

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีอีวิริสติก : กรณีศึกษาการตัดเหล็กแบนรีดสำหรับประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างหลายรูปแบบ

ศุภพัฒน์ ปิงตา¹⁾ และ พรเทพ ขอบข่ายเกียรติ^{*2)}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีอีวิริสติก 4 วิธี ได้แก่ วิธีความยาวมากที่สุด วิธีความยาวน้อยสุด วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบกริดดี ในกรณีศึกษาการตัดเหล็กแบนรีดสำหรับประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างโดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 7 รูปแบบการทดลองซึ่งแต่ละการทดลองจะมี 3 กรณี รวมทั้งสิ้น 21 กรณี จากนั้นจะนำประสิทธิภาพในการตัด และเศษที่เหลือจากการตัดในแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งวิธีอีวิริสติกที่ดีจะมีประสิทธิภาพในการตัดสูงและเศษที่เหลือจากการตัดน้อย จากผลการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างทั้ง 7 รูปแบบการทดลองพบว่าวิธีความยาวมากที่สุด วิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดีมีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกัน ส่วนวิธีความยาวน้อยสุดจะมีประสิทธิภาพในการตัดต่ำกว่า 3 วิธีข้างต้น และเมื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้ความหลากหลายของความยาวย่อยเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองพบว่าวิธีสุ่มแบบกริดดีจะให้เศษที่เหลือจากการตัดน้อยกว่าวิธีความยาวมากที่สุด ความยาวน้อยสุดและวิธีสุ่ม

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพของวิธีอีวิริสติก การตัดวัสดุหนึ่งมิติ

¹⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อีเมลล์ : teh_kku@hotmail.com

²⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

* Corresponding Author.

Comparison the Efficiency of Heuristic Methods : Case Study of Steel Flat Bar Cutting for Security Window Grilles

Supapat Pingta¹⁾ and Porntep Khokhajaikiat^{*2)}

Abstract

The objective of this study was to compare the efficiency of heuristic methods which were maximum length, minimum length, random method and greedy random method. In this case study, It was divided into 7 experiments; each experiment has 3 cases. The total number of this study was 21 cases. The efficiency of cutting and scrap of remained steel cutting were measured and compared. The best heuristic methods should be high efficiency of cutting and less the scrap of remained steel cutting. It was found that maximum length, random method and greedy random method are not difference in efficiency of cutting. The minimum length has less efficiency more than other methods. When the type of products was increased, the result showed that the variety of length was increased. It was found that the greedy random method has scrap of remained steel cutting less than maximum strength, minimum length and random method.

Keywords: The efficiency of heuristic method, one- dimensional cutting stock problem

¹⁾ Graduate Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University
40002, E-mail: teh_kku@hotmail.com

^{*2)} Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University
40002

* Corresponding Author.

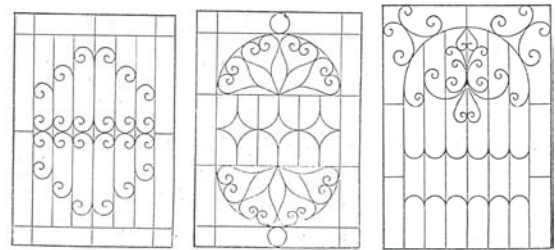
1. บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจทุกประเภทมีการแข่งขันกันค่อนข้างสูง การใช้วัสดุอย่างคุ้มค่าต่อการผลิตไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมด้านใด ย่อมส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ราคาผลิตภัณฑ์ การแข่งขันในการตลาด เศรษฐกิจของประเทศชาติ รวมทั้งการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด (Seekharin Sukto, 2005) ปัญหาการตัดแบ่งวัสดุแบบหนึ่งมิติ (One-Dimensional Cutting Stock Problem) หรือ 1-CSP เป็นปัญหาที่เลือกใช้วัสดุขนาดมาตรฐาน โดยนำมาตัดให้ได้ความยาวและปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ โดยทำให้เศษจากการตัดวัสดุขนาดมาตรฐานเหลือน้อยที่สุด โดย Gilmore and Gomory (1961) ได้เริ่มนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการตัดหนึ่งมิติด้วยการโปรแกรมเชิงเส้นตรงและเทคนิคการสร้างสดมภ์ (Column Generation) และหลังจากนั้นได้มีการพัฒนาปัญหาการตัดหนึ่งมิติอย่างต่อเนื่อง (Harald Dyckhoff (1981), Richard Vahrenkamp (1996), Naratip Sangsai (2007), Preecha and Nuchsa (2009))

อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กนั้นมีต้นทุนในการผลิตที่สูง ในการที่ทำให้เศษเหล็กเหลือน้อยที่สุดนั้นต้องนำหลักการทางด้านการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดมาใช้งาน แต่ในการปฏิบัติแบบเดิมนั้นอาศัยประสบการณ์ในการทำงานของพนักงานซึ่งยังขาดหลักการทางด้านการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด จึงทำให้เกิดเศษเหล็กที่เหลือจากการตัดเป็นจำนวนมาก (Chartchai Matrakul, 2000) นอกจากนั้นงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตัดวัสดุ มักจะเกิดเศษที่เหลือจากการตัด เนื่องจากขาดการวางแผน และไม่มีกระบวนการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการตัดวัสดุในลักษณะต่างๆ ส่งผลทำให้เหลือเศษจากการตัดวัสดุมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นและส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น (Preecha and Nuchsa, 2009)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปัญหาการตัดเหล็กแบนรีดความยาวมาตรฐานที่ใช้สำหรับขึ้นรูปเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง ซึ่งท่อนเหล็กที่ใช้ในการขึ้นรูปเหล็กคัตมีขนาดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลายของเหล็กคัต และจำนวน

ของแต่ละความยาวย่อยจะมีปริมาณไม่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้จะศึกษาลายของเหล็กคัต 3 รูปแบบ โดยมีความแตกต่างของความยาวย่อยน้อย ปานกลางและมากตามลำดับจากซ้ายไปทางขวา ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงถึงแบบลายเหล็กคัตที่มีชิ้นส่วนที่มีความยาวย่อยแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้จะดำเนินการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง โดยใช้วิธีความยาวมากที่สุด (Maximum Length) วิธีความยาวน้อยสุด (Minimum Length) วิธีสุ่ม (Random Method) และวิธีสุ่มแบบกริดดี้ (Greedy Random Method) เพื่อพิจารณาว่าวิธีใดจะมีประสิทธิภาพในการตัดสูงและมีเศษที่เหลือจากการตัดน้อย

2. วัตถุประสงค์

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัด และเศษที่เหลือจากการตัดเหล็กแบนรีดในการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างโดยวิธีความยาวมากที่สุด วิธีความยาวน้อยสุด วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบกริดดี้

3. ขอบเขตในการศึกษา

3.1 เหล็กแบนรีดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมีความยาวมาตรฐาน 600 เซนติเมตร

3.2 การตัดแต่ละครั้งทำให้มีการสูญเสียเนื้อเหล็กแบนรีดครั้งละ 1 มิลลิเมตร

3.3 ความยาวที่เหลือจากการตัด หมายถึง จำนวนความยาวที่เหลือจากการตัดเหล็กแบนรีดนำมารวมกัน (ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้)

3.4 เศษที่เหลือจากการตัด หมายถึง เศษเหล็กแบนรีดที่เหลือจากการตัดที่มีขนาดความยาวสั้นกว่า ชิ้นส่วนของเหล็กตัดที่สั้นที่สุด

3.5 ความยาวที่เหลือจากการตัดทั้งหมด หมายถึง จำนวนความยาวที่เหลือจากการตัดเหล็กแบนรีดมารวมกัน ซึ่งเท่ากับ ความยาวที่เหลือจากการตัด บวกกับ เศษเหล็กที่เหลือจากการตัด

3.6 ประสิทธิภาพในการตัด = $[1 - (\text{ความยาวที่เหลือจากการตัดทั้งหมด} + \text{ความสูญเสียจากการตัด}) / \text{ความยาวมาตรฐานของเหล็กแบนรีดที่ใช้}] \times 100 \%$

