

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

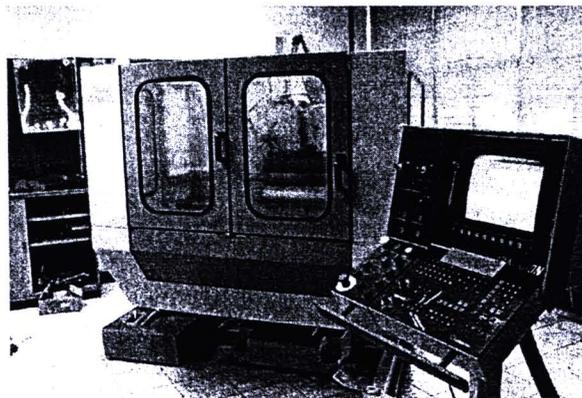
### 3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย

ในการกัดเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S50C ปังจี้หรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อนตัดและแรงลมที่ใช้ในระบบความร้อน เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง คือ เครื่อง CNC Milling เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง เครื่องทดสอบหาค่าความขรุขระของพื้นผิว อุปกรณ์หาขนาด การสึกหรอของมีดคาร์ไบด์ ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง มีดคาร์ไบด์ เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ เกจวัด แรงดันลม และปั๊มลม เป็นต้น ในการทดลองได้ใช้เครื่อง CNC Milling ที่สามารถปรับความเร็วรอบ ตั้งแต่ 100 - 4,000 รอบ/นาที โดยกำหนดปังจี้หรือตัวแปรในการทดลองได้แก่ ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย ความเร็วตัด ประกอบด้วย 50, 100 และ 150 เมตร/นาที อัตราป้อนที่ระดับ 100 , 200 และ 300 มิลลิเมตร/นาที แรงดันลมที่ได้ระบายความร้อนที่ 2 , 4 และ 6 บาร์ โดยความลึกในการป้อน ลึกที่ระดับ 0.3 มิลลิเมตร ส่วนตัวแปรตามคือคุณภาพของผิวงาน(โดยวัดค่าความเรียบของพื้นผิว) และอายุการใช้งานของคมมีดคาร์ไบด์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiments Research) เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงานกัด และอายุการใช้งานของคมมีดคาร์ไบด์

### 3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

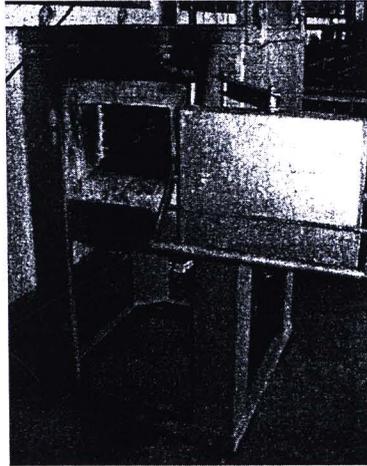
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ในการศึกษาวิจัยนี้เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลองหลายชนิด เครื่องมือหลักที่ต้องใช้ในงานทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำจนเสร็จสิ้นกระบวนการ ได้แก่

3.2.1 เครื่อง CNC Milling รุ่น WF 21 D MIKRON สามารถปรับความเร็วรอบตั้งแต่ 100 – 4,000 รอบ/นาที



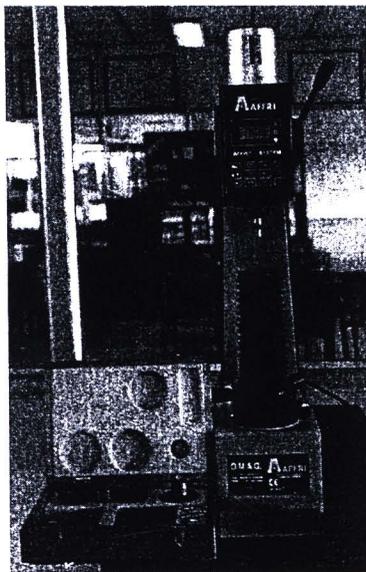
รูปที่ 3.1 เครื่อง CNC Milling รุ่น WF 21 D MIKRON

3.2.2 เตาชุบแข็ง เครื่องหมายการค้า Rushstrat KG 3401 Lenglear รุ่น KKD 30/50 ใช้สำหรับชุบแข็งชิ้นทดลองจำนวน 54 ชิ้น



