

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การกำหนดมาตรฐานการใช้ใบมีดตัดกระจกแผ่นเรียบ

นิติพงษ์ เล็กสุพรรณโรจน์^{a,*} และ ปวีณา เชาวลิทวงศ์^b

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: nitipong.l@hotmail.com^{a,*}, paveena.c@chula.ac.th^b

บทคัดย่อ ในกระบวนการตัดกระจกแผ่นเรียบของโรงงานตัวอย่างได้พบของเสียจากรอยตัดที่เกิดจากการใช้งานใบมีดตัดที่หมดสภาพเกิดขึ้น เนื่องจากการใช้งานใบมีดตัดต้องอาศัยทักษะการทำงานส่วนบุคคลในการประมาณอายุการใช้งาน ซึ่งยังขาดความเข้าใจความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้งานอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการสร้างมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัด เพื่อให้ทราบถึงอายุการใช้งานของใบมีดตัดที่เหมาะสมก่อนหมดสภาพการใช้งาน และช่วยป้องกันการเกิดของเสียจากรอยตัดในกระบวนการผลิต ในการวิจัยได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกดตัดใช้งานที่เหมาะสมกับขนาดของใบมีดตัดที่ให้ระยะทางการใช้งานใบมีดสูงที่สุด ผลที่ได้รับคือใบมีดตัดขนาด 4.0 – 4.3 มิลลิเมตร ควรใช้ความดันกดตัดที่ 0.50 kgf/cm² ใบมีดตัดขนาด 4.4 – 4.7 มิลลิเมตร ควรใช้ความดันกดตัดที่ 0.52 kgf/cm² และใบมีดตัดขนาด 4.8 – 5.0 มิลลิเมตร ควรใช้ความดันกดตัดที่ 0.55 kgf/cm² ต่อจากนั้นได้ทำการสร้างแบบจำลองผลของมาตรฐานระยะการใช้งานใบมีดตัดที่กำหนดโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 เพื่อทดสอบผลที่ได้เทียบกับการทำงานในสภาพปัจจุบัน จากผลการประยุกต์ใช้มาตรฐานพบว่าจะสามารถลดปริมาณการสูญเสียจากรอยตัดที่เกิดขึ้นได้ 48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาวะก่อนการใช้มาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้งานใบมีดตัดโดยตั้งสภาวะการทำงานตามมาตรฐานที่กำหนด จะสามารถใช้งานใบมีดตัดทั้งหมดใน 1 ใบ ในการตัดตามแนวขวางการไหลเป็นระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากเดิมที่ใช้การลองผิดลองถูก 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลทำให้ใช้งานใบมีดตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสืบค้น: การป้องกันการสูญเสีย, กระบวนการตัดกระจก, ใบมีดตัดกระจก.

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4 ฉบับที่ 2

วันที่ส่ง 27 กันยายน 2555

วันที่ตอบรับ 13 ธันวาคม 2555

วันที่ตีพิมพ์ 30 มกราคม 2556

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2012.4.2.45



Determination of Standard Usage for Flat Glass Cutter Wheel

Nitipong Leksuphanroj^{a,*} and Paveena Chaovalitwongse^b

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: nitipong.l@hotmail.com^{a,*}, paveena.c@chula.ac.th^b

Abstract. In-process cutting losses are often found in flat glass manufacturing of the case study company. Since the standard for cutter wheel usage has not been set, the over-worn cutter wheels are often used. The objective of this research is to set the standard of cutter wheel usage in order to reduce cutting losses from using over-worn cutter wheels. The factors related to cutting quality are studied such as cutting distance, pressure, and cutting wheel diameters. The regression model is applied to show the relationship of the three factors in order to estimate the appropriate use of cutting wheel before it is worn off for the case of 2-millimeters glass thickness under 890 meters per hour of speed. The study found that the appropriate pressures for cutting wheel diameter ranges of 4.0-4.3 millimeters, 4.4-4.7 millimeters, and 4.8-5.0 millimeters are 0.50 kgf/cm^2 , 0.52 kgf/cm^2 , and 0.55 kgf/cm^2 respectively. The simulation model was used to compare the result from regression model and actual data. The result showed that cutting loss can be reduced to 48% and the distant cut by the cutter wheel is increased by 40% when following the suggested standard usage developed by the regression model which can enhance the efficiency of cutter wheel and prevent cutting losses before it occurs.

Keywords: Loss prevention, glass cutting process, glass cutter wheel.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 4 Issue 2

