



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

อิทธิพลของมุมในการตัดเฉือนที่ส่งผลต่อแรงในการตัดเฉือนในการกัดแบบเต็มคมตัด ต่อวัสดุแม่พิมพ์ตีขึ้นรูป SKT4

The Influence of Cutting Angle in Full Depth Cutting Milling of Tool Steel Material SKT4

วีระพล โฉมเฉลา¹ สมเกียรติ วันนง¹ วิชิต วิเชียรรัตน์¹ ชานนท์ มุลวรรณ¹ สมเดช อิงคะวะระ^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

^{2*}สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Wiraphon Chomchalao¹ Somkiat Wanthung¹ Vichit Vichianrat¹ Charnont Moolwan¹
Somdech Ingkawara^{2*}

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasembundit University

^{2*} Department of Industrial Technology Management, Faculty of Science and Technology, Phranakhon
Si Ayutthaya Rajabhat University

*E-mail: somdech96@gmail.com

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาผลกระทบมุมในการตัดเฉือน ที่ส่งผลต่อแรงในการตัดเฉือนกระบวนการกัดแบบเต็มคมตัดที่ความลึกการกัด 22 มิลลิเมตร สำหรับวัสดุแม่พิมพ์ตีขึ้นรูป SKT4 ขนาด 80x100x35 มิลลิเมตร ใน การศึกษานี้ทดสอบผ่านกระบวนการตัดเฉือนด้วยเอ็นมิลคาร์ไบด์ขนาด 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีมุมเลี้ยว 30 องศา ประกอบกับ เครื่องจักรซีเอ็นซียี่ห้อ GAURAV รุ่น BMW35 คอนโทรล Fanuc Series Oi-MD ภายใต้การกัดแบบแห้ง การทดลองทำ โดยการปรับเปลี่ยนมุมในการตัดเฉือนที่ 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 องศา โดยกำหนดค่าความเร็วตัดคงที่ 105 เมตรต่อ นาที และอัตราป้อนต่อฟันคงที่ 0.06 มิลลิเมตรต่อฟัน การทดลองนี้ทำการวัดค่าแรงในการตัดเฉือนด้วยชุดวัดแรงตัดเฉือนไดนามิเตอร์ Kistler Type 9272 จากการทดลองพบว่าเมื่อมุมในการตัดเฉือนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แรงในการตัดเฉือนเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด และพบว่ามุมที่ใช้ในการตัดเฉือน 22 องศาไม่ส่งผล ให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางการเลือกใช้มุมในการตัดเฉือนใน อุตสาหกรรมเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ SKT4

คำหลัก: มุมในการตัดเฉือน, แรงในการตัดเฉือน, การสึกหรอของเครื่องมือตัด

Abstract

The purpose of this research to study the side effect from shear cutting in full depth of cutting at the depth of 22 millimeters on hot melt molding material SKT4 size 80 x 100 x 30 millimeters. To test Dry



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

shear cutting process by using end mill carbide size 10 millimeters. With 30 degree cutting angle on CNC machine Brand: GAURAV, Model: BMV35 Control Fanuc series Oi-MD. The test is performed by varying the shear cutting degree at 12, 14, 16, 18, 20 and 22 degree, with fixed cutting speed of 105 meter per minutes and a feed rate of flutes 0.06 millimeter per/minutes. Measured shear force by Dynamo meter Kistler Type 9272. Test result shows when the angle of shear cutting is increased, the shear cutting force is increased too that affects to the wear of the cutting tool. And we found the shear cutting angle of 22 angles don't have any side effects to the cutting tool. So, this research can be used as a guideline for the shear cutting angle selection in the industry and can reduce the cost of shear cutting on material STK4.

Key word: The shear cutting angle, force of shear cutting, reduce wear of cutting tools.

