

การพัฒนาระบบการตรวจติดตามและควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ สำหรับความขรุขระผิวชิ้นงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ศิริพงษ์ ดำรงทวีศักดิ์^{1*} และ สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบการตรวจติดตามร่วมกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) สำหรับค่าความขรุขระผิวชิ้นงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยใช้อัตราส่วนแรงตึงระหว่างแรงป้อนตัดและแรงตัดหลักในการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน โดยสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานประกอบด้วยปัจจัยในการตัด ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด ความลึกตัด รัศมีงูมกมิต มุมคายเศษโลหะ และอัตราส่วนแรงตัด ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานที่พยากรณ์ได้จะถูกควบคุมด้วย

กระบวนการเชิงสถิติ (SPC) จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับคุณภาพผิวชิ้นงานในระหว่างกระบวนการตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสมการที่ใช้ให้ค่าความคาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 10\%$ ตามเงื่อนไขทั้ง 32 การทดลอง ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแจ้งเตือนเมื่อความขรุขระผิวชิ้นงานอยู่นอกเหนือขีดจำกัดควบคุมบนเพื่อแจ้งผู้ปฏิบัติงานให้ปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการตัดใหม่และเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นขณะตัดชิ้นงานจริง

คำสำคัญ: เครื่องกลึงซีเอ็นซี ความขรุขระผิว แรงตัด

¹ นิสิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-6986-6009 อีเมล: gungbunbun@hotmail.com



Development of Monitoring and Statistical Process Control System for Surface Roughness on CNC Turning Machine

Siripong Damrongthaveesak^{1*} and Somkiat Tangjitsitcharoen²

Abstract

The objective of this research is to integrate the in-process monitoring system and the statistical process control (SPC) to control the surface roughness on CNC turning machine. The cutting force ratio between the feed force (F_y) and the main force (F_z) is utilized to predict the in-process surface roughness. The surface roughness models consist of the cutting speed, the feed rate, the depth of cut, the tool nose radius, the rake angle, and the cutting force ratio. The experimental results show

that the surface roughness can be predicted and controlled efficiently during the cutting by utilizing the proposed system. The predicted surface roughness can be obtained within an error of $\pm 10\%$ obtained from 32 experiments. The developed system will alarm the operators to change the cutting conditions in order to reduce the defects during the cutting when the predicted surface roughness is out-of-process control.

Keyword: CNC turning, Surface roughness, Cutting force

¹ Student, Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

² Associate Professor, Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

* Corresponding Author, Tel. 08-6986-6009, E-mail: gungbunbun@hotmail.com

1. บทนำ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของเงื่อนไขในการตัดต่อค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน [1]-[3] อย่างไรก็ดี แบบจำลองเหล่านั้นไม่สามารถใช้ในการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัดได้ เนื่องจากการตรวจสอบค่าความขรุขระผิวชิ้นงานจำเป็นต้องหยุดเครื่องจักรและนำชิ้นงานออกมาตรวจวัดค่าความขรุขระผิวของชิ้นงานทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตัด การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมในการพัฒนาสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวด้วยเทคโนโลยีเซนเซอร์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่ง [4]-[6]

สำหรับการตรวจติดตามและพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการ [7]-[8] จึงมีการนำเซนเซอร์มาใช้ในการวัดแรงตัดที่เกิดขึ้น และนำมาใช้พยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน [9]-[10] โดยมีการศึกษาถึงแรงป้อนตัด (F_y) ซึ่งเป็นแรงที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อค่าความขรุขระผิวชิ้นงานโดยมีเงื่อนไขการตัดรวมด้วย แต่แรงตัดหลัก (F_z) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากเงื่อนไขการตัดเท่านั้น [11] ดังนั้นอัตราส่วนแรงตัดระหว่างแรงป้อนตัดและแรงตัดหลัก ($\frac{F_y}{F_z}$) จะเหลือแต่ผลกระทบของความขรุขระผิวชิ้นงานจึงสามารถนำมาใช้พยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานโดยที่อิทธิพลเงื่อนไขการตัดได้ถูกกำจัดออกไปด้วยอัตราส่วนระหว่าง ($\frac{F_y}{F_z}$)

