

การปรับปรุงคุณภาพผิวชิ้นงานด้วยวิธีอะเบรซีฟมาชีนนิ่ง Surface Roughness Improvement by Abrasive Machining

ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ^{1*}, ชัญญาพันธ์ วิรุฬห์ศรี² และ ศุภวัฒน์ เจียมลักษณไพศาล³
^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 *อีเมล: pairat.t@eng.chula.ac.th

Pairat Tangpornprasert^{1*}, Chanyaphan Virulsi², and Supawat Jiamluksanaphaisarn³
^{1,2,3}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Pathumwan, Bangkok 10330, *E-mail: pairat.t@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้จะศึกษาถึงการออกแบบเทคนิคการปรับปรุงผิวชิ้นงานที่มีความซับซ้อนในรูปทรงให้มีค่าความหยาบผิว (surface roughness) ในระดับนาโนเมตร ซึ่งจะใช้สำหรับงานบางประเภทที่ต้องการค่าความหยาบผิวต่ำๆ เช่น พวกข้อต่อเทียมต่างๆที่ใช้ทางการแพทย์ งานทางด้านออปติคอลเลนส์ เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันนี้เครื่องจักรที่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวในระดับนาโนเมตรนั้นมีราคาสูงมาก ส่วนเครื่องจักรทั่วไปนั้นสามารถทำได้แค่ในระดับไมครอนเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรทั่วไปแล้วปรับปรุงผิวด้วยวิธี abrasive machining ซึ่งเป็นวิธีการที่จะใช้ abrasive particle ซึ่งมีขนาดเล็กในระดับไมครอนมาทำหน้าที่เสมือนเป็น cutting tool ซึ่งทำให้ depth of cut ที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กกว่า abrasive machining จึงก่อให้เกิดชิ้นงานที่มีความหยาบผิวในระดับนาโนเมตร จากผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปและปรับปรุงผิวแล้วสามารถลดความหยาบผิวลงได้จนเหลือเพียง 62.7 นาโนเมตร

Abstract: This research is to study the techniques of improvement in surface roughness of free-form workpieces into the nanometer scale. The very low surface roughness is necessary for optical lens and medical parts such as artificial joints etc. Recently, the conventional machining process gives only micro scale of surface roughness. In this research, the abrasive machining process was applied to improve the surface roughness after machining by conventional process. The micro size of abrasive grains, whose physical properties produce the finishing characteristics, can generate the depth of cut in nanometer level. From this study, the surface roughness is reduced to 62.7 nanometer

Key words: Abrasive machining, Surface roughness, Polishing

1. บทนำ

ในกระบวนการ Machining ชิ้นงานต่างๆ คุณภาพและรูปทรงของชิ้นงานขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการนำไปใช้ของชิ้นงาน ซึ่งปัจจัยต่างๆเหล่านี้นำไปสู่การเลือกรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการ Machining [1] มีอยู่หลักๆ 4 วิธี คือ กลึง (Turning), เจาะ (Drilling), กัด (Milling), และเจียร (Grinding) โดยแต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสีย และเหมาะสำหรับการใช้งานในรูปแบบที่แตกต่างกันไป เช่น

- กลึง ทำงานได้หลายรูปแบบโดยใช้หลักการหมุนชิ้นงานไปเรื่อยๆจากนั้นจึงนำมีดกลึงเข้ามาตัดกับชิ้นงานในรูปแบบต่างๆ ได้ความหยาบผิวในระดับไมครอน แต่ก็มีข้อเสียคือทำชิ้นงานให้มีรูปร่างซับซ้อนไม่ได้ ต้องใช้กับชิ้นงานที่เป็นรูปทรงกระบอกเท่านั้น
- เจาะ [2] ใช้สำหรับงานเจาะรูเท่านั้น โดยขนาดของรูนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของดอกสว่าน ทำให้ไม่สามารถทำรูที่มีขนาดใหญ่กว่าดอกสว่านได้
- กัด สามารถทำให้ชิ้นงานมีรูปร่างซับซ้อนได้ โดยใช้หลักการเคลื่อนชิ้นงานเข้าหาดอกกัดหรือเลื่อนดอกกัดไปในทิศทางต่างๆบนชิ้นงาน ได้ความหยาบผิวในระดับไมครอน
- เจียร ใช้สำหรับปรับปรุงผิวชิ้นงานให้มีความหยาบผิวในระดับนาโนเมตร โดยการเสียดสีด้วยความเร็วสูงระหว่างชิ้นงานกับวัสดุขัดผิว เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นหน้าเรียบเท่านั้น

