# วิธีการออกแบบกระบวนการตัดเหล็กเส้นหมาะที่สุดสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์

โดย

นายพชรพล ธงศิลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

# วิธีการออกแบบกระบวนการตัดเหล็กเส้นหมาะที่สุดสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์

โดย
นายพชรพล ธงศิลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

# THE METHOD OF DESIGNING SUITABLE THE STEEL BAR CUTTING PROCESS FOR THE FURNITURE FACTORY

By

MR. Pacharapon THONGSILA

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Engineering ENGINEERING MANAGEMENT

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

| | |
|---|---|
| หัวข้อ | วิธีการออกแบบกระบวนการตัดเหล็กเส้นหมาะที่สุดสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ |
| โดย | นายพชรพล ธงศิลา |
| สาขาวิชา | การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต |
| อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ |

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณศรี ลีจีรจำเนียร) เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรฤทัย ชูเทียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ)

620920044 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ปัญหาการตัดหนึ่งมิติ, โปรแกรมเชิงเส้น, การสร้างสดมภ์, การเขียนโปรแกรมจำนวนเต็ม, เหล็กเส้น

นาย พชรพล ธงศิลา: วิธีการออกแบบกระบวนการตัดเหล็กเส้นหมาะที่สุดสำหรับโรงงานเฟอร์นิเจอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์

งานวิจัยนี้ได้นำปัญหาการตัดวัสดุโครงเหล็กเส้นของโรงงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งเป็นวัสดุเชิงเส้น งานวิจัยนี้จึงมีการออกแบบวิธีการตัดเหล็กเส้นที่เหมาะสมเพื่อลดเศษวัสดุรวมไปถึงต้นทุนการผลิต โดยใช้วิธีแก้ปัญหาการตัดแบบหนึ่งมิติ (One-dimension cutting stock problem) จากปัญหาของโรงงานพบว่าการตัดเหล็กเส้นตามความยาวต่าง ๆ ส่งผลให้มีปริมาณเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้ของเหล็กเส้นหน้าตัด A รวม 4 สัปดาห์ 3,911.2 ซม. ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programing, LP) โดยใช้วิธีการสร้างสดมภ์ (Column generation) ในการออกแบบรูปแบบตัดเหล็กเส้น ความยาวมาตรฐาน 600 ซม. รวมถึงการนำเหล็กเส้นคงเหลือที่อยู่ในคลังมาใช้และนำสินค้าที่มีการใช้เหล็กหน้าตัดเดียวกันในแต่ละสัปดาห์นำมาตัดพร้อมกัน พบว่าสามารถลดปริมาณเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้รวม 4 สัปดาห์เหลือเพียง 2,404.9 ซม. ประหยัดเหล็กเส้นตั้งต้นได้ถึง 8 เส้นต่อ 4 สัปดาห์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

620920044 : Major ENGINEERING MANAGEMENT
Keyword : One-dimension cutting stock, linear programming, column generation, integer programming, steel bar

MR. Pacharapon THONGSILA : The method of designing suitable the steel bar cutting process for the furniture factory Thesis advisor : Assistant Professor KANATE PUNTUSAVASE, Ph.D.

This research has applied the problem of cutting steel bars in Linear materials of the furniture factory. Therefore, this research has designed a suitable steel bar cutting method to reduce material waste as well as production costs by using a one-dimensional cutting solution (One-dimension cutting stock problem). From the problems of the factory, it was found that the employees in the process of cutting use experience in cut pattern design. Affect to total scrap of 4 weeks for steel type A result in up to 3,911.2 cm. The researcher has designed a linear program (LP) by using the column generation method to design the cutting pattern of standard size 600 cm and scrap steel bar. It was found that the amount of total 4 weeks of waste material was reduced to only 2,404.9 cm. This method can save new steel bars for 8 bar/4 weeks.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คเณศ พันธุ์สวาสดิ์ ที่คอยให้คำแนะนำ ทั้งยังถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ หลักการ รวมทั้งแนวคิด และคอยผลักดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรฤทัย ชูเทียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้ผ่านไปได้อย่างราบรื่น และขอขอบพระคุณบุคลากรบริษัท เฟฮู ดีไซน์ จำกัด ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

นาย พชรพล ธงศิลา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# สารบัญ

**หน้า**


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 3

1.3 กรอบแนวคิดของงานวิจัย ..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

บทที่ 2 หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 4

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Problem Theory) ..... 4

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของปัญหากระบวนการตัดและการบรรจุ ( Cutting and Packing Problem Theory) ..... 4

2.3 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) สำหรับแบบจำลองทั่วไปของปัญหาการตัดแบบหนึ่งมิติ (One-dimension cutting stock) ..... 6

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 7

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย ..... 11

3.1 ศึกษาวิธีการออกแบบการเหล็กเส้นโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน ..... 11

3.2 การสร้างโปรแกรมออกแบบการตัดโดยใช้สมการเชิงเส้น ..... 13

บทที่ 4 ผลการทดลอง ..... 19

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ ..... 22
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน ..... 22
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 22
รายการอ้างอิง ..... 2
ประวัติผู้เขียน ..... 5

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตารางที่ 1 ข้อมูลการใช้เหล็กเส้นใหม่และเศษวัสดุ ..... 12
ตารางที่ 2 ข้อมูลเหล็กเส้นที่ใช้ในการตัด ..... 12
ตารางที่ 3 ข้อมูลความยาวและจำนวนที่ต้องการตัด ..... 13
ตารางที่ 4 ตัวอย่างการรวมระยะใบเลื่อย ..... 15
ตารางที่ 5 ตัวอย่างการสร้างรูปแบบการตัดของคำสั่งงานเหล็กหน้าตัด A สัปดาห์ที่ 1 ..... 15
ตารางที่ 6 เงื่อนไขที่ 1 จำนวนการตัด ..... 16
ตารางที่ 7 เงื่อนไขที่ 3 จำนวนครั้งในการตัดเหล็กในคงคลัง ..... 17
ตารางที่ 8 เศษวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้งานได้ของเหล็กเส้นชนิด A ..... 19
ตารางที่ 9 เศษวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้งานได้ของเหล็กเส้นชนิด B ..... 19
ตารางที่ 10 จำนวนเหล็กเส้นใหม่ที่ใช้ของเหล็กหน้าตัด A ..... 20
ตารางที่ 11 จำนวนเหล็กเส้นใหม่ที่ใช้ของเหล็กหน้าตัด B ..... 20
ตารางที่ 12 จำนวนเงินต้นทุนที่สามารถลดได้ต่อ 1ปี ..... 21

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# สารบัญรูปภาพ

**หน้า**

ภาพที่ 1 คลังจัดเก็บเหล็กเส้นหน้าตัดต่าง ๆ ..... 2
ภาพที่ 2 เศษวัสดุทที่เหลือจากการตัดรวม 4 สัปดาห์ ..... 2
ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดงานวิจัย ..... 3
ภาพที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการตัด ..... 8
ภาพที่ 5 การแบ่งความยาวในการตัด ..... 11
Figure 6 ..... 13
ภาพที่ 7 ตัวอย่างโปรแกรมออกแบบการตัด ..... 14
ภาพที่ 8 ภาพวิธีการประยุกต์สดมภ์ในการออกแบบรูปแบบการตัด ..... 16
ภาพที่ 9 ภาพวิธีการประยุกต์สมการจำนวนเต็มเชิงเส้นสำหรับการออกแบบรูปแบบการตัด ..... 17
ภาพที่ 10 การนำสมการและเงื่อนไขมาใส่ Solver ..... 18

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ถือเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำของอุตสาหกรรมแปรรูปเหล็ก ซึ่งจะมีกลุ่มลูกค้าเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมบริการ ได้แก่ โรงแรม และรีสอร์ท รวมถึงเครื่องเรือนทั่วไปในกลุ่มครัวเรือน ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกบริโภคเฟอร์นิเจอร์ในผู้บริโภคกลุ่มโรงแรม และรีสอร์ท มักแปรผันตรงกับคุณภาพที่ได้มาตรฐาน ความทันสมัย และความเหมาะสมต่อการตกแต่ง ทั้งในด้านขนาดและการออกแบบสินค้าเฟอร์นิเจอร์ให้ทันตามความนิยมของ ลูกค้า และคู่แข่งทางการค้า เพื่อเป็นการสร้างภาพลักษณ์ และประสบการณ์ที่ดีแก่กลุ่มลูกค้าที่เข้ารับบริการภายในโรงแรม ซึ่งจะส่งผลให้จำนวนของผู้เข้ารับบริการ และสร้างมูลค่าการเข้าพักที่สูง โดยจากรายงาน (เอลิษา ไทยสิทธา,2561) ระบุว่า การเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสม และมีสินค้าอุปโภคที่จำเป็นเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้เข้ารับบริการ จะช่วยสร้างความพึงพอใจและแสดงรสนิยมของผู้เข้ารับบริการ อีกทั้งการเลือกเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสมมาประกอบฉากในการถ่ายรูป และลงโซเชียลมีเดียของกลุ่มผู้เข้ารับบริการถือเป็นการช่วยประชาสัมพันธ์อีกช่องทางหนึ่งของโรงแรม และรีสอร์ท