Received 27 September 2012

Accepted 13 December 2012

Published 30 January 2013

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

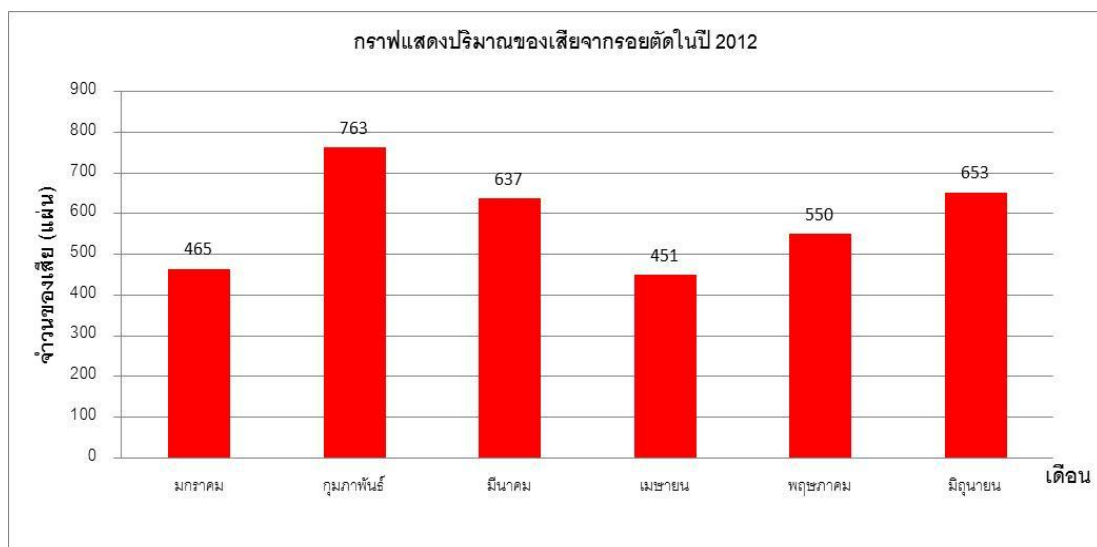
DOI:10.4186/ejth.2012.4.2.45

1. บทนำ

ปัจจุบันกระจกเป็นวัสดุที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการนำไปใช้ในอาคารบ้านเรือน รถยนต์ สิ่งก่อสร้างต่างๆ เป็นต้น ซึ่งกระจกที่ใช้ส่วนมากเป็นแบบแผ่นเรียบแทบทั้งหมด การตัดกระจกในอุตสาหกรรมการผลิตกระจกแผ่นเรียบนั้นมีการตัดหลายวิธี เช่น การตัดด้วยแสงเลเซอร์ (Laser Cutting) การตัดด้วยพลาสมาเจ็ต (Plasma Jet) การตัดด้วยลำแสงอิเล็กตรอน (Electron Beam Cutting) เป็นต้น ซึ่งวิธีการที่กล่าวมานั้นมีข้อจำกัดคือ เครื่องจักรที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูง และอาจต้องคำนึงถึงการควบคุมและการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ต้องใช้ พนักงานควบคุมที่มีทักษะในการทำงานสูง จากข้อจำกัดดังกล่าวผู้ประกอบการธุรกิจกระจกแผ่นเรียบส่วนใหญ่จะใช้เครื่องตัดกระจกด้วยใบมีดตัด เนื่องจากเป็นวิธีการตัดที่ใช้ต้นทุนต่ำที่สุด ในโรงงานตัวอย่างเป็นโรงงานผลิตกระจกที่มีกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและใช้เครื่องจักรตัดกระจกแบบใช้ใบมีดตัด ดังนั้นเมื่อกระจกถูกดึงเป็นแผ่นขึ้นรูปมาเรียบร้อยแล้ว ในส่วนงานกระบวนการตัดควรที่จะสามารถตัดกระจกได้โดยมีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด และสภาพกระจกที่ตัดได้ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากกระจกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้เมื่อเกิดความเสียหาย ซึ่งความสูญเสียจากการผลิตที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดของโรงงานตัวอย่าง พบว่ามีจำนวนของเสียจากรอยการตัดเกิดขึ้นในปี 2012 แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 จำนวนแผ่นของเสียจากรอยการตัดที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายนในปี 2012

จากรูปที่ 1 เมื่อทำการศึกษาจำนวนของเสียจากรอยการตัดในแต่ละเดือนจากข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2012 จะพบว่ามีจำนวนแผ่นของเสียเฉลี่ยรวมทั้งหมด 587 แผ่นต่อเดือน โดยจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากไม่มีข้อกำหนดการใช้งานใบมีดตัด และการตั้งค่าตัวแปรที่ใช้ในการทำงานที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการใช้งานใบมีดตัดที่หมดสภาพในกระบวนการผลิต ทำให้รอยตัดที่ได้ไม่เรียบคมตามที่ต้องการ ไม่สามารถหักกระจกออกตามแนวรอยตัดได้ หรือหักกระจกตามรอยตัดแล้วขอบกระจกที่หักออกมาไม่เรียบคม มีรอยเสี้ยว ตามขอบกระจกที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

เกิดขึ้น และพบว่าในกระบวนการตัดส่วนใหญ่เป็นการใช้ทักษะความชำนาญจากประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผู้ปฏิบัติงานการตั้งค่าตัวแปรการทำงานต่างๆก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามบุคคลที่ปฏิบัติงาน ดังนั้น การกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมในการทำงานที่ให้ระยะการใช้งานของใบมีดตัดที่สูงที่สุดในกระบวนการตัดจึงมีความสำคัญ จากข้อมูลของบริษัท MacInnes Tool Corporation [1] พบว่าสภาพรอยตัดที่ได้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญ 6 ตัวแปร ได้แก่ ระยะการเริ่มลงตัดของใบมีดตัด, ความเร็วในการไหลของกระจกที่ต้องการตัด, การใช้สารหล่อเย็นใบมีดในระหว่างการตัด, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัดที่ใช้ในการตัด, ช่วงระยะทางการใช้งานใบมีดตัด และระยะความลึกของรอยการตัดบนผิวกระจก (Fissure Depth) ซึ่งขึ้นอยู่กับความดันกดตัดที่ใช้งานของหัวใบมีดตัด ในส่วนงานวิจัยนี้จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการ ได้แก่ความดันกดที่ใช้ในการตัด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัด ที่มีผลต่อระยะทางการใช้งานของใบมีดตัด ซึ่งเป็นตัวแปรที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถควบคุมและนำมาปรับปรุงใช้งานได้ โดยจะทำการทดลองเก็บข้อมูลระยะการใช้งานใบมีดตัดในกระจกความหนา 2.0 มิลลิเมตร ที่มีความเร็วในการไหล 890 เมตรต่อชั่วโมง

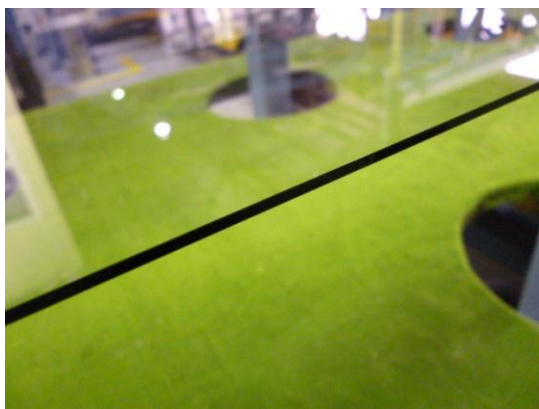
3. แนวคิดในการแก้ปัญหา

ปัญหาการสูญเสียจากรอยตัดของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันมีสาเหตุหลักมาจากการที่ไม่มีข้อกำหนดระยะการใช้งานใบมีดตัด ทำให้การใช้งานใบมีดตัดใช้วิธีการเปลี่ยน เมื่อมีของเสียเกิดขึ้นกับชิ้นงานกระจกที่ตัด ซึ่งเกิดจากการใช้งานใบมีดตัดที่หมดสภาพในกระบวนการ ในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานใบมีดในการตัดประเภทต่างๆ จะทำการทดลองโดยนำใบมีดตัดไปทำการใช้งานตัดจนกระทั่งเริ่มเกิดของเสียเกิดขึ้น จึงทำการเก็บข้อมูลอายุการใช้งานใบมีดตัดในแต่ละสภาวะการตัด จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ในแต่ละสภาวะมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และกำหนดเป็นสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ทำนายอายุการใช้งานของใบมีดตัด ดังเช่นในงานวิจัยของ Troy [2] และ Kunal J.Joshi [3] ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้วิธีการดังกล่าวข้างต้นในการหาสมการทำนายอายุการใช้งานใบมีดตัด ซึ่งมีสภาวะการตัด และตัวแปรควบคุมที่แตกต่างกันในชิ้นงานตัดที่เป็นหลัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวทางในการแก้ไขสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ด้วยการกำหนดมาตรฐานระยะการใช้งานใบมีดตัดซึ่งมีชิ้นงานตัดเป็นกระจก โดยประยุกต์ใช้วิธีการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการทดลองเบื้องต้นครั้งที่ 1 หาช่วงของแรงกดตัดที่เหมาะสมกับขนาดของใบมีดเพื่อตัดการทดลองที่ไม่จำเป็นออกไป โดยนำหลักการทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้ ขั้นตอนที่ 2 จะทำการเก็บข้อมูลการทดลองในส่วนที่เหลือตามช่วงการใช้งานที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้น จากนั้นสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูลที่ได้โดยใช้หลักการคัดเลือกตัวแปร (Stepwise Method) และการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อใช้ทำนายอายุการใช้งานของใบมีดตัด จากนั้นทำการทดลองสุ่มซ้ำในสภาวะการตัดที่เหมาะสมเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง ขั้นตอนที่ 3 ทำการสร้างมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัด ในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดมาตรฐานการใช้งานใบมีดจากสมการถดถอยที่รองรับค่าความผิดพลาดในทางด้านต่ำ 95 เปอร์เซนต์ เพื่อเป็นการมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดการใช้ใบมีดตัดที่หมดสภาพในกระบวนการ ขั้นตอนที่ 4 แปลงมาตรฐานระยะทางการตัดที่ได้ให้อยู่ในรูปเวลาการใช้งานเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน

4. การวางแผนการทดลอง

การออกแบบการทดลองจะเกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลสูงสุด จะต้องมีการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง [4] ในงานวิจัยนี้จะนำหลักการ การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiment) มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ ในการเก็บข้อมูลจากหลักการออกแบบการทดลอง [5] เนื่องจากการทดลองอาจจะมีผลผิดพลาด (Error) ขึ้น ดังนั้นเราควรทำการทดลองอย่างน้อย 2 ครั้ง สำหรับการทดลองร่วมปัจจัย (Treatment Combination) แต่ละจุด

เนื่องจากในโรงงานตัวอย่างจะใช้งานใบมีดตัดใหม่ที่มีขนาด 5.0 มิลลิเมตร และเมื่อหมดความคมจะทำการนำไปลับคมใหม่ โดยหลังจากทำการลับคมมีดแล้วใบมีดตัดจะมีขนาดเล็กลง 0.1 มิลลิเมตร และจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่จนกระทั่งมีขนาดเล็กกว่า 4.0 มิลลิเมตร ก็จะทำการทิ้งใบมีดตัดนั้นไปเนื่องจากใบมีดมีขนาดเล็กเกินไปเมื่อนำมาประกอบใส่ชุดหัวตัดใบมีดจะไม่ไถลมาทำให้สามารถทำการใช้งานตัดได้ ซึ่งจากที่กล่าวมาจะส่งผลให้มีใบมีดที่ใช้งานขนาดต่างๆ ในกระบวนการ ดังนั้นในการทดลองจะทำการนำใบมีดใหม่ในแต่ละขนาดมาทำการตัดชิ้นงานที่เป็นกระจุก จนเริ่มมีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการหรือรอยตัดที่ไม่เรียบคม ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดโดยการสังเกตด้วยสายตาแสดงในรูปที่ 2 จะทำการเก็บข้อมูลระยะทางการตัดที่ได้ตั้งแต่เริ่มต้นใช้งานใบมีดตัดจนถึงเมื่อมีของเสียเกิดขึ้น โดยจะทำการอ่านค่าระยะทางการตัดจากเครื่องจักรควบคุมการตัดที่ใช้ในกระบวนการดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 2 ลักษณะรอยตัดที่เรียบคมเทียบกับรอยตัดที่ไม่เรียบคมมีรอยร่อยเกิดขึ้นตามรอยตัดจากการใช้ใบมีดที่หมดสภาพ

ในงานวิจัยนี้จะกำหนดการเก็บข้อมูลการทดลองการตัดของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ การตัดตามแนวขวางการไหลและการตัดตามแนวทางการไหล



*** NUMBER AND LENGTH OF CUTTER WORK ***

| LENGTHWISE CUTTER | | | | CROSSWISE CUTTER | | | |
|-------------------|-------|---------------|-----|------------------|---------------|-----|------|
| HF1 | NO. | LENGTH (INCH) | HF2 | NO. | LENGTH (INCH) | W/H | MO. |
| 1 | 18406 | 708773 | 21 | 87062 | 3678247 | 41 | 1290 |
| 2 | 546 | 22540 | 22 | 557 | 24037 | 42 | 1290 |
| 3 | 122 | 8885 | 23 | 7647 | 348077 | 43 | 0 |
| 4 | 54238 | 1865968 | 24 | 28597 | 1100599 | 44 | 0 |
| 5 | 30027 | 1127710 | 25 | 56936 | 2479271 | | |
| 6 | 37458 | 1513872 | 26 | 75321 | 3132973 | | |
| 7 | 40643 | 1623156 | 27 | 3024 | 230483 | | |
| 8 | 1411 | 95537 | 28 | 9526 | 404215 | | |
| 9 | 368 | 15673 | 29 | 292 | 12500 | | |
| 10 | 69336 | 2748123 | 30 | 15331 | 636945 | | |
| 11 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | | |

CHANGE WHEEL NO. ☐ CHECK ☐

FOR P-SET

รูปที่ 3 ระยะเวลาการตัดที่แสดงในจอภาพควบคุมของเครื่องจักรควบคุมการตัด

4.1. การตัดตามแนวขวางการไหล

ในการตัดตามแนวขวางการไหลจะทำการเก็บข้อมูลการทดลองสภาวะละ 2 จุด โดยทำการเก็บข้อมูลระยะการใช้งานของใบมีดตัดเบื้องต้นที่ขนาดใบมีดตัด 4.0, 4.5 และ 5.0 มิลลิเมตร ที่ความดันกดตัดทั้ง 3 ระดับที่สามารถใช้งานตัดกระจกได้โดยไม่เกิดของเสียขึ้น คือ 0.50, 0.52 และ 0.55 kgf/cm² เพื่อเป็นการหาช่วงการใช้งานความดันกดตัดต่อขนาดของใบมีดตัดที่เหมาะสมในการตัดที่ให้ระยะทางการใช้งานสูงที่สุด เนื่องจากในการวิจัยนี้มีค่าใช้จ่ายในการทดลองที่ค่อนข้างสูง และทำการเก็บข้อมูลการทดลองในกระบวนการผลิตจริงที่มีความต่อเนื่อง ซึ่งเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียตามมามากในกระบวนการ โดยจะทำการเก็บข้อมูลระยะทางการตัดที่ได้ตั้งแต่เริ่มต้นใช้งานใบมีดตัดจนถึงเมื่อมีของเสียเกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลการใช้งานของใบมีดตัดขนาดต่างๆที่เหลือตามช่วงความดันกดตัดที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อเป็นการลดจำนวนการเก็บข้อมูลในการทดลองในสภาวะที่ไม่จำเป็น และจะทำการเก็บข้อมูลการทดลองสัปดาห์ละสองเพื่อใช้ยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองครั้งแรก

4.2. การตัดตามแนวทางการไหล

ในส่วนการทดลองตามแนวทางการไหลจะทำการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการตัดตามแนวขวางการไหลซึ่งจะเก็บผลการทดลองเบื้องต้นสภาวะละ 3 จุดการทดลอง ที่ขนาดใบมีดตัด 4.0, 4.5 และ 5.0 มิลลิเมตร ซึ่งมีความดันกดตัดใช้งานโดยไม่เกิดของเสียเกิดขึ้น คือ 1.5 และ 1.6 kgf/cm²

โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องตัดที่มีชุดกระบอกลูกสูบเป็นดัดหัวใบมีดตัดในการตัด ในส่วนของใบมีดตัดที่ใช้ทำการทดลองจะใช้ใบมีดตัดของบริษัท Mitsuboshi ชนิด D511 ที่มีมุมใบมีดตัด 130 องศา วัสดุที่ใช้ทำใบมีดเป็นทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ ซึ่งเป็นมาตรฐานการทำงานของบริษัท ในการทดลองนี้จะทำการศึกษาโดยมีสมมติฐานว่าใบมีดทุกใบในแต่ละขนาดต่างๆที่นำมาใช้ในการทดลองมีความเหมือนกัน และมีความคมเท่ากัน

