



รายงานการวิจัย

เรื่อง

สร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย

Invention and Development of Grinding Machine

วิระวัฒน์ ทองงาม

จำนง ชูด้วง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการผลิตวิจัย

และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

ประจำปีงบประมาณ 2548

สร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย

Invention and Development of Grinding Machine

วีระวัฒน์ ทองงาม¹ จำนง ชูด้วง²

Weerawat Tongngam¹ Jamnong Choodoung²

บทคัดย่อ

โครงการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทรายสำหรับขัดชิ้นงานทดสอบในงานโลหวิทยา โดยมีขอบเขตของโครงการคือใช้กับมอเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ 50 เฮิร์ตซ์ เป็นขั้วมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร มีความเร็วรอบ 4 ระดับ คือ 290,350,430 และ 495 รอบต่อนาที

ผลการทดลองใช้งานเครื่องขัดกระดาษทราย บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เครื่องขัดกระดาษทรายที่สร้างขึ้น สามารถใช้งานการขัดชิ้นทดสอบได้ มีขีดความสามารถใกล้เคียงกับเครื่องขัดต้นแบบ ตรวจสอบได้จากเวลาที่ใช้ขัดชิ้นทดสอบที่ทำการทดลอง และผิวที่ได้จะใกล้เคียงกับเครื่องต้นแบบ

สำหรับความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย จากผู้มีประสบการณ์ทางโลหวิทยา มีความเห็นสอดคล้องกันโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมากถึงมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านลักษณะเครื่องและประโยชน์ของเครื่องมือ มีความเห็นเฉลี่ยสูงสุดรองลงมาคือ ด้านลักษณะของการใช้งาน

คำสำคัญ : เครื่องขัดกระดาษทราย โลหะวิทยา ชิ้นงานทดสอบ การตริ้ง

ABSTRACT

The project of invention and development of grinding machine. The purpose

¹มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

¹Rajamangala University of Technology Lanna Lampang.

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. ,สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร
ลำปาง

² Rajamangala University of Technology Lanna Lampang. ,Lampang
Agricultural Research and Training Centre.

of invention and development of grinding machine is grind material test of metallurgy. The limited of project is use a motor with 220 volt AC. 50 hertz grind wheel test has dimension \varnothing 200 mm. It's rotation speed 4 level 290, 350, 430 and 495 RPM.

The result of use working of grinding machine. It's reach of purpose grinding machine. It's can use grind material test have a limits near original and can check with the time of material test working and has skin near original.

The opinions from experts in metallurgy field on overall capacity of the project of invention and development of grinding machine were rate at high degree. The design and the practicable aspect of the grinding machine was scored to be the highest, followed by the usefulness aspect, respectively.

Key words : Grinding machine, Metallurgy, Specimen, Mounting

บทนำ

การศึกษาโครงสร้างโลหะ เป็นการศึกษารูปร่างของโลหะที่กระทำโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับชนิดของภาค (Phase) การกระจายตัวของภาค ตลอดจนลักษณะและขนาดโครงสร้างของผลึก นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงสภาวะของโลหะได้ว่าเป็นสารละลายของแข็ง สารประกอบ หรือบริสุทธิ์ (ไพโรจน์ สุวานวิเศษ, 2540, น. 7-1)

การศึกษาโครงสร้างของโลหะสามารถแยกได้ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ โครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) การศึกษาโครงสร้างของโลหะจะมีประสิทธิภาพและคุณภาพ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบ (Specimen) เป็นสำคัญ กล่าวคือชิ้นงานทดสอบจะต้องผ่านการปรับระดับผิวหน้าและผิวขัดให้เรียบ ไม่มีรอยขีดข่วน มีลักษณะเป็นมัน ถ้าขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบมาไม่ดี ก็ไม่สามารถวิเคราะห์ หรือมองภาพจากกล้องจุลทรรศน์ได้ชัดเจนและถูกต้อง ดังนั้นการเตรียมชิ้นงานทดสอบจึงต้องอาศัยประสบการณ์และเทคนิคประกอบ และปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือการเตรียมการอย่างเป็นขั้นตอน รวมถึงสภาพการทำงานที่สะอาดระหว่างขั้นตอนการทำงานทั้งหมด (ไพโรจน์ สุวานวิเศษ, 2540, น. 7-1)

สำหรับการขัดเป็นวิธีการในการเตรียมชิ้นงานทดสอบเชิงกล (The process of mechanical preparation) (สุรินทร์ หมื่นธนาและจักรพันธ์ุ จันทิวงศ์, 2542, น. 28) ในการตรวจสอบโครงสร้าง

คุณภาพทางด้านโลหะวิทยานั้นมีความหมายคือ การเอาผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบออกไปโดยคมตัดของผงขัดซึ่งถูกยึดติดอยู่กับที่ จึงเกิดอาการตัดผิวชิ้นงานเป็นแผ่น (Chip) ทำให้อัตราการเอาผิวหน้าของชิ้นงานออกสูงมาก และเกิด Deformation น้อย (สุรินทร์ หมื่นถาและจักรพันธ์ จันทิวงค์, 2542, น. 34) ปกติการขัดจะใช้ความเร็วรอบของเครื่องขัดประมาณ 50 - 600 รอบ/ นาที สำหรับแผ่นขัดขนาด 200 มิลลิเมตร (บริษัทเทสตั้ง อินสทรูเมนต์จำกัด. 2536)

การเตรียมชิ้นงานทดสอบเชิงกล เป็นวิธีการธรรมดาที่สุดที่นักวัสดุศาสตร์ใช้เตรียมตัวอย่างเพื่อตรวจสอบโครงสร้างวัสดุด้วยกล้องไมโครสโคป ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบเชิงกลนี้จะต้องมีผงขัดทำหน้าที่ขัดเอาผิวหน้าชิ้นงานทดสอบออกไปจนได้คุณภาพของผิวที่ต้องการ ผงขัดที่มีขนาดละเอียดมากๆ จะยิ่งทำให้ผิวชิ้นงานทดสอบเรียบขึ้นเท่านั้น การเตรียมชิ้นงานทดสอบเชิงกลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่ การขัดระนาบและละเอียด (Grinding) และการขัดมัน (Polishing) (สุรินทร์ หมื่นถาและจักรพันธ์ จันทิวงค์, 2542, น. 34 - 36)