ผลิตภัณฑ์ในโรงงาน มีแนวโน้มเติบโตในตลาดมากขึ้น เนื่องจากมีรูปทรงทันสมัยและมีความแข็งแรงทนทาน และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ส่งเสริมให้ภาพลักษณ์ของโรงแรมดูดีขึ้น แตกต่างจากการใช้เฟอร์นิเจอร์ไม้หรือผ้าร่มในอดีต ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาศทางการค้าของโรงแรมต่าง ๆ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วส่งผลให้ราคาเฟอร์นิเจอร์ปรับลดลง รวมถึงคู่แข่งทางการค้าเข้ามาในตลาดมากขึ้น โรงงานจึงต้องมีการควบคุมต้องทุนการผลิตและคุณภาพของสินค้า ส่วนประกอบหลักของเฟอร์นิเจอร์ประกอบไปด้วย ผ้าคลุมเบาะ เหล็กเส้น และเบาะโฟม หากทางโรงงานต้องการควบคุมต้นทุนการผลิต เหล็กเส้นมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีราคาต้นทุนสูง และคำสั่งซื้อ ของลูกค้าในแต่ละคำสั่งซื้อจะมีขนาดความยาวไม่เท่ากัน โรงงานจึงต้อง มีการออกแบบวิธีการตัดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้เกิดเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้น้อยที่สุดซึ่งเป็นปัญหาทางวิศวกรรม

**ภาพที่ 1** คลังจัดเก็บเหล็กเส้นหน้าตัดต่าง ๆ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งมีเหล็กเส้นหลากหลายรูปแบบดังภาพที่ 1 จากปัญหาในกระบวนการตัดเหล็กเส้นพบว่าพนักงานไม่มีการคำนวณระยะใบเลื่อยขนาด 4 มิลลิเมตร และใช้ความชำนาญในการตัดโดยเริ่มตัดตามความยาวที่ยาวที่สุดก่อน เศษที่เหลือนำมาตัดตามความยาวที่สามารถตัดได้ตามลำดับ ซึ่งผลจากการสำรวจการออกแบบการตัดเหล็กชนิด A รวม 4 สัปดาห์ของพนักงานชำนาญงานผู้วิจัยสรุปได้ว่า ต้องใช้เหล็กเส้นตั้งต้นทั้งหมด 146 เส้น จากภาพที่ 2 เกิดเศษที่เหลือจากการตัดเท่ากับ 3,380.2 ซม.

**ภาพที่ 2** เศษวัสดุทที่เหลือจากการตัดรวม 4 สัปดาห์

ปัญหาในกระบวนการตัดเหล็กเส้นจัดเป็นหนึ่งในปัญหาการตัดวัสดุเชิงเส้นแบบหนึ่งมิติ (One-dimension cutting stock problem) โดยการนำโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programing) และการออกแบบโปรแกรมจำนวนเต็ม (Integer programing)[1] มาใช้ในการสร้างวิธีการออกแบบการตัดเหล็กเส้น ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาต้นทุนสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงปี 2564 ถึง ปี 2565 ซึ่งเหล็กเส้นเป็นวัตถุดิบที่มีราคาต่อหน่วยสูงที่สุดในกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ เพื่อลดเศษเหลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดต้นทุน

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีแก้ปัญหาการตัดเหล็กเส้นอลูมิเนียมโดยใช้วิธีการ One-Dimensional Cutting Stock problem

1.2.2 เพื่อสร้างโปรแกรมการหาวิธีตัดเหล็กเส้นในความยาวต่าง ๆ

1.2.3 เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อเหล็กเส้น และลดระยะเวลาทำงานที่ไม่จำเป็น

**1.3 กรอบแนวคิดของงานวิจัย**

**ภาพที่ 3** กรอบแนวคิดงานวิจัย

**1.4 ข้อจำกัด**

1.4.1 ความยาวของเหล็กเส้นที่ตัดไม่เท่ากันในแต่ละการสั่งซื้อเนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนขนาดของชิ้นงานขึ้นอยู่กับการออกแบบสินค้าของลูกค้า ทำให้มีรูปแบบการตัดที่ต่างกัน

1.4.2 ความยาวเหล็กมาตรฐาน 600 ซม.

1.4.3 ไม่มีการวางแผนการตัด เนื่องจากใช้ประสบการณ์

1.4.4 ในทุกการตัดจะเกิดการสูญเสียความยาวจากใบมีด 4 มิลลิเมตร

1.5 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.5.1 ลดต้นทุนการสั่งซื้อเหล็กเส้น และลดจำนวนเศษเหลือของเหล็กเส้นที่ไม่สามารถนำมาใช้ต่อได้

1.5.2 สามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณการตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 สามารถออกแบบวิธีการตัดสินค้ารวมกันได้มากกว่า 1 คำสั่งซื้อในการตัดแต่ละครั้ง

1.5.4 สามารถนำเหล็กเส้นคงเหลือจากกระบวนการตัดครั้งก่อนหน้านำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

# บทที่ 2
# หลักการทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของปัญหาการตัดวัสดุ รวมไปถึงการอธิบายนิยาม รูปแบบและประเภทของปัญหาที่เกี่ยวข้อง แบบจำลองตัวอย่างของปัญหา และวิธีการคำนวณความยาวของเหล็กเส้นตามการสั่งซื้อที่ลูกค้ากำหนด อีกทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างโปรแกรมออกแบบการตัดเหล็กเส้นที่มีประสิทธิภาพ โดยประกอบไปด้วยหัวข้อหลักๆ ดังนี้

## 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการตัดวัสดุ (Cutting Problem Theory)

ปัญหาการตัดวัสดุ(Cutting Problem) คือส่วนหนึ่งในปัญหาหลักของปัญหาการตัดและจัดเก็บ (Cutting and Packing Problems: C&P) ที่มีรูปแบบปัญหาคล้ายกันคือการแบ่งและการจัดเก็บที่มีเศษเหลือจากกระบวนการนั้น โดยพิจารณาปัญหาต่าง ๆ ได้เป็นกลุ่มย่อยจำนวนมาก อาทิ เช่น ปัญหาการจัดเรียงสิ่งของในกระเป๋าเป้ (Knapsack Problems), ปัญหาการบรรจุสิ่งของลงในกล่อง (Bin Packing Problems), ปัญหาการจัดเรียงยานพาหนะ รวมไปถึงตู้คลังสินค้า (Vehicle Loading and Container Loading) เป็นต้น ซึ่ง Dyckhoff (1990) ได้กล่าวถึงปัญหาการตัดวัสดุที่มีหลากหลายรูปแบบจึงสามารถแบ่งกลุ่มใหญ่ ๆ ได้เป็นมิติ ตั้งแต่ 1 มิติ, 2มิติ หรือมากกว่า ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาขอบเขตหัวข้อวิจัยเป็นวัตถุ 1 มิติเท่านั้น [2]

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของปัญหากระบวนการตัดและการบรรจุ ( Cutting and Packing Problem Theory)

Dyckhoff (1990) ได้แบ่งปัญหาตัดและจัดเก็บ (Cutting and Packing Problems: C&P) สามารถแบ่งออกได้หลากหลายรูปแบบมี ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 4 ประการ [3] ดังต่อไปนี้

2.2.1. วัตถุในมิติต่าง ๆ (Dimensionality) แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก

2.2.1.1 วัตถุในรูปแบบ 1 มิติ (One-dimension)

2.2.1.2 วัตถุในรูปแบบ 2 มิติ (Two-dimension)

2.2.1.3 วัตถุในรูปแบบ 3 มิติ (Three-dimension)

2.2.1.4 วัตถุในรูปแบบ 3 มิติขึ้นไป (N-dimensional)

2.2.2 การมอบหมายงานที่เหมาะสมกับปัญหาการตัดวัตถุ โดยจะมีการระบุวัตถุชิ้นใหญ่หรือชิ้นเล็กแบ่งเป็น 2 รูปแบบ

2.2.2.1 การมอบหมายวัตถุชิ้นใหญ่ โดยมีเงื่อนไขการแบ่งออกเป็นชิ้นเล็กให้ได้มากที่สุด

2.2.2.2 การมอบเป้าหมายวัตถุขนาดเล็ก โดยมีเงื่อนไขในการใช้วัตถุขนาดใหญ่ให้น้อยที่สุด