ในงานวิจัยนี้ได้นำสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการมาใช้ในการพัฒนาระบบ [12] ร่วมกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยปัจจัยที่ใช้ในสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานได้แก่ ความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด ความลึกตัด รัศมีงูมกมิต มุมคายพิเศษโลหะ และอัตราส่วนแรงตัด ($\frac{F_y}{F_z}$)

หลักการควบคุมด้วยกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) เหมาะสำหรับการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยเฉพาะ I-MR Chart [13] ซึ่งประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสามารถเทียบได้จากความสามารถในการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัด

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบการตรวจติดตามและควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับความขรุขระผิวชิ้นงาน

บนเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้วยการใช้เซนเซอร์วัดแรงและแปลงค่าสัญญาณแรงตัดที่เกิดขึ้นเป็นค่าความขรุขระผิวชิ้นงานด้วยสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ [12] เพื่อควบคุมค่าความขรุขระผิวชิ้นงานที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ I-MR chart ในการควบคุม

2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระผิวชิ้นงานในขณะตัดกับสัญญาณแรงตัด

2.1 สมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัด

สมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัดถูกแสดงในรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล [12] ซึ่งมีระดับความเชื่อมั่น 95% และนำมาใช้ในระบบการตรวจติดตามและควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน โดยใช้ค่าอัตราส่วนแรงตัดรวมเงื่อนไขการตัดอื่นๆ

$$R_a = 53.52 \cdot V^{-0.122} \cdot F^{1.6} \cdot R_n^{-0.519} \cdot D^{0.108} \cdot \left(\frac{F_y}{F_z}\right)^{-0.296} \cdot e^{-0.00187\gamma} \quad (1)$$

$$R_z = 757.48 \cdot V^{-0.263} \cdot F^{1.59} \cdot R_n^{-0.205} \cdot D^{0.163} \cdot \left(\frac{F_y}{F_z}\right)^{-0.18} \cdot e^{-0.00998\gamma} \quad (2)$$

โดยปัจจัยที่แสดงในสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานมีดังนี้

- R_a ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยหน่วยไมโครเมตร
- R_z ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุดหน่วยไมโครเมตร
- V ค่าความเร็วตัดในหน่วย เมตร/นาที
- F อัตราการป้อนตัดในหน่วยมิลลิเมตร/รอบ
- D ความลึกตัดในหน่วยมิลลิเมตร
- R_n รัศมีงูมกมิตในหน่วยมิลลิเมตร
- $\frac{F_y}{F_z}$ อัตราส่วนแรงตัด
- γ มุมคายพิเศษโลหะในหน่วยองศา

การประมาณค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัดจากสมการ (1) และ (2) ให้ค่าความแม่นยำของ

ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุดอยู่ที่ 87.94% และ 84.23% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัดสามารถนำไปปรับใช้กับเงื่อนไขการตัดอื่นๆ ได้

2.2 การควบคุมค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเชิงสถิติในกระบวนการตัด

การควบคุมกระบวนการตัดเชิงสถิติ ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในการควบคุมค่าพยากรณ์ความขรุขระผิวชิ้นงานภายในกระบวนการตัด โดยใช้ I-MR Charts เนื่องจากเป็นแผนภูมิที่เหมาะสมสำหรับการวัดค่าที่ได้จากกระบวนการที่ใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ และสามารถนำค่าที่ได้จากการตัดค่าเดียวเป็นตัวแทนของกระบวนการได้ อย่างไรก็ตามค่าขีดจำกัดของการพยากรณ์ความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการ จำเป็นต้องคำนวณบนฐานของค่าจริงที่ได้จากการตัด เพื่อที่จะใช้ในการสร้าง I-MR Charts สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติ ค่าขีดจำกัดควบคุมจะน้อยกว่าค่าตามมาตรฐาน โดยค่ามาตรฐานของค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุดในงานวิจัยนี้อยู่ที่ 5 และ 20 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงขอบเขตคุณภาพผิวชิ้นงานที่ใช้ในการตัด ดังรูปที่ 1

