การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ปริญญานิพนธ์

ของ

นัสสรา มีอินทร์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
มีนาคม 2557

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ปริญญานิพนธ์

ของ

นัสสรา มีอินทร์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

บทคัดย่อ

ของ

นัสสรา มีอินทร์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
มีนาคม 2557

นัสสรา มีอินทร์. (2557).*การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์ , รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัตน์ แต้วัฒนา.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า เพื่อช่วยสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกหมาก สามารถพัฒนาวิธีการผลิตหมากแห้ง โดยลดต้นทุนการผลิต และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก มีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ 0.7 x 1.0 x 1.65 เมตร ตามลำดับ เครื่องต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ประกอบด้วย 2 ส่วน หลัก คือ ส่วนของชุดคัดแยกขนาด ทำหน้าที่คัดแยกขนาดของผลหมาก และส่วนของชุดผ่าผลหมาก ทำหน้าที่ผ่าผลหมากเป็น 2 ซีก ที่จุดกึ่งกลาง

การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ได้แก่ การลดของเสีย การลดต้นทุนแรงงาน และการเพิ่มผลผลิต โดยทำการทดลองให้เครื่องทำการคัดแยกผลหมากออกเป็น 3 ขนาด โดยให้ใบมีดสามารถผ่าได้ที่จุดกึ่งกลางผล พบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 89.28 และการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคุ้มค่าในการใช้งาน และด้านความปลอดภัย โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน สรุปได้ว่า มีค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) เท่ากับ 4.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.53 และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย พบว่าเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีระยะเวลาในการคืนทุนที่ 0.3 ปี

THE DEVELOPMENT OF BETEL NUT SIZE SCREENING AND CUTTING MACHINE BY VALUE ENGINEERING TECHNIQUES

AN ABSTRACT

BY

NATSARA MEEIN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Education Degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

March 2014

Natsara Meein.(2014). *The Development of Betel Nut Size Screening and Cutting Machine by Value Engineering Techniques*. Master Thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Amporn Kunchornrat, Assoc Prof.Dr.Thanarat Taewattana.

This research aims to development of betel nut size screening and cutting machine by value engineering techniques to promote and support betel nut farmer to enable to develop the production of dried betel nut with saving cost and economical efficiency. Designing and inventing betel nut size screening and cutting machine with size of 0.7 x 1.0 x 1.65 m respectively. Prime mover need 1 horsepower of electric motor. The betel nut size screening and cutting machine consists of 2 parts which are size screening set and cutting machine set which will separate the palm into 2 pieces.

Experiment for overall equipment effectiveness (OEE) of betel nut size screening and cutting machine including waste reduction, save cost and increase productivity, was made by separating betel nut into 3 sizes by cut to the center of nut. It was found that total overall equipment effectiveness was 89.28%. and Physical evaluation was divided into 3 parts by 5 experts which were efficiency, usability and safety. It was concluded that average of physical characteristics is quite good with average ($\overline{x}$) of 4.38, standard deviation (S.D) was 0.53 and assumption test of this research was found that nature of betel nut size screening and cutting machine was good. This is according with assumption. For economic worthiness, we found that pay back period of betel nut size screening and cutting machine was 0.3 year.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ของ

นัสสรา มีอินทร์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ 3 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2557

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนรัตน์ แต้วัฒนา)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อัมพร กุญชรรัตน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธนรัตน์ แต้วัฒนา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งของท่านอาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนรัตน์ แต้วัฒนา อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบแก้ไข พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร.จัทนา กุญชรรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาในการดำเนินการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤชคฤหาสน์ ที่ได้กรุณาร่วมเป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

สุดท้ายผู้วิจัยขอน้อมระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ให้ความรู้ คำปรึกษาแนะนำ และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นัสสรา มีอินทร์

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ

ภูมิหลัง..... 1

ความมุ่งหมายของงานวิจัย..... 2

ความสำคัญของการวิจัย..... 2

ขอบเขตของการวิจัย..... 2

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 4

สมมุติฐานในการวิจัย..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หมาก (Betel-Nut)..... 5

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล..... 10

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)..... 15

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE – Overall Equipment Effectiveness) 30

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์..... 31

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 34

งานวิจัยในประเทศ..... 34

งานวิจัยต่างประเทศ..... 36

3 วิธีดำเนินการวิจัย

แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของ

วิศวกรรมคุณค่า..... 38

การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 40

การสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 43

การทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 44

การสร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 44

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 45

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 50

ผลการทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 51

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของผู้เชี่ยวชาญ..... 52

ผลการวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า..... 56

ผลการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 57

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์..... 58

5 สรุปผลอภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุปผล..... 60

อภิปราย..... 61

ข้อเสนอแนะ..... 62

ข้อเสนอแนะเพื่องานวิจัยครั้งต่อไป..... 62

บรรณานุกรม..... 63

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. รายชื่อและจดหมายเชิงผู้เชี่ยวชาญ..... 68

ภาคผนวก ข. สรุปการหาค่าวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม..... 73

ภาคผนวก ค. รายชื่อและจดหมายเชิญผู้เชี่ยวชาญ..... 80

ภาคผนวก ง. แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ..... 87

ภาคผนวก จ. แบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 92

ภาคผนวก ฉ. ผลการทดลองของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า..... 116

ภาคผนวก ช. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง..... 119

ภาคผนวก ซ. คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าหมาก..... 122

ประวัติผู้วิจัย..... 131

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 ความเร็วรอบซิงโครนัสของเครื่องจักรไฟฟ้า ไฟ 50 เฮิตส์..... 14

2 การเพิ่มขึ้นของคุณค่า..... 25

3 แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge..... 27

4 แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรม
คุณค่า..... 38

5 ขนาดของเส้นผ่ากลางของชุดผ่า ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของผลหมาก..... 42

6 อัตราทดความเร็วรอบ..... 43

7 ตารางบันทึกผลการทดลองผ่าผลหมากด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 51

8 ลักษณะทางกายภาพ..... 52

9 ด้านประสิทธิภาพ..... 53

10 ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน..... 54

11 ด้านความปลอดภัย..... 55

12 การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตาม
หลักการของวิศวกรรมคุณค่า..... 56

13 แสดงระยะเวลาคืนทุน..... 59

14 แบบประเมินความเที่ยงตรงของจุดประสงค์ / เนื้อหาข้อคำถามในการประเมินความคิด
เห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า..... 76

15 การแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า..... 78

16 แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ..... 90

17 บันทึกผลการทดลองผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 117

18 บันทึกผลการทดลองผ่าด้วยมือ..... 118

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 4

2 วงจรชีวิต และขีดความสามารถที่ประหยัดได้..... 19

3 ความสัมพันธ์ของรายรับ และต้นทุนทั้ง 3 ประเภทกับจำนวนหน่วย..... 32

4 จุดคุ้มทุนและปริมาณที่จุดคุ้มทุน..... 33

5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... 39

6 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านข้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 40

7 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านหน้าเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 41

8 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านบนเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 41

9 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 50

10 แบบภาพเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 92

11 ภาพผลหมาก..... 120

12 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก..... 120

13 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก (ผ่าไม่เข้ากลาง)..... 121

14 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยมือ..... 121

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

หมากเป็นพืชสมุนไพรที่คนไทยในอดีตนิยมนำมาเคี้ยว เพราะเชื่อกันว่า การเคี้ยวหมากจะช่วยให้ฟันแข็งแรง แม้ในปัจจุบันจะไม่นิยมเคี้ยวหมากกันเหมือนเมื่อครั้งในอดีต แต่หมากก็ยังมีความสำคัญและเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ทั้งในรูปแบบของหมากสดและหมากแห้ง โดยหมากแห้งจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ฟอกเส้นใย และทำยารักษาโรค หมากยังสามารถใช้เป็นยาสมุนไพรในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น เช่น ใช้สมานแผล แก้ท้องเสีย รักษาโรคเหงือกและฟัน(กรมวิชาการเกษตร. 2552: ออนไลน์)

หมากเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในแถมอบอุ่นถึงร้อนชื้น ประเทศในแถมเอเชียที่มีการปลูกกันมากได้แก่ มาเลเซีย อินเดีย พม่า อินโดนีเซีย ฟิลิปินส์ และไทย แหล่งปลูกหมากในปัจจุบันของประเทศไทยซึ่งปลูกกันมากในภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคกลาง เช่นที่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช(คนอง คลอดเพ็ง. (ม.ป.ป.): 1)

การทำหมากแห้งในปัจจุบันที่นิยมทำกันมี 2 วิธี คือ 1)นำผลหมากสุกมาผ่าซีก แล้วนำไปตากแดดใช้เวลาตากประมาณ 2-3 วัน แล้วจึงนำมาแกะเอาแต่เนื้อหมาก เรียกว่า “หมากแห้งผ่าซีก” 2)นำผลหมากสุกไปตากแดดทั้งผล ใช้เวลาตากอย่างน้อยประมาณ 1 เดือน แล้วจึงนำมาแกะเอาแต่เนื้อหมาก “เรียกว่าหมากแห้งทั้งเมล็ด” ตลาดที่รับซื้อหมากแห้ง ก็มีการรับซื้อทั้งแบบผ่าซีกและทั้งเมล็ด ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ โดยทั่วไปจะใช้แรงงานคน ซึ่งใช้เครื่องมือพื้นฐานประเภทมีดพร้าหรือกรรไกรเป็นหลัก แต่การผลิตแบบดั้งเดิมจะได้ผลผลิตช้า และต้นทุนค่าแรงงานสูง ทำให้ได้รับผลกำไรต่ำลง ตลอดจนประสบปัญหาสภาพการขาดแคลนแรงงานในการทำงาน

ในระยะเวลาที่ผ่านมา มีงานวิจัยพัฒนาโดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาผสมผสานในการออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหลายงานวิจัย ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม หลักการสำคัญในการออกแบบสร้างเครื่องผ่าผลหมากที่มีประสิทธิภาพดีและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จำเป็นจะต้องออกแบบให้มีคุณสมบัติให้สามารถลดปริมาณของเสียให้น้อยลงด้วย ซึ่งปกติสำหรับเครื่องผ่าผลหมากโดยทั่วไป ไม่มีการออกแบบเพื่อคัดแยกขนาดของผลหมากก่อนเข้าชุดใบมีดผ่า จึงผ่าผลหมากได้ไม่ตรงจุดกึ่งกลางผล เป็นเหตุให้เกิดของเสียในปริมาณหนึ่งได้ ดังนั้น การออกแบบพัฒนาเครื่องผ่าผลหมากเพื่อให้มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นจะต้องมีกระบวนการคัดแยกขนาดของผลหมากที่เหมาะสมก่อนเข้าชุดใบมีดผ่าในจุดที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดปริมาณของเสีย ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักวิศวกรรมคุณค่ามาใช้เป็นแนวทางในการวิจัยครั้งนี้

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เป็นการคิดค้นและหาประโยชน์ที่ควรได้รับจากสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการปรับปรุง เพื่อมุ่งลดต้นทุนการผลิต การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุนและเพิ่มประโยชน์การใช้งาน เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพผลิตหมากแห้งให้ได้มากที่สุด

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำหลักการเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก เพื่อวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตลอดจนสามารถลดปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงานเพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถได้รับผลกำไรเพิ่มขึ้นและสามารถประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรมอันเป็นอาชีพหลักของคนไทยได้ต่อไปอย่างยั่งยืน

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
2. เพื่อวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
3. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากที่เป็นต้นแบบ สามารถลดปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงาน เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรและส่งผลให้ได้รับผลกำไรเพิ่มขึ้น
2. ศึกษาประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
3. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า มีขอบเขตในการวิจัยดังนี้

1. ออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
2. ชุดคัดแยกขนาด สามารถคัดแยกขนาดได้ 3 ขนาด คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลหมาก 35 - 40 มม. , ขนาด 41 - 50 มม. และขนาด 51 - 55 มม.
3. ชุดใบมีดผ่าผลหมาก ประกอบด้วยใบมีด จำนวน 3 ชุด มีอัตราความเร็วในการผลิต 60 ผลต่อนาที

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
    1.1 คุณภาพของผลหมาก
    1.2 อัตราความเร็วในการผลิต
2. คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
3. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก** หมายถึง เครื่องมือทางการเกษตรที่ผู้วิจัยพัฒนาและสร้างขึ้น เพื่อใช้สำหรับคัดแยกขนาดผลหมากได้ 3 ขนาด และผ่าผลหมากออกเป็น 2 ซีก

2. **ประสิทธิผลโดยรวม** (OEE) **เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก** ประกอบด้วย 2 ด้าน ซึ่งแต่ละด้านมีความหมายดังนี้

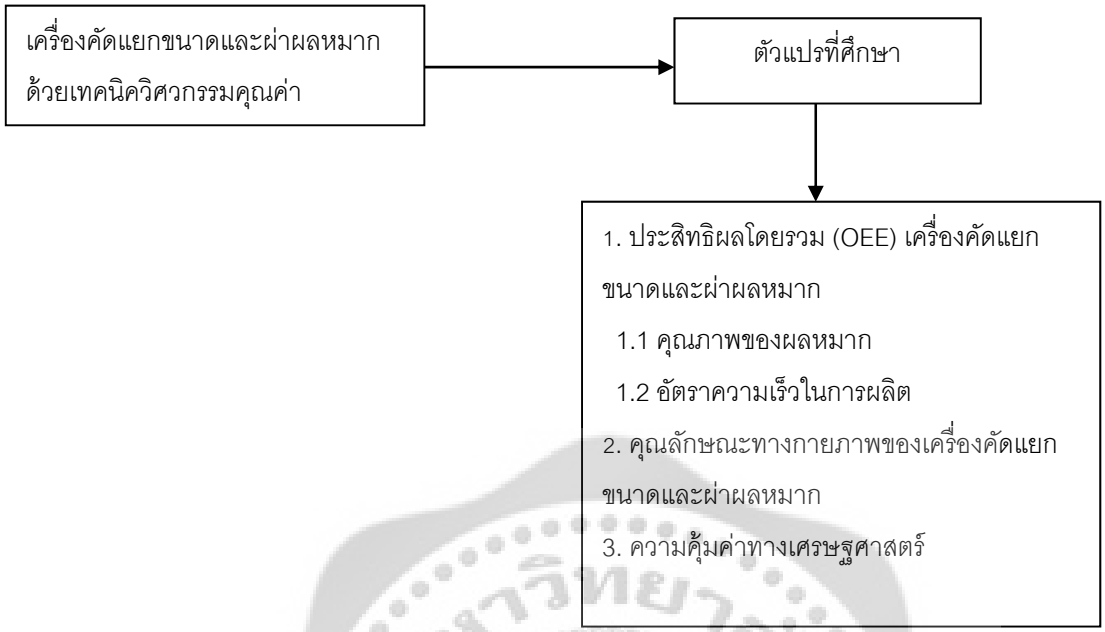
    2.1 คุณภาพของผลหมาก หมายถึง ผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีประสิทธิภาพในการผ่าผลหมากออกเป็น 2 ซีก ในตำแหน่งกลางผล

    2.2 อัตราความเร็วในการผลิต หมายถึง เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีประสิทธิภาพในการผลิตทันต่อความต้องการของตลาด

3. **คุณลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก** หมายถึง สะดวกต่อการใช้งาน มีความปลอดภัยสูง ตัวเครื่องมีความคงทนแข็งแรง เคลื่อนย้ายสะดวก และง่ายต่อการบำรุงรักษา

4. **ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์** หมายถึง การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยการคำนวณจุดคุ้มทุน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

1. เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีค่าประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ในการคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผลหมากมีคุณภาพเฉลี่ยร้อยละ 95 และมีอัตราความเร็วในการผลิต 60 ผลต่อนาที

2. เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีคุณลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

3. เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีจุดคุ้มทุนไม่เกิน 2 ปี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หมาก (Betel-Nut)
2. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
3. วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)
4. การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
5. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หมาก (Betel-Nut)

คนไทยมีความเกี่ยวข้องและรู้จักหมากมาตั้งแต่ในอดีต ในสมัยก่อนคนไทยนิยมเคี้ยวหมากกันมาก ฉะนั้นการปลูกหมากจึงมีแพร่หลายในสมัยนั้น หมากยังมีความเกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ประเพณีพื้นฐาน และความเป็นอยู่ของคนไทยอย่างแนบแน่น ดังจะเห็นได้จากคนในชนบทมักมีเชี่ยนหมากไว้คอยต้อนรับผู้ที่มาเยี่ยมเยียนเสมอ ประเพณีการแต่งงานจะมีการจัดหมากพลูไปสู่ขอกัน หรือในปีใดที่ฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดสภาวะแห้งแล้ง ซึ่งมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ ก็เรียกสภาวการณ์ เช่นนี้ว่า “ข้าวยากหมากแพง” ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หมากมีความสำคัญพอ ๆ กัน ข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทยเลยทีเดียว

การปลูกหมากได้ลดน้อยลงไปมากในสมัยจอมพล ป. พิบูลสงคราม เป็นนายกรัฐมนตรี เนื่องจากรัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมวัฒนธรรมและการพัฒนาประเทศให้ทัดเทียมกับประเทศที่เจริญแล้ว และได้เล็งเห็นว่า การเคี้ยวหมาก ทำให้ผู้กินมีฟันสีดำ รวมถึงการบ้วนน้ำหมากทำให้บ้านเมืองสกปรก จึงได้สั่งการให้ตัดต้นหมากและพลูทิ้ง เพื่อให้คนไทยเลิกเคี้ยวหมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความสำคัญของหมากต่อชีวิตประจำวันของคนไทยได้ลดน้อยลงไป

ปัจจุบันหมากได้กลับกลายเป็นพืชที่มีความสำคัญอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากข้อมูลการส่งออกได้บ่งบอกว่าหมากยังเป็นพืชที่ตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูง ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการส่งออกของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ได้รายงานว่าในปี พ.ศ.2523 ประเทศไทยส่งออกหมากแห้งไปจำหน่ายต่างประเทศเป็นปริมาณ 2,818 ตัน คิดเป็นมูลค่า 21.08 ล้านบาท ต่อมาในปี พ.ศ. 2528 ปริมาณการส่งออกหมากแห้งได้เพิ่มขึ้นเป็น 23,494 ตัน มูลค่า 480 ล้านบาทเศษ ซึ่งนับเป็นมูลค่าสูงสุดเท่าที่เคยมีการส่งหมากแห้งไปจำหน่ายต่างประเทศ

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าในขณะที่พืชชนิดอื่น กำลังประสบกับปัญหาราคาตกต่ำ ขายไม่ได้ราคา เกษตรกรและชาวสวนทั่วไปควรหันมาให้ความสนใจกับการปลูกหมากอีกครั้งหนึ่ง เพราะนอกจากจะเป็นพืชที่ปลูกง่าย มีการปฏิบัติดูแลรักษาน้อยแล้วหมากยังเป็นพืชเงินพืชทองที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันเป็นเวลานับสิบ ๆ ปี(ธีรวัฒน์ ประหยัดทรัพย. (ม.ป.ป.): 5)

1.1 ประวัติ

หมากเป็นพืชที่มีเจริญเติบโตได้ดีในแถมอบอุ่นถึงร้อนชื้น ประเทศในแถมเอเชียที่มีการปลูกหมากกันมากได้แก่ มาเลเซีย อินเดีย พม่า อินโดนีเซีย ฟิลิปินส์ และไทย เป็นต้น ซึ่งในบางประเทศ มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับหมากอย่างจริงจัง แต่ประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับหมากมาประมาณ 2-3 ปีที่ผ่านมาเท่านั้น ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ยังมีน้อย

1.2 แหล่งกำเนิด

ยังไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัดว่าหมากมีแหล่งกำเนิดจากที่ใดและเมื่อใด แต่จากหลักฐานที่พบสมัยกรุงสุโขทัย ในปี พ.ศ.1826 ซึ่งพ่อขุนรามคำแห่งมหาราช ได้สร้างหลักศิลาจารึกขึ้น มีข้อความตอนหนึ่งเกี่ยวกับหมาก ดังนี้ “เมืองสุโขทัยนี้จึ่งชม สร้างป่าหมาก ป่าพลู ทั่วเมืองนี้ทุกแห่ง ป่าพร้าวก็หลายเมืองนี้ ฯลฯ” นั้น แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 1826 ประเทศไทยมีการปลูกหมากกันแล้ว

ส่วนในต่างประเทศ มีผู้พบหนังสือที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องหมากในปี พ.ศ. 2136 และให้ชื่อต้นหมากป่าที่พบว่า Pinlang ซึ่งคำนี้เป็นชื่อเรียกหมากในแหลมมลายูและสุมาตราในปัจจุบัน ดังนั้นจึงสันนิษฐานว่าหมากอาจมีแหล่งกำเนิดในแหลมมลายู หรือเอเชียตอนใต้ก็ได้แล้วจึงแพร่ไปยังประเทศต่าง ๆ ต่อไป

แหล่งปลูกหมากในปัจจุบันของประเทศไทย ซึ่งมีปลูกกันมากในภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคกลาง เช่นที่จังหวัด ฉะเชิงเทรา ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช เป็นต้น ที่จังหวัดฉะเชิงเทราเป็นแหล่งปลูกหมากที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 12,637 ไร่(คนอง คลอดเพ็ง. (ม.ป.ป.): 1)

1.3 ประโยชน์ของหมาก

1.3.1 ใช้ในพิธีทางศาสนาและขนบธรรมเนียมประเพณี

1.3.1.1 พิธีทางศาสนา สมัยก่อน เมื่อออกพรรษาจะมีการกรานกฐิน ซึ่งในหลักศิลาจารึกของพ่อขุนรามคำแหงมหาราช ได้จารึกไว้ดังนี้

“เมื่อออกพรรษากรานกฐินเดือนหนึ่งจึงแล้ว เมื่อกรานกฐินมี พนมเบี้ย พนมหมาก มีพนมดอกไม้ มีหมอนนั่ง หมอนนอน บริพารกฐิน โอยทานแล่ปีแล้ญิบล้าน (ปีละ 2 ล้าน)” ซึ่งก็แสดงว่า ในพิธีกรานกฐินต้องมีการจัดพานหมาก ใช้ในพิธีด้วย

1.3.1.2 พิธีตามธรรมเนียมประเพณี ในพิธีแต่งงาน ก็ต้องมีการแห่ขันหมาก ซึ่งก็ต้องจัดพานหมากด้วยเช่นกัน

1.3.2 ใช้บริโภคเป็นของขบเคี้ยว ในแต่เดิม คนไทยทั้งชายและหญิงเคี้ยวหมากกันแทบทุกคน ภายหลังรัฐบาลให้ตัดต้นหมาก ต้นพลูทิ้ง เพื่อให้ประชาชนเลิกเคี้ยวหมาก ดังนั้น จึงเหลืออยู่แต่คนแก่ที่ยังนิยมเคี้ยวหมากกันอยู่ นอกจากประเทศไทย ซึ่งประชาชนนิยมเคี้ยวหมากแล้วยังมีประเทศพม่า อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย ก็นิยมเคี้ยวหมากเหมือนกัน

1.3.3 ใช้เป็นยาสมุนไพร

1.3.3.1 ผล (เมล็ด)

1. ใช้เป็นยากำจัดหนอน ในเวลาที่วัว ควายเป็นแผลและมีหนอน ก็ใช้เมล็ดหมากปิดที่แผล หนอนก็จะตายหมด

2. ใช้เป็นยาสมานแผล ในเวลาหั่นหมาก แล้วมีดบาดมือ ก็จะใช้เมล็ด (เนื้อ) หมากมาปิด ทำให้เลือดหยุดไหล และแผลจะหายเร็ว

3. ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิในสัตว์ เช่น พยาธิตัวแบน ตัวกลม และตัวตืด

4. ใช้ขบเคี้ยว เพื่อรักษาเหงือก และฟันให้คงทน ซึ่งก็จะเห็นได้ว่า คนแก่ที่กินหมากฟันจะไม่ค่อยเสีย

5. ใช้รักษาอาการท้องเดิน ท้องเสีย

6. ในยุโรป ใช้เป็นส่วนผสมของยาสีฟัน เชื่อว่าทำให้ฟันขาว

1.3.3.2 ราก นำมาต้มกิน แก้ปากเปื่อย ขับปัสสาวะ และโรคบิด

1.3.3.3 ใบ นำมาต้มกิน เป็นยาขับพิษ นำมาทาแก้คัน

1.3.4 ใช้ในทางอุตสาหกรรม

หมาก เมื่อนำมาสกัดจะได้ไขมัน เมือก ยาง และสารอัลคาลอยด์ ชื่อ Arecoline มีแทนนิน (Tannin) สูง จึงสามารถใช้ในทางอุสาหกรรมได้หลายชนิด เช่น

1.3.4.1 ใช้ทำสีต่าง ๆ

1.3.4.2 ใช้ย้อม แห อวน ทำให้แห นิ่มและอ่อนตัว ยืดอายุการใช้งานได้นาน เส้นด้ายไม่เปื่อยเร็ว

1.3.4.3 ใช้สกัดทำยารักษาโรค เช่น ยาสมานแผล ยาขับพยาธิในสัตว์ ยาแก้ท้องเดิน ท้องเสีย ยาขับพิษ ยาทาแก้คัน น้ำมันนวด ยาขับปัสสาวะ และยาแก้ปากเปื่อย เป็นต้น

1.3.4.4 ใช้สกัดเป็นน้ำยาฟอกหนังจะทำให้หนังนิ่ม และมีสีสวย ที่ประเทศอินเดียมีจำหน่ายในชื่อต่าง ๆ กันคือ Gambier catechu, Begal catatechu, Bombay catechu

1.3.5 ใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น กาบใบใช้ทำปลอกมีด ทำพัด ลำต้นใช้ทำเสา ทำสะพาน และทำเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ จั่นหรือดอกหมากเมื่อยังอ่อนอยู่ใช้เป็นอาหารรับประทานกับน้ำพริก(กรมส่งเสริมการเกษตร. 2530: 54-55)

1.4 การเก็บเกี่ยวผลหมาก

ในการเก็บเกี่ยวผลหมากทำกัน 2 ลักษณะคือ เก็บเป็นหมากอ่อนหรือหมากสด หรือหมากดิบ ซึ่งเปลือกผลยังมีสีเขียวอยู่ หรือเก็บเป็นหมากแก่หรือหมากสง ซึ่งเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้ว

หมากสดหรือหมากดิบ ใช้รับประทาน มีอายุ 3-6 เดือน ผลหมากที่มีอายุน้อย 3-5 เดือน เนื้อยังอ่อนอยู่เรียกว่าหมากหน้าอ่อนแต่เมื่ออายุประมาณ 6 เดือน เนื้อจะเริ่มแข็งขึ้นเรียกว่าหมากหน้าแก่ ซึ่งในบางเกษตรกร หรือผู้รับซื้อจะเอาหมากหน้าแก่มาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ เพื่อใช้บริโภค หรือจำหน่าย จะได้ราคาสูงกว่าหมากแก่หรือหมากสง

หมากแก่หรือหมาสง เป็นผลหมากที่มีอายุ 7-9 เดือน ซึ่งเนื้อหมากจะหนาและแข็ง สีของเปลือกจะเริ่มเป็นสีเหลือง ในช่วงที่ผลหมากมีอายุประมาณ 7 เดือน เนื้อยังไม่แข็งมากนัก สามารถเอาเปลือกออกแล้วเอาเนื้อมาหั่นบาง ๆ ตากแห้งได้แต่ถ้าหมากอายุ 8 เดือนขึ้นไปเนื้อจะแข็งเต็มที่และติดเปลือกแน่นจะต้องเอาไปตากแดดเพื่อให้เปลือกล่อนออกจากเนื้อ แล้วจึงเอาเนื้อไปจำหน่ายต่อไป

1.5 ลักษณะของเนื้อหมาก

ในเนื้อของหมากจะมีสารชนิดหนึ่งเรียกว่า แทนนิน (Tannin) ซึ่งสารแทนนินจะมีรสฝาด ยิ่งมีมากจะทำให้ฝาดมาก หมากที่ดีจะต้องมีรสฝาดมาก เมื่อผ่าผลหมากออกเป็น 2 ซีก เห็นเนื้อหมากที่มีสีน้ำตาลแดงกับสีขาวขุ่น ๆ หมากที่มีรสฝาดมากจะมีเนื้อสีน้ำตาลมาก มีลายเส้นในเนื้อมาก ละเอียด มียางเยิ้มเป็นมันวาว แต่มีสีขาวขุ่นอยู่ตรงกลางน้อย เนื้อหมากแบบนี้เรียกว่าหมากหน้าฝาด

ส่วนเนื้อหมากที่มีสีเหลืองซีด ๆ ลายเส้นในเนื้อน้อย หยาบ และมีเนื้อสีขาวขุ่นอยู่ตรงกลางมาก เนื้อหมากแบบนี้เรียกว่าหมากหน้าหวาน(คะนอง คลอดเพ็ง. (ม.ป.ป.): 18-19)

1.6 การทำหมากแห้ง

ในประเทศไทยมีการทำหมากแห้งในรูปแบบต่าง ๆ กันมาก คือ หมากซอย หมากกลีบส้ม หมากเจียน หมากจุก หมากป่น หมากแว่น หมากผ่าสอง หมากผ่าสี่และหมากแห้งทั้งเมล็ด วิธีการทำหมากแห้งชนิดต่าง ๆ ของประเทศไทยมีดังนี้

1.6.1 หมากซอย นำหมากดิบหรือหมากสดมาเฉาะเปลือกออก เอาเนื้อหมากผ่าเป็น 2 ซีก แล้วใช้มีดซอยออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ หนาประมาณ 0.30 ซม. นำไปผึ่งแดดในเสื่อลำแพน กระด้งหรือตะแกรง เกลี่ยให้บาง ๆ ผึ่งไว้ประมาณ 2-3 แดด เมื่อเห็นว่าแห้งสนิทดีแล้วเก็บใส่ภาชนะ เช่น กระสอบหรือปี๊บ การซอยหมากนี้ 1 คนสามารถซอยได้ประมาณวันละ 900-1,000 ผล หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากซอยได้ประมาณ 3-5 กิโลกรัม

1.6.2 หมากกลีบส้ม นำหมากดิบหรือหมากสดมาเฉาะเปลือกออกเอาเนื้อหมากมาผ่าเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตามแนวยาวจะมีลักษณะคล้ายกลีบเปลือกส้ม หมาก 1 ผล จะผ่าได้ประมาณ 5-7 กลีบ แล้วแต่ผลเล็กหรือผลใหญ่ จากนั้นนำไปผึ่งแดดประมาณ 3-5 วัน เมื่อแห้งสนิทแล้วเก็บใส่กระสอบไว้ หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากกลีบส้มได้ประมาณ 3-5 กิโลกรัม

1.6.3 หมากเจียนหรือหมากเสี้ยว นำหมากดิบหรือหมากสดมาผ่าออกตามแนวยาวเป็น 4-5 ชิ้น แล้วแต่ขนาดผลหมากแล้วนำมาเจียน โดยใช้มีดปอกเปลือกนอกที่เป็นสีเขียวตรงด้านก้นผลออกบาง ๆ ลอกเปลือกออกไปเกือบถึงทางด้านขั้วผล แต่ยังคงเหลือไว้นิดหนึ่งไม่ให้ขาดจากนั้นก็เจียนเปลือกชั้นในอีกครั้งหนึ่งเช่นเดียวกัน ใช้มีดเจียนเปลือกที่เหลือให้เข้าถึงเนื้อหมาก แกะเอาเนื้อให้ติดเปลือกนอกที่เจียนไว้ออกมาเป็นคำ ๆ แล้วนำไปผึ่งแดด 3-5 แดด เมื่อแห้งสนิทแล้วจึงเก็บใส่ภาชนะไว้ หมากสด 1,000 ผล ทำเป็นหมากเจียนได้ประมาณ 5-6 กิโลกรัม

1.6.4 หมากจุก นำหมากดิบหรือหมากสดมาเจียนเหมือนหมากเจียนแล้วซอยหรือหันเป็นชิ้นบาง ๆ หนาประมาณ 0.30 ซม. เท่ากับหมากซอย แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณ 2-3 แดด เมื่อแห้งดีแล้วจึงเก็บใส่ภาชนะไว้

1.6.5 หมากปน ได้จากหมากแห้งพวกหมากซอย หมากเจียน หมากจุก หมากแว่นที่แห้งกรอบ และหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำมารวมกันเป็นหมากปน

1.6.6 หมากแว่น หมากอีแปะหรือหมากหั่น นำหมากที่มีสีเขียวปนเหลืองมาเฉาะเอาเปลือกออก ใช้มีดหั่นหรือใช้เครื่องไสหมาก ซึ่งมีลักษณะคล้ายกบไสไม้โดยนำหมากทั้งเมล็ดมาวางบนใบมีด แล้วใช้ใบหรือก้านหมากที่ตัดให้มีขนาดพอเหมาะกดไปที่ลูกหมาก (เมล็ดหมาก) ไสเป็นแว่น ๆ แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณ 2-4 วัน จนแห้งสนิทแล้วจึงใส่ภาชนะไว้ หมากสง 1,000 ผล สามารถทำหมากแว่นได้ประมาณ 14-15 กิโลกรัม

1.6.7 หมากผ่าสองหรือหมากผ่าซีก นำหมากสงที่สุกแล้วมาผ่าออกเป็น 2 ซีก ตามแนวยาว แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณ 1 แดด เนื้อหรือเมล็ดหมากก็ล่อนออกจากเปลือกนำไปผึ่งแดดอีก 4-5 แดด จนแห้งดีแล้วจึงนำไปเก็บไว้ หมากสง 1,000 ผล ทำเป็นหมากผ่าซีกได้ประมาณ 14-15 กิโลกรัม

1.6.8 หมากผ่าสี่หรือหมากกั๊ก นำหมากสงที่สุกแล้วมาผ่าออกเป็น 4 ส่วน ตามแนวยาว แล้วนำไปผึ่งแดดประมาณ 1 วัน เนื้อก็จะล่อนออกจากเปลือก นำไปผึ่งแดดอีกประมาณ 4-5 แดด จนแห้งสนิทจึงนำไปเก็บไว้ หมากสง 1,000 ผล ทำหมากผ่าสี่ได้ประมาณ 14-15 กิโลกรัม

1.6.9 หมากแห้งทั้งเมล็ด ใช้หมากสงที่สุกแล้วไปผึ่งแดดจนเมล็ดล่อนแยกจากเปลือกเฉาะเปลือกเกาะเอาเนื้อออกไปผึ่งแดดอีก 2-3 แดด จนแห้งสนิทจึงนำไปเก็บไว้ หมากสง 1,000 ผล ทำเป็นหมากแห้งทั้งเมล็ดได้ประมาณ 14-15 กิโลกรัม (คนอง คลอดเพ็ง. (ม.ป.ป.): 24-25)

ปัจจุบันหมากมีความสำคัญต่อคนไทยในด้านการค้าขาย เนื่องจากหมากสามารถนำไปทำยารักษาโรค ฟอกหนัง ทำสี และเป็นวัตถุดิบทางด้านอุตสาหกรรม ในประเทศไทยมีการค้าขายทั้งในรูปแบบของหมากสดและหมากแห้ง การทำหมากแห้งจะใช้หมากสงหรือหมากสุกมาตากแดดจนแห้ง แล้วใช้มีดพร้าหรือกรรไกรมาผ่าซีก หรือแกะเปลือกแล้วเอาเนื้อข้างในออกมาทั้งเมล็ด ไว้จำหน่าย แต่การผลิตแบบดั้งเดิมได้ผลผลิตช้า กำไรน้อย และแรงงานคนในปัจจุบันก็หาได้ยาก ต้นทุนค่าแรงงานก็สูงขึ้น

2. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

เครื่องจักรกลเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต่ออยู่ด้วยกัน เคลื่อนที่สัมพันธ์กัน และส่งแรงจากแหล่งต้นกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลและใช้ทำงานได้ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลโดยทั่วไปจะเป็นชิ้นส่วนเกร็ง(Rigid) ข้อต่อที่ใช้จะต้องเลือกและจัดทำงานสัมพันธ์กัน โดยอาจเปลี่ยนพลังงานรูปอื่นให้อยู่ในรูปพลังงานกลหรืออาจพลังงานกลจากแหล่งภายนอกส่งเข้ามาและเปลี่ยนแปลงให้ทำงานได้ในลักษณะที่ต้องการ