2.2.3 วัตถุขนาดใหญ่ สามารถแบ่งเป็น 3 ขนาด

2.2.3.1 มีวัตถุขนาดใหญ่ขนาดเดียวชิ้นเดียว

2.2.3.2 มีวัตถุขนาดใหญ่จำนวนหลายชิ้น และมีขนาดเท่ากัน

2.2.3.3 มีวัตถุขนาดใหญ่จำนวนหลายชิ้น มีขนาดแตกต่างกัน

2.2.4 วัตถุขนาดเล็ก สามารถแบ่งเป็น 4 ขนาด

2.2.4.1 มีวัตถุขนาดเล็กจำนวนน้อย และขนาดต่างกัน

2.2.4.2 มีวัตถุขนาดเล็กจำนวนมาก และขนาดต่างกัน

2.2.4.3 มีวัตถุขนาดเล็กจำนวนมากในแต่ละขนาดที่ต่างกัน

2.2.4.4 มีวัตถุขนาดจำนวมากเพียงขนาดเดียว

หากพิจารณาแบ่งประเภทตามที่กำหนดระบบขึ้นนี้ จะกล่าวได้ว่าวัตถุในรูปแบบ 1 มิติที่มีการมอบหมายวัตถุชิ้นใหญ่ โดยมีเงื่อนไขการแบ่งออกเป็นชิ้นเล็กให้ได้มากที่สุด วัตถุชิ้นใหญ่มีขนาดเท่ากันจำนวนหลายชิ้นนำมาแบ่งออกเป็นวัตถุขนาดเล็กจำนวนมากที่มีขนาดแตกต่างกัน จัดเป็นปัญหาการตัดแบบ 1 มิติ (One-dimensional cutting stock problem, 1D-CSP) ซึ่งเป็นเป้าหมายและขอบเขตของการวิจัยนี้ หรือเรียกว่าปัญหาการตัดวัสดุทั่วไปเชิงเส้น (Classical One-dimension cutting stock problem) สามารถกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาเชิงเส้นวัตถุคงคลังแบบ 1 มิติ ซึ่งมีวัตถุขนาดใหญ่ความยาวมาตรฐานอย่างจำนวนไม่จำกัด โดยมีคำสั่งงานตัดวัตถุนี้ออกเป็นวัตถุท่อนเล็กที่จำนวน n ที่มีความยาวต่างกัน $(L_1, L_2, L_3, \dots, L_n)$ และในความยาวที่แตกต่างกันตามความต้องการมีวัตถุเล็กเป็นจำนวนมาก$(B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)$ ตามลำดับแผนการตัด หรือรูปแบบการตัด (Cutting pattern) วัตถุชิ้นใหญ่ออกเป็นวัตถุชิ้นเล็กขนาดต่าง ๆ ต้องมีความยาวรวมไม่เกินความยาวของวัตถุขนาดใหญ่มาตรฐาน ซึ่งมีแบบแผน การตัดแบบที่ $j$ ใด ๆ คือ $A_j = a_{1j}, a_{2j}, a_{3j}, \dots, a_{nj}$ โดยที่ $A_{ij}$ คือจำนวนท่อนของวัตถุขนาดเล็กที่ตัดตามความยาว $L_i$ ดังนั้น $a_{ij}$ จึงต้องเป็นจำนวนเต็มและมีค่าเริ่มต้นตั้งแต่ศูนย์ขึ้นไป รูปแบบการตัดวัตถุตามแบบแผนนี้มีโอกาศทำให้เกิดเศษวัตถุขนาดเล็ก (Trim losses) ($T_j$) ที่มีความยาวไม่ตรงตามกำหนด ความยาวในการตัดที่สั้นที่สุดในคำสั่งงาน $(0 < T_j < \text{Min}[T_i])$ เป็นข้อกำหนดเป้าหมายของการแก้ปัญหาเพื่อออกแบบรูปแบบแผนการตัดที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลให้เกิดเศษวัตถุจากการตัดน้อยที่สุด [4]

**2.3 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) สำหรับแบบจำลองทั่วไปของปัญหาการตัดแบบหนึ่งมิติ (One-dimension cutting stock)**

ประยุกต์การสร้างโปรแกรมแก้ปัญหาการตัดวัตถุและปัญหาเชิงเส้นสามารถนำเทคนิคการสร้างสดมภ์ในการช่วยค้นหารูปแบบการตัดใหม่ หลักการเริ่มต้นจากการประเมิณปัญหาหลัก และข้อจำกัดของปัญหาเพื่อกำหนดตัวแปรหลักเป็นตัวแปรตัดสินใจ โดยปัญหาการตัดเชิงเส้นสามารถกำหนดเงื่อนไขผลรวมความยาวของวัตถุขนาดเล็กที่ตัดต้องมีความยาวรวมไม่เกินต้องมีความยาวรวมของวัตถุดิบขนาดใหญ่มาตรฐาน โดยปัญหาจะถูกสร้างรูปแบบการตัดที่ได้รับ [5]

2.3.1 สมการทั่วไป

สมการสำหรับตัวแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็ม โดยแสดงรูปแบบสมการโปรแกรมเชิงเส้น สามารถประยุกต์ได้ดังนี้ [6]

สมการเป้าหมาย

$$Minimize \sum_{j=1}^{m} w_j x_j \qquad (1)$$

เงื่อนไข

$$\sum_{j=1}^{m} x_j\, a_{ij} \geq D_i, = 1,2,3, \dots n \qquad (2)$$

$x_j \geq 0$ และเป็นจำนวนเต็ม (3)

โดยที่

$x_j$ = จำนวนวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน ($L_j$) ที่ใช้ในการตัด

$w_j$ = จำนวนเศษวัตถุดิบที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่ $j$

$a_{ij}$ = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาวที่ต้องการ $l_i$โดยตัดจากขนาดมาตรฐานเส้นที่ $L_j$

$D_i$ = จำนวนความต้องการของขนาดความยาว $l_i$

$n$ = จำนวนความหลากหลายของความยาว $l_i$

$m$ = จำนวนความหลากหลายของขนาดมาตรฐาน $L_j$

สมการที่ (1) แสดงสมการวัตถุประสงค์ (Objective function) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาคำตอบที่ให้เกิดจำนวนวัสดุสุงสุดจากการตัด อสมการที่ (2) และ (3) แสดงถึงข้อจำกัด (Constraint) ของแบบจำลอง โดยอสมการที่ (2) หมายถึงภายใต้จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว $l_i$โดยตัดจากขนาดมาตรฐาน $L_j$ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ $D_i$ในทำนองเดียวกัน สำหรับอสมการที่ (3) จำนวนวัตถุดิบมาตรฐานต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0 และเป็นจำนวนเต็ม

2.3.2 การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation)

การสร้างโปรแกรมแก้ปัญหาการตัดวัตถุและปัญหาเชิงเส้นสามารถนำเทคนิคการสร้างสดมภ์ในการช่วยค้นหารูปแบบการตัดใหม่ หลักการเริ่มต้นจากการประเมิณปัญหาหลัก และข้อจำกัดของปัญหาเพื่อกำหนดตัวแปรหลักเป็นตัวแปรตัดสินใจ [7] ปัญหาการตัดเชิงเส้นสามารถกำหนดเงื่อนไขผลรวมความยาวของวัตถุขนาดเล็กที่ตัดต้องมีความยาวรวมไม่เกินต้องมีความยาวรวมของวัตถุดิบขนาดใหญ่มาตรฐาน โดยปัญหาจะถูกสร้างรูปแบบการตัดที่ได้รับการปรับแก้ซ้ำจนกว่าจะไม่สามารถสร้างรูปแบบการตัดใหม่ได้ [8]

สมการสร้างรูปแบบการตัด

$$\Sigma l_i a_{ij} \leq L_j \qquad (4)$$

โดยที่ $l_i$ คือขนาดความยาวที่ต้องการตัดความยาวที่ i

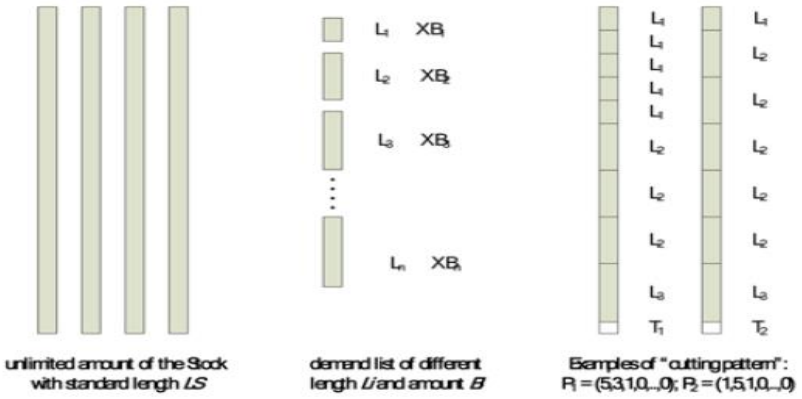
$a_{ij}$ คือจำนวนครั้งที่ที่ตัดความยาวที่ i จากความยาวมาตรฐาน $L_j$

**2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

2.4.1 ปัญหาการตัด (Cutting Stock Problem (CSP))

ปัญหาการตัดถูกจัดเป็นปัญหาประเภทหนึ่งของปัญหาการตัดและการบรรจุ(Cutting and Packing Problems) (Dyckhoff, 1990; Wäscher et al.,2007) กล่าวปัญหาการตัดถูกพบอย่างหลากหลายในโรงงานอุตสาหกรรมรวมไปถึงการก่อสร้าง ปัญหานี้จึงดึงดูดความสนใจของเหล่านักวิจัยมานานหลายสิบปี [1]

ปัญหาการตัด 1 มิติ (One Dimensional Cutting Stock Problem (1D-CSP)) คือการพบปัญหาในกระบวนการตัดที่มีวัตถุประสงค์ต้องการให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบตั้งต้นน้อยที่สุด จากภาพที่ 3 พบว่าแผนผังวิธีการตัดของ 1D-CSP โดยวัตถุดิบตั้งต้นมีความยาวมาตรฐานแต่มีความต้องการสินค้าที่ไม่จำกัด ความต้องการของสินค้าที่แตกต่างกันทั้งหมดจะถูกนำมาแก้ไขดังภาพที่ 4




**ภาพที่ 4** ตัวอย่างการออกแบบวิธีการตัด

การแบ่งประเภทของสินค้าที่ประกอบไปด้วยจำนวนและความยาวที่แตกต่างกัน Dyckhoff (1990) แบ่งประเภทของปัญหาเหล่านี้เป็น (1 : V : I : M) หรือ Wäscher et al.(2007) เป็นปัญหาการบรรจุถังที่มีถังขนาดเดียว ( Single Bin Size Bin Packing Problem (SBSBPP)) อย่างไรก็ตาม โครงการก่อสร้างที่มีหลายขนาดและหลายการประเภทการแบ่งประเภทของปัญหาจะแตกต่างกันออกไปแต่ควรจะอยู่ในขอบเขต (1:V:I:M) หรือ (1:V:I:R) (Dyckhoff,1990); หรือ SBSBPP (Wäscher et al., 2007).

