การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์สำหรับปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ กรณีศึกษา โรงงานผลิตลูกกลิ้งลำเลียงและอุปกรณ์ขับสายพาน

อาภากร ฮีมินกูล[1*], ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทร 084-0089555 E-mail fah_iamfah@yahoo.com

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทร 0-2913-2500 ต่อ 8134-5 โทรสาร 0-2587-4842 ต่อ 223 E-mail r_vichai@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหารูปแบบการตัดที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้น และให้เกิดการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐานอย่างคุ้มค่าในขั้นตอนการตัดเหล็กของโรงงานผลิตลูกกลิ้งลำเลียงและอุปกรณ์ขับสายพาน เนื่องจากในปัจจุบันการกำหนดรูปแบบการตัดในขั้นตอนการตัดเหล็กของโรงงานจะอาศัยประสบการณ์และการคำนวณมือของพนักงาน จึงทำให้เกิดความสูญเสียจากการเหลือเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการและการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐานที่มากเกินความจำเป็น ส่งผลให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อท่อเหล็กความยาวมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการดูแลการจัดเก็บเหล็ก และค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษเหล็กเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation Technique) มาใช้ในการสร้างรูปแบบการตัดเหล็กให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆ ในขั้นตอนการตัดเหล็ก ซึ่งจะสอดคล้องกับการวางแผนความต้องการวัตถุดิบ (MRP) ซึ่งเป็นระบบที่โรงงานกำลังทดลองใช้อยู่ หลังจากที่ได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสมและนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการตัดเหล็กแล้ว พบว่าสามารถลดการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐาน และลดความสูญเสียจากการเหลือเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการลดได้จากเฉลี่ยเดือนละ 4.89 % เหลือเฉลี่ยเดือนละ 0.09 % ทำให้เกิดการใช้ท่อเหล็กความยาวมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า และยังช่วยลดเวลาและต้นทุนจากขั้นตอนการตัดเหล็กได้อีกด้วย

คำสำคัญ: เทคนิคการสร้างสดมภ์; ปัญหาการตัดแบ่งแบบหนึ่งมิติ

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้อุตสาหกรรมต่างๆ มีการแข่งขันกันมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่อุตสาหกรรมต่างๆ เหล่านั้นต้องมีการปรับกลยุทธ์เพื่อให้สามารถเอาชนะคู่แข่งขันได้ การลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน โดยการลดต้นทุนการผลิตให้น้อยลงแต่ยังคงประสิทธิภาพในการผลิตเท่าเดิมหรือมากขึ้น

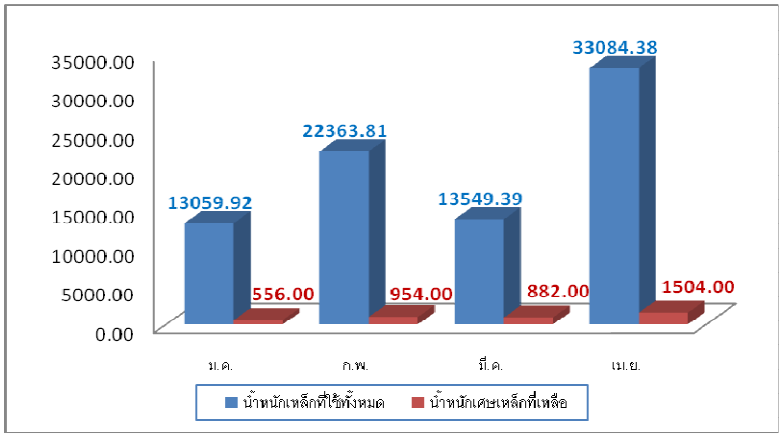
รูปแบบของโรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานผลิตลูกกลิ้งลำเลียงและอุปกรณ์ขับสายพาน มีการผลิตสินค้าแบบตามสั่ง (Make to Order) โดยมีรูปแบบของผลิตภัณฑ์หลายชนิด กระบวนการผลิตหลักของโรงงานกรณีศึกษา ประกอบไปด้วยขั้นตอนการตัดและขั้นตอนการประกอบ ปัจจุบันในขั้นตอนการตัดพบว่าเกิดการ

เหลือเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการเป็นจำนวนมาก และมีการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐานที่มากเกินความจำเป็น เนื่องจากการกำหนดรูปแบบการตัดในปัจจุบันของขั้นตอนการตัดเหล็กจะอาศัยประสบการณ์และการคำนวณมือของพนักงาน จึงส่งผลให้โรงงานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อท่อเหล็กความยาวมาตรฐาน ค่าใช้จ่ายในการดูแลการจัดเก็บเหล็ก และค่าใช้จ่ายในการกำจัดเศษเหล็กเพิ่มมากขึ้น

สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าเกิดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบัน

เดือน	**น้ำหนักของเหล็กที่ใช้ต่อเดือน (กิโลกรัม)**	**น้ำหนักเศษเหล็กต่อเดือน (กิโลกรัม)**	**ร้อยละ**
มกราคม	13,059.92	556.00	4.26
กุมภาพันธ์	22,363.81	954.00	4.27
มีนาคม	13,549.39	882.00	6.51
เมษายน	33,084.38	1,504.00	4.55
รวม	82,057.50	3,896.00	**เฉลี่ย 4.89**