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่าง พื้นฐานทางด้านการคำนวณและหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลกับลักษณะต่างกัน

การออกแบบเครื่องจักรกลเป็นศิลปะของการพัฒนาทางด้านความคิดใหม่ ๆ ทางด้านเครื่องจักรกล แล้วแสดงความคิดนั้นลงบนกระดาษในรูปของแบบเครื่องจักรใหม่ ๆ เกิดขึ้นได้ก็เพราะความต้องการในการใช้งาน และเกิดจากมโนภาพที่ได้จากบุคคลหลายฝ่าย เช่น ผู้ใช้เครื่องจักรกล ผู้ผลิตเครื่องจักรกล ดังนั้นด้วยผลจากความคิดต่าง ๆ ทำให้เกิดการดัดแปลงปรับปรุง เครื่องจักรกลอยู่ตลอดเวลาค้นพบวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมากจนกระทั่งพบวิธีที่ดีที่สุด

สิ่งหนึ่งที่ขาดเสียมิได้ก็คือศิลปะในการออกแบบ ผู้ออกแบบที่ดีควรมีศิลปะในการออกแบบด้วย ศิลปะการออกแบบอาจอธิบายได้ดังนี้ คือ ผู้ออกแบบใช้ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ สร้างแบบที่สามารถผลิตได้โดยวิธี ทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งไม่เพียงแต่ จะทำงานได้เท่านั้น แต่จะต้องผลิตได้โดยวิธีประหยัดที่สุดและทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพที่สุด(สุทัศน์ ยอดเพ็ชร. 2551: ออนไลน์)

2.1 เพลาข้อเหวี่ยง

ทำหน้าที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงหรือเป็นลักษณะตรงกันข้าม เช่น ในเครื่องยนต์แบบเผาไหม้ เพลาข้อเหวี่ยงจะผลิตด้วยการหล่อขึ้นรูปหรือการทุบกระแทกขึ้นรูป(ในแม่พิมพ์) หรือได้จากกาอัดเข้าด้วยกันจากหลาย ๆ ชิ้นหรือจากการยึดสกรูหรือสวมด้วยวิธีให้หดตัวเข้าด้วยกัน(มานพ ตันตระบัณฑิตย์ ,สำลี แสงห้าว,สุทิน จิตร์เจริญ.2536 : 2)

2.2 การหล่อลื่น

จุดมุ่งหมายของการหล่อลื่นก็เพื่อที่จะลดความเสียดทาน ความสึกหรอและความร้อนที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการเสียดสีกัน การหล่อลื่นทำได้โดยการใส่สารหล่อลื่นเข้าไปอยู่ระหว่างผิวสัมผัสที่เคลื่อนไหวไปมา สารหล่อลื่นนี้อาจจะเป็นน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil) ไขข้นหรือจาระบี (Grease) อากาศหรืออื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการประยุกต์ไปใช้งาน

2.3 การเชื่อมต่อ

การเชื่อมต่อ (Welded joints) เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ สำหรับรอยเชื่อมซึ่งต้องรับแรงสูง นิยมใช้วิธีการเชื่อมโดยไฟฟ้า

(Arc welding) การเชื่อมด้วยแก๊ส (Gas welding) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า (Resistant welding)

ปัญหาซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบรอยเชื่อมต่อต้องพบอยู่เสมอก็คือ การที่ไม่สามารถที่จะคำนวณหาความแข็งแรงของรอยเชื่อมได้อย่างใกล้เคียงเหมือนเช่นการคำนวณเกี่ยวกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างอื่น ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อน ทั้งนี้เพราะยังไม่มีใครสามารถที่จะหาคำตอบของความเค้นที่เกิดขึ้นในรอยเชื่อมได้ดีพอ ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อมทั้งหมดจึงเป็นวิธีการประมาณค่าความเค้นอย่างหยาบ ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตามผลงานที่ได้จากการประมาณเหล่านี้ก็ได้ผ่านการใช้งานอย่างได้ผลดีมาแล้วในอดีต จนเป็นที่น่าเชื่อถือได้(วริทธ์ อึ๊งภากรณ์,ชาญ ถนัดงาน. 2521: 228)

2.4 สายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลาอันหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือ โดยใช้เฟือง ใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนนัก เนื่องมาจากการสลิป (Slip) และการครีพ (Creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5(วริทธ์ อึ๊งภากรณ์,ชาญ ถนัดงาน. 2521 : 251)

2.4.1 ล้อสายพาน

การส่งกำลังโดยสายพานแบนทำได้โดยใช้ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าล้อสายพานกับผิวหน้าของสายพาน ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับล้อสายพานที่ใช้งานทั่วไป ล้อสายพานจะยึดติดกับเพลาด้วยลิ่ม ดังนั้นที่ดุมล้อสายพานจึงต้องเจาะร่องลิ่มไว้เพื่อใช้ยึดกับเพลา เพื่อให้ล้อสายพานมีน้ำหนักเบาจึงมักทำเป็นแขนยื่นออกจากดุมล้อไปยังผิวหน้าที่สัมผัสกับสายพาน แขนยื่นนี้มีขนาดเรียวลงตลอดและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี(วริทธ์ อึ๊งภากรณ์,ชาญ ถนัดงาน. 2521 : 264-265)

2.5 โซ่

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิด(หมุน)สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและที่รองเพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับภาระความเสียดทานลื่น (Sliding Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะมีใช้งานในที่รับภาระดึงมาก ๆ ในที่รับ อุณหภูมิสูง , โรงงานเคมี , ความชื่น เป็นที่ซึ่งสายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้

ข้อดีเมื่อเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง :

ส่งถ่ายกำลังได้สูงโดยที่ไม่มีการลื่นที่ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยและให้อัตราทดสูง

เปลืองเนื้อที่น้อย

ไม่ต้องมีการตึงให้แน่นมาก , และรองเพลาภาระน้อย

ข้อเสียเมื่อเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง :

มีอัตราทดเบี่ยงเบน เนื่องจากมุมข้อต่อของโซ่

รับภาระกระแทกและสั่นสะเทือนได้น้อย

ไม่สามารถวางเพลาไขว้กันได้

มีราคาสูงกว่า

ต้องเสียค่าใช้จ่ายบำรุงรักษามากกว่า (การหล่อลื่น)

ข้อดีเมื่อเทียบกับเฟือง

แก้ปัญหาระยะห่างระหว่างเพลาที่ห่างกันมาก ๆ ได้

มีความไวต่อสิ่งสกปรกน้อยกว่า

ข้อเสียเมื่อเทียบกับเฟือง

มีความเร็วรอบหรือมีความเร็วขอบน้อยกว่า (เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์)

มีความเร็วรอบสูงจะต้องใช้ตัวประกอบกันการสั่นของโซ่

เพลาต้องวางให้ขนานกันและส่วนใหญ่ต้องวางในแนวนอน

โซ่สามารถส่งกำลังได้ถึง 3700 kW และให้ความเร็วขอบถึง 30 m/s มีอัตราทดได้ถึง i = 10 มีประสิทธิภาพ 95...99 % (มานพ ตันตระบัณฑิตย์,สำลี แสงห้าว,สุทิน จิตร์เจริญ.2536 : 92-93)

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า (MOTOR) หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.6.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกได้ดังนี้

- สปลิทเฟสมอเตอร์(Split-Phase motor)
- คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)
- รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor)
- ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor)
- เช็ดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded-pole motor)

2.6.1.1 มอเตอร์กระแสสลับสปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า , 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้า จะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า บางทีนิยม เรียก สปลิทเฟสมอเตอร์นี้ว่าอินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น

ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเอง โดยที่ขดรันและขดสตาร์ทที่วางทำมุมกัน 90 องศาทางไฟฟ้าเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magneticfield) ไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดกรงกระรอก (Squirrelcagewinding) กระแสส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ เกิดเป็นแรงบิดที่โรเตอร์ให้หมุนไปเมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดสตาร์ทออกจากวงจรขดลวดสตาร์ทจะทำงานเฉพาะตอนสตาร์ทเท่านั้น ส่วนขดรันจะทำงานตลอดตั้งแต่เริ่มเดินมอเตอร์จนหยุดหมุน เมื่อจะนำมอเตอร์นี้ไปใช้งานต้องให้หมุนตัวเปล่าก่อนแล้วจึงจะต่อโหลด

2.6.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับคาปาซิเตอร์มอเตอร์(Capacitor motor)

คาปาซิสตอร์เตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มาก ต่างกันตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมา ทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้า มอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น ฯลฯ
คาปาซิเตอร์มอเตอร์แบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

1. คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor start motor)
2. คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor)
3. คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor)

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิทเฟส แต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิทเฟส และพันจำนวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรันแล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิสเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจร (ประปา ไทยดอทคอม. 2554: ออนไลน์)

2.6.2 ความเร็วรอบซิงโครนัส (Synchronous Speed)

ความเร็วรอบซิงโครนัสของเยนเนอเรเตอร์และมอเตอร์ไฟกระแสสลับ คำนวณได้จากจำนวนขั้วสเตเตอร์ และความถี่ โดยที่กระแสไฟสลับ 50 เฮิตส์ คือกระแสที่แล่นสลับไปและกลับวินาทีละ 50 ไซเกิล ฉะนั้นไซเกิลหนึ่ง ๆ ต้องใช้เวลา $\frac{1}{50}$ วินาที ระยะเวลาหนึ่งไซเกิลคือหนึ่ง Period ที่เกิดจากการที่ขั้วโรเตอร์แม่เหล็กหมุนครบหนึ่งรอบผ่านขั้วสเตเตอร์คู่หนึ่งซึ่งต้องอยู่ตรงข้ามกัน

ดังนั้น เมื่อมีขั้วสเตเตอร์ 1 คู่ โรเตอร์จะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบ 50×60 = 3000 รอบต่อนาที (1 เฮิตส์ = 1 ไซเกิลต่อนาที)

หากมีขั้วสเตเตอร์ 2 คู่ โรเตอร์จะต้องหมุนด้วยความเร็วรอบ $\frac{50\times60}{2}$ = 1500 รอบต่อนาที จึงจะได้ 50 เฮิตส์

กำหนดให้

n = ความเร็วรอบซิงโครนัส รอบต่อนาที

f = ความถี่,เฮิตส์ หรือ ไซเกิลต่อนาที, คือเป็นค่าความถี่ ณ ค่ากำหนดแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ

p = จำนวนขั้ว

ดังนั้น n = $\frac{120f}{p}$ (รอบต่อนาที)

<u>ตัวอย่าง</u> เครื่องเยนเนอเรเตอร์ 50 เฮิตส์ ที่หมุนด้วยความเร็วรอบซิงโครนัส 1000 รอบต่อนาที ควรมีกี่ขั้ว

$\therefore$ p = $\frac{120f}{n}$

P = $\frac{120\times50}{1000}$ = 6 ขั้ว

บุญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2521: 519-524

ตาราง 1 ความเร็วรอบซิงโครนัสของเครื่องจักรไฟฟ้า ไฟ 50 เฮิตส์(บุญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2521: 524)

จำนวนขั้ว	2	4	6	8	10	12
ความเร็วรอบซิงโคนัส รอบต่อนาที	3000	1500	1000	750	600	500

ด้วยเหตุนี้เอง กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ต่าง ๆ ที่มิใช่ซิงโครนัสมอเตอร์ที่พบทั่วไป จึงมักกำหนดเป็นค่าความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที (สำหรับความเร็วรอบซิงโครนัส 1500 รอบต่อนาที) และ 2920 รอบต่อนาที (สำหรับความเร็วรอบซิงโครนัส 3000 รอบต่อนาที

ในสองกรณีดังกล่าวข้างต้น เรียกว่า มีสลิปหรือรอบตก $\frac{1500-1450}{1500}$ ×100 = 4 % และ$\frac{3000-2920}{3000}$× 100 = 2.6 % ตามลำดับ

การออกแบบเครื่องจักรกล ผู้ออกแบบควรมีความรู้พื้นฐานทางด้านความแข็งแรงของวัสดุเป็นอย่างดี มีความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรกลเป็นอย่างดี ทั้งทางด้าน โลหะวิทยา กรรมวิธีทางความร้อนต่าง ๆ และการติดตามการพัฒนาด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะได้นำวัสดุที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ มีความรู้ทางด้านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ หลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันกันทางด้านราคา บางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งอาจเหมาะกับโรงงานผลิตแห่งหนึ่ง แต่ไม่เหมาะสมกับโรงงานผลิตอีกแห่งหนึ่งก็ได้ เช่น โรงงานผลิตที่มีแผนกเชื่อมที่ดี แต่ไม่มีแผนกหล่อ จะพบว่าการผลิตโดยวิธีเชื่อมจะประหยัดที่สุด แต่ในขณะเดียวกัน โรงงานอีกแห่งหนึ่งอาจตัดสินใจใช้วิธีหล่อเพราะมีแผนกหล่อที่ดีอยู่ ผู้ออกแบบจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่จะมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ เช่น บรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิต่ำมาก ๆ หรือสูงมาก ๆ เป็นต้น

ผู้ออกแบบต้องเตรียมพร้อมสำหรับตัดสินใจอย่างฉลาดได้ว่าควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายอยู่แล้วหรือต้องการออกแบบใหม่ ควรใช้สูตรสำเร็จที่ได้จากประสบการณ์ในการออกแบบชิ้นส่วนหรือไม่ ควรทดสอบชิ้นงานก่อนการผลิตหรือไม่ ต้องออกแบบเป็นพิเศษเพื่อควบคุมการสั่นสะเทือน ระดับเสียง และอื่น ๆ หรือไม่ มีความเข้าใจถึงความสวยงามบางประการ ซึ่งจะทำให้ผลิตผลจูงใจและดึงดูดใจผู้ใช้ มีความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการแข่งขันทางด้านราคาเพราะเหตุว่าวิศวกรมีหน้าที่ในการประหยัดเงินของผู้ว่าจ้าง การจะเพิ่มราคาสินค้าได้จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เช่น เพิ่มสมรรถนะ เพิ่มสิ่งดึงดูดใจ หรือเพิ่มความทนทานให้มากขึ้น มีสัญชาติญาณในการเป็นประดิษฐ์และสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือจะต้องทำให้เกิดประสิทธิผลที่สูงที่สุด ความคิดสร้างสรรค์อาจเกิดขึ้นเพราะมีความขยันที่จะแก้ไขสิ่งที่ไม่ถูกใจ และมีความเต็มใจที่จะทำ

3. **วิศวกรรมคุณค่า** (Value Engineering)

3.1 ประวัติความเป็นมา

เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่า (VE) เกิดขึ้นในวงการอุตสาหกรรมในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ. 1938-1945) สืบเนื่องมาจากการขาดแคลนวัตถุดิบที่สำคัญ ๆ อันเป็นหัวใจของอุตสาหกรรม ซึ่งได้แก่ เหล็กทุกชนิด ทองแดง บรอนซ์ ดีบุก นิกเกิล บอลล์แบริง รวมทั้งพวกสารตัวนำไฟฟ้าต่าง ๆ นอกจากจะขาดแคลนแล้วราคาก็สูงอีกด้วย

นาย Lawrence Miles เป็นวิศวกรจัดซื้อของบริษัท GE (General Electric Company) สหรัฐอเมริกาได้รับคำสั่งให้ทำการจัดหาวัตถุดิบที่สำคัญ เพื่อใช้ในการผลิตเครื่อง Turbo-Supercharger จาก 50 เครื่อง/สัปดาห์ สำหรับเครื่องบิน B-24 และชิ้นส่วนที่สำคัญในการเพิ่มการผลิตของเครื่องบิน B-29 ในสถานการณ์เช่นว่า “ถ้าไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ จะต้องหาหน้าที่การทำงาน (Function) ของมันให้ได้ จะทำอย่างไรที่จะให้ได้หน้าที่การทำงานที่เหมือนเดิม โดยใช้เครื่องจักร หรือคน หรือวัสดุ ซึ่งเราสามารถ

จะหาได้" เมื่อได้ใช้ความพยายามอย่างหนักหลาย ๆ ครั้งก็มีหนทางที่จะทำได้ ผลการทดสอบทางวิศวกรรมผ่านการพิสูจน์และทันเวลาตามหมายกำหนดการ ดังนั้น คำว่า "หน้าที่การทำงาน" (Function) จึงเป็นคำที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิคทาง VE

ในระหว่างสงครามนี้ Miles พบว่ามีหลายสิ่งหลายอย่างทีนำมาแทนที่ให้สมรรถนะที่เท่าเดิมหรือดีกว่าเดิม ในราคาที่ต่ำกว่า การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน จึงพิสูจน์ได้ว่าให้ผลดีมีประสิทธิผลโดยรวมอย่างที่มิได้คาดคิดมาก่อน

ในปีพ.ศ. 2490 Miles ได้จัดตั้งหน่วยงานวิจัยกิจกรรมฝ่ายจัดซื้อขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนจากรองประธานบริษัท GE เพื่อที่จะพัฒนา ศึกษารายละเอียด และใช้ VE อย่างมีประสิทธิผลโดยรวม ซึ่งในนครั้งแรกนั้น เรียกว่า การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis, VA)

เมื่อบริษัท GE ได้รับความสำเร็จอย่างมาก แนวความคิดอันนี้ก็แพร่หลายเข้าสู่วงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว สำหรับในภาครัฐบาลนั้น กระทรวงกลาโหม ได้นำไปใช้ในโปรแกรมการต่อเรือในปี พ.ศ. 2497 จึงเรียกชื่อใหม่ว่า วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ชื่อนี้ได้เป็นที่ยอมรับ และใช้ในสมาคมวิศวกรรมคุณค่า ของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2502 อย่างไรก็ดีในปี พ.ศ. 2504 กระทรวงกลาโหมได้นำหลักการของ VE ไปใช้ในทุกหน่วยงาน ก่อนปี พ.ศ. 2504 VE ถูกนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตเท่านั้น ต่อมาระหว่าง พ.ศ. 2506-2508 ทั้งสามเหล่าทัพของกลาโหม ได้นำเทคนิคของ VE ไปใช้ในการก่อสร้าง รวมทั้งฝึกอบรมให้ผู้รับเหมาได้รับทราบเทคนิคนี้ด้วย

ในประเทศญี่ปุ่น เริ่มรู้จัก VE ประมาณปี พ.ศ. 2498 และนำไปใช้ในอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2503 โดย S.F. Heinritz จากสมาคมผู้บริหารด้านการจัดซื้อ แห่งสหรัฐอเมริกา ได้เดินทางมาประเทศญี่ปุ่นและได้เปิดให้มีการสัมมนาจัดซื้อทางวิศวกรรม (Purchasing Engineering Seminar) ขึ้นทั่วประเทศ เพื่อแนะนำการนำเทคนิคของ VE ไปประยุกต์ในการบริหารการจัดซื้อ

ในช่วงที่ Heinritz มานั้น เป็นช่วงที่ญี่ปุ่นมีการลงทุนด้านเครื่องจักรจนเกินความพอดี ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และทางรัฐบาลมีนโยบายที่จะเปิดตลาดภายในประเทศมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขโครงสร้างในอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องจักรไฟฟ้ากำลัง ด้วยการหาทางลัดต้นทุนการผลิตอุตสาหกรรมเหล่านี้ให้ความสนใจต่อเทคนิคของ VE ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่นที่เคยใช้กันมา จึงได้ลองนำไปใช้ในแผนจัดซื้อเป็นหลัก ทำให้ วิศวกรรมคุณค่า ค่อย ๆ พัฒนาจนถึงปัจจุบันนี้

ในปี พ.ศ. 2506 ใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือ, ต่อรถตู้, อุตสาหกรรมไฟฟ้า และเครื่องมือสื่อสาร

พ.ศ. 2507 อุตสาหกรรมเครื่องจักรทั่วไป

พ.ศ. 2508 อุตสาหกรรมประกอบ, เครื่องจักรกล, โลหะ, สิ่งทอ, อาหาร, ผลิตภัณฑ์เคมี และเหล็กกล้า

3.2 จุดมุ่งหมายของวิศวกรรมคุณค่า (VE)

จุดมุ่งหมายหลัก คือการลดต้นทุนการผลิต หรือขจัดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็นหรือไม่จำเป็นออกไป โดยที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพ และความน่าเชื่อถือได้อยู่

การลดต้นทุน ด้วยการทำให้คุณภาพนั้นลดลง มิใช่ VE ดังที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าแห่งสหรัฐอเมริกาได้ให้นิยาม VE ไว้ดังนี้

วิศวกรรมคุณค่า คือ การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบ โดยเน้น การทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำสุด และคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้

ในขณะที่การใช้เทคนิคของ VE แพร่หลายนั้น ได้เกิดศัพท์ใหม่ซึ่งเรียกต่าง ๆ กันไปตามชนิดของธุรกิจอันได้แก่

VC = Value Control มุ่งการศึกษาไปที่การควบคุมคุณภาพ และต้นทุนการผลิต

VB = Value Buying มุ่งไปที่การจัดซื้อ วัสดุ และผลิตภัณฑ์จากผู้ขาย

VR = Value Research ใช้ในห้องปฏิบัติการ และเครื่องมือทดสอบ

VI = Value Improvement เมื่อบริษัทมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ และแนะนำเข้าสู่ตลาดจะเรียกว่า การปรับปรุงคุณค่า

VM = Value Management ศัพท์คำนี้เริ่มใช้แพร่หลายเพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร ไม่ว่าจะใช้ศัพท์คำไหนก็ตามจุดประสงค์คงมุ่งที่หน้าที่การทำงาน (Function) ของมัน ไม่ว่าจะประยุกต์ที่หน่วยงานใด งานที่มีคุณค่า จะช่วยประหยัดเงินตรา VE ได้พิสูจน์แล้วว่า สามารถ คงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา และสมรถนะ นอกจากนี้ยังใช้ VE ไปประยุกต์ในโปรแกรมความปลอดภัย การอนุรักษ์พลังงาน การควบคุมและช่วยลดปัญหาที่เกิดจากมนุษย์ (Human Factors)

กล่าวโดยสรุป เมื่อองค์การใด ตั้งโปรแกรม VE วัตถุประสงค์หลัก จะประกอบด้วย

- เพื่อใช้ทรัพยากร (เงิน, กำลังคน และวัสดุ) อย่างเหมาะสม ด้วยการกำจัดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไป โดยไม่ทำให้คุณภาพ หรือสมรรถนะลดลง

- เพื่อสร้างคุณภาพที่ดีในการเปลี่ยนแปลงในองค์การ

- เพื่อพัฒนาพนักงานให้พอใจในงาน ด้วยการฝึกทักษะในการประหยัด มีจิตสำนึกในเรื่องต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

3.3 ต้นทุน

จากจุดประสงค์ที่กล่าวมาแล้ว ของการนำเทคนิค VE มาใช้กันก็คือการลดต้นทุนทั้งหมด ซึ่งได้แก่ผลรวมของต้นทุนในการพัฒนาให้ดีขึ้น ต้นทุนการผลิต และต้นทุนที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้ ซึ่งจะต้องวิเคราะห์อยู่ตลอดเวลา

ต้นทุนที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้ (Application Cost) ผู้ผลิตจะต้องประเมินผลทางคุณภาพความน่าเชื่อถือได้ และการบำรุงรักษาเรื่องนี้เป็นเรื่องสำคัญเพราะมันจะมีผลกระทบต่อผู้ซื้อโดยตรง

ต้นทุนในการพัฒนา (Development Cost) ค่าใช้จ่ายเกิดจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีผลต่อต้นทุนสินค้า และต้นทุนที่นำผลิตภัณฑ์ไปใช้

ต้นทุนการผลิต (Production Cost) จะต้องพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพราะส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นอยู่มากทีเดียว ต้นทุนการผลิต แบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ ต้นทุนวัสดุ แรงงาน และค่าโสหุ้ยต่าง ๆ

การใช้ VE ลดต้นทุนนั้น เรามุ่งที่วัสดุหรือระบบเป็นส่วนใหญ่ และดูว่าหน้าที่การทำงาน (Function) ของมันเป็นอย่างไรสามารถที่จะใช้วัสดุหรือระบบอื่นที่มีต้นทุนต่ำกว่า แต่มีคุณภาพดีกว่า หรือเท่าเทียมกัน มาใช้แทนกันได้หรือไม่

3.4 ขอบข่ายของ VE

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering Job Plan) ถูกกำหนดขึ้นอย่างเป็นระบบและระเบียบแนวทางแต่ละขั้นตอนคล้ายกับเทคนิคการวินิจฉัยโรคของวงการแพทย์ หรือแผนวิเคราะห์ของนักเคมี ทำให้แน่ใจได้ว่า วิศวกรรมคุณค่า จะถูกนำไปใช้ด้วยการพิจารณาจากแง่ทุกมุมของกิจกรรมทั้งหมดของบริษัทการมองที่หน้าที่ (Function) ที่จำเป็นโดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำสุด ชี้ให้เห็นว่า หน้าที่อะไรของผลิตภัณฑ์ หรือระบบที่มีความจำเป็นและหน้าที่อะไรที่ไม่จำเป็น อันจะทำให้สามารถตัดค่าใช้จ่ายของหน้าที่ซึ่งไม่จำเป็นออกได้ รายละเอียดต่าง ๆ จะกล่าวในบทต่อไป

ในสหรัฐอเมริกา ขอบข่ายงานที่ VE ถูกนำไปใช้

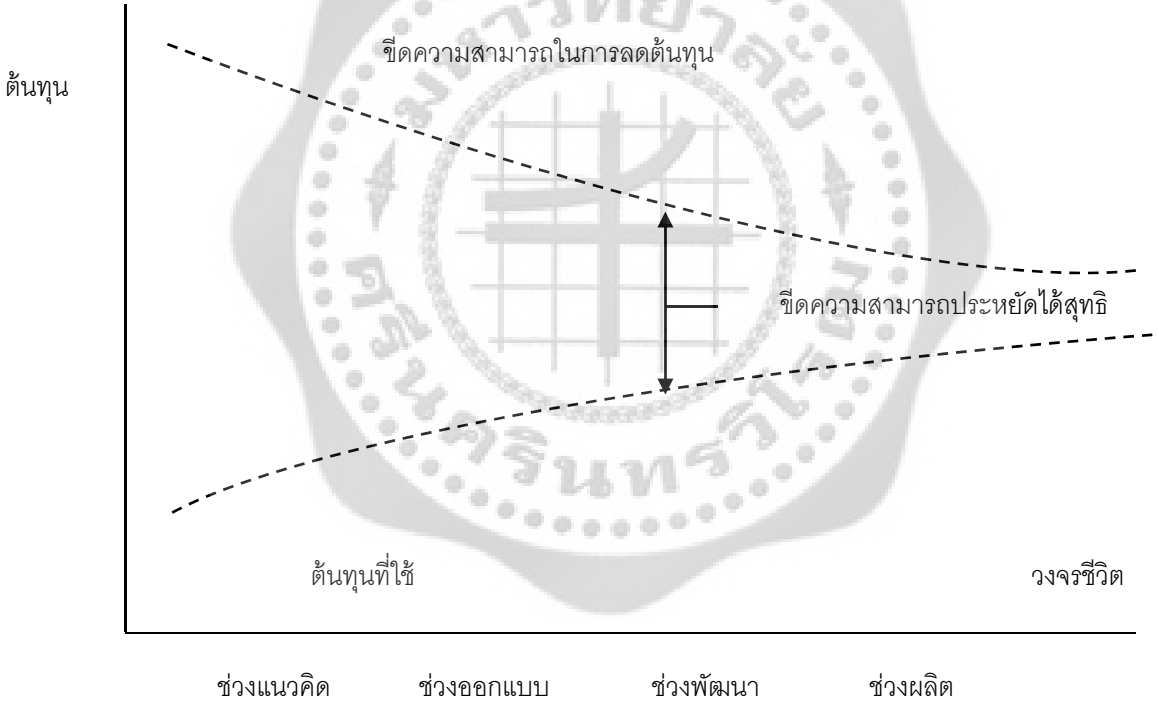
- งานออกแบบ หรือ ปรับปรุง เครื่องจักร
- งานบำรุงรักษา เครื่องจักร
- งานติดตั้ง
- งานก่อสร้าง
- งานบำรุงรักษาทั่วไป
- งานซ่อมแซม และทดแทน
- ขบวนการผลิต
- ระบบขนถ่ายวัสดุ
- ระบบบรรจุหีบห่อ
- ระบบการจัดซื้อ
- ระบบการพิมพ์
- ระบบควบคุมคุณภาพ
- โปรแกรมคอมพิวเตอร์
- การบริหาร

สำหรับเปอร์เซ็นต์ที่ประหยัดได้ เมื่อใช้ VE ในสหรัฐอเมริกา เปอร์เซ็นต์ที่ประหยัดได้

- ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี 23%
- สิ่งที่ต้นทุนสูงมาก 22%
- ข้อกำหนดที่มีปัญหา 18%
- เปลี่ยนแปลงตามความต้องการของลูกค่า 12%
- ออกแบบเพิ่มเติม 15%

ในประเทศญี่ปุ่น เมื่อใช้ VE ประสิทธิผลในการลดต้นทุน สามารถประหยัดได้ 30% - 70% ซึ่งนับว่าเป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของญี่ปุ่นทีเดียว

เมื่อไรจึงจะใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า



ภาพประกอบ 2 วงจรชีวิต และขีดความสามารถที่ประหยัดได้

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. 2540: 17

VE ได้พิสูจน์แล้วว่าใช้ได้ผลในการลดต้นทุน ไม่ว่าจะเป็นงานในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม การทดสอบเครื่องจักร โครงการก่อสร้าง ขั้นตอนการจัดซื้อ กระบวนการผลิต สิ่งอำนวยความสะดวกในอุตสาหกรรมการผลิต ตลอดจนการบริหารงานทุกระดับขั้น ขอบเขตการประยุกต์นั้นกว้างขวางมาก ตราบเท่าที่ฝ่ายบริหารจะตระหนักถึงขีดความสามารถของเทคนิค VE

จงรีบใช้เทคนิค VE เสียแต่เนิ่น ๆ ยิ่งใช้ VE เร็วเท่าไร ก็จะสามารถประหยัดเงินได้มากขึ้นเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 2

ช่วงแนวคิด

จุดประสงค์ในช่วงนี้เพื่อจะทำการแปลงความต้องการเข้าสู่แนวความคิด ด้วยการให้คำอธิบายเกี่ยวกับแนวปฏิบัติในอนาคต สิ่งค้ำจุนความต้องการ และผลกระทบ ใช้ VE ในขั้นตอนนี้เพื่อการตัดสินใจที่ประหยัดที่สุด และให้ได้ประสิทธิผลทางด้านหน้าที่ (Function) ของผลิตภัณฑ์ หรือระบบซึ่งในขั้นนี้อาจมีแบบจำลอง หรือความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกัน

ช่วงออกแบบ

เมื่อแนวคิดได้รับการยอมรับ มีการเขียนแบบอย่างคร่าว ๆ ให้ข้อกำหนด (Specification) รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ในด้านปริมาณ และคุณภาพเทคนิคของ VE ในช่วงนี้ คือ วิเคราะห์หน้าที่ที่สำคัญ ดูความเป็นไปได้ทางเทคนิค ออกแบบงานให้มีคุณค่าเพิ่ม การเปรียบเทียบในช่วงนี้ ต้องการทักษะพิเศษ เพื่อให้ได้โครงการที่ให้ประโยชน์สูงสุดทางเศรษฐศาสตร์ โดยดูจากดัชนีของคุณค่า (Value Index)

ออกแบบขั้นสุดท้าย กำหนดรายละเอียด หมายกำหนดการของงานใช้ VE ในขั้นนี้ด้วยการกำจัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น เปรียบเทียบราคารายละเอียดมาตรฐาน กำจัดรายการที่ไม่จำเป็นออกไป

ช่วงพัฒนา

ศึกษาเปรียบเทียบกับบริษัทอื่น ๆ กำจัดหน้าที่ที่ไม่จำเป็นออกสร้างทางเลือกหลาย ๆ ทาง เพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำสุด

ช่วงผลิต

ช่วงผลิต และบำรุงรักษามีผลกระทบโดยตรง ต่อต้นทุนรวมการลดต้นทุนในช่วงนี้จะทำให้ต้นทุนของวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง การใช้ VE ในขั้นนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ไม่ได้กระทำในระยะต้น ๆ เนื่องจากไม่มีเวลา หรือมีข้อจำกัดอื่น ๆ ซึ่งยังทำให้ยังมีค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นปะปนอยู่อีก VE ในขั้นนี้จะทำให้เกิดผลดังต่อไปนี้

- สามารถขยายวงจรชีวิต ด้วยการออกแบบวัสดุ และขบวนการ
- ลดต้นทุนด้วยการดูหน้าที่ (Function) การทำงานและออกแบบตามหน้าที่ให้ประหยัดที่สุด
- กำจัดงาน หรือข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับผู้ใช้
- ประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
- ลดจำนวนวัสดุในสต๊อกลง(อัมพิกา ไกรฤทธิ์. 2540: 11-19)

3.5 กฎเบื้องต้นของ VE

ใน VE มีกฎเบื้องต้น 5 ข้อ คือ

[กฎข้อที่ 1] การคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ

[กฎข้อที่ 2] การใช้หน้าที่เป็นฐาน (Base) ในการคิด

[กฎข้อที่ 3] การเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการสร้างสรรค์

[กฎข้อที่ 4] การใช้ Team Design

[กฎข้อที่ 5] การเพิ่มคุณค่า

เนื้อหาของกฎเหล่านี้เพียงแต่ดูชื่อก็คงพอเข้าใจ แต่เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าหรือการปฏิบัติจริง จะได้อธิบายกฎแต่ละข้อดังต่อไปนี้

อนึ่ง กฎเหล่านี้ได้ถูกค้นพบระหว่างการททำกิจกรรมโดยผู้ทำ VE จำนวนมาก อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นทัศนคติพื้นฐานของกิจกรรม VE ก็ได้

3.5.1 กฎว่าด้วยการคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ คิดในฐานะของผู้ใช้ในอุดมคติ

เราซึ่งเป็นผู้ทำการผลิตสินค้าหรืองานบริการอยู่ตลอดเวลาในวิสาหกิจ เคยคิดบ้างไหมว่า เราผลิตสินค้าหรืองานบริการนั้นขึ้นมาเพื่อทำอะไร คงไม่ได้ทำไว้เพื่อเก็บไว้ใช้เองแน่ ๆ แต่เป็นที่แน่นอนว่าเราผลิตสิ่งของเพื่อให้ผู้ใช้ได้นำไปใช้ ถ้าไม่มีนำไปใช้ การผลิตก็ไม่มีความอะไร ซึ่งในฐานะผู้ผลิตก็ยอมรับไม่ได้เช่นกัน กล่าวคือจะต้องให้สิ่งที่อุตส่าห์ผลิตขึ้นมาแล้วถูกนำไปใช้ ถ้าลองคิดถึงกระบวนการที่สินค้าผ่าแต่ละขั้นตอนจริง ๆ แล้วก็จะรู้ได้ทันทีว่า การมองสิ่งของนั้นจากฝ่ายผู้ผลิตกับการมองจากผู้ใช้ มีความแตกต่างกันมาก

เมื่อมองสิ่งของจากฝ่ายผู้ทำการผลิต ก็จะคิดว่าสิ่งของนั้นเป็นต้นตอแห่งผลกำไรที่มีคุณค่ายิ่ง นอกจากนั้นแล้ว เนื่องจากได้ทะนุถนอมผลิตสิ่งนั้นขึ้นมาด้วยมือของตนเอง จึงไม่มีสิ่งใดที่จะน่ารักน่าชมเท่านี้ แต่ถ้าเปลี่ยนแนวการมองมาเป็นการมองจากผู้ใช้บ้าง ความคิดเช่นว่านี้จะไม่มีเหลืออยู่เลย