ในงานวิจัยนี้จะเน้นปัญหาในประเภท (1 : V : I : M) หรือปัญหาการตัด 1 มิติ (One Dimensional Cutting Stock Problem (1D- CSP)) วิธีการแก้ไขปัญหาในรูปแบบ (1/V/I/M) โดยการออกแบบวิธีการตัดเพื่อตอบสนองความต้องการ Gilmore and Gomory (1961, 1963) เป็นผู้บุกเบิกที่เสนอวิธีการแก้ปัญหาและลดความตึงเครียดในการเขียนโปรแกรมจำนวนเต็มและความล่าช้าในการสร้างรูปแบบ เพื่อที่เอาชนะความยากในการใช้ Integer programming โดยใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming) Hinterding et al.(1994) กล่าวว่าโปรแกรมเชิงเส้นเหมาะสำหรับปัญหาที่ง่าย ซึ่งมีคำสั่งซื้อขนาดเล็กหลายๆคำสั่ง Vahrenkamp (1996) เสนอวิธี Random Search method เพื่อสร้างรูปแบบการตัดที่มีประสิทธิภาพเท่าที่จะใช้เป็นจำนวนจำกัด เขาถือว่ารูปแบบการตัดใด ๆ ต่างก็มีประสิทธิภาพ ถ้าหากมันสูญเสียการตัดแต่งน้อยกว่าความยาวที่ต้องการที่สั้นที่สุดและเป็นการตัดที่ยังยอมให้เสียไปได้ อีกประเด็นหนึ่งของวิธี Pattern-based approach คือเวลาที่ใช้ในการสร้างรูปแบบการตัด Sequential Heuristic Procedure (SHP) (Haessler and Sweeney, 1991) สร้างหนึ่งในรูปแบบที่เรียกได้ว่ามีประสิทธิภาพในการจะสร้างแบบต่อช่วงเวลาหนึ่งและประยุกต์รูปแบบให้ได้มากที่สุดในแต่ละครั้ง

จากนั้นได้พัฒนาความต้องการที่เหลือและสร้างรูปแบบการตัดที่มีประสิทธิภาพอีกอันหนึ่งขึ้นมาใหม่ โดยทำซ้ำขั้นตอนเหล่านี้จนกว่าจะตอบสนองความต้องการทั้งหมดได้ SHP ให้ผลลัพธ์ที่ไม่สอดคล้องกันอย่างยิ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบที่สร้างขึ้นในแต่ละครั้ง เนื่องจากวิธีการบางอย่างต้องการการเตรียมชุดของรูปแบบนั้น ๆ ในครั้งเดียวล่วงหน้าแล้วถึงจะใช้มันได้ Salem et al. (2007) ใช้อัลกอริทึมจาก Pierce (1964) เพื่อสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้ที่มีประสิทธิภาพ จากนั้นพวกเขาใช้มันเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ อีกแนวทางการแก้ปัญหาหนึ่ง คือ Item-based approach มันจัดเรียงรูปแบบการตัด โดยพิจารณาแต่ละความต้องการในรายการ ณ เวลาในขณะนั้น

สำหรับItem-based approachนั้น Coffman et al. (1984) แนะนำ Heuristic หลายวิธีที่ถูกสร้างขึ้น ได้แก่ First fit decreasing (Coffman et al. 1984), Best fit decreasing (Coffman et al. 1984), Next-fit decreasing (Coffman et al. 1984), การออกแบบแผนการตัดที่มีประสิทธิภาพดี (Pierce 1964 ) อัลกอริทึมเหล่านี้เรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถให้ทางออกที่ดีมากแม้ว่าจะไม่เหมาะสมก็ตาม Gradisar et al. (1997; 1999) ได้พัฒนารูปแบบการตัดซึ่งสัมพันธ์กับของที่อยู่ในคลัง หากของที่อยู่ในคลังมีอุปทานไม่เพียงพอ วิธีการแก้ปัญหาของพวกเขาขึ้นอยู่กับItem-based approachโดยใช้อัลกอริทึมที่กำหนดเอง ส่วนขยายอื่น ๆ ในแบบจำลองการตัด เช่น ปัญหาความต่อเนื่องซึ่งพิจรณาลำดับการตัดเพื่อลดจำนวนงานค้าง (Yanasse and Pinto Lamosa, 2007; Liang et al., 2002) Gramani and França (2006) รวบรวมปรับขนาดใบสั่งงานและวางแผนการผลิตไว้ในแบบจำลองการออกแบบรูปแบบตัด Reinertsen and Vossen (2010) และรวบรวมวันครบกำหนดของคำสั่งซื้อในแบบจำลองGramani and França และ Reinertsen and Vossen แสดงให้เห็นว่าแผนการตัดต้องเป็นไปตามวันครบกำหนด ในบางครั้งมีความสำคัญมากเสียกว่าการสูญเสียจากกระบวนการตัด Reinertsen and Vossen ระบุว่าเศษวัตถุดิบบางชิ้นสามารถนำไปใช้ในคำสั่งซื้ออื่นต่อไปได้ ดังนั้นของเหลือเหล่านี้ไม่ควรถูกจำแนกให้เป็นขยะควรถูกจำแนกเป็นของเสียจากกระบวนการตัด จึงมีความเหมาะสมแก่การประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ [1]

2.4.2 ตัวอย่างปัญหาตัวอย่างการตัดเหล็กรางรถไฟ

(Huseyin, 2018) เริ่มศึกษาวิธีการออกแบบการตัดเหล็กรูปตัว H สำหรับรางรถไฟ โดยกำหนดให้มีความยาวเหล็กตั้งต้นที่มีขนาดมาตรฐานขนาด 80 นิ้วเท่ากัน ได้คำสั่งในการตัดเหล็กซึ่งประกอบด้วยความยาวที่แตกต่างกัน 5 ขนาด และจำนวนท่อนที่ต้องการ[9] หาวิธีการตัดเหล็กรางรถไฟตามคำสั่งตัดให้เหลือเศษน้อยที่สุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตผลที่ได้คือผู้วิจัยสามารถใช้

ออกแบบการตัดเหล็กรูปตัว H ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นในงานวิจัยนี้สามารถนำรูปแบบการตัดที่มีคำสั่งงานในการตัดเหล็กหลายขนาดรวมกันได้ [6]

2.4.3 ปัญหาตัวอย่างการตัดเหล็กในโรงงานอุตสาหกรรม

(Tulin Aktin,2009) ได้ทำการวิจัยในอุตสาหกรรมแผนกตัดของโรงงานต้องการออกแบบการตัดเหล็กเส้นขดลวดหัวใจ โดยจะทำการตัดตามคำสั่งซื้อซึ่งจะใช้วิธีการออกแบบวิธีการตัดแบบ 1 มิติ เพื่อให้เหลือเศษลวดน้อยที่สุด จึงต้องมีการออก แบบวิธีการตัดที่มีประสิทธิภาพ ผลที่ได้ผู้วิจัยคือสามารถออกแบบโปรแกรมคำนวณการตัดเหล็กเส้นลวดที่มีประสิทธิภาพ และนำวิธีการออกแบบการตัดมาประยุกต์ใช้ได้ [10]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวของวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การสร้างโปรแกรมออกแบบการตัด และลดปริมาณเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้ซึ่งเป็นการลดต้นทุนของโรงงาน โดยงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มเงื่อนไขใหม่คือการนำเหล็กเส้นที่เหลือจากกระบวนการตัดก่อนหน้าซึ่งมีความยาวน้อยกว่าเหล็กเส้นมาตรฐานนำมาออกแบบการตัดด้วย รวมถึงการนำสินค้าต่างกันที่ใช้เหล็กหน้าตัดเดียวกันนำมาตัดรวมกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# **บทที่** 3

# วิธีดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการนำขั้นตอนวิธีหาความยาวส่วนโค้งของวงกลมมาพัฒนาร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดวัสดุแบบหนึ่งมิติ หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมออกแบบการตัด เมื่อโปรแกรมมีความถูกต้องสมบูรณ์แล้ว จึงจะจัดตั้งปัญหาเพื่อทำการทดสอบโดยเลือกปัญหาจริงจากบริษัทกรณีศึกษา เพื่อวัดประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้จากโปรแกรมออกแบบการตัด เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้จากวิธีการออกแบบการตัดจากการทำงานจริงของพนักงานผู้ชำนาญงานและเปรียบเทียบคำตอบที่ดีที่สุด ที่ได้จากวิธีการเชิงเส้น (Linear Programing) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

## 3.1 ศึกษาวิธีการออกแบบการเหล็กเส้นโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

จากการศึกษาดูงานในบริษัทกรณีศึกษา พบว่ากระบวนการออกแบบการตัดเหล็กเส้นของแผนกตัด (Cutting Process) มีขั้นตอนการออกแบบการตัดเหล็กเส้นดังนี้

3.1.1 ศึกษาวิธีการออกแบบการเหล็กเส้นโดยใช้ความชำนาญของพนักงาน

การแบ่งความยาวในการตัดตามแบบคำสั่งงานซึ่งใช้ความชำนาญของพนักงานในการออกแบบวิธีการตัดโดยไม่มีการคำนวณระยะใบเลื่อย และเริ่มตัดจากขนาดยาวที่สุดก่อน และมีเศษเหลือจึงนำมาตัดขนาดที่ตัดได้ ดังภาพที่ 5

**ภาพที่ 5** การแบ่งความยาวในการตัด

3.1.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อก่อนออกแบบการตัด

ตรวจสอบจำนวนงานในแต่ละสัปดาห์และ จำนวนเหล็กเส้นใหม่ตั้งต้นที่ใช้ รวมถึงเศษเหลือจากกระบวนการผลิต เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ดังตารางที่ 1

| ปัญหา | ใช้ความชำนาญของพนักงาน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | เศษเหลือของวัสดุตั้งต้น (cm) | | จำนวนเหล็กเส้นใหม่ที่ใช้ | |
| | Order 1 | Order2 | Order 1 | Order2 |
| เหล็กชนิด A สัปดาห์ที่ 1 | 478.4 | 324.6 | 14 | 17 |
| เหล็กชนิด B สัปดาห์ที่ 1 | 892.4 | 1074.6 | 20 | 12 |
| เหล็กชนิด A สัปดาห์ที่ 2 | 750.9 | 423.4 | 21 | 8 |
| เหล็กชนิด B สัปดาห์ที่ 2 | 476.5 | 365.1 | 16 | 8 |
| เหล็กชนิด A สัปดาห์ที่ 3 | 742.6 | 474.5 | 19 | 30 |
| เหล็กชนิด B สัปดาห์ที่ 3 | 642.4 | 578.6 | 10 | 6 |
| เหล็กชนิด A สัปดาห์ที่ 4 | 98.7 | 618.1 | 17 | 25 |
| เหล็กชนิด B สัปดาห์ที่ 4 | 976.5 | 489.4 | 19 | 10 |