การขัดระนาบและละเอียด

ขั้นตอนแรกในการเอาผิวชิ้นงานทดสอบออก เรียกว่าการขัดระนาบและละเอียด ปกติแล้วในขั้นตอนนี้จะเอาผิวของชิ้นงานทดสอบที่เสียหาย หรือแปรรูปไปบ้างในขั้นตอนการตัดหรือการตึง (Mounting) ออกไป ในขณะที่เดียวกันก็จะทำให้ผิวที่เกิดใหม่เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำมาขัดมัน (Polishing) จะสามารถขจัดความเสียหายเล็กน้อยที่หลงเหลืออยู่นั้นในระยะเวลาอันสั้น (สุรินทร์ หมื่นถาและจักรพันธ์ จันทิวงค์, 2542, น. 30)

การขัดมัน

วิธีการเหมือนกับการขัดละเอียด เพียงแต่ทำหน้าที่ขจัดผิวที่เสียหายเนื่องจากการขัดในขั้นตอนก่อนออกไป เพื่อจะได้ผิวที่ดีกว่า โดยไม่ทำให้ผิวเกิดความเสียหายขึ้นอีก ผงขัดที่ใช้จึงมีความละเอียดสูง มักใช้ผงเพชรและผงขัดอ็อกไซด์ในการขัด (สุรินทร์ หมื่นถาและจักรพันธ์ จันทิวงค์, 2542, น. 31)

ไพโรจน์ ฐานวิเศษ (2540, น. 7-8) กล่าวถึงเทคนิคการขัดชิ้นงานทดสอบด้วยกระดาษทรายไว้ว่า ให้ใช้แรงกดพอเหมาะ ไม่ควรใช้แรงกดมากเกินไปจะทำให้เกิดรอยบนผิวหน้าลึกเกินไป มีขนาดไม่สม่ำเสมอ เศษผงขัดอาจฝังอยู่ในรอยขัด และระนาบของผิวขัดเอียงหรือบิดเบี้ยวได้ ถ้าใช้แรงกดน้อยจะทำให้การขัดช้า ในการขัดจะใช้วิธีขัดเปียก (Wet grinding) โดยให้น้ำไหล

ผ่านกระดาษทรายตลอดเวลา เพราะน้ำจะช่วยพัดพาเอาเศษผงออกจากผิวหน้า และช่วยหล่อเย็นไม่ให้ผิวชิ้นงานทดสอบร้อน

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทรายที่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอสำหรับการศึกษาโครงสร้างโลหะ สามารถผลิตขึ้นมาใช้ได้เอง โดยใช้วัสดุดิบภายในประเทศ

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการทดลอง

หลังจากประกอบเครื่องตามแบบในภาคผนวกเสร็จสมบูรณ์แล้ว ทำการทดสอบว่าเครื่องทำงานได้หรือไม่ ทดสอบความเรียบโดยใช้ Dial gauge วัดตามจุดต่างๆ ขณะหมุนจานขัดด้วยมือ โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของจานขัดที่ระยะรัศมี 25, 50, 75 และ 95 มิลลิเมตรตามลำดับ



รูปที่ 1 ทดสอบความเรียบโดยใช้ Dial gauge โดยวัดจากจุดศูนย์กลางของจานขัดที่ระยะรัศมี 25, 50, 75 และ 90 มิลลิเมตร

ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบด้วยการนำชิ้นทดสอบมาทำการตรึงงาน (Mounting) ปรับผิวให้เรียบเบื้องต้นด้วยการขัดด้วย SiC – Paper เบอร์ 180 โดยใช้น้ำช่วยหล่อเย็นทุกชิ้น จากนั้นจึงเริ่มทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการขัดด้วย SiC – Paper เบอร์ 220, 320, 500 และ Polishing cloths ใช้ร่วมกับผงขัดเพชรเบอร์ 1,200 โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ในการทดลองขัดกับเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น จะวิเคราะห์หาคุณภาพผิวชิ้นงานทดสอบ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการขัด โดยจะดำเนินการขัดชิ้นงานทดสอบ 3 ชนิด คือ

เหล็ก ST37, เหล็ก SKD11, และเหล็กหล่อ GG20 ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวม 36 ตัวอย่าง ทำการขัดที่ 4 ความเร็วรอบคือ 280 รอบ/นาที, 350 รอบ/นาที, 430 รอบ/นาที และ 350 รอบ/นาที

การเปรียบเทียบการขัดระหว่างเครื่องต้นแบบที่ใช้ทำการทดลองเปรียบเทียบ กระทำโดยนำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบวัสดุทั้ง 3 ชนิด ทำการทดลองกระบวนการเดียวกัน ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 36 ตัวอย่างเช่นเดียวกัน ใช้การทดสอบขัดกับเครื่องขัดที่สามารถทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะการใช้งานที่ใกล้เคียงกันได้เท่านั้น ในการวิจัยนี้ใช้เครื่องขัด รุ่น Saphir 370 E ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท MMT Engineering เป็นเครื่องเปรียบเทียบ ทำการติดตั้งอุปกรณ์พิเศษที่ช่วยในการจับยึดชิ้นงานทดสอบ ทำการถ่ายภาพเปรียบเทียบผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบในแต่ละขั้นตอน ทั้งนี้เพื่อนำมาเป็นข้อมูลอ้างอิงในการทดลองเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น

สำหรับการเก็บข้อมูลเรื่องความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น ได้จากการออกแบบสอบถามความเห็นจากผู้มีประสบการณ์ทางการสอนในรายวิชาโลหะวิทยา จากผู้มีประสบการณ์สอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาทางโลหะวิทยา และผู้ปฏิบัติการทางโลหะวิทยา

การเก็บข้อมูล

ยึดชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการตั้งงานเรียบร้อยแล้วเข้ากับอุปกรณ์จับยึดพิเศษ บันทึกความเรียบของงานขัดขณะหมุนงานขัดด้วยมือ เวลาที่ใช้ขัด สังเกตคุณภาพของผิวชิ้นงานทดสอบทั่วไป ได้แก่ลักษณะรอยเส้นที่เกิดจากคมตัด และความสม่ำเสมอของรอยเส้น และออกแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น จากผู้มีประสบการณ์ทางโลหะวิทยาตามรายละเอียดในภาคผนวก ก.