เราลองมาคิดถึงกรณีที่เราเป็นผู้ซื้อของดูบ้าง ตัวอย่างเช่น ถ้าเราอยากซื้อเครื่องเล่นเทป ก็ไปที่ร้านจัดจำหน่าย ซึ่งมีสินค้าต่าง ๆ มากมายจัดเรียงกันจนแน่น จะเห็นว่าถึงแม้สมรรถนะจะเหมือนกัน แต่วัสดุที่ใช้ โครงสร้าง รูปแบบ หรือว่าสีสันจะแตกต่างกัน เนื่องจากในปัจจุบันเป็นยุคแห่งนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี จึงมีสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้งานได้เหมือน ๆ กันอยู่มากมายซึ่งก็เป็นเรื่องธรรมดา แต่ถ้ามีของหลากหลายชนิดเกินไปก็จะเกิดลังเล เมื่อเป็นเช่นก็จะต้องพิจารณาเปรียบเทียบอย่างระมัดระวังว่าจะเลือกสิ่งไหนดี โดยการพิจารณาอย่างพิถีพิถันว่า “สิ่งไหนตรงตามความต้องการของตนมากที่สุด” หรือ “ซื้อสิ่งไหนแล้วจึงจะได้รับความพึงพอใจมากที่สุด” แล้วจึงตัดสินใจซื้อสิ่งนั้น

ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ความคิดในช่วงนี้ เป็นธรรมดาที่ความรู้สึกในใจหรือการมองสิ่งของนั้นจากฝ่ายผู้ทำการผลิตจะหลุดหายไป ถึงแม้ว่าผู้ผลิตจะคิดว่าเป็นของที่น่าใช้เท่าใดก็ตาม

แต่สิ่งนั้นได้ออกจากมือของตนเองไปอยู่ที่ผู้ใช้ซึ่งห่างไกลสายตาแล้ว และผู้ใช้ก็จะมีการมองที่ต่างกันโดยสิ้นเชิง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า การมองเปลี่ยนเป็นการมองเยี่ยงทาสก็ได้ ฉะนั้น สิ่งทีผลิตแล้วจะต้องให้ผู้ใช้ได้เลือกเอาไปใช้ด้วย เพราะถ้าไม่เป็นเช่นนั้นก็จะไม่มีความหมาย ทำอย่างไรจึงจะได้รับเลือกจากผู้ใช้นั้น ไม่มีวิธีไหนดีเท่ากับการผลิตสิ่งของที่ผู้ใช้ชื่นชอบและตรงตามความต้องการ กล่าวคือ ถ้าเป็นลูกที่น่ารักของตนเอง ก็ต้องให้เป็นเด็กที่ผู้ใช้รู้สึกรักด้วย เมื่อคิดเช่นนี้ก็จะเข้าใจได้ว่า ในกรณีที่เรา “ผลิตสิ่งของ” จะต้องทำอย่างไร นั่นก็คือการเข้าใจประเด็นได้อย่างถูกต้องว่า “สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการนั้นคืออะไร และคิดว่าผู้ใช้อยากได้อะไร” แล้วจึงทำการผลิตสิ่งของให้ได้รับความพึงพอใจอย่างเต็มที่ตามนั้น

ใน VE จะคิดในฐานะของผู้ใช้ในอุดมคติ ตั้งแต่สิ่งของที่ทำการผลิตยังอยู่ในมือของตนเอง ดังนั้น VE จึงไม่ใช่วิธีทีทำให้คุณภาพลดลง และไม่เป็นการแทรกแซงงานของวิศวกร แต่เป็นกิจกรรมที่มุ่งหวังเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพึงพอใจ นอกจากนี้แล้วยังต้องรักษาผลกำไรของวิสาหกิจไว้และขยายให้เพิ่มพูนขึ้น ซึ่ง VE จะเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง

3.5.2 กฎว่าด้วยการใช้หน้าที่เป็นฐานในการคิด ตั้งอยู่บนความคิดที่มีหน้าที่เป็นรากฐานอยู่ตลอด

เมื่อตั้งคำถามว่า “สิ่งนั้นผลิตขึ้นมาเพื่ออะไร” “การทำงานนั้นทำมาเพื่ออะไร” ก็อาจจะถูกมองว่าเป็นคำถามของคนสติไม่ดี แต่ในกรณีที่ใช้ VE เพื่อการแก้ปัญหานั้นเป็นทัศนคติที่สำคัญยิ่ง

สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการนั้นไม่ใช่ตัวสิ่งของ แต่ผู้ใช้ต้องการการทำงานที่จะได้จากสิ่งของนั้น กล่าวคือต้องการ “**หน้าที่**” นั่นเอง ตัวอย่างเช่น หลอดไฟที่ไม่เปล่งแสงหรือฟิมล์ที่เสื่อมสภาพก็คงไม่มีใครต้องการ หรือแม้แต่จะเหลียวมองด้วยซ้ำ เหตุผลก็คือ ถึงแม้ว่าจะมีรูปร่างดีเยี่ยมอย่างไรก็ตาม แต่ก็ไม่สามารถให้หน้าที่ที่ผู้ใช้ต้องการได้ เกี่ยวกับเรื่องนี้จึงกล่าวได้ทันทีเลยว่า สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการคือ การบรรลุหน้าที่ได้อย่างแน่นอน เพราะฉะนั้นจุดเริ่มต้นของการผลิตสินค้าที่ดีที่ผู้ใช้ชื่นชอบก็คือการรู้ว่าลูกค้าอยากได้หน้าที่อะไร หรือผู้ใช้คิดอยากให้เป็นอย่างไร ในการรู้หน้าที่ที่จะให้บรรลุอย่างชัดแจ้งนั้น นอกจากการรู้ความต้องการของผู้ใช้แล้ว ยังมีความหมายที่สำคัญอีกอย่างคือ การขยายความคิดสร้างสรรค์ของเราให้กว้างขึ้น คำว่าหน้าที่ซึ่งเดิมมีความเข้าใจว่า คือการทำงานหรือวัตถุประสงค์ที่จะให้บรรลุของสิ่งของหรืองานบริการ ซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าวนั้น แม้จะมีเพียงอย่างเดียว แต่วิธีที่จะให้บรรลุนั้นมีมากมาย นั่นก็คือถ้าคิดจากวัตถุประสงค์ก็จะสามารถค้นพบวิธีการหลาย ๆ อย่าง แล้วจึงเลือกวิธีที่ดีที่สุด เพื่อให้สามารถผลิตของดีที่ผู้ใช้ชื่นชอบได้ จากความหมายดังได้กล่าวมาแล้วนี้ จะเห็นว่า VE ตั้งอยู่บนความคิดที่ว่า “**หน้าที่ต้องมาก่อนโครงสร้าง**” แล้วจึงขยายการออกความคิดอย่างอิสระเพื่อผลิตสิ่งของที่ดีและพิเศษกว่า กล่าวได้ว่าเป็นทัศนคติพื้นฐานอย่างหนึ่งในการเข้าหาปัญหาด้วย VE

3.5.3 กฎว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการสร้างสรรค์ ใช้ความพยายามอย่างไม่ท้อถอยในการสร้างสรรค์

การปรับปรุง มีความหมายตรงตามตัวหนังสือคือ การค้นหาวิธีที่ดีกว่าวิธีในปัจจุบันแล้วเปลี่ยนเป็นวิธีนั้น ดังนั้น สิ่งของที่ยังคงใช้วัสดุเดิมหรือรูปร่างแบบเดิม ใช้กระบวนการทำงานเดียวกันหรือใช้เครื่องจักรอุปกรณ์เดียวกันในการผลิตก็จะไม่สามารถปรับปรุงได้

เกี่ยวกับเรื่องนี้ นักการบัญชีที่มีชื่อเสียงชื่อ ซูมาเลน บ๊าบ ได้กล่าวไว้ว่า “การประหยัดก็คือ การเลือก” กล่าวคือ ถ้าค้นหาวิธีที่ดีกว่าไม่ได้ การปรับปรุงก็จะทำไม่ได้ ถ้าเป็นเช่นนั้น การค้นหาวิธีดังกล่าวให้ได้จะต้องทำอย่างไร การค้นหาที่ว่านั้น มีอยู่ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่หนึ่ง คือ การค้นหาวิธีที่ดีที่สุดที่คนอื่นใช้อยู่แล้วแต่เราไม่รู้ให้ได้ก่อนแล้วทำการเปลี่ยนเป็นวิธีนั้น การที่จะทำเช่นนี้ได้จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลข่าวสารอย่างจริงจัง

อีกวิธีหนึ่งก็คือ การค้นหาวิธีใหม่ที่ดีกว่าด้วยพละกำลังของตนเองให้ได้สิ่งนี้จะทำได้ด้วยพลังสร้างสรรค์ที่มีอย่างเหลือเฟือ โดยการออกความคิดระดมสมองอย่างจริงจัง และการที่จะทำเช่นนี้ได้ก็จำเป็นต้องใช้ข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นมากมายเช่นเดียวกัน แต่การออกความคิดอย่างสร้างสรรค์นั้นก็เป็นเรื่องที่ทำได้ไม่ง่าย การค้นหาวิธีที่ดีกว่าที่ยังไม่มีในโลกนี้ให้ได้นั้นเป็นกระบวนการที่เต็มไปด้วยความยากลำบาก นอกจากนี้แล้วถึงแม้ว่าจะใช้ความพยายามอย่างใหญ่หลวงแล้วก็ตามก็ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะค้นหาวิธีที่ดีกว่าได้ แต่เนื่องจากเป็นคุณลักษณะที่แท้จริง (แก่น) ของสิ่งที่เรียกว่า การสร้างสรรค์ ซึ่งต้องทำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ฉะนั้นเพื่อการปรับปรุง จำเป็นจะต้องทำลายอุปสรรคขัดขวางความคิดสร้างสรรค์ให้ได้

นั่นก็คือ ผู้ที่ทำ VE จะตกอยู่ในความคลุมเครือของความคิดสร้างสรรค์นี้ ซึ่งจะต้องมีความอดทนอย่างสูงเพื่อให้ผ่านความยากลำบากนี้ อาจกล่าวได้ว่า ความอดทนเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของผู้ที่ทำ VE หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า พลังเพื่อผ่านความยากลำบากนี้จะไม่มีสิ่งอื่นใดนอกจาก “ความเชื่อและการมีใจอยากทำ” กล่าวคือผู้ที่ทำ VE จะต้องมีทัศนคติในการทำกิจกรรมด้วยความเชื่ออย่างแข็งขันเหมือนไฟที่ลุกโพลงว่า “จะต้องมีวิธีที่ดีกว่าอยู่แน่ ๆ” หรือ “การปรับปรุงจะต้องทำได้แน่ ๆ” และอดทนต่อความคลุมเครือ ความยากลำบากของการสร้างสรรค์ และต้องทำให้เสร็จ สิ่งนี้คือทัศนคติพื้นฐานของการเข้าหาปัญหาด้วย VE

3.5.4 กฎว่าด้วยการใช้ Team Design รวบรวมประสานเทคโนโลยีที่ดีที่สุด

มนุษย์เราไม่ว่าใครก็ตามย่อมไม่อยากพ่ายแพ้ผู้อื่น และคิดอยู่เสมอว่าอยากไปให้ไกลกว่าผู้อื่นสัก 1 ก้าว ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นต้นกำลังที่ยิ่งใหญ่ที่ทำให้ตนเองเติบโต แต่ถ้าความคิดนี้เลยเถิดไปก็จะกลายเป็นไม่ฟังความคิดของผู้อื่น เนื่องจากปัจจุบันนี้โลกอยู่ในยุคคนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี เพราะฉะนั้นปริมาณข้อมูลข่าวสารมีแต่จะเพิ่มขึ้น และความรู้ที่เพิ่มขึ้นทั้งหมดจะเรียนรู้ด้วยคนเพียงคน

เดียวนั้นก็เป็นไปได้ยาก แต่ก็ยังมีบางคนที่กล่าวว่า “ขอรับทำเอง” ซึ่งแทนที่จะก้าวล้ำหน้าคนอื่น แต่กลับจะล้าหลังคนอื่นแน่ ๆ ขอยกตัวอย่างสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวสักหนึ่งตัวอย่าง

ทดลองตั้งคำถามว่า โลหะมีกี่ชนิด ซึ่งเป็นความรู้ในสาขาวัสดุเพียงอย่างเดียว แต่การหาคำตอบที่ถูกต้องทำได้ค่อนข้างยาก และถ้าให้บอกรายละเอียดทั้งหมดของแต่ละชนิดก็ยิ่งยากขึ้นไปอีก ซึ่งดูตัวเลขแล้วน่าตกใจว่าในปัจจุบันนี้มีมากกว่า 2 หมื่นชนิด ดังนั้นคำตอบที่ถูกต้องจึงหาไม่ได้ง่าย ๆ นอกจากนี้แล้ว เรื่องที่เกี่ยวข้องก็มิใช่เรื่องของวัสดุเพียงอย่างเดียว ยังมีวิธีการแปรรูป วิธีการประกอบ และวิธีการอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นในสภาพเช่นนี้ คำพูดที่ว่า “ข้าพเจ้ารู้ดีกว่าใครอื่น” “ข้าพเจ้าเพียงคนเดียวก็พอ” จึงไม่สามารถทำการปรับปรุงที่ดีได้ และการพัฒนาตนเองก็จะคาดหวังไม่ได้ด้วย นอกจากนี้แล้วเพื่อผลิตของดี ราคาถูก จะต้องรู้เป็นอย่างดีเกี่ยวกับ คุณภาพ ต้นทุน การจัดซื้อ และการสั่งทำจากภายนอก เพราะฉะนั้นเพื่อก้าวไปสู่การปรับปรุงที่ดีกว่า จึงจำเป็นต้องได้รับความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง และที่สำคัญก็ต้องรวบรวมความรู้และเทคนิคที่ยังขาดอยู่

กล่าวคือ ใน VE นั้นจะไม่แก้ปัญหาแต่เพียงผู้เดียว แต่เป็นการปรับปรุงโดยการรวบรวมประสานเทคนิคที่ดีที่สุดของทุก ๆ สาขาวิชา สิ่งนี้จะเป็นโอกาสที่ดีในการสร้างความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วให้แก่บุคลากร พร้อม ๆ กับทำให้เกิดข้อเสนอปรับปรุงที่ดีเยี่ยม กล่าวคือ ทัศนคติพื้นฐานของ VE ก็คือ “การไม่เป็นผู้วิเศษแต่เพียงผู้เดียว แต่จะอาศัยพลังของคนนับพันคน”

3.5.5 กฎว่าด้วยการเพิ่มคุณค่า การมุ่งแก้ปัญหาโดยการคิดจาก 2 ด้านคือ ด้านหน้าที่และด้านต้นทุนอยู่เป็นนิจ

กฎข้อนี้เป็นการรวมกฎ 4 ข้อที่ได้กล่าวมาแล้วเข้าด้วยกัน กล่าวได้ว่าเป็น กฎโดยรวมที่เป็นหลักการพื้นฐานของ VE

เมื่อกล่าวถึง VE มักจะถูกคิดว่าเป็นวิธีการลดต้นทุน ซึ่งที่จริงแล้วไม่ใช่เช่นนั้น แต่เป็นวิธีเพื่อให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่าเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพอใจ ซึ่งเป็นความคิดที่กว้างกว่า

เมื่อพูดถึงคุณค่าแล้วจะเป็นคำที่ฟังแล้วไม่คุ้นหู ทำให้คิดว่าเป็นอะไรสักอย่างที่ยาก ความหมายของคุณค่าในเชิงวิชาการมีเนื้อหาค่อนข้างยาก แต่ใน VE ไม่จำเป็นต้องคิดให้ปวดหัวเช่นนั้น

ตัวอย่างเช่น เราคิดอยากได้ของบางสิ่งบางอย่าง แต่การที่จะให้ได้เป็นเจ้าของนั้นจำเป็นจะต้องออกแรง ใช้เวลา ใช้เงิน ซึ่งเป็นรูปแบบของค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ ความพอใจในขณะนั้นรู้สึกเป็นอย่างไรบ้าง ซึ่งคงพิจารณาได้จาก 2 ด้าน คือ บรรลุการทำงานที่ต้องการได้เป็นอย่างดีหรือไม่ กับซื้อหามาได้ด้วยเงินเท่าใด ซึ่งคุณค่าที่ว่าก็คือระดับของความพอใจในขณะนั้น สามารถแสดงเป็นสมการง่าย ๆ ได้ดังนี้

$$\text{V (Value-คุณค่า) ระดับของความพอใจ} = \frac{\text{F (Function-หน้าที่) ขนาดของประโยชน์ที่ได้รับ}}{\text{C (Cost-ค่าใช้จ่าย) ขนาดของประโยชน์ที่จ่ายไป}}$$

ฉะนั้น จึงขึ้นอยู่กับขนาดของประโยชน์ที่ได้รับ (F) และค่าใช้จ่ายที่ได้จ่ายแล้วทั้งหมด (C) ว่าเป็นอย่างไร จึงจะได้รับความพึงพอใจสูง ซึ่งความสัมพันธ์นั้นแสดงได้ดังนี้

ตาราง 2 การเพิ่มขึ้นของคุณค่า(เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. 2547: 25)

สูตรของคุณค่า	1	2	3	4
$\uparrow V = \frac{F}{C}$	→	↑	↑	↑
	↓	↓	→	↑

① สิ่งของที่ให้หน้าที่เหมือนกัน และซื้อด้วยค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า
② สิ่งของที่ให้หน้าที่ที่ยอดเยี่ยมกว่า และซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า
③ สิ่งของที่ซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายเท่ากัน แต่ให้หน้าที่ที่ยอดเยี่ยมกว่า
④ สิ่งของที่ซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นเล็กน้อย แต่หน้าที่ก็ยอดเยี่ยม

ดังนั้นการลดต้นทุนแบบเดิมกับ VE จึงไม่เหมือนกันเพราะเป็นการเพิ่มคุณค่าเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพอใจสูงขึ้น โดยประการแรก จะต้องจับประเด็นให้ได้อย่างแม่นยำว่าหน้าที่ที่ต้องการนั้นคืออะไร และต้องพิจารณาให้รอบคอบด้วยว่า เพื่อให้บรรลุหน้าที่นั้นมีต้นทุนเป็นเท่าไร กล่าวคือ ทัศนคติพื้นฐานของนักปฏิบัติ VE ในการเข้าปัญหาก็คือ ในการทำให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่านั้น ทั้งแง่ของจิตวิทยาและในเชิงเทคนิคจะไม่ทำอย่างโดดเดี่ยวคนเดียว แต่จะเป็นการเข้าหาปัญหาด้วยการทำงานเป็นทีม (Team Work) ที่แข็งขัน โดยการรวบรวมเทคนิคชั้นที่หนึ่งจากทุก ๆ สาขา

นอกจากนี้แล้ว ในกระบวนการนี้จะทำกิจกรรมในฐานะของผู้ใช้ด้วยการมองจากด้านหน้าที่ และด้านต้นทุน ไม่ว่ายากลำบากอย่างไรก็ตาม ต้องสู้และเอาชนะปัญหาได้โดยการทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นด้วยความเชื่อมั่น(เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. 2547: 19-26)

3.6 แผนงานวิศวกรรมคุณค่า

แผนงานของวิศวกรรมคุณค่านั้น ได้มีการวางแผนอย่างเป็นระบบทุกขั้นตอน และจะต้องเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วย การทำงานต้องทำทีละขั้นตอน ถ้ามีการข้ามขั้นตอน ผลที่ได้จะไม่สมบรูณ์

สำหรับขั้นตอนในการทำ VE นั้น ผู้เขียนแต่ละท่านได้กำหนดไว้ต่าง ๆ กันดังตารางที่ 1

จะเห็นว่าขันตอนการทำ VE นั้น มีตั้งแต่ 4 ขั้นตอน จนถึง 9 ขั้นตอนด้วยกัน จะมีกี่ขั้นตอนนั้นไม่สำคัญ ขอให้แผนงานนั้นสะดวก และแต่ละขั้นตอนนั้นต้องเป็นระบบ มีความเป็นระเบียบ ในการที่จะทำแผนงาน VE เป็นใช้ได้

ขั้นตอนที่เหมือนกันของทุก ๆ ผู้เขียน คือ ขั้นรวบรวมข้อมูลก่อนที่จะนำไปสู่แนวคิดวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน รวมทั้งขั้นตอนความคิดสร้างสรรค์ หรือการนึกฝัน ซึ่งบางท่านก็แยกย่อยออกไปเป็น การพิจารณาไตร่ตรอง การประเมินผล หรือการวิเคราะห์ความคิด ท้ายที่สุดการพัฒนา หรือข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงเป็นขั้นสุดท้าย

ถ้าการทำ VE ก้าวจากขั้นหนึ่งไปยังอีกขั้นหนึ่งอย่างรวดเร็ว หรือก้าวข้ามขั้นตอนจะทำให้เสียเวลากลับมาหาข้อมูลใหม่กันอีก ดังนั้นจึงควรทำไปทีละขั้นตอนและด้วยความรอบคอบจะดีกว่า

ตาราง 3 แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ Arthur E. Mudge ผู้อำนวยการ กองบริการวิศวกรรมคุณค่า ของบริษัท จอย อุตสาหกรรมการผลิต (Joy Manufacturing Company) และเป็นผู้แต่งหนังสือ วิศวกรรมคุณค่า(อัมพิกา ไกรฤทธ์. 2540: 30)

ผู้เขียน / ลำดับขั้นตอน	Miles	Mudge	Fallon	Dell'isola	GSA*
1.	รวบรวมข้อมูล (Information)	เลือกโครงการ (Selection)	รวบรวมข้อมูล (Information)	รวบรวมข้อมูล (Information)	แนะนำ (Orientation)
2.	วิเคราะห์ (Analysis)	รวบรวมข้อมูล (Information)	วิเคราะห์ (Analysis)	การนึกคิด (Speculative)	รวบรวมข้อมูล (Information)
3.	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	หน้าที่การทำงาน (Function)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	วิเคราะห์ (Analysis)	หน้าที่การทำงาน (Function)
4.	พิจารณาตัดสิน (Judgement)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)	ประเมินผล (Evaluation)	ข้อเสนอ (Proposal)	สร้างสรรค์ความคิด (Creativity)
5.	พัฒนา (Development)	ประเมินผล (Evaluation)	การนำเสนอ (Presentaion)	-	พิจารณาตัดสิน (Judicial)
6.	-	ทดสอบและพิสูจน์ (Investigaion)	นำไปปฏิบัติ (Implementation)		พัฒนา (Development)
7.	-	เสนอแนะ (Recommendation)	-	-	การนำเสนอ (Presentaion)
8.	-	-	-	-	นำไปปฏิบัติ (Implementation)
9.	-	-	-	-	ติดตามผล (Follow-up)

*GSA = General Services Administration ของสหรัฐอเมริกา

การเข้าถึงอย่างมีระบบ (Value Engineering, A Systematic Approach) ได้เสนอแผนงาน VE ตามขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนทั่ว ๆ ไป (General Phase)
- ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information Phase)
- ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function Phase)
- ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase) เพื่อปรับปรุง
- ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ความคิด
- ขั้นทดสอบพิสูจน์ (Investigation Phase) เพื่อนำไปปฏิบัติ
- ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)(อัมพิกา ไกรฤทธ์. 2540: 29-30)

3.6.1 ขั้นตอนทั่ว ๆ ไป (General Phase)

แผนงาน VE ในขั้นนี้ ต้องการสิ่งเหล่านี้

- ใช้หลักมนุษยสัมพันธ์ที่ดี เพื่อก่อให้เกิดความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน พร้อมทั้งขจัดการต่อต้านการเปลี่ยนแปลง(อัมพิกา ไกรฤทธ์. 2540: 30)

- กระตุ้นให้เกิดการทำงานร่วมกันเป็นทีม ข้อนี้พูดง่ายแต่ทำให้เกิดผลสำเร็จได้อย่างลำบาก นอกจากได้ผู้นำที่รอบรู้ และตั้งใจทำงานอย่างจริงจัง รวมทั้งได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหาร ร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ

- ทำงานเฉพาะด้าน เก็บข้อมูล และข่าวสารที่เป็นปัญหาเฉพาะด้าน

- เอาชนะอุปสรรค อดทนเพื่อที่จะพิชิตแรงต่อต้าน การเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างแน่นอนในองค์การ

- ใช้การตัดสินใจที่ดีของธุรกิจ การตัดสินใจทางธุรกิจและการพิจารณาอย่างรอบคอบจะต้องอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง การตัดสินใจทีผิดพลาด ย่อมทำให้เกิดพ่ายแพ้ต่อคู่แข่งขันอย่างง่ายดาย

3.6.2 ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information Phase)

ขั้นตอนนี้ใช้เทคนิคเพียง 3 ข้อเท่านั้น อย่างไรก็ดี พบว่าขั้นตอนนี้ ยากที่สุด และใช้เวลามากที่สุดอีกด้วย

- หาข้อเท็จจริง เป็นงานยากที่จะได้ข้อเท็จจริงทั้งหมด ต้องแน่ใจว่าข่าวสารหรือข้อมูลที่ได้รับมิใช่ข้อเท็จจริงเพียงครึ่งเดียว

- หาต้นทุน ต้องสมบรูณ์และเป็นต้นทุนที่ถูกต้องมากที่สุด

- กำหนดต้นทุนของข้อกำหนด (Specification) และสิ่งที่ต้องการ (Requirement) ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนและข้อกำหนด

สรุปในขั้นตอนนี้ต้องระวังในเรื่อง

ข้อเท็จจริง ต้นทุนที่ถูกต้อง รวมทั้งต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนด ก่อนที่จะก้าวไปสู่ขั้นตอนอื่น ๆ แผนงาน VE

3.6.3 ขั้นวิเคราะห์ (Function Phase)

ให้นิยามของหน้าที่ โดยแบ่งเป็นคำกริยา และคำนาม ฟังดูแล้วรู้สึกว่าง่าย ๆ แต่เวลาปฏิบัติจริง ๆ แล้วไม่ง่ายดังที่คิด ต่อจากนั้น ประเมินผลหน้าที่การทำงาน

3.6.4 ขั้นการสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase) เพื่อปรับปรุง

เป็นการระดมความคิด (Brainstorming) ความคิดในทางบวก และความคิดในทางสร้างสรรค์ ต้องการปริมาณความคิดมาก ๆ ถึงแม้จะเป็นความคิดที่ไม่น่าเป็นไปได้ก็ตาม เพื่อให้เหมาะกับหน้าที่การทำงาน

3.6.5 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ความคิด

เป็นขั้นพิจารณาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ ด้วยการกลั่นกรองและรวบรวมความคิดเข้าด้วยกัน หาต้นทุนของความคิดทั้งหมด ต้นทุนในแนวความคิดนั้นเป็นเท่าไร และสามารถประหยัดได้แค่ไหน พัฒนาทางเลือกของหน้าที่ ในกรณีที่มีปัญหา และประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบว่าอันไหนจะให้คุณค่ามากที่สุด

3.6.6 ขั้นทดสอบและพิสูจน์ (Investigation Phase)

กลั่นกรองทางเลือกของแนวคิด ให้ได้ต้นทุนต่ำ รวมทั้งได้หน้าที่การทำงานที่ต้องการ ควรพิจารณาถึงมาตรฐานของบริษัทและของอุตสาหกรรม ถ้าได้ต้นทุนต่ำกว่า ปรึกษาผู้เชียวชาญเฉพาะด้านและผู้ขาย บุคคลเหล่านี้จำให้คำตอบ และสามารถแก้ปัญหารวมทั้งให้ข้อมูลใหม่ ๆ ได้อีกด้วย นอกจากนี้ควรใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน ขบวนการหรือวิธีการซึงจะทำให้ได้ต้นทุนต่ำโดยได้หน้าที่การทำงานเหมือนเดิมด้วย

3.6.7 ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase) เพื่อนำไปปฏิบัติ

เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจะต้องนำเสนอต่อผู้บริหาร สิ่งที่จะต้องนำเสนอ คือ ความจริงในปัจจุบันเป็นอย่างไร ปัญหาคืออะไร รวมทั้งต้นทุนปัจจุบัน แจกแจงรายละเอียดให้ทราบก่อนเพื่อเป็นการกระตุ้น ให้ผู้บริหารยอมรับ ในโครงการใหม่ เพื่อนำไปปฏิบัติสั่งการต่อไป การนำเสนอข้อเท็จจริง ต้นทุนและโครงการใหม่ อาจกระทำได้ในรูปของการอธิบาย หรือการส่งรายงาน หรือในแบบผสม คืออธิบายด้วยพร้อมทั้งเสนอรายงาน วิธีหลังนี้จะดีที่สุด(อัมพิกา ไกรฤทธ์. 2540: 32-33)

จากการศึกษาเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ผู้วิจัยได้นำเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ที่มีความเกี่ยวข้องในการพัฒนาและปรับปรุง เพื่อนำมาปรับใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มประโยชน์การใช้งาน $\frac{F\uparrow}{C\rightarrow}$ = V$\uparrow$ โดยการดำเนินการตามแผนของ VE ดังนี้

- ขั้นตอนทั่ว ๆ ไป (General Phase)
- ขั้นรวบรวมข้อมูล (Information Phase)
- ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (Function Phase)
- ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (Creation Phase) เพื่อปรับปรุง
- ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ความคิด
- ขั้นทดสอบพิสูจน์ (Investigation Phase) เพื่อนำไปปฏิบัติ
- ขั้นเสนอแนะ (Recommendation Phase)

4. การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE–Overall Equipment Effectiveness)

การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร(OEE) เป็นวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เครื่องจักรที่ดีไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องจักรที่ไม่เสีย หากแต่ต้องเป็นเครื่องจักรที่เปิดขึ้นมาแล้วทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

โดยทั่วไปการลดต้นทุนการผลิตจะประกอบด้วย

1. ลดช่วงเวลาที่ไม่ได้ทำการผลิต (unproductive time)
2. ลดระยะเวลาที่ใช้ผลิต (cycle times)
3. ลดของเสีย/เศษที่เกิดจากการผลิต (waste/scrap)

OEE ประกอบด้วย 3 สิ่งในการลดต้นทุกการผลิต

1. Productive time = “Availability”
2. Cycle times = “Performance”
3. Waste/scrap = “Quality”

OEE % = Availability % x Performance % x Quality %

OEE มีค่าสูง = ต้นทุนการผลิตต่ำ

“Availability %” (อัตราการเดินเครื่อง) คือความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime loss) มีสาเหตุมาจากเครื่องจักรขัดข้อง (Breakdowns) การปรับแต่งเครื่องจักร (Setup, Adjustments) หรือการจัดการกระบวนการการทำงานที่ไม่ดี (Management)

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาที่ต้องการทำงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลาที่ต้องการทำงาน}}$$

$$= \frac{\text{เวลาที่เครื่องจักรเดินจริง}}{\text{เวลาที่ต้องการทำงาน}}$$

“Performance %” (ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง) คือสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรการสูญเสียประสิทธิภาพ (Performance loss) มีสาเหตุมาจากการหยุดเล็กน้อย การเดินเครื่องตัวเปล่า (Minor Stoppage and Idling Losses) และการสูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses)

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง} - \text{เวลาสูญเสียจากเครื่องจักรเสียกำลัง}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

$$= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

“Quality %” (อัตราคุณภาพ) คือความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักร การสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากชิ้นงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start up Loss)

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด} - \text{จำนวนชิ้นงานเสีย}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

$$= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) คือค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่าเป็นอย่างไร การเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียมากน้อยเท่าไร(FactoryTalk Matrics. ออนไลน์)

5. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนนั้นเป็นคำที่เข้าใจง่ายจุดคุ้มทุนก็คือ จุดที่ได้ทุนคืนพอดี เช่นเดียวกับคำว่า ระยะคืนทุน ซึ่งก็คือ ระยะเวลาที่ได้คืนทุนพอดี ซึ่งถ้าเรารู้ว่าจุดใดคือจุดคุ้มทุน เราก็สามารถตัดสินใจและดำเนินงานผลิตให้มากกว่า เช่นเดียวกับคำว่า ระยะเวลาคืนทุน ถ้าเรารู้ว่าสามารถคืนทุนได้กี่ปีแล้ว เราก็สามารถตัดสินใจและดำเนินงานผลิตให้นานกว่าระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้กำไรมาจากการดำเนินงาน

5.1 จุดคุ้มทุน (Breakeven Point) คือจุดที่รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี โดยทั่วไปแล้วจะให้ความสนใจในปริมาณที่จุดคุ้มทุน ซึ่งเรียกว่า Breakeven Quantity (Q_{RE}) หน่วยของปริมาณที่จุดคุ้มทุนมักเป็นหน่วยต่อปี เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิต ชั่วโมงต่อเดือน เป็นต้น

จากความหมายของจุดคุ้มทุนนั้น จะเห็นได้ว่าจะมีความเกี่ยวข้องกับสองอย่างคือ รายรับ และต้นทุน รายรับ (Revenue, R) โดยปกติแล้วจะแปรผันตรงกับจำนวนหน่วยที่ผลิต หรือขาย ดังนั้น ถ้ากำหนดให้ P คือราคาขายต่อหน่วย q คือ ปริมาณการขาย จะได้

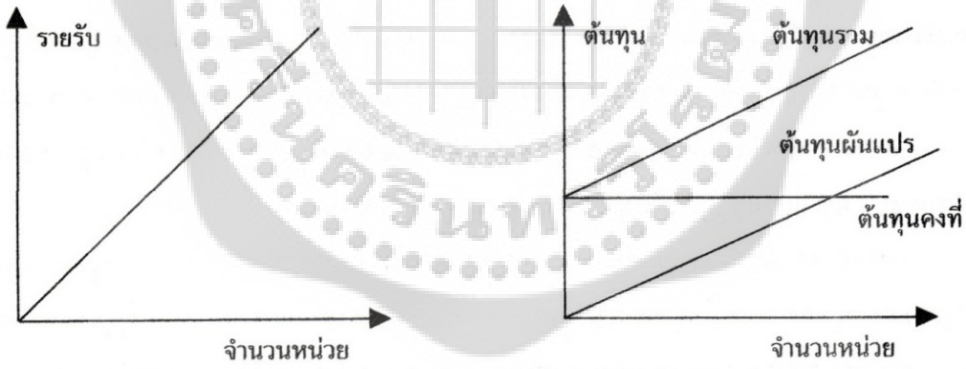
$$R = P \times q$$

ในขณะที่ต้นทุนนั้นจะสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร โดยต้นทุนคงที่ (Fixed Cost , FC) หมายถึงต้นทุนที่ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต และต้นทุนผันแปร (Variable Cost , VC) คือ ต้นทุนที่ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยที่ผลิต ดังนั้น ถ้าทำการผลิตมากก็จะเสียต้นทุนประเภทนี้มาก ถ้าทำการผลิตน้อยจะเสียต้นทุนประเภทนี้น้อย เช่น ค่าแรงทางตรง ค่าวัตถุดิบทางตรง ค่าการตลาด ถ้า v คือต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะได้

$$VC = v \times q$$

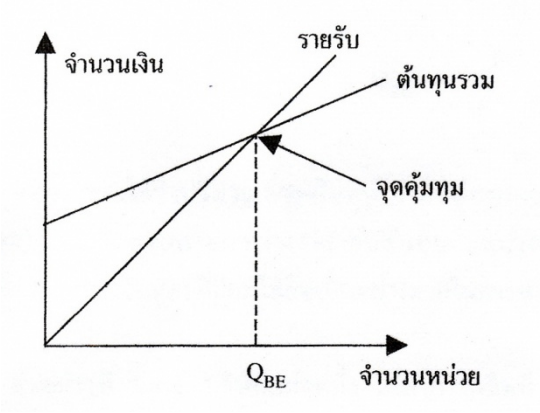
ในการพิจารณาในด้านต้นทุนนี้ เราต้องนำทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรมารวมกันซึ่งเรียกว่าต้นทุนรวม (Total Cost , TC) ซึ่งเขียนในสมการได้ดังนี้

$$TC = FC + v \times q$$



ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ของรายรับ และต้นทุนทั้ง 3 ประเภทกับจำนวนหน่วย

ที่มา จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.(2552: 191)



ภาพประกอบ 4 จุดคุ้มทุนและปริมาณที่จุดคุ้มทุน

ที่มา จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.(2552: 192)

จากภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ของรายรับและต้นทุนทั้ง 3 ประเภท กับจำนวนหน่วย และเมื่อนำภาพประกอบทั้งสองมารวมกัน จะได้ภาพประกอบ 4 ซึ่งความหมายของจุดคุ้มทุนที่รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดีทำให้จุดคุ้มทุนคือจุดที่เส้นกราฟราบรับและเส้นกราฟต้นทุนตัดกัน และปริมาณที่จุดคุ้มทุนคือเส้นที่ลากกลางมายังจุดคุ้มทุนมาตัดที่แกน X

จากภาพประกอบจะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิต เท่ากับ Q_{BE}รายรับจะมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดีนั้นก็คือไม่ได้กำไรและไม่ขาดทุน แต่ถ้าเลื่อนปริมาณการผลิตมาทางด้านซ้าย จะพบว่า ต้นทุนมีค่ามากกว่ารายรับ นั้นก็หมายถึง การขาดทุน โดยการขาดทุนจะเท่ากับผลต่างระหว่างต้นทุนกับรายรับ ในทางตรงกันข้าม ถ้าเลื่อนปริมาณการผลิตไปทางขวา จะพบว่า รายรับมีค่ามากกว่าต้นทุน นั้นหมายถึง กำไร โดยกำไรจะเท่ากับผลต่างระหว่างรายรับและต้นทุนนั้นเอง ดังนั้น สามารถกล่าวโดยสรุปว่า ถ้าปริมาณการผลิตมีค่าน้อยกว่าปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนแล้ว กิจการจะประสบกับการขาดทุน ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณการผลิตมีค่ามากกว่าปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุนแล้ว กิจการจะได้รับกำไรจากการดำเนินงาน

อนึ่ง จากภาพประกอบที่ 3 และ 4 จะเห็นได้ว่าเส้นรายรับและเส้นต้นทุนนั้นมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว เส้นทั้งสองไม่จำเป็นต้องอยู่ในลักษณะเส้นตรง และในทางกรณีที่เส้นทั้งสองไม่ใช้เส้นตรงอาจทำให้จุดคุ้มทุนมีจำนวนมากกว่าหนึ่งจุดก็เป็นได้

5.2 ระยะเวลาคืนทุน (Payblack Period) คือ ระยะเวลาที่ทำให้ได้เงินทุนคืนพอดี หรือระยะเวลาที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ซึ่งมีหน่วยเป็นช่วงเวลา และมักมีหน่วยเป็นปีจากสมการ จะได้

ระยะเวลาคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / ต้นทุนผันแปร

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

สมศักดิ์ ทองคำธรรมชาติ. (2547: บทคัดย่อ) ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกหมากซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1500×2500×2000 มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 แรงม้าเป็นเครื่องต้นกำลัง ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ ก) ชุดโซ่ลำเลียง กว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 1100 มิลลิเมตร สำหรับชุดล่าง และยาว 880 มิลลิเมตร สำหรับชุดบน ข) ชุดปอกเปลือก ค) ชุดตะแกรงโยก ง) ชุดพัดลมทำความสะอาด จ) ชุดสายพานลำเลียง ซึ่งส่วนประกอบหลักที่สำคัญที่ทำหน้าที่ในการปอกเปลือกหมากได้แก่ชุดโซ่ลำเลียงทำหน้าที่บีบเปลือกชั้นในของหมากแห้งให้แตกและหนีบหมากแห้งให้แน่นลำเลียงผ่านชุดปอกเปลือก และชุดปอกเปลือกทำหน้าที่ฉีกเปลือกหมาก ในการปฏิบัติงานใช้แรงงาน 2 คน โดยให้ผู้ปฏิบัติงานคนที่หนึ่งป้อนหมากแห้งเข้าเครื่อง ส่วนอีกคนเปลี่ยนกระสอบบรรจุเม็ดหมากแห้ง ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปอกเปลือกหมากต้นแบบ Factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ระยะห่างชุดปอกเปลือก และระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียง โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 3 ระดับ พบว่าการลดระยะห่างชุดปอกเปลือกและระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียงมีผลให้อัตราการปอกเปลือกและเปอร์เซ็นต์เม็ดดีแตกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาอิทธิพลรวมระหว่างทั้งสองปัจจัย พบว่าระยะห่างชุดปอกเปลือก 26 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างโซ่ลำเลียง 27 มิลลิเมตร เหมาะสมที่ใช้ในการทำงานจริง โดยที่ระยะดังกล่าว ได้อัตราการปอกเปลือกสูงสุดเท่ากับ 59.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และใช้แรงงาน 2 คน จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่าค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ 0.86 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อทำงานปีละ 120 วัน จะมีระยะเวลาคืนทุน 0.66 ปี และจุดคุ้มทุนที่ 74.83 ชั่วโมงต่อปี

สุทธิพร เนียมหอม. (2551: บทคัดย่อ) ได้จัดทำงานวิจัยนี้เพื่อที่จะ ก) ศึกษาสมบัติทางกายภาพเชิงกลของผลหมากสงตากแดด ข) พัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง วิธีการศึกษาประกอบด้วย การหาการกระจายความชื้น มิติ น้ำหนักผลหมาก กับเวลาที่ตากแดด และออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผลเครื่องปอกเปลือกหมากแห้งต้นแบบ แนวคิดในการออกแบบเครื่องปอกเปลือกคือ การทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นที่เปลือกหมากแห้งด้วยแรงเสียดทานจลน์ที่เกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามจากแรงกดปกติ ที่กระทำตรงกันข้ามของผลหมาก เครื่องปอกเปลือกหมากแห้งนี้ประกอบด้วย ถังป้อน ชุดปอกเปลือกหมากแห้ง และระบบส่งกำลัง ชุดปอกเปลือกประกอบด้วย ล้อยาง 2 ล้อ วางอยู่บนโครงสร้างเหล็กให้อยู่ใกล้กันและหมุนตามกัน ด้านใต้ของขอบล้อยางทั้งสองจะมีตะแกรงเหล็ก จะเกิดแรงเฉือนและแรงบีบทำให้เปลือกหมากแตกในช่วงล้อยางแรก และแรงเหวี่ยงของล้อแรกจะส่งลงมายังล้อยางที่สองที่ออกแบบให้ทำงานเหมือนกันทำการปอกเปลือกอีกครั้งเพื่อให้เปลือกแตกและแยกออกจากเมล็ดโดยสมบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า ก) ความชื้น มิติ และน้ำหนักผลหมากลดลงกับระยะเวลาตากแดด ซึ่งอธิบายได้ด้วยแบบจำลองรีเกรสชั่น แรงกดแตกของผลหมากและเมล็ดหมากเพิ่มขึ้นกับระยะเวลาตากแดด ข) สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องคือ ใช้แรงดัน 138 กิโลพาสกาล รอบหมุนของล้อยาง 440 รอบต่อนาที และช่องว่าง

ระหว่างตะแกรงกับล้อยาง 15 มิลลิเมตร ค) สภาวะของผลหมากแห้งที่เหมาะสมในการปอกเปลือกคือ มีความชื้น 6.31% มาตรฐานเปียก สมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ได้กำหนดตามปัจจัยที่กล่าวแล้ว สามารถปอกเปลือกผลหมากแห้งแบบคละขนาดได้เมล็ดหมากเต็ม 64.4% มีเมล็ดหมากแตก 15.2% และผลหมากแห้งที่ปอกไม่ออก 20.5% ที่ประสิทธิภาพการผลิต 76.9%

วรพงษ์ ภาราทอง. (2550: บทคัดย่อ) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องผ่าผลหมากสุกด้วยระบบไฟฟ้าและหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องผ่าผลหมากสุก โดยอาศัยพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับไปขับหมุนเพลาขับชุดดันผลหมากสุกเพื่อให้ผ่านใบมีดทำให้ผลหมากถูกผ่าแยกออกเป็นสองส่วน จากการทดลองผลโดยการนำผลหมากสุกมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็นกองละ 20 ผล จำนวน 20 กองทำการผ่าทีละกองและนับจำนวนผลหมากที่ผ่าเข้ากลางพอดี และผลหมากที่ผ่าไม่เข้ากลาง โดยสถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องคือ ค่าร้อยละและการค่าเฉลี่ยของผลหมากสุกที่ผ่าได้ จากผลของการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของการผ่าผลหมากสุกจำนวน 100 เปอร์เซ็นต์ คือผลหมากสุก 20 ผลที่ผ่าเข้ากลางพอดี และผลหมากที่ผ่าไม่เข้ากลางนั้นมีประสิทธิภาพการผ่าต่ำสุด 75 เปอร์เซ็นต์ สูงสุดคือ 90 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยได้ 82.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการผ่าเฉลี่ย 11.735 วินาที และผลของการหาประสิทธิภาพโดยใช้แรงงานคนในจำนวนเท่ากัน จะใช้เวลาในการผ่าเฉลี่ย 131.501 วินาที สำหรับเครื่องผ่าหมากจะใช้เวลาการผ่า 14.082 วินาที ดังนั้นการผ่าผลหมากสุกด้วยเครื่องจะใช้เวลาในการผ่าน้อยกว่าการผ่าโดยใช้แรงงานคน 117.419 วินาที หรือร้อยละ 89.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าการผ่าผลหมากสุกด้วยเครื่องจะใช้เวลาน้อยกว่าและให้ผลผลิตที่สูงกว่าและยังช่วยลดอุบัติเหตุในการผ่าผลหมากสุกจากการใช้แรงงานคน ซึ่งผลที่ได้นั้นตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของการวิจัย

ธนภพ กัลกัตตาวาลา. (2547: บทคัดย่อ) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา การนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจวินิจฉัยระบบการจัดการกระบวนการผลิตน้ำแข็งซองเพื่อหาแนวทางปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงานและลดความสูญเสียปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เช่น วัตถุดิบ แรงงาน เป็นต้น

ศกุนี เครือวัลย์. (2548: บทคัดย่อ) โครงการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า ไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงาน โดยเลือกโรงงานที่ไม่เข้าข่ายโรงงานควบคุมสองประเภท ได้แก่ โรงงานผลไม้อบแห้ง และ โรงงานสิ่งทอประเภทลูกไม้ ทำการศึกษาร่วมกับทีมงานของแต่ละโรงงานเพื่อหามาตรการประหยัดพลังงาน ตามขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่า มีมาตรการที่เหมาะสมและดำเนินการได้ทันทีทั้งสิ้น 6 มาตรการสำหรับโรงงานผลไม้อบแห้งและ 3 มาตรการสำหรับโรงงานสิ่งทอประเภทลูกไม้

สุริยา ทองนวล. (2546: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำระบบลูกกลิ้งและศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำตามมาตรฐานของเจริญโภคภัณฑ์ โดยเครื่องสามารถคัดขนาดกุ้งกุลาดำถูกต้องทั้ง 4 ขนาด เป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 250 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง และมี

ความบอบช้ำอยู่ในระดับต่ำและนอกเหนือจากจุดมุ่งหมายการวิจัยผู้วิจัยได้นำเสนอถึงลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำเพิ่มเติม โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมิน จำนวน 3 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเครื่องกล จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านธุรกิจผู้ค้ากุ้งกุลาดำ จำนวน 2 คน ผลจากการประเมินทางด้านประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี มีความผิดพลาดโดยรวมร้อยละ 0.061 โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1. กุ้งกุลาดำขนาด เอ ไม่มีความผิดพลาดในการคัดขนาดกุ้งกุลาดำ , 2. กุ้งกุลาดำขนาด บี มีความผิดพลาดร้อยละ 0.020 , 3.กุ้งกุลาดำขนาด ซี มีความผิดพลาดร้อยละ 0.24 , 4. กุ้งกุลาดำขนาด ดี มีความผิดพลาดร้อยละ 0.016 ความรวดเร็วในการคัดขนาดกุ้งกุลาดำที่มีน้ำหนักกุ้งกุลาดำ 250 กิโลกรัม สามารถคัดได้เร็วโดยเฉลี่ยรวม 16.33 นาที ถ้าคิดที่ 1 ชั่วโมง เครื่องสามารถคัดขนาดกุ้งกุลาดำได้ 800 กิโลกรัม การประเมินลักษณะทางกายภาพของเครื่องและลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 จึงสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของเครื่องและลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2543: บทคัดย่อ) ได้พัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอดเพื่อเพิ่มผลผลิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดนเน้นความสะอาด รวดเร็วในการปฏิบัติงาน ลดแรงงาน สามารถผลิตขนมทองหยอดได้ครั้งละ 4 ลูก ใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้า เป็นระบบส่งกำลัง กำลังใช้ไฟ 220 โวลต์

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

บาบู(BaBoo. 1981: Abstract) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกหมากแห้ง ซึ่งประกอบด้วย ส่วนใบมีดซึ่งจะทำหน้าที่ เจาะเปลือกหมากลงไปจนถึงเมล็ดหมาก มีการทำงาน โดยถ่ายทอดกำลังจากการใช้เท้าเหยียบบนแป้นเพื่อส่งแรงมายังมีดกรรไกรให้เจาะเข้าไปในเปลือกหมากที่ก้นผล แล้วจึงบิดใบมีดด้านหนึ่งก็จะทำให้เปลือกหลุดออก การทำงานนี้สามารถปอกทีละผล ได้ 60 กิโลกรัมต่อวัน

บาลาซูมบรามาเนียนและปันวา(Balasubramanian and Panwar. 1986: Abstract) ได้ศึกษาหาสมบัติทางกลของหมากแห้งที่สัมพันธ์กับการปอกเปลือก ด้วยวิธีการทดสอบแรงกด แรงกระแทก และแรงเฉือน ในด้านแนวแกนและแนวตั้งฉากกับแกนขั้วของผลหมากแห้ง พบว่าการกดในแนวแกนจะประหยัดพลังงาน 58.1 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการกดในแนวตั้งฉากกับขั้วผล ที่ระยะกดเท่า ๆ กัน และถ้าเป็นการกระแทกและการเฉือนควรจะกระทำในแนวตั้งฉากกับขั้วผลซึ่งจะประหยัดพลังงานถึง 65.1 และ 55.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการกระทำในแนวแกนในระยะกดที่เท่ากัน หมากที่ถูกตากแห้งจนระดับความชื้น 5-6 %wb จะปอกได้ง่าย ประหยัดพลังงานและหลีกเลี่ยงการแตกของเมล็ดหมากได้

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยพบว่า มีงานวิจัยทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง งานวิจัยเครื่องผ่าผลหมากด้วยระบบไฟฟ้า เป็นงานวิจัยที่ผู้วิจัยต้องการศึกษารายละเอียด โดยอาศัยหลักการในการทำงาน มาเป็นแนวทางเพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผู้วิจัยจะนำหลักการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่า มาปรับใช้ในการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก เพื่อลดต้นทุนและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า
2. การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
3. การสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
4. การทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
5. การสร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

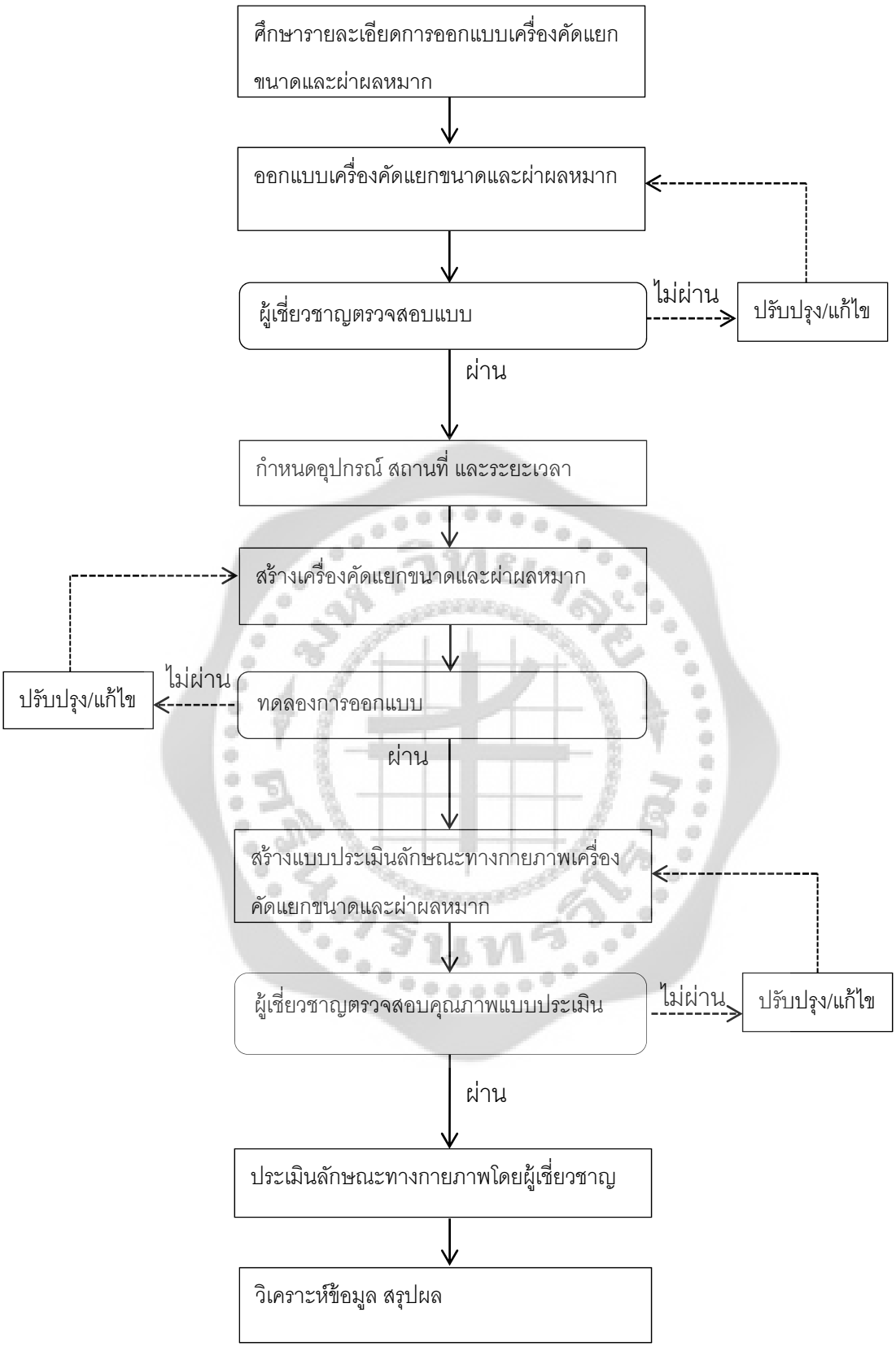
1. แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่า เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยการเสาะหาปัญหาข้อบกพร่อง แล้วนำมาวิเคราะห์และแก้ปัญหา เพื่อมุ่งลดต้นทุน และเพิ่มประโยชน์การใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 4 แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

รายละเอียด	VE	คุณลักษณะ
1. ของเสีย	เพิ่มคุณค่าด้วยการพัฒนาคุณภาพ	ออกแบบชุดคัดแยกเพื่อลดของเสีย
2. แรงงาน	เพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน	ลดการใช้แรงงาน
3. เวลา	เพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มผลผลิต	สามารถผ่าผลหมากได้ครั้งละ 3 ผล

ในระยะเวลาที่ผ่านมา มีงานวิจัยพัฒนา การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าผลหมากเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหลายงานวิจัย ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม หลักการสำคัญในการออกแบบสร้างเครื่องผ่าผลหมากที่มีประสิทธิภาพดีและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ จำเป็นจะต้องออกแบบให้มีคุณสมบัติให้สามารถลดปริมาณของเสีย ลดต้นทุนด้านแรงงาน และเพิ่มกำไรจากการเพิ่มกำลังการผลิต



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

2. การออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

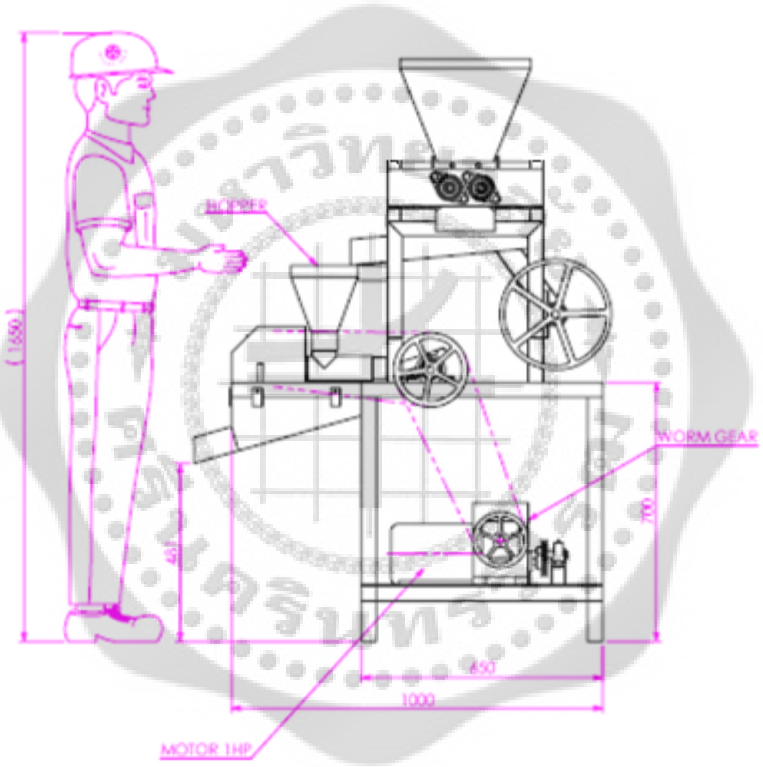
เป็นขั้นการวางแผนและออกแบบการวิจัย โดยเริ่มต้นตั้งแต่การศึกษารายละเอียดองค์ประกอบต่างๆ ที่มีส่วนประกอบของงานวิจัยพร้อมทั้งกำหนดแผนงานระยะเวลาในการวิจัยโดยสรุปมาเป็นข้อๆ ดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ

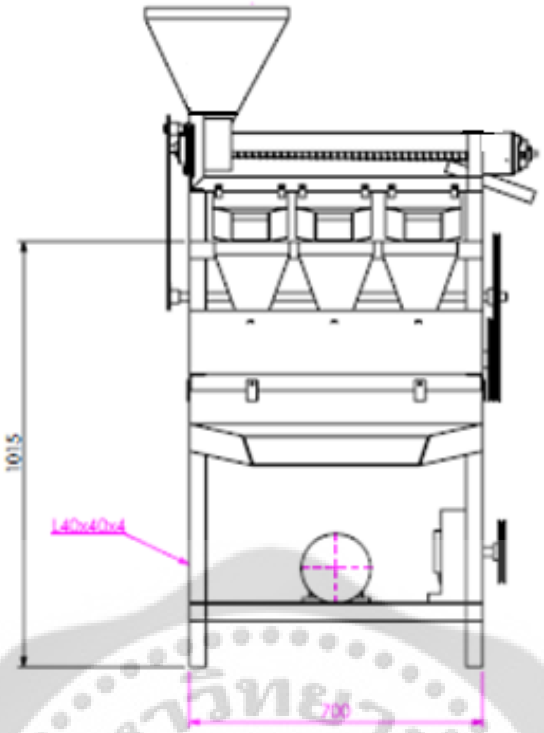
2.1.1 ศึกษาค้นคว้าตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากให้มีประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

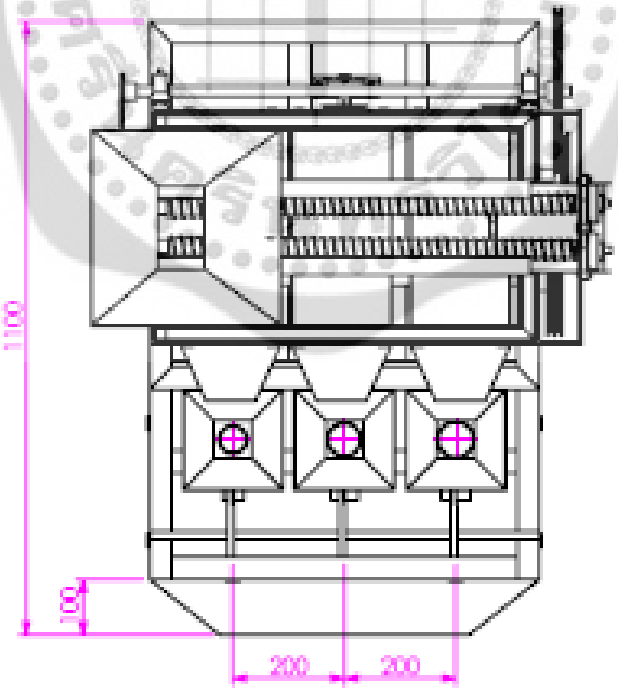
2.2 การออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



ภาพประกอบ 6 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านข้าง
เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



ภาพประกอบ 7 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านหน้าเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



ภาพประกอบ 8 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบด้านบนเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

2.2.1 โครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก กำหนดให้มี ความสูง 165 เซนติเมตร ความกว้าง 70 เซนติเมตร และความยาว 100 เซนติเมตร

2.2.2 ชุดคัดแยก

1) พิกัดบรรจุ ช่องใส่ผลหมาก รองรับการบรรจุได้ในปริมาณ 300 ผล / ครั้ง

2) ความสามารถในการคัดแยกผลหมากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ

ขนาดที่ 1 35 - 40 มม.

ขนาดที่ 2 41 - 50 มม.

ขนาดที่ 3 51 - 55 มม.

2.2.3 ชุดผ่าผลหมาก

1) มีใบมีดผ่าผลหมาก จำนวน 3 ชุด

2) มีอัตราความเร็ว 60 ผล / นาที

ตาราง 5 ขนาดของเส้นผ่ากลางของชุดผ่า ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของผลหมากจำนวน 200 ผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ต่ำกว่า 20 มม.	6 ผล
30-40 มม.	40 ผล
41-45 มม.	44 ผล
46-50 มม.	48 ผล
51-55 มม.	49 ผล
56-60 มม.	4 ผล
61-65 มม.	5 ผล
66-70 มม.	4 ผล

สรุปได้ว่า ขนาดของผลหมากที่พบมาก คือ 51-55 มม. , 46-50 มม. , 41-45 มม. และ 30-40 มม. ผู้วิจัยได้กำหนดให้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีชุดผ่า จำนวน 3 ชุด คือ 40 มม. , 50 มม. และ 55 มม.

2.2.4 ชุดส่งกำลัง ประกอบด้วย มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นตัวต้นกำลังขับ โดยส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังชุดเกียร์ และจากชุดเกียร์ส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังเพลาของชุดเฟืองโซ่และเพลาข้อเหวี่ยง

ตาราง 6 อัตราทดความเร็วรอบ มอเตอร์ 1400 rpm

				Ratio		rpm
pulley	Motor out	Ø	80			1400
	Gear in	Ø	80	1:1		
Gear				1:80	0.0125	17.5
	Gear out	Ø	150			
	Cam shaft in	Ø	200	1:1.3	0.625	10.9375
	Cam shaft out	Ø	200			
	Spocket shaft in	Ø	300	1:1.5	0.666666667	7.291667
	Spocket shaft out	Ø	30			
	Drive shaft in	Ø	22	1.36:1	1.363636364	
						9.943

2.3 กำหนดระยะเวลา และสถานที่ในการสร้าง

2.3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผู้วิจัยได้ใช้เวลาทั้งหมด 3 เดือน

2.3.2 สถานที่ใช้ในการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้ง ผู้วิจัยได้ใช้โรงฝึกงานสาขาอุตสาหกรรมศึกษา ตึก 14 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถนน สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพ ฯ

3. การสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ในการขั้นตอนการสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากนั้น ผู้วิจัยได้วางแผนการสร้างและออกแบบไว้ในขั้นตอนการออกแบบ โดยสามารถแยกเป็นรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 นำเหล็กฉากมาประกอบสร้างโครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยโครงสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก มีขนาดความสูง 165 เซนติเมตร ความกว้าง 70 เซนติเมตร และความยาว 100 เซนติเมตร

3.2 ทำการติดตั้งชุดส่งกำลัง ประกอบด้วย มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า เกียร์ทด และพู่เล่สายพาน

3.3 สร้างชุดคัดแยกขนาด และติดตั้งชุดเฟืองโซ่ และเพลาเกลียว โดยเพลาเกลียวมีความยาวเท่ากับ 73 ซม.

3.4 สร้างชุดดันผลหมากและติดตั้งใบมีดผ่าผลหมาก จำนวน 3 ชุด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางชุดดันผลหมาก 3 ขนาด คือ 40 มม. 50 มม. และ 55 มม.

4. การทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ศึกษาวิธีควบคุมการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากอย่างละเอียดเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างการทดลอง และเริ่มทดลองการทำงานดังนี้

4.1 ทดลองการเปิด – ปิด ปุ่มสวิตซ์ควบคุมการเดินเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

4.2 ทดลองการทำงานของส่วนต่าง ๆ ได้แก่ การทำงานของชุดส่งกำลัง การทำงานของชุดคัดแยกขนาด และการทำงานของชุดผ่า

4.3 สังเกตการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

4.5 ตรวจสอบสภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก จะต้องอยู่ในสภาพดีและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

4.6 ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ทำการตรวจสอบ และสังเกตการทำงานของเครื่องตลอดเวลาที่ใช้งานและก่อนใช้งาน

5. การสร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

การสร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ ได้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน และด้านความปลอดภัย และให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมิน โดยการวิจัยครั้งนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินทั้งหมด 5 ท่าน เพื่อนำผลการประเมินนั้นมาแปลความหมายและหาค่าเฉลี่ยในระดับต่อไป

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1. ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินด้านวิศวกรรม

ตอนที่ 2. ข้อคำถามในการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

ตอนที่ 3. ข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

โดยกำหนดคะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับคือ

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินโดยหลักการทางสถิติ คือ นำค่าคะแนนหรือการประเมินที่เป็นข้อมูลทางการคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาพิจารณาค่าเฉลี่ยต่าง ๆ

6.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1.1 คะแนนเฉลี่ย (Mean)

หมายถึง ค่าคะแนนตัวหนึ่งซึ่งเกิดจากการเอาค่าคะแนนทุกตัวมารวมกัน และหารด้วยจำนวนของคะแนนทั้งหมด ค่าคะแนนเฉลี่ยถือเป็นคะแนนตัวแทนของกลุ่มนั้น

ค่าคะแนนตัวแทนหรือตัวกลางแบบนี้มีทั้งส่วนดีและส่วนเสีย จะแปลได้ก็ต่อเนื่องข้อมูลแต่ละตัวแตกต่างกันไม่มากนัก กรณีข้อมูลค่าน้อย ๆ แล้วไปมีค่าโด่งมากกว่าเพื่อน คะแนนตัวแทนก็จะกลายเป็นจุดคะแนนค่าโด่งตัวนั้น กรณีนี้อาจหาคะแนนตัวกลางโดยวิธีมัธยฐานจะมีความหมายว่า

การหาค่าคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนยังไม่แจกแจงความถี่ การหาแบบนี้ใช้กรณีคะแนน หรือจำนวนข้อมูลมีน้อย หาได้โดยสูตร(ล้วน สายยศ , อังคณา สายยศ. 2538. หน้า 73)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนของผู้ประเมิน

6.1.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

เป็นการวัดการกระจาย มองในรูปเส้นตรงมีทิศทาง เกิดได้จากการถอดรากที่สองของความแปรปรวนนั้นเอง มักใช้สัญลักษณ์ S ดังแสดงในสูตรว่า(ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538. : 79)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละข้อ

n แทน จำนวนทั้งหมดของผู้ตอบแบบสอบถาม

6.1.3 หาค่า t-test โดยใช้สมการ

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_o}{\frac{SD}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

μ_o แทน ค่าเกณฑ์มาตรฐาน

SD แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนประชากร

โดยมี d_f = n – 1

6.1.4 กำหนดเกณฑ์ระดับคะแนน

กำหนดเกณฑ์ในการแปลข้อมูลความหมายข้อมูลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

ค่าคะแนนเฉลี่ย

4.51-5.00 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

3.51-4.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

2.51-3.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

1.51-2.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

1.00-1.50 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

6.1.5 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรง

การนำแบบประเมินที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน และตรวจสอบแก้ไข แล้วนำแบบประเมินที่ได้ปรับปรุงแก้ไขให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก กับ ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ว่าเที่ยงตรงหรือไม่ โดยหาค่าดัชนีความเที่ยงตรง IOC :) ซึ่งมีการให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด)

+1=เที่ยงตรง หรือแน่ใจว่าองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ มีความเที่ยงตรงกัน

0 = ไม่แน่ใจ ว่าองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ ไม่ชัดเจนที่บอกได้ว่ามีความเที่ยงตรงกัน

-1 = ไม่เที่ยงตรง หรือองค์ประกอบที่เขียนไว้ตามรายการประเมินข้อนั้น ๆ ไม่มีความเที่ยงตรงกัน

ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อไปหาดัชนีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและดัชนีความเที่ยงตรง (IOC) ระหว่างกับ ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน และความคิดเห็นของผู้บริโภค กับจุดประสงค์โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{IOC} = \frac{\Sigma R}{\text{n}}$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความเที่ยงตรงระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

ΣR = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

n = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยการแปลความคือ ถ้า IOC > = 0.5 แสดงว่าความคิดเห็นของผู้ใช้งานและความคิดเห็นของผู้บริโภคนั้นวัดวัตถุประสงค์ข้อนั้นจริง

ถ้า IOC > = 0.5 แสดงว่ากับ ความคิดเห็นของผู้ใช้งานและความคิดเห็นของผู้บริโภคนั้นไม่วัดวัตถุประสงค์ข้อนั้น

6.2 คำนวณจุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

6.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payblack Period) คือ ระยะเวลาที่ทำให้ได้เงินทุนคืนพอดี หรือระยะเวลาที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับต้นทุนพอดี ซึ่งมีหน่วยเป็นช่วงเวลา และมักมีหน่วยเป็นปีจากสมการที่จะได้

ระยะเวลาคืนทุน = ต้นทุนคงที่ / ต้นทุนผันแปร

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้การเปรียบเทียบการผ่าผลหมากแห้งด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้ง กับ การผ่าผลหมากแห้งด้วยแรงงานคน ดังนั้นในส่วนของการคิดคำนวณระยะเวลาในการคืนทุนจะใช้วิธีคำนวณผลต่างของกำไรที่ได้รับต่อปี ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน} = \frac{\text{ต้นทุนเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก}}{\text{ผลต่างกำไรจากการผ่าผลหมากด้วยแรงงานคน}}$$

$$= \frac{\text{ต้นทุนเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก}}{\text{กำไรการผลิตด้วยเครื่องต่อปี-กำไรการผลิตด้วยแรงงานคนต่อปี}}$$

6.3 การวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE)

6.3.1 “Availability %” (อัตราการเดินเครื่อง) คือความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน ระยะเวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime loss) มีสาเหตุมาจากเครื่องจักรขัดข้อง (Breakdowns) การปรับแต่งเครื่องจักร (Setup, Adjustments) หรือการจัดการกระบวนการการทำงานที่ไม่ดี (Management

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาที่เครื่องจักรเดินจริง}}{\text{เวลาที่ต้องการทำงาน}}$$

6.3.2 “Performance %” (ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง) คือสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรการสูญเสียประสิทธิภาพ (Performance loss) มีสาเหตุมาจากการหยุดเล็กน้อย การเดินเครื่องตัวเปล่า (Minor Stoppage and Idling Losses) และการสูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses)

$$\text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} = \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}}$$

6.3.3 Quality %” (อัตราคุณภาพ) คือความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรการสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียเนื่องจากชิ้นงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start up Loss)

$$\text{อัตราคุณภาพ} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดี}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}}$$

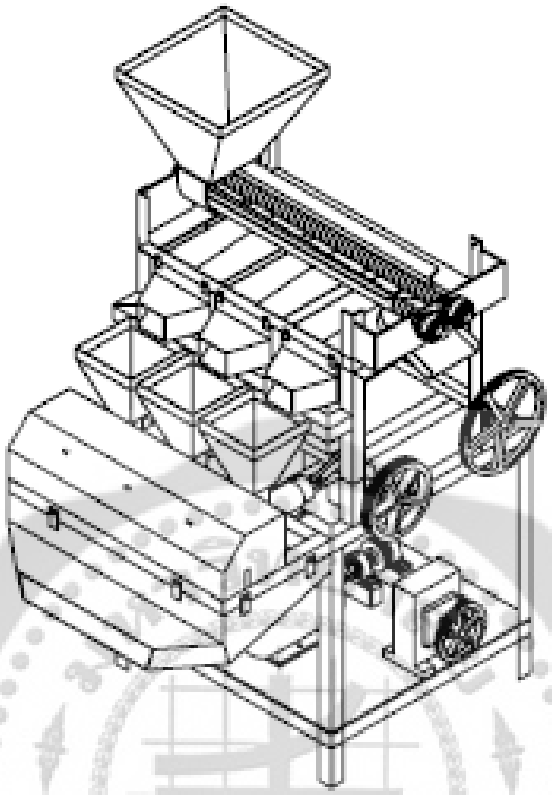
ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness : OEE) คือค่าที่ได้จากผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพ ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่าเป็นอย่างไร การเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียมากน้อยเท่าไร(FactoryTalk Matrics. ออนไลน์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการออกแบบสร้างและทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
2. ผลการทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
3. ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของผู้เชี่ยวชาญ
4. ผลการวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า
5. ผลการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
6. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



ภาพประกอบ 9 แบบภาพโครงสร้างและส่วนประกอบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

2.1 เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก มีขนาดโครงสร้าง ความสูง 165 เซนติเมตร ความกว้าง 70 เซนติเมตร และความยาว 100 เซนติเมตร

2.2 ช่องใส่ผลหมาก รองรับผลหมากได้ 300 ผล / ครั้ง

2.3 เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากสามารถคัดแยกขนาดได้ 3 ขนาด ขนาดที่ 1 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 35 - 40 มม. ขนาดที่ 2 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 41 - 50 มม. และขนาดที่ 3 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 51 - 55 มม. โดยเพลาเกลียวจะทำหน้าที่ลำเลียงผลหมาก เมื่อถึงจุดที่ผลหมากสามารถผ่านไปได้ ผลหมากจะตกลงไปยังชุดผ่าตามขนาดอย่างถูกต้อง

2.4 เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีชุดผ่า จำนวน 3 ชุด เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 40 มม. 50 มม. และ 55 มม.