**ตารางที่ 1** ข้อมูลการใช้เหล็กเส้นใหม่และเศษวัสดุ

ตรวจสอบจำนวนเหล็กเส้นคงเหลือจากกระบวนการตัดก่อนหน้าสัปดาห์ที่ 1 และใส่ข้อมูลความยาวเหล็กเส้นมาตรฐาน และข้อมูลความยาวเหล็กเส้นที่เหลือจากกระบวนการก่อนหน้ารวมถึงจำนวนที่คงเหลือ ดังตารางที่ 2

| เหล็กเส้นที่ใช้ | ความยาว(ซม.) | จำนวน(เส้น) |
|---|---|---|
| เหล็กมาตรฐาน | 600 | - |
| เหล็กในคลัง1 | 247 | 1 |
| เหล็กในคลัง2 | 97.4 | 1 |
| เหล็กในคลัง3 | 63.7 | 1 |
| เหล็กในคลัง4 | 0 | 0 |

**ตารางที่ 2** ข้อมูลเหล็กเส้นที่ใช้ในการตัด

จากตารางที่ 2 ใส่ข้อมูลความยาวเหล็กเส้นมาตรฐาน และข้อมูลความยาวเหล็กเส้นที่เหลือจากกระบวนการก่อนหน้ารวมถึงจำนวนเส้นที่คงเหลือของแต่ละความยาวในคลัง

นำข้อมูลความยาวของผลิตภัณฑ์ที่ใช้หน้าตัดร่วมกันในคำสั่งงานสัปดาห์เดียวกันมาหาจำนวนที่ต้องการตัดตามคำสั่งงานดังตารางที่ 3 ตัวอย่างคำสั่งงานเหล็กหน้าตัด A สัปดาห์ที่ 1 ประกอบด้วยสินค้า FA 0070 SF2 และ FA 0070 C ตัวอย่างตามความยาวดังนี้ 480, 450, 283, 250, 115 และ

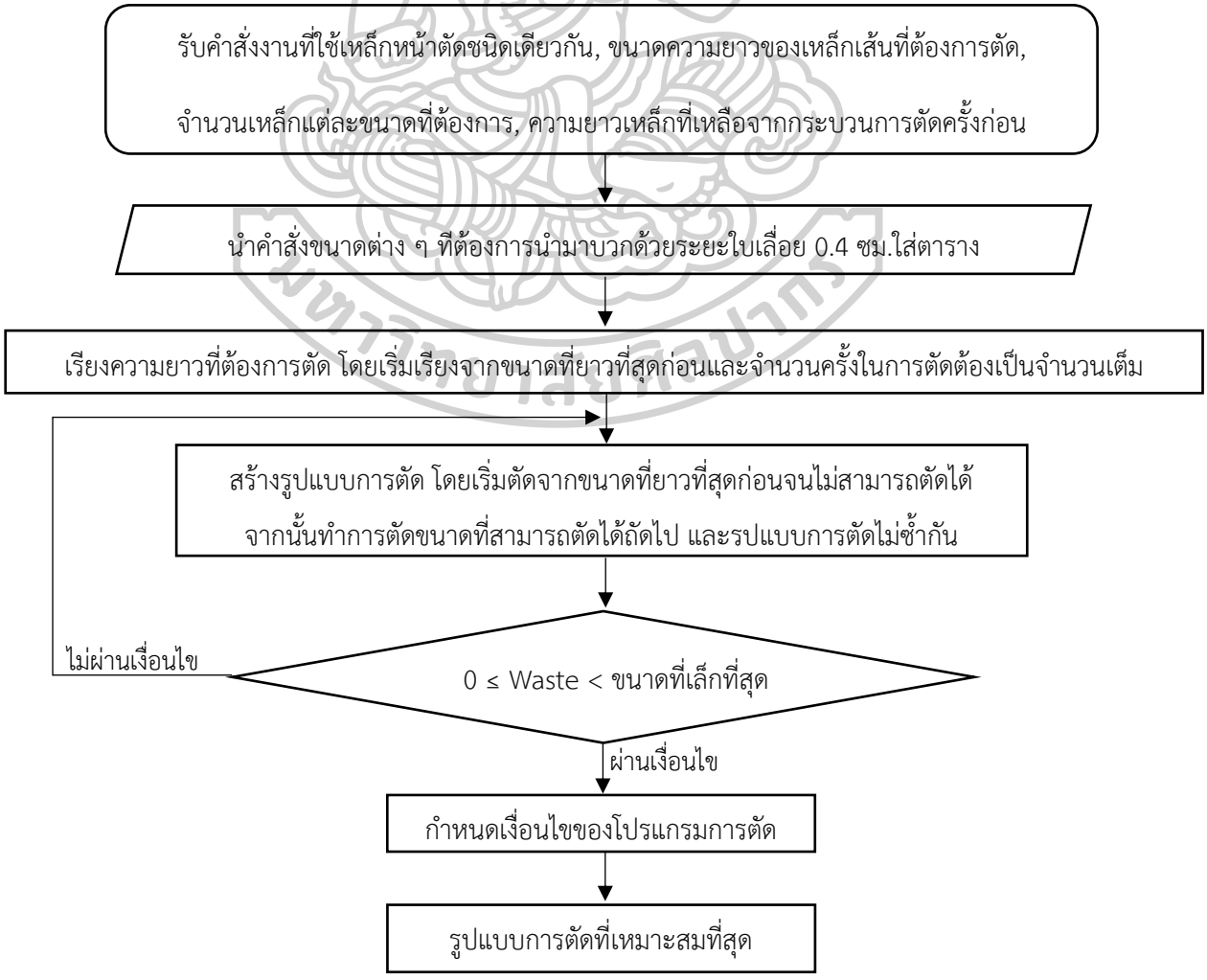
20 เซนติเมตรตามลำดับ โดยแต่ละครั้งที่มีการตัดจะสูญเสียความยาวตามใบเลื่อย 4 มิลลิเมตร และมีความต้องการจำนวน 6, 6, 12, 12, 36 และ 72 ท่อนตามลำดับ ดังตารางที่ 3

| Steel Type A | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Size (cm) | 480.4 | 450.4 | 283 | 250 | 115 | 20.4 | Order |
| FA 0070 SF | 1 | 1 | | | 2 | 6 | 6 |
| FA 0070 C | | | 1 | 1 | 2 | 3 | 12 |
| Demand | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 | |

**ตารางที่ 3** ข้อมูลความยาวและจำนวนที่ต้องการตัด

3.2 **การสร้างโปรแกรมออกแบบการตัดโดยใช้สมการเชิงเส้น**

เนื่องจากไม่มีการออกแบบก่อนในกระบวนการตัดปัจจุบัน ต้องใช้ทักษะความชำนาญในการออกแบบวางแผนและทำให้ส่งสินค้าไม่ทันจากการไม่มีแผนการตัดที่เหมาะสม ซึ่งปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาการตัดวัสดุแบบหนึ่งมิติที่มีวัสดุตั้งต้นขนาดความยาวเดียว ผู้วิจัยจึงตัดสินใจที่จะนำขั้นตอนวิธีการในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดและ มาพัฒนาร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดวัสดุแบบหนึ่งมิติ ตามแผนผังขั้นตอนการสร้างโปรแกรมดังต่อไปนี้



แผนผังขั้นตอนการสร้างโปรแกรม สามารถออกแบบโปรแกรมสำหรับการคำนวณรูปแบบการตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยมีการใส่เงื่อนไขต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 7 ซึ่งจะอธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อย่อยถัดไปตามลำดับ

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เหล็กเส้นขนาดมาตรฐาน | 600 | cm | - | Pcs | | | | | | | | |
| เหล็กในคลัง1 | 247 | cm | 1 | Pcs | | | | | | | | |
| เหล็กในคลัง2 | 97.4 | cm | 1 | Pcs | | | | | | | | |
| เหล็กในคลัง3 | 63.7 | cm | 1 | Pcs | | | | | | | | |
| เหล็กในคลัง4 | | cm | | Pcs | | | | | | | | |

| Steel Type A Week 1 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Size (cm) | 480 | 450 | 283 | 250 | 115 | 20.4 | Order |
| FA 0070 SF2 | 1 | 1 | | | 2 | 6 | 6 |
| FA 0070 C | | | 1 | 1 | 2 | 3 | 12 |
| Demand | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 | |

| Pattern | 480 | 450 | 283 | 250 | 115 | 20.4 | Waste (cm) | Roll cuts |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | | 1 | | 4.2 | 6 |
| 2 | 1 | | | | | 5 | 17.6 | 0 |
| 3 | | 1 | | | 1 | 1 | 13.8 | 0 |
| 4 | | 1 | | | | 7 | 6.8 | 6 |
| 5 | | | 2 | | | 1 | 13.6 | 3 |
| 6 | | | 1 | 1 | | 3 | 5.4 | 4 |
| 7 | | | 1 | | 2 | 4 | 4.6 | 2 |
| 8 | | | 1 | | 1 | 9 | 18 | 0 |
| 9 | | | | 2 | | 4 | 17.6 | 0 |
| 10 | | | | 1 | 3 | | 3.4 | 8 |
| 11 | | | | 1 | 2 | 5 | 16.8 | 0 |
| 12 | | | | | 5 | 1 | 2.6 | 0 |
| 13 | | | | | 4 | 6 | 16 | 0 |
| 14 | | | | | 3 | 12 | 9 | 0 |
| 15 | | | | | 2 | 18 | 2 | 0 |
| 16 | | | | | 1 | 23 | 15.4 | 0 |
| 17 | | | | | | 29 | 8.4 | 0 |
| 18 | | | | | 2 | | 16.2 | 1 |
| 19 | | | | | 1 | 6 | 9.2 | 0 |
| 20 | | | | | | 12 | 2.2 | 0 |
| 21 | | | | | | 4 | 15.8 | 1 |
| 22 | | | | | | 3 | 2.5 | 1 |

| Constraint on order | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Size (cm) | 480 | 450 | 283 | 250 | 115 | 20.4 | เหล็กเส้นในคลัง | จำนวนที่ตัด | <= | จำนวนในคลัง |
| Supply | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 | เหล็กในคลัง1 | 1 | <= | 1 |
| | >= | >= | >= | >= | >= | >= | เหล็กในคลัง2 | 1 | <= | 1 |
| Order | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 | เหล็กในคลัง3 | 1 | <= | 1 |
| Over | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | เหล็กในคลัง4 | 0 | <= | 0 |
| Waste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| จำนวนเหล็กเส้นใหม่ | = | 29 | เส้น | | | | | | | |
| Min waste | = | 199 | ซม | | | | | | | |

