

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดสอบชิ้นงาน

4.1.1 ผลตรวจสอบชิ้นงานก่อนการกลึง

1. ส่วนผสมของธาตุ

ผลการตรวจสอบส่วนผสมของธาตุในชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองโดยใช้เครื่อง Spark Emission Spectrometer (Model Spectrolab-M7) ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

2. โครงสร้างทางจุลภาค

จากการตรวจสอบโครงสร้างของจุลภาคด้วยเครื่อง LEITZ METALLOVER ที่กำลังขยาย 50 เท่าดังรูปที่ 4.1 พบว่าโครงสร้างเป็นลักษณะของแกรไฟต์เฟลคขนาดเล็ก ซึ่งจะเกิดเป็นกลุ่ม ๆ โดยเฟลคแกรไฟต์แต่ละตัวจะพุ่งไปรวมกันตรงกลางคล้ายกลีบดอกไม้ (Rossette) โดยแกรไฟต์จะกระจุกกระจายไม่สม่ำเสมอ ลักษณะของแกรไฟต์นี้จัดเป็นประเภท B ซึ่งมีโครงสร้างที่เป็นเพิร์ลไลท์ เฟอร์ไรท์ และแกรไฟต์เฟลค

3. ความเรียบผิว

ชิ้นงานเหล็กหล่อทุกชิ้น ก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องมาทำการกลึงเบื้องต้น (pre-machining) เพื่อให้ได้ขนาดที่กำหนดไว้

4. ความแข็ง

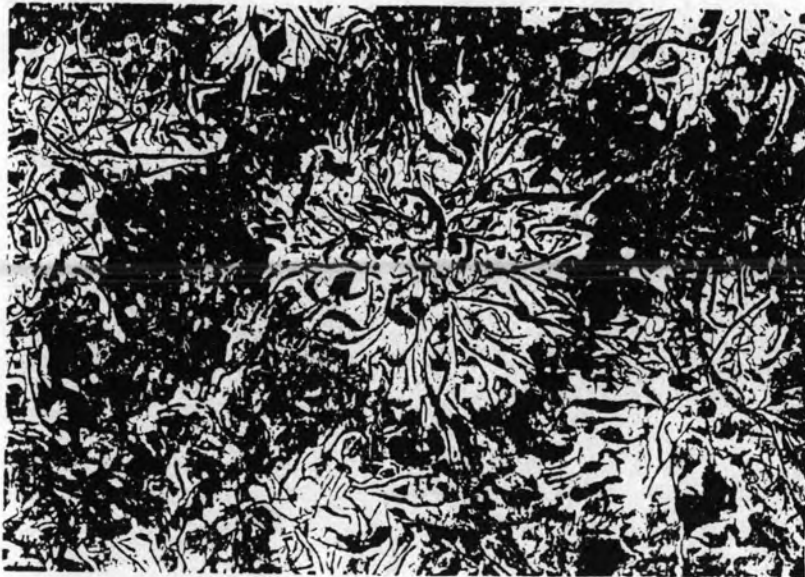
ทำการวัดความแข็งด้วยการสุมจำนวน 6 ชิ้นงานและวัดความแข็งของชิ้นงานด้านตัดขวาง (cross section) 5 จุดดังรูปที่ 3.2 และสามารถแสดงผลดังตารางที่ 4.2

4.1.2 ผลการทดสอบการสึกหรอของมีดกลึงและความเรียบผิวของชิ้นงาน

มีดกลึงที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิดคือ มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบและมีดกลึงเซรามิก

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุในชิ้นงานเหล็กหล่อในงานทดลอง

ปริมาณธาตุ %							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	V
3.35	2.28	0.745	0.098	0.073	0.019	0.015	0.202



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของจุลภาคของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 50 เท่า

ก. มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ

ผลการทดลองโดยใช้มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบที่สภาวะเงื่อนไขการตัดต่าง ๆ คือ ความเร็วรอบตัด (V) ระหว่าง 150 เมตรต่อนาทีถึง 350 เมตรต่อนาทีและอัตราป้อนใบมีด (f) ระหว่าง 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบถึง 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบซึ่งได้ผลการทดลองคือการสึกหรอ (flank wear) และความเรียบผิวของชิ้นงานแสดงดังตารางที่ 4.3 ถึง ตารางที่ 4.18

จากตารางที่ 4.3 ถึงตารางที่ 4.18 สามารถสรุปผลของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาและความสึกหรอ (flank wear) ที่สภาวะในการตัดต่าง ๆ คือ ความเร็วตัดระหว่าง 150 เมตรต่อนาทีถึง 350 เมตรต่อนาทีและอัตราป้อนระหว่าง 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบถึง 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบโดยในกรณีอัตราป้อนเปลี่ยนไปโดยที่ความเร็วตัดคงที่แสดงดังรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.6 และในกรณีความเร็วตัดเปลี่ยนไปโดยที่อัตราป้อนคงที่แสดงดังรูปที่ 4.19 ถึงรูปที่ 4.22

ผลของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเรียบผิวที่สภาวะในการตัดต่าง ๆ ในกรณีที่อัตราป้อนเปลี่ยนไปโดยที่ความเร็วตัดคงที่แสดงดังรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.14 และในกรณีที่ความเร็วตัดเปลี่ยนไปโดยที่อัตราป้อนคงที่แสดงดังรูปที่ 4.27 ถึงรูปที่ 4.30

ข. มีดกลึงเซรามิก

ผลการทดลองโดยใช้มีดกลึงเซรามิกที่สภาวะเงื่อนไขการตัดต่าง ๆ คือ ความเร็วรอบตัด (V) ระหว่าง 150 เมตรต่อนาทีถึง 350 เมตรต่อนาทีและอัตราป้อนใบมีด (f) ระหว่าง 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบถึง 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบซึ่งได้ผลการทดลองคือการสึกหรอ (flank wear) และความเรียบผิวของชิ้นงานแสดงดังตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.34

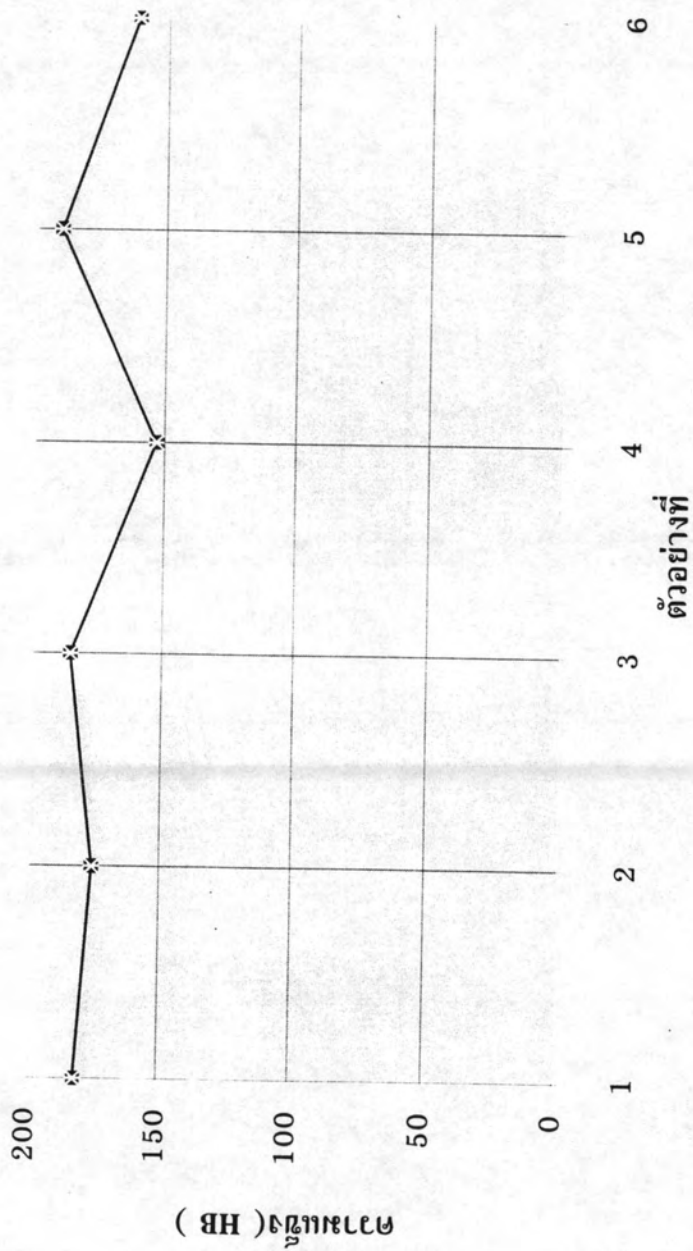
จากตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.34 สามารถสรุปผลของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาและความสึกหรอ (flank wear) ที่สภาวะในการตัดต่าง ๆ คือ ความเร็วตัดระหว่าง 150 เมตรต่อนาทีถึง 350 เมตรต่อนาทีและอัตราป้อนระหว่าง 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบถึง 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ ในกรณีอัตราป้อนเปลี่ยนไปโดยที่ความเร็วตัดคงที่ดังรูปที่ 4.7 ถึงรูปที่ 4.10 และในกรณีความเร็วตัดเปลี่ยนไปด้วยอัตราป้อนคงที่ดังรูปที่ 4.23 ถึงรูปที่ 4.26

ผลของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความเรียบผิวที่สภาวะในการตัดต่าง ๆ ในกรณีที่อัตราป้อนเปลี่ยนไปโดยที่ความเร็วตัดคงที่ดังรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.18 และในกรณีความเร็วตัดเปลี่ยนไปโดยที่อัตราป้อนคงที่รูปที่ 4.31 ถึงรูปที่ 4.34

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ

จำนวน ชิ้นงาน	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	Standard Deviation	เทียบค่า (HB)*	Standard Deviation
1	459	466	485	505	470	477	+/-18.32	182	+/-12.27
2	473	478	467	441	478	468	+/-15.44	176	+/-10.34
3	487	473	474	482	487	480	+/-6.80	185	+/-4.55
4	432	423	451	431	413	436	+/-14.0	153	+/-9.38
5	481	487	493	483	490	486	+/-4.92	190	+/-3.29
6	427	466	445	442	457	448	+/-14.91	161	+/-9.99

หมายเหตุ : * HB ย่อมาจากหน่วยวัดความแข็ง Brinell



รูปที่ 4.2 แสดงผลการวัดค่าความแข็งของชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}, f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.85	0.0090	0.65
68.6	8.21	0.022	0.87
62.6	15.73	0.027	1.69
56.6	22.55	0.032	1.83
50.6	28.69	0.046	1.25
44.6	34.14	0.053	1.73
38.6	38.89	0.052	2.94
32.6	42.96	0.045	2.63
26.6	46.33	0.053	3.50
20.6	49.01	0.066	3.45

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิวที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}, f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.43	0.0925	9.0
68.6	4.10	0.096	6.30
62.6	7.86	0.090	5.95
56.6	11.28	0.106	7.49
50.6	14.35	0.115	9.72
44.6	17.07	0.113	8.52
38.6	19.45	0.120	11.10
32.6	21.48	0.122	12.01
26.6	23.16	0.096	16.91
20.6	24.51	0.115	13.54

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.28	0.0970	4.94
68.6	2.74	0.109	6.98
62.6	5.24	0.133	9.43
56.6	7.52	0.098	8.90
50.6	9.56	0.119	7.06
44.6	11.38	0.116	6.62
38.6	12.96	0.137	14.07
32.6	14.32	0.121	17.71
26.6	15.44	0.129	8.11
20.6	16.34	0.138	13.49

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.21	0.1652	5.17
68.6	2.05	0.155	7.17
62.6	3.93	0.150	8.66
56.6	5.64	0.148	17.63
50.6	7.17	0.177	16.63
44.6	8.53	0.209	13.84
38.6	9.72	0.197	15.15
32.6	10.74	0.187	18.71
26.6	11.58	0.194	9.95
20.6	12.25	0.215	27.42

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงการไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}, f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.64	0.0091	1.25
68.6	6.16	0.022	1.91
62.6	11.80	0.27	2.53
56.6	16.92	0.032	4.16
50.6	21.52	0.046	4.51
44.6	25.60	0.053	4.85
38.6	29.17	0.052	3.44
32.6	32.22	0.045	6.16
26.6	34.75	0.053	6.23
20.6	36.76	0.066	6.84

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงการไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}, f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.32	0.128	2.24
68.6	3.08	0.118	3.56
62.6	5.90	0.124	4.51
56.6	8.46	0.134	4.75
50.6	10.76	0.181	5.28
44.6	12.80	0.198	4.87
38.6	14.58	0.184	3.03
32.6	16.11	0.147	5.96
26.6	17.37	0.172	7.30
20.6	18.38	0.195	6.09

ตารางที่ 4.9 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.21	0.133	7.24
68.6	2.05	0.112	3.63
62.6	3.93	0.140	9.03
56.6	5.64	0.139	9.98
50.6	7.17	0.164	13.51
44.6	8.53	0.140	6.72
38.6	9.72	0.161	11.61
32.6	10.74	0.178	9.65
26.6	11.58	0.219	14.19
20.6	12.25	0.239	16.46

ตารางที่ 4.10 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.16	0.123	9.0
68.6	1.54	0.155	9.81
62.6	2.95	0.194	13.06
56.6	4.23	0.176	20.81
50.6	5.38	0.215	16.11
44.6	6.40	0.261	16.09
38.6	7.29	0.217	20.13
32.6	8.05	0.248	14.70
26.6	8.69	0.263	13.96
20.6	9.19	0.329	8.42

ตารางที่ 4.11 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.51	0.115	4.66
68.6	4.93	0.125	4.48
62.6	9.44	0.170	3.83
56.6	13.53	0.150	3.93
50.6	17.21	0.204	4.70
44.6	20.48	0.195	3.59
38.6	23.34	0.213	3.71
32.6	25.77	0.169	4.90
26.6	27.80	0.200	5.12

ตารางที่ 4.12 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.26	0.162	20.88
68.6	2.46	0.135	14.71
62.6	4.72	0.158	17.96
56.6	6.77	0.127	14.96
50.6	8.61	0.232	10.78
44.6	10.24	0.212	14.08
38.6	11.67	0.202	14.9
32.6	12.89	0.252	19.1
26.6	13.90	0.256	12.1

ตารางที่ 4.13 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.17	0.148	15.55
68.6	1.64	0.169	11.90
62.6	3.15	0.195	26.28
56.6	4.51	0.221	14.74
50.6	5.74	0.308	30.29
44.6	6.83	0.278	22.25
38.6	7.78	0.245	25.19
32.6	8.59	0.262	24.45
26.6	9.27	0.275	27.88