สำหรับงานประเภทชิ้นส่วนข้อต่อเทียมต่างๆที่ใช้ทางการแพทย์เป็นงานที่ต้องการอัตราการสึกหรอในระดับต่ำมากเพื่อที่จะทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานเพราะการผ่าตัดเปลี่ยนข้อต่อเทียมในแต่ละครั้งทำได้ยากและยังมีผลกระทบหลังการผ่าตัดตามมา นอกจากนั้นยังมีความต้องการให้ชิ้นส่วนที่มีรูปร่างคล้ายของเดิมมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถเลียนแบบการเคลื่อนที่เดิมได้มากที่สุด ทำให้ลักษณะของชิ้นงานเป็นรูปทรงใดๆดังรูปที่ 1 และเนื่องจากการผลิตโดยกระบวนการ Machining

ข้างต้นไม่สามารถทำให้ได้ความหยาบผิวในระดับที่ต้องการได้ จากคุณสมบัติที่ต้องการและปัญหาดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้เกิดความยากลำบากในกระบวนการผลิต



a) knee prosthesis



b) hip prosthesis

รูปที่ 1 ชิ้นส่วนข้อต่อเทียมต่างๆที่ใช้ในการแพทย์

ในปัจจุบันนี้กระบวนการผลิตชิ้นส่วนที่ต้องการให้มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้มีค่าใช้จ่ายในด้านการจัดการการผลิตสูงมากดังตัวอย่างในรูปที่ 2 เป็นเครื่อง Machining Center ที่ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนทางการแพทย์โดยเฉพาะ(Datron,excelsiorEX) และยังไม่สามารถทำการผลิตได้เองภายในประเทศ จึงทำให้ชิ้นส่วนเหล่านั้นมีราคาสูงมาก ในกรณีของข้อต่อเทียมต่างๆที่ใช้ทางการแพทย์ ส่งผลให้กลุ่มคนที่มีรายได้ไม่สูงไม่สามารถรับภาระทางด้านค่าใช้จ่ายได้ เพราะฉะนั้นถ้ามีกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้ที่มีต้นทุนทางการผลิตต่ำและสามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ย่อมจะทำให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มคนที่มีรายได้ไม่สูงและมีความจำเป็นจะต้องใช้ชิ้นส่วนเหล่านี้อย่างแน่นอน

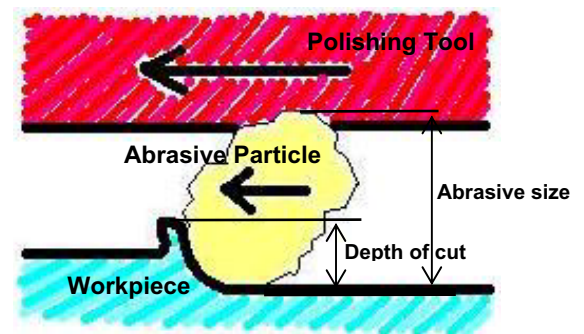


รูปที่ 2 เครื่อง Machining center ที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนทางการแพทย์ [3]

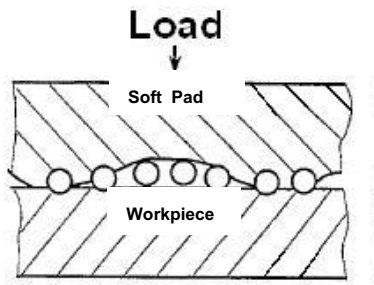
ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเทคนิคการปรับปรุงผิวชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นรูปทรงใดๆ ให้มีความหยาบผิวในระดับนาโนเมตร โดยเราจะทำการประยุกต์นำวิธีการ Polishing มาใช้ร่วมกับหุ่นยนต์ [4] เพื่อที่จะสามารถควบคุมตัวอุปกรณ์สำหรับขัด (polishing tool) ให้สามารถเข้าไปขัดชิ้นงานได้ในรูปแบบและทิศทางต่างๆได้

2. หลักการปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยวิธี Abrasive machining

การปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยวิธี abrasive machining สามารถขัดผิวชิ้นงานโดยอาศัย abrasive particle มาทำหน้าที่เสมือน cutting tool สำหรับปาดผิวชิ้นงาน เพื่อทำให้ชิ้นงานเกิดความเรียบ และ depth of cut ที่เกิดขึ้นย่อมมีขนาดเล็กกว่าขนาดของ abrasive particle จึงก่อให้เกิดชิ้นงานที่มีความหยาบผิวในระดับต่ำกว่าขนาดของ abrasive particle ที่นำมาใช้ โดยลักษณะของการปาดผิวชิ้นงานของ abrasive particle จะอาศัยแรงกดจากอุปกรณ์สำหรับขัดมาทำให้ abrasive particle กดลงไปในชิ้นงาน และอาศัยการหมุนของอุปกรณ์สำหรับขัดเป็นตัวพาให้ abrasive particle เคลื่อนที่ปาดผิวชิ้นงานไป ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 กลไกการขัดชิ้นงานด้วยวิธี abrasive machining



รูปที่ 4 ผิวสัมผัสระหว่าง polishing tool กับผิวชิ้นงาน

จากกลไกที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหยาบผิว สำหรับวิธี abrasive machining [5] ได้แก่

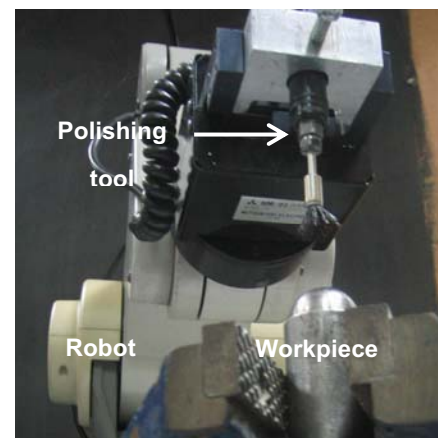
- **ขนาดของ abrasive particle** เนื่องจาก abrasive particle ที่มีขนาดเล็กจะส่งผลให้ depth of cut ที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กตาม ทำให้สามารถปรับปรุงผิวในระดับที่ละเอียดขึ้นได้
- **ความแข็ง(hardness) ของ polishing tool** จะเห็นได้ว่า polishing tool ที่มีความอ่อนนุ่มแต่นำมาใช้คู่กับ abrasive particle ที่มีความแข็งสูงจะส่งผลให้สามารถกัดชิ้นงานให้ได้ระนาบเสมอกันได้ดีกว่าใช้ polishing tool ที่มีความแข็งสูงในระดับความละเอียดเดียวกันกับ abrasive particle เพราะว่า polishing tool ที่มีความอ่อนนุ่มสูงจะยิ่งทำให้ abrasive particle ยุบตัวลงไปในตัวมันเองและสามารถรักษาระนาบขัดได้ดีกว่า ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4
- **แรงกดของอุปกรณ์ขัดที่ส่งไปที่ผิวของชิ้นงาน** เนื่องจากแรงกดที่เราใส่ให้กับ polishing tool ย่อมกระจายต่อไปยัง abrasive particle ต่างๆด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งใส่แรงกดมากขึ้น abrasive particle ก็ยิ่งกินชิ้นงานมากยิ่งขึ้นตาม ส่งผลให้ความหยาบผิวมากขึ้นตามไปด้วย

3. การทดลองปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยวิธี Abrasive machining