ดังนั้น สมการคำนวณค่าขีดจำกัดบน สำหรับ I-MR Charts ที่มีข้อมูลต่อเนื่องกัน 2 ข้อมูล [15] เป็นดังนี้ ค่าขีดจำกัดบนสำหรับ I Chart:

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{1.128} \quad (3)$$

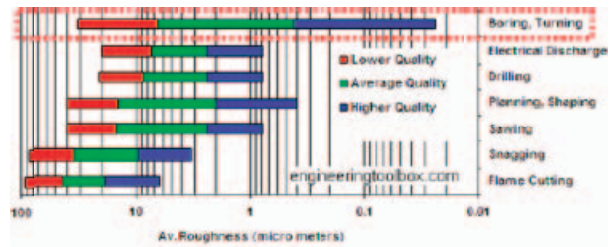
ค่าขีดจำกัดบนสำหรับ MR Chart:

$$UCL = 3.267 \overline{MR} \quad (4)$$

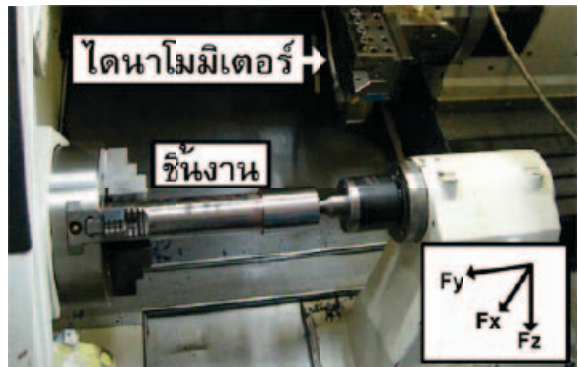
3. อุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์สำหรับการพัฒนางานวิจัยนี้ ได้แก่ เครื่อง



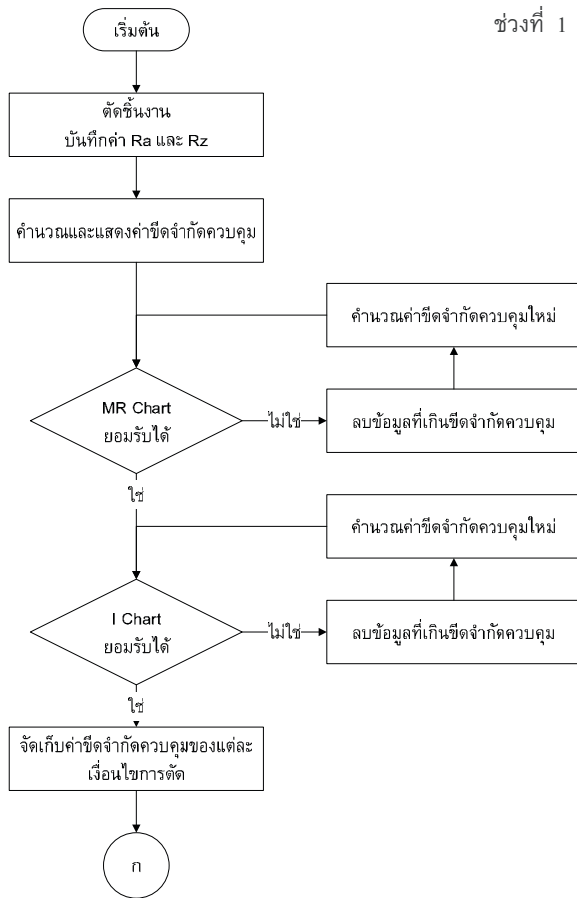
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงมาตรฐานค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน [14]



รูปที่ 2 ชิ้นงานและไดนาโมมิเตอร์ที่ติดตั้งในเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ซีเอ็นซีแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ รุ่น Mazak Nexus 200 MY อุปกรณ์วัดสัญญาณแรงตัด (ไดนาโมมิเตอร์) ยี่ห้อ KISTLER type 9121 ชาร์จแอมพลิไฟเออร์ยี่ห้อ KISTLER type 5038 เครื่องออสซิลโลสโคปยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น DL 750 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล Ni-card (National Instruments Card) รุ่น PCI-6221 37-Pin เครื่องวัดความขรุขระผิว ยี่ห้อ Mitutoyo SJ400 คอมพิวเตอร์ เม็ดมิดดิลคาร์ไบด์เคลือบผิว และใช้ชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน (S45C) เส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร

รูปที่ 2 แสดงแรงตัดที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการตัด โดยแรงตัดในแนวแกน x หรือแรงรัศมี แทนด้วยสัญลักษณ์ F_x แรงตัดในแนวแกน y หรือแรงป้อนตัด แทนด้วยสัญลักษณ์ F_y และแรงตัดในแนวแกน z หรือแรงตัดหลัก แทนด้วยสัญลักษณ์ F_z แต่ในงานวิจัยนี้จะ

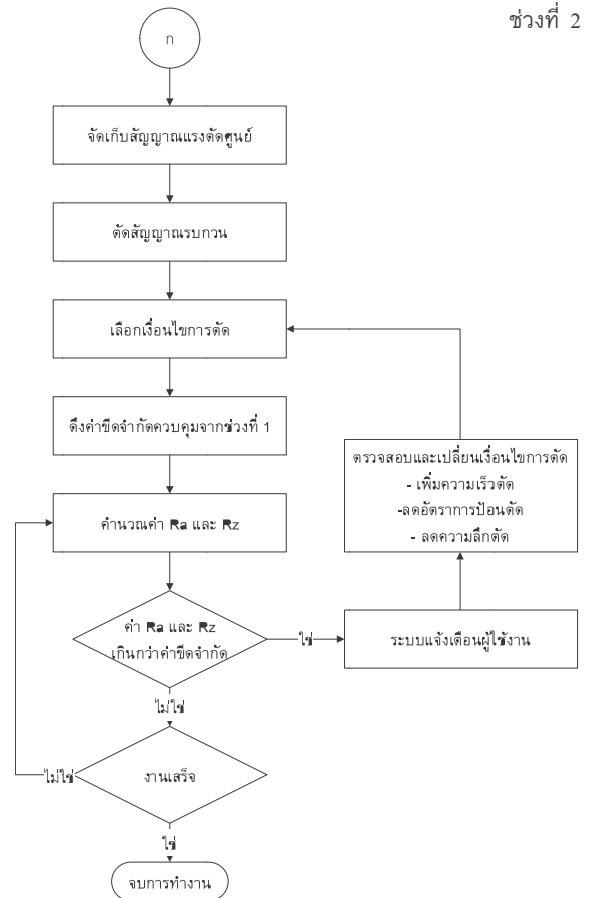


รูปที่ 3 แผนผังแสดงการทำงานของระบบการตรวจติดตามความขรุขระผิวบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี ช่วงที่ 1

ใช้เฉพาะแรงป้อนตัดและแรงตัดหลักมาใชพยากรณ์ความขรุขระผิวชิ้นงานในสมการ (1) และ (2)

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 โดยช่วงที่หนึ่งจะเป็นการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมโดยการทดลองตัดชิ้นงานแบบออฟไลน์เพื่อจัดเก็บค่าความขรุขระผิวชิ้นงานแล้วนำมาคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมเก็บลงฐานข้อมูลระบบ และช่วงที่สองเป็นการควบคุมกระบวนการตัดเชิงสถิติ โดยการใช้สัญญาณแรงตัดมาพยากรณ์ค่าความ



รูปที่ 4 แผนผังแสดงการทำงานของระบบการตรวจติดตามความขรุขระผิวบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี ช่วงที่ 2

ขรุขระผิวชิ้นงานแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดควบคุมที่คำนวณได้ในช่วงที่หนึ่ง เพื่อควบคุมคุณภาพผิวชิ้นงาน

ช่วงที่หนึ่ง คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม

1. เริ่มต้นติดตั้งชิ้นงานด้วยเงื่อนไขการตัดที่กำหนดในตารางที่ 1
2. ทำการวัดค่าความขรุขระผิวชิ้นงาน
3. คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมและบันทึกลงในฐานข้อมูลของระบบ
4. ทำซ้ำ 1.-3. จนครบทุกเงื่อนไขการตัดที่กำหนด โดยแต่ละเงื่อนไขการตัดทำซ้ำ 20 ครั้ง