รูปที่ 1: กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของเหล็กที่ใช้ทั้งหมดและเศษเหล็กที่เหลือจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบัน ตั้งแต่เดือนมกราคม–เมษายน 2553

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าในช่วงเดือนมกราคม–เมษายน พ.ศ.2553 เกิดความสูญเสียที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กวิธีการปัจจุบัน เฉลี่ยเดือนละ 4.89 %

การตัดวัตถุดิบขนาดยาวที่เรียกว่า วัตถุดิบขนาดมาตรฐาน ให้เป็นวัตถุดิบขนาดต่างๆ ตามที่ต้องการใช้ในการผลิตเรียกว่า วัตถุดิบขนาดย่อย เป็นปัญหาที่เรียกว่า “ปัญหาการตัดวัสดุ” (Cutting Stock Problem) เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดต้นทุนจากกระบวนการตัดวัตถุดิบ โดยเป็นการทำให้เกิดการใช้วัตถุดิบมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า ลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อวัตถุดิบดังกล่าว นอกจากนั้นยังส่งผลต่อการลดลงของค่าใช้จ่ายในการดูแล การจัดเก็บวัตถุดิบ การกำจัดเศษวัตถุดิบ ค่าจ้างแรงงาน และเวลาการทำงานของเครื่องจักร

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะหารูปแบบการตัดที่เหมาะสม โดยการประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐานอย่างคุ้มค่า และลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการตัดเหล็ก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ปัญหาการตัดวัตถุดิบ (Cutting Stock Problem)

ปัญหาการตัดวัตถุดิบ (Cutting Stock Problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับหลากหลายอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การตัดเหล็กเส้น เมื่อมีเหล็กเส้นที่มีความยาวคงที่อยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าเป็นวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน อุตสาหกรรมต่างๆ ย่อมต้องการใช้เหล็กที่มีความยาวและจำนวนแตกต่างกันออกไป ความยาวเหล่านั้นเรียกว่า ความยาววัตถุดิบขนาดย่อย จึงเกิดคำถามที่ว่าควรจะตัดเหล็กเส้นขนาดมาตรฐานอย่างไรเพื่อให้ได้ออกมาเป็นเหล็กขนาดย่อยตามจำนวนที่ต้องการ โดยให้เกิดการสูญเสียเศษวัตถุดิบน้อยที่สุด หรือให้ใช้จำนวนเหล็กเส้นมาตรฐานน้อยที่สุด ปัญหานี้จัดเป็นปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถแก้ได้ด้วยโปรแกรมเชิงเส้น

2.2. รูปแบบปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติ (One Dimensional Cutting Stock Problem)

วัตถุดิบหนึ่งมิติจะทำการตัดจากความยาวเพียงด้านเดียว เช่น การตัดเหล็กเส้น ม้วนกระดาษ ม้วนผ้า แผ่นไม้ ท่อพลาสติก เป็นต้น ผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติประกอบด้วย รูปแบบการตัดและความถี่ที่แต่ละรูปแบบถูกใช้

ปัญหาการตัดหนึ่งมิตินั้นเป็นการตัดวัตถุดิบขนาดมาตรฐานให้ได้ตามจำนวนที่ลูกค้าต้องสั่งให้ทางโรงงานจำนวน D_i ชิ้น โดยที่มีขนาดความยาว l_i โดย $i = 1,2,...,n$ โดยที่ต้องการใช้วัตถุดิบขนาดมาตรฐานในการตัด หรือต้องการให้เกิดเศษเหลือจากการตัดให้น้อยที่สุด ส่วนค่าใช้จ่ายในการตัดได้กำหนดจากต้นทุนของขนาดมาตรฐานแต่ละขนาดความยาวในการตัดให้ได้ปริมาณตามความต้องการของลูกค้า

Gilmore and Gomory (1961) ได้เสนอวิธีการใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงในการใช้ปัญหาการบรรจุของใส่ถุง (Knapsack Problem) ในการสร้างสดมภ์ (Column Generation) หรือการสร้างรูปแบบการตัดใหม่ โดยรายละเอียดของแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรงกำหนดให้ วัตถุดิบขนาดมาตรฐานมีความยาว L; $\max_{l \le i \le n} l_i \le L$ เวคเตอร์ของรูปแบบการตัดเป็น $(a_1, a_2, ..., a_n)$ ที่ประกอบด้วยขนาดความยาว l_1 จำนวน a_1 ชิ้น ขนาดความยาว l_2 จำนวน a_2 ชิ้น เป็นต้น ดัชนี j กำหนดลำดับของรูปแบบการตัด ดังนั้น

สามารถกำหนดเป็นปัญหาจำนวนเต็มเชิงเส้นตรงขนาดใหญ่ได้ (ปัญหาหลัก) ดังนี้

สมการเป้าหมาย $$Z = \min \sum_{j=1}^{m} c_j x_j \quad (1)$$

เงื่อนไข $$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_j \ge D_i \quad i = 1,2,3,...,n \quad (2)$$

$$x_j \ge 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (3)$$

โดยที่ c_j = ต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน L_j

x_j = จำนวนวัตถุดิบขนาดขนาดมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

a_{ij} = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจากขนาดมาตรฐาน L_j

D_i = จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

n = จำนวนความหลากหลายของความยาว l_i

m = จำนวนความหลากหลายของขนาดมาตรฐาน L_j

2.3. การประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation)