การทดลองของเราจะทำการทดลองกับชิ้นงาน(เหล็ก mild steel : Hardness 111 HB) ที่มีลักษณะเป็นครึ่งทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ซึ่งจัดว่าเป็นรูปทรงใดๆอย่างง่าย ดังแสดงในรูปที่ 6 (a) ซึ่งขึ้นรูปมาจากวิธี turning โดยใช้เครื่อง CNC (MAZATROL 640t NEXUS) โดยขึ้นรูปที่สภาวะ spindle speed 2,000 rpm ใช้มีดถลุง carbide insert จากนั้นจึงนำมาขัดผิวชิ้นงานด้วยวิธี abrasive machining โดยได้นำชิ้นงานมายึดให้อยู่กับที่แล้วทำการขัดผิวชิ้นงาน โดยทำการเขียนโปรแกรมกำหนดเส้นทางการให้กับหุ่นยนต์ (MITSUBISHI MOVEMASTEREX RV-M1, 5 Degrees of freedom) และที่ตำแหน่งปลายแขนของหุ่นยนต์(end effector) ได้ทำการติดตั้ง polishing tool เป็นแปรงขัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 mm ซึ่งขนขัดทำมาจาก Nylon ยาว 10 mm เอาไว้เป็นอุปกรณ์สำหรับขัดผิวชิ้นงานโดยจะทำการขัดด้วยความเร็วรอบ 10000 rpm เป็นเวลานาน 20 นาที ดังแสดงในรูปที่ 5



a) การติดตั้งหุ่นยนต์เพื่อจะนำมาขัดผิว



b) ส่วนหลักที่เกี่ยวข้องกับการขัดชิ้นงาน

รูปที่ 5 เครื่องขัดผิวชิ้นงานด้วยวิธี abrasive machining

4. ผลการทดลองและอภิปราย

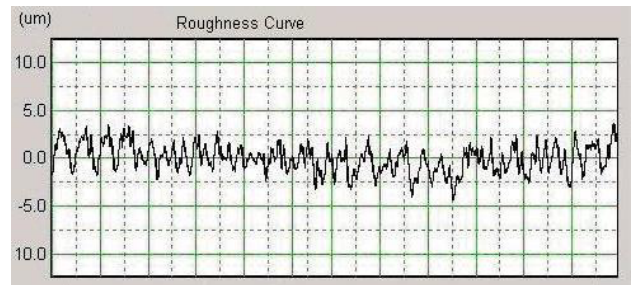
ในขั้นตอนของการขัดชิ้นงานจะไม่กระทำโดยตรงระหว่างอุปกรณ์สำหรับขัดกับชิ้นงาน แต่จะมีผองสำหรับขัด(abrasive particle, Mesh size #14,000, Micron range 5 μ m : Hardness 20 GPa)ซึ่งอยู่ในรูปของ สารละลายอลูมินา(ผงอลูมินาผสมกับน้ำ) เป็นตัวคั่นกลางในการขัดโดยการนำแปรงขัดมาจุ่มลงในสารละลายลึกลงไป 5 mm จากนั้นจึงนำไปขัด ซึ่งจะส่งผลให้สิ่งที่เป็นตัวขัดชิ้นงานที่แท้จริงคือผงอลูมินาซึ่งมีขนาดในระดับไมครอน ซึ่งหลังขัดชิ้นงานแล้วได้ผลดังแสดงในรูปที่ 6 (b) จากนั้นจึงนำวัดค่าความหยาบผิวโดยเครื่องวัดความหยาบผิว (Surfcom 1400D, ACCRETECH-TOKYO SEIMITSU : straightness accuracy 50 nm) โดยทำการลากหัว stylus ไปบนชิ้นงานเป็นระยะทาง 1 mm ที่ตำแหน่งต่างๆ 3 ตำแหน่งจากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะได้ผลการเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยวิธี turning กับวิธี polishing ดังแสดงในรูปที่ 7 ค่าความหยาบผิวที่ได้จากวิธี Polishing จะมีค่าต่ำกว่าวิธี turning ประมาณ 14.5 เท่า โดยผิวชิ้นงานที่ได้จากวิธี turning วัดค่า Ra ได้เท่ากับ 0.907 μ m ส่วนผิวชิ้นงานที่ได้จากวิธี polishing วัดค่า Ra ได้เท่ากับ 62.7 nm