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการตัด

เครื่องมือตัด	Coated Carbide tool
รหัสมีดตัด (มุมคายเศษโลหะ-6 องศา)	TNMG 160404HQ TNMG 160408HQ
รหัสมีดตัด (มุมคายเศษโลหะ11องศา)	DNMG 150604FN DNMG 150608FN
ชิ้นงาน	S45C Carbon Steel
ความเร็วตัด (m/min)	150, 200
อัตราการป้อนตัด (mm/rev)	0.15, 0.20
ความลึกตัด (mm)	0.4, 0.8

ช่วงที่สอง การควบคุมกระบวนการตัดเชิงสถิติ

1. เชื่อมต่ออุปกรณ์วัดสัญญาณแรงตัด (ไดนาโมมิเตอร์) เข้ากับชาร์จแอมป์ไฟเออร์เพื่อขยายสัญญาณและเชื่อมต่อชาร์จแอมป์ไฟเออร์เข้ากับ Ni-card เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
2. ตั้งค่าเครื่องซีเอ็นซีตามเงื่อนไขการตัดที่ต้องการ
3. เปิดระบบและตั้งสัญญาณแรงตัด (ช่วงสัญญาณแรงตัดก่อนทำการตัด) เพื่อทำการตัดสัญญาณรบกวน
4. เลือกเงื่อนไขในการตัดตามที่ได้ตั้งค่าไว้และเริ่มทำการตัดชิ้นงาน

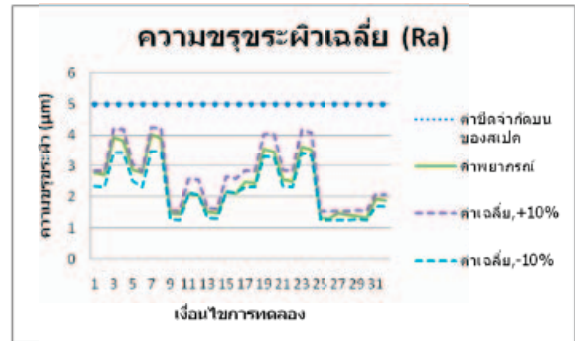
5. ระบบคำนวณค่าความขรุขระผิวชิ้นงานจากสัญญาณแรงตัด แล้วนำค่าความขรุขระที่ได้มาเข้าหลักกระบวนการทางสถิติ (I-MR Chart)

6. ระบบแจ้งเตือนเมื่อค่าความขรุขระผิวชิ้นงานมีค่าเกินขอบเขตบนของเงื่อนไขที่ทำการตัด

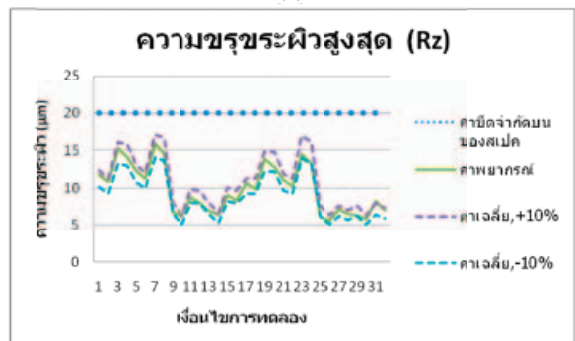
7. ผู้ใช้งาน เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการตัดให้เหมาะสมต่อการตัดชิ้นงาน แล้วเริ่มทำงานต่อ

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อระหว่างระบบการตรวจติดตามและการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับความขรุขระผิวชิ้นงาน โดยที่ ส่วนติดต่อผู้ใช้ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย

1. แผงควบคุมสำหรับเลือกเงื่อนไขการตัด
2. แผงควบคุมหลัก
3. ส่วนแสดงสถานะของโปรแกรม
4. ส่วนแสดงสัญญาณแรงป้อนตัดและแรงตัดหลัก



(a)



(b)

รูปที่ 5 ค่าความขรุขระผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (a) และค่าความขรุขระผิวสูงสุดของชิ้นงาน (b) ในแต่ละเงื่อนไข