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ เป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง และมีการผลิตเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการผลิต คือ แม่พิมพ์ ซึ่งการเลือกใช้ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้งานให้ถูกต้องตามคุณลักษณะของแม่พิมพ์แต่ละชนิด โดยเฉพาะแม่พิมพ์ดีซีขึ้นรูปร้อน ในปัจจุบันมีการเลือกใช้งานอยู่ 2 ชนิด ตามมาตรฐาน JIS คือ SKD61 และ SKT4 [1] ปัญหาหลักที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรม การผลิตแม่พิมพ์ คือต้องการเพิ่มคุณภาพในกระบวนการผลิต ลดเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ ขณะเดียวกันก็ต้องลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งมีหลายตัวแปรมากที่ส่งผลต่อคุณภาพและค่าใช้จ่ายในการผลิต ซึ่งในที่นี่ตัวแปรสามารถนำไปสู่ทางออกสุดท้ายที่จะหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีการ ออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นการลดจำนวนของการทดลอง แบบลองผิดลองถูกของพนักงานได้และปัจจุบันการแข่งขัน ทางด้านการผลิตค่อนข้างสูง โดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ ด้าน จึงจำเป็นอยู่อย่างที่จะต้องมีการพัฒนาและเพิ่มขีด ความสามารถให้กับองค์กรและผู้ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจาก

เครื่องจักร CNC ตั้งแต่ 3 Axis – 5 Axis จะต้องใช้เวลาในการทำ โปรแกรม CAD/CAM และการผลิตที่สั้นที่สุด อีกทั้งยังมี ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต คือ เครื่องมือ ตัด (Cutting Tools) ที่จะต้องใช้งานร่วมกับเครื่องจักร CNC ตั้งแต่ 3 Axis – 5 Axis จึงจำเป็นที่จะต้องนำเอาเทคโนโลยี หรือนวัตกรรมทางด้านโปรแกรม CAD/CAM เข้ามาช่วยใน การทำงาน ด้วยเทคโนโลยีการตัดเฉือนแบบเต็มคม (Full Depth Cutting) จะสามารถช่วยลดระยะเวลาและสามารถ ลดต้นทุนการผลิตในการตัดเฉือนชิ้นงานแม่พิมพ์ลงจากเดิม ได้ อีกทั้งยังใช้งานเครื่องมือตัดได้เต็มประสิทธิภาพตลอด ความยาวคมตัดอีกด้วย

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 เครื่องกัดอัตโนมัติ (CNC Milling)

เครื่องกัดอัตโนมัติหรือเครื่องกัด CNC ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยี่ห้อ BFW Gaurav รุ่น BMV 35 คอนโทรล Fanuc Series Oi-MD ชุดควบคุม (Controller) โดยสามารถทำงานได้แบบ 3 แกนคือ แกน X , Y และ Z [9]



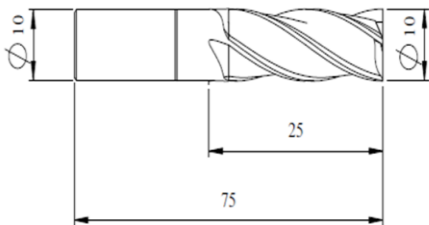
การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
 The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
 วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต ร่มเกล้า



รูปที่ 1 เครื่องกัดอัตโนมัติยี่ห้อ BFW Gaurav รุ่น BMV 35 คอนโทรล Fanuc Series Oi-MD [9]

2.1.2 เครื่องมือตัดเฉือน (Cutting Tool)

เครื่องมือตัดเฉือนที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบเอ็นมิลล์ (End Mill) 4 คมตัดทำจากวัสดุเหล็กคาร์ไบด์ ผ่านการเคลือบผิวด้วยไทเทเนียม คาร์ไบด์-ไนไตรด์ (TiCN) ขนาดดอกกัดเอ็นมิลล์เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความยาวคมตัด 25 มิลลิเมตร ความโตด้ามจับ 10 มิลลิเมตร ความยาวทั้งหมด 75 มิลลิเมตร [1, 2, 8]



รูปที่ 2 เครื่องมือตัดเฉือนแบบเอ็นมิลล์ (End Mill) 4 คมตัด [1, 2, 8]

2.1.3 วัสดุ (Materials)

องค์ประกอบทางเคมี	C(%)	V (%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Cr(%)	Mo(%)
เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก(%Wt)	0.5-0.6	0.05-0.15	0.1-0.4	0.6-0.9	>/= 0.03	>/= 0.02	0.8-1.2	0.2-0.5