จากนั้นข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างระยะทางการใช้งานใบมีดกับความดันกดตัดและขนาดของใบมีดตัดที่ใช้งาน เพื่อสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้รูปแบบสมการการถดถอย และทำการกำหนดเป็นมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัดเพื่อป้องกันการสูญเสียจากรอยการตัดที่เกิดจากการใช้งานใบมีดตัดที่หมดสภาพในกระบวนการ

5. ผลการดำเนินงาน

ชุดข้อมูลที่เก็บได้จากการทดลองจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือในส่วนของการตัดตามแนวขวางการไหล และในส่วนของการตัดตามแนวทางการไหล โดยสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ดังต่อไปนี้

5.1. ผลที่ได้จากการตัดตามแนวขวางการไหล

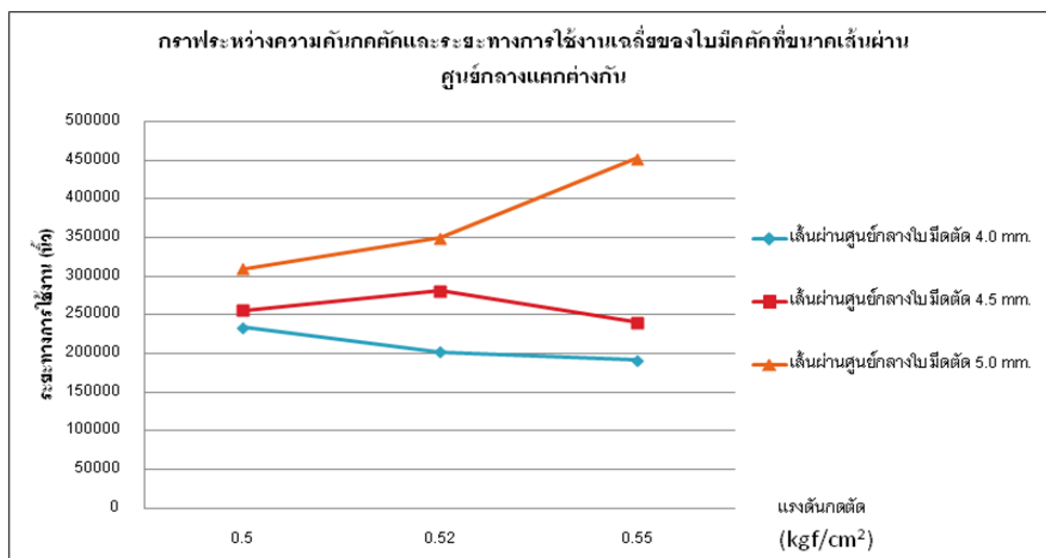
การทดลองเบื้องต้นครั้งที่ 1 หาช่วงแรงกดตัดที่เหมาะสมกับขนาดของใบมีดตัด: ผลการทดลองในตารางที่ 1 แสดงระยะทางการใช้งานที่ได้จากการตัดกระจุกตามแนวขวางการไหลของกระจุกที่มีความหนา 2.0 มิลลิเมตร ที่แรงดันกดตัดขนาด 0.50, 0.52 และ 0.55 kgf/cm² ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตัดตามแนวขวางการไหล

| เส้นผ่านศูนย์กลางมีดตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว) | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | ความดันกดตัด 0.50 kgf/cm ² | ความดันกดตัด 0.52 kgf/cm ² | ความดันกดตัด 0.55 kgf/cm ² |
| 4.0 | 223,200 | 201,252 | 184,512 |
| | 244,800 | 202,616 | 198,648 |
| 4.5 | 251,000 | 283,875 | 251,000 |
| | 260,400 | 278,375 | 229,400 |
| 5.0 | 305,136 | 356,016 | 452,972 |
| | 315,217 | 343,041 | 452,455 |

รูปที่ 4 แสดงแนวโน้มของค่าเฉลี่ยของผลการทดลองที่ความดันกดตัดต่างๆ จากกราฟพบว่าเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดตัดมีค่ามากขึ้นจะต้องใช้ความดันกดตัดที่สูงขึ้น โดยใบมีดตัดขนาด 4.0 มิลลิเมตรควรใช้ขนาดความดันกดตัดที่ 0.50 kgf/cm² ใบมีดตัดขนาด 4.5 มิลลิเมตรควรใช้ความดันกดตัดที่ 0.52 kgf/cm² และใบมีดตัดขนาด 5.0 มิลลิเมตรควรใช้ความดันกดตัดที่ 0.55 kgf/cm² จะให้ระยะทางการใช้งานใบมีดตัดได้สูงที่สุด

จากผลข้อมูลได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรม Minitab Ver.15 ช่วยในการวิเคราะห์ผลดังแสดงในตารางที่ 2 ผลที่ได้พบว่าค่า P-Value มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดตัดและความดันที่ใช้กดตัดมีผลต่อระยะทางการใช้งานของใบมีดตัดอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและระยะทางการใช้งานที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|-------------|----|----------|----------|--------|-------|
| Diameter | 2 | 8.22E+10 | 4.11E+10 | 485.64 | 0.000 |
| Pressure | 2 | 2.43E+09 | 1.21E+09 | 14.34 | 0.002 |
| Interaction | 4 | 2.29E+10 | 5.73E+09 | 67.67 | 0.000 |
| Error | 9 | 7.62E+08 | 8.46E+07 | | |
| Total | 17 | 1.08E+11 | | | |

การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูลที่ได้: จากนั้นจะทำการทดลองในส่วนของการตัดใบมีดตัดอื่นๆที่เหลืออยู่ โดยจะทำการทดลองเก็บข้อมูลระยะทางการใช้งานของใบมีดตัดขนาด 4.1 ถึง 4.4 โดยใช้ระดับความดันกดตัดที่ 0.50 และ 0.52 kgf/cm² และทำการทดลองเก็บข้อมูลระยะทางการใช้งานของใบมีดตัดขนาด 4.6 ถึง 4.9 โดยใช้ระดับความดันกดตัดที่ 0.52 และ 0.55 kgf/cm² ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเก็บข้อมูลการตัดตามแนวขวางการไหล

| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว) | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| | ความดันกดตัด 0.50 kgf/cm ² | | ความดันกดตัด 0.52 kgf/cm ² | | ความดันกดตัด 0.55 kgf/cm ² | |
| | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 |
| 5.0 | 305,136 | 315,217 | 356,016 | 343,041 | 452,972 | 452,455 |
| 4.9 | | | 254,208 | 240,020 | 355,200 | 381,568 |
| 4.8 | | | 252,000 | 253,890 | 290,116 | 290,162 |
| 4.7 | | | 289,550 | 288,033 | 236,800 | 234,295 |
| 4.6 | | | 289,532 | 284,295 | 230,580 | 241,920 |
| 4.5 | 251,000 | 260,400 | 283,875 | 278,375 | 251,000 | 229,400 |
| 4.4 | 150,680 | 151,444 | 243,296 | 210,724 | | |
| 4.3 | 239,724 | 239,140 | 190,140 | 174,574 | | |
| 4.2 | 234,788 | 239,352 | 125,312 | 151,696 | | |
| 4.1 | 232,376 | 231,696 | 129,572 | 133,748 | | |
| 4.0 | 223,200 | 244,800 | 201,252 | 202,616 | 198,648 | 184,512 |