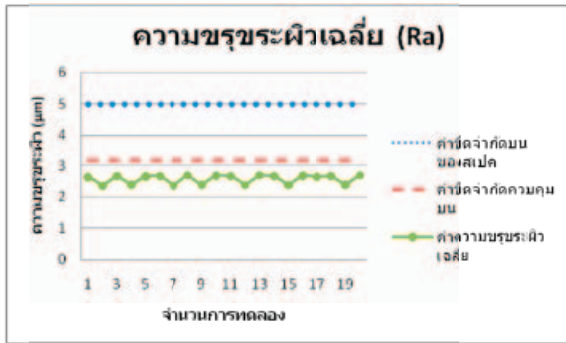
5. ส่วนแสดงกราฟ I-MR Chart ของความขรุขระผิวเฉลี่ยและความขรุขระผิวสูงสุด

6. ส่วนแสดงสัญญาณเตือน เมื่อระบบตรวจจับค่าความขรุขระผิวชิ้นงานอยู่นอกเหนือขีดจำกัด

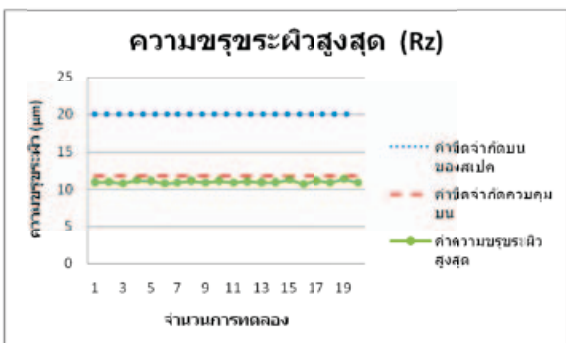
4. ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง

ในการพัฒนาระบบการตรวจติดตามความขรุขระผิวชิ้นงานจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่ใช้ในระบบ ซึ่งจากรูปที่ 5 แสดงถึงผลการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุด ในกระบวนการตัดที่ได้จากสมการ (1) และสมการ (2) ตามลำดับ ตกอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ของผลการวัดค่าความขรุขระผิวชิ้นงานจากการทดลองทั้งหมด



(a)



(b)

รูปที่ 6 ค่าความขรุขระผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (a) และค่าความขรุขระผิวสูงสุดของชิ้นงาน (b) ในตัวอย่างการตัดที่ ความเร็วรอบ 200 ม. / นาที อัตราการป้อนตัด 0.15 มม./รอบ ความลึกตัด 0.8 มม. รัศมีมุมมีด 0.4 มม. และมุมคายเศษโลหะ 11 องศา

32 เงื่อนไข แสดงว่าสมการพยากรณ์สามารถใช้ในการตรวจสอบค่าและทำการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในขณะตัดได้

ในการควบคุมกระบวนการตัดเชิงสถิติ ค่าขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) ที่ใช้ในการควบคุมค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุดต้องอยู่ภายใต้ค่ามาตรฐาน หรือค่าขีดจำกัดบนของสเปค (USL) โดยที่ค่าขีดจำกัดควบคุมที่คำนวณได้ใน I-MR Chart สำหรับค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุด ได้มาจากการทำการทดลองซ้ำที่เงื่อนไขเดียวกัน 20 ครั้ง เพื่อใช้ในการตรวจจับค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในกระบวนการตัด ดังรูปที่ 6