ตารางที่ 4.14 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.13	0.179	22.60
68.6	1.23	0.212	22.6
62.6	2.36	0.275	26.9
56.6	3.38	0.316	19.4
50.6	4.30	0.350	20.3
44.6	5.12	0.308	25.6
38.6	5.83	0.352	17.21
32.6	6.44	0.370	23.7
26.6	6.95	0.376	30.1

ตารางที่ 4.15 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.37	0.162	0.89
68.6	3.52	0.191	3.99
62.6	6.74	0.142	4.25
56.6	9.67	0.243	5.94
50.6	12.30	0.178	5.21
44.6	14.63	0.243	12.10
38.6	16.67	0.275	10.84

ตารางที่ 4.16 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.18	0.160	26.75
68.6	1.76	0.183	23.50
62.6	3.37	0.228	17.99
56.6	4.83	0.199	23.14
50.6	6.15	0.304	19.54
44.6	7.32	0.248	18.09
38.6	8.33	0.351	20.08

ตารางที่ 4.17 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}, f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.12	0.136	24.6
68.6	1.17	0.230	19.2
62.6	2.25	0.281	19.2
56.6	3.22	0.277	24.6
50.6	4.10	0.299	20.4
44.6	4.88	0.298	27.2
38.6	5.56	0.302	28.3

ตารางที่ 4.18 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}, f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.09	0.152	14.74
68.6	0.88	0.198	14.51
62.6	1.69	0.345	15.89

ตารางที่ 4.19 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}, f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.85	0.067	6.98
68.6	8.21	0.10	6.32
62.6	15.73	0.104	7.48
56.6	22.55	0.124	6.61
50.6	28.69	0.125	5.66
44.6	34.14	0.112	6.40
38.6	38.89	0.111	6.63
32.6	42.96	0.158	5.92
26.6	46.33	0.151	6.78
20.6	49.01	0.139	5.82

ตารางที่ 4.20 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.43	0.068	4.34
68.6	4.10	0.068	4.79
62.6	7.86	0.094	3.97
56.6	11.28	0.083	6.37
50.6	14.35	0.090	2.85
44.6	17.07	0.092	5.31
38.6	19.45	0.101	6.49
32.6	21.48	0.104	5.54
26.6	23.16	0.119	4.98
20.6	24.51	0.109	6.78

ตารางที่ 4.21 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.28	0.048	4.10
68.6	2.74	0.069	4.65
62.6	5.24	0.083	2.11
56.6	7.52	0.081	4.51
50.6	9.56	0.086	3.92
44.6	11.38	0.096	6.26
38.6	12.96	0.100	6.12
32.6	14.32	0.117	4.77
26.6	15.44	0.106	4.46
20.6	16.34	0.115	5.49

ตารางที่ 4.22 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=150\text{m/min}, f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.21	0.066	2.95
68.6	2.05	0.092	4.08
62.6	3.93	0.115	3.05
56.6	5.64	0.121	4.53
50.6	7.17	0.173	3.09
44.6	8.53	0.174	4.33
38.6	9.72	0.143	3.69
32.6	10.74	0.165	3.64
26.6	11.58	0.179	5.50
20.6	12.25	0.214	4.28

ตารางที่ 4.23 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}, f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.64	0.062	2.97
68.6	6.16	0.071	2.36
62.6	11.80	0.072	2.72
56.6	16.92	0.200	4.59
50.6	21.52	0.120	6.05
44.6	25.60	0.121	4.76
38.6	29.17	0.129	4.94
32.6	32.22	0.136	5.65
26.6	34.75	0.140	5.25
20.6	36.76	0.181	5.25

ตารางที่ 4.24 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.32	0.061	3.16
68.6	3.08	0.066	2.51
62.6	5.90	0.070	2.57
56.6	8.46	0.090	2.49
50.6	10.76	0.077	2.88
44.6	12.80	0.077	4.12
38.6	14.58	0.097	2.58
32.6	16.11	0.095	3.31
26.6	17.37	0.117	4.83
20.6	18.38	0.110	3.25

ตารางที่ 4.25 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.21	0.058	6.37
68.6	2.05	0.078	5.15
62.6	3.93	0.092	3.85
56.6	5.64	0.103	4.51
50.6	7.17	0.111	3.04
44.6	8.53	0.116	3.76
38.6	9.72	0.131	7.97
32.6	10.74	0.121	6.08
26.6	11.58	0.151	5.19
20.6	12.25	0.139	4.08

ตารางที่ 4.26 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=200\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.16	0.035	6.08
68.6	1.54	0.082	3.56
62.6	2.95	0.096	3.17
56.6	4.23	0.092	3.46
50.6	5.38	0.091	4.26
44.6	6.40	0.166	5.27
38.6	7.29	0.152	5.20
32.6	8.05	0.132	5.49
26.6	8.69	0.131	5.97
20.6	9.19	0.193	7.18

ตารางที่ 4.27 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.51	0.073	7.39
68.6	4.93	0.062	6.64
62.6	9.44	0.106	6.21
56.6	13.53	0.116	7.49
50.6	17.21	0.112	6.51
44.6	20.48	0.153	4.78
38.6	23.34	0.100	6.09
32.6	25.77	0.144	5.60
26.6	27.80	0.160	8.62

ตารางที่ 4.28 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.2\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.26	0.037	1.57
68.6	2.46	0.061	2.14
62.6	4.72	0.072	1.43
56.6	6.77	0.079	1.64
50.6	8.61	0.101	2.50
44.6	10.24	0.104	1.09
38.6	11.67	0.118	1.13
32.6	12.89	0.149	1.95
26.6	13.90	0.159	1.72

ตารางที่ 4.29 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.3\text{mm/rev}$

เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.17	0.061	3.14
68.6	1.64	0.100	3.40
62.6	3.15	0.151	3.58
56.6	4.51	0.150	4.34
50.6	5.74	0.191	5.35
44.6	6.83	0.158	4.19
38.6	7.78	0.206	4.12
32.6	8.59	0.260	4.53
26.6	9.27	0.289	5.89

ตารางที่ 4.30 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=250\text{m/min}$, $f=0.4\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.13	0.090	5.94
68.6	1.23	0.114	5.74
62.6	2.36	0.193	7.08
56.6	3.38	0.228	4.72
50.6	4.30	0.263	6.41
44.6	5.12	0.289	7.45
38.6	5.83	0.278	6.33

ตารางที่ 4.31 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/rev}$

เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.037	0.015	1.46
68.6	3.52	0.040	2.26
62.6	6.74	0.070	2.83
56.6	9.67	0.087	1.27
50.6	12.30	0.115	2.07
44.6	14.63	0.138	2.17
38.6	16.67	0.144	2.44

ตารางที่ 4.32 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}, f=0.2\text{mm/rev}$

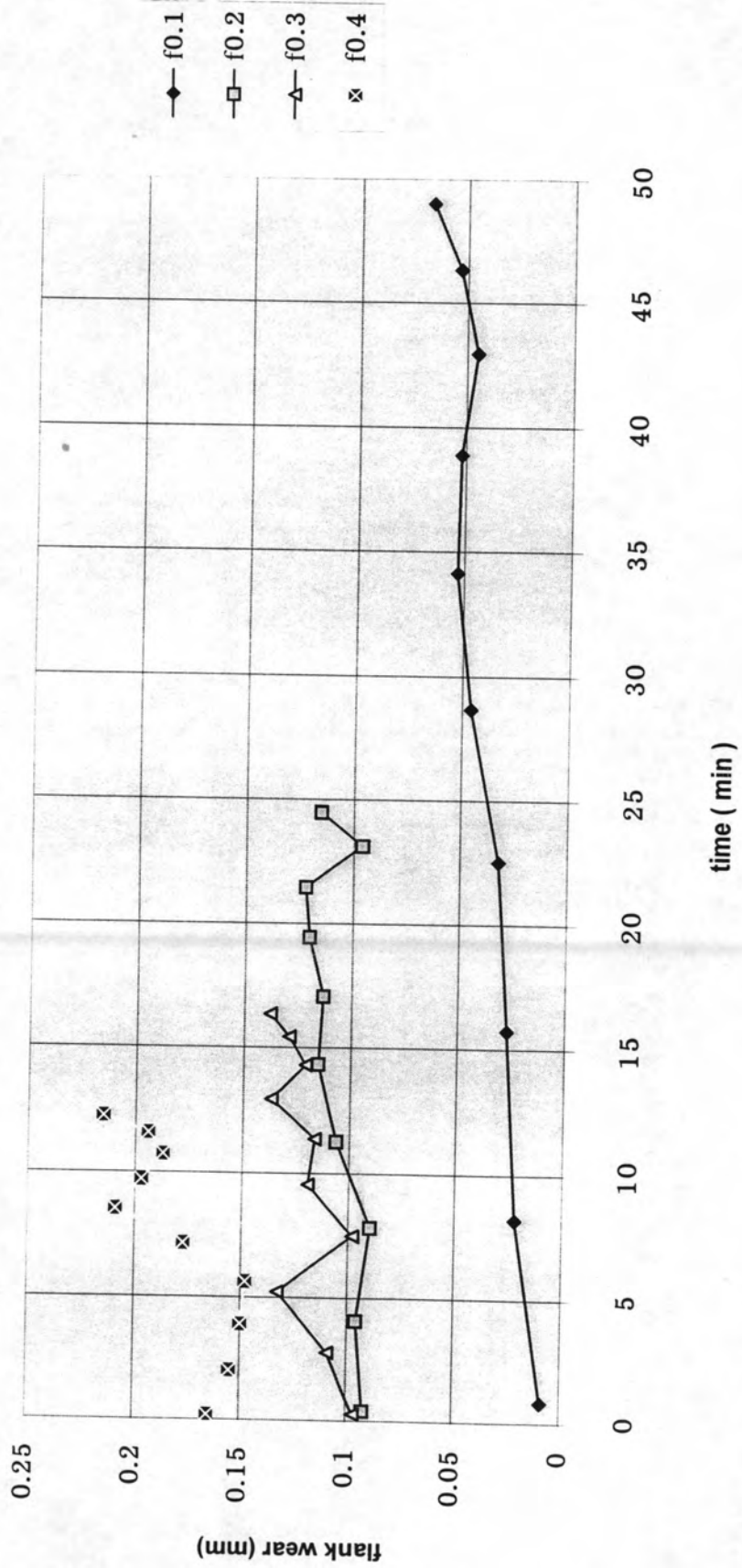
เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.18	0.097	1.18
68.6	1.76	0.133	1.40
62.6	3.37	0.149	1.90
56.6	4.83	0.211	1.03
50.6	6.15	0.199	1.95
44.6	7.32	0.255	1.66
38.6	8.33	0.239	1.70

ตารางที่ 4.33 แสดงผลของ flank wear และความเรียบผิว ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}, f=0.3\text{mm/rev}$

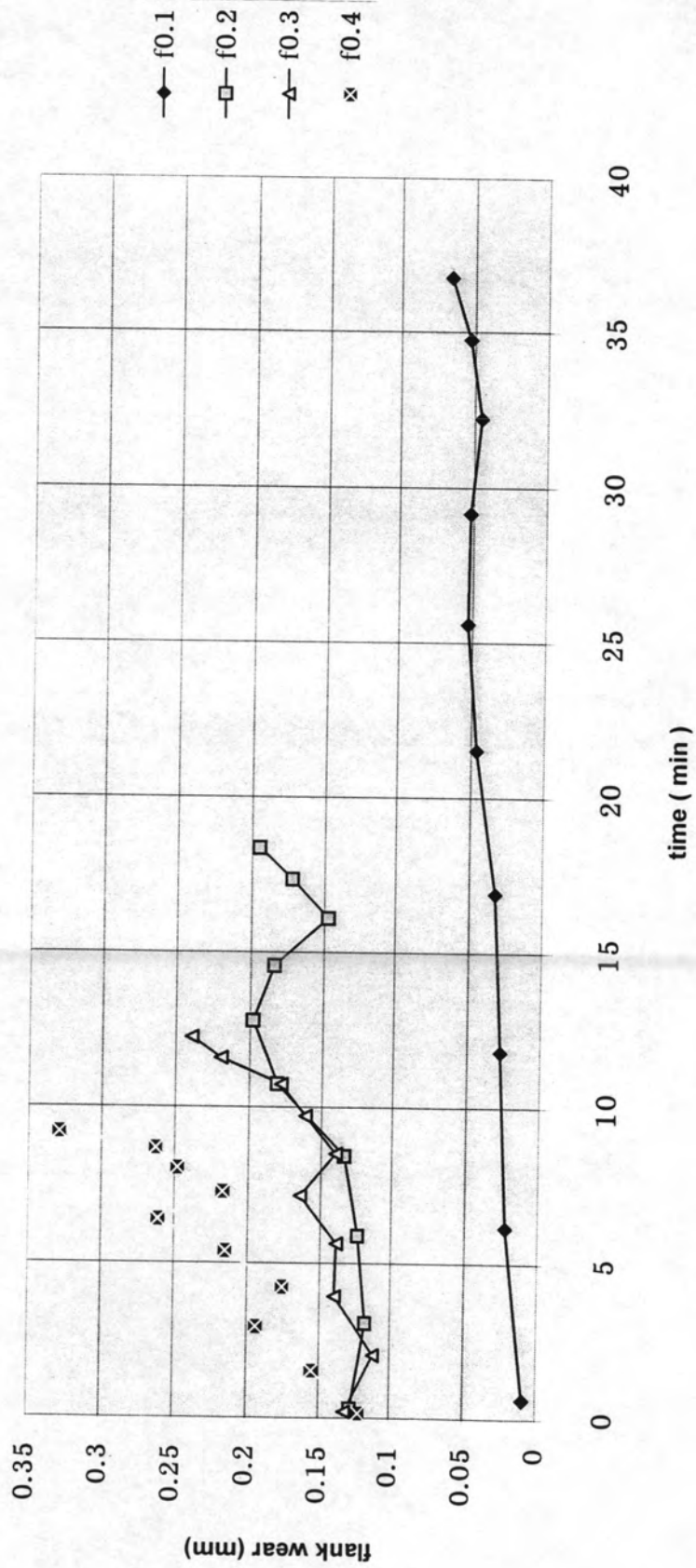
เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.12	0.097	2.08
68.6	1.17	0.117	1.24
62.6	2.25	0.225	2.69
56.6	3.22	0.197	2.61
50.6	4.10	0.237	2.60
44.6	4.88	0.314	0.82

ตารางที่ 4.34 แสดงผลของ flank wear ที่กลึงด้วยมีดกลึงเซรามิก
ที่สภาวะ $v=350\text{m/min}, f=0.4\text{mm/rev}$