2.5 เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นตัวต้นกำลังขับ โดยส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังชุดเกียร์ และจากชุดเกียร์ส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังเพลาของชุดเฟืองโซ่และเพลาข้อเหวี่ยง

2. ผลการทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ผลการทดลองการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ใช้ผลหมากแก่และสุกเป็นวัตถุดิบในการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง วันที่ 23 กันยายน 2556 ใช้ผลหมากแก่และสุกมีลักษณะรูปทรงค่อนข้างกลม (เปลือกสีเขียว,สีเหลือง,ส้ม) จำนวน 607 ผล ทำการทดลอง 10 ครั้ง พบว่า เวลา 1 นาที ผ่าผลหมากได้เฉลี่ย 60.7 ผล ผ่าไม่เข้ากลางเฉลี่ย 2.9 ผล คิดเป็น 95 % ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการทดลองผ่าผลหมากด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ครั้งที่	เวลาที่ใช้	ผ่าได้	ผ่าไม่เข้ากลาง
1	1 นาที	57 ผล	2 ผล
2	1 นาที	62 ผล	2 ผล
3	1 นาที	59 ผล	3 ผล
4	1 นาที	61 ผล	2 ผล
5	1 นาที	64 ผล	5 ผล
6	1 นาที	59 ผล	2 ผล
7	1 นาที	61 ผล	6 ผล
8	1 นาที	60 ผล	0 ผล
9	1 นาที	61 ผล	3 ผล
10	1 นาที	63 ผล	4 ผล
ค่าเฉลี่ย	1 นาที	60.7 ผล	2.9 ผล

3. ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้ง โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ที่มีความรู้ ความสามารถด้านวิศวกรรม และได้แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง ดังต่อไปนี้

ตาราง 8 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	S.D	**แปลความหมาย**
1. ด้านประสิทธิภาพ	4.48	0.48	ดี
2. ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน	4.5	0.49	ดี
3. ด้านความปลอดภัย	4.16	0.62	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.38	0.53	ดี

จากตารางที่ 8 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย พบว่าเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 8 พบว่าด้านที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งานมีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 และด้านที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือด้านความปลอดภัย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพแยกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านประสิทธิภาพ (2) ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน (3) ด้านความปลอดภัย มีผลประเมินแสดงในตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ดังตาราง 10, 11 , 12)

3.1 ด้านประสิทธิภาพ

ตาราง 9 ด้านประสิทธิภาพ

1. ด้านประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
1.1 สามารถป้อนผลหมากเข้าเครื่องได้เป็นจำนวนมากในครั้งเดียว	4.2	0.45	ดี
1.2 มีชุดอุปกรณ์คัดแยกผลหมากได้ 3 ขนาด	4.6	0.55	ดีมาก
1.3 มีชุดผ่าผลหมากได้พร้อมกัน 3 ผล ในเวลาเดียวกัน	4.4	0.55	ดี
1.4 ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากได้เป็นสองซีก	4.8	0.45	ดีมาก
1.5 มีการออกแบบให้ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากที่ตำแหน่งกึ่งกลางผล	4.2	0.45	ดี
1.6 มีอัตราความเร็วที่สามารถผ่าผลหมากได้อย่างต่อเนื่อง	4.2	0.45	ดี
1.7 มีอัตราการผลิตได้ในปริมาณการผลผลิต ทันต่อความต้องการของตลาด	4.6	0.55	ดีมาก
1.8 วัสดุอุปกรณ์ประกอบในการซ่อมบำรุงหาซื้อได้ง่าย	4.8	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.48	0.48	ดี

จากตารางที่ 9 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 9 พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดมี 2 ข้อ คือ 1.4 ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากได้เป็นสองซีก และ 1.8 วัสดุอุปกรณ์ประกอบในการซ่อมบำรุงหาซื้อได้ง่าย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดมี 2 ข้อ คือ 1.1 สามารถป้อนผลหมากเข้าเครื่องได้เป็นจำนวนมากในครั้งเดียว และ 1.6 มีอัตราความเร็วที่สามารถผ่าผลหมากแห้งได้อย่างต่อเนื่อง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

3.2 ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน

ตาราง 10 ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน

2. ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
2.1 เพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางด้านราคา	4.2	0.45	ดี
2.2 เพิ่มปริมาณผลผลิต ประหยัดเวลา	4.8	0.45	ดีมาก
2.3 เพิ่มพื้นที่ใช้สอย จากการลดพื้นที่โรงเก็บวัตถุดิบก่อนการผลิต	4.4	0.55	ดี
2.4 เพิ่มผลกำไร โดยประหยัดค่าใช้จ่ายแรงงาน	4.8	0.45	ดีมาก
2.5 ลดความเสี่ยงจากสภาวะขาดแคลนแรงงาน	4.2	0.45	ดี
2.6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยรวมเหมาะสม	4.2	0.45	ดี
2.7 ระยะเวลาคืนทุนสั้น	4.4	0.55	ดี
2.8 ส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้จากผลผลิตเพิ่มมากขึ้น	4.6	0.55	ดีมาก
2.9 บูรณาการในการนำเทคโนโลยีมาใช้ตอบสนองกับกลุ่มชุมชนเกษตรกร	4.8	0.45	ดีมาก
2.10 เป็นเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้งานได้ด้วยตนเอง	4.6	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.5	0.49	ดี

จากตารางที่ 10 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 11 พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดมี 3 ข้อคือ 2.2 เพิ่มปริมาณผลผลิต ประหยัดเวลา 2.4 เพิ่มผลกำไร โดยประหยัดค่าใช้จ่ายแรงงาน2.9 บูรณาการในการนำเทคโนโลยีมาใช้ตอบสนองกับกลุ่มชุมชนเกษตรกร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.8 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดมี 3 ข้อ คือ 2.1 เพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางด้านราคา 2.5 ลดความเสี่ยงจากสภาวะขาดแคลนแรงงาน และ 2.6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยรวมเหมาะสม ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

3.3 ด้านความปลอดภัย

ตาราง 11 ด้านความปลอดภัย

3. ด้านความปลอดภัย	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
3.1 โครงสร้างทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานไม่แตกหักง่าย	4.6	0.55	ดีมาก
3.2 วัสดุส่วนประกอบในการยึดเหนี่ยวโครงสร้างอุปกรณ์มีความแข็งแรง	4.4	0.55	ดี
3.3 มีฐานวางโครงสร้างเครื่องฯ แข็งแรงทนทาน	4.6	0.55	ดีมาก
3.4 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากคมมีดผ่าผลหมาก	4	0.71	ดี
3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากไฟฟ้าลัดวงจร	3.8	0.84	ดี
3.6 มีอุปกรณ์ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากการทำงาน	4	0.71	ดี
3.7 ไม่มีชิ้นส่วนที่ก่อให้เกิดเสียงรบกวนเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้	4.2	0.84	ดี
3.8 เครื่องจักรทำงานด้วยตัวเอง ปราศจากการสัมผัสจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	3.2	0.45	พอใช้
3.9 บำรุงรักษาง่าย	4.6	0.55	ดีมาก
3.10 สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานในภาพรวมได้	4.2	0.45	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.16	0.62	ดี

จากตารางที่ 11 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 11 พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด 3 ข้อ คือ 3.1 โครงสร้างทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานไม่แตกหักง่าย 3.3 มีฐานวางโครงสร้างเครื่องฯ แข็งแรงทนทาน 3.9 บำรุงรักษาง่าย การประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 และข้อที่มีระดับคะแนน

ต่ำสุดคือ 3.8 เครื่องจักรทำงานด้วยตัวเอง ปราศจากการสัมผัสจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

4. ผลการวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

ตาราง 12 การวิเคราะห์แนวคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

หลักการของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)	แรงงานคน(แบบเดิม)	เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก(พัฒนาขึ้นใหม่)
1. เพิ่มคุณค่าด้วยการพัฒนาคุณภาพ		
- ผ่าผลหมากเข้ากลางผล	30 ผล	58 ผล
2. เพิ่มคุณค่าด้วยการลดต้นทุน		
- จำนวนแรงงาน	3 คน	1 คน
- ค่าแรงงาน	300 บาท/คน	300 บาท/คน
3. เพิ่มคุณค่าด้วยการเพิ่มผลผลิต		
- เวลาการทำงาน	1 นาที	1 นาที
- อัตราความเร็วในการผลิต	30 ผล	61 ผล

จากตารางที่ 12 พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากสามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลิตได้ จากเดิมใช้แรงงาน 3 คน ผ่าได้ 30 ผล/นาที(อ้างอิงจากตารางที่ 18) ค่าแรง 900 บาท/วัน เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากใช้ แรงงาน 1 คน ผ่าได้ 61 ผล/นาที(อ้างอิงจากตารางที่ 7) ค่าแรง 300 บาท/วัน สรุปได้ว่า เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน 600 บาท และผลิตได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 31 ผล/วัน

5. ผลการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

5.1 การวัดอัตราการเดินเครื่อง (Availability) กำหนดให้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีเวลาการทำงานทั้งหมดวันละ 480 นาที ในช่วง 1 วัน เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีเวลาหยุดตามแผน 15 นาที

เวลารับภาระงาน = 480 – 15

= 465 นาที

อัตราการเดินเครื่อง = $\frac{465}{480}$

= 0.96875

= 96.88 %

5.2 ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance) กำหนดให้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีเวลาการทำงาน 465 นาที ในช่วง 1 วัน

ค่ารอบเวลามาตรฐาน = $\frac{465-15}{465}$

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = $\frac{450}{465}$

= 0.96774

= 96.78 %

5.3 อัตราคุณภาพ (Quality) กำหนดให้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากสามารผ่าผลหมากได้ 607 ผล และมีผลหมากที่ผ่าไม่เข้ากลาง 29 ผล/นาที

จำนวนผลหมากที่ผ่าไม่เข้ากลาง = $\frac{607-29}{607}$

อัตราคุณภาพ = $\frac{578}{607}$

= 0.95222

= 95.22 %

การวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก พบว่า อัตราการเดินเครื่อง = 96.88 % ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง = 96.78 % และอัตราคุณภาพ = 95.22 %

ดังนั้นประสิทธิโดยรวมของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากเท่ากับ OEE = 96.88 x 96.78 x 95.22 = 89.28 %

6. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผ่าผลหมาก โดยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก นั้นจะเป็นการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน แม้ว่าจะเป็นการลงทุนสูงในครั้งแรก แต่ค่าใช้จ่ายในด้านค่าแรงลดลง ปลอดภัยต่อการใช้งาน ในการคิดจุดคุ้มทุนของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากกับการผ่าด้วยแรงงาน

การแสดงรายละเอียดทางด้านการเงินของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

โครงสร้าง	15,000	บาท
มอเตอร์	5,500	บาท
เกียร์ทด	7,500	บาท
ชุดคัดแยกขนาด	12,000	บาท
ชุดใบมีดผ่า	10,000	บาท
ค่าแรง	13,000	บาท
รวม	**63,000**	บาท

5.1 การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่มีผลประโยชน์จากการดำเนินงานเท่ากับค่าใช้จ่ายในครั้งแรกหรือต้นทุน เกณฑ์การพิจารณาคือ ระยะคืนทุนยิ่งสั้นยิ่งเป็นผลดีต่อเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ดังนั้นในการหาต้นทุนค่าใช้ในการผ่าผลหมากด้วยแรงงาน 1 คน ผ่าได้ 4,896 ผล/วัน และ 1 วัน เท่ากับ 8 ชม. เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผ่าได้ 26,010 ผล/วัน และ 1 วัน เท่ากับ 7 ชม. 45 นาที

ตาราง 13 แสดงระยะเวลาคืนทุน

รายการ	**แรงงาน**	**เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก**
ความสามารถในการผลิต	26,010 ผล/วัน	26,010 ผล/วัน
ค่าไฟฟ้า	-	มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า = 746 วัตต์ เวลา 7 ชั่วโมง 45 นาที = 28.68 บาท/วัน
ค่าแรงงาน	26,010/4,896 ผล/วัน = 5.3125 x 300 = 1,593.75 บาท/วัน	1 คน = 300 บาท/วัน
รวมค่าใช้จ่ายในการผ่าผลหมาก/วัน	1,593.75 บาท/วัน	328.68 บาท/วัน
ผลต่างค่าใช้จ่าย	1,593.75 - 328.68 = 1,265.07 บาท/วัน	
ปริมาณการผลิตใน 1 ปี	5,000,000 ผล/ปี	
ค่าใช้จ่ายที่ลดลงต่อปี	5,000,000/26,010 x 1,265.07 = 243,189.16 บาท/ปี	
ระยะเวลาคืนทุน	63,000 / 243,189.16 = 0.3 ปี	

หมายเหตุ : อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4.96 บาทต่อหน่วย

ดังนั้นกำไรสุทธิรวมกับต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 243,189.16 บาท และเงินลงทุนของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก 63,000 บาท ดังนั้นระยะคืนทุนเท่ากับ 63,000 / 243,189.16 = 0.3 ปี

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อช่วยสนับสนุนและส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เพาะปลูกหมาก สามารถพัฒนาวิธีการผลิตหมากแห้งโดยลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

สรุปผล

ผลการทดลองการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ การประเมินประสิทธิภาพในการทำงานและการประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายของงานวิจัย คือ เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่าเพื่อหาประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากและเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การประเมินประสิทธิภาพในการทำงาน ผู้วิจัยได้ทดลองการทำงานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก สรุปได้ว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพในการทำงานผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย จากการทดลองเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ได้ใช้ผลหมากสุกเป็นวัตถุดิบในการทดลองและเก็บข้อมูล

ผลการทดลองการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยใช้ผลหมากแก่และสุกเป็นวัตถุดิบในการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง วันที่ 23 กันยายน 2556 ใช้ผลหมากแก่และสุก (เปลือกสีเขียว,สีเหลือง,ส้ม) 607 ผล ผ่าผลหมากได้ที่จุดกึ่งกลาง จำนวน 60.7 ผล และ คลาดเคลื่อนจากจุดกึ่งกลาง จำนวน 2.9 ผล คิดเป็น 95 %

5.2 การประเมินประเมินลักษณะทางกายภาพ

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน สรุปได้ว่า มีค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย พบว่าเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของงานวิจัย

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพแยกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านประสิทธิภาพ (2) ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน (3) ด้านความปลอดภัย

5.2.1 ด้านประสิทธิภาพ พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48

5.2.2 ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดีมากและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49

5.2.3 ด้านความปลอดภัย พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62

จากผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็น 3 ด้าน พบว่า ด้านที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งานมีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 และด้านที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือด้านความปลอดภัย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.16 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62

อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ คือ (1) เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า (2) เพื่อวัดประสิทธิผลโดยรวม (OEE) เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก (3) เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก พบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน และด้านความปลอดภัย ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย สามารถอภิปรายผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการของเทคนิควิศวกรรมคุณค่า เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยการเสาะหาปัญหาข้อบกพร่อง แล้วนำมาวิเคราะห์และแก้ปัญหา เพื่อมุ่งลดต้นทุน และเพิ่มประโยชน์การใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิชัย ธานี (2533: บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่อง การลดต้นทุนของชิ้นส่วนแผ่นโคลนสำหรับชิ้นส่วนรถยนต์โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า พบว่า สามารถลดราคาขายชิ้นส่วนให้กับลูกค้าลงได้ร้อยละ 5 ตามที่ลูกค้าร้องขอ สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิต จาก 41.49 บาท ต่อชิ้น เหลือ 39.10 บาทต่อชิ้น ลดลง 2.39 บาทต่อชิ้น หรือลดลงร้อยละ 5.76

เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก มีขนาดโครงสร้าง ความสูง 165 เซนติเมตร ความกว้าง 70 เซนติเมตร และความยาว 100 เซนติเมตร สามารถรองรับผลหมากได้ 300 ผล / ครั้ง เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากสามารถคัดแยกขนาดได้ 3 ขนาด ขนาดที่ 1 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 35 - 40 มม. ขนาดที่ 2 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 41 - 50 มม. และขนาดที่ 3 มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ที่ 51 - 55 มม. โดยเพลา

เกลียวจะทำหน้าที่ลำเลียงผลหมาก เมื่อถึงจุดที่ผลหมากสามารถผ่านไปได้ ผลหมากจะตกลงไปยังชุดผ่าตามขนาดอย่างถูกต้อง เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากมีชุดผ่า จำนวน 3 ชุด เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 40 มม. 50 มม. และ 55 มม. ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นตัวต้นกำลังขับ โดยส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังชุดเกียร์ และจากชุดเกียร์ส่งกำลังผ่านพู่เล่สายพานไปยังเพลาของชุดเฟืองโซ่และเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรพงษ์ ภาราทอง (2550: บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องผ่าผลหมากด้วยระบบไฟฟ้า โดยอาศัยพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ขับหมุนเพลาขับชุดดันผลหมากสุกเพื่อให้ผ่านใบมีด ทำให้ผลหมากถูกผ่าแยกออกเป็นสองส่วน

ผลการทดลองการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ใช้ผลหมากแก่และสุก (เปลือกสีเขียว,สีเหลือง,ส้ม) 607 ผล ผ่าผลหมากได้ที่จุดกึ่งกลาง จำนวน 60.7 ผล และ คลาดเคลื่อนจากจุดกึ่งกลาง จำนวน 2.9 ผล การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิผลโดยรวม (OEE) ของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยทำการทดลองให้เครื่องทำการคัดแยกผลหมากออกเป็น 3 ขนาดและให้ใบมีดสามารถผ่าได้ที่จุดกึ่งกลาง พบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 89.28 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุริยา ทองนวล (2546: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำลูกกลิ้ง โดยเครื่องสามารถคัดได้ขนาดกุ้งกุลาดำถูกต้องทั้ง 4 ขนาด เป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 250 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง และมีความบอบช้ำอยู่ในระดับต่ำ

ข้อเสนอแนะ

จากการสังเกตขณะเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากกำลังทำงาน พบว่าในส่วนของเพลาข้อเหวี่ยงควรมีการปรับปรุงแก้ไขเนื่องจากเพลาข้อเหวี่ยงมีการทำงานที่ไม่สมดุลเกิดขึ้น คือมีลักษณะการแอ่นกลางของเพลาจึงเป็นสาเหตุทำให้ความแม่นยำในการดันผลหมากเกิดการคลาดเคลื่อนได้ และทำให้มีเสียงดังเกิดขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะให้มีการเปลี่ยนเพลาข้อเหวี่ยงเป็นเพลาลูกเบี้ยวแทน เพื่อที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก และลดการเกิดเสียงดังได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงพาณิชย์. (2555). **ข้อมูลการส่งออกหมากของประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2556,/ http://www.ops3.moc.go.th/infor/MenuComTH/stru1_export/export_topn_re/report.asp

กรมวิชาการเกษตร.(2009). **หมาก**. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม2556,/จาก http://it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=25

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2530?). **การปลูกหมาก**. (เอกสารวิชาการที่ 35 สำนักหอสมุด วิทยาเขตบางเขต)

คะเนโอะ อะกิยามา. (2541). **ขั้นตอนเชิงปฏิบัติของกิจกรรมวิศวกรรมคุณค่า**. แปลโดย เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

คนอง คลอดเพ็ง. (ม.ป.ป.). **หมาก**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. (เอกสารวิชาการที่ 16 สำนักหอสมุด วิทยาเขตบางเขต)

จำรูญ ตันติพิศาลกุล. (2542). **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2**. กรุงเทพฯ: บริษัท ว. เพ็ชรสกุล จำกัด.

จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์.(2552). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. (2547). **รากฐานของวิศวกรรมคุณค่า แนวคิดในการวิเคราะห์คุณค่าและกระบวนการเชิงปฏิบัติ**. แปลโดย เชี่ยวเวทย์ ยิ้มศิริกุล. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ธีรวัฒน์ ประหยัดทรัพย์. (ม.ป.ป.). **หมากเพื่อการค้า**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร.

ธนเรศ ทิพย์เจริญ. (2548). **การพัฒนาเครื่องย่อยกระดาษ**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ธนภพ กัลกัตตาวาลา. (2547). **การประประยุกต์เทคนิควิศวกรรมคุณค่าเพื่อการประหยัดพลังงานในโรงงานน้ำแข็ง**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

นิพนธ์ ราชวุฒิ. (2555). **การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์**: ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บุญศักดิ์ ใจจงกิจ. (2522). **อนุกรมเครื่องต้นกำลัง 4 มอเตอร์ไฟฟ้า**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักบริการวิชาการและวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ.

ประปา ไทยดอทคอม. (2554). **มอเตอร์ไฟฟ้า**. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2556,/จาก http://202.129.59.73/tn/motor10-52/index.htm

พิชัย. (2555):**ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ**. สืบค้นเมื่อ 11 มกราคม 2556,/จาก http://www.oknation.net/blog/drpichai/2012/01/06/entry-1

พฤษภะ ณ อยุธยา. (2542). **สวนหมาก**. ม.ป.ท. บริษัท แสงปัญญาเลิศ จำกัด.

พรเทพ แก้วเชื้อ. (2555, มกราคม-มิถุนายน). การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการพัฒนาระบบกำจัดฝุ่นของเครื่องเลื่อยไม้. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. 7(1): 36-46.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์; สำลี แสงห้าว; และ สุทิน จิตร์เจริญ. (2536). **ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ: บริษัท ประชาชน จำกัด.

เลิศชัย ระตะนะอาพร. (2550). **การบริหารวิศวกรรมคุณค่า**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาลัยเกษตรศาสตร์.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ.(2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์น

วรพงษ์ ภาราทอง. (2550). **การพัฒนาเครื่องผ่าผลหมากด้วยระบบไฟฟ้า**: วิทยานิพนธ์ อส.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

วริทธ์ อึ้งภากรณ์; ชาญ ถนัดงาน. (2521). **การออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. (2535). **เครื่องกลไฟฟ้า 1 ตอน 2 : มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

สุริยา ทองนวล. (2546). **ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดกุ้งกุลาดำระบบลูกกลิ้ง**: ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมศักดิ์ ทองคำธรรมชาติ. (2547). **เครื่องปอกเปลือกหมาก**: วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเกษตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร

สุทธิพร เนียมหอม. (2551). **การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกหมาก**: วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

สุทัศน์ ยอดเพ็ชร. (2551). **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**: สืบค้นเมื่อ 13 สิงหาคม 2556,/จาก http://www.scribd.com/doc/29271767/%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%B7%E0%B8%ADdesign

สุพัฒน์ ราชณรงค์. (2543). **ระบบพลังงานแสงอาทิตย์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยรามคำแหงhttp://www.ptwit.ac.th/sunetr/images/maintenance/maintenance_2.pdf

หิรักษ์ ควรประดิษฐ์. (2556). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์แบบจานรวมรังสีในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร: ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2540). **วิศวกรรมคุณค่า**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อธิพงศ์ ฤทธิชัย. **แนวคิดเกี่ยวกับสมรรถนะ**. สืบค้นเมื่อ 8 มกราคม 2556,/จาก http://www.jobpub.com/articles/showarticle.asp?id=2213

Baboo, B. (1981). A device for dehuskng arecanut. Journal of Agricultural Engineering.(ISAE).19(1):63-65

Balasubramanian, M.&J.S. Panwar. (1986). Mechanical properties of arecanut (Areca catechu linn) as related to dehusking. J. Agric. Engn(ISE). 23(1): 82-88.

Modal. (2554). **แนวความคิด ทฤษฎีประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน**. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2555,/ จาก http://jeezjaz.blogspot.com/2011/02/blog-post_14.html

Productivity Press Development Team. (2550). **ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร**. แปลโดย พรเทพ เหลือทรัพย์สุข , ยุพา กลอนกลาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ อี.ไอ.สแควร์.

Tanarat. (2009). **ความหมายของ ประสิทธิภาพ(Efficiency)**. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2555,/ จาก http://www.stks.or.th/blog/?p=3719

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อและจดหมายเชิญผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเที่ยงตรงของแบบสอบถามการพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

1. ดร.จันทนา กุญชรรัตน์	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ดร.สุวิมล กฤชคฤหาสน์	อาจารย์ประจำภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อ.โอภาส สุขหวาน	อาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ที่ ศธ 0519.12/1329

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

13 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.จันทนา กุญชรรัตน์

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาจุลสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ชนรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.สิรเดช ชาตินิยม)
รองคณบดีฝ่ายสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิอิต โทรศัพท์ 088-615-0373

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 15664

ที่ ศธ 0519.12//381 **วันที่** 13 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ ดร.สุวิมล กฤษดาทาสน์

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรวัฒน์ และ รองศาสตราจารย์ ณรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(อาจารย์ ดร.สิริเดช ชาตินิยม)
รองคณบดีฝ่ายสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 15664

ที่ ศธ 0519.12/ /380 **วันที่** 13 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์โอภาส อุขหวาน

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ธนวัฒน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินความเที่ยงของแบบสอบถาม

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

(อาจารย์ ดร.สิรเดช ชาตินิยม)
รองคณบดีฝ่ายสารสน.ทศ บัณฑิตวิทยาลัย
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ภาคผนวก ข
สรุปการหาค่าวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

แบบประเมินความเที่ยงตรง
งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

วัตถุประสงค์

แบบประเมินนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินคุณภาพ ด้านความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ของแบบสอบถาม ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า โดยส่วนของเนื้อหาข้อคำถามต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิศวกรรม เพื่อประเมินผลแนวความคิดในการออกแบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า กับจุดมุ่งหมายและขอบเขตของงานวิจัย โดยเนื้อหาในแบบสอบถาม ประกอบด้วย แนวความคิดในการออกแบบ 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน และด้านความปลอดภัย

คำชี้แจง

แบบประเมินความเที่ยงตรงของข้อคำถามงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า ประกอบด้วยชุดคำถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1. ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินด้านวิศวกรรม

ตอนที่ 2. ข้อคำถามในการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

ตอนที่ 3. ข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญให้การพิจารณาความเที่ยงตรงของข้อคำถามงานวิจัย โดยการทำเครื่องหมาย “ √ “ ลงในลงในช่องของคำถามต่าง ๆ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลจากข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence ; IOC) ที่มีเกณฑ์การพิจารณาให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ดังนี้

+1 = เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีจุดประสงค์สอดคล้องกับจุดประสงค์

0 = เมื่อไม่แน่ใจข้อคำถามมีจุดประสงค์สอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่

-1 = เมื่อแน่ใจข้อคำถามมีจุดประสงค์ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินด้านวิศวกรรม

1. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาเอก ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาตรี

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

2. อาชีพปัจจุบัน

☐ ครู-อาจารย์ ☐ นักวิชาการ ☐ เกษตรกร

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

3. ประสบการณ์การทำงาน

☐ ด้านวิศวกรรม ระยะเวลา.....ปี

☐ ด้านการศึกษา ระยะเวลา.....ปี

☐ ด้านการเกษตร ระยะเวลา.....ปี

☐ อื่น ๆ ระบุ ..... ระยะเวลา.....ปี

ตารางที่ 14 ตอนที่ 2 แบบประเมินความเที่ยงตรงของจุดประสงค์/เนื้อหาข้อคำถามในการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

จุดประสงค์/เนื้อหาข้อคำถาม	ผลการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านประสิทธิภาพ			
1.1 สามารถป้อนผลหมากเข้าเครื่องได้เป็นจำนวนมากในครั้งเดียว			
1.2 มีชุดอุปกรณ์คัดแยกผลหมากได้ 3 ขนาด			
1.3 มีชุดผ่าผลหมากได้พร้อมกัน 3 ผล ในเวลาเดียวกัน			
1.4 ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากได้เป็นสองซีก			
1.5 มีการออกแบบให้ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากที่ตำแหน่งกึ่งกลางผล			
1.6 มีอัตราความเร็วที่สามารถผ่าผลหมากได้อย่างต่อเนื่อง			
1.7 มีอัตราการผลิตได้ในปริมาณการผลผลิต ทันต่อความต้องการของตลาด			
1.8 โครงสร้างส่วนประกอบเครื่องฯ ใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน			
1.9 บำรุงรักษาง่ายทุกชิ้นส่วนประกอบ			
1.10 วัสดุอุปกรณ์ประกอบในการซ่อมบำรุงหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น			
2. ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน			
2.1 เพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางด้านราคา			
2.2 เพิ่มผลผลิต ประหยัดเวลา โดยทำการผลิตได้ในจำนวนมากในครั้งเดียว			
2.3 เพิ่มพื้นที่ใช้สอย จากการลดพื้นที่โรงเก็บวัตถุดิบก่อนการผลิต			
2.4 เพิ่มผลกำไร โดยประหยัดค่าใช้จ่ายแรงงาน			
2.5 ลดความเสี่ยงจากสภาวะขาดแคลนแรงงาน			
2.6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยรวมเหมาะสม			
2.7 ระยะเวลาคืนทุนสั้น คุ้มทุนเร็ว			
2.8 ส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้จากผลผลิตเพิ่มมากขึ้น			
2.9 บูรณาการในการนำเทคโนโลยีมาใช้ตอบสนองกับกลุ่มชุมชนเกษตรกร			
2.10 เป็นเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้งานได้ด้วยตนเอง			

จุดประสงค์/เนื้อหาข้อคำถาม	ผลการพิจารณา		
	+1	0	-1
3. **ด้านความปลอดภัย**			
3.1 โครงสร้างทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานไม่แตกหักง่าย			
3.2 วัสดุส่วนประกอบในการยึดเหนี่ยวโครงสร้างอุปกรณ์มีความแข็งแรง			
3.3 มีฐานวางโครงสร้างเครื่องฯ แข็งแรงทนทานไม่โค่นล้มเป็นอันตราย			
3.4 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากคมมีดผ่าผลหมาก			
3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากไฟฟ้าลัดวงจร			
3.6 มีอุปกรณ์ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากการทำงาน			
3.7 ไม่มีชิ้นส่วนที่ก่อให้เกิดเสียงรบกวนเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้			
3.8 เครื่องจักรทำงานด้วยตัวเอง ปราศจากการสัมผัสจากส่วนใดของร่างกาย			
3.9 บำรุงรักษาง่ายไม่ซับซ้อนและเป็นอันตรายต่อการซ่อมแซม			
3.10 สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานในภาพรวมได้			

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

……

……

……

……

……

……

……

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ประเมิน

วันที่...../...../.....