4.2 ระบบการตรวจติดตามและควบคุมค่าความขรุขระผิวในกระบวนการตัดเชิงสถิติ

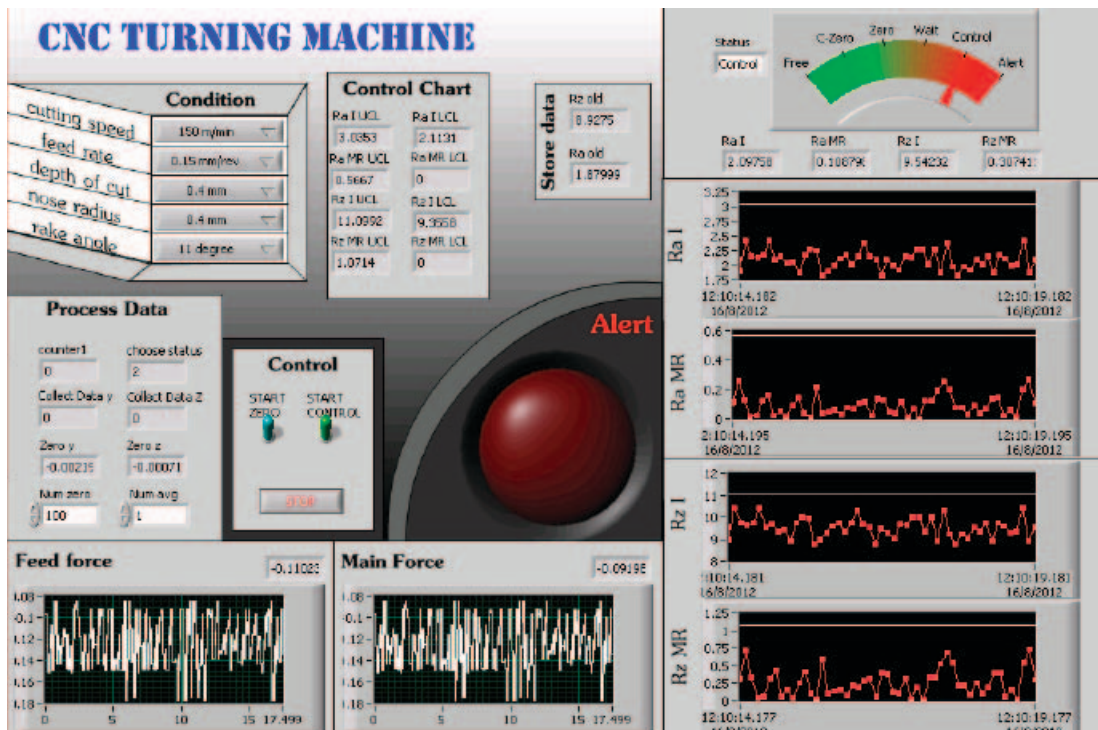
รูปที่ 7 แสดงระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจติดตามและควบคุมค่าความขรุขระผิวในกระบวนการตัดด้วยกระบวนการเชิงสถิติสำหรับค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุด โดยการอ้างอิงจาก ค่าขีดจำกัดควบคุมบนของ I-MR Chart ซึ่งถ้าค่าความขรุขระผิวชิ้นงานเฉลี่ยและค่าความขรุขระผิวชิ้นงานสูงสุดมีค่าเกินค่าขีดจำกัดควบคุมบน ระบบจะส่งสัญญาณเตือนเพื่อใช้ผู้ใช้งานปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการตัด เช่น ความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด ความลึกตัด รัศมีมุมมีด และมุมคายเศษโลหะ ตามรูปที่ 4

จากระบบการตรวจติดตามและการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติที่พัฒนาขึ้นสามารถพิสูจน์ได้ว่าความขรุขระผิวชิ้นงานที่ได้จะอยู่ในค่าขีดจำกัดบนของสเปคที่กำหนดและอยู่ภายใต้ขีดจำกัดควบคุมบน ทำให้ไม่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการตัดเนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบคุณภาพผิวชิ้นงานได้ในขณะตัดจริง

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการตรวจติดตามร่วมกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับความขรุขระผิวชิ้นงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานประกอบด้วย ความเร็วตัด อัตราการป้อนตัด ความลึกตัด รัศมีมุมมีด มุมคายเศษโลหะ และอัตราส่วนแรงตัด ซึ่งอัตราส่วนแรงตัดระหว่างแรงป้อนตัดและแรงตัดหลัก ($\frac{Y}{F_z}$) ทำให้สมการพยากรณ์ค่าความขรุขระสามารถพยากรณ์ค่าความขรุขระผิวชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ แม้ว่าเงื่อนไขการตัดจะเปลี่ยนไป

ระบบการตรวจติดตามความขรุขระผิวที่พัฒนาขึ้นมาสามารถตรวจจับและควบคุมค่าความขรุขระผิวชิ้นงานในระหว่างกระบวนการตัดจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการอ้างอิงจาก ค่าขีดจำกัดควบคุมบนของ I-MR Chart ที่คำนวณได้และไม่จำเป็นต้องหยุดเครื่องกลึงซีเอ็นซี อีกทั้งยังสามารถแจ้งเตือนเมื่อความขรุขระผิวชิ้นงานอยู่นอกเหนือขีดจำกัด ทำให้คุณภาพผิวชิ้นงานที่ได้เป็นไป