เทคนิคการสร้างสดมภ์เป็นเทคนิคเพื่อช่วยค้นหารูปแบบการตัดใหม่ (New Cutting Pattern) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและบรรลุผลมากกว่าวิธีการอื่นๆ เริ่มต้นจากกลุ่มของรูปแบบการตัดที่เป็นส่วนประกอบของตัวแบบแล้วทำการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง และเลือกรูปแบบการตัดที่ถูกต้อง เข้ามาใช้หาค่าต้นทุนควบคู่ไปตั้งเป็นสัมประสิทธิ์ของปัญหาการบรรจุของใส่ถุง ซึ่งมีเงื่อนไขผลรวมความยาวของวัตถุดิบที่ตัดต้องไม่เกินความยาวของวัตถุดิบขนาดมาตรฐาน ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรงและปัญหาการบรรจุของใส่ถุงจะถูกแก้จนกว่าจะไม่สามารถสร้างรูปแบบการตัดที่ปรับปรุงคำตอบได้

Gilmore and Gomory (1961) ได้ทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหานี้ โดยการคิดค้นวิธีการที่จะเลือกรูปแบบการตัดที่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น โดยการสร้างรูปแบบการตัดที่เป็นส่วนประกอบของตัวแบบ แล้วทำการแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรง และใช้ค่าต้นทุนควบคู่ (Dual-Prices) ที่ได้ ไปแก้ปัญหาการบรรจุของใส่ถุง เพื่อหารูปแบบการตัดที่ดีต่อไป

การคำนวณโดยใช้เทคนิคการสร้างสดมภ์ (ปัญหาย่อย)

สมการเป้าหมาย $$Z = \max \sum_{i}^{n} \pi_i a_i \quad (4)$$

เงื่อนไข $$\sum_{i=1}^{n} l_i a_i \le L_j \quad (5)$$

$$a_i \ge 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (6)$$

โดยที่ π_i = ค่า Dual-Prices

a_i = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i (รูปแบบการตัดครั้งที่ i)

l_i = ความยาวขนาดที่ต้องการ

L_j = ความยาววัตถุดิบขนาดมาตรฐาน

รูปแบบปัญหานี้เป็นปัญหาแบบการบรรจุของใส่ถุง ถ้าค่าสูงสุด (4) เป็น Z ในกรณีที่ $Z > 1$ จะต้องกำหนดรูปแบบการตัดเพิ่มเติมแล้วการคำนวณใหม่ แต่ถ้า $Z \le 1$ แสดงว่าคำตอบที่ได้ดีที่สุดแล้ว (Optimal Solution)

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dyckhoff (1990) ได้ทำการจัดกลุ่มระเภทของปัญหาการตัดและการบรรจุ (Cutting and Packing Problem) พบว่าโครงสร้างทางตรรกะของลักษณะปัญหานี้มีความสัมพันธ์ควบคู่กัน สามารถกำหนดได้เป็นรูปแบบมาตรฐานของปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์ 4 ลำดับ คือ สัญลักษณ์ $\alpha / \beta / \gamma / \delta$ ที่บอกถึงจำนวนขนาดของมิติ การกำหนดชนิด ลักษณะของวัตถุดิบขนาดใหญ่ และลักษณะของวัตถุดิบขนาดย่อย ตามลำดับ เพื่อใช้อธิบายถึงโครงสร้างของปัญหานั้นๆ

Gilmore and Gomory (1961) ได้เสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติที่ไม่ต้องใช้รูปแบบการตัดทั้งหมด แต่เริ่มต้นโดยรูปแบบการตัดที่เป็นไปได้ และนำค่าต้นทุนควบคู่ที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง มาใช้ในการหารูปแบบการตัดที่ดีขึ้นจากปัญหาการบรรจุของใส่ถุง (Knapsack Problem) ซึ่งวิธีนี้ต่อมาเรียกว่าวิธีการสร้างสดมภ์ ต่อมา (1963) ได้ขยายผลการวิจัยปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติมาเป็นหลายมิติ โดยใช้หลักการการสร้างสดมภ์เช่นเดียวกับกรณีตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติ

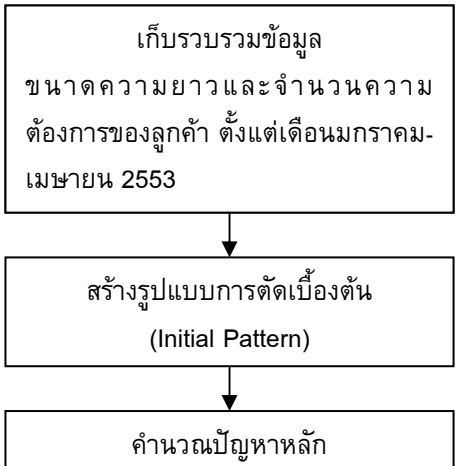
นราธิป และ พีรยุทธ์ (2547) ได้เสนอวิธีการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาการตัดหนึ่งมิติ ภายใต้เงื่อนไขความต้องการที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ และพิจารณาข้อจำกัดด้านความสามารถในการผลิต โดยอาศัยแบบจำลองพื้นฐาน Wagner-Whitin ในการพัฒนาแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นตรง โดยสมการเป้าหมายต้องการที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต้นทุนด้านวัตถุดิบ และค่าใช้จ่ายการถือครองสินค้าต่ำสุด จากนั้นประยุกต์ด้วยเทคนิค Column Generation เพื่อช่วยในการค้นหารูปแบบการตัดใหม่ของแต่ละช่วงเวลา ผลการทดลองจากการสร้างรูแบบการตัดเบื้องต้น ได้ค่าสมการเป้าหมายเท่ากับ 1,455 บาท และเมื่อเพิ่มรูปแบบการตัดใหม่ ได้ค่าสมการเป้าหมายเท่ากับ 1,444 บาท ซึ่งทำให้ไม่มีปัญหาย่อยใดเป็นจริงตามเงื่อนไข แสดงว่าคำตอบที่ได้จากการสร้างรูปแบบการตัดใหม่เป็นคำตอบที่เหมาะสม

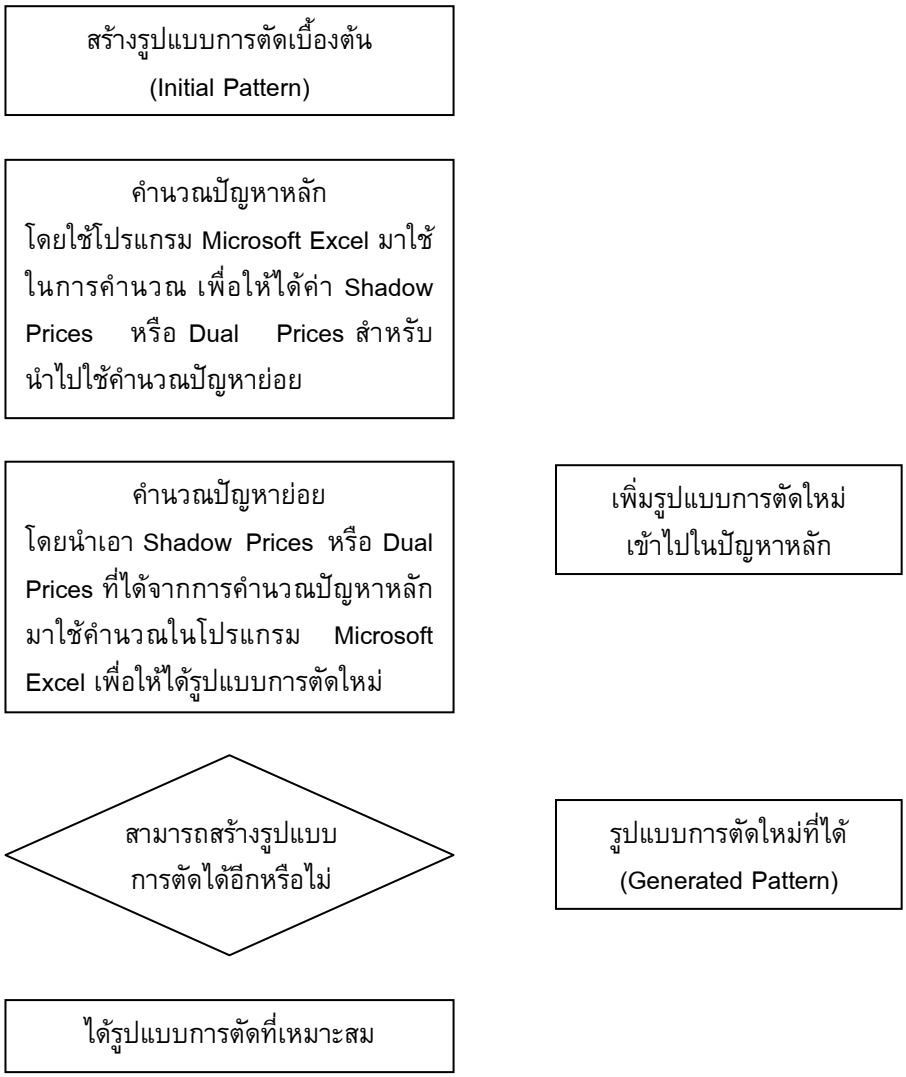
ศีขรินทร์ (2548) ได้ทำการศึกษาการสร้างรูปแบบการตัดในปัญหาการตัดวัตถุดิบหลายขนาดมาตรฐานด้วยเทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) ในปัญหาการตัดวัตถุดิบมิติเดียว เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล แต่เทคนิคนี้จะต้องเริ่มต้นด้วยการกำหนดรูปแบบการตัดเบื้องต้นที่มีข้อจำกัด อีกทั้งปริมาณและเวลาในการสร้างสดมภ์นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ผลจากการวิจัยพบว่าเมื่อปัจจัยความแตกต่างระหว่างขนาดของขนาดย่อยกับขนาดความยาวมาตรฐานมีมากขึ้น จะทำให้เวลาในการประมวลผลลดน้อยลง ดังนั้นจึงควรพิจารณาในแต่ละกลุ่มของข้อมูลที่แตกต่างกันในการประยุกต์ใช้ หรือจัดชุดข้อมูลของกลุ่มย่อยในการประมวล

