

## การวิเคราะห์การใช้พลังงานของการตัดแผ่นหินอ่อนและหินแกรนิต : กรณีศึกษา Energy Consumption Analysis of Marble and Granite slabs cutting: A Case Study

ทิชากอร์ โปธินรินทร์<sup>1\*</sup>, ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย thichakorn.ph@gmail.com

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย titisak.b@g.chula.edu

### บทคัดย่อ

การตัดแผ่นหินเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญในอุตสาหกรรมหินธรรมชาติ ซึ่งหากควบคุมพารามิเตอร์ที่ตัดได้อย่างเหมาะสมจะสามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายได้ [3] ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาพารามิเตอร์สำหรับการตัดแผ่นหินอ่อนและหินแกรนิตที่ใช้ในโรงงานเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด พบว่า การตัดหินอ่อนที่ความเร็วรอบของใบเลื่อย 2,000 rpm และใช้ความเร็วในการตัด 3.00 เมตรต่อนาที ใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ 2.67 หน่วยต่อสแลบ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการตัดด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อนาที ได้ถึง 56,603.97 บาท หรือ 61.56% ต่อปี และการตัดแผ่นหินแกรนิตด้วยความเร็วรอบของใบเลื่อย 1,700 rpm และตัดด้วยความเร็ว 2.50 เมตรต่อนาที ใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ 2.75 หน่วยต่อแผ่น และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการตัดด้วยความเร็ว 1.00 เมตรต่อนาที ถึง 36,150.78 บาท หรือ 56.97% ต่อปี

**คำสำคัญ :** หินแกรนิต, หินอ่อน, สแลบหิน, เครื่องตัดแผ่นหิน

### Abstract

Stone slab cutting is one of the important processes in the natural stone industry. By the cutting parameters are properly controlled, energy and cost can be saved. [3] So, this study was trying to find the parameters for cutting marble and granite slabs to determine the optimal parameters. From the study, it was found that, for the marble slab cutting, the speed of the saw blade is 2,000 rpm and a speed is 3.00 m/min, will use the lowest power consumption at 2.67 units/slab, and save cost more than cutting at a speed of 1.00 m/min to 56,603.97 baht or 61.56% per year. And, for the granite slab cutting, the speed of the saw blade is used at 1,700 rpm and a speed is 2.50 m/min, which will use the lowest power consumption at 2.75 units/slab and the cost can be saved more than cutting at a speed of 1.00 m/min to 36,150.78 baht 56.97%. per year

**Keywords:** Granite, Marble, Stone slabs, Bridge Cutter Machine

## 1. บทนำ (Introduction)

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันหินธรรมชาติได้รับความนิยมอย่างมากในกลุ่มวัสดุก่อสร้าง การตัดหินนั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมหินอ่อนและหินแกรนิต อีกทั้งยังเป็นกิจกรรมที่มีค่าใช้จ่ายสูงทั้งค่าเครื่องจักรและค่าพลังงานที่ใช้ในการตัด การตัดหินที่ไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดผลกระทบต่อทางด้านสิ่งแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียงและมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่เพิ่มขึ้น [7] เนื่องจากหินแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันทำให้พลังงานที่ใช้ในการตัดหินนั้นมีความแตกต่างกันไปด้วย ยิ่งหินที่มีความแข็งมากเท่าไร พลังงานที่ใช้ในการตัดก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น [1] ความแตกต่างทางด้านกายภาพของหินแต่ละประเภทนี้ทำให้การใช้พารามิเตอร์เดียวกันในการตัดหินที่ต่างชนิดกันจะเกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ [8] ด้วยเหตุนี้จึงได้มีความพยายามในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการตัดหินแต่ละประเภทเพื่อควบคุมการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าที่สุด [9] จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการตัดหินธรรมชาติพบว่า หากสามารถควบคุมการตัดหินได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีค่าพารามิเตอร์การตัดที่เหมาะสมสำหรับหินแต่ละประเภท จะสามารถประหยัดพลังงานที่ใช้ในการตัดหินได้มากถึง 10% จากพลังงานที่ใช้อยู่โดยปกติ [3] แต่การผู้ประกอบการโรงงานหินอ่อนหินแกรนิตในประเทศไทยหลายท่านยังไม่เห็นถึงประโยชน์ของการควบคุมการตัดหินให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้คุมเครื่องตัดหินโดยส่วนใหญ่จึงตัดตามการคาดเดาของตนซึ่งอาจจะทำให้การตัดหินนั้นไม่ได้ประสิทธิภาพและเกิดการสูญเสียพลังงานไปอย่างน่าเสียดาย

