



คุณภาพความเรียบพื้นผิววัสดุเหล็กกล้าแม่พิมพ์ NAK 80 จากกรรมวิธีการกัดขึ้นรูป Quality Surface of Tool Steel Material NAK 80 on Milling Process

บรรจง เพ็ญฟู^{1*} สมศักดิ์ อิทธิโสภณกุล²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

E-mail: banjong@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพความเรียบพื้นผิววัสดุแม่พิมพ์ NAK 80 จากกรรมวิธีการกัดขึ้นรูป ด้วยมีดกัดเอ็นมิล (End mill) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร โดยพิจารณาผลกระทบของพารามิเตอร์ในการกำหนดทิศทางการป้อนกัด ความเร็วหมุนกัด อัตราป้อนกัด และความลึกป้อนกัด ที่มีผลต่อคุณภาพความเรียบผิวภายหลังการกัดขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด ผลการทดลองพบว่าทิศทางการป้อนตัดแบบกัดตาม (Down-cut) ปัจจัยความเร็วหมุนกัดที่ อัตราป้อนป้อนกัดต่ำน้อยให้ผลคุณภาพความเรียบผิวที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยทิศทางการป้อนกัดแบบกัดสวน (Up-cut) และพารามิเตอร์ในทางตรงข้ามส่งผลให้คุณภาพความเรียบผิวที่ต่ำกว่ากล่าวคือคุณภาพผิวมีความหยาบมาก โดยพิจารณาลักษณะพื้นผิวด้วยเครื่องมือวัดความเรียบผิว และวิเคราะห์ผลผ่านการตรวจสอบด้วยชุดเครื่องมือวัดแบบจุลทรรศน์ (Measuring microscopy)

คำหลัก ความเรียบพื้นผิว, วัสดุแม่พิมพ์ NAK 80, กรรมวิธีการกัดขึ้นรูป

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตภายในประเทศมีการพัฒนาเจริญก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง และรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมทางต้นแม่พิมพ์ซึ่งอุตสาหกรรมแม่พิมพ์พลาสติกที่เรียกว่า “โมลด์” (Mold) ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตชิ้นงานในปริมาณที่มาก (Mass production) [4,7] ทั้งนี้การพิจารณาชนิดวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตโมลด์จะต้องมีคุณสมบัติที่ดีพอ เพื่อลดความบกพร่องที่จะเกิดขึ้นในตัวชิ้นงานสำเร็จ ตลอดจนสามารถยืดอายุการใช้งานของชุดแม่พิมพ์ได้[1] ซึ่งวัสดุที่ใช้งานมีความแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท ของการขึ้นรูปชิ้นส่วนชนิดต่างๆ เพราะฉะนั้นโมลด์ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตชิ้นงานเพื่อเพิ่มปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตให้สูงขึ้นตลอดจนสามารถแข่งขันได้ ทั้งนี้สิ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตชุดโมลด์ในปัจจุบันคือ การที่ไม่ทราบถึงคุณภาพของผิวที่แท้จริงวัสดุที่ใช้ในการสร้างโมลด์ ซึ่งสิ่งจำเป็นสำหรับการผลิตชิ้นงานด้วยโมลด์พลาสติก ผิวงาน จึงเป็นปัจจัย

สำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ และสวยงามอย่างมีคุณภาพ ดังนั้นตามสภาวะการใช้งานจริงของวัสดุที่ใช้ทำโมลด์ ผิวของโมลด์ที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ[2] เช่น ความเร็วรอบ (Spindle speed) อัตราป้อน (Feed rate) ความเร็วตัด (Cutting speed) ที่เกิดขึ้นรวมไปถึงชนิดของมีดกัด (Tools) ที่ใช้ด้วย เป็นต้น[3] เพราะเนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้เป็นส่วนที่ทำให้ผิวที่ได้มีคุณภาพมากน้อยเพียงใดโดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้ผลิตโมลด์ คือ AISI P20 และ DAIDO NAK80[5-6] ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญอย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาคุณภาพผิวชิ้นงานที่พารามิเตอร์การกัด ที่ให้ผลต่อความเรียบผิวของวัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือกัด NAK80 โดยปรับเปลี่ยนวิธีการป้อนกัดและอัตราป้อน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในงานอุตสาหกรรมการผลิตชุดโมลด์ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