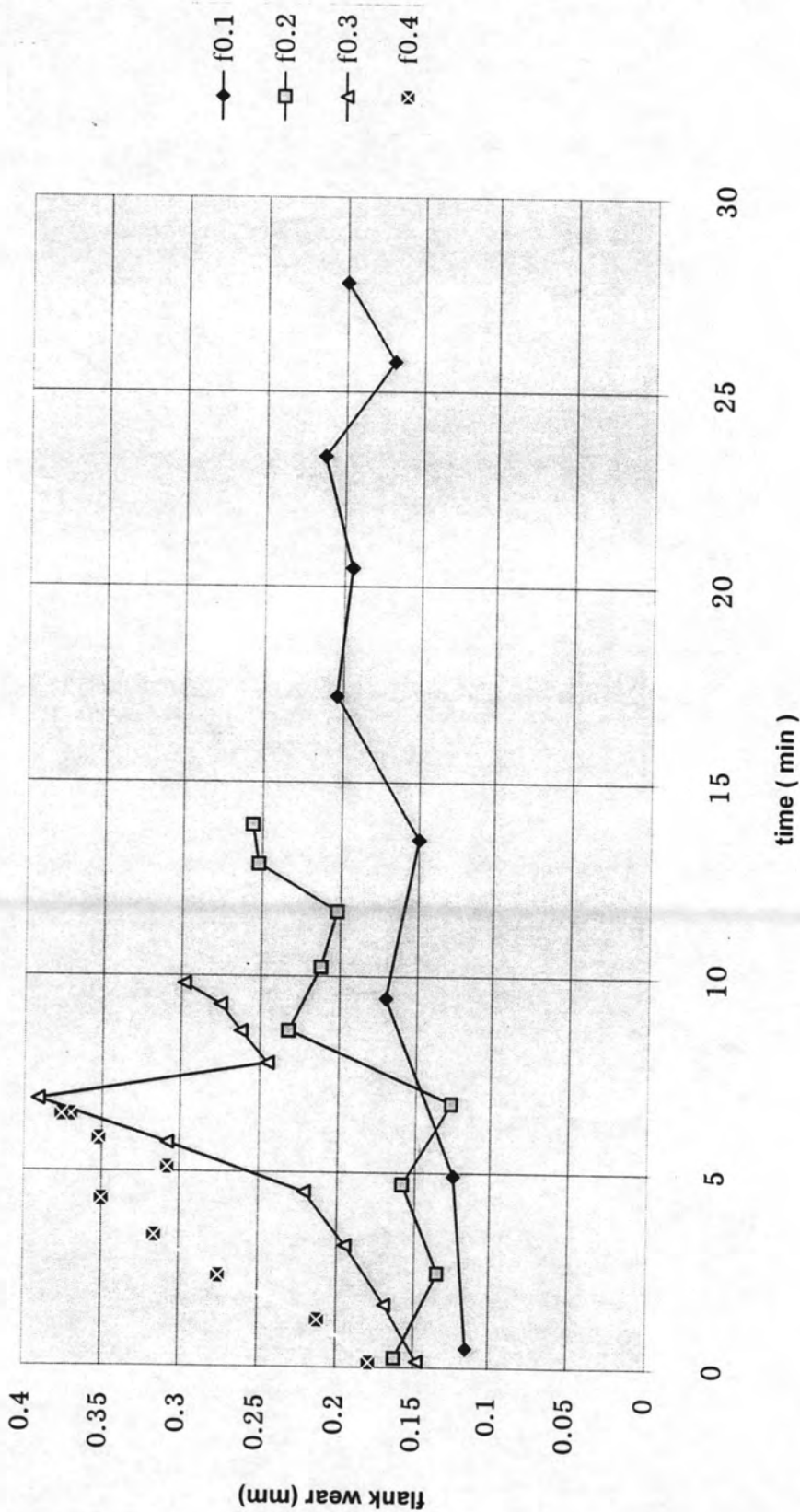
เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm.)	เวลาการกลึง (นาที)	Flank wear (mm.)	ความเรียบผิว (micron)
74	0.09	0.123	6.55
68.6	0.88	0.190	0.190



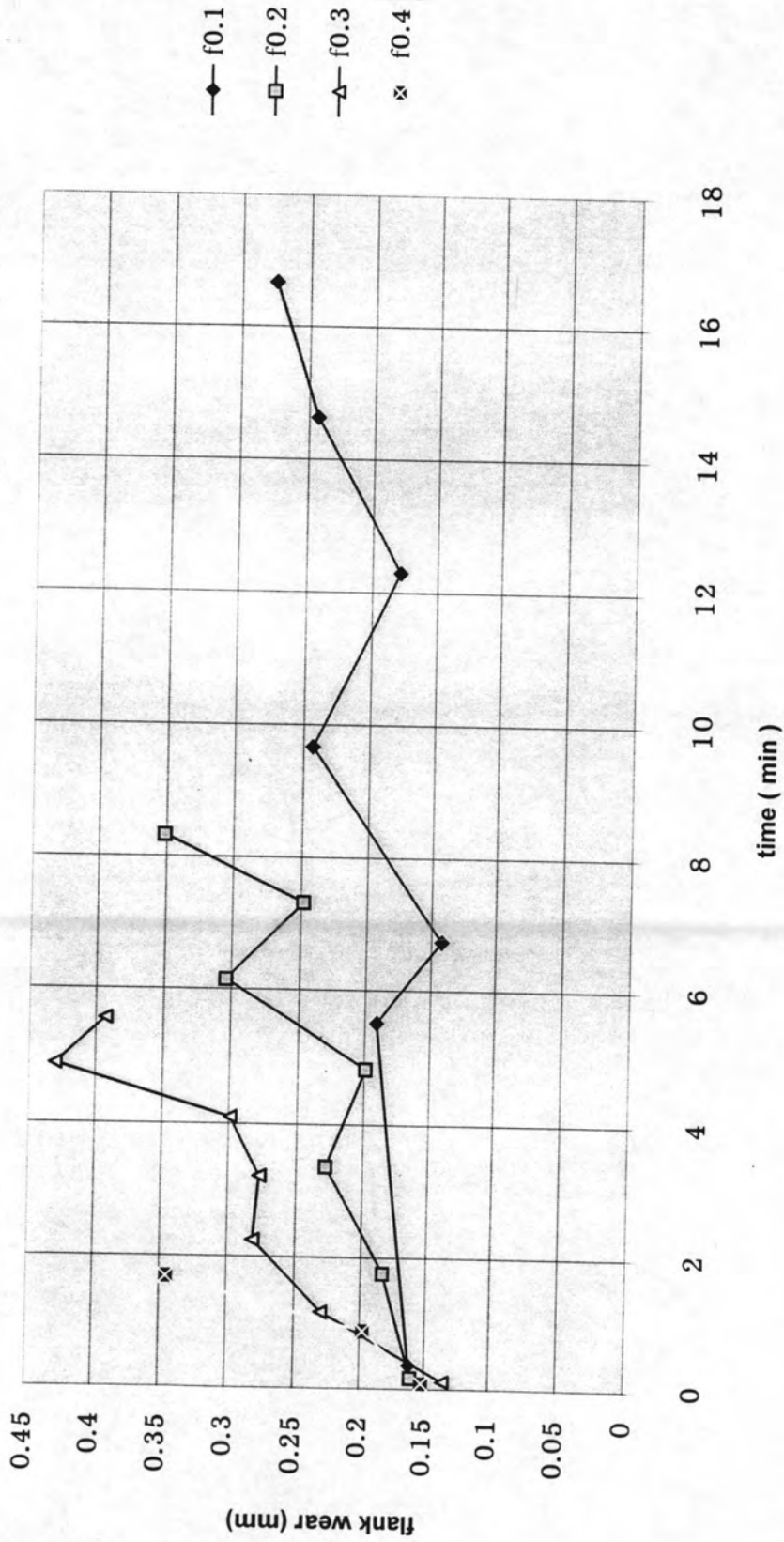
รูปที่ 4.3 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=150$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



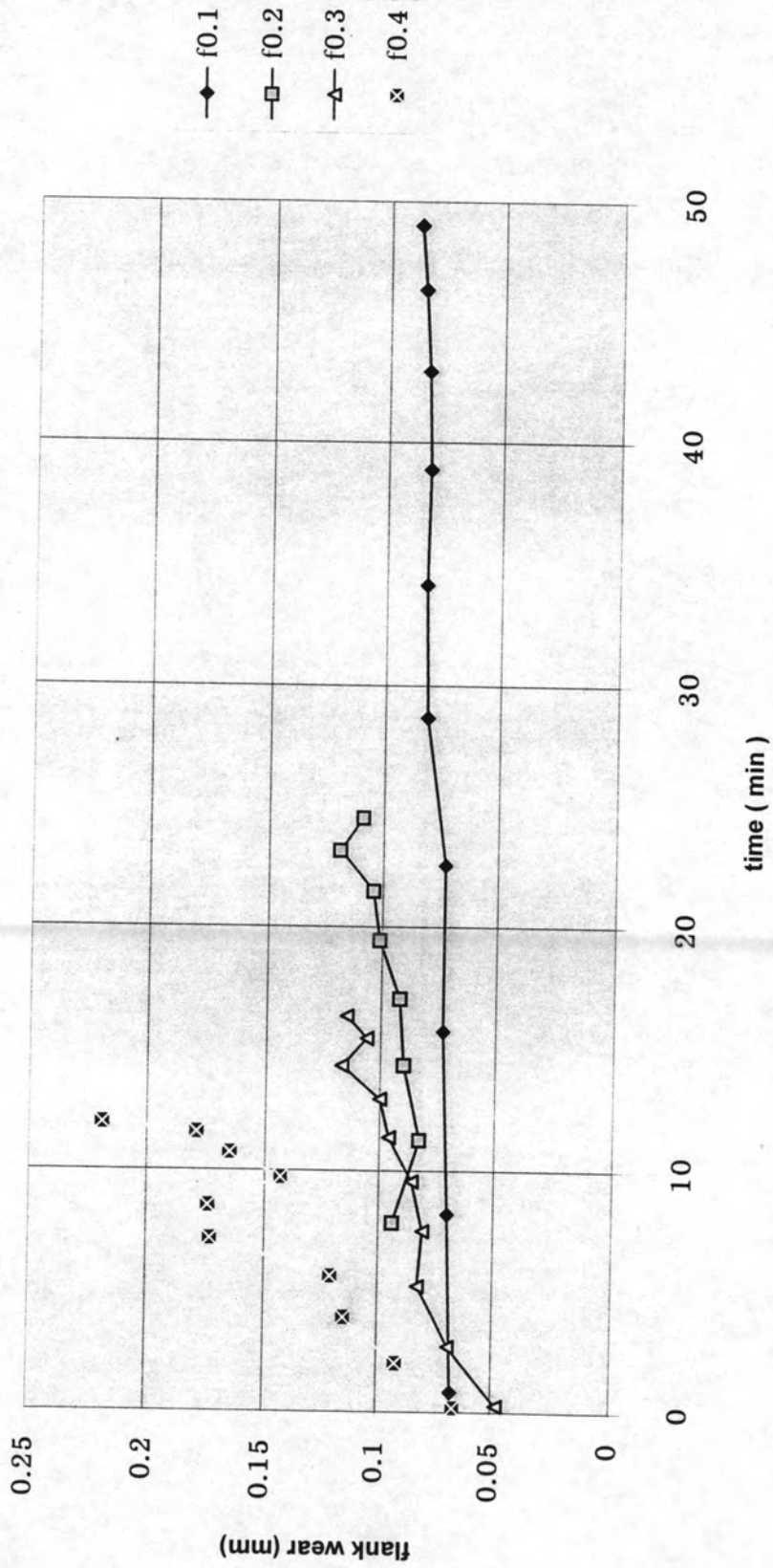
รูปที่ 4.4 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=200$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



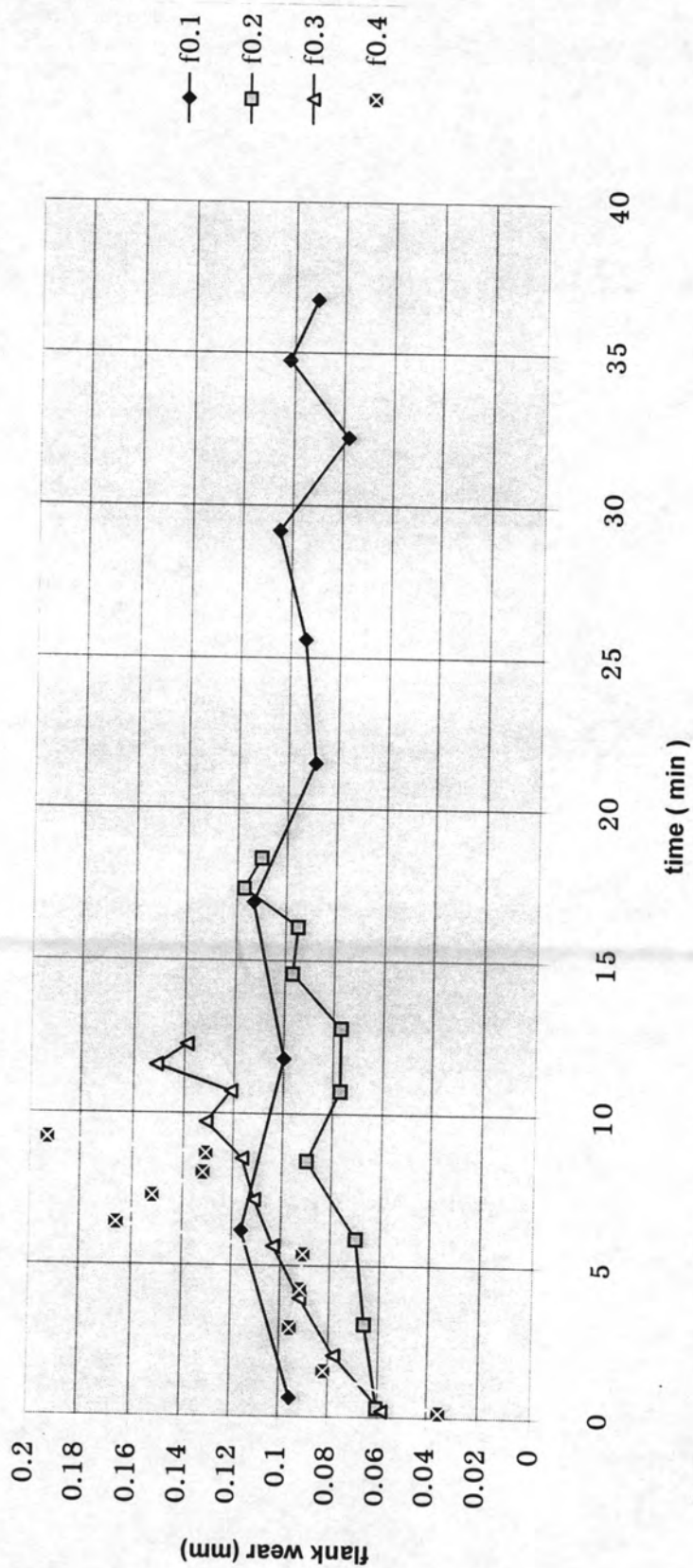
รูปที่ 4.5 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=250$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