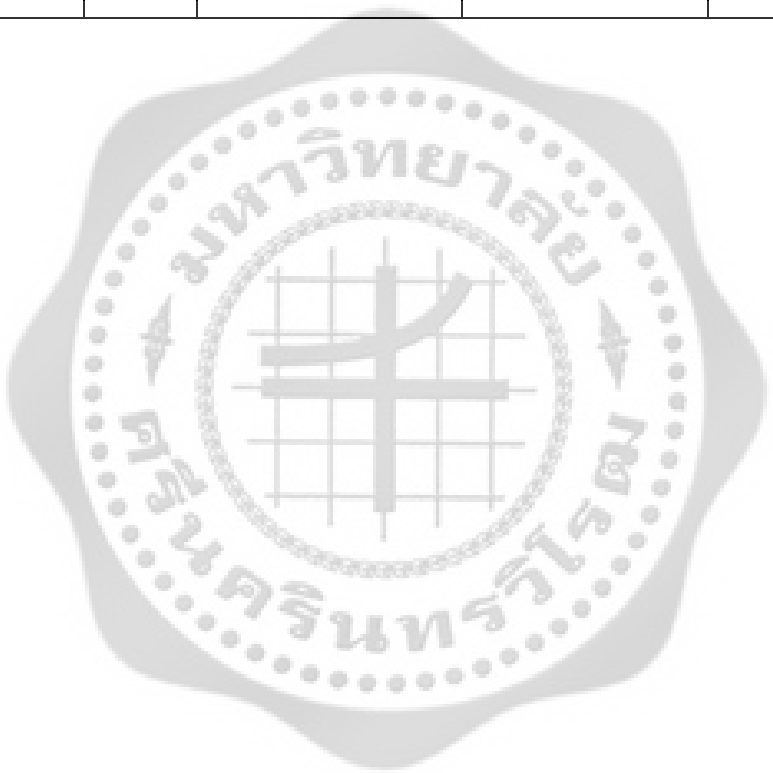
ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 15 การแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

ข้อที่	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวมของคะแนน	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	$\sum R$		
1	+1	+1	-	2	0.67	ใช้ได้
2	+1	-1	-	0	0.00	ตัดทิ้ง
3	+1	-1	-	0	0.00	ตัดทิ้ง
4	+1	-1	-	0	0.00	ตัดทิ้ง
5	+1	-1	-	0	0.00	ตัดทิ้ง
6	+1	+1	-	2	0.67	ใช้ได้
7	+1	0	-	1	0.33	ปรับปรุง
8	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
9	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
10	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
11	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
12	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
13	+1	+1	-1	1	0.33	ปรับปรุง
14	+1	+1	-	2	0.67	ใช้ได้
15	+1	-1	-	0	0.00	ตัดทิ้ง
16	+1	0	-	1	0.33	ปรับปรุง
17	+1	+1	-	2	0.67	ใช้ได้
18	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
19	+1	-1	+1	1	0.33	ปรับปรุง
20	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	คะแนนผู้เชี่ยวชาญ			ผลรวมของคะแนน $\sum R$	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ผลการพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
27	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
28	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้



ภาคผนวก ค

รายชื่อและจดหมายเชิญผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการประเมินลักษณะทางกายภาพของแบบสอบถาม การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

1. นายกำพล ชูพิทักษิน	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ตำแหน่ง ผู้จัดการ สถานที่ทำงาน CPTS INTERTRADING SUPPLY&SERVICE.CO.LTD
2. นายสมโภช แซ่ตั้ง	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ตำแหน่ง Engineer สถานที่ทำงาน บริษัท เดอะอินเกรด
3. นายสมเกียรติ พฤฒิธาดา	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ตำแหน่ง รองผู้จัดการ สถานที่ทำงาน บริษัท อินเตอร์เฟซฟลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
4. นางสาวออมทรัพย์ บุญเลิศ	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ตำแหน่ง Engineer สถานที่ทำงาน บริษัท ชิบาคาวะ (ประเทศไทย) จำกัด
5. นายณัฐวุฒิ พุ่มสงวน	วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี ตำแหน่ง วิศวกรเครื่องกล สถานที่ทำงาน บริษัท ชินรัช ไฟร์เทค จำกัด

ที่ ศธ 0519.12/3 ๑๕๙

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณกำพล ชูพิทักษิณ

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ธนรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ที่ ศธ 0519.12/3559

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณสมโภช แซ่ตั้ง

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลมะยมแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ธนรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ที่ ศธ 0519.12/3560

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณสมเกียรติ พฤฒิธาดา

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิคทิศทางการรวมกลุ่มเส้น" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร บุญชงวัฒน์ และ รองศาสตราจารย์ ธนรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ที่ ศธ 0519.12/3 5 7 6 1

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณออมทรัพย์ บุญเลิศ

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มิอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแข็งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ และ รองศาสตราจารย์ ธนรัตน์ แก้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มิอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ที่ ศธ 0519.12/๒๕๔๒

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณณัฐวุฒิ พุ่มสงวน

เนื่องด้วย นางสาวนัสสรา มีอินทร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า" โดยมี อาจารย์ ดร.ธันพร กุญชรวัฒน์ และ รองศาสตราจารย์ธนรัตน์ แต้วัฒนา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางสาวนัสสรา มีอินทร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 088-615-0373

ภาคผนวก ง
แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ
เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

คำชี้แจง แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1. ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินด้านวิศวกรรม

ตอนที่ 2. ข้อคำถามในการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

ตอนที่ 3. ข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพชุดนี้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพ ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน และด้านความปลอดภัย โปรดทำเครื่องหมาย " √ " ลงในช่องระดับคะแนนของแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

โดยกำหนดระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

1. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาเอก ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาตรี

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

2. อาชีพปัจจุบัน

☐ ครู-อาจารย์ ☐ นักวิชาการ ☐ เกษตรกร ☐ วิศวกร

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

3. ประสบการณ์การทำงาน

☐ ด้านวิศวกรรม ระยะเวลา.....ปี

☐ ด้านการศึกษา ระยะเวลา.....ปี

☐ ด้านการเกษตร ระยะเวลา.....ปี

☐ อื่น ๆ ระบุ ..... ระยะเวลา.....ปี

ตารางที่ 16 ตอนที่ 2 แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

รายละเอียดแบบประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
1. **ด้านประสิทธิภาพ**					
1.1 สามารถป้อนผลหมากเข้าเครื่องได้เป็นจำนวนมากในครั้งเดียว					
1.2 มีชุดอุปกรณ์คัดแยกผลหมากได้ 3 ขนาด					
1.3 มีชุดผ่าผลหมากได้พร้อมกัน 3 ผล ในเวลาเดียวกัน					
1.4 ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากได้เป็นสองซีก					
1.5 มีการออกแบบให้ชุดผ่าสามารถผ่าผลหมากที่ตำแหน่ง กึ่งกลางผล					
1.6 มีอัตราความเร็วที่สามารถผ่าผลหมากได้อย่างต่อเนื่อง					
1.7 มีอัตราการผลิตได้ในปริมาณการผลผลิต ทันต่อความต้องการของตลาด					
1.8 วัสดุอุปกรณ์ประกอบในการซ่อมบำรุงหาซื้อได้ง่าย					
2. **ด้านความคุ้มค่าในการนำมาใช้งาน**					
2.1 เพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางด้านราคา					
2.2 เพิ่มปริมาณผลผลิต ประหยัดเวลา					
2.3 เพิ่มพื้นที่ใช้สอย จากการลดพื้นที่โรงเก็บวัตถุดิบก่อนการผลิต					
2.4 เพิ่มผลกำไร โดยประหยัดค่าใช้จ่ายแรงงาน					
2.5 ลดความเสี่ยงจากสภาวะขาดแคลนแรงงาน					
2.6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยรวมเหมาะสม					
2.7 ระยะเวลาคืนทุนสั้น					
2.8 ส่งเสริมเกษตรกรให้มีรายได้จากผลผลิตเพิ่มมากขึ้น					
2.9 บูรณาการในการนำเทคโนโลยีมาใช้ตอบสนองกับกลุ่มชุมชนเกษตรกร					
2.10 เป็นเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้งานได้ด้วยตนเอง					

รายละเอียดแบบประเมิน	ระดับคะแนน				
	5	4	3	2	1
3. ด้านความปลอดภัย					
3.1 โครงสร้างทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานไม่แตกหักง่าย					
3.2 วัสดุส่วนประกอบในการยึดเหนี่ยวโครงสร้างอุปกรณ์มีความแข็งแรง					
3.3 มีฐานวางโครงสร้างเครื่องฯ แข็งแรงทนทาน					
3.4 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากคมมีดผ่าผลหมาก					
3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากไฟฟ้าลัดวงจร					
3.6 มีอุปกรณ์ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากการทำงาน					
3.7 ไม่มีชิ้นส่วนที่ก่อให้เกิดเสียงรบกวนเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้					
3.8 เครื่องจักรทำงานด้วยตัวเอง ปราศจากการสัมผัสจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย					
3.9 บำรุงรักษาง่าย					
3.10 สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานในภาพรวมได้					

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

……

……

……

……

……

……

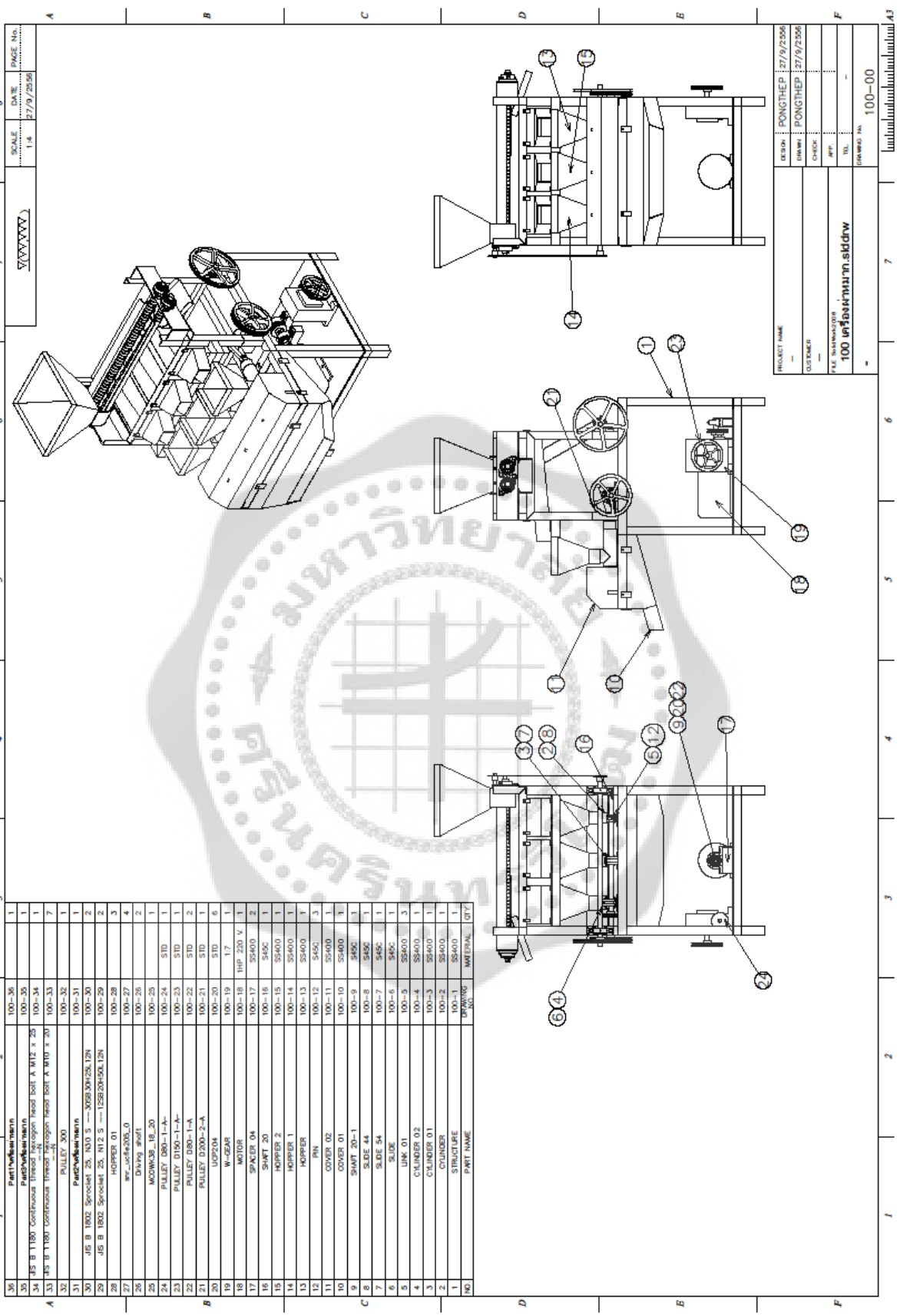
ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ประเมิน

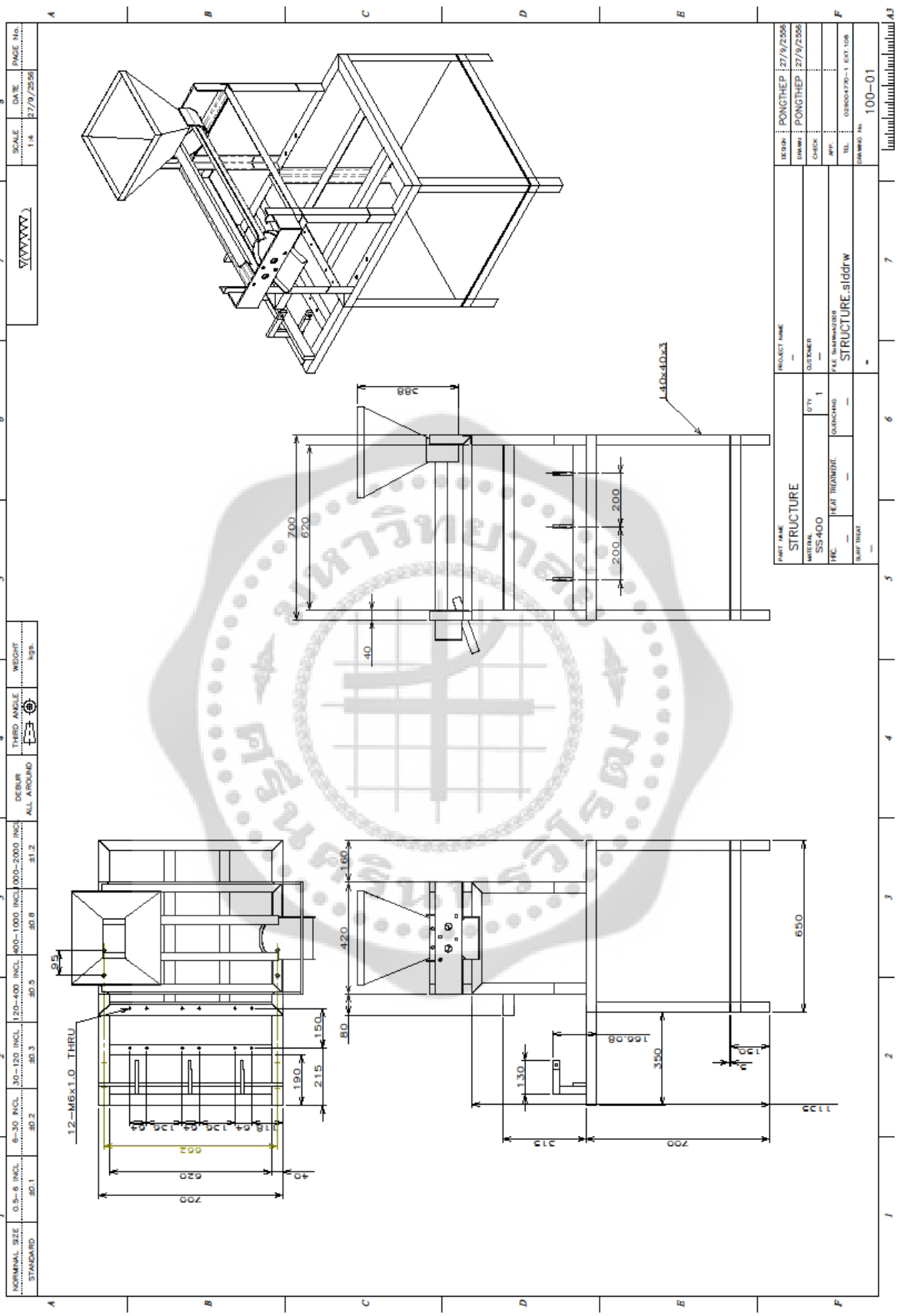
วันที่...../...../.....

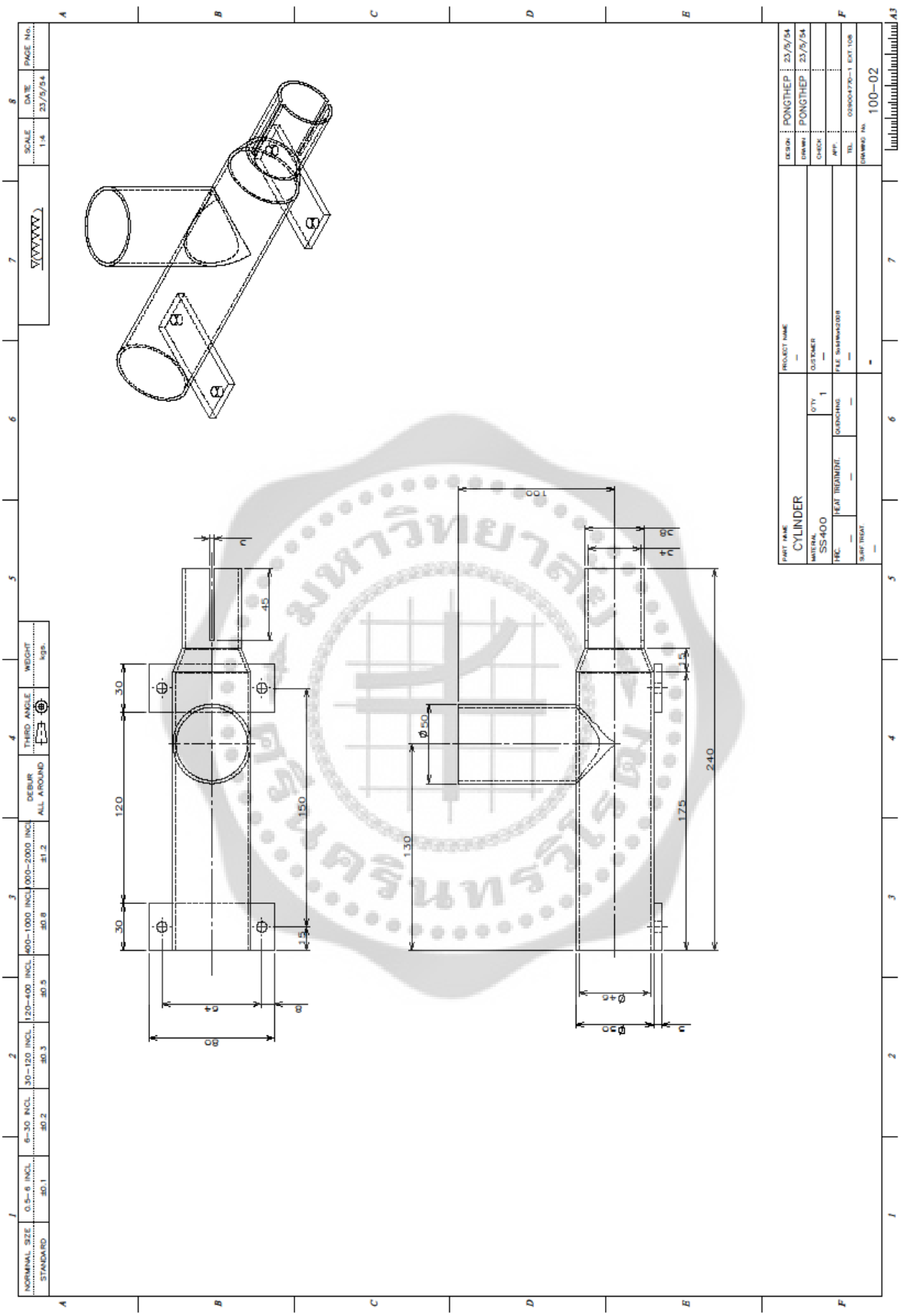
ภาคผนวก จ
แบบเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

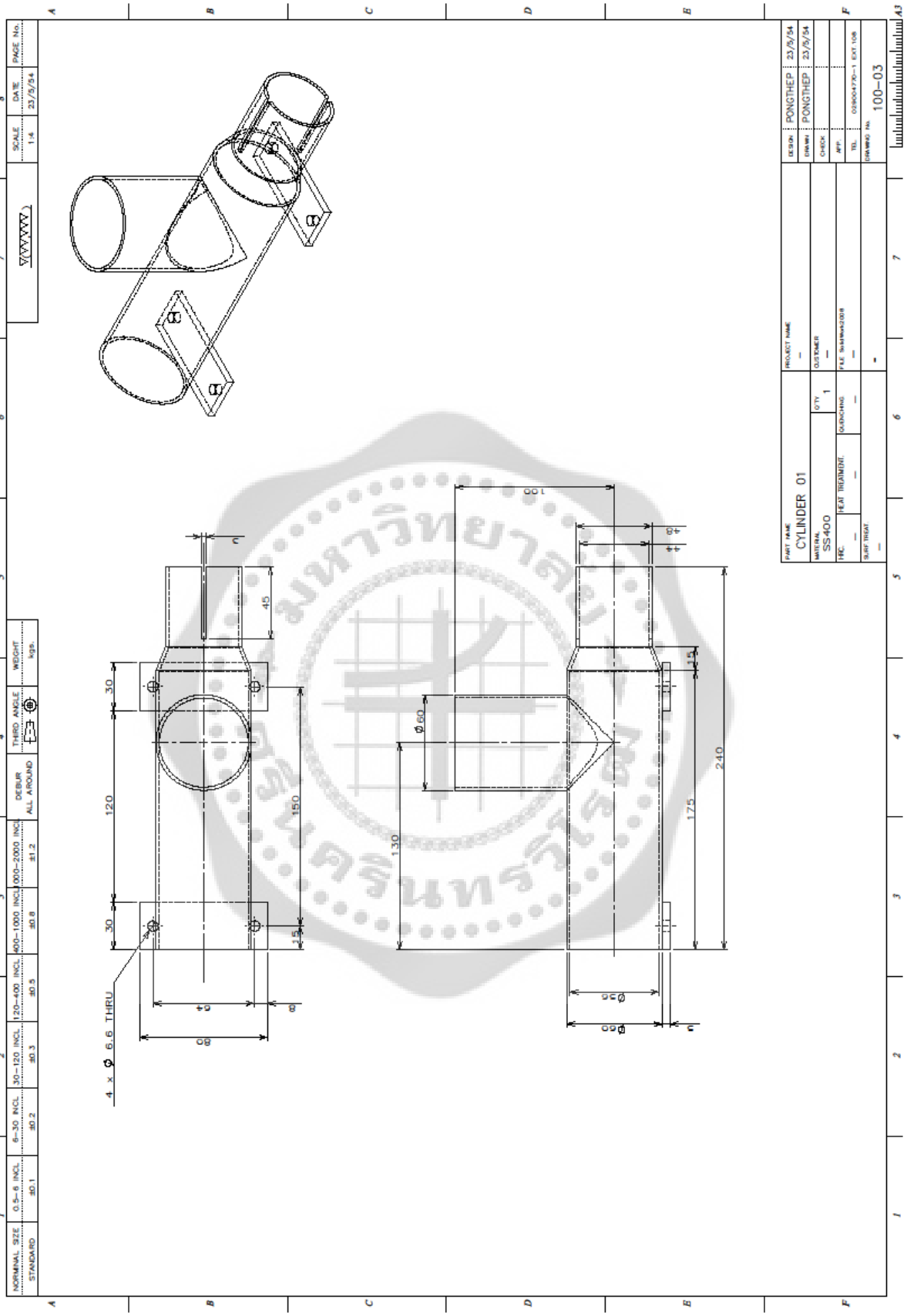


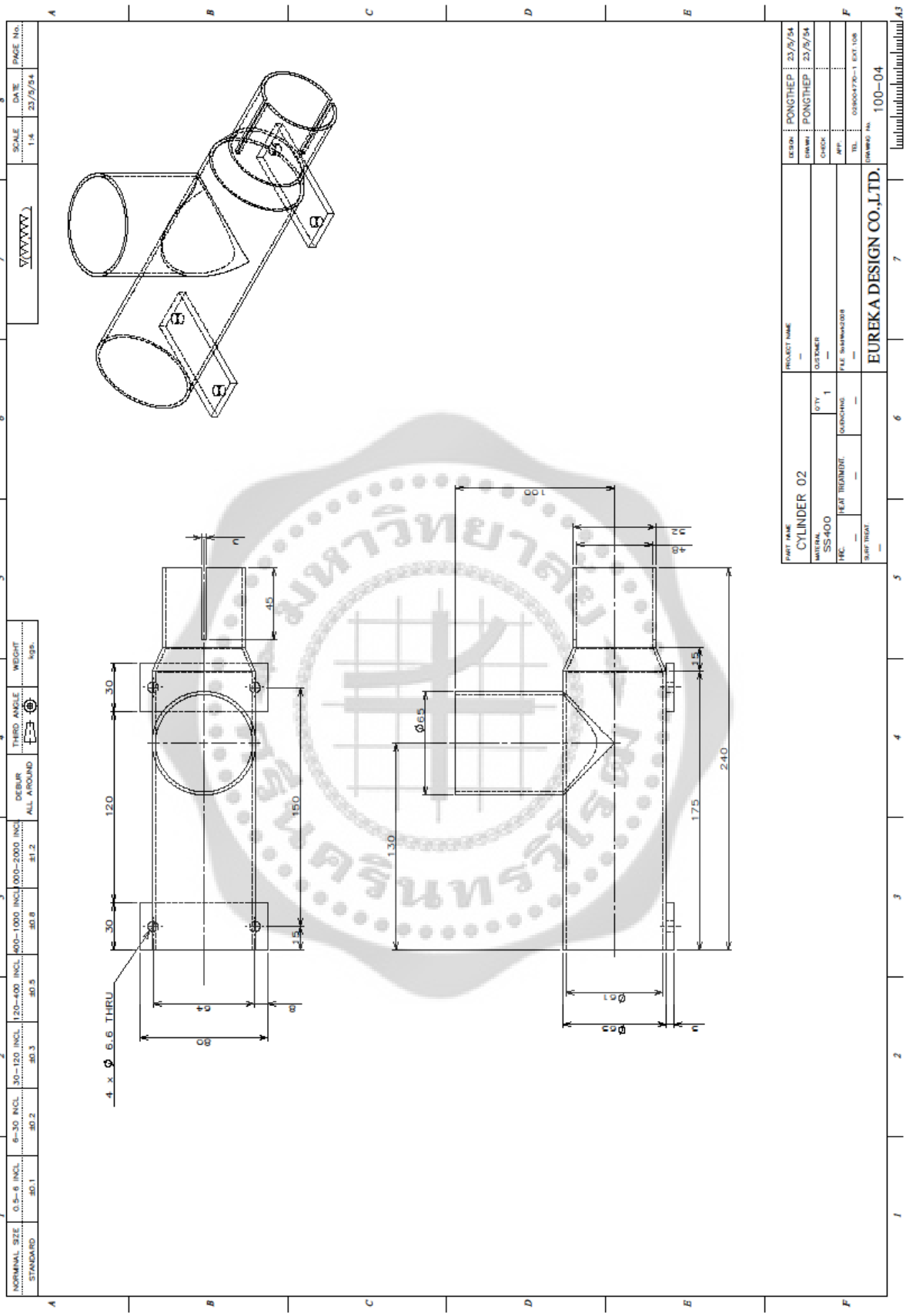
NO	PART NAME	MATERIAL	QTY
36	Part'sAssemmain		1
35	Part'sAssemmain		1
34	JIS B 1180 Continuous thread hexagon head bolt A M12 x 25	100-34	1
33	JIS B 1180 Continuous thread hexagon head bolt A M10 x 20 -A	100-33	7
32	PULLEY 300	100-32	1
31	Part'sAssemmain	100-31	1
30	JIS B 1802 Sprocket 25, N30 S =-3058.30H25L12N	100-30	2
29	JIS B 1802 Sprocket 25, N12 S =-1258.20H50L12N	100-29	2
28	HOPPER 01	100-28	3
27	sc_uefb206_0	100-27	4
26	Driving shaft	100-26	2
25	MOWK38_18_20	100-25	1
24	PULLEY 080-1-A-	100-24 STD	1
23	PULLEY 0150-1-A-	100-23 STD	1
22	PULLEY 090-1-A	100-22 STD	2
21	PULLEY 0200-2-A	100-21 STD	1
20	UCP204	100-20 STD	6
19	W-GEAR	100-19 1/7	1
18	MOTOR	100-18 1HP 220 V	1
17	SPACER 04	100-17 SS400	2
16	SHFT 20	100-16 S45C	1
15	HOPPER 2	100-15 SS400	1
14	HOPPER 1	100-14 SS400	1
13	HOPPER	100-13 SS400	1
12	PIN	100-12 S45C	3
11	COVER 02	100-11 SS400	1
10	COVER 01	100-10 SS400	1
9	SHAT 20-1	100-9 S45C	1
8	SLIDE 44	100-8 S45C	1
7	SLIDE 54	100-7 S45C	1
6	SLIDE	100-6 S45C	1
5	LINK 01	100-5 SS400	3
4	CYLINDER 02	100-4 SS400	1
3	CYLINDER 01	100-3 SS400	1
2	CYLINDER	100-2 SS400	1
1	STRUCTURE	100-1 SS400	1

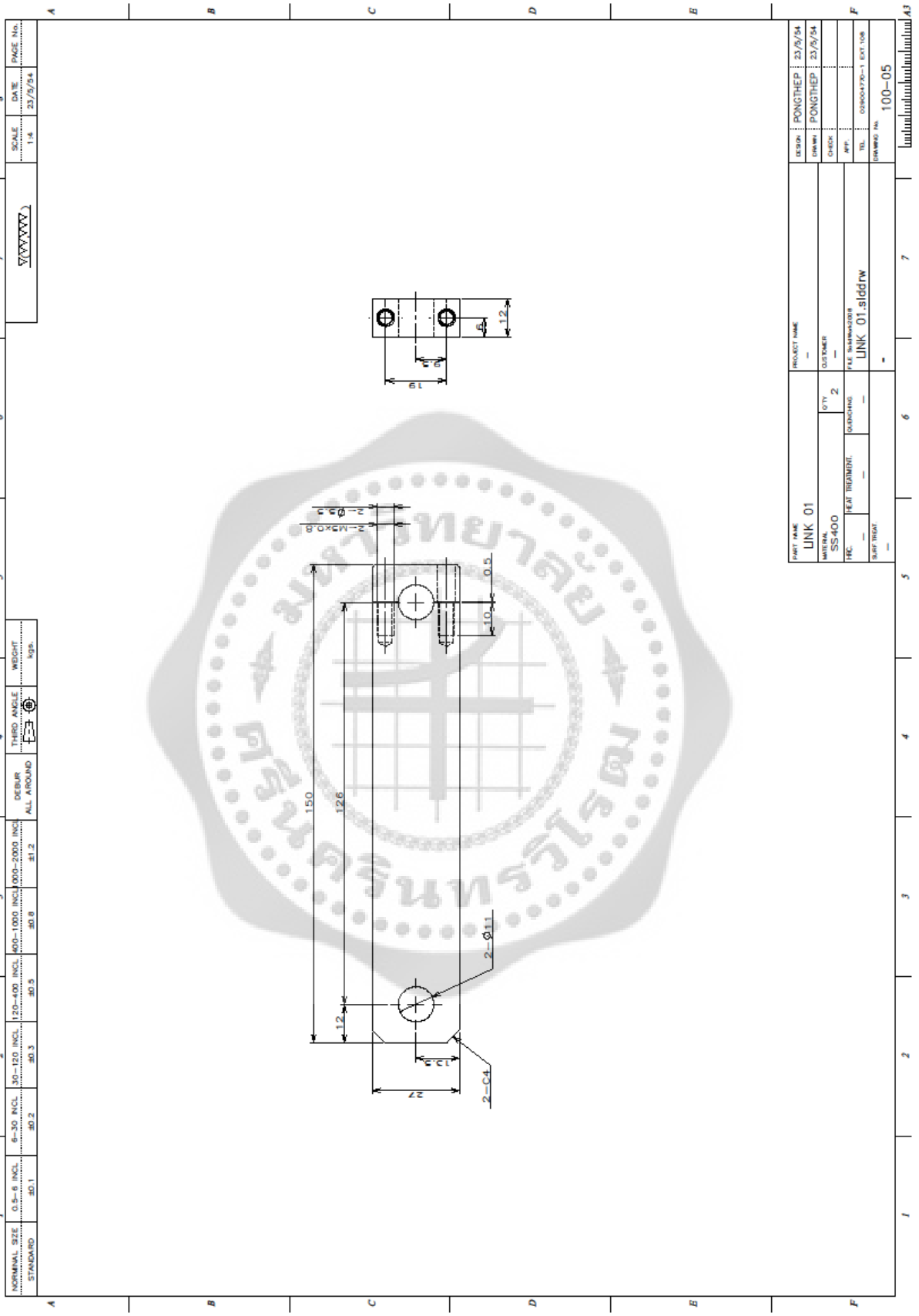
SCALE	1:4
DATE	27/9/2556
PAGE No.	
DESIGN	PONGTHEP 27/9/2556
DRAWN	PONGTHEP 27/9/2556
CHECK	
APP.	
TOL.	-
DRAWING No.	100-00
PROJECT NAME	-
CUSTOMER	-
FILE NAME/FOLDER	100 เครื่องผ่าหมาก.sldprt
	-

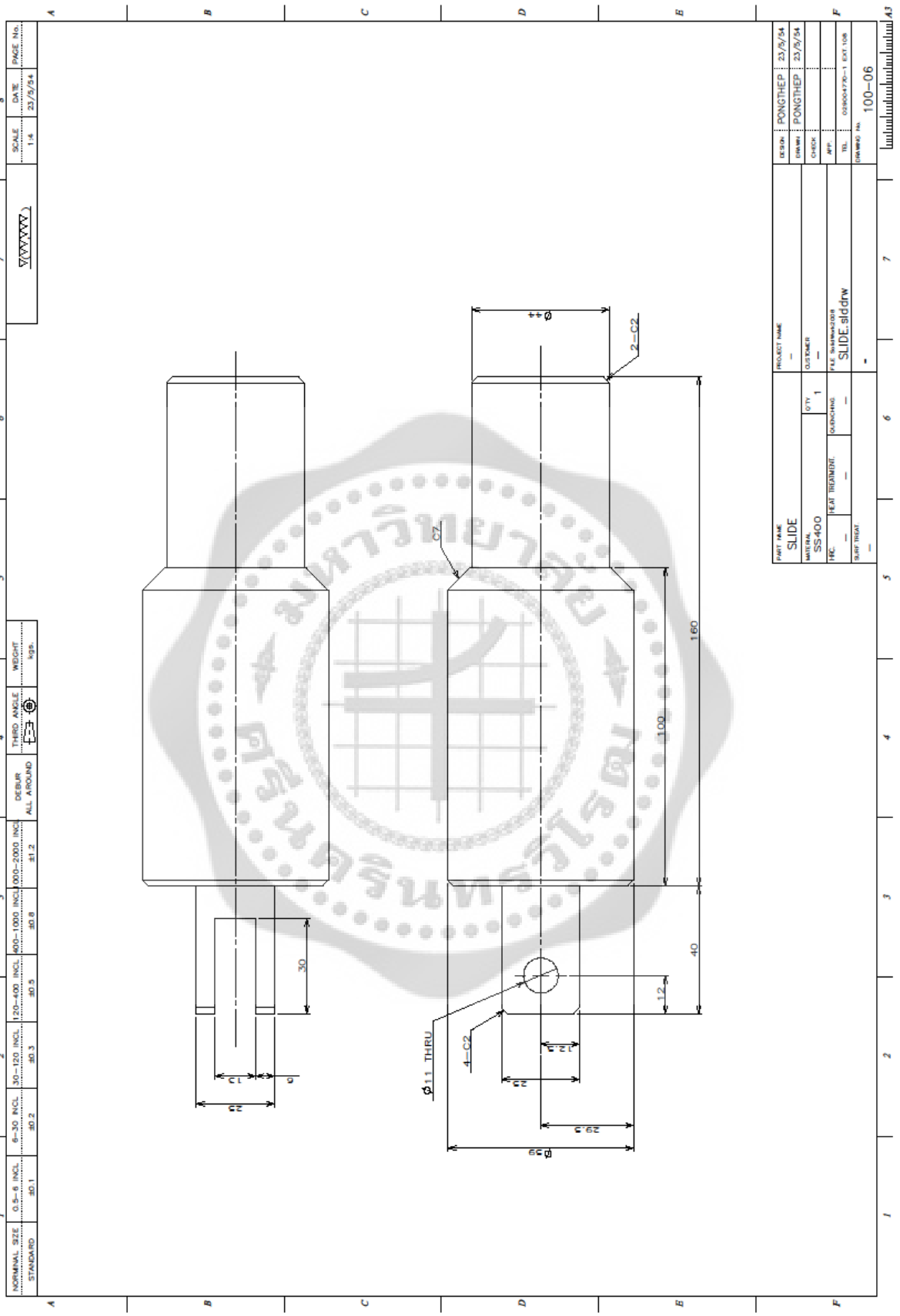

L40x40x3
388
700
620
200
200
40
12-M6x1.0 THRU
25
150
190
215
662
620
700
40
160
420
80
650
130
350
156.08
313
700
PART NAME
STRUCTURE
MATERIAL
SS400
HEAT TREATMENT
—
SURF. FINISH
—
QTY
1
QUENCHING
—
PROJECT NAME
—
CUSTOMER
—
FILE NAME(S)&DIR
STRUCTURE.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
27/9/2556
DRAWN
PONGTHEP
27/9/2556
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100-01
SCALE
1:4
DATE
27/9/2556
PAGE No.
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
A3

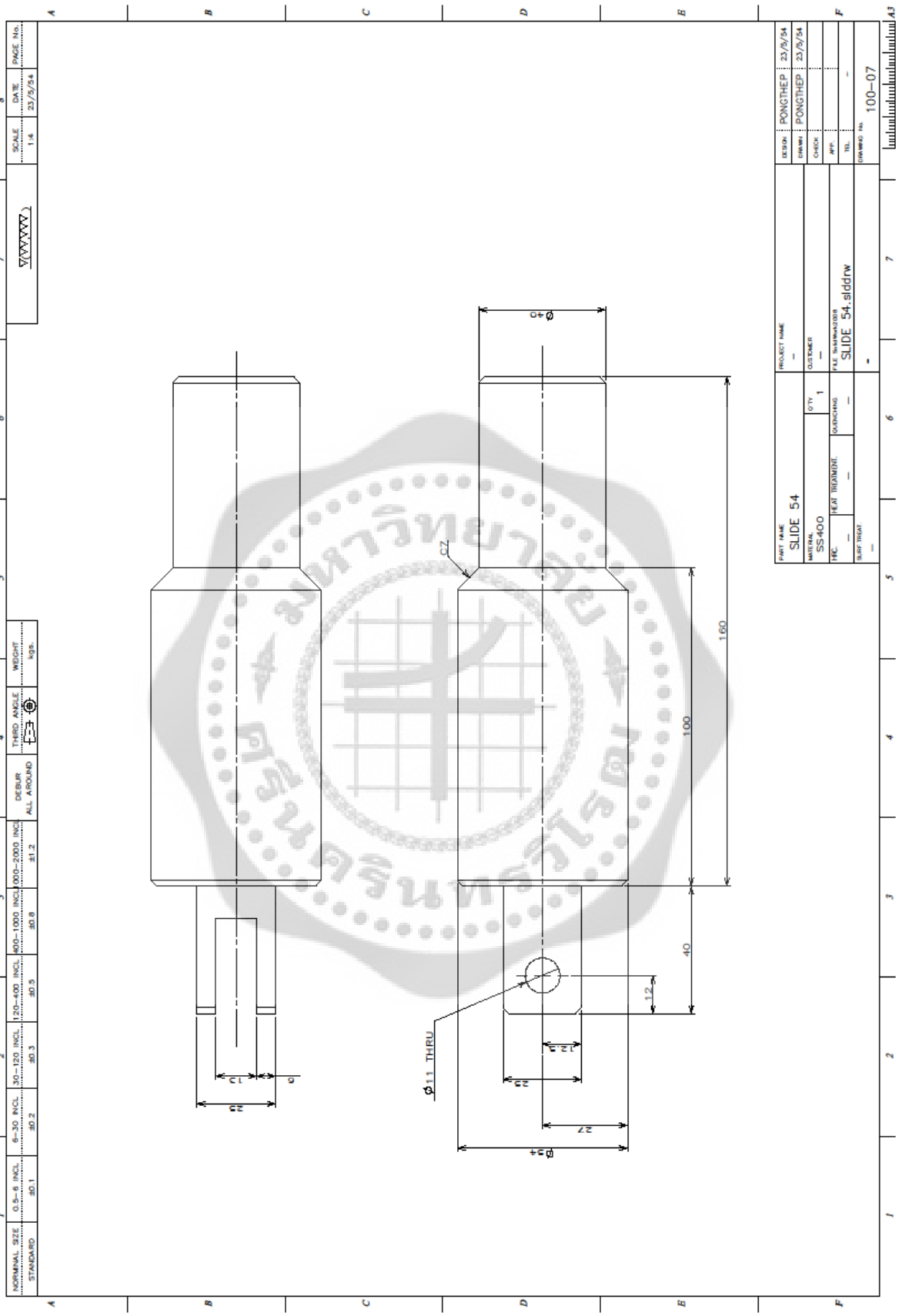

PART NAME
CYLINDER
MATERIAL
SS400
HRC
HEAT TREATMENT
SURF TREAT
PROJECT NAME
CUSTOMER
FILE
QTY
1
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
DRAWING No.
100-02
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
45
30
120
30
150
15
Ø50
130
175
240
10
15