การทดลองการกัดวัสดุเหล็กกล้าแม่พิมพ์ด้วยเครื่องกัดแบบ CNC ยี่ห้อ Emco Tronics รุ่น VMC-200 เป็นเทคโนโลยีจากประเทศออสเตรีย สำหรับการวัดค่าความเรียบผิวทดสอบด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SurfTest 301 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้จากชิ้นงานทดลอง

2.2 วัสดุชิ้นงาน

วัสดุชิ้นงานทดลองเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือแม่พิมพ์พลาสติกที่ใช้มีค่าความแข็งสูงชนิด DAIDO-NAK80 ซึ่งเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมโมลด์พลาสติก ที่สั่งซื้อจากบริษัทกรุงเทพเหล็กกล้าจำกัดซึ่งมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้วัสดุมีดกัดเป็นเหล็กกล้ารอบสูงชนิด High Speed Steel แบบ End Mill ชนิด 2 คมตัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตรหล่อลิ้นด้วยสารหล่อลื่นชนิดโซลูเบิลออยล์ (Soluble Oil)

2.3 วิธีดำเนินการทดลอง

การกำหนดขนาดของชิ้นงานในการทดลองนี้ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับเครื่องวัดความเรียบผิว จึงได้กำหนดให้มีขนาดความกว้าง 30 ± 0.5 มม. ความยาว 30 ± 0.5 มม. และความสูง 12 ± 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 33 ชิ้น โดยแบ่งออกเป็น 22 กรณีละ 3



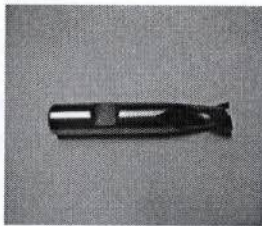
ผิวงาน โดยการนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการกัดด้านข้างและลึกข้างละ 10 มิลลิเมตร ก่อนนำไปกัดจริงตามขนาดดังแสดงในภาพที่ 2 จากนั้นนำค่าที่ได้มาเฉลี่ยเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ผิวเฉลี่ย (Surface Roughness : R_a) สำหรับวิธีการกัดจะกัดแบบกัดสวน (Up - Cut) และกัดตาม (Down-Cut) โดยจะกัดเป็นร่องที่มีความลึกครั้งละ 1 มิลลิเมตร จนได้ความลึก 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะต้องใช้อัตราป้อน (Feed rate) ที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณสมบัติวัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80

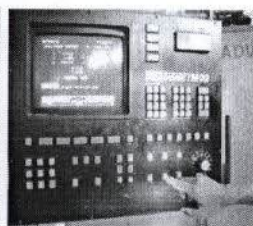
คุณสมบัติ	หน่วยวัด	ระดับค่า
Tensile Strength	Psi	183,400
Yield Strength	Psi	147,600
Reduction of Area	%	41.9
Elongation in 2" (longitudinal) %		16.1
Modulus of Elasticity	9.00	30.0×10^6
Hardness	HRC	40.0

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์และเงื่อนไขการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วยวัด	ระดับค่า
ความเร็วรอบ	Rpm	541
ทิศทางป้อนกัด	-	Up-cut
	-	Down-cut
อัตราป้อน	mm/z	0.0415-0.0505
ขนาดมีดกัด	mm	10.0
จำนวนคมตัด	z	2.0
เครื่องกัด	Emco tronics	VMC-200
สารหล่อเย็น	-	Soluble oil
ความลึกการกัด	mm	10.0
ระยะการกัด	mm	1.0
ขนาดชิ้นงาน	mm	30x30x12