เอกฤทธิ์ (2553) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองในการวางแผนความต้องการชิ้นงานสำเร็จรูปภายใต้เงื่อนไขการบรรจุหีบห่อ เพื่อช่วยลดปริมาณชิ้นงานสำเร็จรูปก่อนบรรจุลงกล่องในคลังวัตถุดิบ โดยการวางแผนบรรจุชิ้นงานต้องให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางแก้ไขโดยอาศัยพื้นฐานของปัญหาการตัดวัตถุดิบหนึ่งมิติ โดยเปรียบเทียบผลจากปริมาณการใช้ชิ้นงานสำเร็จรูปจากวิธีการเดิมกับวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น ผลจากการวิจัยพบว่าสามารถลดเวลาในการวางแผนการบรรจุชิ้นงาน และลดปริมาณชิ้นงานสำเร็จรูปที่รอการบรรจุลดได้

3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากข้อมูลในขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีท่อเหล็กความยาวมาตรฐานเพียงขนาดเดียว คือ มีความยาว 6,000 มิลลิเมตร แต่มีความต้องการในการตัดท่อเหล็กหลากหลายขนาดด้วยกัน ดังนั้นต้นทุนต่อหน่วยของท่อเหล็กขนาดความยาวมาตรฐานจึงคิดเป็น 1 ($c_i = 1$) การหาวิธีการสร้างรูปแบบการตัดที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังนี้





รูปที่ 2: วิธีการสร้างรูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสม

3.1. เก็บรวมรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวมรวบข้อมูลขนาดความยาวและจำนวนความต้องการของลูกค้า ตั้งแต่เดือนมกราคม–เมษายน 2553 เพื่อนำมาใช้ในการสร้างรูปแบบการตัดที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการ และการใช้ปริมาณท่อเหล็กขนาดมาตรฐานให้น้อยที่สุด

3.2. สร้างรูปแบบการตัดเบื้องต้น (Initial Pattern)

ในการที่จะคำนวณปัญหาหลัก (7) - (9) นั้นจำเป็นที่จะต้องมีรูปแบบการตัดเบื้องต้นให้ครบทุกความต้องการเสียก่อน โดยความยาวเหล็กที่ใช้ในการผลิตสินค้านั้นเกิดจากการตัดแบ่งท่อเหล็กขนาดความยาวมาตรฐาน 6,000 มิลลิเมตร

3.3. คำนวณปัญหาหลัก จะต้องสร้างสมการเป้าหมายและเงื่อนไขจากการสร้างสดมภ์สำหรับสมการปัญหาการตัดแบ่งหนึ่งมิติ เพื่อเลือกการใช้รูปแบบการตัดที่ให้ปริมาณการใช้วัตถุดิบขนาดมาตรฐานน้อยที่สุด จะได้แบบปัญหาหลัก ดังนี้

สมการเป้าหมาย $$Z = \min \sum_{j=1}^{m} x_j \quad (7)$$

เงื่อนไข $$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} x_j \geq D_i \quad i = 1,2,3,..., n \quad (8)$$

$$x_j \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (9)$$

โดยที่ a_{ij} = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i โดยตัดจากขนาดมาตรฐาน L_j

x_j = จำนวนวัตถุดิบขนาดขนาดมาตรฐาน L_j ที่ใช้ในการตัด

D_i = จำนวนความต้องการของขนาดความยาว l_i

จากสมการเป้าหมาย เงื่อนไข ข้อมูลความต้องการวัตถุดิบ และรูปแบบการตัดเบื้องต้น จะทำการแก้ไขปัญหาหลักโดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการแก้ปัญหา

3.4. คำนวณปัญหาย่อย เมื่อทำการแก้ปัญหาหลัก (7) - (9) แล้ว จะได้ค่า Shadow Prices (Dual Prices) ที่เกิดขึ้นจากปัญหาหลัก ให้นำค่า Shadow Prices (Dual Prices) นั้นมาคำนวณ Column Generation โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อหา a_i ในรูปแบบการตัดใหม่ที่เพิ่มเข้าไปในปัญหาหลัก แล้วทำให้สมการเป้าหมายต่ำลง

สมการเป้าหมาย $$Z = \max \sum_{i}^{n} \pi_i a_i \quad (10)$$

เงื่อนไข $$\sum_{i=1}^{n} l_i a_i \leq 6000 \quad (11)$$

$$a_i \geq 0 \text{ และเป็นเลขจำนวนเต็ม} \quad (12)$$

โดยที่ π_i = ค่า Dual-Prices

a_i = จำนวนท่อนที่ได้จากการตัดขนาดความยาว l_i (รูปแบบการตัดครั้งที่ i)

l_i = ความยาวขนาดที่ต้องการ

L_j = ความยาววัตถุดิบขนาดมาตรฐาน = 6,000 มิลลิเมตร

3.5. นำรูปแบบการตัดใหม่ไปเพิ่มในแบบปัญหาหลัก เมื่อได้ค่า a_i ในรูปแบบการตัดใหม่แล้ว นำไปเพิ่มในปัญหาหลักในขั้นตอนที่ (3.3.) จากนั้นทำการคำนวณใหม่และทำซ้ำในขั้นตอนที่ (3.3.–3.4.) จนกระทั่งได้การเพิ่มรูปแบบการตัดใหม่นั้นไม่สามารถลดค่าของสมการเป้าหมายได้อีก หรือจนกระทั่งค่า $Z = 1$ จึงหยุดคำนวณ ซึ่งหมายความว่าได้รูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสมแล้ว