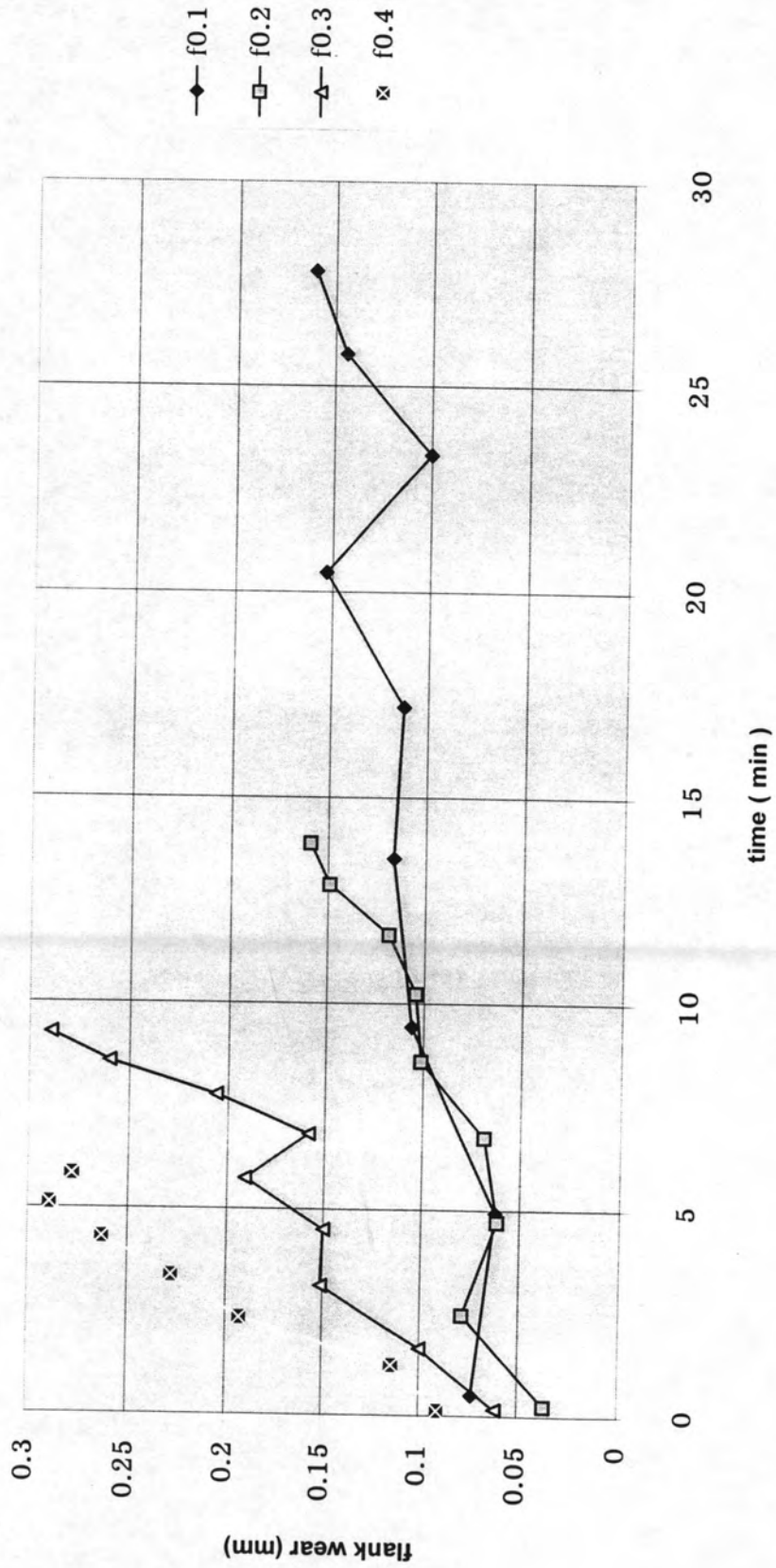
รูปที่ 4.6 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=350$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



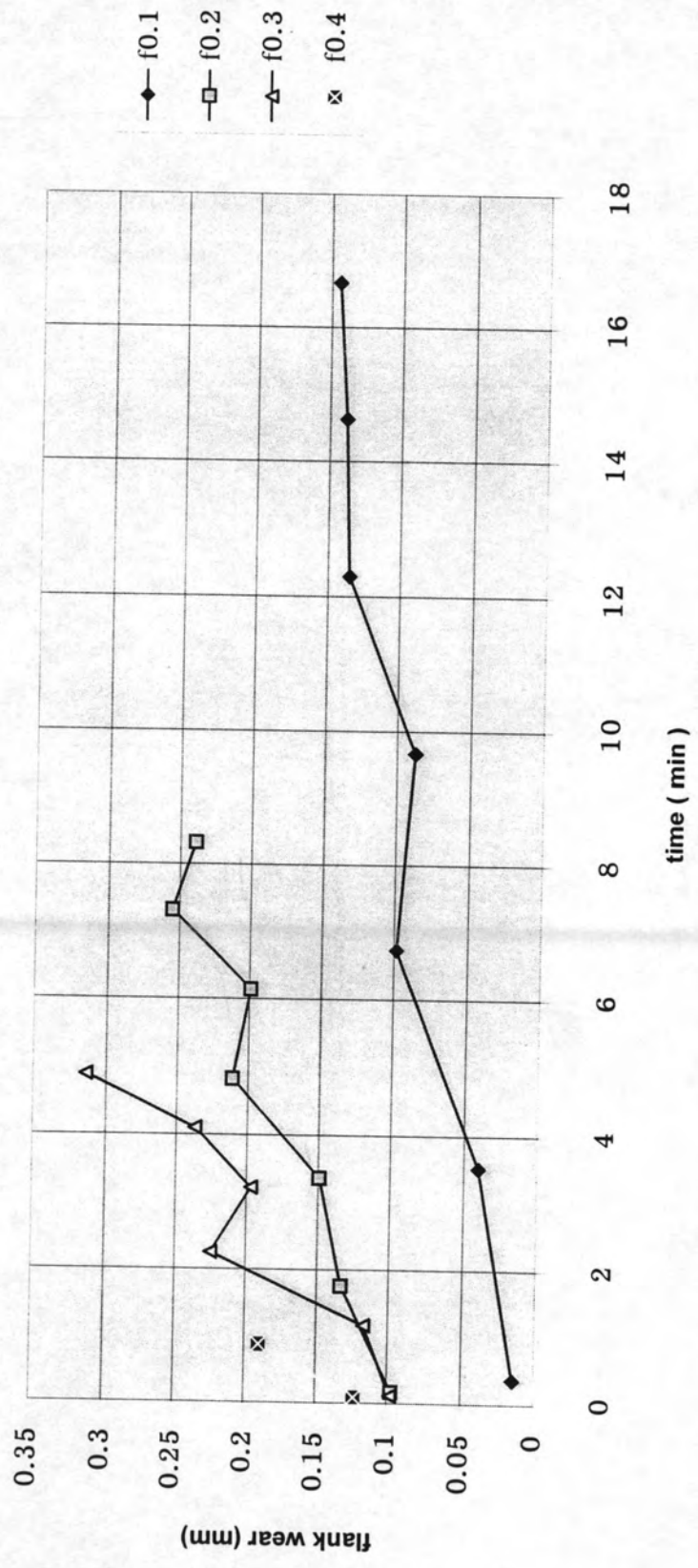
รูปที่ 4.7 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ V=150 m/min และ f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



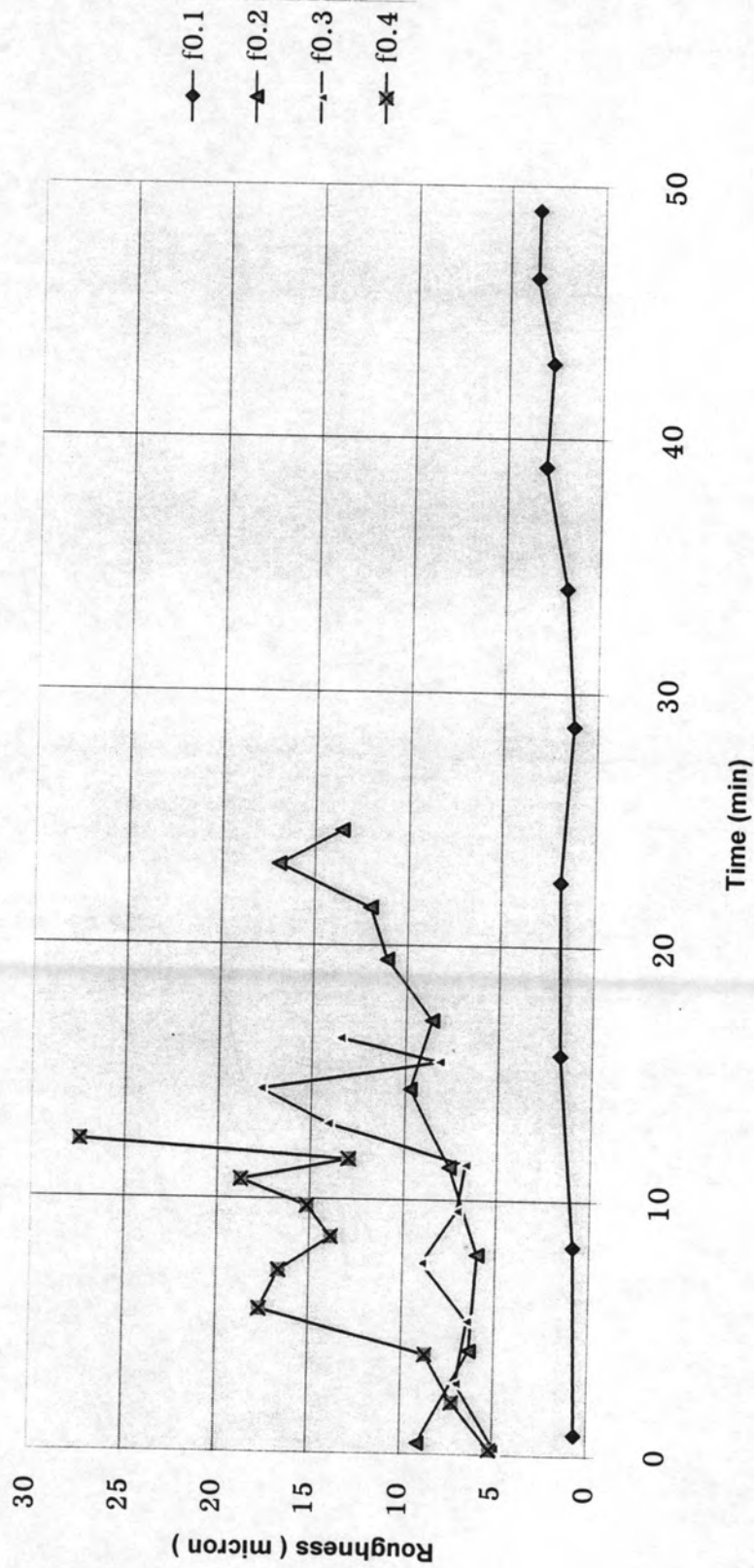
รูปที่ 4.8 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=200$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



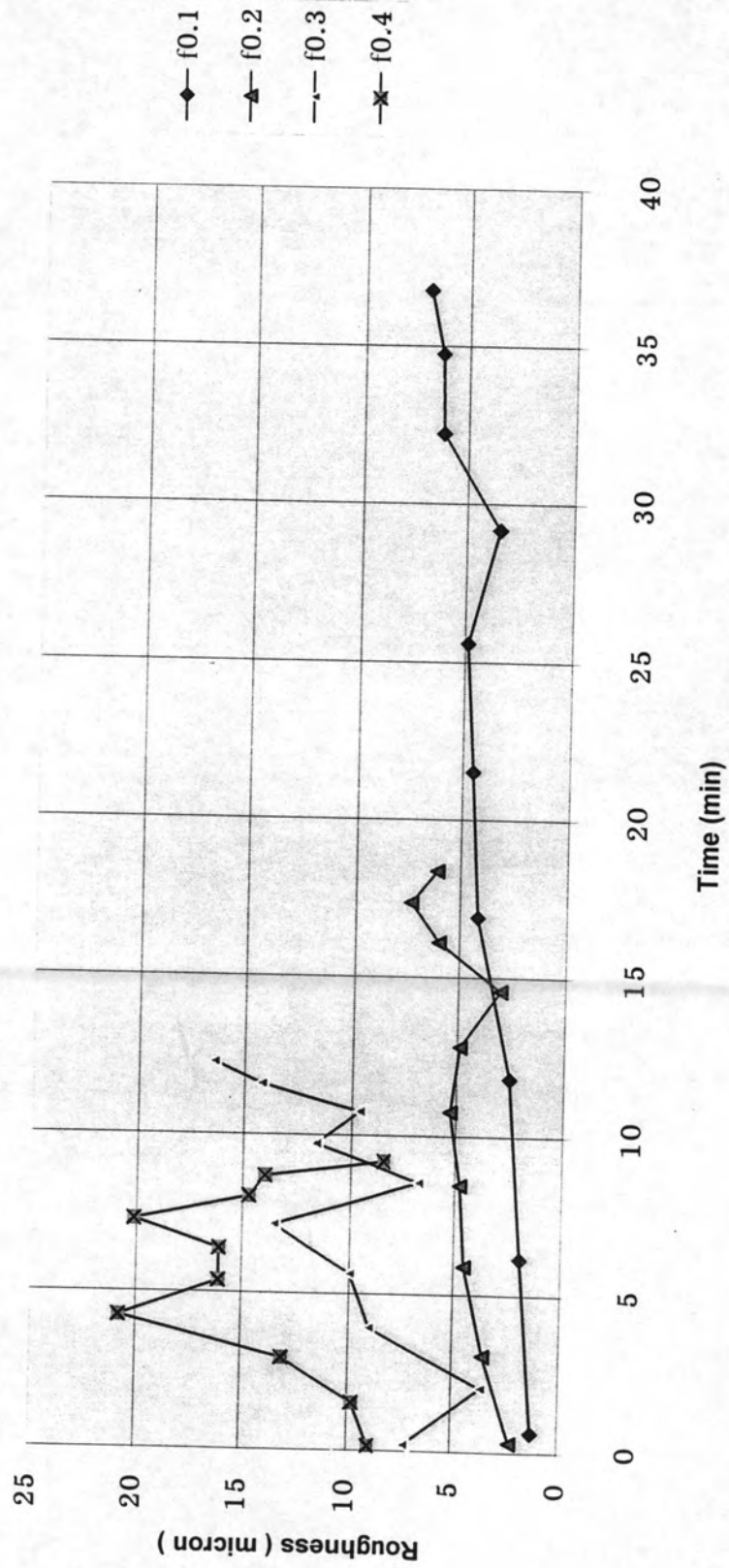
รูปที่ 4.9 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=250$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