จากชุดข้อมูลที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 3 ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise Analysis โดยโปรแกรม SPSS พบว่าตัวแปรการทำนายที่เกี่ยวข้องของควรรวมผลของทุกเทอมเอาไว้ และนำผลที่ได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันกดตัด กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัดที่มีผลต่อระยะทางการใช้งานใบมีดตัด เพื่อหาสมการทำนายระยะการใช้งานของใบมีดตัด ดังแสดงในสมการนี้

$$S = 9,854,670 - 4,030,733 D - 3,874,916 P + 233,696 D^2 - 12,740,533 P^2 + 3,943,355 DP \quad (3)$$

เมื่อ S = ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว); D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัด (มิลลิเมตร); P = ความดันกดตัด (kgf/cm²)

จากสมการดังกล่าวเมื่อพิจารณาความแม่นยำจากค่า R-square พบว่ามีค่า 66.65 เปอร์เซนต์ ซึ่งถือว่าน้อยยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทำนายระยะทางการใช้งานใบมีดตัด ซึ่งจากหลักการออกแบบการทดลองที่มีการกล่าวถึงการนำผลการทดลองที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อประมาณถึงผลที่เกิดขึ้นในแต่ละสภาวะ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการประยุกต์โดยนำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย และนำข้อมูลมาสร้างสมการความสัมพันธ์ จะได้สมการทำนายระยะการใช้งานของใบมีดตัด ดังแสดงในสมการนี้

$$S = 14,652,776 - 3,723,811 D - 24,719,888 P + 211,084 D^2 + 7,685,616 P^2 + 3,769,327 DP \quad (4)$$

จากสมการดังกล่าวเมื่อพิจารณาความแม่นยำจากค่า R-square พบว่ามีค่า 70.66 เปอร์เซนต์ โดยค่า R-square ที่ได้จากการใช้ข้อมูลเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า ค่า R-square ของสมการที่ได้จากการใช้ค่าการทดลองในทุกค่า ดังนั้นทางผู้วิจัยจึง

เลือกใช้สมการที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยซึ่งมีค่า R-square ที่สูงกว่าในการกำหนดสมการทำนายอายุการใช้งาน ซึ่งจากค่า R-square ที่ได้นั้นควรมีการปรับปรุงค่าที่ได้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงค่าระยะทางการใช้งานที่ได้จากสมการทำนายระยะทางการใช้งานใบมีดตัดใหม่ โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองครั้งแรก และการทดลองสุ่มรอบที่สองช่วยในการประเมิน และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการ เพื่อกำหนดเป็นระยะการใช้งานใบมีดตัดที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4

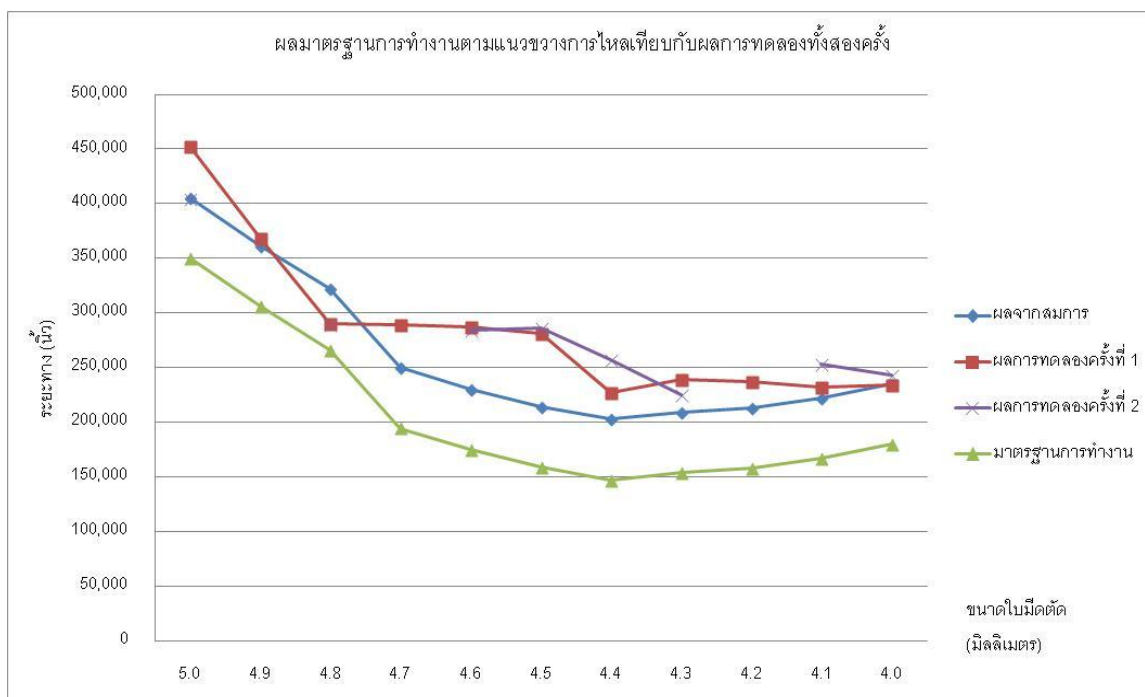
ตารางที่ 4 ผลการเก็บข้อมูลรอบที่ 2 เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการทำนายระยะการใช้งาน

| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว) | | | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| | ความดันกดตัด 0.50 kgf/cm ² | | ความดันกดตัด 0.52 kgf/cm ² | | ความดันกดตัด 0.55 kgf/cm ² | |
| | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 1 | ผลการทดลอง ครั้งที่ 2 |
| 5.0 | 295,233 | 237,514 | 374,850 | 358,644 | 402,948 | 406,060 |
| 4.8 | | | 209,715 | 186,235 | 290,715 | 288,526 |
| 4.6 | | | 308,147 | 259,532 | 211,035 | 235,025 |
| 4.5 | 197,780 | 188,370 | 288,375 | 283,875 | | |
| 4.4 | 152,796 | 129,115 | 253,272 | 260,390 | | |
| 4.3 | 241,154 | 208,725 | 172,432 | 177,260 | | |
| 4.1 | 247,812 | 258,664 | 188,370 | 196,664 | | |
| 4.0 | 236,840 | 248,950 | 178,000 | 162,120 | 193,432 | 185,724 |

การสร้างมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัดจากสมการความสัมพันธ์: เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาทำการพล็อตกราฟค่าเฉลี่ยเทียบกับค่าที่ได้จากสมการถดถอย จะพบว่าค่าความผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้นจากสมการถดถอยเมื่อเทียบกับผลการทดลองนั้นมีทั้งในด้านที่มากกว่าและน้อยกว่า ซึ่งหากนำค่าที่ได้จากสมการถดถอยไปใช้งานและในจุดดังกล่าวมีค่ามากกว่าค่าจากการทดลอง อาจทำให้เกิดของเสียที่มาจากการใช้ใบมีดที่หมดสภาพในกระบวนการได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการกำหนดมาตรฐานการใช้งานจากสมการถดถอยที่รองรับค่าความผิดพลาดทางด้านต่ำได้ 95 เปอร์เซนต์ เพื่อเป็นการมั่นใจได้ว่าจะไม่ก่อให้เกิดการใช้ใบมีดตัดที่หมดสภาพในกระบวนการผลิต ดังแสดงในสมการนี้

$$\text{ระยะการใช้งานใบมีด} = \text{ค่าจากสมการถดถอย} - (1.96 \times \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างจากการทดลองเทียบกับสมการ}) \quad (5)$$