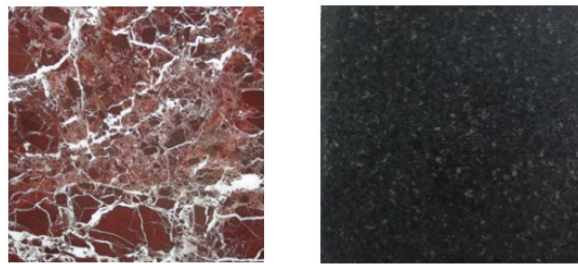
จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ ที่ต้องการนำเสนอถึงความสำคัญของการหาพารามิเตอร์ในการตัดหินแต่ละชนิดว่า พารามิเตอร์แบบใดที่ประหยัดพลังงาน โดยทางผู้วิจัยจึงจะศึกษาออกมาทั้งค่าตัวเลขของพลังงานที่ประหยัดได้และแปลงออกมาเป็นค่าเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปี

### 1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 หินอ่อน คือหินแปรชนิดหนึ่งที่เกิดจากการตกผลึกตามธรรมชาติซึ่งเกิดจากการทับถมของชั้นแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูนที่ตกตะกอนสะสมในท้องทะเล [5] มีความระดับความแข็งแร่ของโมส (Mohs scale of mineral

hardness) อยู่ที่ 2.5 - 5 [6] หินอ่อนในธรรมชาติมีอยู่หลายชนิด ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้หินอ่อน Rosso Levanto มาทดลองในครั้งนี้

1.2.2 หินแกรนิต คือหินที่เกิดจากลาวาที่เย็นตัวลงและเกิดการตกผลึกภายใต้แรงดันมหาศาลใต้เปลือกโลก จนเกิดหินที่ประกอบด้วยผลึกแร่ขนาดใหญ่อย่างหินแกรนิตขึ้น [6] หินชนิดนี้จะมีความหยาบของเนื้อหินมากกว่าหินอ่อน และมีความแข็งแร่ของโมส (Mohs scale of mineral hardness) อยู่ที่ 6 - 7 [10] และผู้วิจัยได้เลือกใช้หินแกรนิตดำอินเดีย สำหรับการทดลองในครั้งนี้



ภาพที่ 1 หินอ่อน Rosso Levanto และหินแกรนิตดำอินเดีย

### 1.2.3 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

ก) หาค่ากำลังไฟฟ้าจากกระแสไฟฟ้าที่วัดได้

$$P = \frac{E \times I}{1,000} \quad (1)$$

โดยที่ P คือ กำลังไฟฟ้า (kW)

E คือ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) มีค่า 380 volt

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

ข) คำนวณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดหิน

$$\text{การใช้ไฟฟ้า (หน่วย)} = P \times N \times h \quad (2)$$

โดยที่ P คือ กำลังไฟฟ้า (watt)

N คือ จำนวนเครื่องจักร

h คือ เวลาที่ใช้ในการตัดแผ่นหิน 1 สแลบ (hour)

ค) คำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการตัดแผ่นหินตลอด 1 ปี

$$\text{ค่าไฟฟ้าที่ใช้ตัดหินต่อปี} = N_s \times M_s \times P_r \quad (3)$$

โดยที่ N<sub>s</sub> คือ จำนวนแผ่นหินที่ตัดได้ใน 1 ปี

M<sub>s</sub> คือ หน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในตัดแผ่นหิน 1 แผ่น