รูปที่ 7 ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบการตรวจติดตามและควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับความขรุขระผิวชิ้นงานบนเครื่องกลึงซีเอ็นซี (ใช้เงื่อนไขการตัดที่ ความเร็วรอบ 150 ม. / นาที อัตราการป้อนตัด 0.15 มม. / รอบความลึกตัด 0.4 มม. รัศมีงูมกมิต 0.4 มม. และมุมคายเศษโลหะ -6 องศา)

ตามมาตรฐาน และช่วยให้อัตราการผลิตดีขึ้น รวมทั้งเป็นการลดต้นทุนในการตัดและลดของเสียแบบทันทีทันใดอันเนื่องมาจากผิวชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในช่วงเวลา เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554

เอกสารอ้างอิง

[1] J. P. Davim, V.N. Gaitonde, and S.R. Karnik "Investigations into the effect of cutting conditions on surface roughness in turning of free machining steel by ANN models," *Journal*

of materials processing technology, vol. 205, pp. 16-23, 2008.

[2] Y. Sahin and A.R. Motorcu, "Surface roughness model in machining hardened steel with cubic boron nitride cutting tool," *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, vol.26, pp.84-90, 2008.

[3] K. Palanikumar, F. Mata, and J. P. Davim, "Analysis of surface roughness parameters in turning of FRP tubes by PCD tool," *Journal of materials processing technology*, vol.204, pp.469-474, 2008.

[4] C.X. Feng and X.F. Wang "Surface roughness predictive modeling: neural networks versus regression," *IIE Transactions*, vol. 35-1, pp. 11-27,

- 2003.
- [5] S.H. Choudhury and G. Bartarya “Role of temperature and surface finish in predicting tool wear using neural network and design of experiments,” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol. 43, pp. 747-753, 2003.
- [6] H. Aouici, M.A. Yallese, K. Chaoui, T. Mabrouki, and J.F. Rigal “Analysis of surface roughness and cutting force components in hard turning with CBN tool: Prediction model and cutting conditions optimization,” *Measurement*, vol. 45-3, pp. 344-353, 2012.
- [7] C.C. Joseph and M.S. Lou “Fuzzy-nets based approach to using an accelerometer for an in-process surface roughness prediction system in milling operations,” *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 13-4, pp. 358-368, 2000.
- [8] T. Somkiat, “In-process prediction of surface roughness by utilizing the cutting force ratio,” *NAMRI/SME*, vol.38, pp.307-315, 2010.
- [9] D.I. Lalwani, N.K. Mehta, and P.K. Jain, “Experimental investigation of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel,” *Journal of materials processing technology*, vol.206, pp.167-179, 2008.
- [10] R. Azouzi and M. Guillot, “On-line prediction of surface finish and dimensional deviation in turning using neural network based sensor fusion,” *International Journal of Machine Tool & Manufacture*, vol.37, pp.1201-1217, 1997.
- [11] T. Moriwaki, T. Sahibasaka, T. Somkiat, “Development of in-process tool wear monitoring system for CNC turning,” *International Journal of Japan Society of Mechanical Engineers*, Series C. 47-3, pp.933-938.
- [12] T. Somkiat, “In-Process Monitoring and Prediction of Surface Roughness in CNC Turning Process,” *Advance Materials Research 199-200*, vol. 1958-1966, 2011.
- [13] T. Somkiat and B. Voraman, “Development of online statistical process control software for hard disk drive manufacturing,” *Proceedings of Industrial Engineering Network Conference 2009*, pp. 600-605, 2009.
- [14] S. Tangjitsitharoen, S. Arayaphitaya, and S. Thongprasert, “In-Process Monitoring and Prediction of Surface Roughness on CNC Turning by using Response Surface Analysis,” *Proceeding of the 36th International MATADOR Conference*, pp.213-216, 2010.
- [15] Douglas C. Montgomery, *Introduction to STATISITICAL QUALITY CONTROL*, Fifth Edition, John Wiley& Sons, Inc., 2005, pp. 231-242.