสิต) คือ ช่วยให้เมล็ดข้าวไหลลงสู่ครีบหว่านได้โดยลดแรงกระทบกระเทือนน้อยที่สุด

ข้อเสียของหลักการข้อที่ 40 (ใช้วัสดุคอมโพสิต) คือ วัสดุที่ใช้อาจจะมีราคาแพงเกินไป

4.2.5 หลักการข้อที่ 18 คือ สั่นเชิงกล

เมื่อรถไถจะทำการหว่านข้าวจะเกิดการสั่นสะเทือนซึ่งจะช่วยทำให้เมล็ดข้าวไหลออกมาได้ดีโดยไม่ต้องใช้กำลังทางเพลาส่งกำลัง

ข้อดีของหลักการข้อที่ 18 (สั่นเชิงกล) คือ ช่วยให้มีการประหยัดพลังงานในการหว่านมากขึ้น

ข้อเสียของหลักการข้อที่ 18 (สั่นเชิงกล) คือ อัตราการหว่านอาจไม่สม่ำเสมอกับกำลังของเพลามอเตอร์ทำให้การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอกับพื้น

4.2.6 หลักการข้อที่ 27 คือ ใช้แล้วทิ้ง

ใช้วัสดุที่ราคาถูกเช่นใช้ ยางธรรมดาหรือยางในรถมอเตอร์ไซค์ มาติดรวมกับครีบหว่าน

ข้อดีของหลักการข้อที่ 27 (ใช้แล้วทิ้ง) คือ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำและมีความสะดวกในการหาอุปกรณ์

ข้อเสียของหลักการข้อที่ 27 (ใช้แล้วทิ้ง) คือ วัสดุอาจสึกกร่อนและเสียหายได้ง่ายเพราะราคาถูกหรือประสิทธิภาพอาจไม่ดีเท่าที่ควร

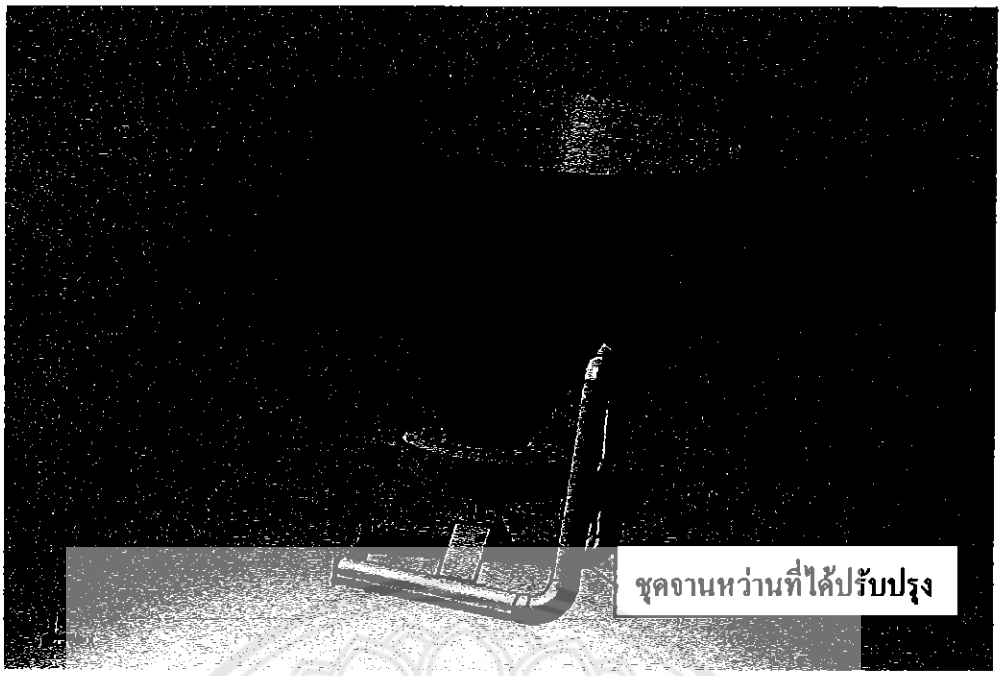
4.2.7 หลักการข้อที่ 28 คือ แทนระบบเชิงกล