สามารถแสดงผลของมาตรฐานระยะการใช้งานใบมีดตัดที่รองรับค่าผิดพลาดทางด้านต่ำได้ 95 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลมาตรฐานการทำงานตามแนวขวางการไหลเทียบกับผลการทดลองทั้งสองครั้ง

การนำมาตรฐานการตัดไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงาน: เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานจะทำการแปลงหน่วยของระยะทางเป็นเวลาการใช้งานใบมีดตัดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัดตามแนวขวางการไหล

| เส้นผ่านศูนย์กลางมีดตัด (มิลลิเมตร) | ความดันกดตัด ใช้งานที่เหมาะสม (kgf/cm ²) | ระยะทางใช้งาน (นิ้ว) | เวลาการใช้งานใบมีดตัด | |
|-------------------------------------|--|----------------------|-----------------------|------|
| | | | ชั่วโมง | นาที |
| 5.0 | 0.55 | 350,133 | 6 | 32 |
| 4.9 | 0.55 | 306,228 | 5 | 42 |
| 4.8 | 0.55 | 266,544 | 4 | 58 |
| 4.7 | 0.52 | 194,496 | 3 | 37 |
| 4.6 | 0.52 | 174,564 | 3 | 15 |
| 4.5 | 0.52 | 158,854 | 2 | 58 |
| 4.4 | 0.52 | 147,365 | 2 | 45 |
| 4.3 | 0.50 | 153,547 | 2 | 52 |
| 4.2 | 0.50 | 158,040 | 2 | 57 |
| 4.1 | 0.50 | 166,755 | 3 | 6 |
| 4.0 | 0.50 | 179,692 | 3 | 21 |

5.2. ผลที่ได้จากการตัดตามแนวทางการไหล

การทดลองเบื้องต้นครั้งที่ 1 หาช่วงแรงกดตัดที่เหมาะสมกับขนาดของใบมีดตัด: ผลการทดลองของการตัดตามแนวทางการไหลเมื่อใช้ใบมีดตัดขนาด 4.0, 4.5 และ 5.0 มิลลิเมตร ที่ความดันกดตัด 1.5 และ 1.6 kgf/cm² สามารถสรุปรวมดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองใบมีดตัดตามแนวทางการไหล ที่ความดันกดตัด 1.5 และ 1.6 kgf/cm²

| จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง | ความดันกดตัด (kgf/cm ²) | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีดตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว) |
|-------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | 1.5 | 4 | 261,502 |
| 2 | 1.5 | 4 | 263,405 |
| 3 | 1.5 | 4 | 261,502 |
| 1 | 1.5 | 4.5 | 372,374 |
| 2 | 1.5 | 4.5 | 379,166 |
| 3 | 1.5 | 4.5 | 375,274 |
| 1 | 1.5 | 5 | 440,850 |
| 2 | 1.5 | 5 | 427,380 |
| 3 | 1.5 | 5 | 426,458 |
| 1 | 1.6 | 4 | 247,350 |
| 2 | 1.6 | 4 | 244,400 |
| 3 | 1.6 | 4 | 243,252 |
| 1 | 1.6 | 4.5 | 342,374 |
| 2 | 1.6 | 4.5 | 341,223 |
| 3 | 1.6 | 4.5 | 332,462 |
| 1 | 1.6 | 5 | 47,080 |
| 2 | 1.6 | 5 | 46,533 |
| 3 | 1.6 | 5 | 46,786 |

จากผลข้อมูลได้นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab Ver.15 ช่วยในการวิเคราะห์ผลดังแสดงในตารางที่ 7 ผลที่ได้พบว่าค่า P-Value ของความดันกดตัดมีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าการเลือกใช้ความดันกดตัดมีผลต่อระยะทางการใช้งานของใบมีดตัดอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองพบว่าค่าความดันกดตัดที่เหมาะสมอยู่ที่ 1.5 kgf/cm² เนื่องจากผลการทดลองระยะการใช้งานของใบมีดตัดที่ค่าความดันกดตัดที่ 1.6 kgf/cm² ได้ระยะทางการตัดที่ต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับค่าความดันกดตัดที่ 1.5 kgf/cm² ซึ่งเมื่อทำการตรวจสอบรอยตัดกระจกที่ได้จากการใช้ความดัน 1.6 kgf/cm² พบว่ารอยตัดกระจกที่ได้ไม่เรียบและเกิดของเสียขึ้นรวดเร็ว อันเนื่องมาจากแรงกดที่กระทำต่อใบมีดตัดมีมากเกินไปกว่าค่าที่เหมาะสม ทำให้ใบมีดตัดเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว และรอยตัดบนกระจกที่ได้ไม่เรียบคมตาม

มาตรฐาน โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนจากผลการทดลองในตารางที่ 6 เมื่อใช้ค่าความดันกดตัดที่ 1.6 kgf/cm^2 กับใบมีดตัดขนาด 5.0 มิลลิเมตร จะได้ระยะทางการใช้งานที่ต่ำมากเนื่องจากเกิดของเสียจากรอยตัดเกิดขึ้น

การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูลที่ได้: ต่อจากนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลระยะการใช้งานใบมีดตัดในขนาดที่เหลือที่ความดันกดตัด 1.5 kgf/cm^2 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------|----|----------|----------|-------|-------|
| Pressure | 1 | 9.63E+10 | 9.63E+10 | 10.49 | 0.006 |
| Diameter | 2 | 4.97E+10 | 2.49E+10 | 2.71 | 0.101 |
| Error | 14 | 1.28E+11 | 9.18E+09 | | |
| Total | 17 | 2.74E+11 | | | |

ตารางที่ 8 ผลการทดลองใบมีดตัดตามแนวทางการไหล ที่ความดันกดตัด 1.5 kgf/cm^2

| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ใบมีดตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการตัด (นิ้ว) ที่ความดันกดตัด 1.5 kgf/cm^2 | | |
|---|---|--------------|--------------|
| | ผลครั้งที่ 1 | ผลครั้งที่ 2 | ผลครั้งที่ 3 |
| 4.0 | 261,502 | 263,405 | 261,502 |
| 4.2 | 264,420 | 263,557 | 264,230 |
| 4.4 | 355,325 | 356,652 | 354,553 |
| 4.5 | 372,374 | 379,166 | 375,274 |
| 4.7 | 380,252 | 379,655 | 380,112 |
| 4.8 | 382,555 | 383,874 | 382,606 |
| 5.0 | 440,850 | 427,380 | 426,458 |

