

### บทที่ 3

## การทดลองศึกษาเบื้องต้น

ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัดนั้นเกิดจากสองสาเหตุสำคัญคือแรงในการตัดและอุณหภูมิของเครื่องมือตัด โดยแรงในการตัดนั้นจะส่งผลโดยตรงกับการสึกหรอของเครื่องมือตัดนั้นคือยังมีแรงในการตัดสูงอัตราการสึกหรอของเครื่องมือตัดก็จะสูงตามไปด้วย และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความแข็งแรงของเครื่องมือตัดลดลง ดังนั้นในการแก้ปัญหาการสึกหรอของเครื่องมือตัดจึงมุ่งเน้นความสำคัญไปที่การลดแรงที่เกิดจากการตัดและซึ่งจะส่งผลให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดยาวนานขึ้น

### 3.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของแรงเสียดทานกับ shear angle

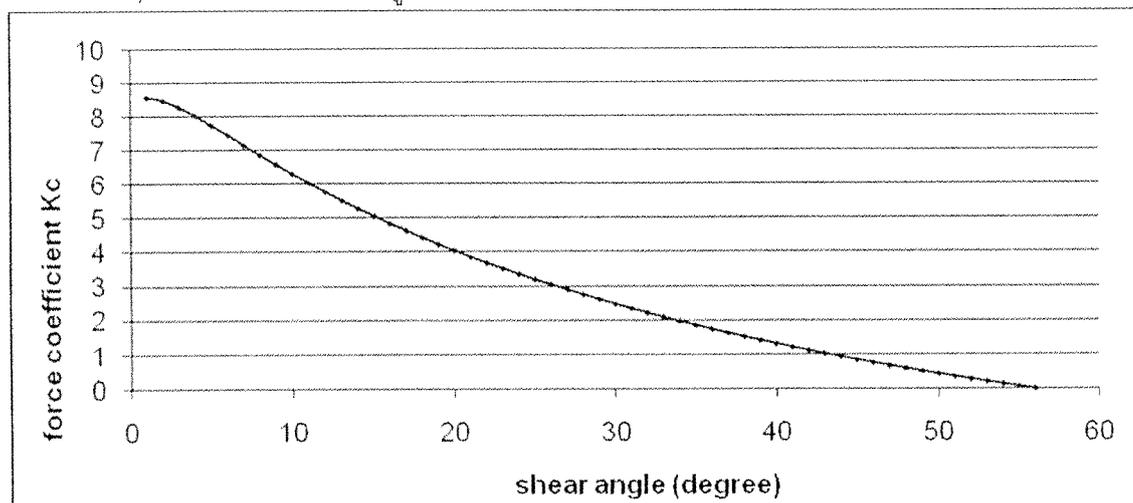
จากการพิจารณากลศาสตร์ของการตัดจะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัดได้แก่

$$\begin{aligned} F_c &= k \cdot a \cdot b \cdot K_c \\ F_z &= k \cdot a \cdot b \cdot K_z \end{aligned} \quad (3-1)$$

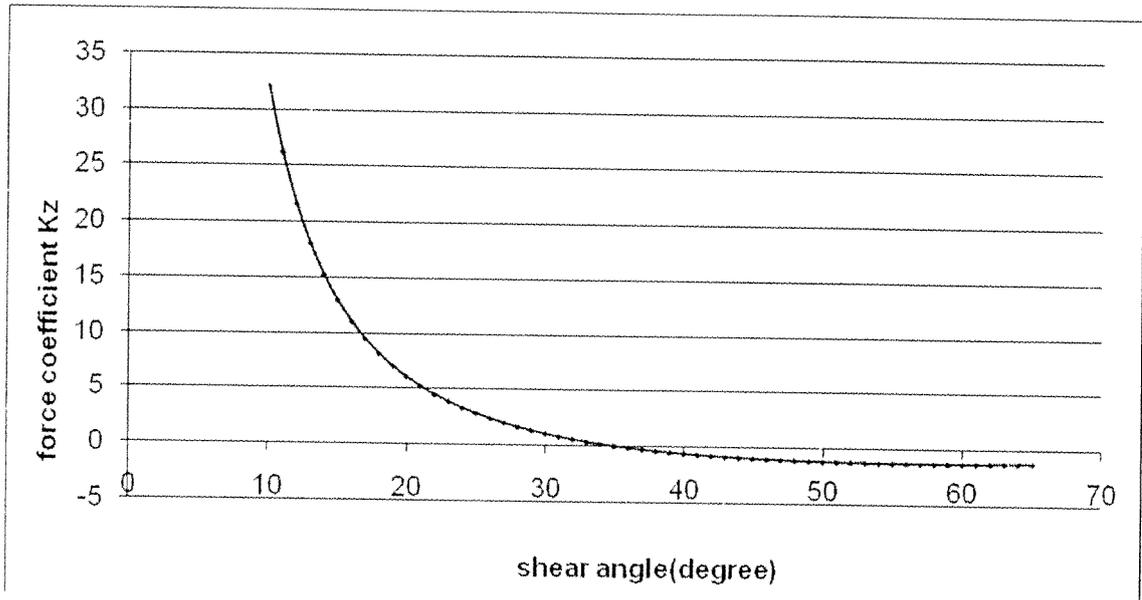
โดยกำหนดให้

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{\cos(\beta - \alpha)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \beta - \alpha)} \\ K_z &= \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin \phi \cdot \cos(\phi + \beta - \alpha)} \end{aligned} \quad (3-2)$$