รูปที่ 3.2 เตาอบชุบ

3.2.3 เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง เครื่องหมายการค้า AFFRI รุ่น 206 RTC ใช้สำหรับทดสอบหาค่าความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วว่าความแข็งอยู่ในเกณฑ์หรือไม่ ในการทดลองกำหนดค่าความแข็งอยู่ที่  $56 \pm 2$  HRC



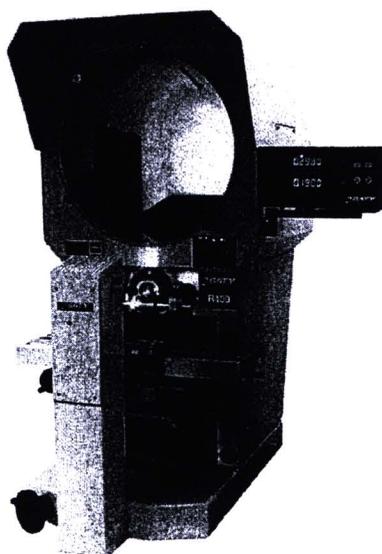
รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบค่าความแข็ง

**3.2.4** เครื่องวัดความเรียบผิว เครื่องหมายการค้า Mahr รุ่น PS1 ใช้ตรวจสอบความขรุขระของพื้นผิวของชิ้นทดสอบ



**รูปที่ 3.4** เครื่องวัดความเรียบผิว

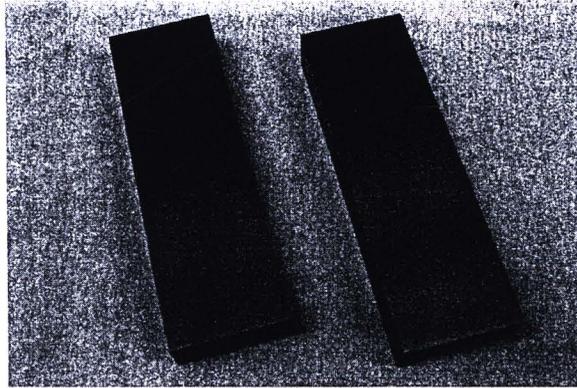
**3.2.5** เครื่องโปรไฟล์ โปรเจคเตอร์ (Profile Projector) เครื่องหมายการค้า BATY เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดการสึกหรอของคมมีดคาร์ไบด์ โดยเป็นการวัดความลึกการสึกหรอของมีดคาร์ไบด์ อุปกรณ์ชุดนี้สามารถขยายภาพในจุดที่ต้องการ และวัดค่าการสึกหรอระดับไมครอน(Micron)



**รูปที่ 3.5** อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดมีดคาร์ไบด์

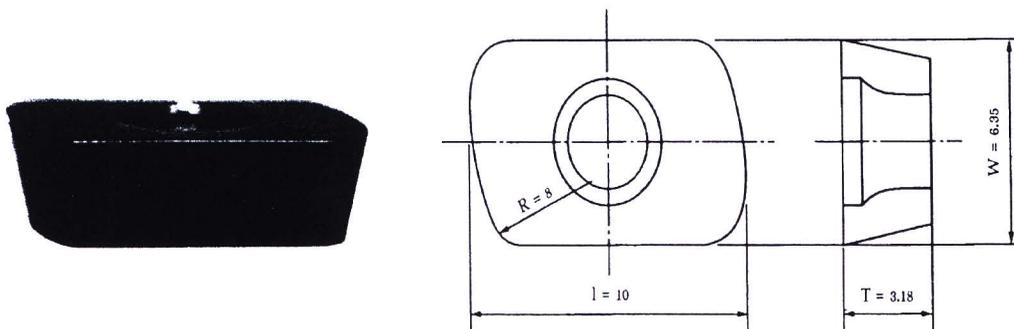
### 3.3 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด

3.3.1 วัสดุชิ้นงาน วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S50C ผ่านการเตรียมงานแล้ว ขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร และความหนา 20 มิลลิเมตร