ใช้ระบบลมมาแทนที่ระบบเชิงกลเพื่อปรับเปลี่ยนการหว่าน

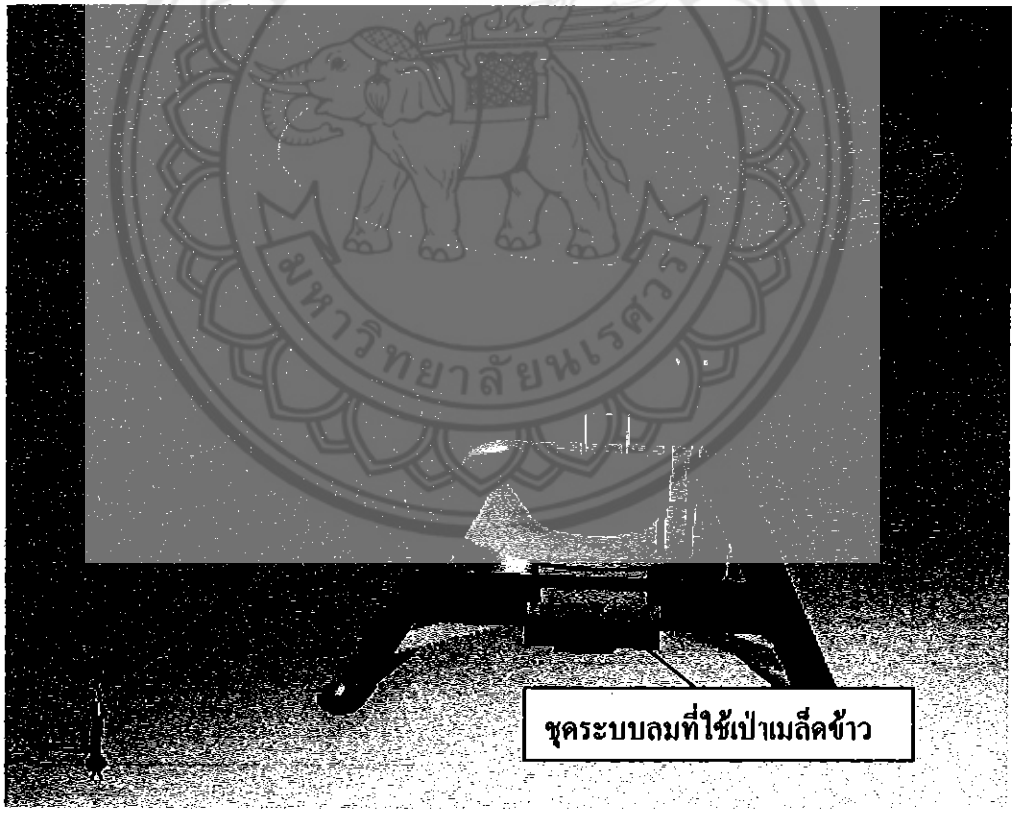
ข้อดีของหลักการข้อที่ 28 (แทนระบบเชิงกล) คือ ใช้ลมมาช่วยเพื่อลดการสัมผัสโดยตรงระหว่าง ครีบหว่านกับ จานหว่าน

ข้อเสียของหลักการข้อที่ 28 (แทนระบบเชิงกล) คือ อาจใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการปรับปรุง