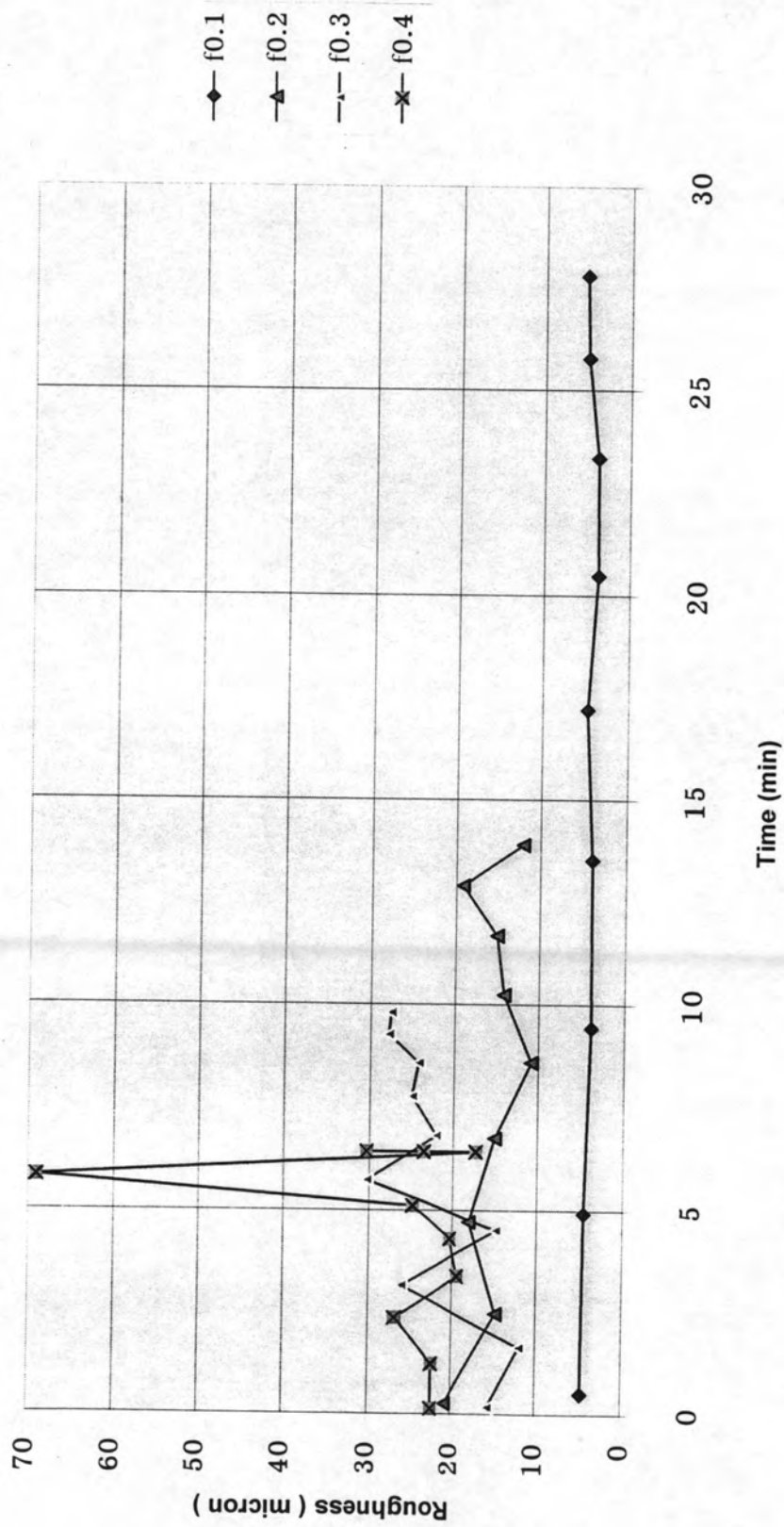
รูปที่ 4.10 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ flank wear เมื่อ $V=350$ m/min และ $f = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



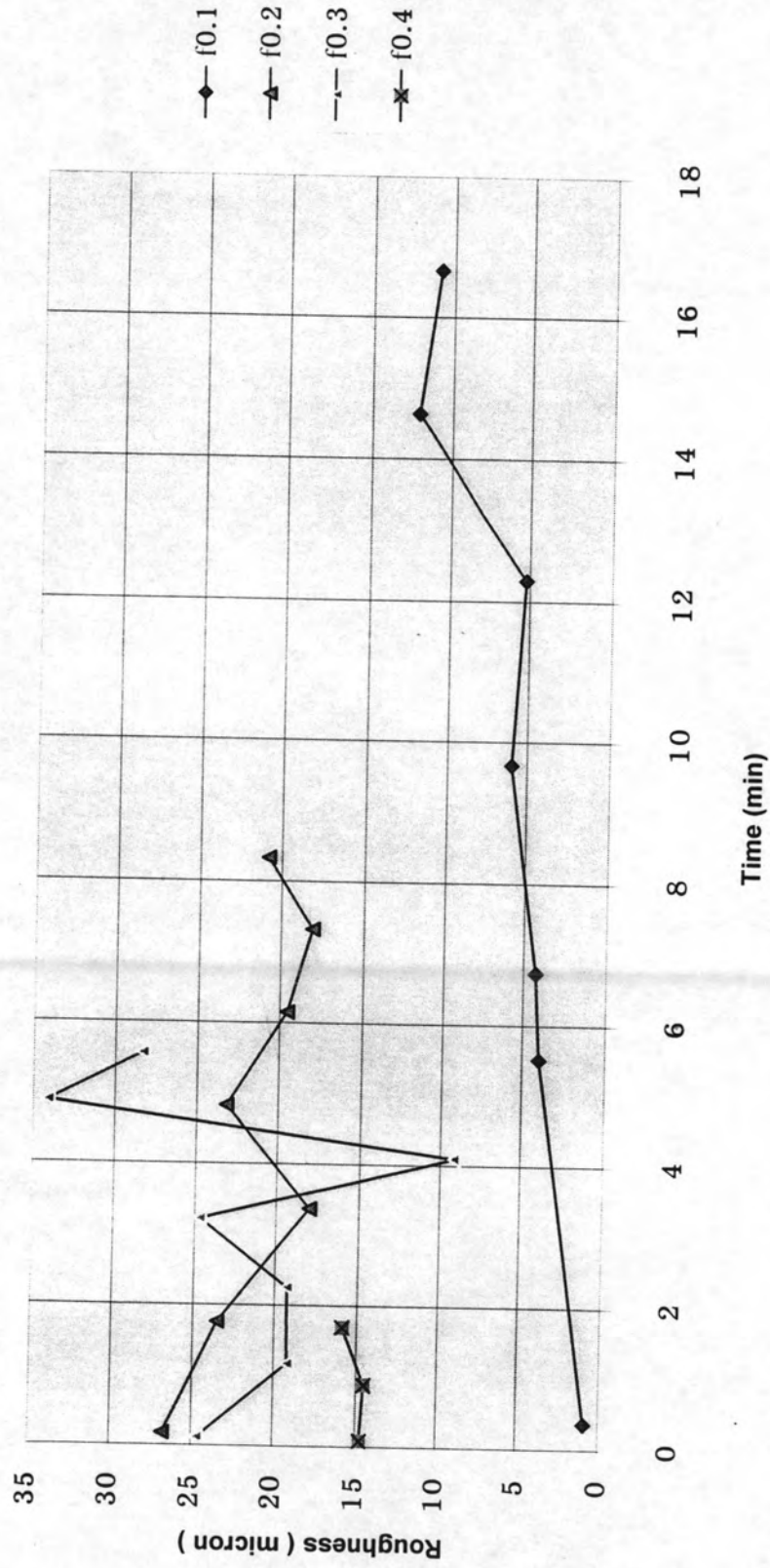
รูปที่ 4.11 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=150$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



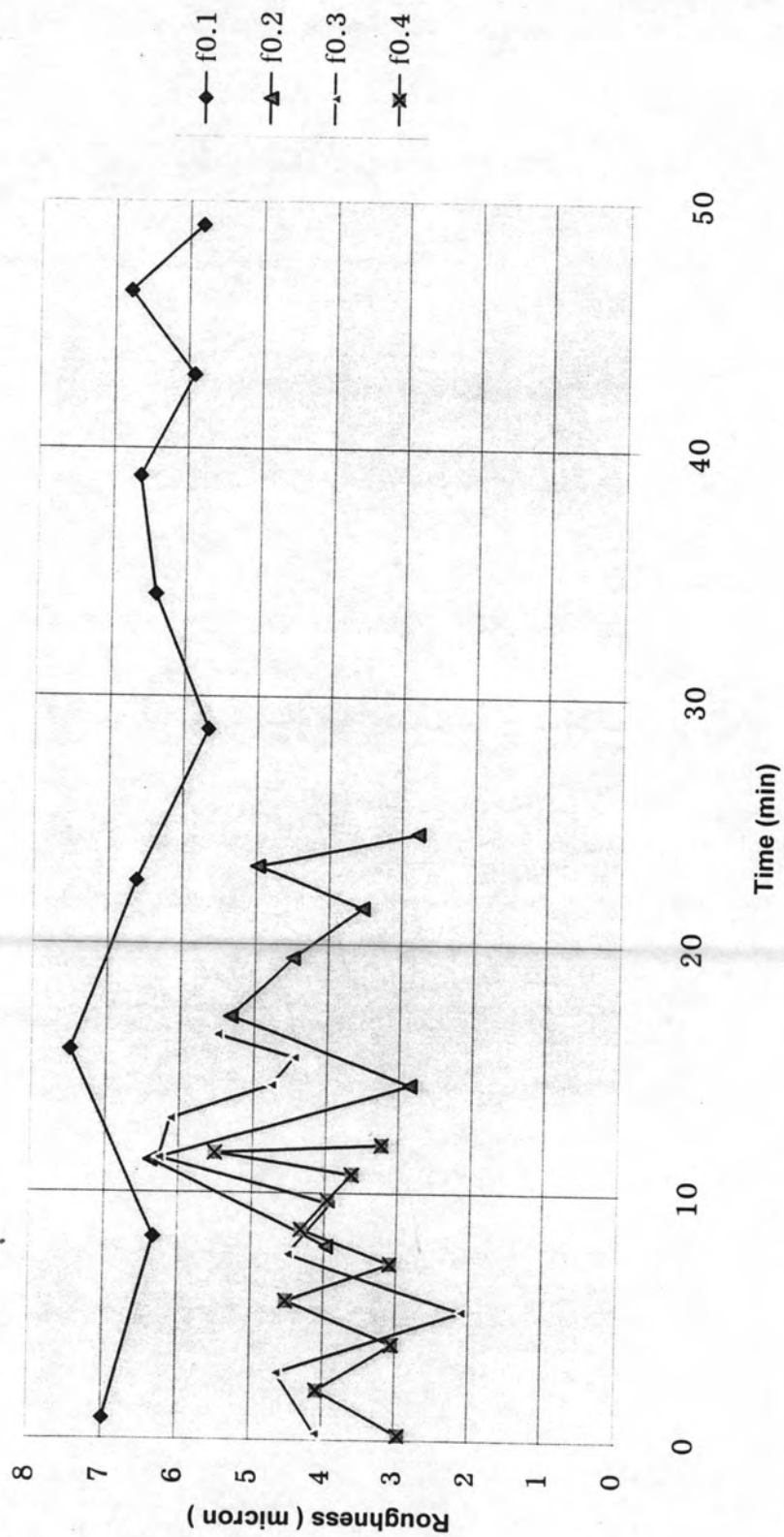
รูปที่ 4.12 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=200$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



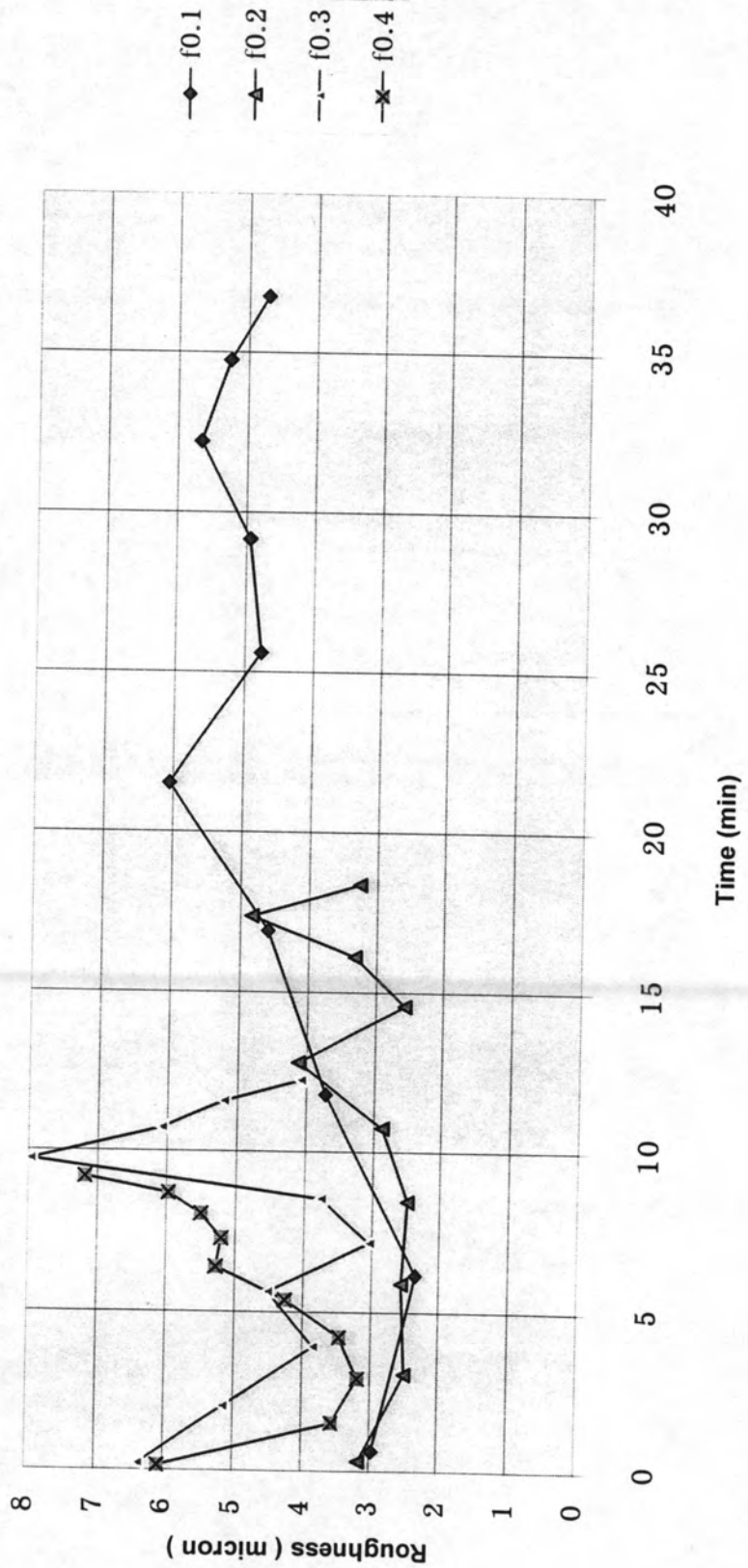
รูปที่ 4.13 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=250$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