4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการตัดวัสดุหนึ่งมิติ ซึ่งได้มีผู้วิจัยนำเสนอวิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปัญหาการตัดวัสดุ 1 มิติ อย่างต่อเนื่อง โดย P.C. Gilmore and R.E. Gomory (1961) ได้นำเสนอปัญหาการตัดวัสดุในยุคแรกๆ ของการพัฒนาปัญหาการตัดวัสดุ ซึ่งปัญหานี้ต้องการลดต้นทุนของการผลิต โดยงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงมาแก้ไขปัญหาลำสำหรับการตัด หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาปัญหาการตัดวัสดุอย่างต่อเนื่อง โดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงและวิธีทางฮิวริสติก เช่น Richard Vahrenkamp (1996) ได้นำวิธีสุ่มช่วยในการแก้ปัญหาลำสำหรับการตัดวัสดุ , Naratip Sangsai (2007) ได้นำการวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) มาหาคำตอบเกี่ยวกับเศษที่เหลือจากการตัดน้อยที่สุดโดยการสร้างรูปแบบการตัดแล้วนำไปหาคำตอบด้วยซอฟต์แวร์ที่สร้างขึ้น, Preecha and Nuchsara (2009) ได้ทำการศึกษาวิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดการปัญหาตัดแบ่งวัสดุ 4 วิธีคือ วิธีความยาวมากที่สุด วิธีความยาวน้อยที่สุด วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบกริดดี และพบว่าวิธีฮิวริสติกแบบความยาวมากที่สุดจะให้ผลคำตอบที่ดีกว่าวิธี ฮิวริสติกแบบอื่น, Krisanarach Nititsira and Chayrit Archaapitsit (2004) ได้ศึกษาการหา รูปแบบการตัดวัสดุ 1 มิติ ให้เกิดความสูญเสียต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบรูปแบบการตัดจาก 3 รูปแบบ คือ รูปแบบ

อย่างง่าย รูปแบบการบรรจุพอดีแบบลดหลั่นและรูปแบบการบรรจุแบบช่วงยาวที่สุดก่อน โดยใช้ซอฟต์แวร์ LINGO ในการประมวลผลทั้ง 3 รูปแบบ

5. วิธีการดำเนินงานวิจัย

5.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของปัญหาการตัดแบ่งวัสดุแบบหนึ่งมิติ วิธีการขึ้นรูปเหล็กตัด เพื่อเป็นเงื่อนไขในการพัฒนาวิธีฮิวริสติก

5.2 ศึกษาวิธีฮิวริสติกทั้ง 4 วิธี ได้แก่ ความยาวมากที่สุด ความยาวน้อยที่สุด วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบกริดดี เพื่อใช้ในการตัดเหล็กแบนรีด

5.3 สร้างอัลกอริทึม (Algorithm) สำหรับการตัดเหล็กแบนรีดโดยใช้วิธีความยาวมากที่สุด วิธีความยาวน้อยที่สุด วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบกริดดี และตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมที่สร้างขึ้น

5.4 สร้างชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการตัด โดยแบ่งการตัดออกเป็น 7 รูปแบบการทดลอง ซึ่งแต่ละรูปแบบการทดลองมี 3 กรณีย่อย รวมทั้งสิ้นจะมี 21 กรณี ดังตารางที่ 1

5.5 วิเคราะห์ผลทางสถิติและสรุปผลการทดลองโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัด และเศษที่เหลือจากการตัด ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

5.6 สรุปผลงานวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงรูปแบบการกำหนดขอบเขตการทดลอง

รูปแบบการทดลอง	ลายเหล็กตัดที่ใช้	จำนวนบานเหล็กตัดในแต่ละกรณี	รวมกรณีการทดลอง
1	1	1,3,5	3
2	2	1,3,5	3
3	3	1,3,5	3
4	1,2	1,3,5	3
5	1,3	1,3,5	3
6	2,3	1,3,5	3
7	1,2,3	1,3,5	3

6. ขั้นตอนการตัดเหล็กแบนรีดด้วยวิธีอีวิวิสดิกทั้ง 4

ในขั้นตอนนี้จะทำการสร้างอัลกอริทึมเพื่อลำดับความคิดในการตัดเหล็กแบนรีดด้วยวิธีอีวิวิสดิกทั้ง 4 โดยมีวิธีการดำเนินการตัดในแต่ละวิธีอีวิวิสดิกดังนี้

1) วิธีความยาวมากที่สุด เป็นการตัดเหล็กแบนรีดโดยเรียงความยาวย่อยที่ต้องการจากความยาวมากไปหาความยาวน้อย หลังจากนั้นจึงตัดโดยนำความยาวมากที่สุดมาตัดก่อนจนไปถึงความยาวย่อยที่มีความยาวสั้นที่สุด

2) วิธีความยาวน้อยสุด เป็นการตัดเหล็กแบนรีดโดยเรียงความยาวย่อยที่ต้องการจากความยาวน้อยไปหาความยาวมาก หลังจากนั้นจึงตัดโดยนำความยาวน้อยสุดมาตัดก่อนจนไปถึงความยาวย่อยที่มีความยาวมากที่สุด

3) วิธีสุ่ม เป็นการตัดเหล็กแบนรีดโดยการสุ่มความยาวย่อยที่ต้องการซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกมาตัดเท่ากันโดย