SKT 4 ตามมาตรฐาน JIS เป็นเหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีสมบัติเหนียวแกร่งสูงมาก (High Toughness) รักษาความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงได้ดี (High Hot Strength) ทนต่อการเสียดสีที่อุณหภูมิสูง (Hot Wear Resistance) ด้านทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบฉับพลัน (Thermal Shock Resistance) นิยมใช้ทำแม่พิมพ์ในงานร้อนทุกประเภททั้งงานฉีดโลหะ (Die Casting) งานอัดเส้นร้อน (Hot Extrusion) งานทุบโลหะ (Hot Forging) งานรีดร้อน (Hot Rolling) ขนาดวัสดุที่ใช้สำหรับการทดลอง กว้าง 80 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตรหนา 35 มิลลิเมตร [7, 9]

2.1.4 เครื่องวัดแรงตัดเฉือน (Dynamometer)

เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์แรงในการตัดเฉือนโลหะ ความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกล โดยทั่วไปแล้วในวงการอุตสาหกรรม เพื่อให้มีความเที่ยงตรงและอีกทั้งยังใช้งานของชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องมือและเครื่องจักร ซึ่งไดนาโมมิเตอร์วัดแรงแบบ 4 แนวแกน ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าสถานะแรงในการตัดเฉือนที่เหมาะสมได้ดี [4]

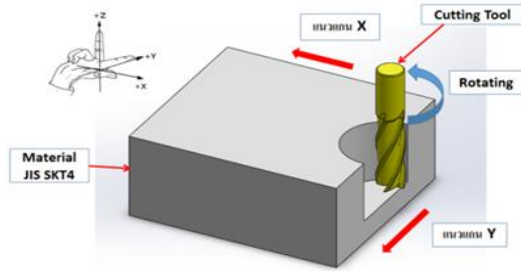


รูปที่ 3 เครื่องวัดแรงตัดเฉือน KISTLER Type 9272 SN 1342457 [4]



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

3. วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 4 การกำหนดรูปแบบการตัดเฉือน (Tool path operation) [8]

3.1 การกำหนดปัจจัยการทดลอง

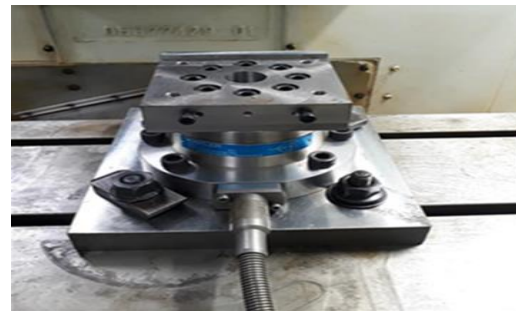
การกำหนดปัจจัยสำหรับการทดลอง กระบวนการตัดเฉือนด้วยเอ็นมิลคาร์ไบด์ขนาด 10 มิลลิเมตรภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง (Dry cutting condition) ซึ่งระยะป้อนในแนวแกน (Radial Depth of Cut) ถูกกำหนดให้ความลึกในการกัด 22 มิลลิเมตรและมุมในการตัดเฉือนที่ 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 องศา โดยกำหนดค่าความเร็วตัดคงที่ 105 เมตรต่อนาที และอัตราป้อนต่อฟันคงที่ 0.06 มิลลิเมตรต่อฟัน คงที่ตลอดการทดลอง พารามิเตอร์การตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลองถูกกำหนดตามตารางที่ 1 [11]

ToolBox Parameter								
Tool Dia.	Helix Angle	Cutting Angel	Step Over (Ae)	RPM	fz	Feed	Vc	Depth (Ap)
					(mm/z)	(mm/min)	(m/min)	(mm)
10 mm.	30	12	0.109	3300	0.06	790	105	22
		14	0.149					
		16	0.193					
		18	0.245					
		20	0.301					
		22	0.364					

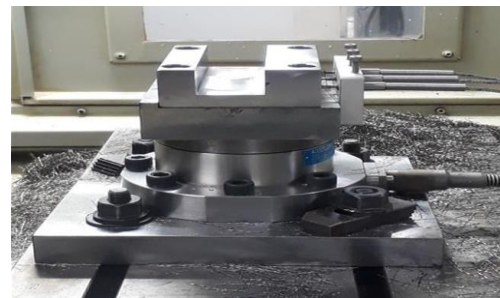
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์การตัดเฉือนที่ใช้ในการทดลอง [11]