4. ผลการวิจัย

การหารูปแบบการตัดที่เหมาะสมตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่นำเสนอ จากข้อมูลเบื้องต้นในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยความยาวท่อเหล็กมาตรฐาน ความยาวและปริมาณที่ต้องการของลูกค้า ปัญหาหลัก และปัญหาย่อย โดยผู้วิจัยได้นำโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) มาใช้ในขั้นตอนการ

ดำเนินงานวิจัย ผลที่ได้จากการประมวลผลจะแสดงผลของรูปแบบการตัด ปริมาณท่อเหล็กขนาดมาตรฐานที่ใช้ในขั้นตอนการตัดเหล็ก และปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้น ในที่นี้ผู้วิจัยจะแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กที่ได้จากผลิตภัณฑ์หนึ่งจากทั้งหมด 5 ผลิตภัณฑ์ในเดือนเมษายน 2553 ทั้งจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสมที่ได้จากการดำเนินตามขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและรูปแบบการตัดปัจจุบัน

4.1. รูปแบบการตัดที่เหมาะสม

ตารางที่ 2: ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสมที่ได้

Standard Size 6000 mm.	Total Order	27	Amount	0	3	1	3	10	0	0
		Amount Obtained	Req. (unit)	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4	Pattern 5	Pattern 6	Pattern 7
	281	40	40	1	0	21	0	0	0	0
	1044	30	30	1	0	0	0	0	5	0
	1241	40	40	1	0	0	0	4	0	0
	1061	3	3	2	1	0	0	0	0	0
	461	40	40	0	2	0	13	0	0	0
	671	8	8	1	0	0	0	0	0	0
	331	50	50	0	4	0	0	3	2	0
	181	24	24	1	0	0	0	0	0	33
	431	10	10	1	0	0	0	0	0	0
	291	15	15	0	5	0	0	0	0	0
	1228	10	10	0	1	0	0	0	0	0
			Waste		10	99	7	43	118	27
			Sum				13	7	7	33

ความยาวที่ลูกค้าต้องการ

รูปแบบเบื้องต้น

จำนวนที่ลูกค้าต้องการ

ตารางที่ 3: ตารางแสดงแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสมที่ได้ (ต่อ)

Standard Size 6000 mm.	Total Order	27	Amount	1	2	1	0	0	6	0	0
		Amount Obtained	Req. (unit)	Pattern 8	Pattern 9	Pattern 10	Pattern 11	Pattern 12	Pattern 13	Pattern 14	Pattern 15
	281	40	40	0	0	1	0	0	2	0	21
	1044	30	30	0	0	0	0	1	5	0	0
	1241	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0
	1061	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	461	40	40	0	0	0	0	0	0	0	0
	671	8	8	0	1	8	0	0	0	0	0
	331	50	50	0	0	1	0	0	0	18	0
	181	24	24	2	2	0	0	0	1	0	0
	431	10	10	13	0	0	0	0	0	0	0
	291	15	15	0	0	0	20	17	0	0	0
	1228	10	10	0	4	0	0	0	0	0	0
			Waste	35	55	20	180	9	37	42	99
			Sum	15	7	10	20	18	8	18	21

ตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์หนึ่งในเดือนเมษายน 2553 ที่ได้เป็นรูปแบบที่เกิดจากการตัดเหล็กขนาดมาตรฐานยาว 6,000 มิลลิเมตร ให้ได้ตามความยาวและจำนวนที่ลูกค้าต้องการดังในตาราง ผลที่ได้คือ มีการใช้ปริมาณเหล็กขนาดมาตรฐานทั้งหมด 27 เส้น คิดเป็นน้ำหนัก 683.15 กิโลกรัม และเกิดปริมาณเศษเหล็ก 810 มิลลิเมตร คิดเป็นน้ำหนัก 3.42 กิโลกรัม โดยมีรูปแบบการตัดที่เหมาะสมดังนี้

ตารางที่ 4: ตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กที่เหมาะสมที่ได้

Pattern	รูปแบบการตัด
3	ตัดเหล็กยาว 281 มม. จำนวน 21ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 1 เส้น
4	ตัดเหล็กยาว 461 มม. จำนวน 13 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 3 เส้น
5	ตัดเหล็กยาว 1241 มม. จำนวน 4 ท่อน ตัดเหล็กยาว 331 มม. จำนวน 3 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 10 เส้น
6	ตัดเหล็กยาว 1044 มม. จำนวน 5 ท่อน และตัดเหล็กยาว 331 มม. จำนวน 2 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้
7	ตัดเหล็กยาว 181 มม. จำนวน 33 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้
8	ตัดเหล็กยาว 181 มม. จำนวน 2 ท่อน ตัดเหล็กยาว 431 มม. จำนวน 13 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 1 เส้น
9	ตัดเหล็กยาว 671 มม. จำนวน 1 ท่อน ตัดเหล็กยาว 181 มม. จำนวน 2 ท่อน และตัดเหล็กยาว 1228 มม. จำนวน 4 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 2 เส้น
10	ตัดเหล็กยาว 281 มม. จำนวน 1 ท่อน ตัดเหล็กยาว 671 มม. จำนวน 8 ท่อน และตัดเหล็กยาว 331 มม. จำนวน 1 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 1 เส้น
11	ตัดเหล็กยาว 291 มม. จำนวน 20 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้
12	ตัดเหล็กยาว 1044 มม. จำนวน 1 ท่อน และตัดเหล็กยาว 291 มม. จำนวน 17 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้
13	ตัดเหล็กยาว 281 มม. จำนวน 2 ท่อน ตัดเหล็กยาว 1044 มม. จำนวน 5 ท่อน และตัดเหล็กยาว 181 มม. จำนวน 1 ท่อน มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้ 6 เส้น
14	ตัดเหล็กยาว 331 มม. จำนวน 18 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้
15	ตัดเหล็กยาว 281 มม. จำนวน 21 ท่อน โดยไม่มีการเบิกเหล็กขนาดมาตรฐานมาใช้