นำชุดข้อมูลในตารางที่ 6 มาหาค่าเฉลี่ยและป้อนลงในโปรแกรม Minitab Ver.15 เพื่อทำการหาสมการความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยกำหนดระยะทางการใช้งานเป็นตัวแปรตาม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัดเป็นตัวแปรอิสระ (เนื่องจากผลการทดลองพบว่าความดันที่เหมาะสมคือ 1.5 kgf/cm^2 ถือว่าเป็นค่าคงที่ จึงไม่นำมาพิจารณาในสมการทำนายระยะการใช้งานการตัด) จะได้สมการทำนายระยะทางการตัดตามแนวทางการไหล ดังแสดงได้ในสมการนี้

$$S = -429,313 + 172,693 D \quad (6)$$

โดยกำหนดตัวแปร S = ระยะทางการใช้งานใบมีดตัด (นิ้ว); D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัด หน่วย มิลลิเมตร; สมการที่ได้มีค่า $R\text{-Sq} = 88.7\%$ และ $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 88.1\%$

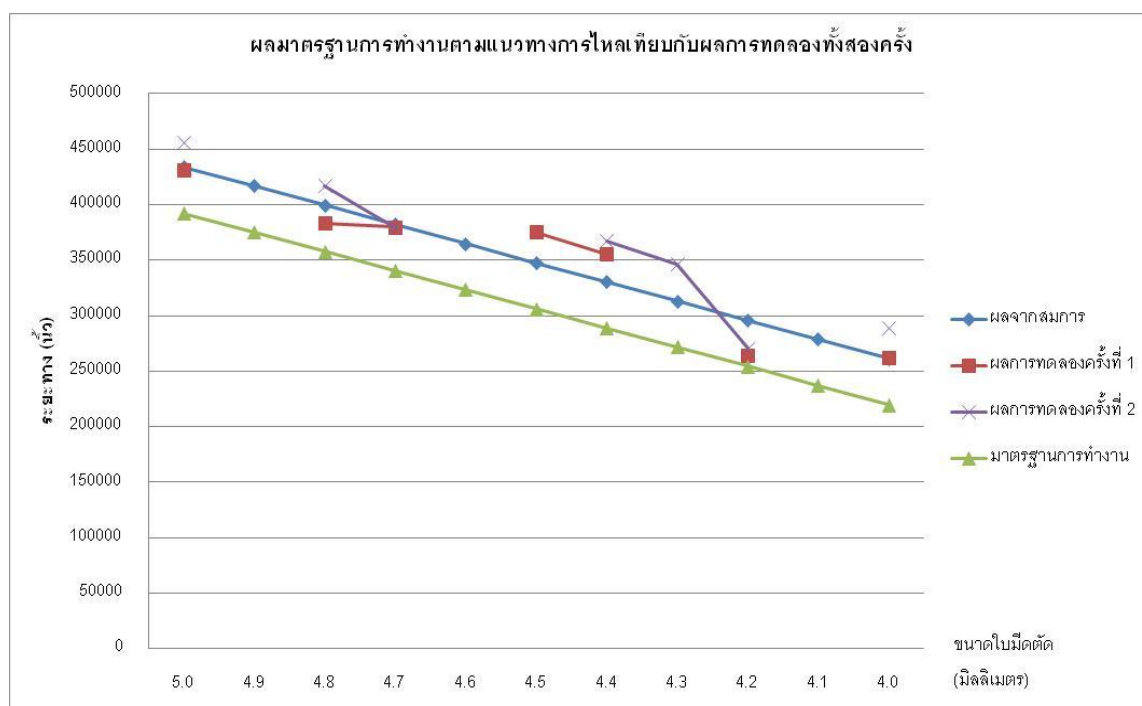
ผลที่ได้รับจากสมการควรมีการปรับปรุงค่าที่ได้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงค่าระยะทางการใช้งานที่ได้จากสมการทำนายระยะทางการตัดใหม่ โดยอาศัยข้อมูลการทดลองสุ่มรอบที่สกร่วมกับข้อมูลการ

ทดลองในครั้งแรกมาช่วยในการประเมิน และเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการ เพื่อนำมากำหนดเป็นมาตรฐานระยะการใช้งานใบมีดตัดที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการเก็บข้อมูลรอบที่ 2 เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากสมการทำนายระยะการใช้งาน

| ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางใบมีด ตัด (มิลลิเมตร) | ระยะทางการตัด (นิ้ว) ที่ความดันกดตัด 1.5 kgf/cm ² | | |
|---|--|--------------|--------------|
| | ผลครั้งที่ 1 | ผลครั้งที่ 2 | ผลครั้งที่ 3 |
| 4.0 | 268,759 | 309,661 | 290,116 |
| 4.2 | 277,150 | 263,550 | |
| 4.3 | 346,256 | 346,350 | 346,874 |
| 4.4 | 367,329 | 367,350 | 367,372 |
| 4.7 | 379,105 | 379,166 | |
| 4.8 | 401,530 | 433,105 | |
| 5.0 | 455,433 | 455,392 | 456,040 |

การสร้างมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัดจากสมการความสัมพันธ์: นำผลการทดลองที่ได้มาทำการพล็อตกราฟ ค่าเฉลี่ยเทียบกับค่าที่ได้จากสมการถดถอย จะพบว่าค่าความผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้นจากสมการถดถอยเมื่อเทียบกับการทดลองนั้นมีทั้งในด้านที่มากกว่าและน้อยกว่า เช่นเดียวกับการติดตามแนวขวางการไหล ดังนั้นจะทำการกำหนดมาตรฐานการใช้งานจากสมการถดถอยที่รองรับค่าความผิดพลาดทางด้านต่ำได้ 95 เปอร์เซนต์ เช่นเดียวกับการติดตามแนวขวางการไหลดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลมาตรฐานการทำงานตามแนวทางการไหลเทียบกับผลการทดลองทั้งสองครั้ง

การนำมาตรฐานการตัดไปประยุกต์ใช้ในระบบการทำงาน: เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานจะทำการแปลงหน่วยของระยะทางเป็นเวลาการใช้งานไบมีดตัดดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ตารางมาตรฐานการใช้งานไบมีดตัดตามแนวทางการไหล