P<sub>r</sub> คือ ราคาไฟฟ้าต่อหน่วยของโรงงาน ในที่นี้คือ

5.62 บาท

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

### 2.1 รวบรวมข้อมูล

1) ทดสอบเครื่องตัดแผ่นหิน จำนวน 2 เครื่อง ได้แก่ Bridge Cutter Machine สำหรับตัดแผ่นหินอ่อน จำนวน 1 เครื่อง และ Bridge Cutter Machine สำหรับตัดแผ่นหินแกรนิต 1 เครื่อง

2) หินที่ใช้ในการทดลอง ใช้หิน 2 ชนิด ได้แก่

ก) หินอ่อน Rosso Levanto ขนาด 1.26 m x 3.04 ตารางเมตร จำนวน 1 สแลบ

ข) หินแกรนิตดำอินเดีย ขนาด 1.24 x 3.04 ตารางเมตร จำนวน 1 สแลบ

3) ความเร็วที่ใช้ในการตัดแผ่นหิน อยู่ที่ 1.00, 2.00 และ 3.00 m/min สำหรับหินอ่อน และ 1.00, 2.00 และ 2.50 m/min สำหรับหินแกรนิต ตามการตั้งค่าพื้นฐานของโรงงานที่ใช้ศึกษา

4) เวลาที่ใช้ในการตัด

ก) แผ่นหินอ่อน Rosso Levanto ใช้เวลาในการตัดต่อแผ่นอยู่ที่ 22.40, 11.20 และ 7.41 นาที ตามลำดับความเร็วที่ใช้ตัด ได้แก่ 1.00, 2.00 และ 3.00 m/min

ข) แผ่นหินแกรนิตดำอินเดีย ใช้เวลาในการตัดต่อแผ่นอยู่ที่ 22.36, 11.18 และ 8.94 นาที ตามลำดับความเร็วที่ใช้ในการตัด ได้แก่ 1.00, 2.00 และ 2.50 m/min

5) ความเร็วรอบของใบเลื่อย คือ 2,000 rpm สำหรับหินอ่อน และ 1,700 rpm สำหรับหินแกรนิต [4]

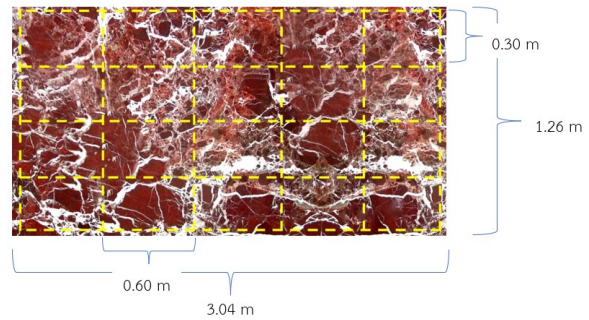
6) ขนาดของใบเลื่อยที่ใช้ คือ 12 นิ้ว สำหรับหินอ่อน และ 14 นิ้ว สำหรับหินแกรนิต

7) จำนวนแผ่นหินที่ตัดได้ใน 1 ปี ต่อเครื่องตัดหิน 1 เครื่อง ซึ่งคำนวณจากจำนวนแผ่นหินที่ตัดได้ต่อวัน คูณกับจำนวนวันที่ทำงานใน 1 ปี จะได้

ก) หินอ่อน สามารถตัดได้ 2,352 ถึง 2,940 สแลบต่อปี ต่อเครื่องตัดแผ่นหิน 1 เครื่อง

ข) หินแกรนิต สามารถตัดได้ 1,764 ถึง 2,352 สแลบต่อปี ต่อเครื่องตัดแผ่นหิน 1 เครื่อง

8) ค่าไฟเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน คำนวณจากค่าไฟรวมและหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ พบว่า ค่าไฟเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงานแห่งนี้ คือ 5.62 บาท



ภาพที่ 2 การตัดแผ่นหินขนาด 0.3 x 0.6 ตารางเมตร



ภาพที่ 3 Bridge Cutter Machine

### 2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

Digital Clamp Meter ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการตัดหิน โดยวัดทั้งเส้น 4 ครั้ง ต่อความเร็ว 1 ระดับ แล้วนำค่าที่วัดได้ ไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 4 Digital Clamp Meter