4.2. รูปแบบการตัดปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

ตารางที่ 5: ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการตัดเหล็กปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

ลำดับ	ความยาวที่ลูกค้าต้องการ	จำนวนที่ลูกค้าต้องการ	รูปแบบการตัด	จำนวนเหล็กมาตรฐานที่ใช้ในการตัด
1	281	40	20 ท่อน	2
2	1044	30	5 ท่อน	6
3	1241	40	4 ท่อน	9
4	1061	3	5 ท่อน	1
5	461	40	13ท่อน	4
ลำดับ	**ความยาวที่ลูกค้าต้องการ**	**จำนวนที่ลูกค้าต้องการ**	**รูปแบบการตัด**	**จำนวนเหล็กมาตรฐานที่ใช้ในการตัด**
6	671	8	8 ท่อน	1
7	331	50	18 ท่อน	3
8	181	24	33 ท่อน	1

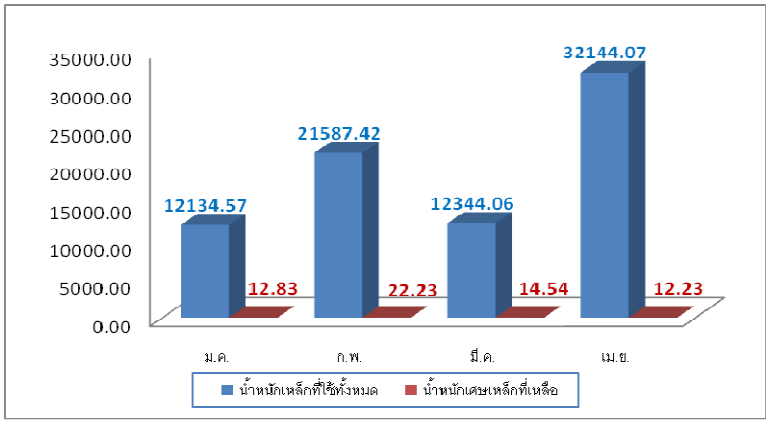
9	431	10	13 ท่อน	1
10	291	15	20 ท่อน	1
11	1228	10	4 ท่อน	3

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าจากการตัดท่อเหล็กขนาดมาตรฐานยาว 6,000 มิลลิเมตร ให้ได้ตามความยาวและจำนวนที่ลูกค้าต้องการดังในตาราง ผลที่ได้คือ มีการใช้ปริมาณท่อเหล็กขนาดมาตรฐานทั้งหมด 32 เส้น คิดเป็นน้ำหนัก 809.66 กิโลกรัม และเกิดปริมาณเศษเหล็ก 6,056 มิลลิเมตร คิดเป็นน้ำหนัก 25.53 กิโลกรัม

จะเห็นได้ว่าจากข้อมูลความต้องการลูกค้าเดียวกัน เมื่อทำการตัดท่อเหล็กตามรูปแบบการตัดที่เหมาะสมแล้วสามารถลดปริมาณการใช้ท่อเหล็กมาตรฐานและปริมาณเศษเหล็กที่เหลือลดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ตั้งแต่เดือนมกราคม-เมษายน 2553 ทำให้ได้รูปแบบการตัดที่เหมาะสม และสามารลดปริมาณของท่อเหล็กมาตรฐานที่ใช้และปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กลงได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6: ปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม

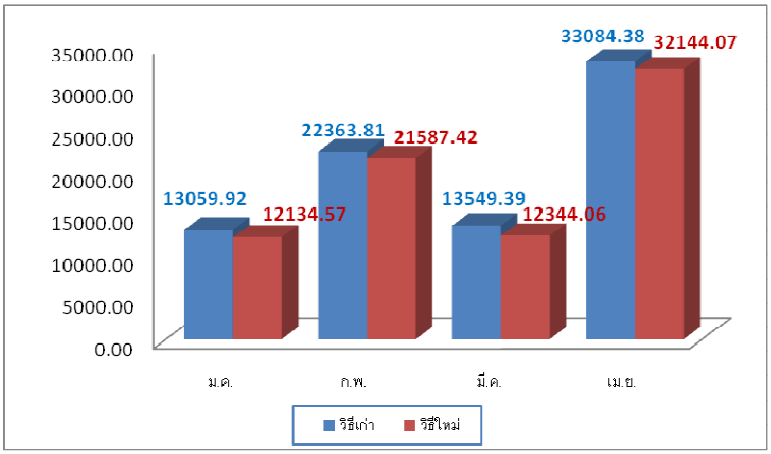
เดือน	**น้ำหนักของเหล็กที่ใช้ต่อเดือน (กิโลกรัม)**	**น้ำหนักเศษเหล็กต่อเดือน (กิโลกรัม)**	**ร้อยละ**
มกราคม	12,134.57	12.83	0.11
กุมภาพันธ์	21,587.42	22.23	0.10
มีนาคม	12,344.06	14.54	0.12
เมษายน	78,210.13	12.23	0.04
รวม	126,860.53	61.83	**เฉลี่ย 0.09**