3.2 ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องวัดแรงตัดเฉือน

การติดตั้งเครื่องวัดแรงตัดเฉือนโดยมีการออกแบบฐานการยึดเครื่องวัดแรงตัดเฉือน ซึ่งเครื่องไดนามิเตอร์จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้งานร่วมกับตัวแปลงสัญญาณ (Charge Amplifier) โดยจะใช้กระแส (I) ประมาณ 4 – 20 mA และแรงเคลื่อนไฟฟ้า (U) 5 – 10 V โดยจะใช้การคำนวณและแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลร่วมกับเครื่อง PC หรือ PLC ซึ่งจะเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างสัญญาณ Q และแรงเคลื่อน U ที่ได้และประกอบกับไดนามิเตอร์วัดแรงแบบ 4 แนวแกน ที่ติดตั้งบน Table เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) [12]



รูปที่ 5 ภาพลักษณะการติดตั้งไดนามิเตอร์วัดแรงเข้ากับ Table เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) [12]



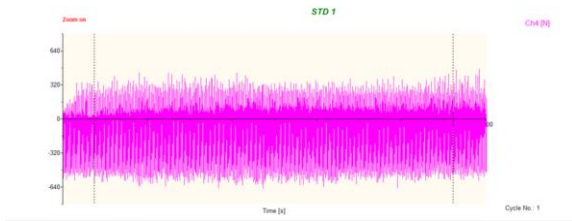
รูปที่ 6 ภาพการทดลองการตัดเฉือนต่อวัสดุ SKT4 [5]



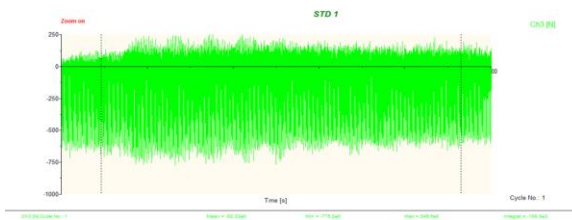
การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
 The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
 วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

4. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ผลการศึกษาแรงในการตัดเฉือน การใช้เครื่องวัดแรงตัดเฉือนด้วย ไดนาโมมิเตอร์ จะต้องใช้งานร่วมกับตัวแปลงสัญญาณ (Charge Amplifier) โดยจะใช้กระแส (I) ประมาณ 4 – 20 mA และแรงเคลื่อนไฟฟ้า (U) 5 – 10 V โดยจะทำการคำนวณและแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลร่วมกับเครื่อง PC หรือ PLC ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างสัญญาณ Q และแรงเคลื่อน U ที่ได้และประกอบกับไดนาโมมิเตอร์ โดยกำหนดให้ จุดวัดที่ Fx (Ch4) แกน x , จุดวัดที่ Fy (Ch3) แกน y และจุดวัดที่ Fz (Ch2) แกน z การวัดแรงในการตัดเฉือนที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องไดนาโมมิเตอร์ แรงในการตัดเฉือนในทิศทางแนวแกน X- (Ch4) มากกว่าแนวแกน X + (Ch4) และแรงในการตัดเฉือนในทิศทางแนวแกน Y-(Ch3) มากกว่าแนวแกน Y + (Ch3) ดังแสดงรูปที่ 7,8 [5]

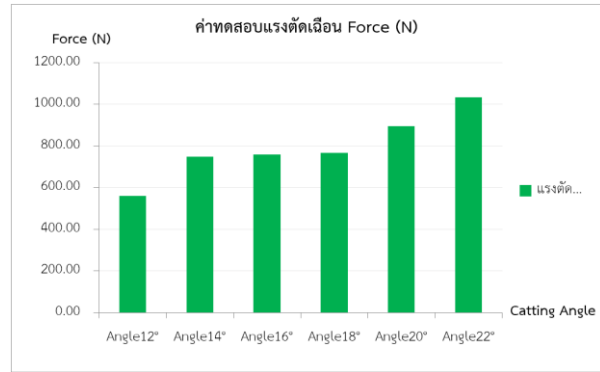


รูปที่ 7 กราฟวัดแรงในการตัดเฉือนในชิ้นงานการทดลองที่ Cutting Angle 22° ในแนวแกน X (Ch4) [3]



รูปที่ 8 กราฟวัดแรงในการตัดเฉือนในชิ้นงานการทดลองที่

Cutting Angle 22° ในแนวแกน Y (Ch3) [3]



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบวัดแรงในการตัดเฉือนจากการตัดเฉือนในชิ้นงาน ในแนวแกน X- , Y - [6]