**ภาพที่ 7** ตัวอย่างโปรแกรมออกแบบการตัด

3.2.1 วิธีการประยุกต์สมการจำนวนเต็มเชิงเส้นสำหรับการออกแบบวิธีการตัด

ออกแบบรูปแบบที่เป็นไปได้ของการตัดตามความยาวที่ต้องการแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้สดมภ์จากสมการที่ (5) ของคำสั่งงานเหล็กหน้าตัด A สัปดาห์ที่ 1 ประกอบด้วยสินค้า FA 0070 SF2 และ FA 0070 C ตัดพร้อมกันแบ่งออกเป็น 5 ความยาวที่ต้องการบวกด้วยระยะการตัดของใบเลื่อย 0.4 ซม.แล้ว คือ 480.4ซม., 450.4ซม., 283ซม., 250.4ซม., 115.4ซม. และ 20.4 ซม. ดังตารางที่ 4

| | ขนาดที่ต้องการ | ระยะใบเลื่อย | ขนาดที่ต้องการ+ระยะใบเลื่อย |
|---|---|---|---|
| 1 | 480 | 0.4 | 480.4 |
| 2 | 282.6 | 0.4 | 283 |
| 3 | 250 | 0.4 | 250.4 |
| 4 | 115 | 0.4 | 115.4 |
| 5 | 20 | 0.4 | 20.4 |

**ตารางที่ 4** ตัวอย่างการรวมระยะใบเลื่อย

การกำหนดจำนวนครั้งในการตัดนั้น จะเริ่มจากการตัดขนาดที่ยาวสุดก่อน ยกตัวอย่างในตารางที่ 5 ; Pattern 1 เริ่มตัดจากขนาด 480.4ซม. จำนวน 1ครั้งก่อนซึ่งเศษที่เหลือขนาด 119.6ซม. ซึ่งสามารถนำมาตัดที่ความยาว 115.4 ได้อีก 1ครั้ง ทำให้เหลือเศษใน Pattern 1 ขนาด 4.2ซม. จากนั้นตัวอย่างถัดไปของ Pattern 2 เริ่มตัดจากขนาด 480.4ซม. จำนวน 1ครั้งก่อนเช่นกันซึ่งเศษที่เหลือขนาด 119.6ซม. ซึ่งสามารถนำมาตัดที่ความยาว 20.4 ได้อีก 5ครั้ง ทำให้เหลือเศษใน Pattern 1 ขนาด 17.6ซม.

สรุปได้ว่าการออกแบบการตัดต้องเริ่มตัดจากขนาดที่ยาวที่สุดก่อน จากนั้นนำเศษที่เหลือนำมาตักขนาดที่ตัดได้ถัดไปจนไม่สามารถตัดได้ และขนาดของเศษเหลือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0 และต้องน้อยกว่าขนาดที่สั้นที่สุดของขนาดที่คำสั่งงานต้องการ

| Pattern | 480.4 | 450.4 | 283 | 250.4 | 115.4 | 20.4 | Waste (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | | 1 | | 4.2 |
| 2 | 1 | | | | | 5 | 17.6 |
| 3 | | 1 | | | 1 | 1 | 13.8 |
| 4 | | 1 | | | | 7 | 6.8 |
| 5 | | | 2 | | | 1 | 13.6 |
| 6 | | | 1 | 1 | | 3 | 5.4 |
| 7 | | | 1 | | 2 | 4 | 4.6 |
| 8 | | | 1 | | 1 | 9 | 18 |
| 9 | | | | 2 | | 4 | 17.6 |
| 10 | | | | 1 | 3 | | 3.4 |
| 11 | | | | 1 | 2 | 5 | 16.8 |
| 12 | | | | | 5 | 1 | 2.6 |
| 13 | | | | | 4 | 6 | 16 |
| 14 | | | | | 3 | 12 | 9 |
| 15 | | | | | 2 | 18 | 2 |
| 16 | | | | | 1 | 23 | 15.4 |
| 17 | | | | | | 29 | 8.4 |
| 18 | | | | | 2 | | 16.2 |
| 19 | | | | | 1 | 6 | 9.2 |
| 20 | | | | | | 12 | 2.2 |
| 21 | | | | | | 4 | 15.8 |
| 22 | | | | | | 3 | 2.5 |

**ตารางที่ 5** ตัวอย่างการสร้างรูปแบบการตัดของคำสั่งงานเหล็กหน้าตัด A สัปดาห์ที่ 1

วิธีการประยุกต์สมการจำนวนเต็มเชิงเส้นจากสมการที่ (4) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในโปรแกรม Excel ได้ดังภาพที่ 8 ตัวอย่างรูปแบบการตัดที่ 1 นำความยาวเหล็กเส้นตั้งต้น ($C$2) - ความยาวรวมของการตัดในรูปแบบนั้น(SUMPRODUCT(C14:H14, $C$13:$H$13) จะเท่ากับเศษวัสดุที่เหลือในรูปแบบนั้น ๆ

| Pattern | =C8 | =D8 | =E8 | =F8 | =G8 | =H8 | Waste (cm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | | | | 1 | | =$C$2-SUMPRODUCT(C14:H14,$C$13:$H$13) |
| 2 | 1 | | | | | 5 | =$C$2-SUMPRODUCT(C15:H15,$C$13:$H$13) |
| 3 | | 1 | | | 1 | 1 | =$C$2-SUMPRODUCT(C16:H16,$C$13:$H$13) |
| 4 | | 1 | | | | 7 | =$C$2-SUMPRODUCT(C17:H17,$C$13:$H$13) |
| 5 | | | 2 | | | 1 | =$C$2-SUMPRODUCT(C18:H18,$C$13:$H$13) |

**ภาพที่ 8** ภาพวิธีการประยุกต์สดมภ์ในการออกแบบรูปแบบการตัด

จากภาพที่ 8 เป็นการผูกสูตรวิธีการประยุกต์สดมภ์ในการออกแบบรูปแบบการตัดตามสมการดังต่อไปนี้

$$l_1a_{1j} + l_2a_{2j} + +l_3a_{3j} + l_4a_{4j} + l_5a_{5j} \leq L_j \quad (5)$$

จากสมการที่ (4) สามารถนำมาประยุกต์ได้ดังสมการที่ (6) เป็นการออกแบบรูปแบบการตัดของเหล็กเส้นความยาวตั้งต้นเส้นที่ j

3.2.2 สร้างสมการและเงื่อนไขในการคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุด

สร้างเงื่อนไขที่ 1 จากอสมการที่ (2) ตารางที่ 6 คำสั่งงานจำนวนงานที่ตัด (Supply) จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนชิ้นที่ ต้องการ (Order)

| Size (cm) | 480.4 | 450.4 | 283 | 250.4 | 115.4 | 20.4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Supply | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 |
| | >= | >= | >= | >= | >= | >= |
| Order | 6 | 6 | 12 | 12 | 36 | 72 |

**ตารางที่ 6** เงื่อนไขที่ 1 จำนวนการตัด

สร้างเงื่อนไขที่ 2 จากอสมการที่ (3) จำนวนครั้งในการตัดของแต่ละรูปแบบจะต้องเป็นจำนวนเต็ม (Integer) ดังตารางที่ 7

| เหล็กเส้นที่ใช้ | จำนวนรวมที่ตัด | <= | จำนวนในคลัง |
|---|---|---|---|
| เหล็กในคลัง1 | 1 | <= | 1 |
| เหล็กในคลัง2 | 1 | <= | 1 |
| เหล็กในคลัง3 | 1 | <= | 1 |
| เหล็กในคลัง4 | 0 | <= | 0 |

**ตารางที่ 7** เงื่อนไขที่ 3 จำนวนครั้งในการตัดเหล็กในคงคลัง

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดงานก่อนหน้านำมาคำนวณด้วย โดยกำหนดข้อจำกัดคือจำนวนของผลรวมจำนวนครั้งการตัดต้องไม่เกินจำนวนเหล็กเส้นคงเหลือจากการตัดงานของคำสั่งงานก่อนหน้าดังนั้นจากตารางที่ 7 เงื่อนไขที่ 3 จำนวนครั้งในการตัดเหล็กเส้นที่เหลือจากกระบวนการก่อนหน้ารวม จะต้องไม่เกินจำนวนเหล็กเส้นที่มีในคลัง

3.2.3 การประยุกต์ใช้สมการการตัด

สร้างสมการด้วยโปรแกรม Excel จากสมการที่ (1) เพื่อให้เกิดจำนวนวัสดุสุงสุดจากการตัดโดยใช้วัสดุตั้งต้นให้น้อยที่สุด ดังภาพที่ 9

| | | | |
|---|---|---|---|
| จำนวนเหล็กเส้นมาตรฐาน | = | =SUM(K14:K30) | เส้น |
| Min waste | = | =SUMPRODUCT(K14:K35,I14:I35)+SUMPRODUCT(C42:H42,C38:H38) | ซม |