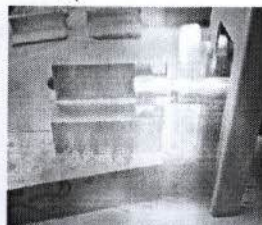
ก) ชนิดมีดกัด End mill



ข) ชุดเครื่องกัด CNC

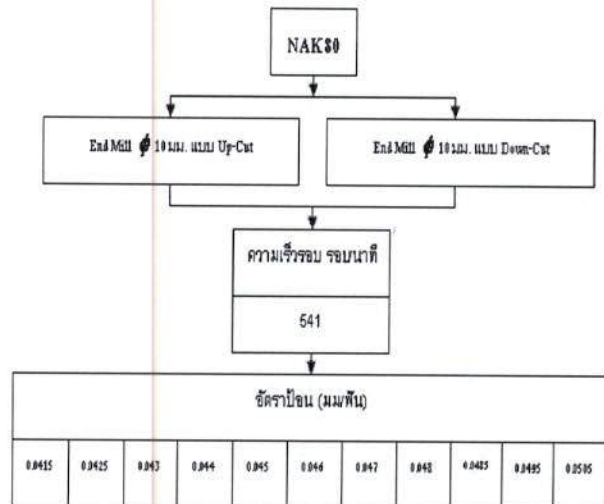


ค) เครื่องวัดความเรียบ



ง) การวัดความเรียบผิว

รูปที่ 1 ลักษณะรูปแบบการทดลอง

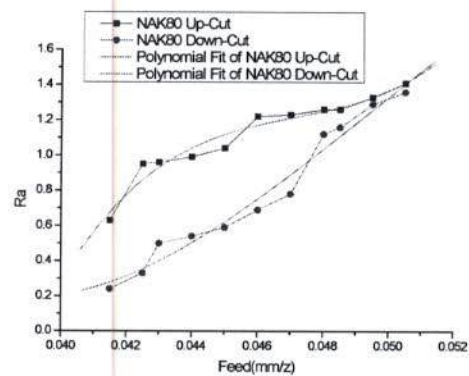


รูปที่ 2 แผนผังวิธีการทดลอง

3.ผลการทดลอง(Results)

3.1 ผลอัตราป้อน(Feed rate)

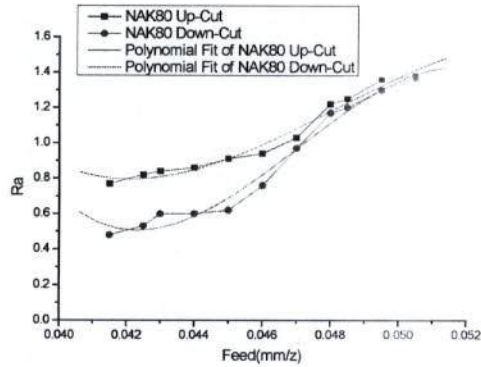
การทดลองการกัดวัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือแม่พิมพ์พลาสติก NAK80 ด้วยมีดกัด End mill ชนิด 2 คมตัด(ฟัน)ด้วยการกัดด้วยคมตัดปลายมีดกัด และด้านข้างมีดกัด โดยวิธีการกัดแบบ Up-cut และ Down-cut ที่ระดับอัตราป้อนกัด 0.0415 มม/ฟัน ถึง 0.0505 มม/ฟัน ดังแสดงรายละเอียดความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบผลความเรียบผิวการกัดด้วยด้านข้างมีดกัด ของเหล็กกล้าเครื่องมือ NAK80

จากที่ทำการทดสอบเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80 กัดด้วยด้านข้างมีดกัดได้ผลค่าความเรียบผิวเฉลี่ย (R_a) ดังรูปที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลการกัดด้วยด้านข้างมีดกัด วัสดุของเหล็กกล้าเครื่องมือ NAK80 ที่ค่าระดับอัตราป้อนต่างๆ พบว่าการกัดที่ให้ค่าความเรียบผิวเรียบที่สุดคือ กรณีที่ 12 (อัตราป้อน 0.0415 มม/ฟัน) โดยวิธีการกัดแบบ Down-cut และมีค่าความเรียบผิวมากที่สุด

มีค่าเท่ากับ $0.24 \mu\text{m}$ ทั้งนี้ผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์แปรผกผันกล่าวคือค่าความหยาบผิวงานจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราป้อนสูงขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราป้อนมีผลต่อความเรียบผิว (Ra) ของชิ้นงาน



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความเรียบผิวการกัดด้วยปลายมีดกัดของเหล็กกล้าเครื่องมือ NAK80