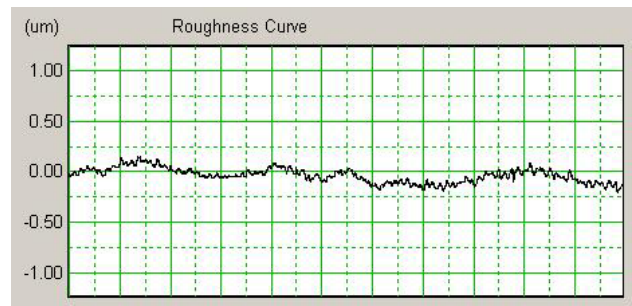
a) ชิ้นงานก่อนผ่านการปรับปรุงผิว



b) ชิ้นงานหลังผ่านการปรับปรุงผิวด้วยวิธี polishing



a) ความเรียบผิวที่ได้จากวิธี turning



b) ความเรียบผิวที่ได้จากวิธี polishing

รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความหยาบผิวที่ได้จากวิธี turning กับ polishing

รูปที่ 6 เปรียบเทียบผิวชิ้นงานที่ได้จากการ turning กับผิวชิ้นงานที่ได้จากการปรับปรุงผิวด้วยวิธี polishing

จากผลลัพธ์ที่ได้ในเบื้องต้นสามารถนำไปพัฒนาสู่การปรับปรุงผิวในลักษณะรูปทรงใด ๆ แบบที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยการนำหุ่นยนต์ที่มี Degrees of freedom มากกว่า 5 มาควบคุมการเคลื่อนที่หรืออาจจะทำการปรับปรุงตัวจับชิ้นงานให้มีการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แทนเพื่อเป็นการลดเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ส่วนในด้านการพัฒนาความละเอียดให้มากขึ้นสามารถทำได้โดยเปลี่ยนขนาดของ abrasive particle ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อนำไปสู่ความหยาบผิวที่มีค่าต่ำลงไปอีก[5], จัดหาอุปกรณ์สำหรับขัดชิ้นงานที่มีขนาดเล็กลงและมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อที่จะสามารถเข้าถึงชิ้นงานได้ทุก ๆ ตำแหน่ง นอกจากนั้นยังรวมไปถึงการนำหุ่นยนต์ที่มีความละเอียดสูง(High precision robot) และมีความสามารถในการรักษาระนาบของการขัดให้ตั้งฉากกับผิวชิ้นงานอยู่ตลอดเวลาใช้ก็จะสามารถพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพผิวชิ้นงานดีขึ้นได้อีก

5. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพผิวชิ้นงานหลังจากขึ้นรูปด้วยวิธี turning machine ด้วยวิธี Abrasive machining หรือ polishing สามารถลดค่าความหยาบผิวลงได้ถึง 62.7 nm นอกจากนี้ยังได้นำหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้ทำให้สามารถขัดผิวชิ้นงานในรูปแบบ free-form ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และภาควิชาอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนในการผลิตชิ้นงานทดสอบ, หุ่นยนต์ควบคุม, และเครื่องมือวัดความหยาบผิวชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Paul DeGarmo, J. Temple Blake and Ronald A. Kohser., Materials and Processes in Manufacturing., New York, Macmillan, 1990.
- [2] United States Cutting Tool Institute., Metal Cutting Tool Handbook., Industrial Press Inc., 1989.
- [3] Datron Dynamics, Inc. 2005 , <http://www.datrondynamics.com/products.html>
- [4] J.J. Márquez, J.M. Pérez, J. Ríos, A. Vizán. Process modeling for robotic polishing. Journal of Materials Processing Technology 159 (2005) 69-82.
- [5] Yongsong Xie, Bharat Bhushan. Effects of particle size, polishing pad and contact pressure in free abrasive polishing. Wear, Volume 200, Issues 1-2, 1 December 1996, Pages 281-295.