จากสมการทั้งสองจะพบว่าค่าแรงตัดจะขึ้นกับค่ามุมเฉือน  $\phi$  ซึ่งเมื่อพล็อตค่า  $K_c$  และ  $K_z$  เทียบกับค่า  $\phi$  จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเฉือน  $\phi$  กับค่าแรงขนานในแนวการตัด  $K_c$



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมเฉือน  $\phi$  กับค่าแรงตั้งฉากในแนวการตัด  $K_z$

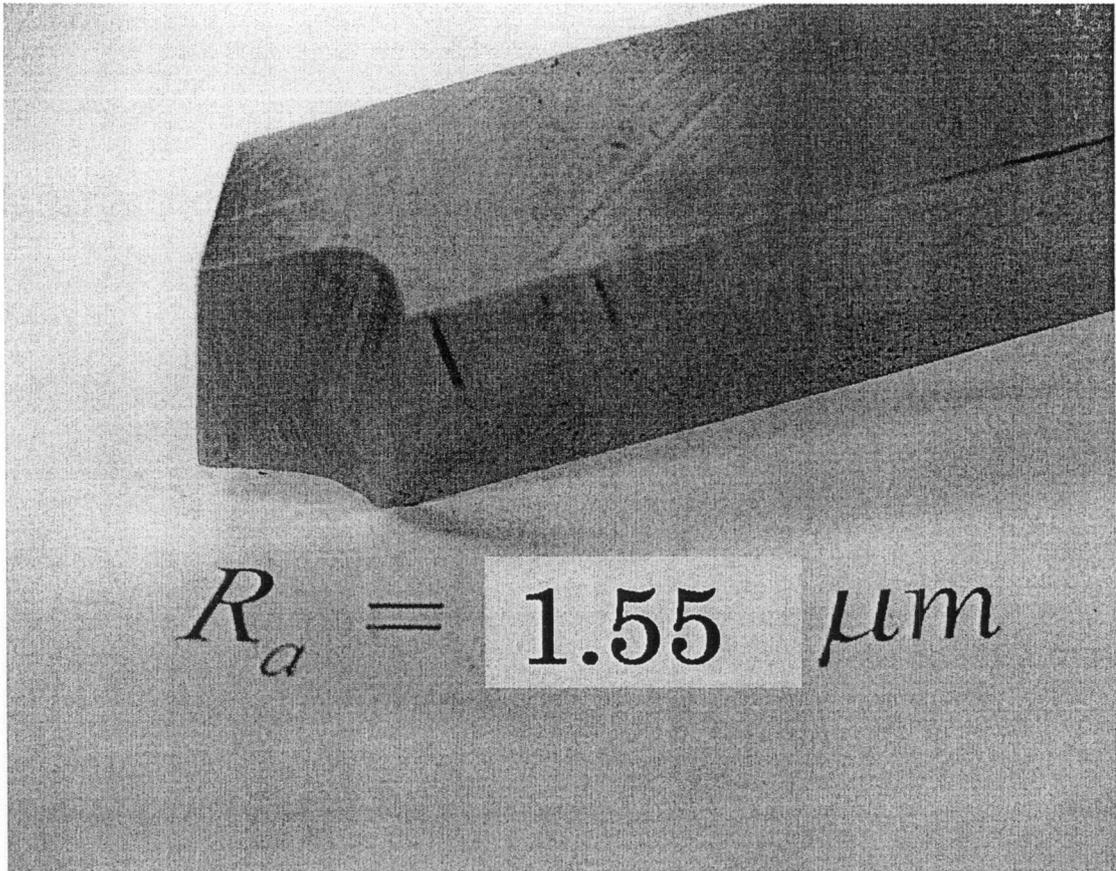
จากกราฟจะเห็นได้ว่ายิ่งค่ามุมเฉือน  $\phi$  เพิ่มขึ้นจะยิ่งทำให้แรงในการตัดลดลงและเนื่องจากค่ามุมเฉือนกับค่ามุมเสียดทาน  $\beta$  มีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\phi = 45^\circ - \frac{\beta}{2} + \frac{\alpha}{2} \quad (3-3)$$