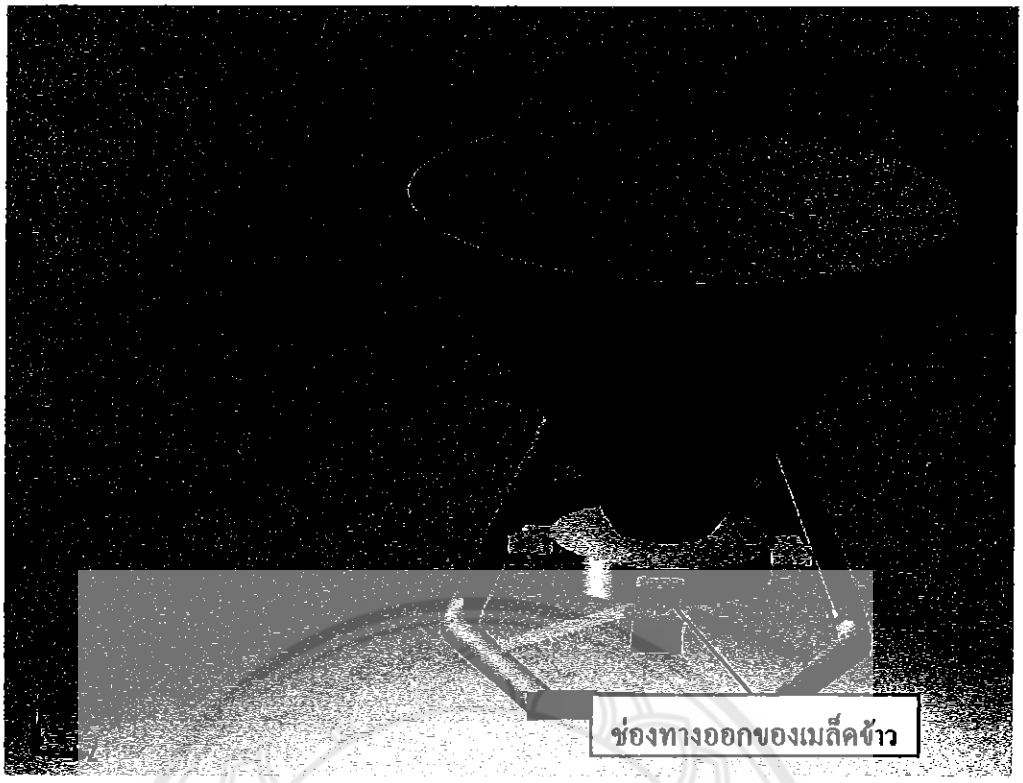
ใช้ระบบลมมาแทนที่โดยการติดไว้ด้านหลังรถแทรกเตอร์อยู่ระหว่างจานหว่าน เพื่อไม่ให้ข้าวกระเด็นออกมาด้านหน้าของจานหว่าน (ด้านหลังรถแทรกเตอร์) และช่วยให้เมล็ดข้าวไม่กระทบครีบหว่านเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ได้ปรับปรุงรูปร่างของครีบหว่านให้มีผิวสัมผัสโค้งและปรับปรุงโดยการแทนระบบเชิงกลเป็นระบบลมเพื่อที่อาจจะให้เมล็ดข้าวลดแรงเสียดสีกับตัวครีบหว่านและจานหว่านมากที่สุดดังรูป 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่4.4 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ปรับปรุงโดยการแทนระบบเชิงกลเป็นระบบลม



รูปที่ 4.5 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์(ด้านหลัง)



รูปที่ 4.6 เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์(ด้านหน้า)

4.3 สรุปผลการพัฒนาคำตอบ

ตารางที่ 4.2: การพัฒนาคำตอบของใบกวนและเพลาส่งกำลัง

คู่ความขัดแย้งของใบกวน	ลักษณะคำตอบ	ข้อดี	ข้อเสีย
รูปร่าง(ใบกวน)ขัดแย้งกับเสถียรภาพของวัตถุ(ใบกวน)	เปลี่ยนแปลงรูปร่างของใบกวน	ลดการเสียดสีระหว่างใบกวนและเมล็ดข้าว	ใบกวนอาจเสียเสถียรภาพหรือความสมดุลได้
ความเร็ว(ใบกวน)ขัดแย้งกับกำลัง(เพลาส่งกำลัง)	ลดรอบของเพลาส่งกำลัง	ใบกวนหมุนช้าลงทำให้ลดการเสียดสีระหว่างเมล็ดข้าว	ค่าใช้จ่ายอาจสูงเพราะต้องใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น พูเล่ เกียร์บล็อค หรือสายพาน
พื้นที่ของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่(ใบกวน)ขัดแย้งกับรูปร่าง(ใบกวน)	ทำให้ใบกวนมีผิวโค้ง	ทำให้ลดแรงเสียดสีระหว่างใบกวนและเมล็ดข้าว	อาจใช้จ่ายอาจสูงหรืออาจจะส่งผลน้อยหรือไม่มีผลต่อเมล็ดข้าว