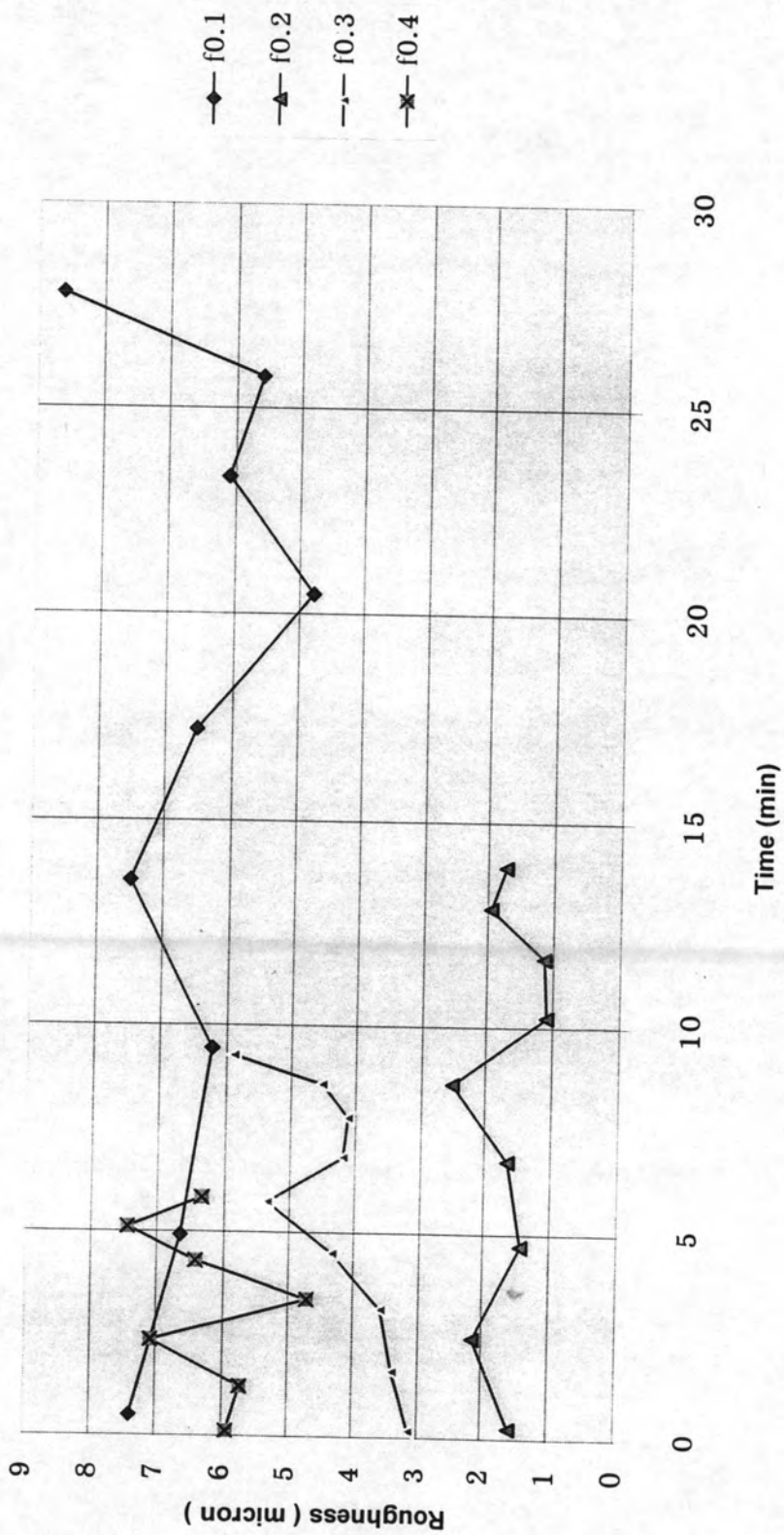
รูปที่ 4.14 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=350$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



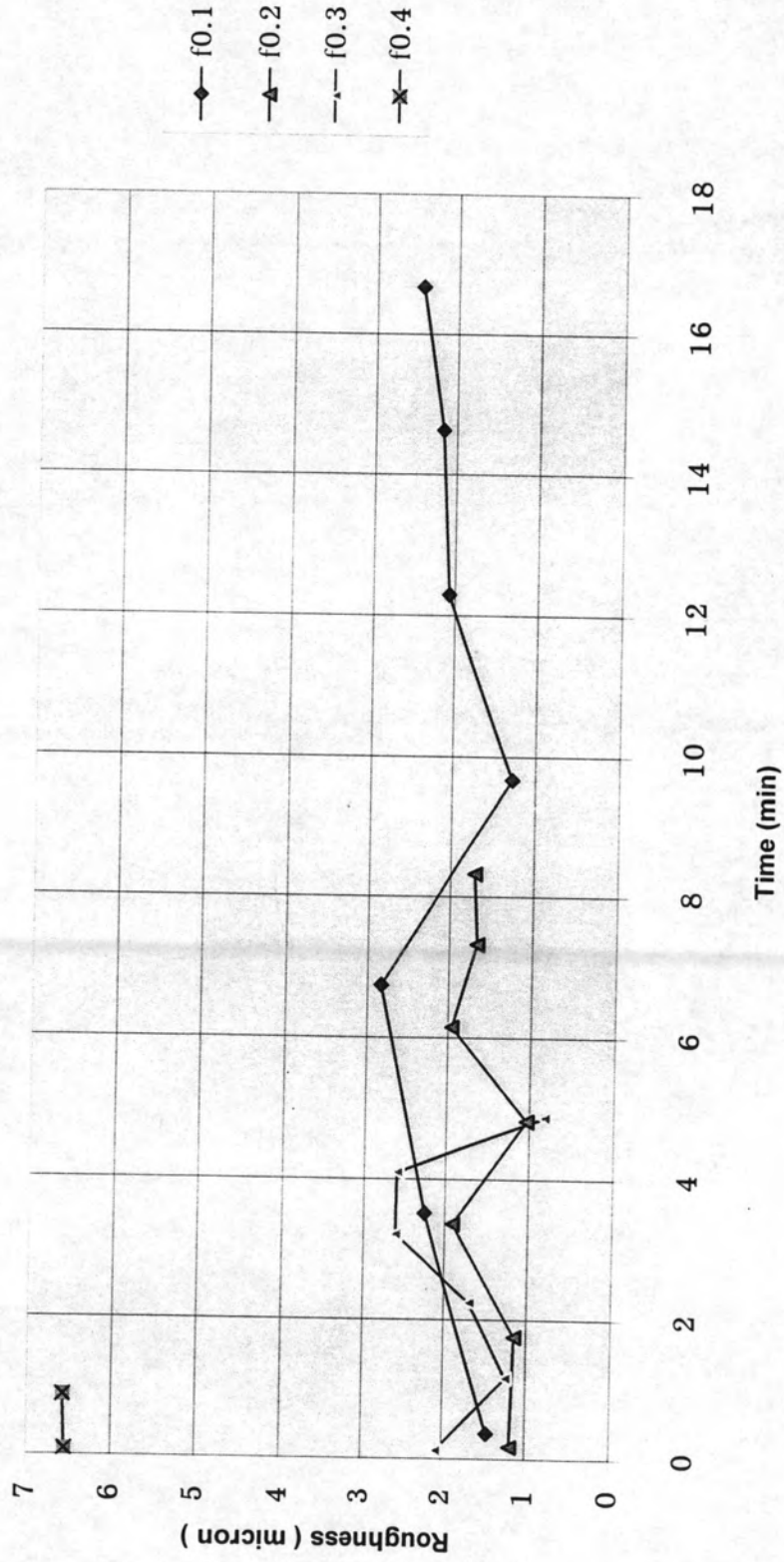
รูปที่ 4.15 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=150$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



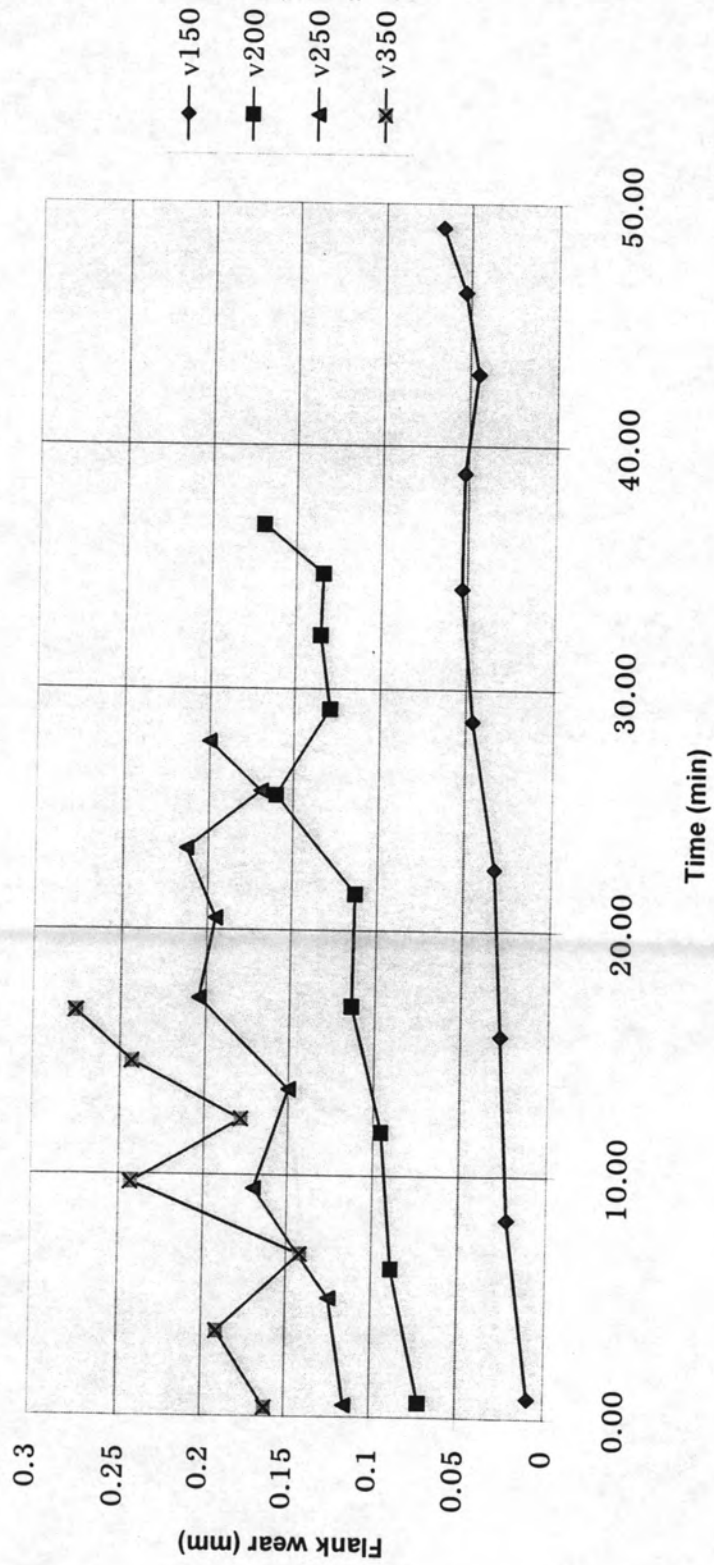
รูปที่ 4.16 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=200$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



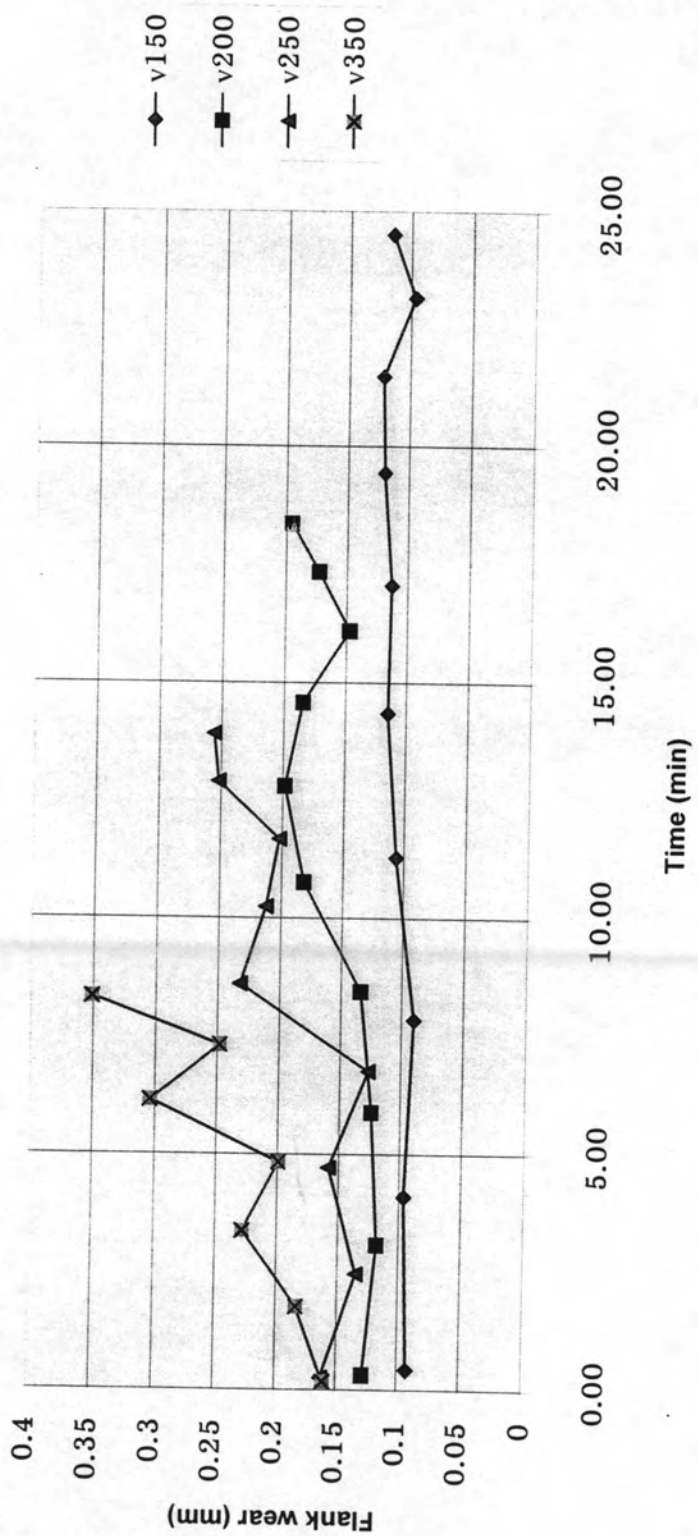
รูปที่ 4.17 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=250$ m/min และ $f= 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