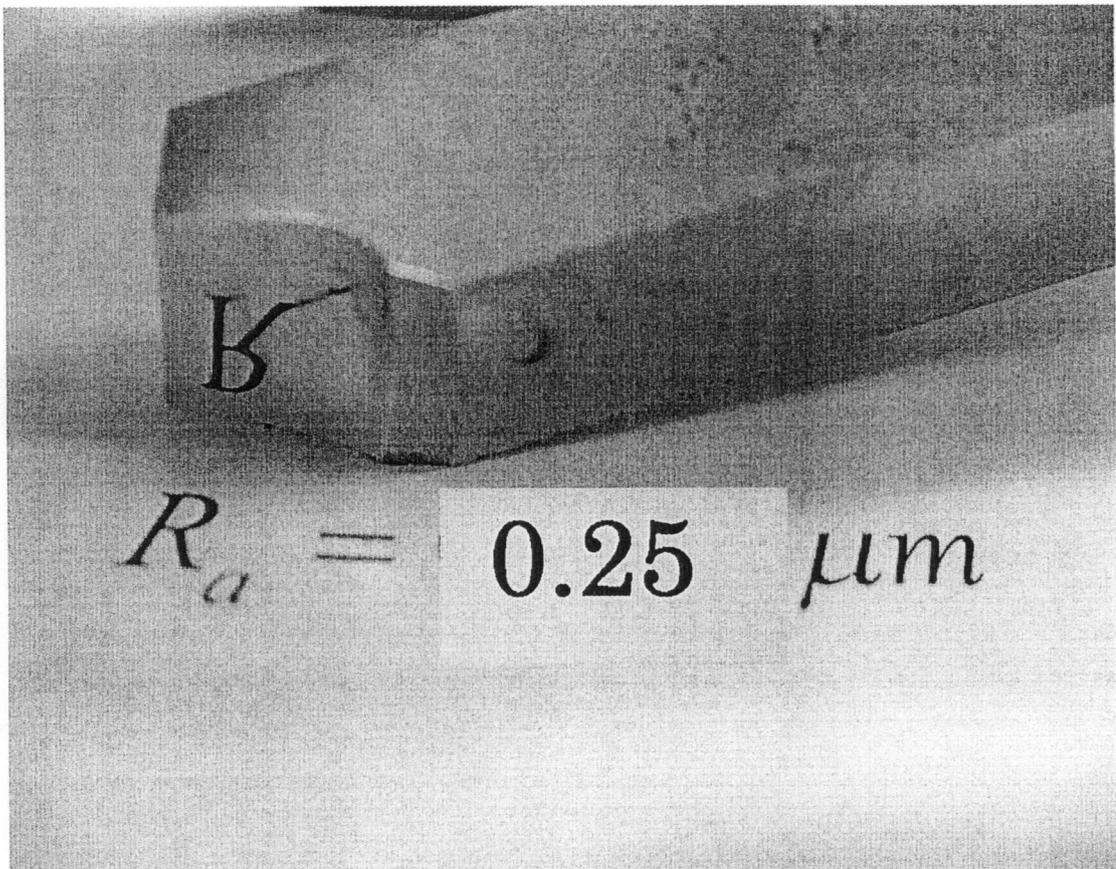
ซึ่งจะพบว่าค่ามุมเฉือนจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่ามุมเสียดทานลดลงดังนั้นในการทดลองจะอาศัยเทคนิค abrasive polishing ในการลดแรงเสียดทานที่บริเวณผิวสัมผัส (tool/chip interface) ซึ่งจะส่งผลให้ค่า  $\beta$  ลดลงนั่นเอง