จากที่ทำการทดสอบเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80 กัดด้วยด้านข้างมีดกัดได้ผลค่าความเรียบผิวเฉลี่ย (Ra) ดังรูปที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบผลการกัดด้วยด้านข้างของมีดกัดตัวสุดท้ายของเครื่อง NAK80 ที่ค่าระดับอัตราป้อนต่างๆ พบว่าการนี้ให้ค่าความเรียบผิวเรียบที่สุดคือ กรณีที่ 12 (อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟั) โดยวิธีการกัดแบบ Down-Cut และมีค่าความเรียบผิวมากที่สุดมีค่าเท่ากับ $0.48 \mu\text{m}$ ทั้งนี้ผลการทดลองพบว่าอัตราป้อนให้ความสัมพันธ์แปรผกผันกล่าวคือ ค่าความหยาบผิวงานจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราป้อนสูงขึ้น ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราป้อนมีผลต่อความเรียบผิว (Ra) ของชิ้นงาน

3.2 ผลความเรียบผิวเฉลี่ย (Surface roughness)

1) ค่าความเรียบผิว (Ra) เฉลี่ยของชิ้นงานทดลองที่ผ่านกระบวนการกัดด้วยปลายมีดกัด โดยวิธีการกัดแบบ Up-cut มีค่าความเรียบผิว $0.77 \mu\text{m}$ ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟั ดังแสดงรูปที่ 5



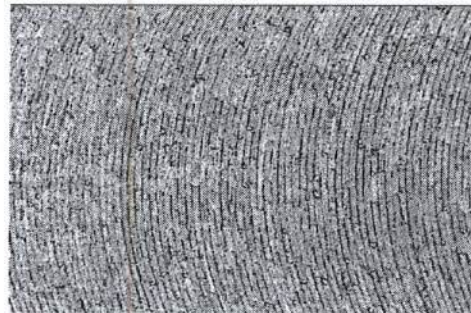
รูปที่ 5 ความเรียบผิวกัดด้วยปลายมีดกัดแบบ Up-cut

2) ค่าความเรียบผิว (Ra) เฉลี่ยของชิ้นงานทดลองที่ผ่านการกัดด้วยด้านข้างของมีดกัด โดยวิธีการกัดแบบ Up-cut มีค่าความหยาบผิว $0.63 \mu\text{m}$ ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟั ดังแสดงภาพที่ 6



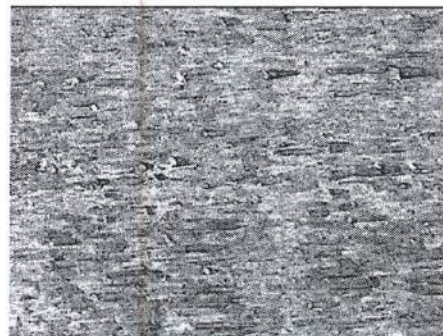
รูปที่ 6 ความเรียบผิวกัดด้านข้างมีดกัดแบบ Up-cut

3) ค่าความเรียบผิว (Ra) เฉลี่ยของชิ้นงานทดลองที่ผ่านกระบวนการกัดด้วยปลายของมีดกัด โดยวิธีการกัดแบบ Down-cut มีค่าความหยาบผิว $0.48 \mu\text{m}$ ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟั ดังแสดงภาพที่ 7



รูปที่ 7 ความเรียบผิวกัดด้วยปลายมีดกัดแบบ Down-cut

4) ค่าความเรียบผิว (Ra) เฉลี่ยของชิ้นงานทดลองที่ผ่านกระบวนการกัดด้วยด้านข้างของมีดกัด โดยวิธีการกัดแบบ Down-cut มีค่าความหยาบผิว $0.24 \mu\text{m}$ ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟั ดังแสดงรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความเรียบผิวกัดด้านข้างแบบ Down-cut



4. อภิปรายผล

วัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80 เป็นวัสดุที่ใช้ผลิตโมลด์พลาสติก จากการทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่ความเร็วรอบคงที่ 541 รอบ/นาที ด้วยมีดกัด End Mill ชนิด 2 ขดตัด ขนาด ϕ 10 มม. ที่อัตราป้อน 0.0415 - 0.0505 มม./ฟัน