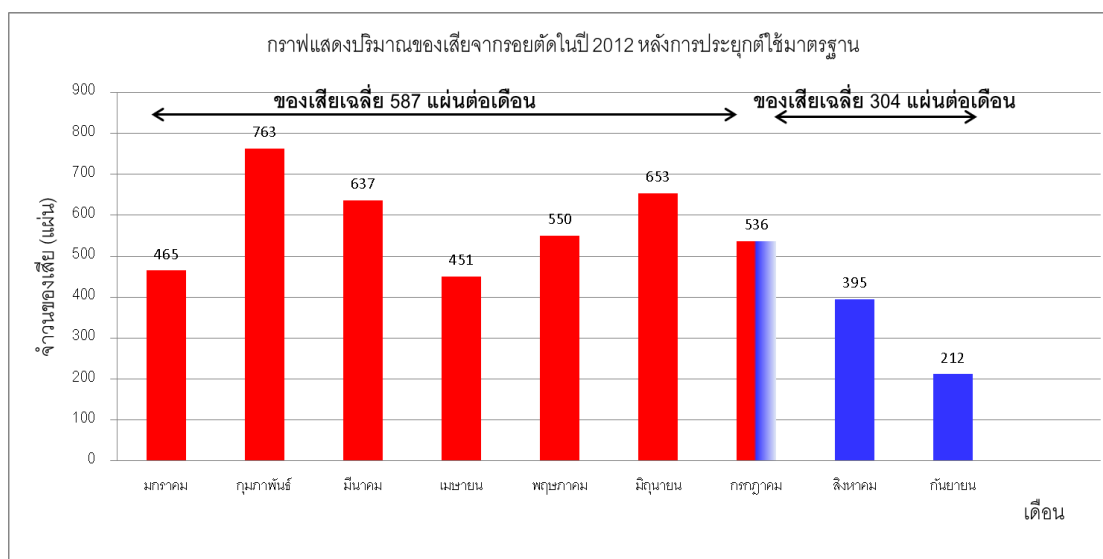
| เส้นผ่านศูนย์กลางมีดตัด (มิลลิเมตร) | ความดันกดตัดใช้งานที่เหมาะสม (kgf/cm ²) | ระยะทางใช้งาน (นิ้ว) | เวลาการใช้งานไบมีดตัด | |
|-------------------------------------|---|----------------------|-----------------------|------|
| | | | ชั่วโมง | นาที |
| 5.0 | 1.50 | 392,542 | 11 | 12 |
| 4.9 | 1.50 | 375,273 | 10 | 43 |
| 4.8 | 1.50 | 358,003 | 10 | 13 |
| 4.7 | 1.50 | 340,734 | 9 | 43 |
| 4.6 | 1.50 | 323,465 | 9 | 14 |
| 4.5 | 1.50 | 306,196 | 8 | 44 |
| 4.4 | 1.50 | 288,926 | 8 | 15 |
| 4.3 | 1.50 | 271,657 | 7 | 45 |
| 4.2 | 1.50 | 254,388 | 7 | 16 |
| 4.1 | 1.50 | 237,118 | 6 | 46 |
| 4.0 | 1.50 | 219,849 | 6 | 16 |

5.3. การทดสอบด้วยแบบจำลอง

เพื่อเป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ จะทำการนำแผนการผลิตของกระจกความหนา 2.0 มิลลิเมตร ในปัจจุบันมาทำการสร้างแบบจำลองสภาพการตัด (Simulation Model) เพื่อเปรียบเทียบผลจากมาตรฐานระยะการใช้งานไบมีดตัดที่กำหนดขึ้นกับสภาพการทำงานในปัจจุบัน โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel 2010 ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบจำลองพบว่าระยะทางใช้งานรวมของไบมีดตัด 1 ใบ ในการตัดตามแนวขวางการไหลจะมีระยะการใช้งานรวมทั้งหมดคือ 2,520,200 นิ้ว ในส่วนของการตัดตามแนวทางการไหลจะมีระยะการใช้งานรวมทั้งหมดคือ 3,366,000 นิ้ว ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสภาพการใช้งานในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่าง ที่ไม่ได้มีการกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้งาน ต่อไบมีดตัดที่ขนาดต่างๆ ส่งผลให้พนักงานปรับตั้งค่าตามประสบการณ์ ทำให้อายุการใช้งานของไบมีดตัดที่ใช้อยู่มีค่าที่ไม่คงที่ โดยพบว่าระยะทางการใช้งานของไบมีดตัดทุกขนาดของการตัดตามแนวขวางการไหลในปัจจุบันเฉลี่ยอยู่ที่ 180,000 นิ้ว ก็เกิดของเสียจากรอยการตัดเกิดขึ้น หลังจากที่ได้กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรการใช้งานความดันกดตัดที่เหมาะสมกับขนาดของไบมีดตัด จะส่งผลให้สามารถใช้งานไบมีดตัดทั้งหมดใน 1 ใบ ในการตัดตามแนวขวางการไหลเป็นระยะทางที่แน่นอน และเพิ่มขึ้นจากวิธีการเดิม 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาพก่อนหน้าที่ไม่มีการกำหนดมาตรฐานการใช้งานความดันกดตัด ทำให้สามารถใช้งานไบมีดตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. สรุปผล

จากผลการทดลองทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการทำนายระยะทางการใช้งานใบมีดตัดที่มีชิ้นงานเป็นกระจุก และกำหนดเป็นมาตรฐานการใช้งานใบมีดตัดได้ โดยในการติดตามแนวทางการไหล ค่าความดันกุดตัดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัดมีความสัมพันธ์กับระยะการใช้งานของใบมีดตัด และยังทราบถึงการใช้งานความดันกุดตัดที่เหมาะสมกับขนาดของใบมีดตัด คือใบมีดตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.0 – 4.3 มิลลิเมตร ค่าความดันกุดตัดจะอยู่ที่ 0.50 kgf/cm² ใบมีดตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.4 – 4.7 มิลลิเมตร ค่าความดันกุดตัดจะอยู่ที่ 0.52 kgf/cm² ใบมีดตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 – 5.0 มิลลิเมตร และค่าความดันกุดตัดจะอยู่ที่ 0.55 kgf/cm² ในส่วนของการติดตามแนวทางการไหลนั้น ระยะการใช้งานใบมีดตัดจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดตัดเพียงอย่างเดียว โดยมีความดันกุดตัดที่เหมาะสมในการทำการตัดอยู่ที่ 1.5 kgf/cm² จากผลการประยุกต์ใช้มาตรฐานพบว่าจะสามารถลดปริมาณของเสียจากรอยตัดที่เกิดขึ้นเฉลี่ยจาก 587 แผ่นต่อเดือน เหลือ 304 แผ่นต่อเดือน คิดเป็นจำนวนที่ลดลงได้เฉลี่ย 48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับก่อนการใช้มาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ปริมาณของเสียจากรอยการตัดที่ลดลงหลังจากประยุกต์ใช้มาตรฐาน

สมการความสัมพันธ์ของใบมีดตัดกระจุกที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดกระจุกแผ่นเรียบที่มีความหนา 2.0 มิลลิเมตร ที่มีทิศทางการตัดและมีการใช้เครื่องจักรตัดในลักษณะเดียวกันนี้ได้ สำหรับในส่วนการตัดรูปแบบอื่นๆนั้น ยังจำเป็นต้องทำการศึกษาข้อมูลปัจจัยในด้านต่างๆเพิ่มเติม ทั้งในด้านความเร็วในการไหลของชิ้นงานตัด รูปแบบในการตัด ความหนาของชิ้นงาน และชนิดของใบมีดที่ใช้ งาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ทำนายอายุการใช้งานของใบมีดตัดที่เหมาะสมต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] MacInnes Tool Corporation. (2005) *Technical guide for glass cutting* [Online]. Available: <http://www.macto.com>
- [2] T. S. Vom Braucke, "Establishment of a database for tool life performance," Masters of Engineering and Science thesis, Swinburne University of Technology, Australia, June 2004.
- [3] K. J. Joshi, "Optimization of cutting conditions for sustainable machining of sintered powder metal steels using PCBN and carbide tools," M.S. thesis, the College of Engineering, University of Kentucky, 27 November 2006.
- [4] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 5th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2001, pp.174-175.
- [5] ปารเมศ ชูติมา, *การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545, pp. 220-221.