#### ขั้นตอนการทดลอง

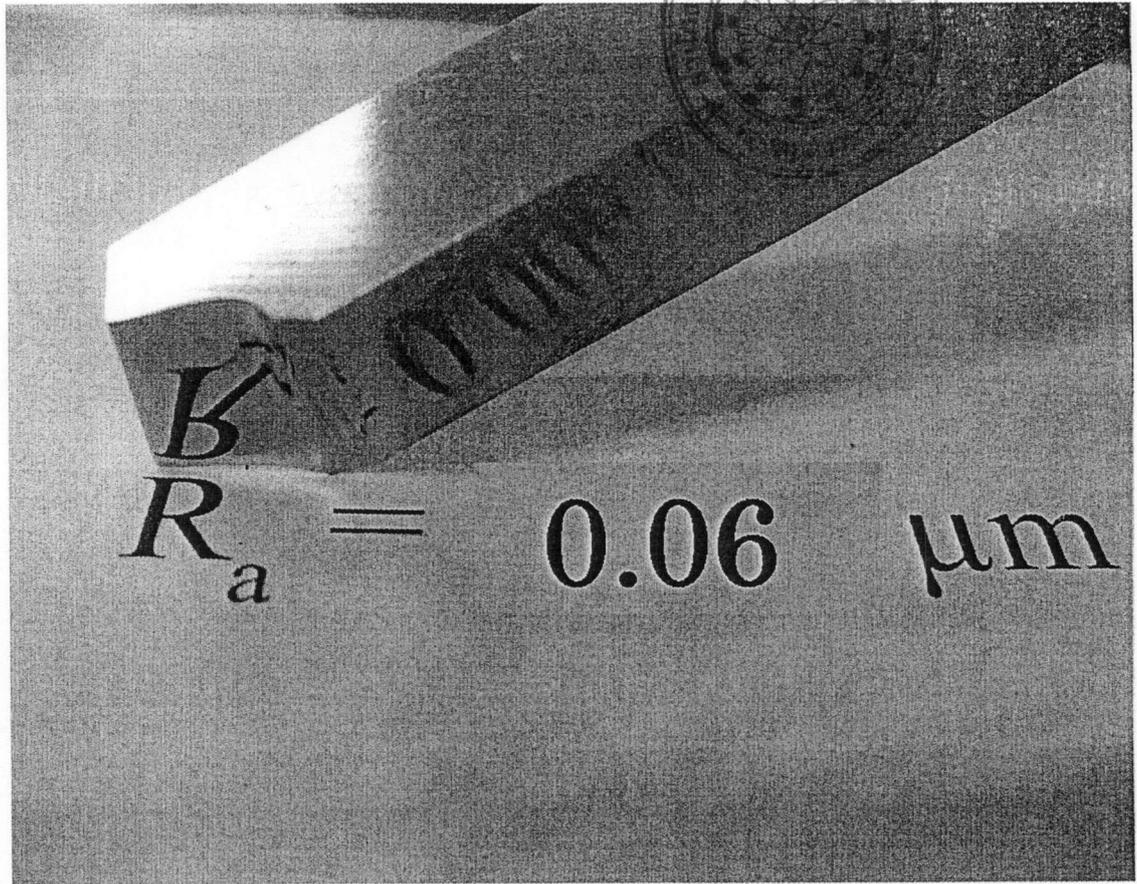
ในการทดลองจะเริ่มต้นจากการเจียรมีดกลึงคาร์ไบด์ให้มีมุมคาย rake angle และมุมหลบ (clearance angle) ให้มีขนาดเท่ากันซึ่งเท่ากับ  $15^\circ$  และ  $8^\circ$  ตามลำดับจำนวนสามเล่ม จากนั้นจึงนำมีดกลึงเล่มที่หนึ่งไปทำการขัดผิวที่บริเวณ rake face ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 และ 1200 ตามลำดับ และมีดกลึงเล่มที่สองขัดผิวที่บริเวณ rake face ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 และ 1200 ใช้แปรงขัดชุบผงอลูมินาขนาด  $1 \mu m$  ในการขัดผิว จากนั้นนำมีดกลึงทั้งสามเล่มไปทำการวัดความหยาบพื้นผิวด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว (Surf-test SJ-201 P/M 10 นาโนเมตร) โดยทำการลากหัว stylus ไปบนชิ้นงานเป็นระยะทาง 0.25 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งต่าง ๆ 5 ตำแหน่ง จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยซึ่งพบว่ามีดกลึงที่ได้จากการเจียรผิวจะมีค่าความหยาบ  $R_a = 1.55 \mu m$  มีดกลึงที่ผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทรายจะมีค่า  $R_a = 0.25 \mu m$  และมีดกลึงที่ผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทรายและผงอลูมินาจะมีค่า  $R_a = 0.06 \mu m$  ดังรูปที่ 3.3 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 มีดกลึงที่ที่ได้จากการเจียรผิว ( $R_a = 1.55 \mu m$  )



รูปที่ 3.4 มีดกลึงที่ผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทราย ( $R_a = 0.25 \mu m$  )



รูปที่ 3.5 มีดกลึงที่ผ่านการขัดผิวด้วยกระดาษทรายและผงอลูมิน่า ( $R_a = 0.06 \mu m$ )

มีดกลึงเล่มที่	กระบวนการเตรียม	ความหยาบผิว $R_a$ ( $\mu m$ )
1	ไม่ผ่านกระบวนการขัดผิว	1.55
2	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 และ 1200	0.25
3	ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 และ 1200 และ ผงอลูมิน่า ขนาด $1 \mu m$	0.06