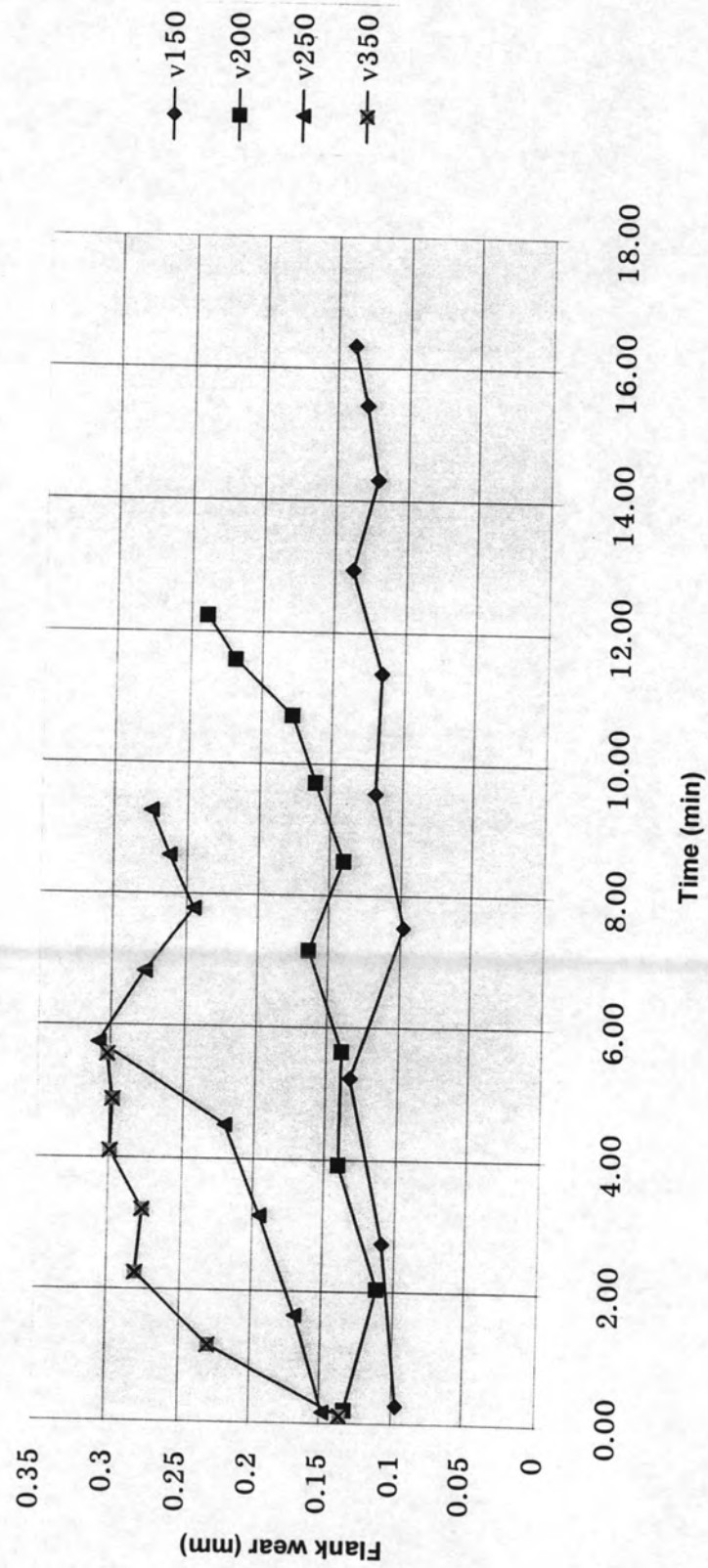
รูปที่ 4.18 แสดงผลของอัตราป้อนที่มีต่อ roughness เมื่อ $v=350$ m/min และ $f=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ mm/rev : มีดกลึงเซรามิก



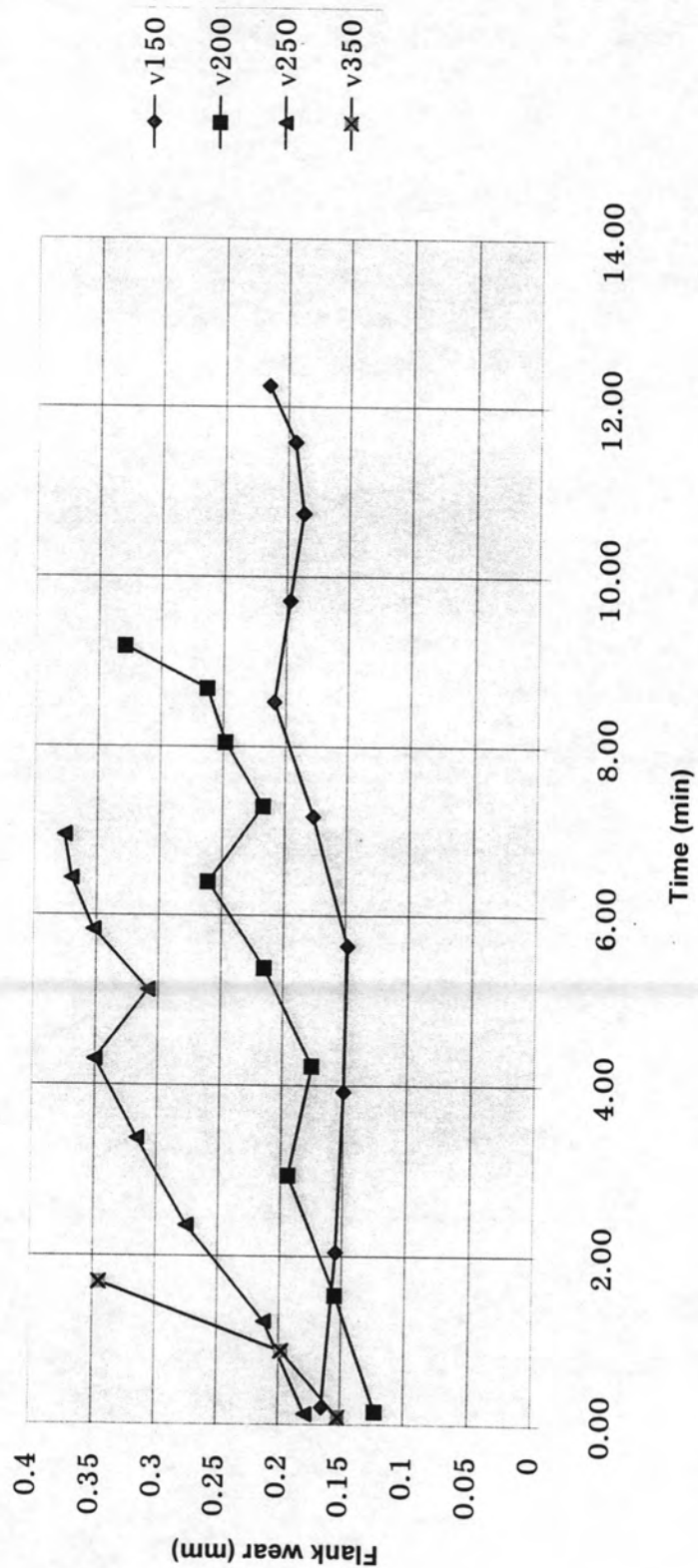
รูปที่ 4.19 แสดงผลของความเร็วดัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.1\text{mm/rev}$ และ $v=150, 200, 250, 350\text{ m/min}$: มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



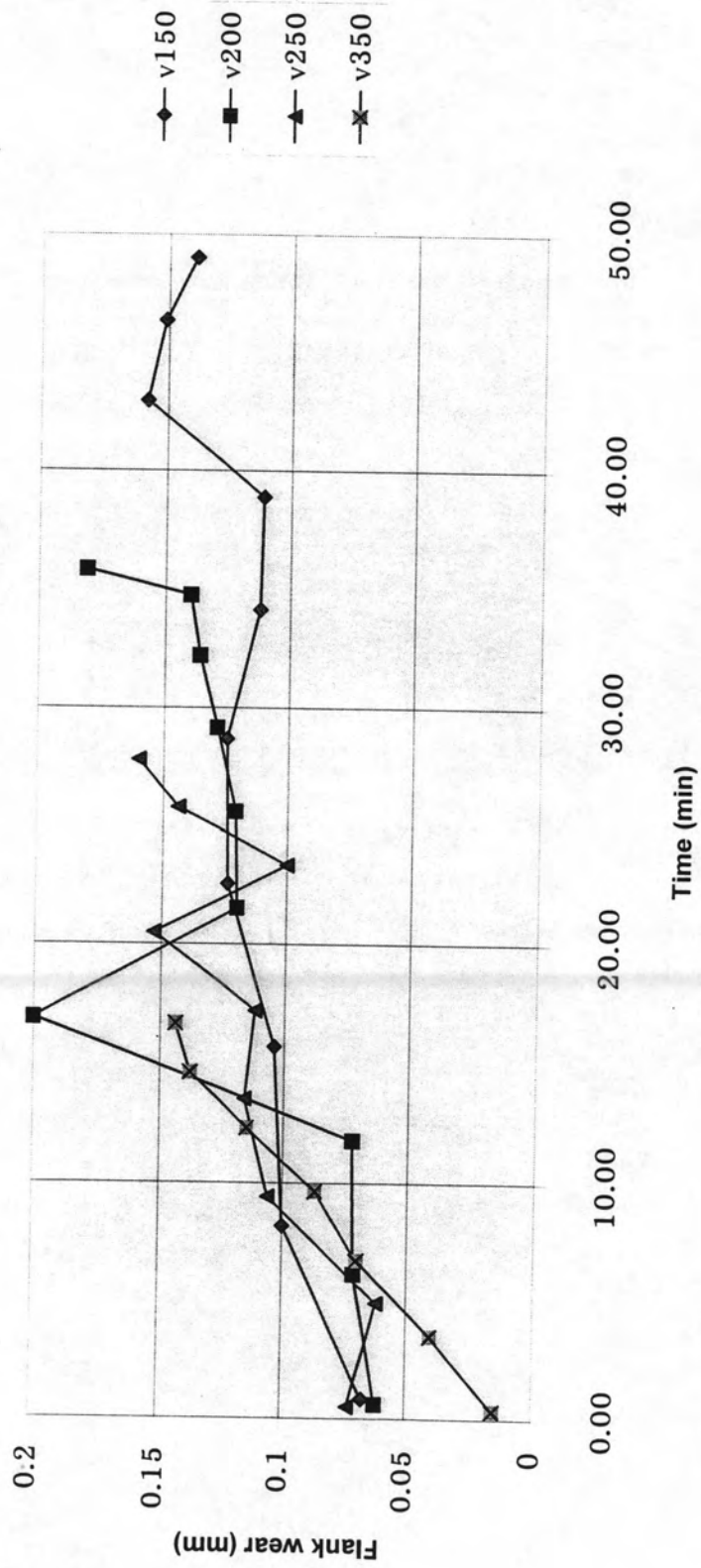
รูปที่ 4.20 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.2$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



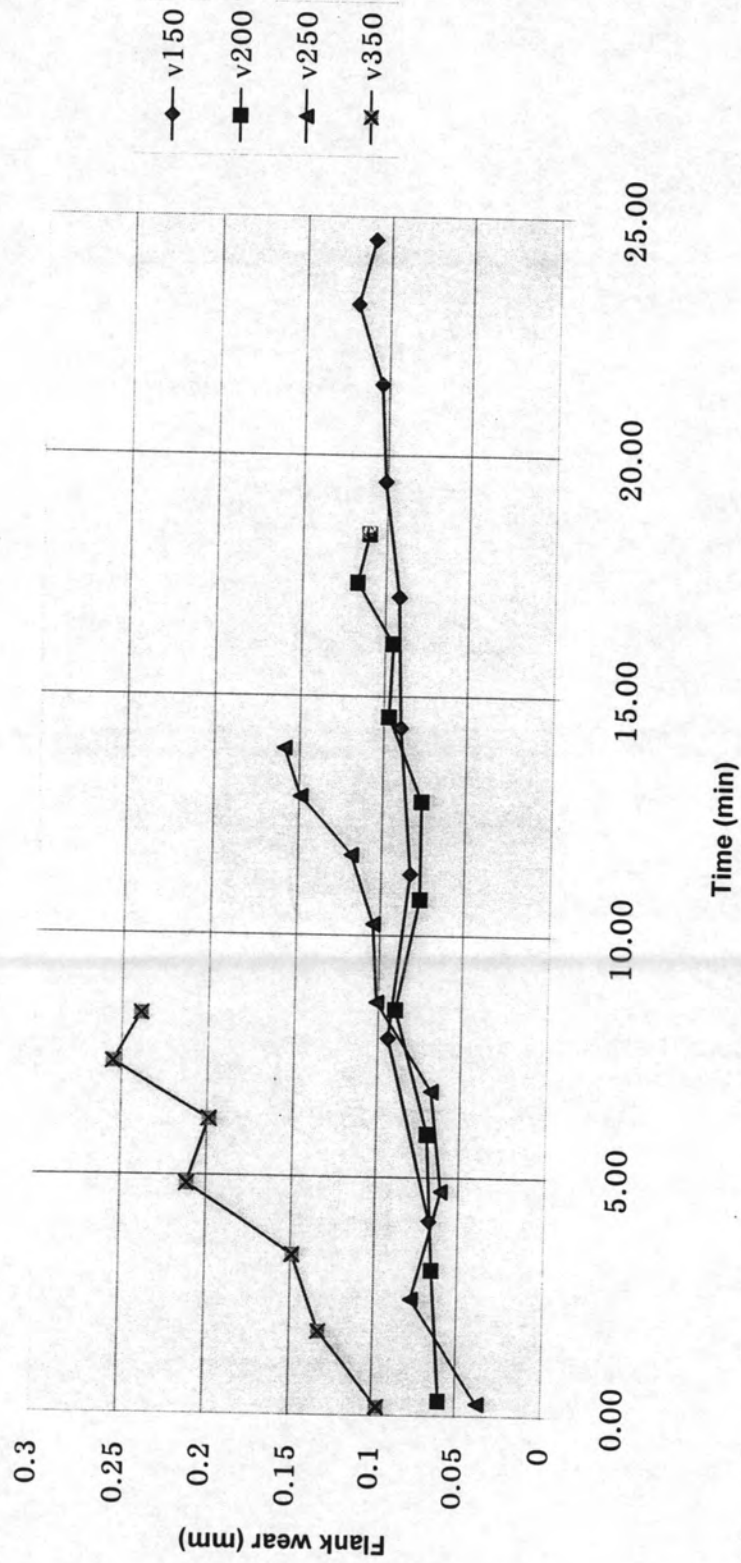
รูปที่ 4.21 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.3$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดสังคาร์ไบด์เคลือบ