5. สรุปผลการดำเนินงาน

ในการทดลองนี้ทดสอบผ่านกระบวนการตัดเฉือนด้วยเอ็นมิลคาร์ไบด์ขนาด 10 มิลลิเมตร ซึ่งมีมุมเลี้ยว 30 องศา ประกอบกับเครื่องจักรซีเอ็นซียี่ห้อ GAURAV รุ่น BMW35 คอนโทรล Fanuc Series Oi-MD ภายใต้การกัดแบบแห้ง ในการทดลองทำโดยการปรับเปลี่ยนมุมในการตัดเฉือนที่ 12, 14, 16, 18, 20 และ 22 องศา โดยกำหนดค่าความเร็วตัดคงที่ 105 เมตรต่อนาที และอัตราป้อนต่อฟันคงที่ 0.06 มิลลิเมตรต่อฟัน ในการทดลองนี้ทำการวัดค่าแรงในการตัดเฉือนด้วยชุดวัดแรงตัดเฉือนไดนาโมมิเตอร์ Kistler Type 9272 จากการทดลองพบว่าเมื่อมุมในการตัดเฉือนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้แรงในการตัดเฉือนเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ค่าแรงในการตัดเฉือน (Cutting Force) เพื่อคาดการณ์ในเรื่องของการสึกหรอของเครื่องมือตัด อีกทั้งยังสามารถทำการวิจัยเพิ่มเติมไปในกระบวนการตัดเฉือนของวัสดุแต่ละชนิดเพื่อลดต้นทุนในการตัดเฉือนวัสดุ SKT4 ได้



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต ร่มเกล้า

References

- [1] Dr.Gyula Varga Associate processor, University of Miskolc, Department of Production Engineering e-mail: Gyulavarga@uni-miskolc.hu
<http://www.researchgate.net/publication/267722497>
EXAMINATION OF SHEAR ANGLE IN METAL CUTTING
- [2] Fiji Shamoto Nagoya University, Yusuf Altintas University of British Columbia –Vanco
<http://www.researchgate.net/publication/245366610>
Prediction of Shear Angle in Oblique Cutting with Maximum Shear Stress.
- [3] Key Laboratory of Contemporary Design and Integrated Manufacturing Technology, Ministry of Education, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China
AVIC Commercial Aircraft Engine Co. Ltd., Shanghai 200241, China
- [4] Kirchheim A, Stirnimann J, Thiel R, Veselovac D, Auerbach T. New Generation 4 Component High-Speed Cutting Force Dynamometer for High Performance Machining Operations. CIRP 3rd International Conference High Performance Cutting (HPC), Hrsg.: Byrne G, O'Donnell G, Gemini International Gemini Dublin 2008, ISBN 978-1-905254-32-3.
- [5] Laboratory for Machine Tools and Production Engineering (WZL), RWTH Aachen University, 52074 Aachen, Germany
by MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, Germany, c Kistler Instrumente AG, 8408 Winterthur, Switzerland* Corresponding author. Tel.: +49 241 80 20522; E-mail address: S.Gierlings@wzl.rwth-aachen.de.
- [6] Feedrate optimization for variant milling processes based on cutting force prediction. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, volume 24, issues 7-8, pp.541-552, 2004
- [7] Pozna University of Technology, Pozna, Poland, DEISTAF - University of Florence, Firenze, Italy, Corresponding author: poranek@amu.edu.pl
Received: 04.06.2013. Accepted: 11.09.2013.
- [8] Rawangwong, S., Chatthong, J., Boonchouytan W., and Burapa, R. 2013. An Investigation of Optimum Cutting Conditions in Face Milling Semi-Solid Cast 6061 Aluminum Alloy Using Carbide Tool.
- [9] Routara, B. C., Bandyopadhyay, A., and Sahoo, P. 2009. Roughness modeling and optimization in CNC end milling using response surface method: effect of workpiece material variation.
- [10] Subramanian, M., Sakthivel M., Modeling and Analysis of Surface Roughness of AL7075-T6 in End Milling Arabian Journal for Science and Engineering.
- [11] Tanveer Hossain Bhuiyan and Imtiaz Ahmed Lecturer, BUET
<http://www.researchgate.net/publication/259722091> Optimization of Cutting Parameters in Turning Process.
- [12] Yun WS, Cho DW. Accurate 3-D cutting force prediction using cutting condition independent coefficients in end milling. Int J Mach Tools Manuf 2001;41(4):463-78.