**ภาพที่ 9** ภาพวิธีการประยุกต์สมการจำนวนเต็มเชิงเส้นสำหรับการออกแบบรูปแบบการตัด

จากสมการที่ (1) จำนวนเส้นมาตรฐานคือผลรวมที่น้อยที่สุดของจำนวนการตัดในแต่ละรูปแบบ เนื่องจากงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการลดเศษวัสดุให้เหลือน้อยที่สุดในกระบวนการตัด (Min waste) ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective function) [11]

$$Minimize \sum_{j=1}^{m} w_j x_j + \sum_{i=1}^{m} d_i l_i \qquad (6)$$

$x_j$ = จำนวนวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน ($L_j$) ที่ใช้ในการตัด

$w_j$ = จำนวนเศษวัตถุดิบที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่ $j$

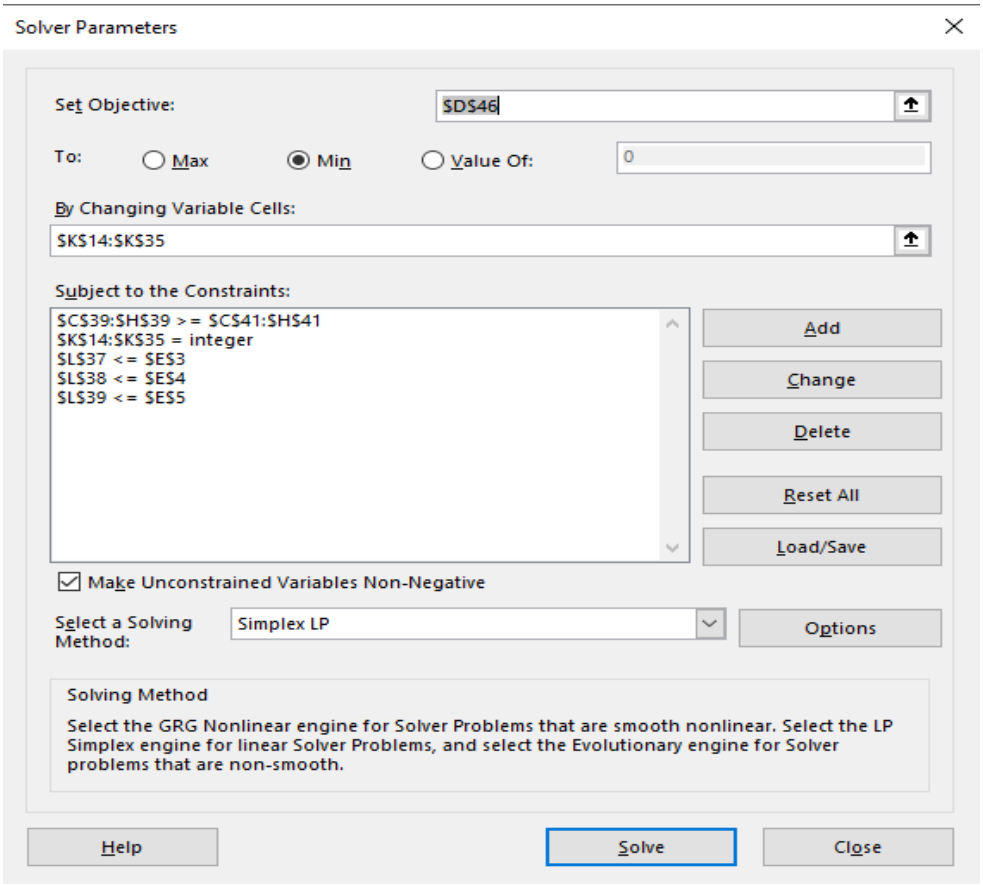
$d_i$ = จำนวนที่เกินความต้องการของขนาดความยาว $l_i$

$l_i$ = ความยาวที่ต้องการตัดที่ $i$

ดังสมการที่ (6) จึงต้องนับผลรวมของวัสดุที่ตัดแล้วสามารถใช้งานต่อได้ (SUMPRODUCT(K14 :K35,I14:I35)) รวมกับผลรวมของเศษวัสดุที่ไม่สามารถใช้งานได้ (SUMPRODUCT (C42:H42 ,C38:H38)) จึงเป็นการประยุกต์ใช้สมการการตัดวัสดุแบบหนึ่งมิติ

3.2.4 การตั้งเงื่อนไขใน Solver function

งานวิจัยนี้ใช้ Solver function การแก้สมการเชิงเส้นสำหรับปัญหาในการตัดแบบหนึ่งมิติ โดยตั้งค่าให้มีเศษวัสดุจากการตัดให้น้อยที่สุดและใส่เงื่อนไขตามหัวข้อ3.2.2 แสดงได้ดังภาพที่10




**ภาพที่ 10** การนำสมการและเงื่อนไขมาใส่ Solver

จากนั้นทำการกด Solve เพื่อให้โปรแกรมคำนวนรูปแบบการตัดที่เหมาะสมและจำนวนครั้งในการตัดออกมา

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการคำนวณปริมาณเศษเหลือ

ผลจากการใช้โปรแกรมออกแบบการตัดพบว่า ปริมาณเศษแหลือของวัสดุของเหล็กหน้าตัด A พบว่าสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4 การใช้โปรแกรมการออกแบบการตัดแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการลดปริมาณเศษวัสดุคงเหลือลงได้อย่างถึง 2,404.9 ซม. ดังตารางที่8

| เหล็กชนิด A | ความชำนาญ | | โปรแกรมตัดทั่วไป | | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์ | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์และใช้เศษเหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Order 1 | Order2 | Order 1 | Order2 | | |
| สัปดาห์ที่ 1 | 478.4 | 324.6 | 96 | 295.2 | 391.2 | 119.3 |
| สัปดาห์ที่ 2 | 750.9 | 423.4 | 237.2 | 266 | 503.2 | 503.2 |
| สัปดาห์ที่ 3 | 742.6 | 474.5 | 739.2 | 476.8 | 616 | 337.8 |
| สัปดาห์ที่ 4 | 98.7 | 618.1 | 12.241 | 497.4 | 546 | 546 |
| รวม 4 สัปดาห์ | 3911.2 | | 2620.041 | | 2056.4 | 1506.3 |
| **ปริมาณเศษวัตถุดิบที่ลดได้** | | | **1291.159** | | **1854.8** | **2404.9** |

**ตารางที่ 8** เศษวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้งานได้ของเหล็กเส้นชนิด A

รวมถึงผลจากการใช้โปรแกรมออกแบบการตัดพบว่า ปริมาณเศษแหลือของวัสดุของเหล็กหน้าตัด B พบว่าสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4 การใช้โปรแกรมการออกแบบการตัดแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการลดปริมาณเศษวัสดุคงเหลือลงได้อย่างถึง 4,598.5 ซม. ดังตารางที่9

| เหล็กชนิด B | ความชำนาญ | | โปรแกรมตัดทั่วไป | | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์ | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์และใช้เศษเหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Order 1 | Order2 | Order 1 | Order2 | | |
| สัปดาห์ที่ 1 | 892.4 | 1074.6 | 923.2 | 1111.2 | 528 | 68.9 |
| สัปดาห์ที่ 2 | 476.5 | 365.1 | 326.4 | 100.8 | 427.2 | 427.2 |
| สัปดาห์ที่ 3 | 642.4 | 578.6 | 691.2 | 592 | 683.2 | 157.6 |
| สัปดาห์ที่ 4 | 976.5 | 489.4 | 504 | 526.2 | 430.2 | 243.3 |
| รวม 4 สัปดาห์ | 5495.5 | | 4775 | | 2068.6 | 897 |
| **ปริมาณเศษวัตถุดิบที่ลดได้** | | | **720.5** | | **3426.9** | **4598.5** |

**ตารางที่ 9** เศษวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้งานได้ของเหล็กเส้นชนิด B

จากผลการทดลองข้างต้นของ การเปรียบเทียบเศษวัตถุดิบที่ไม่สามารถใช้งานต่อได้ของเหล็กเส้นหน้าตัด A และ เหล็กเส้นหน้าตัด B พบว่าสามารถลดปริมาณเศษวัตถุดิบตั้งต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อทำการทดลองเทียบทั้งหมด 4 รูปแบบคือ แบบที่ 1 การใช้ความชำนาญในการออกแบบการตัดของพนักงาน แบบที่ 2 การสร้างโปรแกรมการตัดแบบ 1 มิติทั่วไป แบบที่ 3 การสร้างโปรแกรมการตัดแบบตัดรวมหลายคำสั่งงาน แบบที่ 4 คือการออกแบบโปรแกรมการตัดแบบรวมคำสั่งงานและนำเศษวัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการตัดก่อนหน้านำมาคำนวณด้วย พบว่าจากการทดลองทั้ง 4 รูปแบบ โปรแกรมการตัดแบบที่ 4 มีประสิทธิภาพในการลดเศษวัตถุดิบตั้งต้นที่ไม่สามารถใช้งานต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