ตารางที่ 3.1 กระบวนการเตรียมและความหยาบผิวของมีดกลึงที่ใช้ในการทดลอง

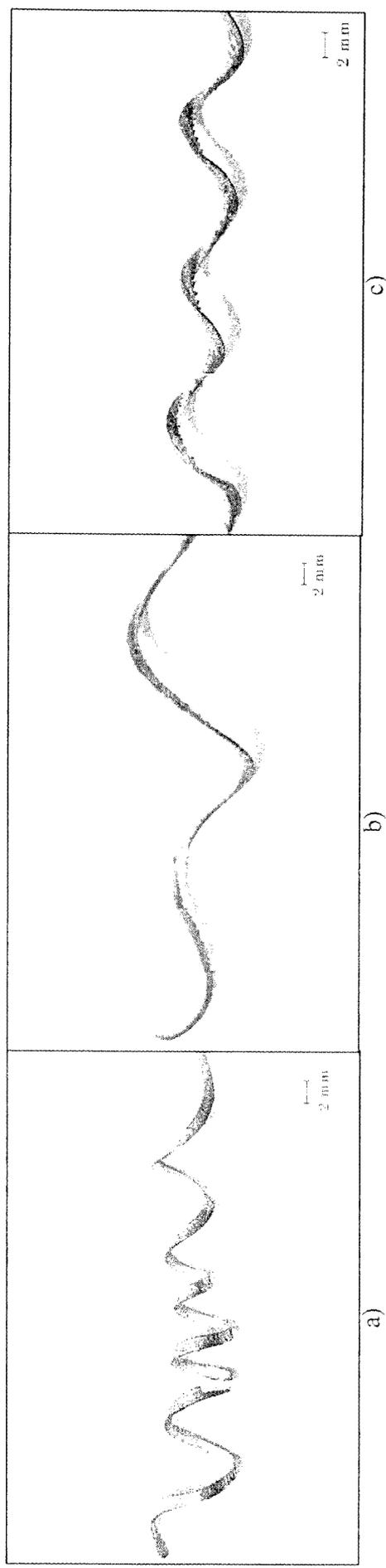
เมื่อเตรียมมีดทั้งสามเล่มขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดลองนำมีดไปกลึงชิ้นงานเหล็กเพลลา mild steel (111 HB) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm เพื่อนำเศษกลึงมาหาขนาดความหนาเศษกลึง (chip thickness),  $a_c$  โดยทำการตั้งสภาวะการตัด (cutting condition) ของเครื่องกลึงแบบกึ่งอัตโนมัติของ Win Ho Technology Industrial Co.,Ltd ไว้ที่ความเร็วตัด 170 rpm ระยะกินลึก (depth of Cut),  $b$  2 มิลลิเมตร, มุมตัด (approach angle)  $90^\circ$  ที่ความลึกตัด,  $a$  ที่ระยะ 0.21 0.30 0.42 0.54 0.60 0.74 และ 0.82 ตามลำดับและเป็นการตัดแบบ dry cut เพื่อนำไปคำนวณค่ามุมเฉือน  $\phi$  ด้วยความสัมพันธ์ตามสมการ(2-5)และ(2-6)ตามลำดับ

$$\tan \phi = \frac{r_c \cdot \cos \alpha}{1 - r_c \cdot \sin \alpha} \quad (2-5)$$

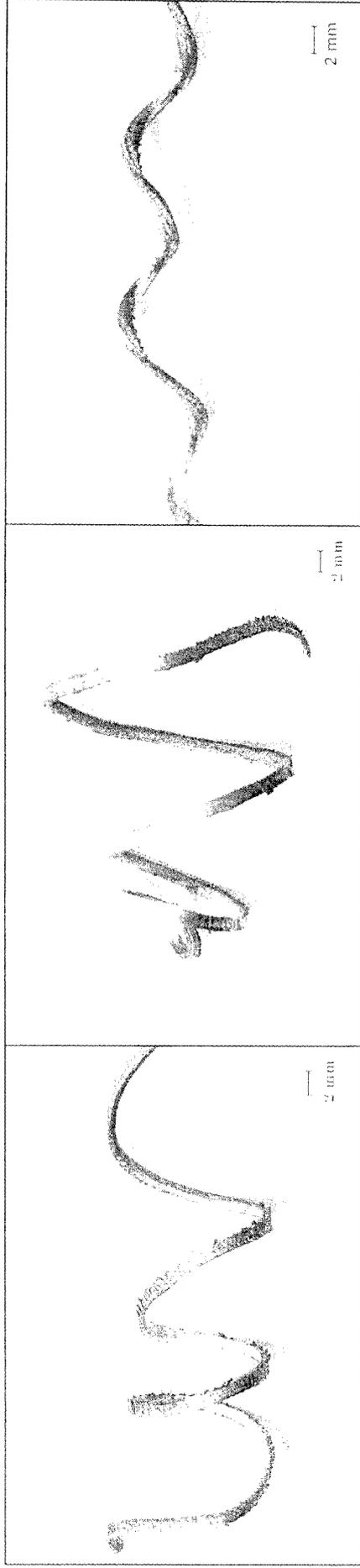
$$r_c = \frac{a}{a_c} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)} \quad (2-6)$$

### ผลการทดลอง

จากการกลึงเหล็กเพลาที่สามารถตัดการกลึงแห่งที่ความเร็วตัด 170 rpm ระยะกินเล็ก (depth of Cut) 2 มิลลิเมตร, มุมตัด (approach angle)  $90^{\circ}$  ที่ความลึกตัด, a ที่ระยะ 0.21 0.30 0.42 0.54 0.60 0.74 และ 0.82 ตามลำดับที่ปรากฏว่าได้เศษกลึงตามลักษณะดังรูป