## 3. ผลการวิจัย (Results)

### 3.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขณะตัดแผ่นหิน

เมื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้แล้ว คำนวณตามสูตรที่ (1) จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าดังที่แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งคำนวณตามความเร็วที่วัด โดยแยกเป็นหินอ่อนกับหินแกรนิต

ตารางที่ 1 กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ขณะตัดแผ่นหินอ่อนตามความเร็วที่ใช้ตัด

ความเร็ว (m/min)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย (kW)
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	
1.00	18.38	18.44	18.90	18.75	18.62
2.00	18.73	18.79	19.13	18.57	18.81
3.00	21.46	21.49	21.55	21.38	21.47

ตารางที่ 2 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ขณะตัดแผ่นหินแกรนิตตามความเร็วที่ใช้ตัด

ความเร็ว (m/min)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย (kW)
	(kW)	(kW)	(kW)	(kW)	
1.00	17.21	17.12	17.12	17.20	17.16
2.00	17.40	18.21	18.08	17.81	17.88
2.50	18.32	18.47	18.56	18.52	18.46

จากตารางที่ 1 และ 2 จะเห็นว่า ขณะตัดแผ่นหินอ่อน หากใช้ความเร็ว 3.00 m/min จะใช้กำลังไฟฟ้าขณะตัดมากที่สุด คือ 21.47 kW และความเร็ว 2.50 m/min ขณะตัดแผ่นหินแกรนิต จะใช้กำลังไฟฟ้าขณะตัดมากที่สุด คือ 18.64 kW

### 3.2 ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ใช้ต่อการตัดแผ่นหิน 1 สแลบ

นำกำลังไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการตัดหินมาคำนวณตามสูตรที่ (2) จะได้ค่าซึ่งแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ต้นทุนค่าไฟต่อการตัดแผ่นหินอ่อน 1 สแลบ

ความเร็ว (m/min)	หน่วยไฟฟ้า (Unit)	ต้นทุนต่อสแลบ (Baht)
1.00	6.95	39.09
2.00	3.51	19.75
3.00	2.67	15.03

ตารางที่ 4 ต้นทุนค่าไฟต่อการตัดแผ่นหินแกรนิต 1 สแลบ

ความเร็ว (m/min)	หน่วยไฟฟ้า (Unit)	ต้นทุนต่อสแลบ (Baht)
1.00	6.40	35.97
2.00	3.33	18.73
2.50	2.75	15.48

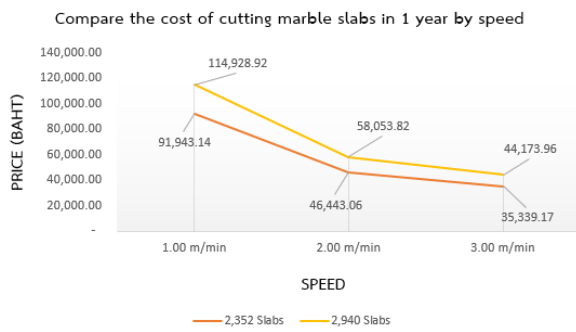
จากตารางที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่า หากตัดแผ่นหินอ่อนและแผ่นหินแกรนิตด้วยความเร็ว 1.00 m/min จะใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดต่อแผ่นมากที่สุด โดยแผ่นหินอ่อนจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดแผ่นหิน 1 สแลบ อยู่ที่ 6.95 หน่วย คิดเป็นเงิน 39.09 บาทต่อสแลบ และแผ่นหินแกรนิตจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการตัดแผ่นหิน 1 สแลบ อยู่ที่ 6.40 หน่วย คิดเป็นเงิน 35.97 บาทต่อแผ่นหิน 1 สแลบ

### 3.3 ความแตกต่างของค่าไฟที่ใช้ในการตัดแผ่นหินเป็นเวลา 1 ปี ตามระดับความเร็วที่ใช้ตัด

สามารถคำนวณได้จากสูตรที่ (3) ซึ่งสามารถแสดงผลคำนวณได้ดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ต้นทุนในการตัดแผ่นหินอ่อนใน 1 ปี