ตารางที่ 4.3: การพัฒนาคำตอบของชุดจานหว่านและครีบหว่าน

คู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่าน	ลักษณะคำตอบ	ข้อดี	ข้อเสีย
รูปร่าง (ครีบหว่าน) ขัดแย้งกับความแข็งแรง (ครีบหว่าน)	ใช้วัสดุคอมโพสิตติดกับครีบหว่าน	ทำให้เมล็ดข้าวลดการเสียดสีกับตัวครีบหว่าน	อาจมีค่าใช้จ่ายสูงในการทำวัสดุใหม่
น้ำหนักของวัตถุซึ่งเคลื่อนที่ (จานหว่าน) ขัดแย้งกับความแข็งแรง (จานหว่าน)	ทำการใช้ระบบลมแทนระบบเชิงกลเพื่อลดแรงเสียดสี	ลดแรงเสียดสีได้ดีเนื่องจากใช้ระบบลมในการเป่าเมล็ดข้าว	อาจมีค่าใช้จ่ายสูงในการทำการปรับปรุงและใช้ระยะเวลามาก

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การใช้ TRIZ เพื่อปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

จากการที่ได้นำ ทฤษฎี TRIZ ไปใช้ในการปรับปรุงจานหว่านและครีบหว่านของเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ทำให้สามารถหาคำตอบในการแก้ไขได้หลากหลายคำตอบ และได้เลือกวิธีที่คำตอบสามารถจะเป็นไปได้มาใช้เป็นตัวอย่างเพื่อการปรับปรุงซึ่งในการปรับปรุงนั้นจะส่งผลดีขึ้นและอีกอย่างจะด้อยลง จากการที่ได้เลือกหัวข้อคู่ความขัดแย้งของจานหว่านและครีบหว่านจะได้หลักการข้อที่ (28, 40) หลักการข้อที่ 28 คือ แทนระบบเชิงกล เมื่อใช้ระบบลมมาแทนที่โดยการติดไว้ด้านหลังรถแทรกเตอร์อยู่ระหว่างจานหว่าน เพื่อไม่ให้ข้าวกระเด็นออกมาด้านหน้าของจานหว่าน (ด้านหลังรถแทรกเตอร์) และช่วยให้เมล็ดข้าวไม่กระทบกับครีบหว่าน อาจจะทำให้เมล็ดข้าวไม่เสียหาย หลักการข้อที่ 40 คือ วัสดุคอมโพสิต ให้เปลี่ยนครีบชุดจานหว่าน 4 อันโดยเปลี่ยนจากเหล็กเป็นใช้วัสดุ เช่น พอลิเมอร์ ยางพารา ซึ่งลดการกระทบกระเทือนน้อยลงอาจจะมีผลทำให้จมูกของเมล็ดข้าวมีความเสียหายน้อยลงและจากการที่ได้เลือกหัวข้อคู่ความขัดแย้งของใบกวนและตัวเพลาส่งกำลังจะได้หลักการข้อที่ (4, 14) หลักการข้อที่ 4 คือ ไม่สมมาตร ใช้ใบกวนต่างระดับ ทำให้ใบกวนสามารถกวาดข้าวได้อย่างต่อเนื่อง โดยออกแบบใบกวนจากหลักการข้อที่ 14 คือ ทำให้ใบกวนเป็นผิวโค้งเพื่อไม่ให้ใบกวนเสียดสีกับเมล็ดข้าวโดยตรง จะเห็นได้ว่า คำตอบที่ได้สามารถใช้คิดได้หลากหลายคำตอบ ทำให้ได้เครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว 2 แบบ คือ แบบทดรอบความเร็วของใบกวนกับจานเหวี่ยงและออกแบบใบกวนให้มีลักษณะโค้ง(สำหรับหว่านข้าวเปลือก) และแบบแทนระบบเชิงกลด้วยเครื่องเป่าลม(สำหรับหว่านข้าวงอก)