ความน่าจะเป็นที่ความยาวย่อยจะถูกเลือก

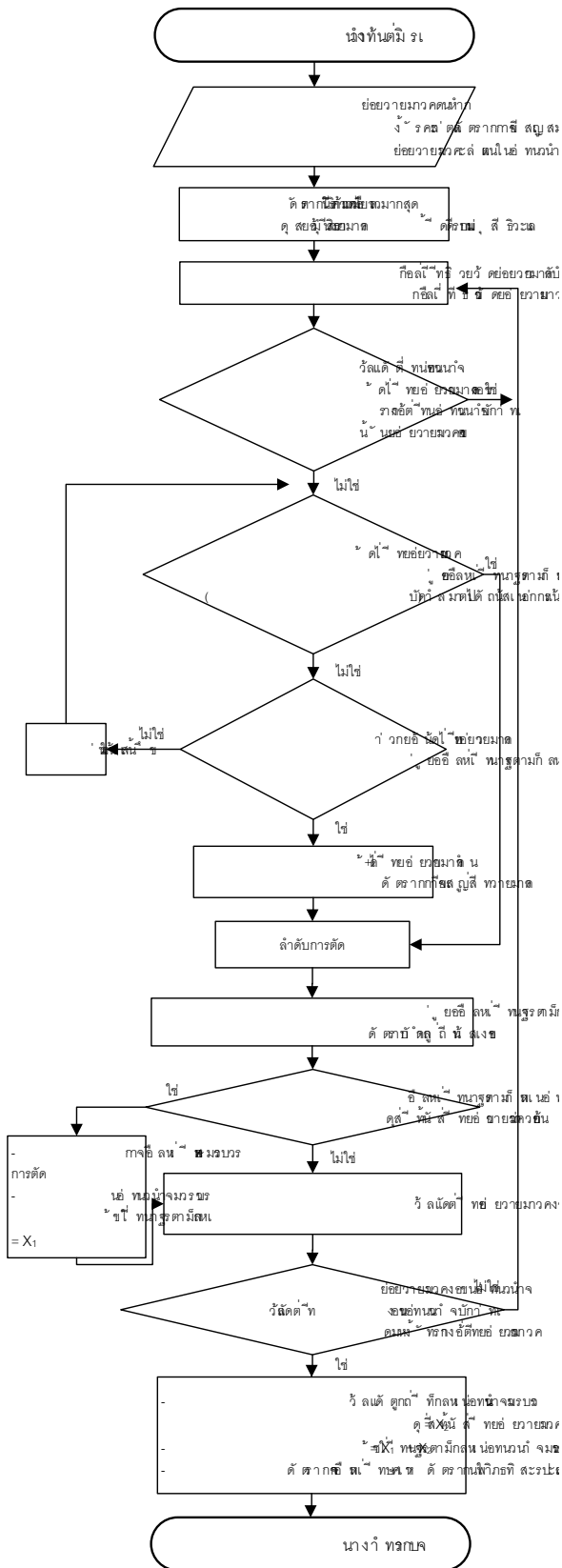
$$= \frac{1}{\text{จำนวนความยาวย่อยที่มีทั้งหมด}}$$

4) วิธีสุ่มแบบก๊อติดี เป็นการตัดเหล็กแบนรีดโดยสุ่มความยาวย่อยซึ่งแต่ละความยาวย่อยจะมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกมาตัดไม่เท่ากัน โดยความยาวมากมีโอกาสที่จะถูกเลือกได้มากกว่าความยาวน้อยกว่าซึ่งความน่าจะเป็นที่ความยาวย่อยจะถูกเลือก

$$= \frac{\text{ความยาวย่อยนั้นๆ}}{\text{ผลรวมของความยาวย่อยทั้งหมด}}$$

ซึ่งวิธีอีวิวิสดิกทั้ง 4 วิธีนี้มีกระบวนการดำเนินงานเป็นลำดับเพื่อหาผลลัพธ์คือ เศษที่เหลือจากการตัดและประสิทธิภาพในการตัด ซึ่งเริ่มจากการถอดชิ้นส่วนของลายเหล็กค้ำหน้าต่างที่ต้องการหาผลลัพธ์ จากนั้นเลือกวิธีอีวิวิสดิกที่ต้องการ และเข้าสู่กระบวนการลำดับการตัด โดยการตัดแต่ละครั้งนั้น จะกำหนดความสูญเสียจากการตัดครั้งละ 1 มิลลิเมตร และทำการตัดความยาวย่อยของชิ้นส่วนให้ครบตามที่

ต้องการ ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นผังงาน (Flow Chart) ในการตัดเหล็กแบนรีดสรุปได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลงานแสดงการตัดเหล็กแบนรีดด้วยวิธีอีวิสดิก
ทั้ง 4

7. การตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กดัด
หน้าต่าง

ในขั้นตอนนั้นเป็นการหาผลลัพธ์การตัดหลักแบบ
 ริดเพื่อประกอบเป็นหลักคัตหน้าตาต่าง ซึ่งได้กำหนดข้อมูล
 ในการทดลองทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการทดลองในแต่ละกรณี

รูปแบบการทดลอง	กรณี	ลายหลักตัดที่ใช้ (ลาย)	จำนวนบานหลักตัดในแต่ละลาย (บาน)	ความสูงชิ้นส่วนทั้งหมด (ซม.)	จำนวนตอนของความยาวย่อยทั้งหมด (ตอน)	จำนวนขนาดความยาว (จำนวน)
1	1	1	1	2220	33	6
	2	1	3	6660	99	6
	3	1	5	11100	165	6
2	1	2	1	1714	40	11
	2	2	3	5142	120	11
	3	2	5	8570	200	11
3	1	3	1	1869	41	14
	2	3	3	5607	123	14
	3	3	5	9345	205	14
4	1	1 และ 2	1	3934	73	17
	2	1 และ 2	3	11802	219	17
	3	1 และ 2	5	19670	365	17
5	1	1 และ 3	1	4089	74	16
	2	1 และ 3	3	12267	222	16
	3	1 และ 3	5	20445	540	16
6	1	2 และ 3	1	3583	81	24
	2	2 และ 3	3	10749	243	24
	3	2 และ 3	5	17915	405	24
7	1	1, 2 และ 3	1	5803	114	27
	2	1, 2 และ 3	3	17409	342	27
	3	1, 2 และ 3	5	29015	570	27

ในการทดลองครั้งนี้ วิธีความยาวมากที่สุดและ ความยาวน้อยสุดจะมีผลการตัดเพียงครั้งเดียว แต่วิธีสุ่ม และวิธีสุ่มแบบก๊อตต์จะดำเนินการวิธีละ 30 ครั้ง เพื่อ ทดสอบว่าเศษที่เหลือจากการตัดมีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ซึ่งจะนำไปทดสอบ สมมติฐานโดยข้อมูลเศษที่เหลือจากการตัดจากทั้งสอง กลุ่มเป็นอิสระต่อกันและค่าความแปรปรวนของเศษที่

เหลือจากการตัดด้วยวิธีทั้งสองแตกต่างกัน โดยการใช้การทดสอบแบบ T –Test

8. การเปรียบเทียบผลของการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างระหว่างวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี

จากการทดลองหาผลลัพธ์ของการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างทั้งหมด 3 ลาย โดยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดีทั้ง 7 รูปแบบการทดลอง รวมทั้งสิ้น 21 กรณี แต่ละกรณีของทั้ง 2 วิธี จะดำเนินการวิธีละ 30 ครั้ง ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบผลการตัดเหล็กแบนรีดได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการตัดเหล็กแบนรีดระหว่างวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี

รูปแบบการทดลอง	กรณี	จำนวนท่อนเหล็กมาตรฐานโดยเฉลี่ย (ท่อน)		เศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ย (ซม.)		ความแตกต่างทางสถิติระหว่างวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี	ประสิทธิภาพในการตัดโดยเฉลี่ย (%)	
		วิธีสุม	วิธีสุมแบบกริดดี	วิธีสุม	วิธีสุมแบบกริดดี		วิธีสุม	วิธีสุมแบบกริดดี

จากผลการทดลองหาผลลัพธ์ของการตัดเหล็กแบนรีดโดยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดีทั้ง 7 รูปแบบการทดลองนั้นจะเห็นได้ว่า ในรูปแบบการทดลองที่ 1, 2 และ 3 จะผลิตเหล็กคัตหน้าต่างเพียงลายเดียว (ไม่มีความหลากหลายในผลิตภัณฑ์) พบว่าวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดีมีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกัน และความแตกต่างทางสถิติระหว่างเศษที่เหลือจากการตัดโดยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดีจะไม่แตกต่างกันเกือบทุกกรณี ยกเว้นในรูปแบบการทดลองที่ 1 กรณีที่ 1 และกรณีที่ 3 และรูปแบบการทดลองที่ 2 กรณีที่ 3 จะมีเศษที่เหลือจากการตัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างเพียงลายเดียวด้วยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี จะมีเศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

เมื่อเพิ่มลายเหล็กคัตหน้าต่างดังรูปแบบการทดลองที่ 4, 5 และ 6 พบว่าวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี มีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับรูปแบบ

1	1	4	4	18.56	19.96	แตกต่าง	92.50	92.50
	2	12	12	84.24	35.84	ไม่แตกต่าง	92.50	92.50
	3	19.67	19.13	55.08	71.46	แตกต่าง	94.05	96.71
2	1	3	3	8.49	7.17	ไม่แตกต่าง	95.22	95.22
	2	9	9	35.15	31.48	ไม่แตกต่าง	95.22	95.22
	3	15	15	59.50	53.08	แตกต่าง	95.22	95.22
3	1	4	4	12.26	11.99	ไม่แตกต่าง	77.86	77.86
	2	10	10	35.99	38.73	ไม่แตกต่าง	93.45	93.45
	3	16	16	62.04	63.58	ไม่แตกต่าง	97.34	97.34
4	1	7	7	22.44	20.58	ไม่แตกต่าง	93.67	93.67
	2	20	20	72.60	64.05	แตกต่าง	98.35	98.35
	3	34	33.73	122.67	104.90	แตกต่าง	96.42	97.19
5	1	7	7	25.67	25.55	ไม่แตกต่าง	97.39	97.39
	2	21	21	88.05	86.40	ไม่แตกต่าง	97.36	97.36
	3	35	35	146.30	147.17	ไม่แตกต่าง	97.36	97.36
6	1	6.83	6.87	19.74	19.22	ไม่แตกต่าง	87.44	86.93
	2	19	19	65.35	61.28	ไม่แตกต่าง	94.29	94.29
	3	31	31	103.95	102.31	ไม่แตกต่าง	96.32	96.32
7	1	10	10	37.43	30.07	แตกต่าง	96.72	96.72
	2	30	30	101.59	89.65	แตกต่าง	96.72	96.72
	3	49	49	174.79	156.49	แตกต่าง	98.70	98.70

การทดลองที่ 1, 2 และ 3 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเศษที่เหลือจากการตัดด้วยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดีพบว่าเกือบทุกกรณีจะมีเศษที่เหลือจากการตัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในรูปแบบการทดลองที่ 4 กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 จะมีเศษที่เหลือจากการตัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง 2 ลาย ด้วยวิธีสุมและวิธีสุมแบบกริดดี จะมีเศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

ในรูปแบบการทดลองที่ 7 นั้นเป็นการตัดเหล็กคัตหน้าต่าง 3 ลาย พบว่าวิธีสุมแบบกริดดี มีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1, 2, 3, 4, 5, และ 6 แต่เมื่อพิจารณาเศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ยด้วยวิธีสุมแบบกริดดีจะน้อยกว่าเศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ยด้วยวิธีสุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง 3 ลาย

โดยวิธีสุ่มแบบกริดดีจะเกิดเศษที่เหลือจากการตัดโดยเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีสุ่ม

9. ผลการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง

จากการทดลองหาผลลัพธ์ของการตัดเหล็กแบนรีดทั้ง 7 รูปแบบการทดลอง รวมทั้งสิ้น 21 กรณี โดยใช้เหล็กคัตทั้งหมด 3 ลาย สามารถสรุปผลได้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการตัดเหล็กแบนรีด ทั้ง 7 รูปแบบ การทดลอง

รูปแบบการทดลอง	กรณี	จำนวนท่อนเหล็กมาตรฐาน (ท่อน)				เศษที่เหลือจากการตัด (ซม.)				ประสิทธิภาพในการตัด (%)			
		วิธีความยาวมากที่สุด	วิธีความยาวน้อยสุด	วิธีสุ่มแบบกริดดี	วิธีสุ่มแบบกริดดี	วิธีความยาวมากที่สุด	วิธีความยาวน้อยสุด	วิธีสุ่มแบบกริดดี	วิธีสุ่มแบบกริดดี	วิธีความยาวมากที่สุด	วิธีความยาวน้อยสุด	วิธีสุ่มแบบกริดดี	วิธีสุ่มแบบกริดดี
1	1	4	4	4	4	15.50	0.00	0.00	4.10	92.50	92.50	92.50	92.50
	2	12	12	12	12	49.10	5.40	17.70	21.10	92.50	92.50	92.50	92.50
	3	20	20	19	19	57.10	10.50	31.80	41.50	92.50	92.50	97.37	39.37