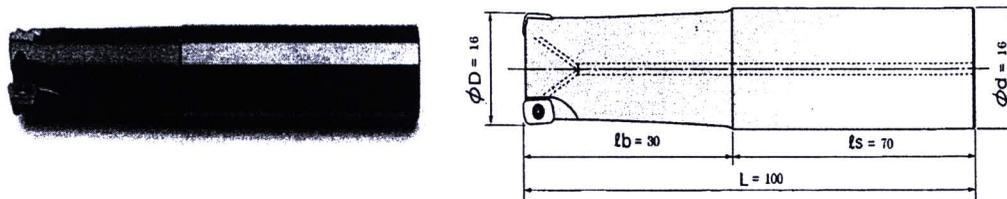
รูปที่ 3.6 วัสดุชิ้นงาน

3.3.2 มีดมีดคาร์ไบด์ สีเหลี่ยมผืนผ้าขนาดเมตรสี่มี 8 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 มีดคาร์ไบด์

### 3.3.3 ค้ำแบบก้านตรง สามารถใส่มีดคาร์ไบด์ เม็ดสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 2 เม็ด



รูปที่ 3.8 ค้ำสำหรับใส่มีดคาร์ไบด์



## 3.4 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน

### 3.4.1 การเตรียมชิ้นงานเพื่อนำไปชุบแข็ง

นำเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S50C นำมาถึงขึ้นรูปและนำมาเจียรนัยราบให้ได้ความกว้าง 50 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร และความหนา 20 มิลลิเมตร จำนวน 54 ชิ้น

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก S50C [1]

	C	Mn	Si	P	S
Min	0.47	0.60	0.40	0.030	0.035
Max	0.55	0.90		-	-

### 3.4.2 การชุบแข็งชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่เตรียมไว้แล้วจำนวน 54 ชิ้นไปบรรจุลงในกล่องกลบปิดด้วยผงถ่านคาร์บอนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดออกซิเดชันกับผิวงานจากนั้นนำไปเข้าเตาอบให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส แล้วรักษาไว้ที่อุณหภูมินี้นาน 2 ชั่วโมงจึงนำไปชุบลงในน้ำ นำชิ้นงานที่ชุบแล้วไปขัดด้วยกระดาษทรายน้ำเพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกก่อนที่จะนำไปอบคืนไฟที่ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงแล้วจึงนำมาทำให้เย็น

## 3.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง

การทดลองเบื้องต้นเป็นการศึกษาตัวแปรอิสระบางระดับเพื่อจะได้ทราบแนวทางที่เหมาะสมของการทดลอง เช่นทำให้ทราบถึงผลของตัวแปรและระดับที่นำมาศึกษาว่า มีความเหมาะสมหรือมี

ความสัมพันธ์กันแบบใดกับตัวแปรหลักที่ต้องการศึกษา เพื่อจะได้เลือกระดับของตัวแปรอิสระที่จะทำการศึกษาวิจัยได้ถูกต้อง ไม่ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองด้วย ซึ่งเมื่อทราบถึงแนวทางที่ถูกต้องแล้วก็จะทำการทดลองกับตัวแปรที่กำหนดไว้ทีละชุด เพื่อหาข้อสรุปถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผิวงาน (ค่าความขรุขระของพื้นผิว) และอายุการใช้งานของคมตัดมีดคาร์ไบด์ของงานกัดเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S50C

ในการทดลองเบื้องต้นผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองไว้โดยกำหนดให้ความเร็วตัด ประกอบด้วย 50, 100 และ 150 เมตร/นาที อัตราป้อนที่ระดับ 100, 200 และ 300 มิลลิเมตร/นาที แรงดันลมที่ได้ระบายความร้อนที่ 2, 4 และ 6 บาร์ โดยความลึกในการป้อนลึก ที่ระดับ 0.3 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.2 ตารางการทดลองก่อนการทดลองจริง

แรงดันลม (Pressure) ( บาร์ )	ความเร็วตัด (Cutting Speed) (เมตร/นาที)	อัตราป้อน (Feed) (มิลลิเมตร/นาที)		
		100	200	300
2	50	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
	100			
	150	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
4	50			
	100			
	150			
6	50	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>
	100			
	150	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>

### 3.6 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

ในการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ให้ตรงกับวัตถุประสงค์และสมมุติฐานจึงได้กำหนดแผนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3.3 แผนการทดลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 Replicates