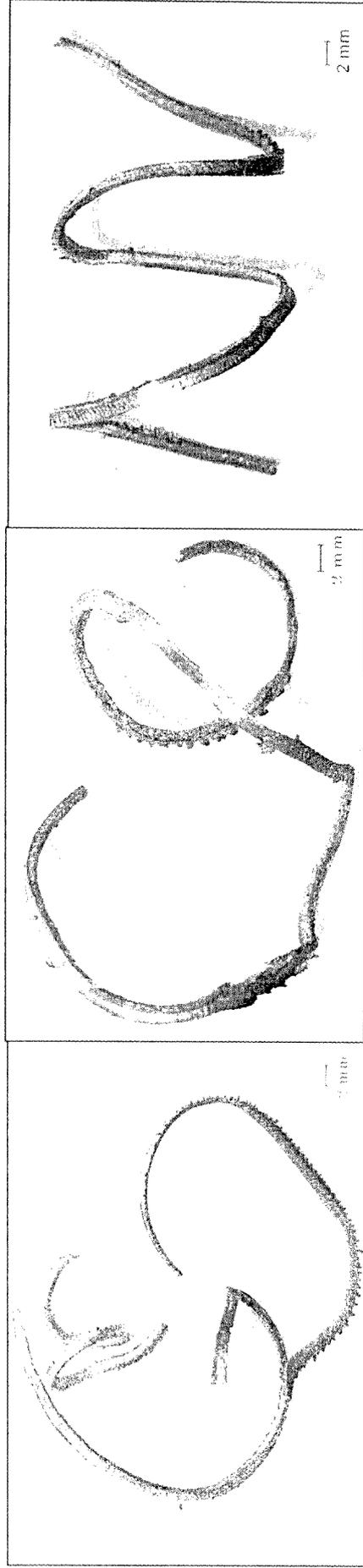


รูปที่ 3.6 เศษกลึงที่ความลึกตัด 0.21 มม จากมีดกลึง a)  $R_a = 1.55 \mu m$  b)  $R_a = 0.25 \mu m$  c)  $R_a = 0.06 \mu m$



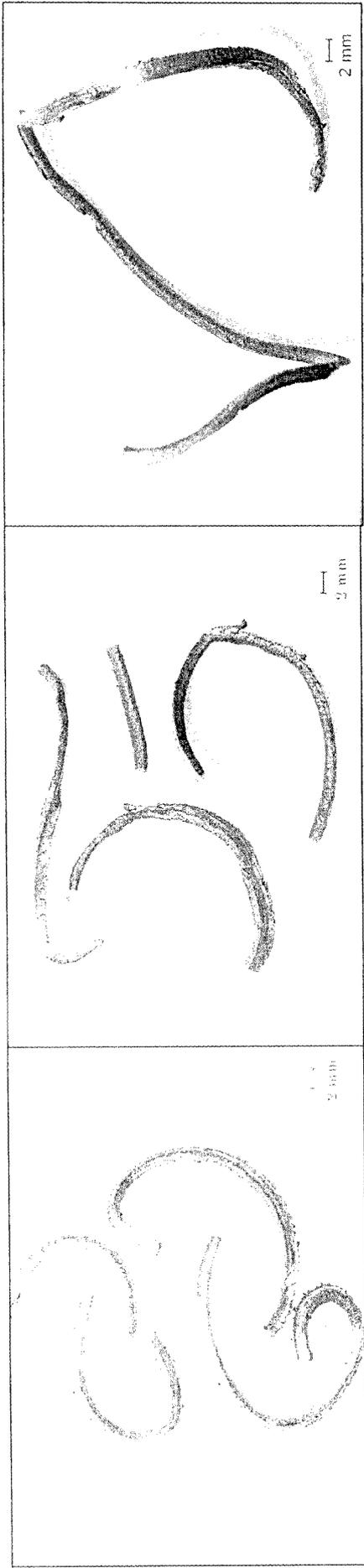
a) b) c)

รูปที่ 3.7 เศษกลิ้งที่มีความลึกตัด 0.30 mm จากมีดกลิ้ง a)  $R_a = 1.55 \mu m$  b)  $R_a = 0.25 \mu m$  c)  $R_a = 0.06 \mu m$



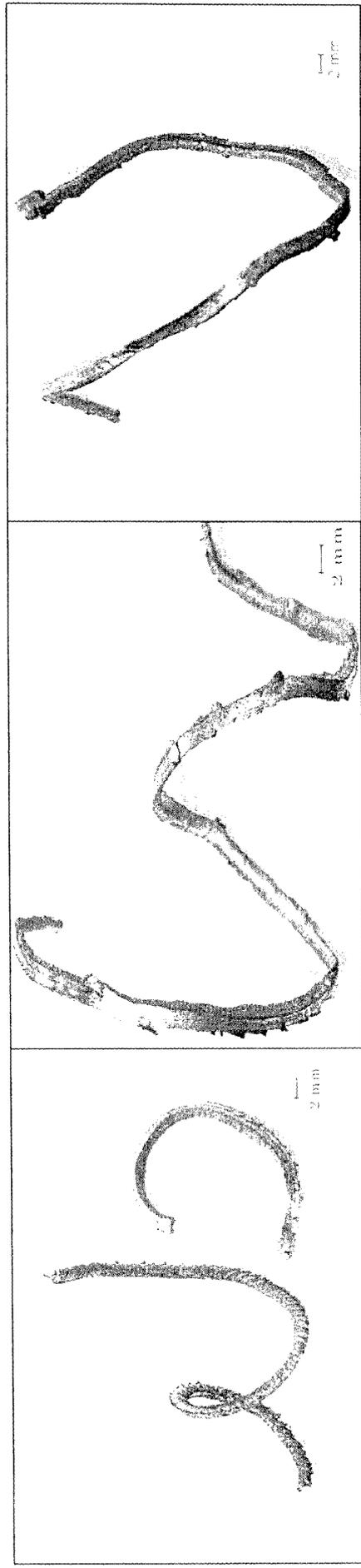
a) b) c)