4.1.2 ผลการคำนวณจำนวนเหล็กเส้นใหม่

ผลจากการใช้โปรแกรมออกแบบการตัด แสดงให้เห็นว่าในเหล็กหน้าตัด A สามารถลดปริมาณการใช้เหล็กเส้นใหม่ตั้งต้นได้เมื่อทำการทดลองเทียบทั้งหมด 4 รูปแบบคือ แบบที่ 1 การใช้ความชำนาญในการออกแบบการตัดของพนักงาน แบบที่ 2 การสร้างโปรแกรมการตัดแบบ 1 มิติทั่วไป แบบที่ 3 การสร้างโปรแกรมการตัดแบบตัดรวมหลายคำสั่งงาน แบบที่ 4 คือการออกแบบโปรแกรมการตัดแบบรวมคำสั่งงานและนำเศษวัตถุดิบที่เหลือจากกระบวนการตัดก่อนหน้านำมาคำนวณด้วย ซึ่งผลจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมออกแบบการตัด สามารถลดปริมาณเหล็กเส้นใหม่ได้ถึง 8 เส้นต่อ 4 สัปดาห์ ดังตารางที่ 10

| เหล็กชนิด A | ใช้ความชำนาญ | | โปรแกรมตัดทั่วไป | | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์ | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์และใช้เศษเหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Order 1 | Order2 | Order 1 | Order2 | | |
| สัปดาห์ที่ 1 | 14 | 17 | 13 | 17 | 30 | 29 |
| สัปดาห์ที่ 2 | 21 | 8 | 20 | 7 | 27 | 27 |
| สัปดาห์ที่ 3 | 19 | 30 | 19 | 30 | 48 | 47 |
| สัปดาห์ที่ 4 | 17 | 25 | 17 | 25 | 40 | 40 |
| รวม 4 สัปดาห์ | 151 | | 148 | | 145 | 143 |
| **จำนวนเหล็กที่ลดได้** | | | **3** | | **6** | **8** |

**ตารางที่ 10** จำนวนเหล็กเส้นใหม่ที่ใช้ของเหล็กหน้าตัด A

และจากการทำการทดลองเพิ่มเติมสามารถลดปริมาณเหล็กเส้นใหม่ของหน้าตัด B ได้ถึง 8 เส้นต่อ 4 สัปดาห์เช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมการออกแบบการตัดที่ 4 รูปแบบ พบว่าการใช้โปรแกรมการตัดรูปแบบที่ 4 สามารถลดจำนวนเหล็กเส้นใหม่ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมการตัดรูปแบบที่ 4 สามารถนำมาลดจำนวนวัตถุดิบตั้งต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพดังตารางที่ 11

| เหล็กชนิด B | ใช้ความชำนาญ | | โปรแกรมตัดทั่วไป | | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์ | โปรแกรมตัดแบบรวมออเดอร์และใช้เศษเหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Order 1 | Order2 | Order 1 | Order2 | | |
| สัปดาห์ที่ 1 | 20 | 12 | 20 | 12 | 31 | 30 |
| สัปดาห์ที่ 2 | 16 | 8 | 16 | 7 | 23 | 23 |
| สัปดาห์ที่ 3 | 10 | 6 | 10 | 6 | 15 | 14 |
| สัปดาห์ที่ 4 | 19 | 10 | 18 | 10 | 27 | 26 |
| รวม 4 สัปดาห์ | 101 | | 99 | | 96 | 93 |
| **จำนวนเหล็กที่ลดได้** | | | **2** | | **5** | **8** |

**ตารางที่ 11** จำนวนเหล็กเส้นใหม่ที่ใช้ของเหล็กหน้าตัด B

4.1.3 การลดต้นทุนการสั่งซื้อเหล็กเส้นตั้งต้น

จากผลการทดลองคำสั่งงานตัวอย่าง 4 สัปดาห์ พบว่าการออกแบบวิธีการตัดที่เหมาะสม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตัด และสามารถลด ปริมาณเศษวัสดุที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ รวมถึงประหยัดต้นทุนวัตถุดิบเหล็กเส้นหน้าตัด A ตั้งต้นได้ถึง 8 เส้น หรือ 11,032 บาทต่อ 4 สัปดาห์ และ ต้นทุนวัตถุดิบเหล็กเส้นหน้าตัด B ตั้งต้นได้ถึง 8 เส้น หรือ 8,208 บาทต่อ 4 สัปดาห์

จึงสรุปได้ว่าโปรแกรมออกแบบการตัดมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากกว่าการใช้ประสพการณ์ของพนักงานในกระบวนการตัด

ประมาณการณ์จากผลการทดลองคำสั่งงานตัวอย่าง 4 สัปดาห์ พบว่าสามารถลดจำนวนเหล็กเส้นใหม่ได้ 8 เส้นในการตัดเหล็กเส้นทั้งสองชนิด ดังนั้นจึงสามารถลดจำนวนการใช้เหล็กเส้นใหม่ 2 เส้นต่อสัปดาห์ ซึ่งจากการคำนวณพบว่าเหล็กชนิด A สามารถลดต้นทุนได้ 143,416 บาทต่อปี และเหล็กชนิด B สามารถลดต้นทุนได้ 106,704 บาทต่อปี ดังตารางที่ 12

| | จำนวนต้นทุนที่สามารถลดได้ (บาท) | | |
|---|---|---|---|
| ระยะเวลา | 1 สัปดาห์ | 4 สัปดาห์ | 52 สัปดาห์ (1ปี) |
| เหล็กชนิด A | 2758 | 11032 | 143416 |
| เหล็กชนิด B | 2052 | 8208 | 106704 |

**ตารางที่ 12** จำนวนเงินต้นทุนที่สามารถลดได้ต่อ 1ปี

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# บทที่ 5
# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบวิธีการตัดวัตถุเชิงเส้น หรือเหล็กเส้นในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งเป็นวัตถุแบบหนึ่งมิติ เพื่อสร้างโปรแกรมการออกแบบการตัดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่พนักงานในกระบวนการตัดได้รับคำสั่งงานเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการตัดในแต่ละสัปดาห์มีคำสั่งซื้อที่ไม่เหมือนกันส่งผลให้ต้องมีการออกแบบการตัดอย่างมีประสิทธิภาพรวมเพื่อเป็นการควบคุมต้นทุนการผลิตสินค้า ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำคำสั่งซื้อของคำสั่งงานที่ใช้รูปแบบเหล็กหน้าตัดเดียวกันของแต่ละสัปดาห์ นำมาตัดรวมกัน รวมถึงนำเศษวัสดุคงเหลือที่สามารถนำมาใช้ตัดได้เข้ามาใช้งานเพื่อให้มีการใช้งานวัตถุดิบอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีการเปรียบเทียบผลของวิธีการออกแบบการตัด 4 รูปแบบ คือ 1.การใช้ความชำนาญในการออกแบบการตัดของพนักงาน 2.โปรแกรมออกแบบการตัดแบบหนึ่งมิติทั่วไป 3.โปรแกรมออกแบบการตัดแบบรวมคำสั่งซื้อ และ 4.โปรแกรมออกแบบการตัดแบบรวมคำสั่งซื้อ และใช้เหล็กเส้นที่คงเหลือจากกระบวนการตัดครั้งก่อนหน้า

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมออกแบบการตัดในแต่ละสัปดาห์จะมีจำนวนรูปแบบการตัดที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับคำสั่งงานและชิ้นส่วนต่าง ๆ ของสินค้า จึงทำให้จำนวนรูปแบบการตัดไม่แน่นอน อาจจะทำให้มีจำนวนรูปแบบการตัดจำนวนมากส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณนาน เพื่อเป็นตัวช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถได้รับผลรับการคำนวณที่รวดเร็ว ผู้วิจัยจึงขอแนะนำให้ใช้ โปรแกรม Open solver มาใช้เสริมในการคำนวณหารูปแบบการตัด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# รายการอ้างอิง


[1] V. Benjaoran and S. Bhokha, "Three-step solutions for cutting stock problem of construction steel bars," *KSCE Journal of Civil Engineering,* vol. 18, pp. 1239-1247, 2014.

[2] T. Mahayano and C. PORNSING, "A GRAVITATIONAL SEARCH ALGORITHM FOR ONE-DIMENSIONAL CUTTING STOCK PROBLEM," Silpakorn University, 2019.

[3] ว. ช. ภ. เ. โอฬาร, "การ สร้าง แผนการ ตัด วัสดุ ก่อสร้าง เชิง เส้น เพื่อ ลด เศษ ใน งาน ก่อสร้าง."

[4] R. W. Haessler and P. E. Sweeney, "Cutting stock problems and solution procedures," *European Journal of Operational Research,* vol. 54, no. 2, pp. 141-150, 1991.

[5] D. J. Alem, P. A. Munari, M. N. Arenales, and P. A. V. Ferreira, "On the cutting stock problem under stochastic demand," *Annals of Operations Research,* vol. 179, pp. 169-186, 2010.

[6] H. Sarper and N. I. Jaksic, "Simulation of the stochastic one-dimensional cutting stock problem to minimize the total inventory cost," *Procedia Manufacturing,* vol. 38, pp. 916-923, 2019.

[7] F. Furini, E. Malaguti, R. M. Durán, A. Persiani, and P. Toth, "A column generation heuristic for the two-dimensional two-staged guillotine cutting stock problem with multiple stock size," *European Journal of Operational Research,* vol. 218, no. 1, pp. 251-260, 2012.

[8] E. J. Zak, "Row and column generation technique for a multistage cutting stock problem," *Computers & Operations Research,* vol. 29, no. 9, pp. 1143-1156, 2002.

[9] H. Sarper and N. I. Jaksic, "Evaluation of procurement scenarios in one-dimensional cutting stock problem with a random demand mix," *Procedia Manufacturing,* vol. 17, pp. 827-834, 2018.

[10] T. Aktin and R. G. Özdemir, "An integrated approach to the one-dimensional cutting stock problem in coronary stent manufacturing," *European Journal of Operational Research,* vol. 196, no. 2, pp. 737-743, 2009.

[11] P. Beraldi, M. E. Bruni, and D. Conforti, "The stochastic trim-loss problem,"

*European Journal of Operational Research,* vol. 197, no. 1, pp. 42-49, 2009.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ-สกุล** | พชรพล ธงศิลา |
| **วัน เดือน ปี เกิด** | 25 กันยายน 2538 |
| **สถานที่เกิด** | โรงพยาบาลลำปาง |
| **วุฒิการศึกษา** | วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต |
| **ที่อยู่ปัจจุบัน** | 26/59 พหลโยธิน64 แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพ 10220 |