สำหรับสถานที่ทำการทดลอง จะทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทางโลหะวิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง จังหวัดลำปาง ,ห้องปฏิบัติการทางโลหะวิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ จ. เชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการทางโลหะวิทยาและทดสอบวัสดุ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2548 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2548

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ขัด วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเรียบขณะหมุนงานขัดด้วยมือ และการวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น จากผู้มีประสบการณ์ทางโลหะวิทยา ตามวิธีการทางสถิติโดยการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{x}), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD.) และเปรียบเทียบกับค่า

สัมประสิทธิ์ความผันแปรในรูปร้อยละ (Coefficient of Variation : CV.) โดยค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมีความแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 15 ถือว่าเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นไม่มีความแตกต่างจากเครื่องขัดที่ใช้งานทั่วไป

ตารางที่ 1 แสดงการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการขัดเหล็ก (ST37)

ความเร็วรอบ (RPM.)	เครื่องขัด Saphir 370 E			เครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ ประดิษฐ์ขึ้น		
	\bar{x}	SD.	CV.	\bar{x}	SD.	CV.
290	5.3	0.5	8.9	5.3	0.5	8.9
350	5.5	0.6	10.5	5.5	0.6	10.5
430	5.3	0.5	8.9	5.3	0.5	8.9
495	5.7	0.5	8.3	5.5	0.6	10.5

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการขัดเหล็ก (SKD11)

ความเร็วรอบ (RPM.)	เครื่องขัด Saphir 370 E			เครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ ประดิษฐ์ขึ้น		
	\bar{x}	SD.	CV.	\bar{x}	SD.	CV.
290	5.7	0.5	8.3	5.7	0.5	8.3
350	5.5	0.6	10.5	5.5	0.6	10.5
430	5.7	0.5	8.3	5.7	0.5	8.3
495	5.6	0.5	9.0	5.5	0.6	10.5

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการขัดเหล็กหล่อ GG20

ความเร็วรอบ (RPM.)	เครื่องขัด Saphir 370 E			เครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ ประดิษฐ์ขึ้น		
	\bar{x}	SD.	CV.	\bar{x}	SD.	CV.
290	5.3	0.5	8.9	5.3	0.5	8.9
350	5.5	0.6	10.5	5.5	0.6	10.5
430	5.3	0.5	8.9	5.3	0.5	8.9
495	5.5	0.6	10.5	5.5	0.6	10.5

ผลและวิจารณ์

เครื่องขัดกระดาษทรายที่สร้างขึ้นมีขีดความสามารถขัดชิ้นงานทดสอบ ไม่แตกต่างกับเครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E ที่ใช้ทดลองเปรียบเทียบ ตรวจสอบได้จากความเรียบของงานขัด ความเร็วรอบที่เครื่องทำได้ (ภาคผนวก ข.) และเวลาที่ใช้ในการขัดชิ้นงานทดสอบ ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานทดสอบเหล็ก ST37 ใช้วัสดุขัด SiC – Paper เบอร์ 320 ที่ความเร็ว 495 รอบต่อนาที ใช้เวลาเฉลี่ย (\bar{x}) ในการขัด 5.5 นาที (ภาคผนวก ข.) มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 0.6 นาที และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (CV.) มีค่าเพียงร้อยละ 10.5 เปรียบเทียบกับเครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย (\bar{x}) ในการขัด 5.7 นาที (ภาคผนวก ข.) มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 0.5 นาที และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (CV.) มีค่าร้อยละ 8.3 จากการวิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมีค่าต่ำด้วยเช่นกัน (ไม่เกินร้อยละ 15) จึงถือได้ว่าเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นแทบไม่มีความแตกต่างจากเครื่องขัดที่ใช้งานทั่วไป และเมื่อนำไปทำการส่องกล้องจุลทรรศน์ชนิดสะท้อนแสงเพื่อทำการตรวจสอบผิวหน้าผิวชิ้นงานทดสอบ พบว่าสภาพผิวที่ได้ใกล้เคียงกันกับเครื่องที่นำมาเปรียบเทียบ (ภาคผนวก ง.)

สำหรับความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย จากการออกแบบสอบถามกับผู้ที่มีประสบการณ์ทางโลหะวิทยา จำนวน 34 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 91.2 ผู้ตอบแบบสอบถามอายุต่ำกว่า 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 58.8 อายุระหว่าง 26 - 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 20.6 อายุระหว่าง 36 - 45 ปี คิดเป็นร้อยละ 8.8 และอายุ 46 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 11.8 ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 64.7 ระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 29.4 ปริญญาโทคิดเป็นร้อยละ 5.9 และสูงกว่าปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 0 ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์ทางด้านโลหะวิทยาต่ำกว่า 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 70.6 ประสบการณ์ระหว่าง 6 - 10 ปีคิดเป็นร้อยละ 11.8 ระหว่าง 11 - 15 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.9 และ 16 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 2.9

ผู้ตอบแบบสอบถาม มีความเห็นสอดคล้องกันโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมากถึงมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าในด้านลักษณะเครื่องและประโยชน์ของเครื่องมือ มีความเห็นเฉลี่ยระดับสูงสุด รองลงมาคือด้านลักษณะของการทำงาน (ภาคผนวก ก.และ ภาคผนวก จ.)

สรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินโครงการวิจัยสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้ มีขีดความสามารถขัดชิ้นงานทดสอบไม่แตกต่างกับเครื่องขัดที่นำมาทดลองเปรียบเทียบ และจากการออกแบบสอบถามกับผู้มีประสบการณ์ทางโลหะวิทยา โดยมีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 79.4 ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม และผู้ทำการวิจัยได้รวบรวมจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้

1. ตรวจสอบระบบระบบถ่วงน้ำหนัก และจับชิ้นทดสอบเพิ่มเติมเข้าไป
2. ตรวจสอบแบบให้สามารถนำชิ้นทดสอบออกได้ง่าย กรณีชิ้นทดสอบหลุดเข้าไปอยู่ใต้แป้นขัด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ งานวิศวกรรมเกษตร สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง และคณะวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง ที่อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ เครื่องจักร สำหรับดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ จ.เชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จ.ลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้มีประสบการณ์ทางโลหะวิทยา รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการตรวจสอบเครื่องมือและข้อปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

ธีรยุทธ สุวรรณประทีป และมนตรี พิรุณเกษตร. 2537. **พื้นฐานวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน).

दनัย ลิมปदनัย. 2542. **วัสดุช่าง**. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์ประสานมิตร จำกัด.

บริษัท เอ็มแอนดอี จำกัด. 2541. **คู่มือการเลือกใช้งานวัสดุ**. กรุงเทพฯ :

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน) จำกัด.

- บรรเลง ศรีนิต และประเสริฐ ก้วยสมบุญ. 2523. **ตารางงานโลหะ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
- บัณฑิต ใจชื่น และ สุวิทย์ แจ่มทวีกุล. 2527. **คู่มือโลหะวิทยาและการอบชุบโลหะ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประกอบเมโทร.
- บริษัทเทสดีง อินสทลูमेंท์จำกัด. 2536. **กุญแจสู่ความสำเร็จในการเตรียมผิวชิ้นงานทดสอบโครงสร้างจุลภาค ภาคตัดขวาง**. กรุงเทพฯ : มปท.
- ประเสริฐ ก้วยสมบุญ. 2525. **โลหะวิทยา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ไพโรจน์ สุวานวิเศษ. 2540. **โลหะวิทยา**. นครราชสีมา : โรงพิมพ์นายนิรุทธิ์ พรหมพรรณา.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1**. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2536. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์.
- สุรินทร์ หมื่นถาและจักรพันธ์ จันทิวงค์. 2542. **สร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย**. รายงานโครงการสาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ.

ภาคผนวก ก.
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย
เรื่อง
การสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย
(Invention and Development of Grinding Machine)

คำชี้แจงของผู้ทำการวิจัย

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง การสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย ซึ่งผู้ศึกษาคิดค้นและสร้างขึ้นจากประสบการณ์ทำงาน เพื่อให้เครื่องมือนี้มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถาม เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทรายนี้ตามความเป็นจริง ซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย การศึกษา และการทำงานในภาคอุตสาหกรรมต่อไป ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับจากท่านถือเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

ขอขอบคุณทุกท่านในการให้ความร่วมมือครั้งนี้

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ตอน แบ่งออกเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง ให้ท่านเขียนเครื่องหมาย / ลงใน () หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ

() ชาย () หญิง

2. อายุ

() 25 ปีหรือต่ำกว่า () 26 - 35 ปี () 36 - 45 ปี () 46 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษา

() ต่ำกว่าปริญญาตรี () ปริญญาตรี () ปริญญาโท () สูงกว่าปริญญาโท

4. ประสบการณ์ทางด้านโลหวิทยา

() 5 ปีหรือต่ำกว่า () 6 - 10 ปี () 11 - 15 ปี () 16 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเครื่องขัดกระดาษทราย

คำชี้แจง ให้ท่านเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนทางขวามือตามความเป็นจริง

ระดับความคิดเห็น 5 = ดีมากที่สุด 4 = ดีมาก 3 = ปานกลาง

2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ลักษณะเครื่อง					
1.1 การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน (Var001)					
1.2 ความเหมาะสมของรูปทรงและสัดส่วน (Var002)					
1.3 ความแข็งแรงของโครงสร้าง (Var003)					
1.4 วัสดุที่ใช้สามารถหาได้ง่าย และสะดวกในการสร้าง (Var004)					
1.5 โครงสร้างไม่ซับซ้อน (Var005)					
1.6 การแสดงตำแหน่งต่างๆ ของเครื่องมือชัดเจน (Var006)					
2. ลักษณะการใช้งาน					
2.1 กลไกการใช้งานไม่ยุ่งยาก (Var007)					
2.2 ความสะดวกในการปฏิบัติงาน (Var008)					
2.3 ความสะดวกในการเก็บ และการบำรุงรักษา (Var009)					
2.4 ความปลอดภัยของเครื่องมือต่อผู้ปฏิบัติงาน (Var010)					
3. ประโยชน์ของเครื่องมือ					
3.1 ประหยัดเวลาในการทำงาน (Var011)					
3.2 ลดการใช้แรงงาน (Var012)					
3.3 ลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ (Var013)					
3.4 เป็นเครื่องมือที่สามารถเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป (Var014)					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข.

ตารางบันทึกการทดลอง

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบความเรียบงานขัดชิ้นงานทดสอบที่วัดด้วย Dial Gauge

ระยะจากศูนย์กลาง ชนิดเครื่อง	25		50		75		95	
	ค่าสังเกตจาก Dial Gauge (mm)							
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
เครื่องขัด Saphir 370 E	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02
เครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ ประสิทธิภาพขึ้น	0	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.02

* Dial Gauge รุ่น TM 113 KN ผลิตภัณฑืของ Essom Co., Ltd.

ตารางที่ 5 แสดงเวลาที่ใช้ในการขัดชิ้นงานทดสอบของเครื่องขัดใช้งานทั่วไป (Saphir 370 E)
ที่ความเร็วรอบ 290 และ 350 RPM.