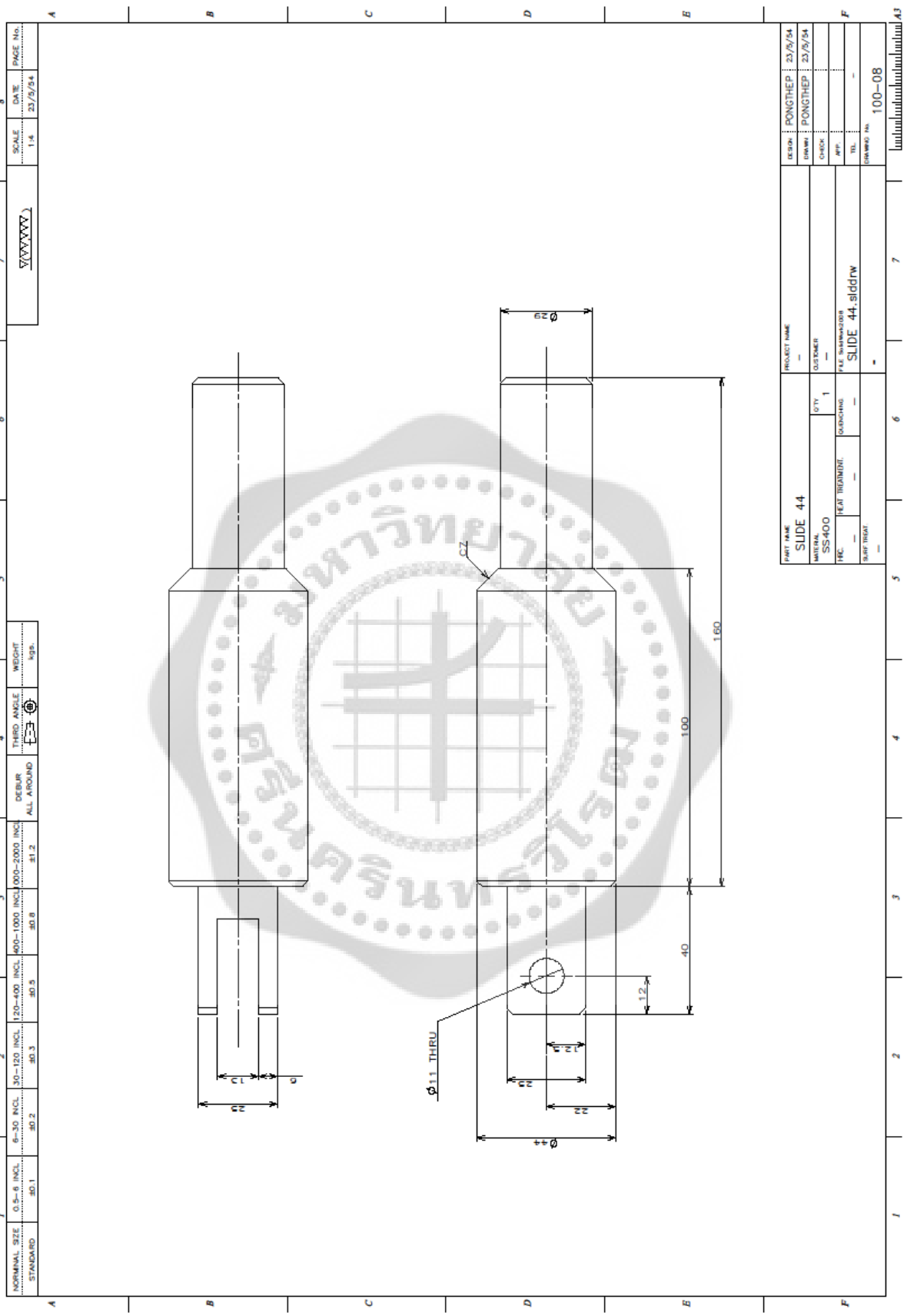

4 x Ø 6.6 THRU
Ø60
120
150
240
175
130
45
30
15
PART NAME
CYLINDER 01
MATERIAL
SS400
HEAT TREATMENT
SURF TREAT
PROJECT NAME
CUSTOMER
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
DRAWING No.
100-03
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
THIRD ANGLE
DEBUR
ALL AROUND
WEIGHT
kgs.
NORMAL SIZE
STANDARD

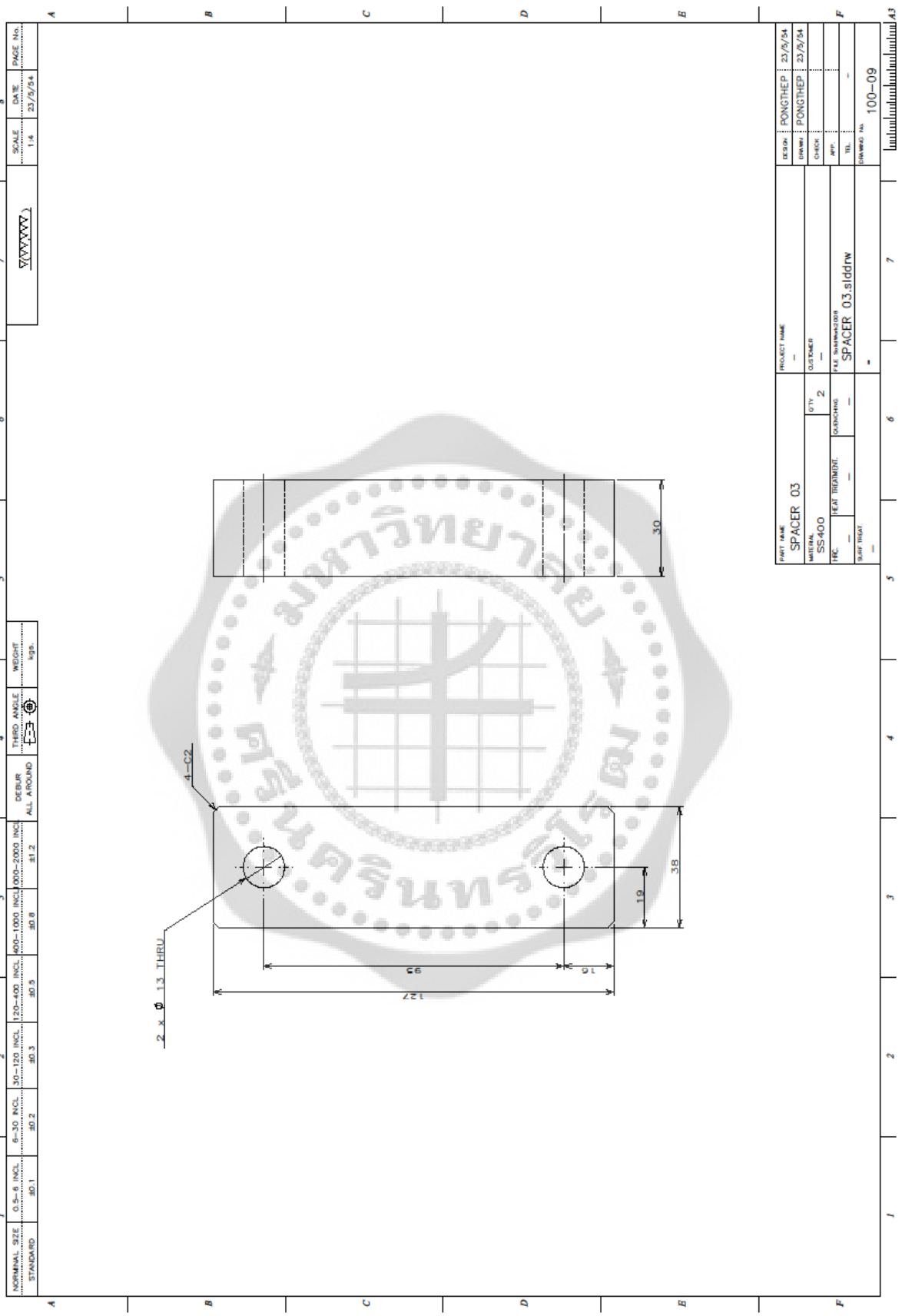

4 x Ø 6.6 THRU
Ø65
120
150
240
175
130
45
30
15
EUREKA DESIGN CO.,LTD.
CYLINDER 02
S400
100-04
PONGTHEP
23/5/54

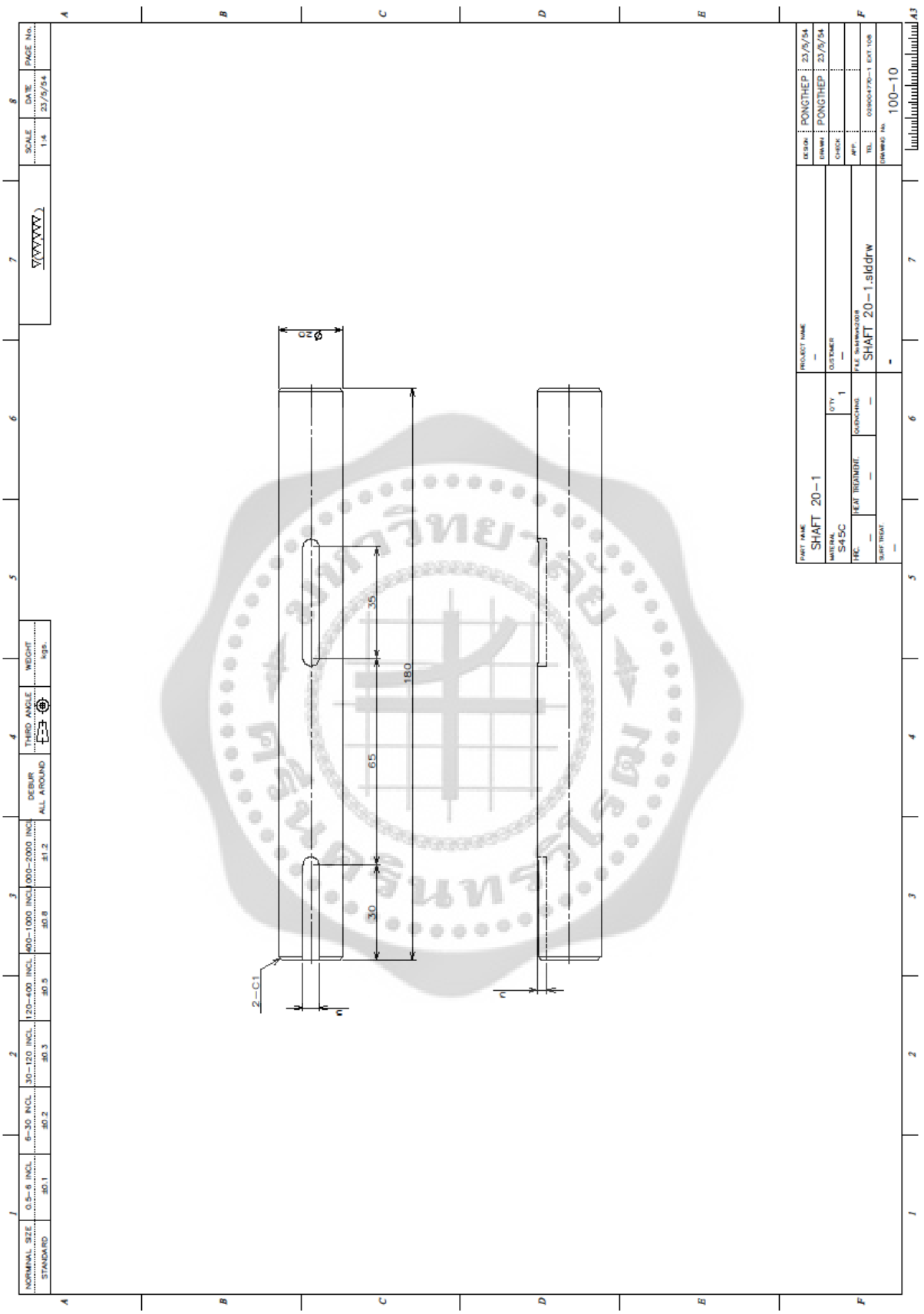

150
126
12
27
2–C4
2–Ø11
10
0.5
12
19
6
12
PART NAME
LINK 01
MATERIAL
SS400
QTY.
2
PROJECT NAME
–
CUSTOMER
–
DESIGN
PONGTHEP
23/9/54
DRAWN
PONGTHEP
23/9/54
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100–05
LINK 01.slddrw
SCALE
1:4
DATE
23/9/54
PAGE No.
WEIGHT
kgs.
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5–6 INCL.
±0.1
6–30 INCL.
±0.2
30–120 INCL.
±0.3
120–400 INCL.
±0.5
400–1000 INCL.
±0.8
1000–2000 INCL.
±1.2

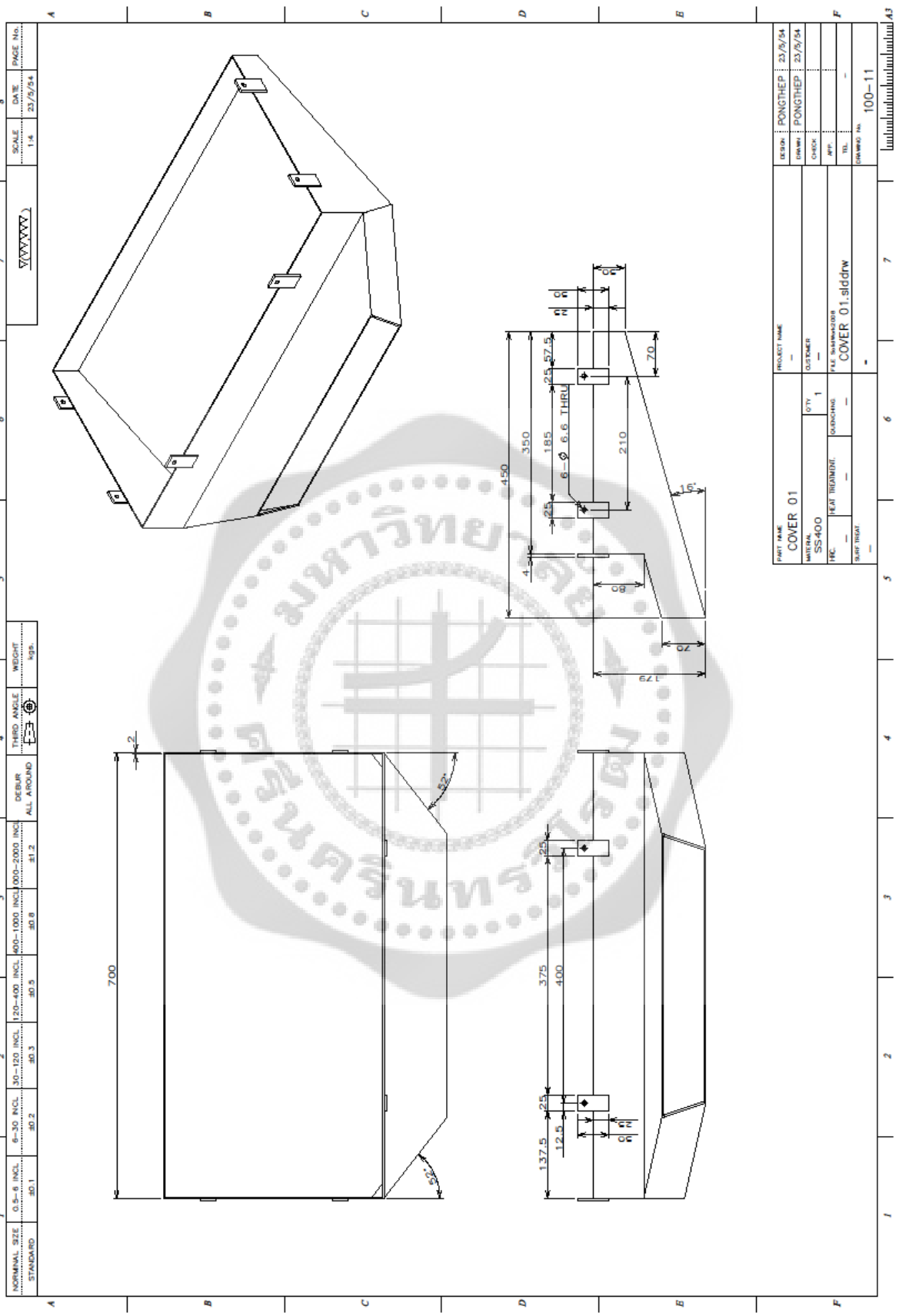

2-C2
C7
160
100
40
12
30
4-C2
ø11 THRU
SLIDE.slddrw
100-06
PONGTHEP 23/5/54
PONGTHEP 23/5/54
SLIDE
SS400
23/5/54

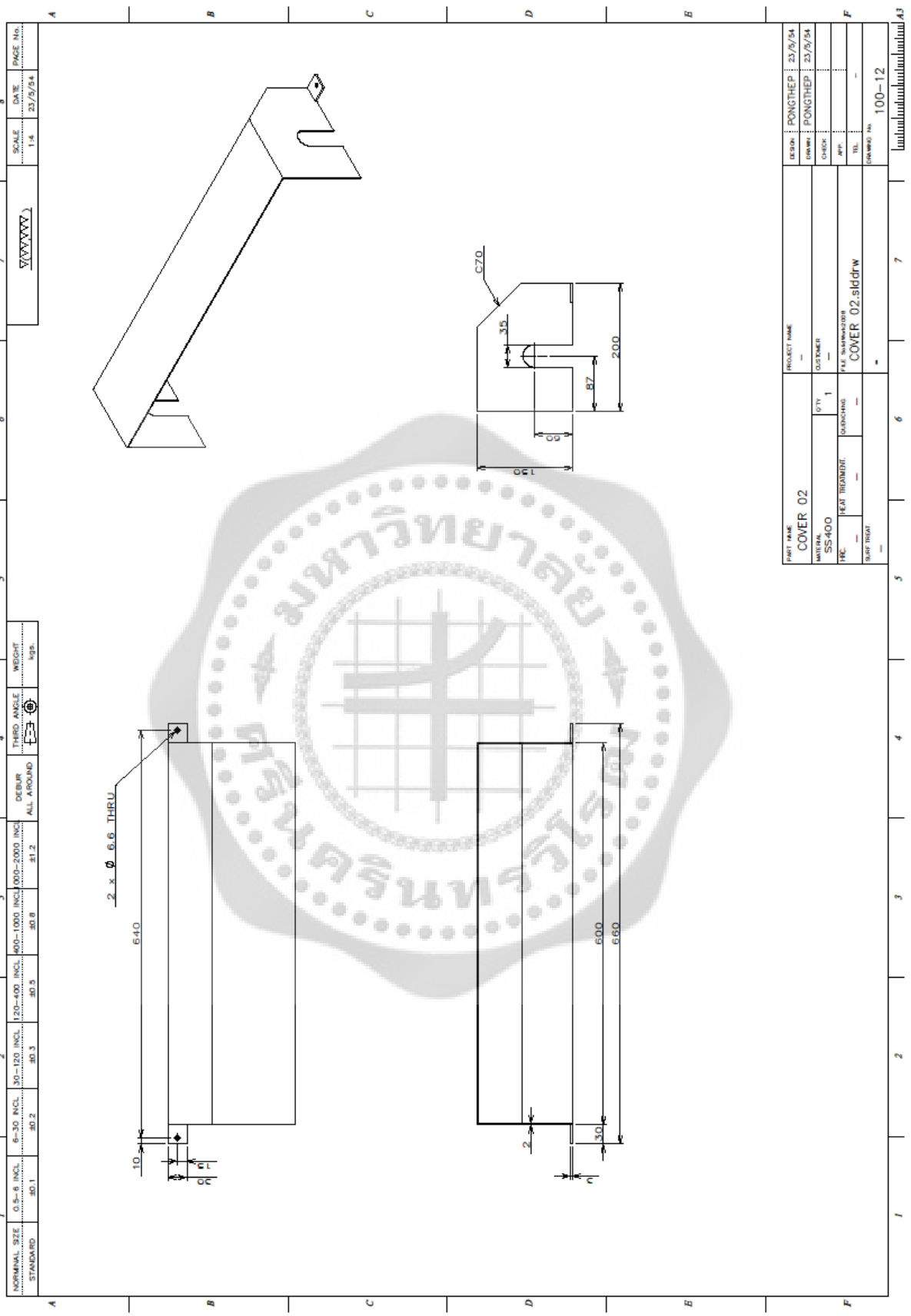

C2
Ø11 THRU
160
100
40
12
PART NAME
SLIDE 54
MATERIAL
SS400
HRC
HEAT TREATMENT
SURF FINISH
QTY
1
PROJECT NAME
CUSTOMER
FILE NAME(S)
SLIDE 54.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
MFG
DRAWING No.
100-07
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
WEIGHT
kgs.
THIRD ANGLE
DEBUR
ALL AROUND
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2


160
100
40
12
Ø11 THRU
C2
PART NAME
SLIDE 44
MATERIAL
S540O
QTY
1
HEAT TREATMENT
—
FILE NAME(SOLIDWORKS)
SLIDE 44.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APPV.
TOL.
DRAWING No.
100-08
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
DEBUR
ALL AROUND
NORMAL SIZE
STANDARD


4-C2
2 x Φ 13 THRU
95
127
10
19
38
30
SPACER 03
SS400
SPACER 03.slddrw
PONGTHEP 23/5/54
100-09

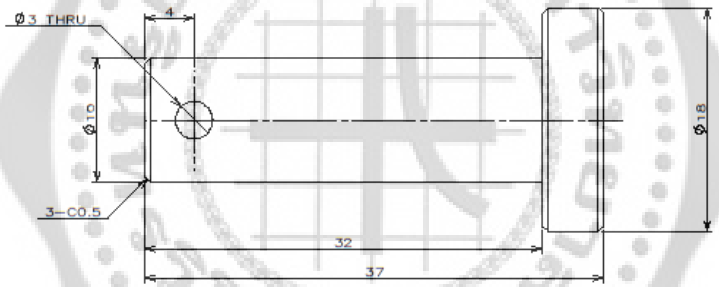

Ø12
35
65
180
30
2-C1
n
n
PART NAME
SHAFT 20-1
MATERIAL
S45C
HRC
—
HEAT TREATMENT
—
SURF TREAT
—
QTY
1
QUENCHING
—
PROJECT NAME
—
CUSTOMER
—
F.I.E. Submission
SHAFT 20-1.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100-10
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.


COVER 01.slddrw
COVER 01
SS400
PONGTHEP
23/5/54
100-11
700
450
350
210
185
137.5
375
400
12.5
57.5
25
70
52°
56°
15°
6-Ø 6.6 THRU


2 x Ø 6.6 THRU
640
10
600
660
30
2
C270
35
87
200
100
PART NAME
COVER 02
PROJECT NAME
MATERIAL
SS400
QTY
1
CUSTOMER
HEAT TREATMENT
P.I.E. Solidworks 2018
COVER 02.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100-12
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
WEIGHT
kgs.
THIRD ANGLE
DEBUR
ALL AROUND
NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2

NORMINAL SIZE	0.5–6 INCL	6–30 INCL	30–120 INCL	120–400 INCL	400–1000 INCL	1000–2000 INCL	DEBUR	THIRD ANGLE	WEIGHT
STANDARD	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	ALL AROUND		kgs.

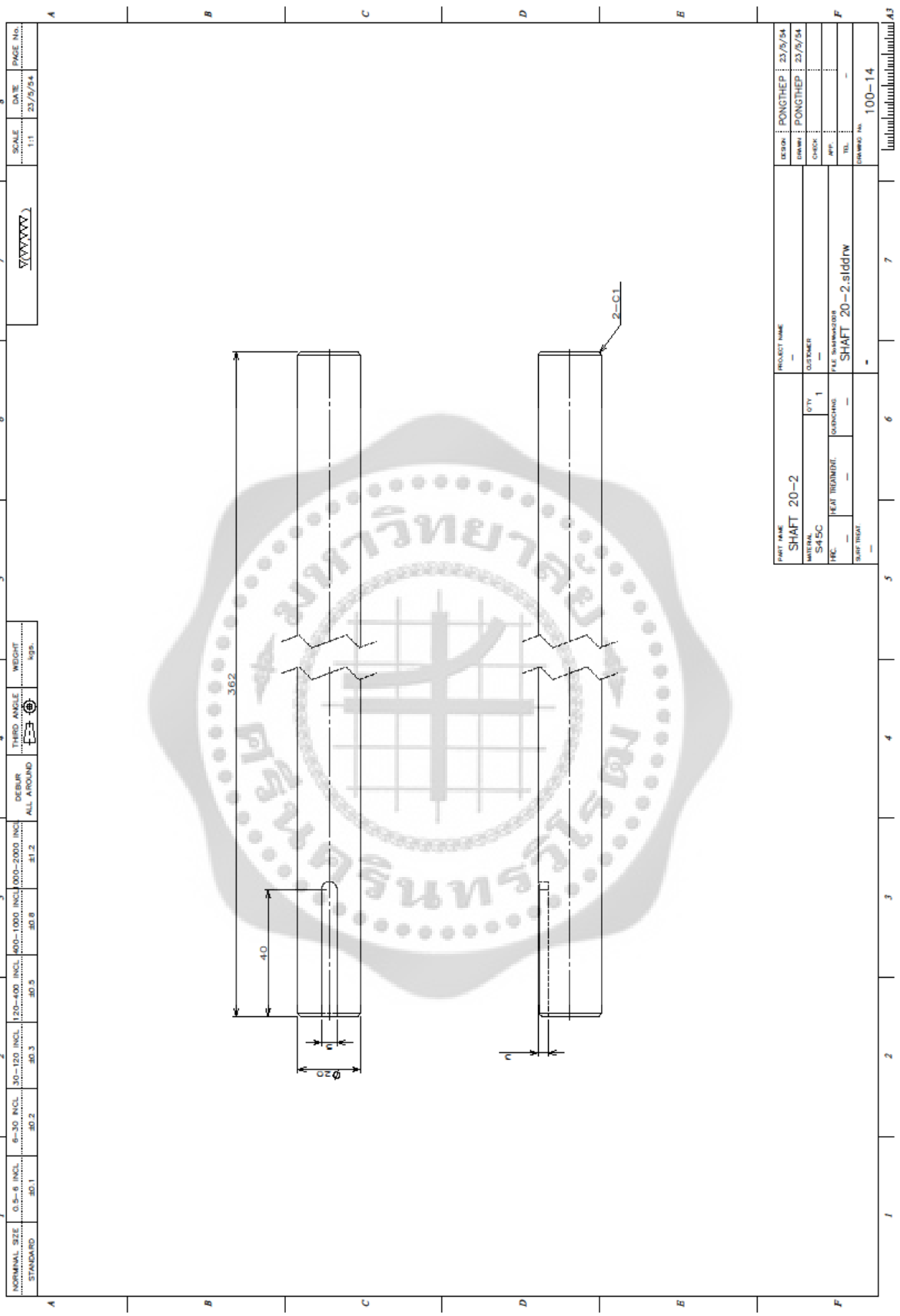
SCALE	DATE	PAGE No.
1:4	23/5/54	

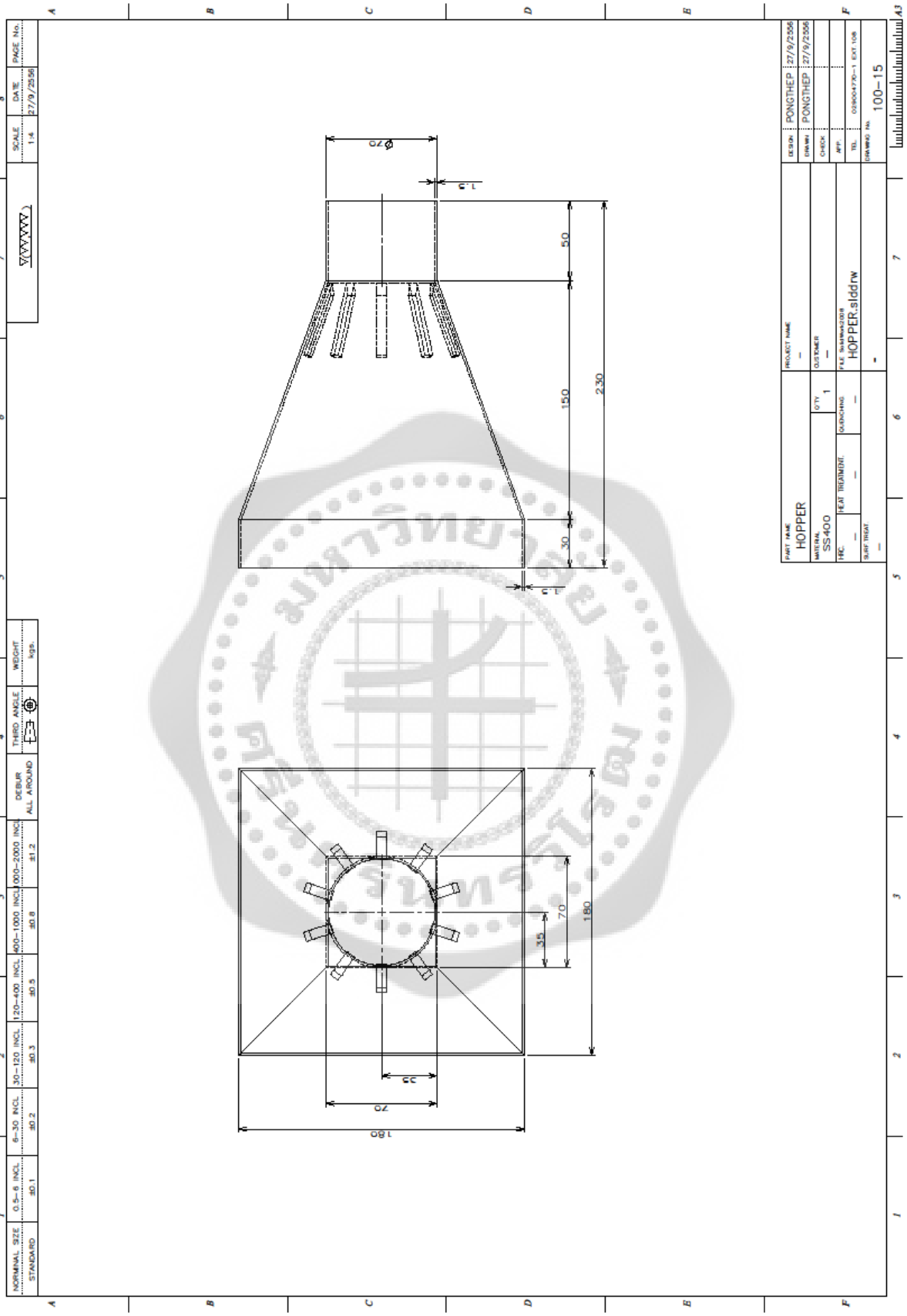


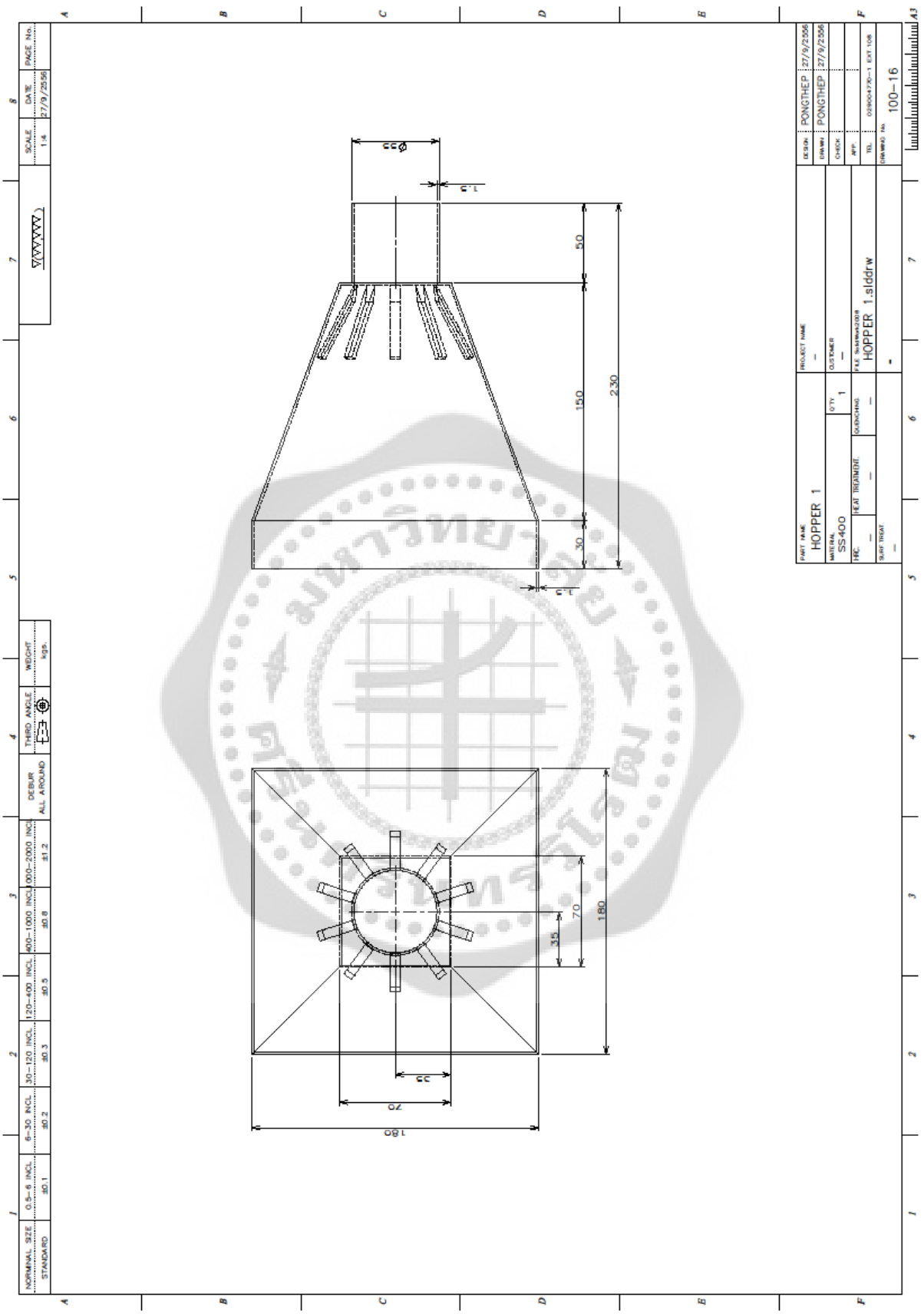
PART NAME: PIN			PROJECT NAME: –
MATERIAL: S45C		Q'TY: 3	CUSTOMER: –
HRC: –	HEAT TREATMENT: –	QUENCHING: –	FILE SolidWork2008: PIN.slddrw
SURF.TREAT: –			–