แรงดันลม (Pressure) ( บาร์ )	ความเร็วตัด (Cutting Speed) (เมตร/นาที)	อัตราป้อน (Feed) (มิลลิเมตร/นาที)		
		100	200	300
2	50	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
		A <sub>11</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>33</sub>
	100	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
		B <sub>11</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>33</sub>
	150	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
		C <sub>11</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>33</sub>
4	50	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>
		D <sub>11</sub>	D <sub>22</sub>	D <sub>33</sub>
	100	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		E <sub>11</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>33</sub>
	150	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>
		F <sub>11</sub>	F <sub>22</sub>	F <sub>33</sub>
6	50	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>
		G <sub>11</sub>	G <sub>22</sub>	G <sub>33</sub>
	100	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
		H <sub>11</sub>	H <sub>22</sub>	H <sub>33</sub>
	150	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
		I <sub>11</sub>	I <sub>22</sub>	I <sub>33</sub>

$A_1, A_2,$  และ  $A_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 2 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 50 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $A_{11}, A_{22}, A_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$B_1, B_2,$  และ  $B_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 2 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 100 เมตร ต่อ นาทีและใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $B_{11}, B_{22}, B_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$C_1, C_2,$  และ  $C_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 2 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 150 เมตร ต่อ นาทีและใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $C_{11}, C_{22}, C_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$D_1, D_2,$  และ  $D_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 4 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 50 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $D_{11}, D_{22}, D_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$E_1, E_2,$  และ  $E_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 4 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 100 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $E_{11}, E_{22}, E_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$F_1, F_2,$  และ  $F_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 4 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 150 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $F_{11}, F_{22}, F_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$G_1, G_2,$  และ  $G_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 6 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 50 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $G_{11}, G_{22}, G_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$H_1, H_2,$  และ  $H_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 6 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 100 เมตร ต่อ นาทีและใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $H_{11}, H_{22}, H_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

$I_1, I_2,$  และ  $I_3$  หมายถึง แรงดันลมที่ใช้ระบายความร้อนที่ 6 บาร์ ด้วยความเร็วตัด 150 เมตร ต่อนาที และใช้อัตราป้อน 100 ,200 และ300 มิลลิเมตรต่อนาที ( $I_{11}, I_{22}, I_{33}$  คือการทดลองครั้งที่ 2 )

### 3.7 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

ลำดับการทดลองจะสุ่มเลือกชิ้นงานโดยใช้โปรแกรมทางสถิติแล้วบันทึกลำดับการทดลองในตารางที่ 3.4 ทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้จนครบ 54 ชิ้น

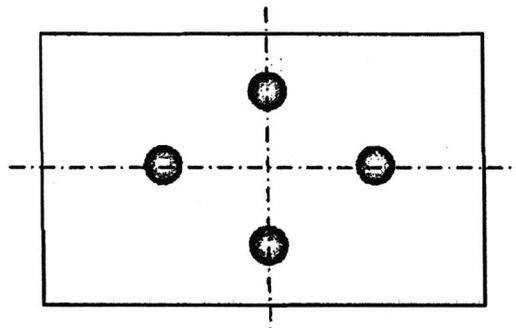
ตารางที่ 3.4 สุ่มชิ้นงานสำหรับการทดลอง

แรงดันลม (Pressure) ( บาร์ )	ความเร็วตัด (Cutting Speed) (เมตร/นาที)	อัตราป้อน (Feed) (มิลลิเมตร/นาที)		
		100	200	300
2	50	24	16	17
		27	25	41
	100	13	45	9
		44	47	30
	150	3	35	26
		43	32	38
		100	200	300
4	50	4	5	14
		50	52	36
	100	18	29	19
		22	34	46
	150	20	6	8
		23	51	28
6	50	33	21	2
		37	31	11
	100	10	48	39
		42	54	40
	150	53	12	1
		49	15	7

### 3.8 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.8.1 การทดสอบหาค่าความแข็ง

ชั้นงานทั้ง 54 ชั้นไปทดสอบหาค่าความแข็งด้วยเครื่องดังรูปที่ 3.3 โดยแต่ละชั้นจะถูกทดสอบ 4 ตำแหน่ง คือ 0 องศา, 90 องศา, 180 องศา และ 270 องศา โดยวัดห่างจากขอบชั้นงานอย่างน้อย 15 มิลลิเมตร เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความแข็งทั้ง 54 ชั้น



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งที่ทดสอบหาค่าความแข็ง [15]