ซ้ำที่	วัสดุ ความเร็วรอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
		290	350	290	350	290	350
		เวลา (นาที)					
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 220	6	6	6	6	6	6
2		6	6	6	6	6	6
3		6	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 320	5	6	5	6	5	6
2		6	6	6	6	5	6
3		5	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 500	5	5	6	5	5	5
2		5	5	6	5	5	5
3		5	5	6	5	5	5
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	Polishing Cloths ใส ผงเพชรเบอร์ 1,200	5	5	5	5	5	5
2		5	5	5	5	5	5
3		5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 6 แสดงเวลาที่ใช้ในการขัดชิ้นงานทดสอบของเครื่องขัดใช้งานทั่วไป (Saphir 370 E) ที่ความเร็วรอบ 430 และ 495 RPM.

ซ้ำที่	วัสดุ ความเร็วรอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
		430	495	430	495	430	495
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 220	6	6	6	6	6	6
2		6	6	6	6	6	6
3		6	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 320	5	6	5	6	5	6
2		6	6	6	6	5	6
3		5	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 500	5	5	6	5	5	5
2		5	5	6	5	5	5
3		5	5	6	5	5	5
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	Polishing Cloths ใส ผงเพชรเบอร์ 1,200	5	5	5	5	5	5
2		5	5	5	5	5	5
3		5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 7 แสดงเวลาที่ใช้ในการขัดชิ้นงานทดสอบของเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น
ที่ความเร็วรอบ 290 และ 350 RPM.

ชิ้นที่	วัสดุ ความเร็วรอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
		290	350	290	350	290	350
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 220	6	6	6	6	6	6
2		6	6	6	6	6	6
3		6	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 320	5	6	5	6	5	6
2		6	6	6	6	5	6
3		5	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 500	5	5	6	5	5	5
2		5	5	6	5	5	5
3		5	5	6	5	5	5
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	Polishing Cloths ใส ผงเพชรเบอร์ 1,200	5	5	5	5	5	5
2		5	5	5	5	5	5
3		5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 8 แสดงเวลาที่ใช้ในการขัดชิ้นงานทดสอบของเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น
ที่ความเร็วรอบ 430 และ 495 RPM.

ชิ้นที่	วัสดุ ความเร็วรอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
		430	495	430	495	430	495
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 220	6	6	6	6	6	6
2		6	6	6	6	6	6
3		6	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 320	5	6	5	6	5	6
2		6	6	6	6	5	6
3		5	6	6	6	6	6
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	SiC – Paper เบอร์ 500	5	5	6	5	5	5
2		5	5	6	5	5	5
3		5	5	6	5	5	5
	วัสดุขัด	เวลา (นาที)					
1	Polishing Cloths ใส ผงเพชรเบอร์ 1,200	5	5	5	5	5	5
2		5	5	5	5	5	5
3		5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 9 ผลเฉลี่ยด้านเวลาของเครื่องขัดที่ใช้งานทั่วไป (Saphir 370 E) ที่ 290, 350 RPM.

วัสดุทดสอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
	ความเร็วรอบ (RPM)		ความเร็วรอบ (RPM)		ความเร็วรอบ (RPM)	
	290	350	290	350	290	350
SiC – Paper						
เบอร์ 220	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
เบอร์ 320	5.3	6.0	5.7	6.0	5.3	6.0
เบอร์ 500	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Polishing Cloths	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ใส่งเพชร เบอร์ 1,200						
Mean.	5.3	5.5	5.7	5.5	5.3	5.5
SD.	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
CV.	8.9	10.5	8.3	10.5	8.9	10.5

ตารางที่ 10 ผลเฉลี่ยด้านเวลาของเครื่องขัดที่ใช้งานทั่วไป (Saphir 370 E) ที่ 430, 495 RPM.

วัสดุทดสอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
	ความเร็วรอบ (RPM)		ความเร็วรอบ (RPM)		ความเร็วรอบ (RPM)	
	430	495	430	495	430	495
SiC – Paper						
เบอร์ 220	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
เบอร์ 320	5.3	6.0	5.7	6.0	5.3	6.0
เบอร์ 500	5.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Polishing Cloths	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ใส่งเพชร เบอร์ 1,200						
Mean. (\bar{x})	5.3	5.7	5.7	5.6	5.3	5.5
SD.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
CV.	8.9	8.3	8.3	9.0	8.9	10.5

ตารางที่ 11 ผลเฉลี่ยด้านเวลาของเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประสิทธิภาพขึ้นที่ 290, 350 RPM.

วัสดุทดสอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
	ความเร็วรอบ		ความเร็วรอบ		ความเร็วรอบ	
	290	350	290	350	290	350
SiC – Paper						
เบอร์ 220	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
เบอร์ 320	5.3	6.0	5.7	6.0	5.3	6.0
เบอร์ 500	5.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Polishing Cloths	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ไส้ผงเพชร เบอร์ 1,200						
Mean. (\bar{x})	5.3	5.5	5.7	5.5	5.3	5.5
SD.	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
CV.	8.9	10.5	8.3	10.5	8.9	10.5

ตารางที่ 12 ผลเฉลี่ยด้านเวลาของเครื่องขัดกระดาษทรายที่ได้ประสิทธิภาพขึ้นที่ 430, 495 RPM.

วัสดุทดสอบ	เหล็ก (ST37)		เหล็ก (SKD11)		เหล็กหล่อ GG20	
	ความเร็วรอบ		ความเร็วรอบ		ความเร็วรอบ	
	430	495	430	495	430	495
SiC – Paper						
เบอร์ 220	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
เบอร์ 320	5.3	6.0	5.7	6.0	5.3	6.0
เบอร์ 500	5.0	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0
Polishing Cloths	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ไส้ผงเพชร เบอร์ 1,200						
Mean. (\bar{x})	5.3	5.5	5.7	5.5	5.3	5.5
SD.	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
CV.	8.9	10.5	8.3	10.5	8.8	10.5

ภาคผนวก ค.