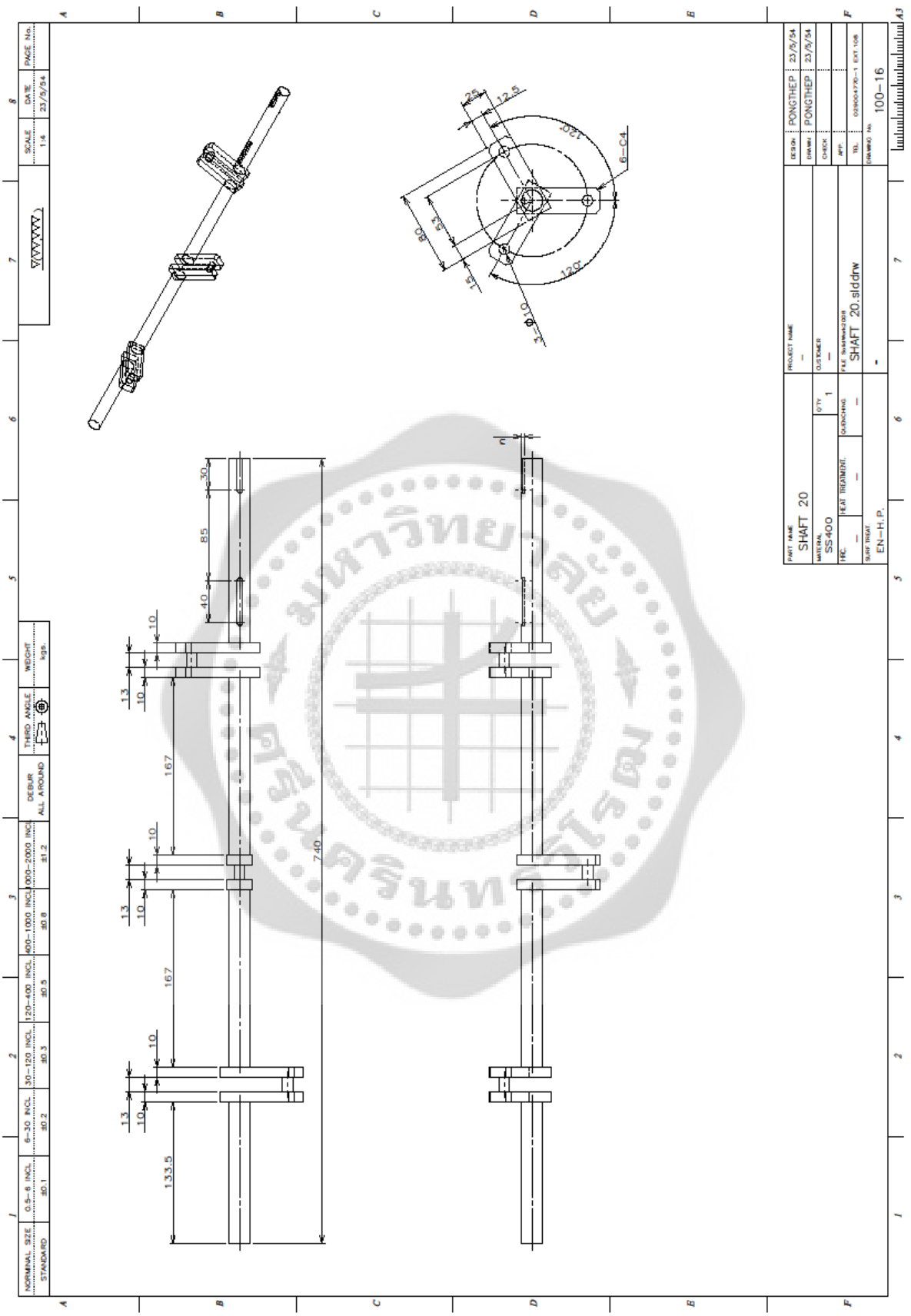
DESIGN	PONGTHEP	23/5/54
DRAWN	PONGTHEP	23/5/54
CHECK		
APP.		
TEL.	029004770–1 EXT.108	
DRAWING No.	100–13	

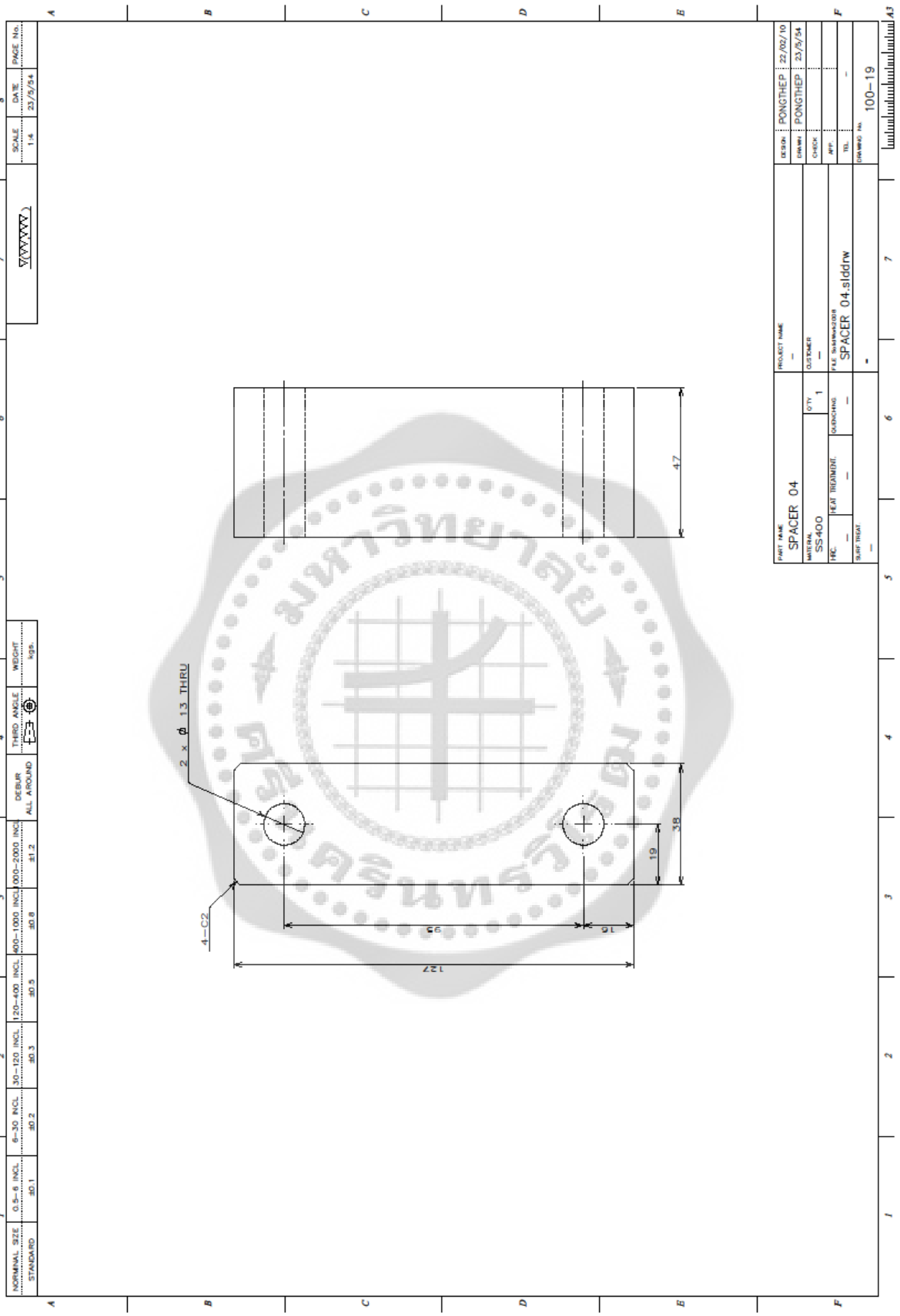
A3

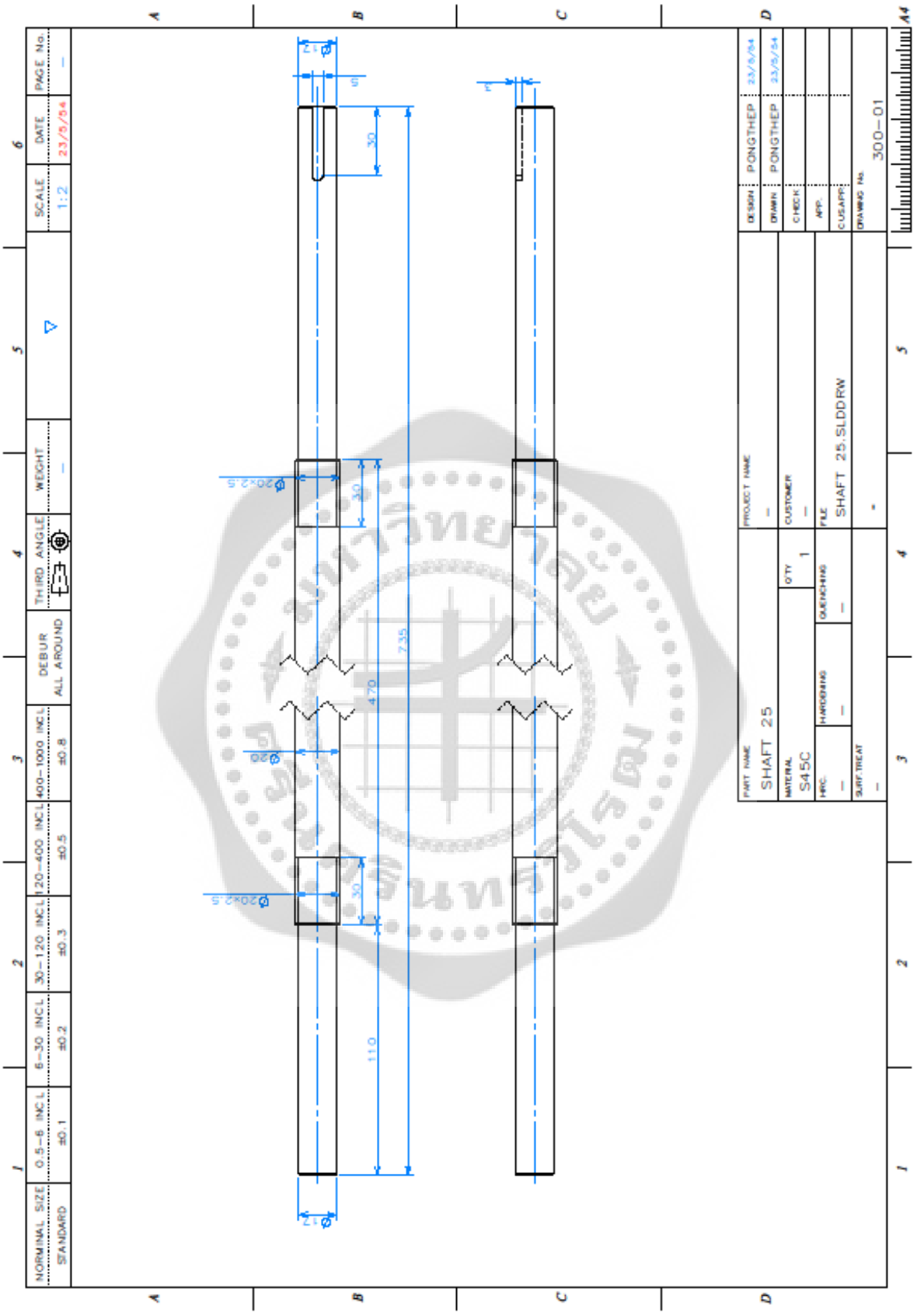

362
40
2-C1
PART NAME
SHAFT 20-2
MATERIAL
S45C
HEAT TREATMENT
QUENCHING
QTY
1
PROJECT NAME
CUSTOMER
SHAFT 20-2.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100-14
SCALE
1:1
DATE
23/5/54
PAGE No.
NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.

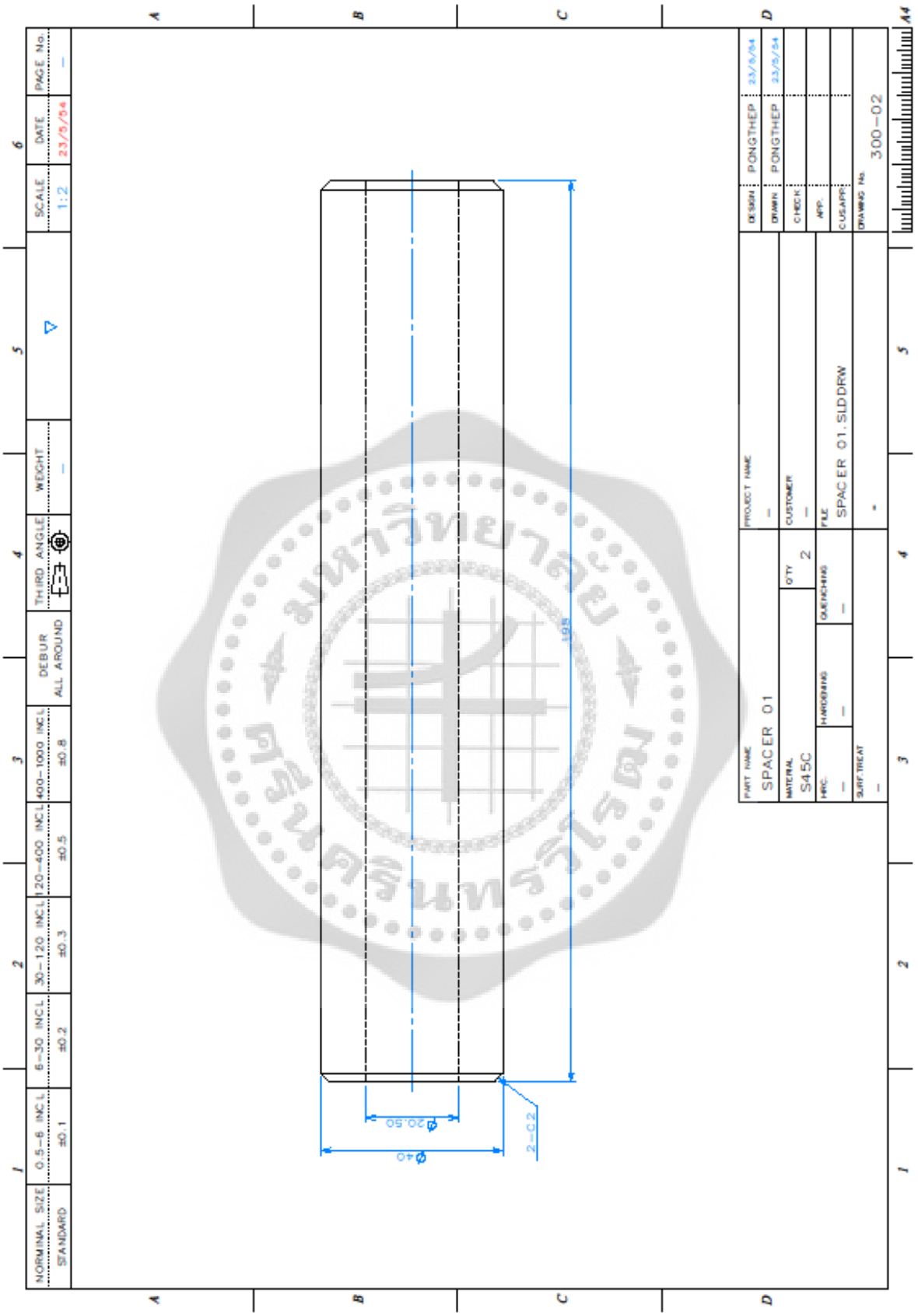

Ø70
1.5
50
150
230
30
1.5
180
70
35
33
70
180
PART NAME
HOPPER
MATERIAL
SS400
HEAT TREATMENT
—
SURF TREAT
—
QTY
1
QUENCHING
—
PROJECT NAME
—
CUSTOMER
—
FILE NAME(DRAWING)
HOPPER.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
27/9/2556
DRAWN
PONGTHEP
27/9/2556
CHECK
APP.
TOL.
ISO2768-mK
DRAWING No.
100-15
SCALE
1:4
DATE
27/9/2556
PAGE No.
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL.
±0.1
6-30 INCL.
±0.2
30-120 INCL.
±0.3
120-400 INCL.
±0.5
400-1000 INCL.
±0.8
1000-2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.


Ø33
1.5
50
150
230
30
1
70
180
35
33
70
180
PART NAME
HOPPER 1
MATERIAL
SS400
HEAT TREATMENT
—
QUENCHING
—
QTY
1
CUSTOMER
—
PROJECT NAME
—
P.E. Submission
HOPPER 1.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
27/9/2556
DRAWN
PONGTHEP
27/9/2556
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100–16
SCALE
1:4
DATE
27/9/2556
PAGE No.
NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5–6 INCL.
±0.1
6–30 INCL.
±0.2
30–120 INCL.
±0.3
120–400 INCL.
±0.5
400–1000 INCL.
±0.8
1000–2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.

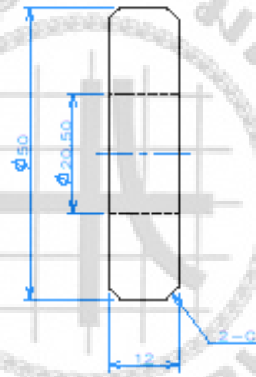

PART NAME
SHAFT 20
MATERIAL
SS400
HRC
–
HEAT TREATMENT
–
SURF TREAT
EN–H.P.
QTY.
1
GUIDICHNG
–
PROJECT NAME
–
CUSTOMER
–
FILE Solidworks
SHAFT 20.slddrw
DRAWING No.
100–16
DESIGN
PONGTHEP
23/5/54
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
TOL.
ISO2768-1 EXT.105
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5–6 INCL.
±0.1
6–30 INCL.
±0.2
30–120 INCL.
±0.3
120–400 INCL.
±0.5
400–1000 INCL.
±0.8
1000–2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
749
167
167
133.5
85
40
30
13
10
6–C4
120°
3–1.0
25
12.5
80
52
15
A
B
C
D
E
F
A3


2 x ⌀ 13 THRU
4–C2
127
95
16
19
38
47
PART NAME
SPACER 04
MATERIAL
SS400
HRC
HEAT TREATMENT
SURF TREAT
QTY
1
QUENCHING
PROJECT NAME
CUSTOMER
FILE SolidWorks2018
SPACER 04.slddrw
DESIGN
PONGTHEP
22/02/10
DRAWN
PONGTHEP
23/5/54
CHECK
APP.
TOL.
DRAWING No.
100–19
NORMAL SIZE
STANDARD
0.5–6 INCL.
±0.1
6–30 INCL.
±0.2
30–120 INCL.
±0.3
120–400 INCL.
±0.5
400–1000 INCL.
±0.8
1000–2000 INCL.
±1.2
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
kgs.
SCALE
1:4
DATE
23/5/54
PAGE No.


NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5–6 INCL
±0.1
6–30 INCL
±0.2
30–120 INCL
±0.3
120–400 INCL
±0.5
400–1000 INCL
±0.8
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
—
SCALE
1:2
DATE
23/5/64
PAGE No.
—
PART NAME
SHAFT 25
MATERIAL
S45C
HRC
—
HARDENING
—
QUENCHING
—
SURF. TREAT
—
QTY
1
PROJECT NAME
—
CUSTOMER
—
FILE
SHAFT 25.SLDDRW
DESIGN
PONGTHEP
DRAWN
PONGTHEP
CHECK
APP.
CUSAPP.
DRAWING No.
300–01
Ø20x2.5
Ø20
30
735
470
110

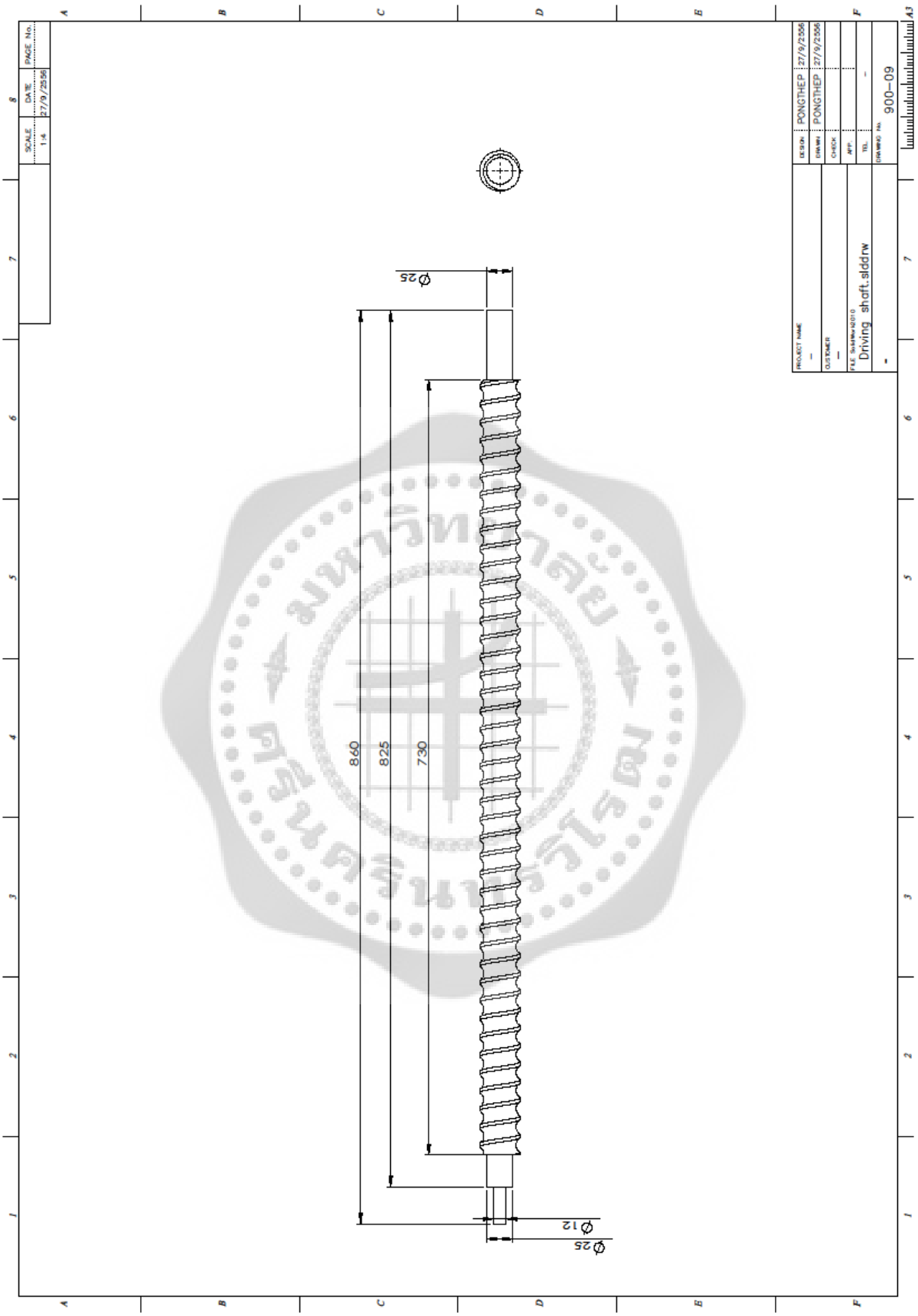

Ø20.50
Ø40
2-C2
105
PART NAME
SPACER 01
MATERIAL
S45C
HRC
—
HARDENING
—
QUENCHING
—
SURF. TREAT
—
QTY
2
PROJECT NAME
—
CUSTOMER
—
FILE
SPACER 01.SLDDRW
DESIGN
PONGTHEP
23/5/64
DRAWN
PONGTHEP
23/5/64
CHECK
APP.
CUSAPP.
DRAWING No.
300-02
A4
NORMINAL SIZE
STANDARD
0.5-6 INCL
±0.1
6-30 INCL
±0.2
30-120 INCL
±0.3
120-400 INCL
±0.5
400-1000 INCL
±0.8
DEBUR
ALL AROUND
THIRD ANGLE
WEIGHT
—
SCALE
1:2
DATE
23/5/64
PAGE No.
—

NORMINAL SIZE	0.5–6 INCL	6–30 INCL	30–120 INCL	120–400 INCL	400–1000 INCL	DEBUR	THIRD ANGLE	WEIGHT		SCALE	DATE	PAGE No.
STANDARD	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	ALL AROUND		–		1:2	23/5/54	–



PART NAME: SPACER 02			PROJECT NAME: –	DESIGN	PONGTHEP 23/5/54
MATERIAL: S45C		Q'TY: 2	CUSTOMER: –	DRAWN	PONGTHEP 23/5/54
HRC: –	HARDENING: –	QUENCHING: –	FILE: SPACER 02.SLDDRW	CHECK	
SURF.TREAT: –			–	APP.	
				CUS.APP.	
				DRAWING No.: 300–03	

A4


Ø25
860
825
730
Ø12
Ø25
SCALE 1:4
DATE 27/9/2556
PAGE No.
DESIGN PONGTHEP 27/9/2556
DRAWN PONGTHEP 27/9/2556
CHECK
APP.
TOL. -
PROJECT NAME -
CUSTOMER -
FILE NAME(NEW) Driving shaft.sldprw
DRAWING No. 900-09
-
A3

ภาคผนวก ฉ
ผลการทดลองของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

แบบบันทึกการทดลอง
เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

วันที่ทำการทดลอง 23/ก.ย./2556

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง หมากสุก จำนวน 607 ผล

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
2. เพื่อวัดประสิทธิภาพการผ่าผลหมากโดยใช้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 17 บันทึกผลการทดลองผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ครั้งที่	เวลาที่ใช้	ผ่าได้	ผ่าไม่เข้ากลาง
1	1 นาที	57 ผล	2 ผล
2	1 นาที	62 ผล	2 ผล
3	1 นาที	59 ผล	3 ผล
4	1 นาที	61 ผล	2 ผล
5	1 นาที	64 ผล	5 ผล
6	1 นาที	59 ผล	2 ผล
7	1 นาที	61 ผล	6 ผล
8	1 นาที	60 ผล	0 ผล
9	1 นาที	61 ผล	3 ผล
10	1 นาที	63 ผล	4 ผล
ค่าเฉลี่ย	1 นาที	60.7 ผล	2.9 ผล

จากตารางที่ 17 พบว่า เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากได้ทดลองผ่าผลหมาก จำนวน 10 ครั้ง ใช้ผลหมาก 607 ผล ได้ผลการทดลองคิดเป็นอัตราส่วนโดยเฉลี่ยดังนี้ เวลา 1 นาที ผ่าผลหมากได้ 60.7 ผล ผ่าไม่เข้ากลาง 2.9 ผล คิดเป็น 95 %

แบบบันทึกการทดลอง
เรื่อง การพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก
ด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า

วันที่ทำการทดลอง 22/ก.ย./2556

วัตถุดิบที่ใช้ทดลอง หมากสุก จำนวน 106 ผล

วัตถุประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อพัฒนาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
2. เพื่อวัดประสิทธิภาพการผ่าผลหมากโดยใช้เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมากแห้งด้วยเทคนิควิศวกรรมคุณค่า
3. เพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 18 บันทึกผลการทดลองผ่าด้วยมือ

ครั้งที่	เวลาที่ใช้	ผ่าได้
1	1 นาที	10
2	1 นาที	8
3	1 นาที	9
4	1 นาที	11
5	1 นาที	12
6	1 นาที	11
7	1 นาที	10
8	1 นาที	10
9	1 นาที	11
10	1 นาที	10
ค่าเฉลี่ย	1 นาที	10.2

ตารางที่ 18 พบว่า การทดลองผ่าผลหมากด้วยมือ จำนวน 10 ครั้ง ใช้ผลหมาก 106 ผล ได้ผลการทดลองคิดเป็นอัตราส่วนโดยเฉลี่ยดังนี้ เวลา 1 นาที ผ่าผลหมากได้ 10.2 ผล

ภาคผนวก ซ
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ภาพประกอบ 10 ภาพผลหมาก

ภาพประกอบ 11 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ภาพประกอบ 12 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก(ผ่าไม่เข้ากลาง)

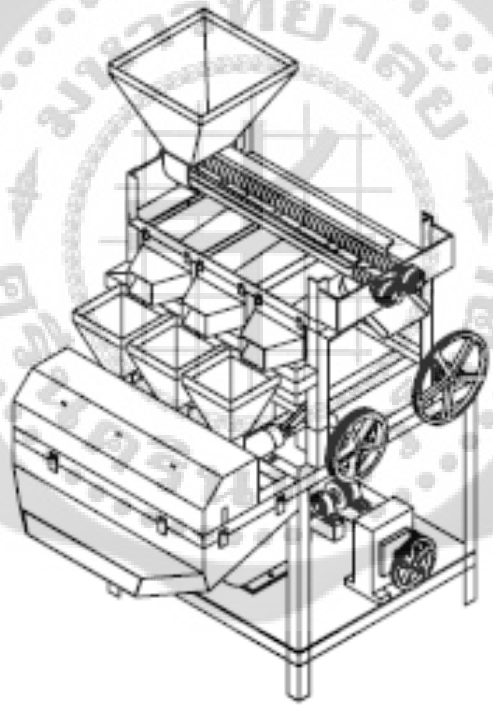
ภาพประกอบ 13 ภาพผลหมากที่ผ่าด้วยมือ

ภาคผนวก ซ

คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

คู่มือการใช้งาน

เครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



จัดทำโดย

นางสาว นัสสรา มีอินทร์

สาขาวิชา อุตสาหกรรมศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

การใช้งานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของชุดคัดแยกขนาดและชุดใบมีดผ่า ในคู่มือการใช้งานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก จะอธิบายเกี่ยวกับ องค์ประกอบของเครื่อง หลักการทำงานของเครื่อง ขั้นตอนการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษา

ทางผู้วิจัยหวังว่าคู่มือการใช้งานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก จะช่วยให้ผู้ใช้งานเกิดประสิทธิภาพสูงสุด มีความปลอดภัยจากการใช้งาน การดูแลรักษา และเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

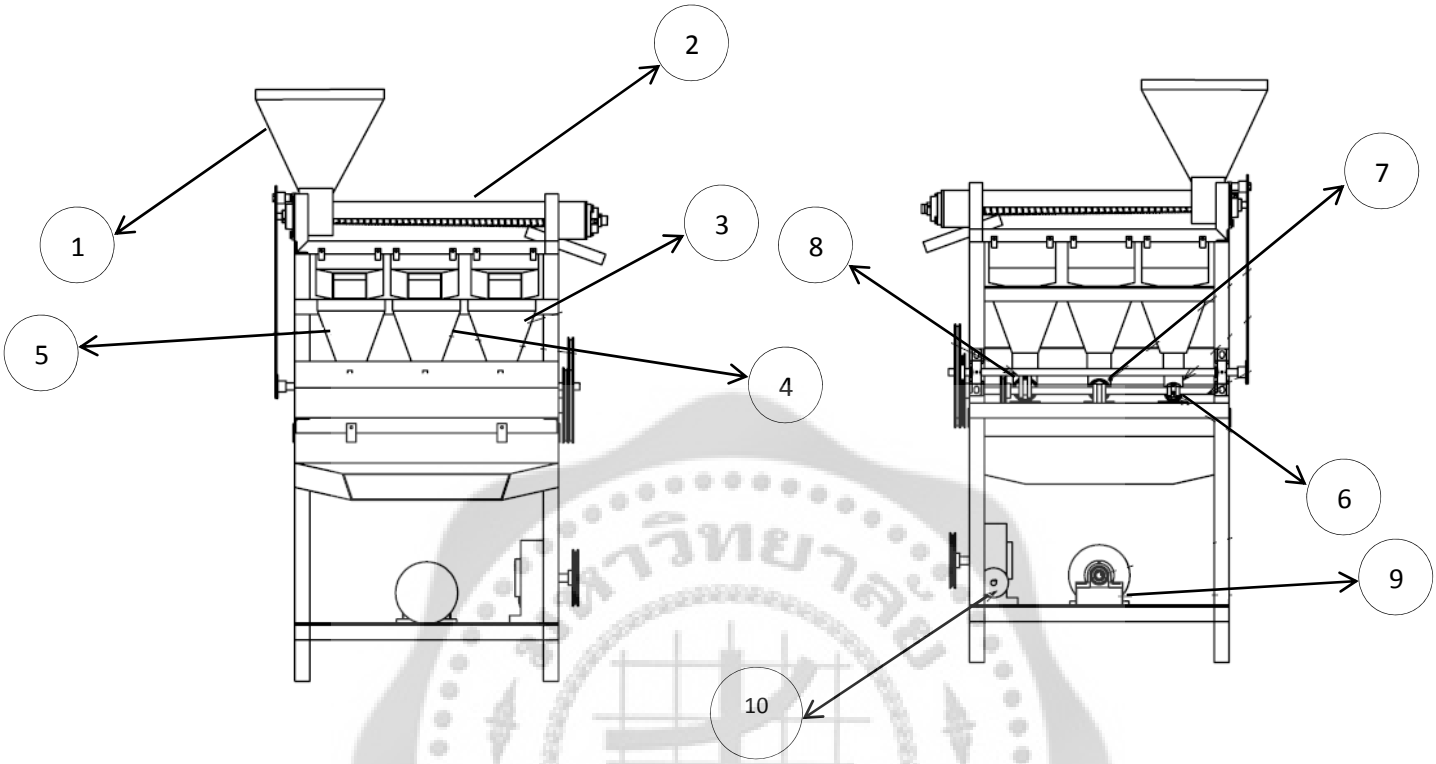
นัสสรา มีอินทร์

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

1.องค์ประกอบของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก 128
2.หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก 130
3.ขั้นตอนการใช้งาน 131
4.วิธีการบำรุงรักษาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก 135

1. องค์ประกอบของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก



หมายเลข

1. ช่องใส่ผลหมาก
2. ชุดคัดแยกขนาด
3. ช่องรับผลหมาก
4. ช่องรับผลหมาก
5. ช่องรับผลหมาก
6. ชุดใบมีดผ่า
7. ชุดใบมีดผ่า
8. ชุดใบมีดผ่า
9. มอเตอร์
10. เกียร์

2. หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก อธิบายได้ดังนี้

2.1 ชุดคัดแยกขนาด ทำหน้าที่ คัดแยกขนาดของผลหมากออกเป็น 3 ขนาด โดยผลหมากขนาดเล็กสุดจะลงในช่องรับผลหมากก่อน ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามลำดับ ก่อนเข้ากระบวนการผ่า

2.2 ชุดใบมีดผ่า ทำหน้าที่ ผ่าผลหมากออกเป็น 2 ซีก ในตำแหน่งกึ่งกลางผล โดยรับหน้าที่ต่อจากชุดคัดแยกขนาด เป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง

3. ขั้นตอนการใช้งาน

1. เตรียมผลหมาก

2. นำผลหมากที่เตรียมไว้ใส่ลงในช่องใส่ผลหมาก (HOPPER)

3. เปิดสวิทช์เพื่อเริ่มการทำงาน

4. คัดแยกขนาดผลหมาก

5. ผ่าผลหมาก

6. ผลหมากที่ผ่าด้วยเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

7. นำผลหมากที่ผ่าได้ ไปตากแดด ใช้เวลาประมาณ 2 วัน

8. เมื่อแห้งดีแล้ว สังเกตได้จากเนื้อหมากจะร่อนออกจากเปลือก

9. นำมาแกะเอาแต่เนื้อหมาก

10. หมากแห้งผ่าซีก รอการจำหน่าย

4. วิธีการบำรุงรักษาเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก

1. ก่อนใช้งานเครื่องคัดแยกขนาดและผ่าผลหมาก ควรเช็คความเรียบร้อยของใบมีดให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานหรือไม่

2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของเบรกเกอร์และสายไฟให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

3. ควรเตรียมน้ำมันหล่อลื่นไว้ใช้หยอดใส่ในตำแหน่งที่ฝืด เช่น กระบอกชุดดันผลหมาก หรือ โซ่ เป็นต้น

4. หลังใช้งานเสร็จควรทำความสะอาดใบมีดให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันไม่ให้ใบมีดเกิดสนิม

5. ตรวจสอบสายพานว่าอยู่ในสภาพตึงพร้อมใช้งาน และควรเปลี่ยนสายพานเมื่อสายพานเกิดการหย่อนไม่มีประสิทธิภาพในการใช้งาน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาว นัสสรา มีอินทร์
วันเดือนปีเกิด	6 กรกฎาคม พ.ศ.2528
ที่อยู่	119/3 ม.2 ต.วังใหม่ อ.เมือง จ.ชุมพร 86190
ตำแหน่ง	กรรมการผู้จัดการ บริษัท เอส พี เอ็น. ปาล์มออยล์ จำกัด
	69/4 หมู่11 ต.บ้านนา อ.เมือง จ.ชุมพร 86190
ประวัติการศึกษา	
ปีการศึกษา 2546	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6
	โรงเรียนสะอาดเผดิมวิทยา
ปีการศึกษา 2550	บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ปีการศึกษา 2556	การศึกษามหาบัณฑิต สาขา อุตสาหกรรมศึกษา
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