5.2 ข้อจำกัดของการใช้ TRIZ

จากแนวทางที่ TRIZ แนะนำนั้น อาจจะใช้ได้ผลดีขึ้นหรืออาจจะยังไม่สามารถใช้ได้ผลเท่าที่คาดหวังไว้ก็เป็นไปได้ แต่ทั้งนี้ในการศึกษาทฤษฎี TRIZ นี้ได้สามารถช่วยให้กระบวนการคิดในการแก้ปัญหาเป็นระบบระเบียบมากขึ้นและ TRIZ ยังสามารถให้คำตอบในการนำไปสู่แนวทางในแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 คำตอบ ทำให้มีทางเลือกในการแก้ปัญหาที่ตรงจุดและตรงกับความต้องการที่จะปรับปรุงแก้ปัญหา ดังนั้นเราสามารถสรุปวิธีหรือขั้นตอนในการใช้ TRIZ ในการ

แก้ปัญหาดังนี้ 1.วิเคราะห์ปัญหา 2.หาคู่ความขัดแย้ง 3.ใช้ข้อแนะนำของTRIZ 40 ข้อเพื่อแก้ปัญหาและคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ 4.นำหลักการแต่ละข้อมาพิจารณาเพื่อเลือกคำตอบที่เป็นไปได้ให้มากที่สุด

หลังจากการที่ได้นำหลักการที่ TRIZ แนะนำจึงได้เครื่องหว่านข้าวชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ได้ปรับปรุงรูปแบบของใบกวนและใช้ระบบทดกำลังเพื่อทำให้ความเร็วรอบของใบกวนหมุนช้าลงโดยแยกความเร็วการหมุนของจานหว่านกับใบกวนออกจากกัน, เครื่องหว่านข้าวซึ่งออกแบบการหว่านเมล็ดโดยใช้ระบบการเป่าลมแทนระบบเชิงกล ซึ่งคำแนะนำจากหลักการของ TRIZ ที่ได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการปรับปรุงเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์นั้นทำให้เห็นว่า TRIZ สามารถให้คำตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

5.3 ข้อดีของการใช้ TRIZ

5.3.1 ช่วยให้คำตอบมีความหลากหลาย

5.3.2 ช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากหลักการของ TRIZ ที่ได้แนะนำดังในตารางคู่ความขัดแย้งแต่ละคู่นั้นยังสามารถนำหลักการข้ออื่นๆมาคิดเพื่อหาแนวทางการนำไปสู่การพัฒนาคำตอบที่มีความเป็นไปได้ เพื่อมีคำตอบในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น และอาจนำไปสู่กระบวนการออกแบบจริงเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละแนวทางคำตอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ. ไตรสิทธิ์ เบญจบุณยสิทธิ์ , ดร. พงศ์ศักดิ์ วิวรรธนะเดช , พันธพงศ์ ตั้งธีระนันท์ .(มิ.ย. 2550). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดย TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)(พิมพ์ครั้งที่1) กรุงเทพ: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

[2] http://www.vcharkarn.com/vcafe/62764

[3] Billy, G., Iain, F., Ailsa, M., Stuart, N., & Greig, C. (2003). 40 principles – chemical illustrations. TRIZ Journal.

Daniel, A. C., & Joseph, F. L. (2002). Chemical process safety. Prentice Hall, Inc..

Rajagopalan, S., & Andrzej, K. (2006). Application of the TRIZ creativity enhancement approach to design of inherently safer chemical processes. Chemical Engineering and Processing, 45, 507–514.

[4] พ.อ.บัญชา อริยะพันธ์ (2545). หลักการใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) จาก http://www.geozigzag.com/pdf/Think00.pdf

[5] นายภูวไนย อิสริยศไกร (17 มี.ค. 255).การศึกษาข้อมูลปริญญานิพนธ์การทดสอบสมรรถนะเครื่องหว่านชนิดจานเหวี่ยงหนีศูนย์ (Performance Test of Centrifugal broadcaster) พิษณุโลก มหาลัยนเรศวร

[6] http://globalseal.tc.co.th/index.php/products/3102.html