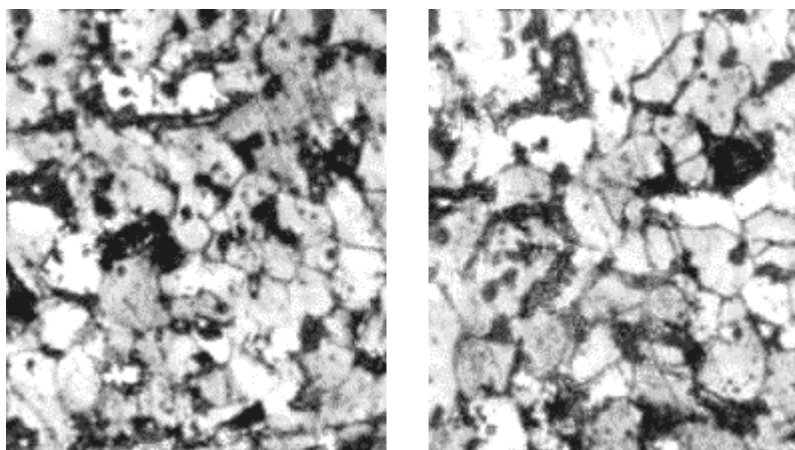
ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่อง

ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่อง

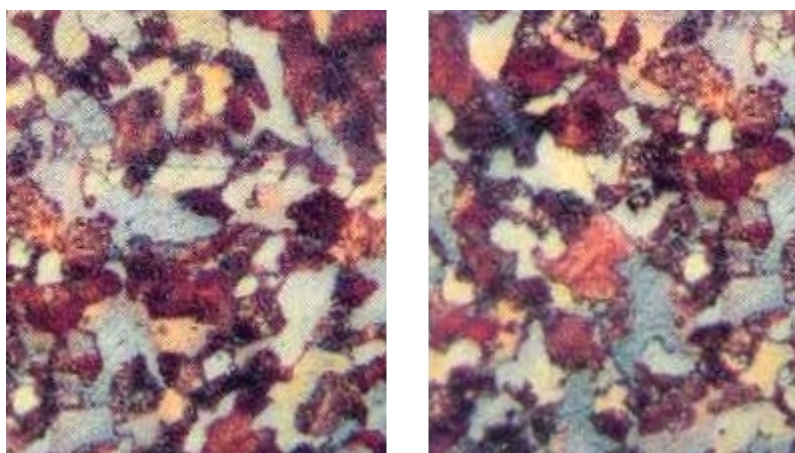
	เครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E	เครื่องขัดที่ประดิษฐ์ขึ้น
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของแป้นขัด	200 mm (8") 1 หัว	200 mm (8") 1 หัว
ความเรียบของแป้นขัด (mm) (ค่าทดสอบวัดด้วย Dial gauge)	0 - 0.02	0 - 0.02
ระบบไฟฟ้า	มอเตอร์ 0.55 kw (0.8 hp) 230 V / 50 Hz (1 phase)	มอเตอร์ 0.25 kw (0.3 hp) 230 V / 50 Hz (1 phase)
ความเร็วรอบ	50 – 600 r.p.m. (เลือกปรับรอบได้จากสวิตช์)	4 ระดับ คือ 280,350 430,495 r.p.m (เลือกปรับได้รอบจากล้อตาม)
ขนาดมิติ กว้างxยาวx สูง (mm)	350x580x260	347x600x750
ระบบหล่อเย็น	น้ำ	น้ำ
ระบบกดแผ่นขัด	แผ่นกดสปริง	แผ่นกดน้ำหนักถ่วง
ระบบระบายน้ำทิ้ง	มี	มี
ระบบป้องกันกระแส ไฟฟ้าเกินพิกัด	-	มี
ใช้กับขนาดแผ่นขัด	Ø200 mm (8")	Ø200 mm (8")
การใช้งาน อื่นๆ	-	ลื่นชักเก็บวัสดุขึ้นทดสอบ 1 ชั้น

ภาคผนวก ง.

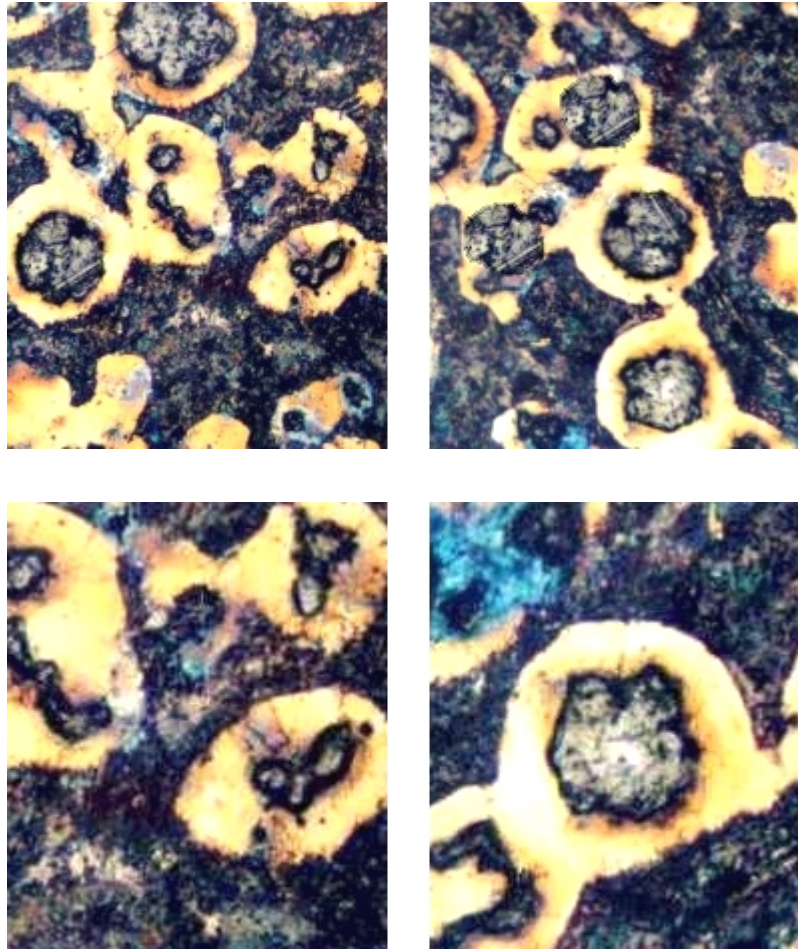
เปรียบเทียบภาพโครงสร้างจุลภาคที่ได้จากการขัด



รูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคไม่ยอมสีของเหล็ก ST37 ภาพด้านซ้ายมือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากการขัดด้วยเครื่องขัดที่ประติษฐ์ขึ้น ส่วนภาพด้านขวามือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากเครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E มองเห็นโครงสร้างเฟอไรท์ (พื้นที่สีขาว) และเพิร์ลไลต์ (สีเทา) ชัดเจน (กำลังขยาย 200X)



รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคยอมสีของเหล็กเครื่องมือ SKD11 ภาพด้านซ้ายมือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากการขัดด้วยเครื่องขัดที่ประติษฐ์ขึ้น ส่วนภาพด้านขวามือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากเครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E มองเห็นโครงสร้างเฟอไรท์ (พื้นที่สีขาว, เหลือง) มีเพิร์ลไลต์ (น้ำตาลเข้ม) ปริมาณใกล้เคียงกัน (กำลังขยาย 200X)



รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างจุลภาคย้อมสีของเหล็กหล่อ GG20 ภาพบนด้านซ้ายมือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากการขัดด้วยเครื่องขัดที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้กำลังขยายกำลังขยาย 200X ส่วนภาพด้านขวามือเป็นภาพโครงสร้างที่ได้จากเครื่องขัดรุ่น Saphir 370 E มองไม่เห็นโครงสร้างเฟอร์ไรท์ มีโครงสร้างเพิร์ลไลท์และกราไฟท์มาก (น้ำตาลเข้ม) ที่เห็นเป็นจุดสีเข้มเป็นกราไฟท์อิสระแยกตัวเป็นก้อนกลม ส่วนภาพล่างใช้กำลังขยายกำลังขยาย 500X

ภาคผนวก จ.

ผลเฉลยความคิดเห็นจากแบบสอบถาม

ตารางที่ 13 แสดงผลเฉลี่ยระดับความคิดเห็นจากแบบสอบถามเป็นรายด้าน ของเครื่องขัด
กระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น

	Var001	Var002	Var003	Var004	Var005	Var006	Var007
	5	5	5	5	5	5	5
	5	4	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	4	5	5	4	5	5
	4	4	5	5	4	5	5
	4	4	5	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	5	5
	5	4	5	5	5	5	4
	5	5	5	5	5	5	4
	5	5	5	5	5	5	4
	5	5	5	5	4	5	4
	5	5	5	5	4	5	4
	4	4	5	5	4	5	4
	4	4	5	5	5	5	4
	4	4	5	5	5	5	4
	4	4	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	5
	4	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	5
	3	4	5	5	5	5	5
	3	4	5	5	5	5	4
	4	4	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	4
	4	5	5	5	5	5	5
	4	4	5	5	5	5	4
Sum	149	156	170	170	164	170	154
Mean	4.382353	4.588235	5	5	4.823529	5	4.529412
S.D.	0.603761	0.499554	0	0	0.386953	0	0.50664

N = 34

ตารางที่ 13 (ต่อ) แสดงผลเฉลี่ยระดับความคิดเห็นจากแบบสอบถามเป็นรายด้าน ของเครื่องขัด
กระดาษทรายที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น

	Var008	Var009	Var010	Var011	Var012	Var013	Var014
	5	5	5	5	5	5	5
	5	5	5	5	5	5	4
	5	5	4	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	5
	5	4	4	5	5	5	5
	5	4	4	5	5	5	5
	5	4	4	5	5	5	4
	5	3	4	5	5	5	4
	5	3	5	5	5	5	4
	5	3	5	5	5	5	5
	5	3	5	5	5	5	5
	5	3	5	5	5	5	5
	5	3	5	5	5	5	5
	5	4	5	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	5
	5	3	4	5	5	5	5
	5	2	4	5	5	5	5
	5	4	4	5	5	5	4
	5	4	4	5	5	5	4
	5	4	3	5	5	5	4
	5	4	3	5	5	5	4
	5	4	3	5	5	5	5
	5	4	3	5	5	5	5
	5	4	3	5	5	5	4
	5	4	3	5	5	5	5
	5	5	3	5	5	5	5
	5	5	4	5	5	5	5
	5	5	4	5	5	5	4
	5	5	4	5	5	5	4
	5	5	4	5	5	5	4
	5	5	3	5	5	5	4
	5	4	3	5	5	5	5
Sum	170	136	136	170	170	170	152
Mean	5	4	4	5	5	5	4.470588
S.D.	0	0.778499	0.696311	0	0	0	0.50664

N = 34

ภาคผนวก ฉ.