ความเร็ว (m/min)	ต้นทุนการตัดแผ่นหินอ่อนใน 1 ปี (บาท)	
	2,352 Slabs / year	2,940 Slabs / year
1.00	91,943.14	114,928.92
2.00	46,443.06	58,053.82
3.00	35,339.17	44,173.96

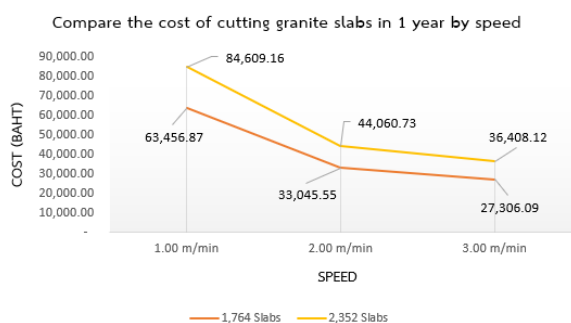


ภาพที่ 5 เปรียบเทียบต้นทุนในการตัดแผ่นหินอ่อนใน 1 ปี ตามความเร็วที่ใช้ตัด

จากตารางที่ 5 และภาพที่ 5 จะเห็นว่า ในตัดแผ่นหินอ่อน Rosso Levanto ใน 1 ปี อย่างน้อย 2,352 สแลบ ด้วยความเร็ว 3.00 m/min จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด อยู่ที่ 35,339.17 บาท ซึ่งน้อยกว่าการตัดด้วยความเร็ว 1.00 m/min ถึง 56,603.97 บาท หรือประมาณ 61.56 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 ต้นทุนในการตัดแผ่นหินแกรนิตใน 1 ปี

ความเร็ว (m/min)	ต้นทุนการตัดแผ่นหินแกรนิตใน 1 ปี (บาท)	
	1,764 Slabs / year	2,352 Slabs / year
1.00	63,456.87	84,609.16
2.00	33,045.55	44,060.73
2.50	27,306.09	36,408.12



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนในการตัดแผ่นหินแกรนิตใน 1 ปี ตามความเร็วที่ใช้ตัด

จากตารางที่ 6 และภาพที่ 6 จะเห็นว่า ในตัดแผ่นหินแกรนิตดำอินเดีย ใน 1 ปี อย่างน้อย 1,764 สแลบ ด้วยความเร็ว 2.50 m/min จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด อยู่ที่

27,306.09 บาท ซึ่งน้อยกว่าการตัดด้วยความเร็ว 1.00 m/min ถึง 36,150.78 บาท หรือประมาณ 56.97 เปอร์เซ็นต์

### 3.4 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยของ Askeri Karakus และคณะ ในปี 2012 พบว่า การตัดด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ใบเลื่อยเสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น [2] ดังนั้น หากตัดแผ่นหินด้วยความเร็ว 3.00 และ 2.50 แม้จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้จริง แต่ก็อาจทำให้อายุการใช้งานของใบเลื่อยลดลงได้

### 4. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด มาเบิล ฮาร์ดแวร์ และบริษัท ธีญญลักษณ์ มาเบิล อินเตอร์เทรด ที่สนับสนุนข้อมูลและอนุเคราะห์พื้นที่รวมถึงเครื่องมือสำหรับงานวิจัย และ ผศ.ดร.จิตติศักดิ์ บุญปราโมทย์ ผู้ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาทุกด้านสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้

### 5. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Hasan Çimen และ Said Mahmut Çinar. 2009. (15 กุมภาพันธ์ 2021). Energy Consumption Analysis in Marble Cutting Processing. แหล่งที่มา: <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-Consumption-Analysis-in-Marble-Cutting-%C3%87imen-%C3%87inar/653132a9c69b1e769248fa9dbdd9e55f37ccf11b>.
- [2] Askeri Karakuş, Atilla Ceylanoğlu และ Yavuz Gül. 2012. Energy saving by prediction of the optimum cutting rate in stone cutting process: An industrial scale study. Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research 2012 Volume (issues) Special Issue: 475-484
- [3] H. Cimen, S.M. Cinar, M. Nartkaya และ I. Yabanova. 2008. Energy Efficiency in Natural Stone Cutting Process. IEEE Energy2030. Atlanta, GA USA. 17-18 November, 2008 [3]