จากการทดลองหาผลลัพธ์ของการตัดเหล็กแบนรีดทั้ง 7 รูปแบบการทดลองพบว่า ในรูปแบบการทดลองที่ 1, 2 และ 3 จะผลิตเหล็กคัตหน้าต่างเพียงลายเดียว (ไม่มี ความหลากหลายในผลิตภัณฑ์) จึงทำให้วิธีความยาวมากที่สุด วิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดี มีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกัน ส่วนวิธีความยาวน้อยสุดจะมีประสิทธิภาพในการตัดต่ำกว่า 3 วิธีข้างต้น ในรูปแบบการทดลองที่ 2 กรณีที่ 1 และกรณีที่ 3 และ รูปแบบที่ทดลองที่ 3 กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 อย่างไรก็ตามแม้ว่าประสิทธิภาพในการตัดของทั้ง 3 วิธีจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาเศษที่เหลือจากการตัดพบว่าวิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดีจะทำให้เศษที่เหลือจากการตัดน้อยกว่าวิธีความยาวมากที่สุด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างเพียงลายเดียวควรใช้วิธีสุ่มหรือวิธีสุ่มแบบกริดดี

เมื่อเพิ่มลายเหล็กคัตหน้าต่างดังรูปแบบการทดลองที่ 4, 5 และ 6 พบว่าวิธีความยาวมากที่สุด วิธีสุ่ม

2	1	3	4	3	3	12.50	0.00	0.60	0.30	95.22	71.42	95.22	95.22
	2	9	9	9	9	29.40	0.30	22.60	14.80	95.22	95.22	95.22	95.22
	3	15	16	15	15	82.70	8.10	42.10	32.20	95.22	89.27	95.22	95.22
3	1	4	4	4	4	11.70	0.00	3.70	5.60	77.86	77.86	77.86	77.86
	2	10	11	10	10	47.20	0.00	22.70	23.30	93.45	84.96	93.45	93.45
	3	16	17	16	16	64.50	12.00	45.90	45.90	97.34	91.62	97.34	97.34
4	1	7	7	7	7	17.00	7.70	11.60	8.40	93.67	93.67	93.67	93.67
	2	20	21	20	20	58.80	3.30	45.60	40.60	98.35	93.67	98.35	98.35
	3	34	35	34	33	120.90	32.50	95.10	68.60	96.42	93.67	96.42	99.34
5	1	7	8	7	7	25.60	12.80	15.00	12.90	97.36	85.19	97.39	97.39
	2	21	22	21	21	71.60	22.40	65.90	65.30	97.36	92.93	97.36	97.36
	3	34	37	35	35	145.50	19.20	111.80	115.00	97.36	92.10	97.36	97.36
6	1	7	7	6	6	18.00	0.00	8.90	8.90	85.31	85.31	99.53	99.53
	2	19	20	19	19	54.00	20.10	43.10	41.90	94.29	89.58	94.29	94.29
	3	31	32	31	31	99.10	9.00	59.70	74.90	96.32	93.31	96.32	96.32
7	1	10	11	10	10	34.50	8.80	23.80	14.00	96.72	87.93	96.72	96.72
	2	30	31	30	30	93.30	26.80	72.60	66.00	96.72	93.60	96.72	96.72
	3	49	52	49	49	173.90	17.00	130.10	111.20	98.70	93.00	98.70	98.70

หมายเหตุ * การตัดเหล็กแบนรีดด้วยวิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดี สำหรับการทดลองข้างต้น จะใช้จำนวน 30 รอบในแต่ละกรณี ซึ่งทำให้ได้ค่า เศษที่เหลือจากการตัดดังสรุปในตารางที่ 4 และถ้าดำเนินการด้วยเป็นจำนวนรอบมากขึ้นก็อาจจะทำให้ได้ค่าเศษที่เหลือจากการตัดนั้นน้อยลง

และวิธีสุ่มแบบกริดดี มีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกัน ส่วนวิธีความยาวน้อยสุดจะมีประสิทธิภาพในการตัดต่ำกว่า 3 วิธีข้างต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าประสิทธิภาพในการตัดของทั้ง 3 วิธีจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาเศษที่เหลือจากการตัดพบว่าวิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดีจะทำให้เศษที่เหลือจากการตัดน้อยกว่าวิธีความยาวมากที่สุด ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง 2 ลายควรใช้วิธีสุ่มหรือวิธีสุ่มแบบกริดดี