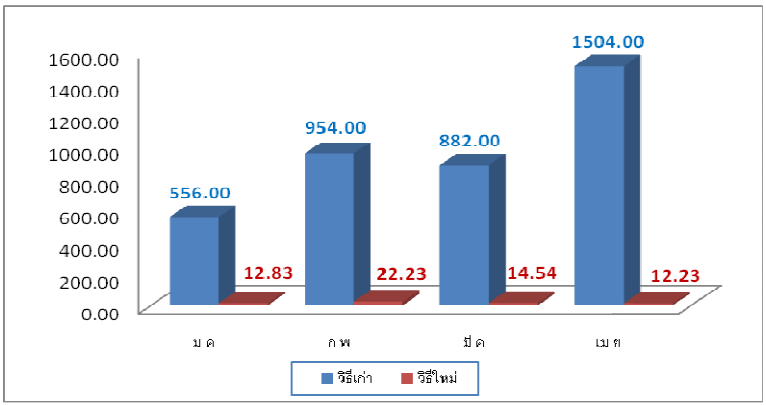
รูปที่ 3: กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของเหล็กที่ใช้และเศษเหล็กที่เหลือจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม–เมษายน 2553

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าการนำรูปแบบการตัดที่เหมาะสมมาใช้ในขั้นตอนการตัดเหล็กแทนขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบัน สามารถลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กลงได้เหลือเฉลี่ยเดือนละ 0.09 %

เมื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักของเหล็กที่ใช้ต่อเดือนจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบันและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม และปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบันและที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



รูปที่ 4: กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักของเหล็กที่ใช้จากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบันและจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม–เมษายน 2553



รูปที่ 5: กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กปัจจุบันและที่เกิดจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสม ตั้งแต่เดือนมกราคม–เมษายน 2553

จากรูปที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่าการตัดเหล็กจากรูปแบบการตัดที่เหมาะสมสามารถลดทั้งน้ำหนักของเหล็กที่ใช้ต่อเดือน และปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดจากขั้นตอนการตัดเหล็กลงได้

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างรูปแบบการตัดที่เหมาะสม มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการใช้ปริมาณท่อเหล็กความยาวมาตรฐานอย่างคุ้มค่า ลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการตัดเหล็ก และ

ลดต้นทุนการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสม โดยการประยุกต์เทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) ผสมผสานกับเทคนิคการบรรจุของใส่ถุง (Knapsack Problem) ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการคำนวณรูปแบบการตัดที่ดีที่สุดของกลุ่มปัญหา โดยทำให้เกิดเศษเหลือจากเดิมเฉลี่ยเดือนละ 4.89 % เหลือเฉลี่ยเดือนละ 0.09 % ทำให้เกิดการใช้เหล็กความยาวมาตรฐานได้อย่างคุ้มค่า ลดปริมาณเศษเหล็กขนาดที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้น ช่วยลดเวลาและต้นทุนจากขั้นตอนการตัดเหล็ก อีกทั้งยังใช้เป็นข้อมูลในการสั่งซื้อที่เหมาะสมอีกด้วย

บรรณานุกรม

[1] นราธิป แสงซ้าย, พีรยุทธ์ ชาญเศรษฐิกุล, 2547, “ปัญหาการตัดหนึ่งมิติ พร้อมด้วยความต้องการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา,” การประชุมวิชาการด้านการวิจัยการดำเนินงาน ประจำปี 2547, 94-103.

[2] ศีขรินทร์ สุขโต, 2548, “การสร้างรูปแบบการตัดในปัญหาการตัดวัสดุหลายขนาดมาตรฐานด้วยเทคนิคการสร้างสดมภ์,” การประชุมวิชาการด้านการวิจัยการดำเนินงาน ประจำปี 2548, 1-11.

[3] เอกฤทธิ์ แก้วไขว, 2553, “การสร้างแบบจำลองการวางแผนความต้องการชิ้นงานบนเงื่อนไขการบรรจุหีบห่อ,” กรุงเทพมหานคร: วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[4] Dyckhoff, H., 1981, “A New Linear Programming Approach to The Cutting Stock Problem,” Operation Research, 29, 1092-1104.

[5] Gilmore, P.C., Gomory, R.E., 1961, “A Linear Programming Approach to The Cutting Stock Problem,” Operation Research, 9, 849-859.

[6] Gilmore, P.C., Gomory, R.E., 1963, “A Linear Programming Approach to The Cutting Stock Problem,” Operation Research, 9, 863-888.