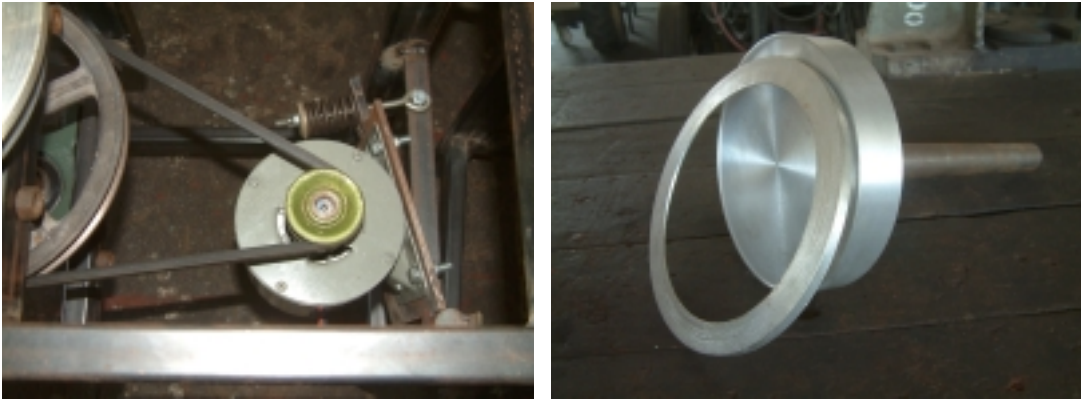
ภาพแสดงรายละเอียดการประดิษฐ์



รูปที่ 5 (ซ้าย) โครงสร้างของเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น (ขวา) แสดงตำแหน่งการติดตั้งล้อสายพานและแป้นขัด



รูปที่ 5 (ซ้าย) ลักษณะการติดตั้งส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น (ขวา) แสดงตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์และระบบดึงสายพานเพื่อลดแรงสั่นสะเทือน



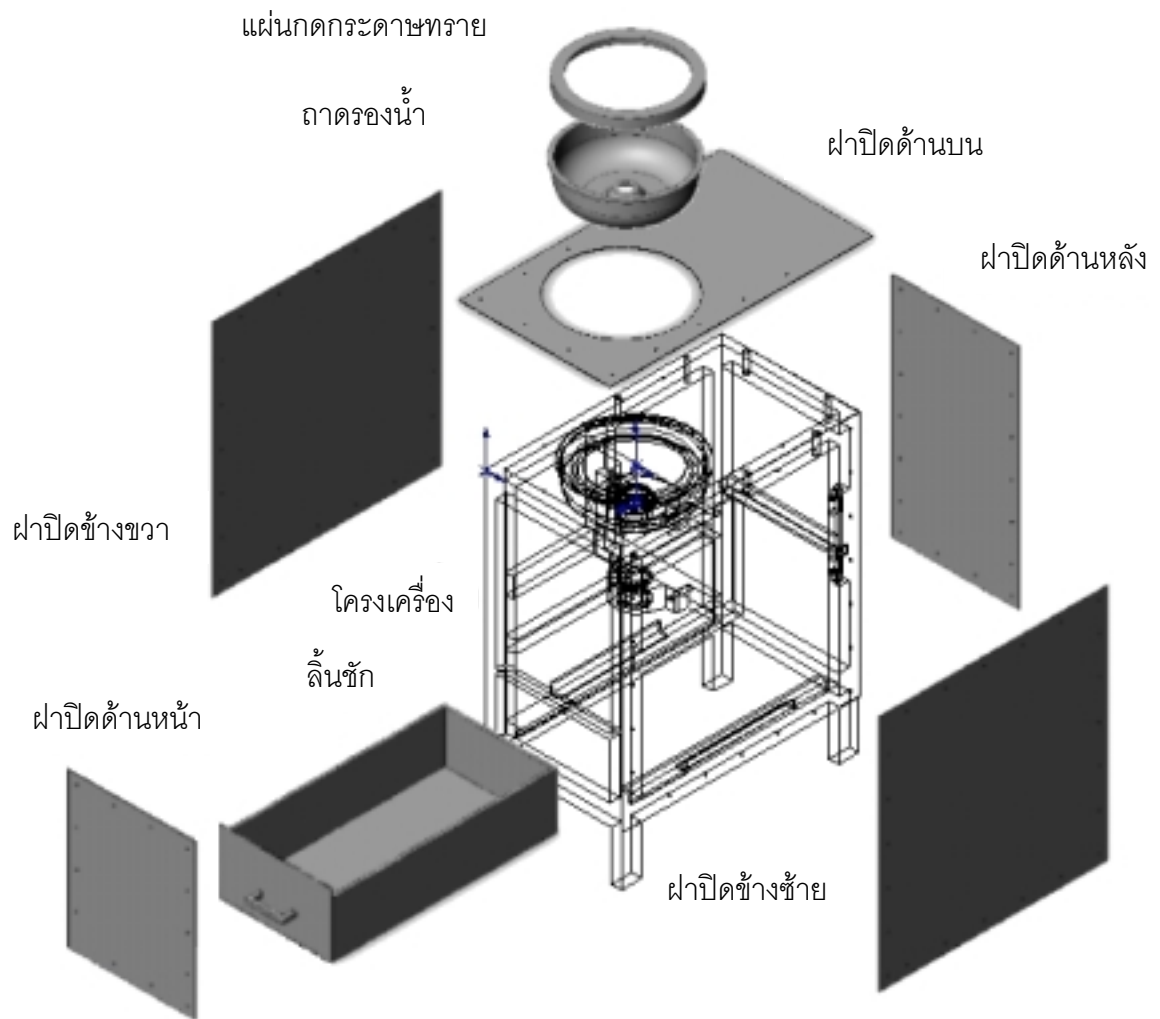
รูปที่ 6 (ซ้าย) การปรับตั้งสายพานสามารถปรับตั้งได้ที่นี้ปรับตั้งแผ่นเพลท ซึ่งใช้ระบบหมุนเหวี่ยง
หาตำแหน่งความตึงของสายพานที่พอเหมาะ (ขวา) แสดงลักษณะแผ่นกอดและแป้นขัด



รูปที่ 7 (ซ้าย) การติดตั้งแผ่นเพลทเข้ากับแป้นขัด ใช้โบลท์ M6 สแตนเลสสตีล ติดตั้งโดยใช้แผ่น
เพลทกลมจากนั้นจึงนำไปกลึงร่วมศูนย์พร้อมกัน (ขวา) แสดงลักษณะเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น
เมื่อทำเสร็จแล้ว



รูปที่ 8 (ซ้าย) แสดงอุปกรณ์ทั้งหมด (ขวา) การวัดรอบด้วย Hand Tachometer



รูปที่ 9 แสดงชิ้นส่วนบางส่วนส่วนของเครื่องที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น