1) วิธีการป้อนกัด แบบ Up-cut เมื่อผ่านการทดสอบภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว พบว่าจะได้ผิวเรียบผิวที่หยาบกว่าการกัดแบบ Down-cut เพราะว่าการหนาของเศษ และการเสียดในการตัดเฉือนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆที่ฟันมีดกัด ซึ่งทำให้ผิวที่ได้นั้นมีความหยาบสูง และความหยาบผิวจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราป้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่วิธีการป้อนกัด แบบ Up-cut มีข้อดีสำหรับ งานที่ไม่ต้องการความเรียบผิวที่สูงมาก ซึ่งเหมาะกับการกัดภายในในขั้นตอนแรกของกระบวนการ

2) วิธีการป้อนกัด แบบ Down-cut เป็นผลการทดสอบภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวจะได้คุณภาพผิวที่เรียบและค่าโพรงกัดแบบ Up-cut เพราะว่าการเสียดและการเกิดเศษจะน้อยกว่าการกัดแบบ Up-cut เนื่องจากเศษจะมีขนาดบางกว่าและช่วยตัดเฉือนเนื้อเนื้อน้อยกว่าแบบ Up-Cut จึงทำให้ผิวที่ได้จากการกัดแบบ Down-Cut มีความเรียบผิวที่ดีกว่า

3) จากการทดสอบให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจว่า "เหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80 ให้ค่าความเรียบผิวที่ดีที่สุดโดยผ่านวิธีการกัดแบบ Down-Cut ทั้งสิ้น แต่ค่าความเรียบผิวจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราป้อน (Feed rate) เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงองค์ประกอบหลายปัจจัยมีผลต่อความเรียบผิวด้วย เช่น วิธีที่ใช้ในการป้อนกัด อัตราป้อนกัด วัสดุที่ใช้ทดสอบ ความลึกในการกัด เป็นต้น และผลการทดสอบที่ได้จะเป็นตัวช่วยในการปฏิบัติงานจริงต่อไป

5. สรุปผล

การทดสอบคุณภาพความเรียบผิว ของวัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด NAK80 เป็นการศึกษาด้านพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของกระบวนการกัดผิวชิ้นงานที่ใช้ในการทำโมลด์พลาสติกศึกษาเปรียบเทียบวิธีการป้อนกัดที่ให้ผลกับพื้นผิวเรียบ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ค่าความเรียบผิวเฉลี่ย $0.48 \mu m$ ได้จากการกัดผิวปลายมีดกัด ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟัน ความเร็วรอบคงที่ 541 รอบ/นาที โดยวิธีการกัดแบบ Down-Cut มีผลให้ค่าความเรียบผิวของเหล็กกล้าเครื่องมือ NAK80 มีค่าความเรียบผิวเฉลี่ย

2) ค่าความเรียบผิวเฉลี่ย $0.24 \mu m$ ได้จากการกัดผิวด้านข้างมีดกัด ที่อัตราป้อน 0.0415 มม./ฟัน ความเร็วรอบคงที่ 541 รอบ/นาที โดยวิธีการกัดแบบ Down-cut มีผลให้ค่าความเรียบผิวของเหล็กกล้าเครื่องมือ NAK80 มีค่าความเรียบผิวเฉลี่ย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิชัย จันทร์มณี ที่ให้คำแนะนำ ปรึกษา และขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กุศล พร้อมมูล, 2545. การหาเงื่อนไขการตัดไม้ที่เหมาะสมของใบมีดPCD.ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] บรรเลง ศรีนิล, ประเสริฐ กิ้วยสมบุรณ์, 2524. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [3] Abbas Fadhel Ibraheem, Saad Kareem Shather, Kasim A. Khalaf, 2008. Prediction of cutting forces by using machine parameters in end milling process. Engineering and Technology. Vol.26.No.11.
- [4] K. Kadigama, K. A. Abou-El-Hossein, B. Mohammad, M. M. Noor and S. M. Sapuan. 2008. Prediction of tool life by statistic method in end-milling operation. Scientific Research and Essay. Vol. 3 (5), pp. 180-186.
- [5] K.A. Abou-El-Hossein, K. Kadigama, M. Hamdi, K.Y. Benyounis. 2007. Prediction of cutting force in end-milling operation of modified AISI P20 tool steel. Journal of Materials Processing Technology. 182, 241-247.
- [6] P. Koshy, R.C. Dewes, D.K. Aspinwall. 2002. High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel (58 HRC). Journal of Materials Processing Technology. 127, 266-273