รูปที่ 3.8 เศษกลิ้งที่มีความลึกตัด 0.42 mm จากมีดกลิ้ง a)  $R_a = 1.55 \mu m$  b)  $R_a = 0.25 \mu m$  c)  $R_a = 0.06 \mu m$



a) b) c)

รูปที่ 3.9 เศษกิ้งกิ้งที่ความเล็กตัด 0.54 mm จากมีดกิ้งกิ้ง a)  $R_s = 1.55 \mu m$  b)  $R_s = 0.25 \mu m$  c)  $R_s = 0.06 \mu m$



a) b) c)

รูปที่ 3.10 เศษกิ้งกิ้งที่ความเล็กตัด 0.60 mm จากมีดกิ้งกิ้ง a)  $R_s = 1.55 \mu m$  b)  $R_s = 0.25 \mu m$  c)  $R_s = 0.06 \mu m$



a) b) c)

รูปที่ 3.11 เศษกลิ้งที่มีความลึกตัด 0.74 mm จากมีดกลิ้ง a)  $R_a = 1.55 \mu m$  b)  $R_a = 0.25 \mu m$  c)  $R_a = 0.06 \mu m$



a) b) c)

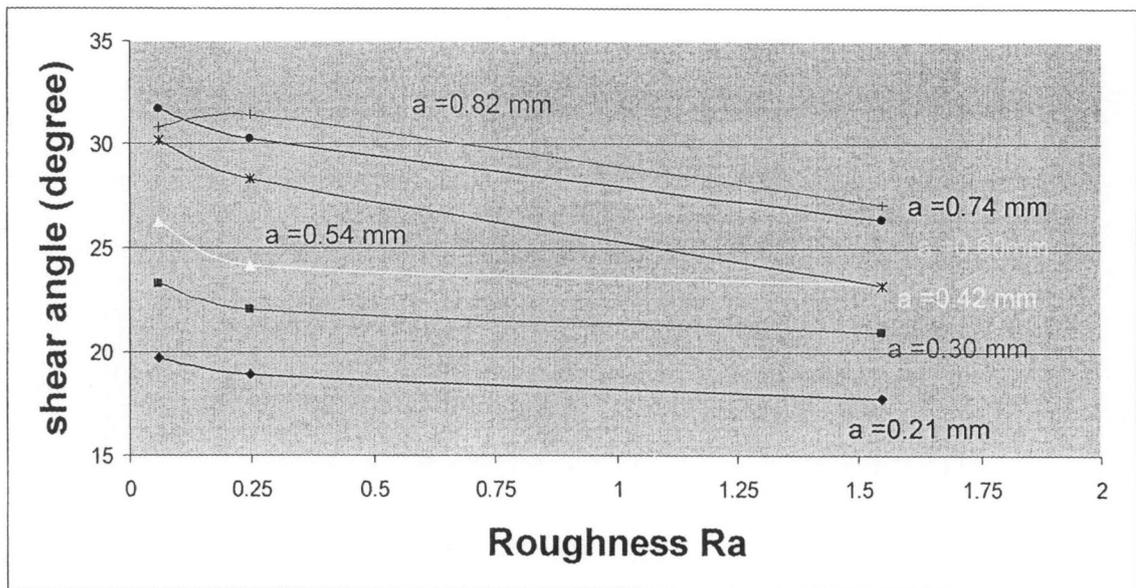
รูปที่ 3.12 เศษกลิ้งที่มีความลึกตัด 0.82 mm จากมีดกลิ้ง a)  $R_a = 1.55 \mu m$  b)  $R_a = 0.25 \mu m$  c)  $R_a = 0.06 \mu m$

จากนั้นทำการวัดความหนาของเศษกลึงด้วยไมโครมิเตอร์ (Mitutoyo 0.01 mm) โดยทำการวัดขนาดบน  
ตัวเศษกลึง 3 จุดต่อ 1 ชิ้นและทำการหาค่าเฉลี่ยก่อนบันทึกผลการวัดลงในตาราง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความหยาบผิวของใบ มีดกลึง ( $\mu m$ )	ที่ความลึกตัด, a (mm)	ความหนาเศษ กลึง, $a_c$ (mm)	$r_c$	มุมเฉือน $\phi$ (degree)
1.55	0.21	0.699	0.305	17.745
	0.30	0.835	0.359	20.941
	0.42	1.053	0.399	23.245
	0.54	1.217	0.444	25.847
	0.60	1.512	0.397	23.139
	0.74	1.637	0.452	26.321
	0.82	1.763	0.465	27.055
0.25	0.21	0.647	0.325	18.907
	0.30	0.797	0.377	21.953
	0.42	1.017	0.413	24.079
	0.54	1.068	0.506	29.346
	0.60	1.233	0.486	28.267
	0.74	1.418	0.522	30.231
	0.82	1.512	0.542	31.369
0.06	0.21	0.622	0.325	19.677
	0.30	0.753	0.338	23.216
	0.42	0.933	0.398	26.199
	0.54	1.050	0.450	29.819
	0.60	1.152	0.514	30.190
	0.74	1.350	0.521	31.680
	0.82	1.540	0.548	30.822