ในรูปแบบการทดลองที่ 7 นั้นเป็นการตัดเหล็กคัตหน้าต่าง 3 ลาย พบว่าวิธีความยาวมากที่สุด วิธีสุ่มและวิธีสุ่มแบบกริดดี มีประสิทธิภาพในการตัดไม่แตกต่างกัน ส่วนวิธีความยาวน้อยสุดจะมีประสิทธิภาพในการตัดต่ำกว่า 3 วิธีข้างต้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าประสิทธิภาพในการตัดของทั้ง 3 วิธีจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาเศษที่เหลือจากการตัดพบว่าวิธีสุ่มแบบกริดดีจะทำให้เศษที่

เหลือจากการตัดน้อยกว่าวิธีความยาวมากที่สุด และวิธีสุ่ม ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการตัดเหล็ก

แบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่าง 3 ลายควรใช้วิธีสุ่มแบบกริดดี

10. การอภิปรายผล

จากผลการตัดเหล็กแบนรีดเพื่อประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างพบว่าเมื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้มีความหลากหลายของความยาวย่อยเพิ่มมากขึ้น จากการทดลองพบว่าวิธีสุ่มแบบกริดดีจะให้เศษที่เหลือจากการตัดน้อยกว่าวิธีความยาวมากที่สุด ความยาวน้อยสุดและวิธีสุ่ม นอกจากนั้นในการวิจัยครั้งนี้พบว่าประสิทธิภาพในการตัด เมื่อใช้วิธีสุ่มแบบกริดดีไม่แตกต่างกับ วิธีความยาวมากที่สุด และวิธีสุ่ม ส่วนวิธีความยาวน้อยสุดจะให้ประสิทธิภาพในการตัด ต่ำที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้ กำหนดนิยามเศษที่เหลือจากการตัดหมายถึง เศษเหล็กแบนรีดที่เหลือจากการตัดที่มีขนาดความยาวสั้นกว่าชิ้นส่วนของเหล็กคัตที่สั้นที่สุดและไม่สามารถนำไปใช้งานได้ อย่างไรก็ตามจากการสำรวจ

งานวิจัย พบว่างานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการตัดแบ่งพัสดุหนึ่งมิติ (Krisanarach and Chayrit (2004), Naratip Sangsai (2007) , Preecha and Nuchsa (2009)) จะกำหนดนิยามเศษที่เหลือจากการตัดคือ ความยาวที่เหลือจากการตัดทั้งหมดซึ่งความหมายแตกต่างกับงานวิจัยนี้ จึงทำให้การสรุปผลของงานวิจัยดังกล่าว จะระบุว่าวิธีความยาวมากที่สุดมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีสุ่มแบบกริดดีทั้งที่ในความจริงแล้ว ความยาวที่เหลือจากการตัดทั้งหมดในบางครั้งนั้นมีความยาวเหลือมากและสามารถนำไปใช้งานได้ จึงไม่ควรคิดเป็นเศษที่เหลือ

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติกในกรณีศึกษาการตัดเหล็กแบนรีดสำหรับประกอบเป็นเหล็กคัตหน้าต่างหลายรูปแบบ ซึ่งในความเป็นจริงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานตัดวัสดุ 1 มิติ อื่นๆ ได้ เช่น การตัดเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง การตัดเหล็กม้วนในโรงงานอุตสาหกรรม การตัดวัสดุอื่นๆ เป็นต้น

11. เอกสารอ้างอิง

- Chartchai Matrakul. (2000). Minimization of Billet Crop. (Thesis). Industrial Engineering, Thammasat, University.(In Thai).
- Krisanarach Nitisira and Chayrit Archaapitsit. (2004). Minimizing Loss of One-Dimensional Stock Problem. Industrial Engineering , Khon Kaen University. (In Thai).
- Naratip Sangsai. (2007) Operation Research Application to Solve Cutting Stock Problem. The Journal of Industrial Technology, Vol3, No. 1,2007. (In Thai).

- Preecha Kriengkarakot and Nuchsa Kriengkarakot. (2009). Heuristic Approaches for One Dimensional Cutting Stock Problems. Proceedings for the Conference on Science and Technology (2009) . PP. 17-23. (In Thai).

- Seekharin Sukto. (2005). The Pattern Generation in Multiple Stock Sizes of Cutting Stock Problem. Operation Research (2005). PP. 1-11. (In Thai).
- Gilmore PC, Gomory RE. (1961). A Linear Programming Approach to the Cutting Stock Problem. Operations Research. PP. 849-59.
- Harald Dyckhoff. (1981). A New Linear Programming approach to the Cutting Stock Problem. Operations Research .Vol. 29 No. 6 November-December 1981. PP. 1092- 1104.
- Richard Vahrenkamp. (1996). Random Search in the One-Dimensional Cutting Stock Problem. European Journal of Operational Research 95 (1996). PP. 191-200.