ตารางที่ 3.5 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งของชั้นงาน

ชั้นงาน	ค่าความแข็ง	ชั้นงาน	ค่าความแข็ง	ชั้นงาน	ค่าความแข็ง
ชั้นที่ 1	55.28	ชั้นที่ 15	57.53	ชั้นที่ 29	54.23
ชั้นที่ 2	56.90	ชั้นที่ 16	56.65	ชั้นที่ 30	54.88
ชั้นที่ 3	54.78	ชั้นที่ 17	55.85	ชั้นที่ 31	55.25
ชั้นที่ 4	56.18	ชั้นที่ 18	57.00	ชั้นที่ 32	56.60
ชั้นที่ 5	57.03	ชั้นที่ 19	57.40	ชั้นที่ 33	55.78
ชั้นที่ 6	57.30	ชั้นที่ 20	57.18	ชั้นที่ 34	56.13
ชั้นที่ 7	55.50	ชั้นที่ 21	54.78	ชั้นที่ 35	56.25
ชั้นที่ 8	55.40	ชั้นที่ 22	56.93	ชั้นที่ 36	56.10
ชั้นที่ 9	55.78	ชั้นที่ 23	56.08	ชั้นที่ 37	57.95
ชั้นที่ 10	54.80	ชั้นที่ 24	57.73	ชั้นที่ 38	55.65
ชั้นที่ 11	54.18	ชั้นที่ 25	57.90	ชั้นที่ 39	56.08
ชั้นที่ 12	54.83	ชั้นที่ 26	56.65	ชั้นที่ 40	55.20
ชั้นที่ 13	54.38	ชั้นที่ 27	54.83	ชั้นที่ 41	56.18

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงาน

ชิ้นงาน	ค่าความแข็ง	ชิ้นงาน	ค่าความแข็ง	ชิ้นงาน	ค่าความแข็ง
ชิ้นที่ 14	55.30	ชิ้นที่ 28	54.88	ชิ้นที่ 42	56.10
ชิ้นที่ 43	57.10	ชิ้นที่ 47	55.63	ชิ้นที่ 51	56.50
ชิ้นที่ 44	57.60	ชิ้นที่ 48	56.13	ชิ้นที่ 52	56.58
ชิ้นที่ 45	54.08	ชิ้นที่ 49	55.58	ชิ้นที่ 53	55.85
ชิ้นที่ 46	56.63	ชิ้นที่ 50	55.45	ชิ้นที่ 54	57.25

3.8.2 ขั้นตอนการกัด ในการกัดงานทดลองจะทำการสุ่มเลือกชิ้นงานจากตาราง ที่ 3.4 มาทำการกัด ภายเงื่อนไขที่ได้ออกแบบการทดลองไว้จนครบทั้ง 54 ชิ้น

3.8.3 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

- ก) นำชิ้นงานทดลองที่จะกัดมาทีละ 1 ชิ้น ตามตารางที่ 3.4 โดยวิธีการสุ่ม เมื่อสุ่มได้ตัวใดก็ปรับค่าที่เครื่องกัด ตามระดับตัวแปรตามที่กำหนดในตารางที่ 3.4
- ข) ทำการกัดตามตัวแปรที่กำหนดในตารางที่ 3.4
- ค) เปลี่ยนมีดคาร์ไบด์ใหม่สำหรับงานต่อไป
- ง) ถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกัด ดำเนินการตามข้อ ก. ถึง ง. จนครบทุกชิ้น
- จ) นำชิ้นงานทดลองไปวัดหาค่าความเรียบของพื้นผิวงานกัด ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกวัด 4 ตำแหน่งแล้วหาค่าเฉลี่ยความเรียบผิว ข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในตารางที่ 3.3 และนำมีดคาร์ไบด์ไปทำการวัดดูความ สึกหกรของคมตัด โดยทำการวัดทุกๆ 10 นาทีจนกว่าถึงที่สึกหรอที่ระดับ 0.6 มิลลิเมตร แล้วนำข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในตารางที่ 3.3
- ฉ) นำผลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### 3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองโดยสถิติดังนี้

#### 3.9.1 การหาค่าเฉลี่ยของความแข็งและค่าความเรียบของพื้นผิวใช้สูตรคือ [17]

(3.1) จากสูตร 
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{N}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด  
 $\sum_{i=1}^n X$  = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด  
 $N$  = จำนวนของข้อมูล

#### 3.9.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นการวัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variability) ที่เบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล [17]

(3.2) สูตร 
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $X$  = ข้อมูลแต่ละจำนวน  
 $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล  
 $n$  = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

#### 3.9.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) [18]

โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อความเรียบผิวและอายุการใช้งานของคมมีดคาร์ไบด์ที่ระดับการสึกหรอ  $V_{B \max} = 0.60$  มิลลิเมตร