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลอง



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิว  $R_a$  กับค่ามุมเฉือน  $\phi$  ที่ความลึกตัด  $a$  ต่างๆ

### วิเคราะห์ผลการทดลอง

-ที่ความลึกตัด 0.21 -0.74 mm มีดกลึงที่มีค่าความหยาบผิวน้อยจะทำให้เกิดเศษกลึงที่มีค่ามุมเฉือนมากกว่าซึ่งส่งผลให้แรงที่ใช้ในการตัดน้อยกว่า โดยเมื่อพิจารณาค่าแรงที่ใช้ในการตัดจะพบว่าเมื่อมีการขัดผิว ( $R_a = 0.06 \mu m$ ) จะเกิดแรงในการตัดน้อยกว่าเมื่อกลึงที่ไม่ผ่านการขัดผิว ( $R_a = 1.55 \mu m$ ) เช่นเมื่อพิจารณาที่ความลึกตัด 0.6 mm ค่าแรงตัด  $F_c$  และ  $F_z$  ลดลง 73.84% และ 27.28% ตามลำดับ

-ที่ความลึกตัด 0.82 mm จะพบว่าเมื่อมีดกลึงที่มีความหยาบผิว  $R_a = 0.06 \mu m$  มีค่ามุมเฉือนที่น้อยกว่าเมื่อมีดกลึงที่มีความหยาบผิว  $R_a = 0.25 \mu m$  ซึ่งเมื่อสังเกตจากการเกิดเศษกลึงจากมีดทั้งสองแล้วจะพบว่าเศษกลึงที่เกิดจากมีดกลึง  $R_a = 0.06 \mu m$  มีลักษณะใหม่เกิดขึ้นมากและสำหรับเศษกลึงที่เกิดจากมีดกลึง  $R_a = 0.25 \mu m$  จะมีลักษณะเป็นพื้นเลื้อยซึ่งจากลักษณะของเศษกลึงทั้งสองบ่งบอกได้ว่าการตัดในสภาวะตัดนี้เป็นการตัดในสภาวะที่ไม่เหมาะสมและอาจจะมีปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการทดลองที่ส่งผลต่อความหนาของเศษกลึงได้เช่นความร้อนซึ่งจะส่งผลให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

-จากการพิจารณาถึงเศษกลึงที่เกิดขึ้นจะพบว่าที่ความลึกตัด 0.21-0.30 mm เศษกลึงจากมีดกลึงทั้งสามเล่มมีความต่อเนื่องเป็นเศษกลึงประเภท spring type chip ซึ่งถือได้ว่าเป็นเศษกลึงที่เป็นที่ต้องการซึ่งเกิดจากแรงตัดที่ต่อเนื่องและเศษกลึงไม่ขาดออกจากกันทำให้ได้คุณภาพผิวของชิ้นงานที่ดี

-จากการพิจารณาถึงเศษกลึงที่เกิดขึ้นจะพบว่าที่ความลึกตัด 0.42-0.74 mm เศษกลึงที่เกิดจากมีดกลึงที่ไม่ผ่านการขัดผิว ( $R_a = 1.55 \mu m$ ) จะเกิดเศษกลึงชนิดไม่ต่อเนื่องแบบ Long ear type แต่ในขณะที่มีดกลึงที่ผ่านการขัดผิวทั้ง  $R_a = 0.25 \mu m$  และ  $R_a = 0.06 \mu m$  ยังมีลักษณะเป็นเศษกลึงแบบต่อเนื่องอยู่ซึ่งเป็นเศษกลึงที่อยู่ในแบบที่เป็นที่ต้องการ

-จากการพิจารณาถึงเศษกลึงที่เกิดขึ้นจะพบว่าที่ความลึกตัด 0.82 mm เศษกลึงที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นพื้นเลื้อยและเกิดการไหม้ของเศษกลึงซึ่งเป็นเศษกลึงที่ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นบ่งบอกถึงสภาวะการตัดที่ไม่เหมาะสมเพราะทำให้เกิดแรงตัดและความร้อนสูงจะทำให้เครื่องมือตัดสึกหรอเร็วและทำให้คุณภาพของชิ้นงานลดลง

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าการลดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสหน้า rake face กับเศษกลึงมีผลทำให้ค่ามุมเฉือนลดลงตามทฤษฎี และเมื่อพิจารณาถึงค่ามุมเฉือนที่เพิ่มขึ้นที่ความลึกตัด 0.6 mm ซึ่งเป็นค่าความลึกที่มีดกลึงที่ผ่านการขัดมีค่ามุมเฉือนเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ  $7.051^\circ$  ส่งผลให้ค่าแรงตัด  $F_c$  และ  $F_z$  ลดลง 73.84% และ 27.28% ตามลำดับ ซึ่งค่ามุมเฉือนยังสามารถเพิ่มได้มากขึ้นอีกหากเราสามารถลดแรงเสียดหรือกลับทิศแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสได้เหมือนกับเทคนิค vibration assist machining ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นเนื้อหาหลักของงานวิจัยต่อไป