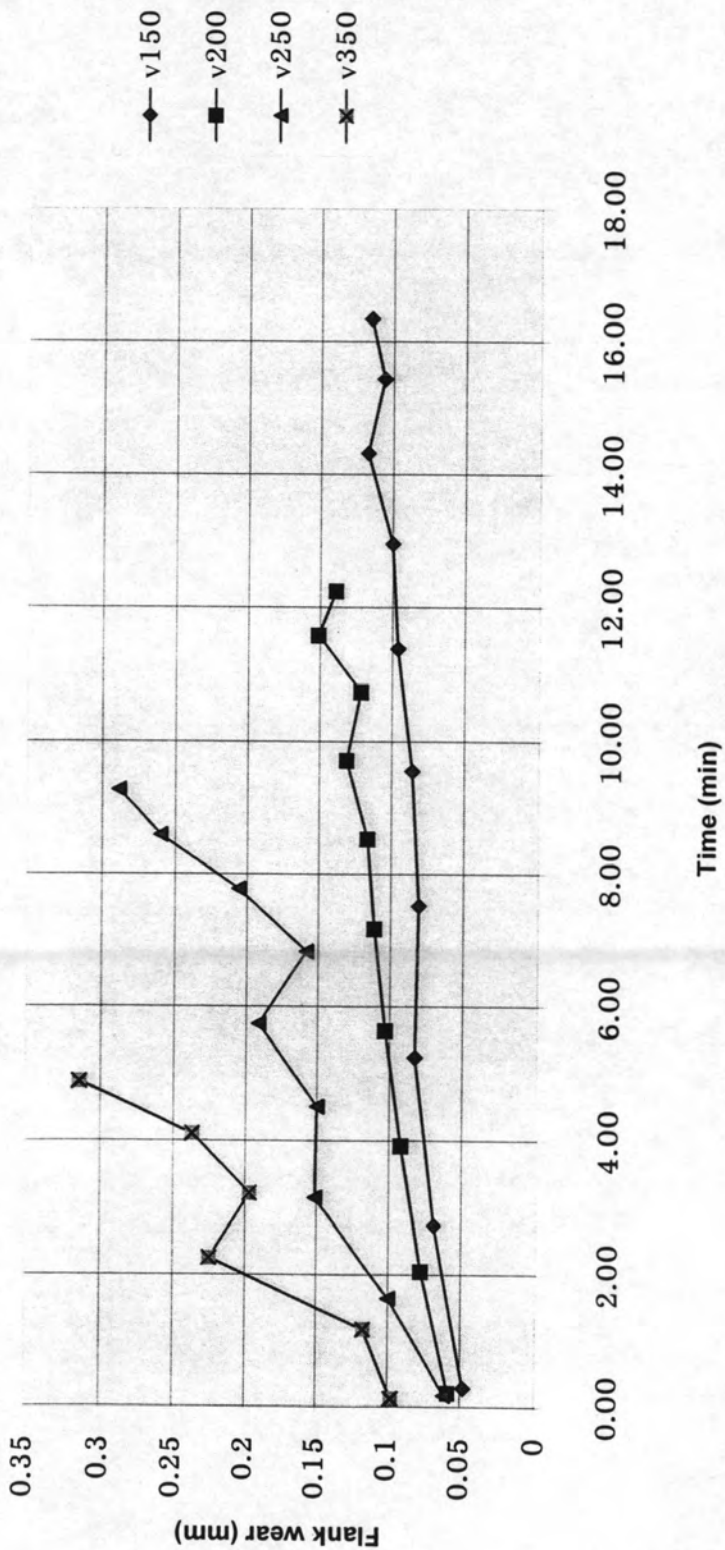
รูปที่ 4.22 แสดงผลของความเร็วดัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.4$ mm/rev และ $v=150,200,250,350$ m/min : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



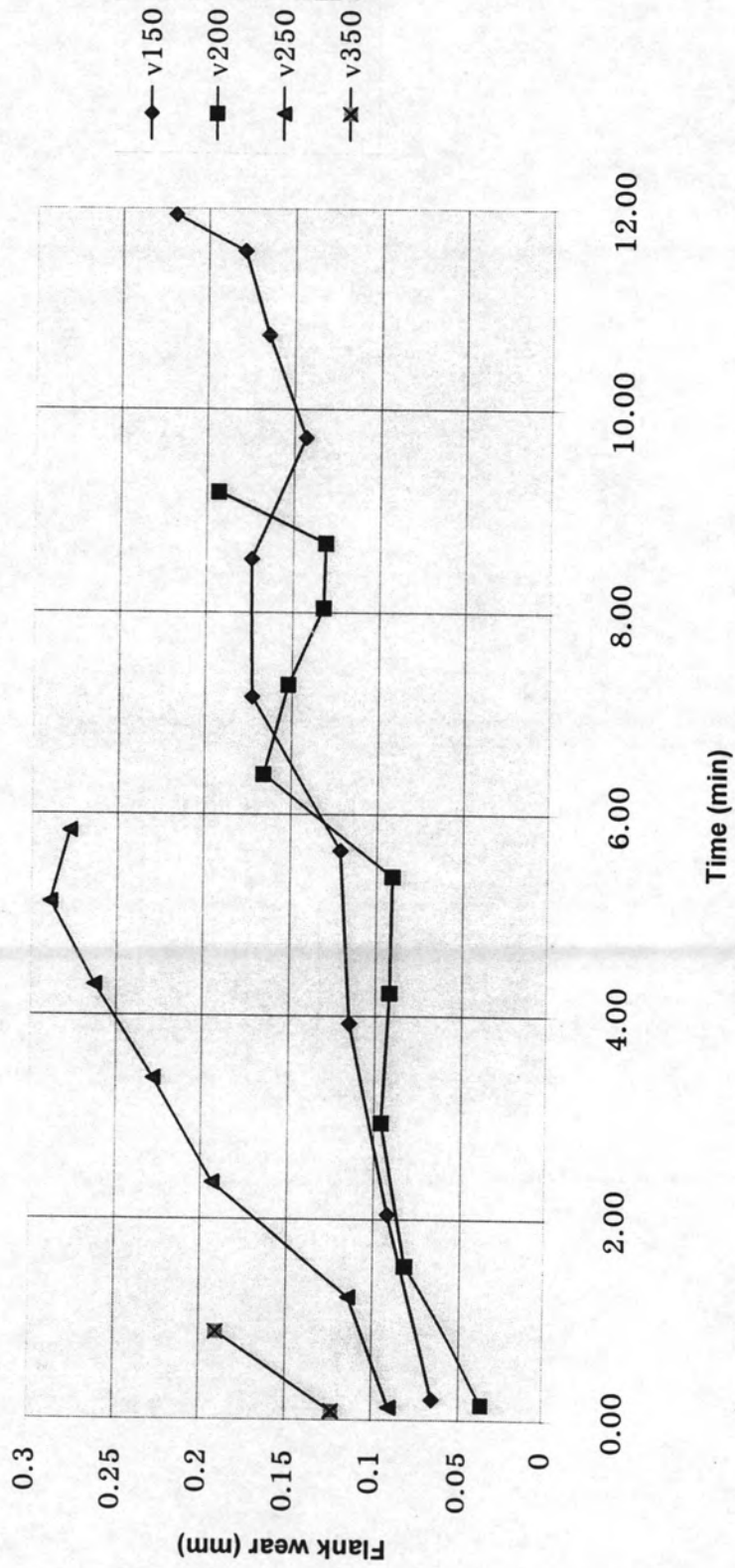
รูปที่ 4.23 แสดงผลของความเร็วดัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.1$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min



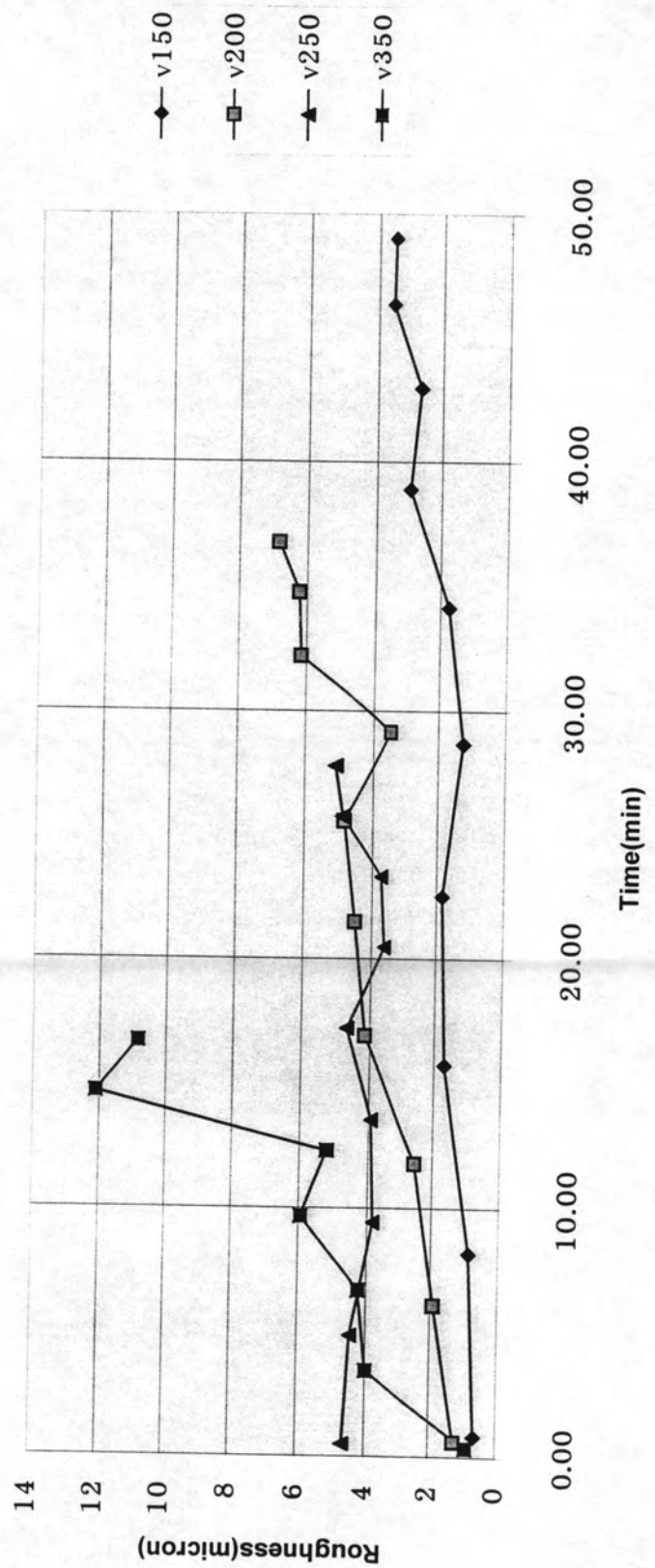
รูปที่ 4.24 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.2$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดลึงเซรามิก



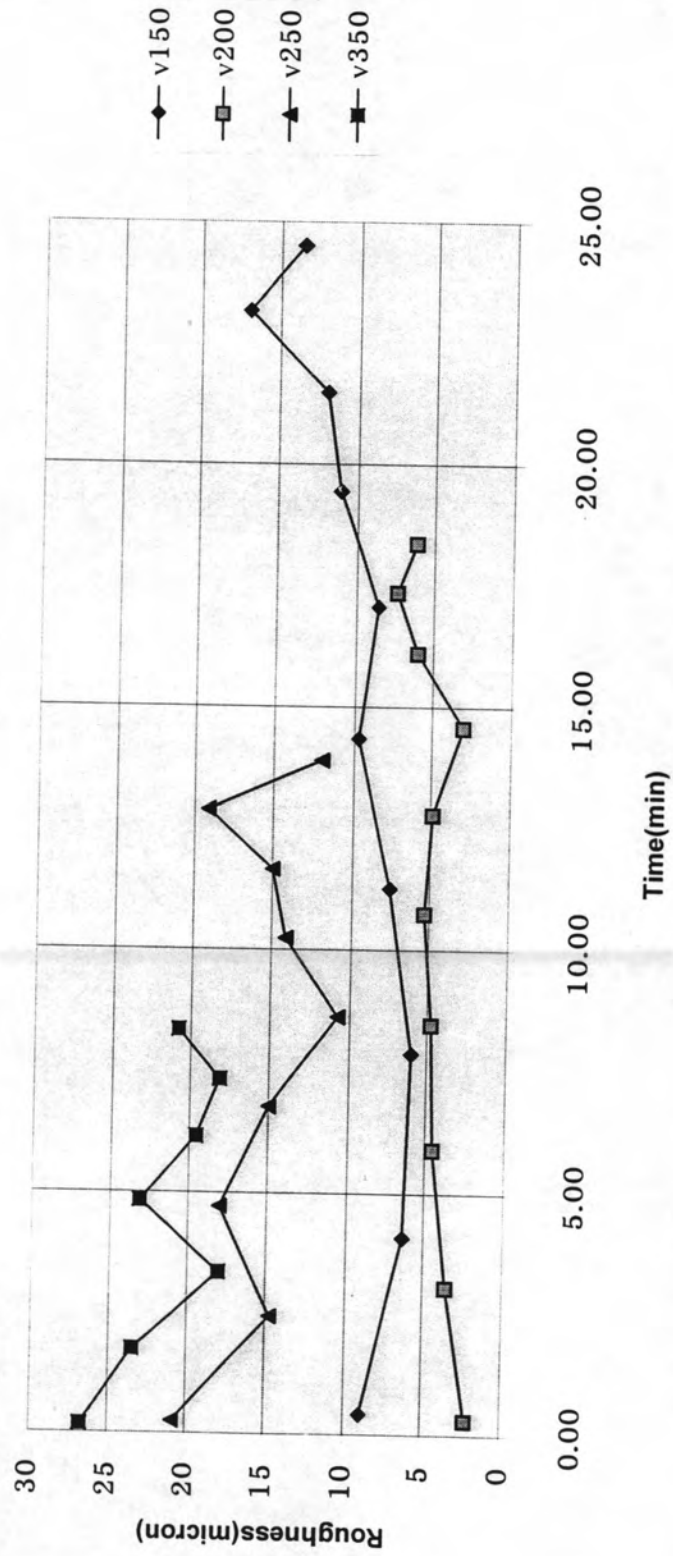
รูปที่ 4.25 แสดงผลของความเร็วจัดตัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.3$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงเซรามิก



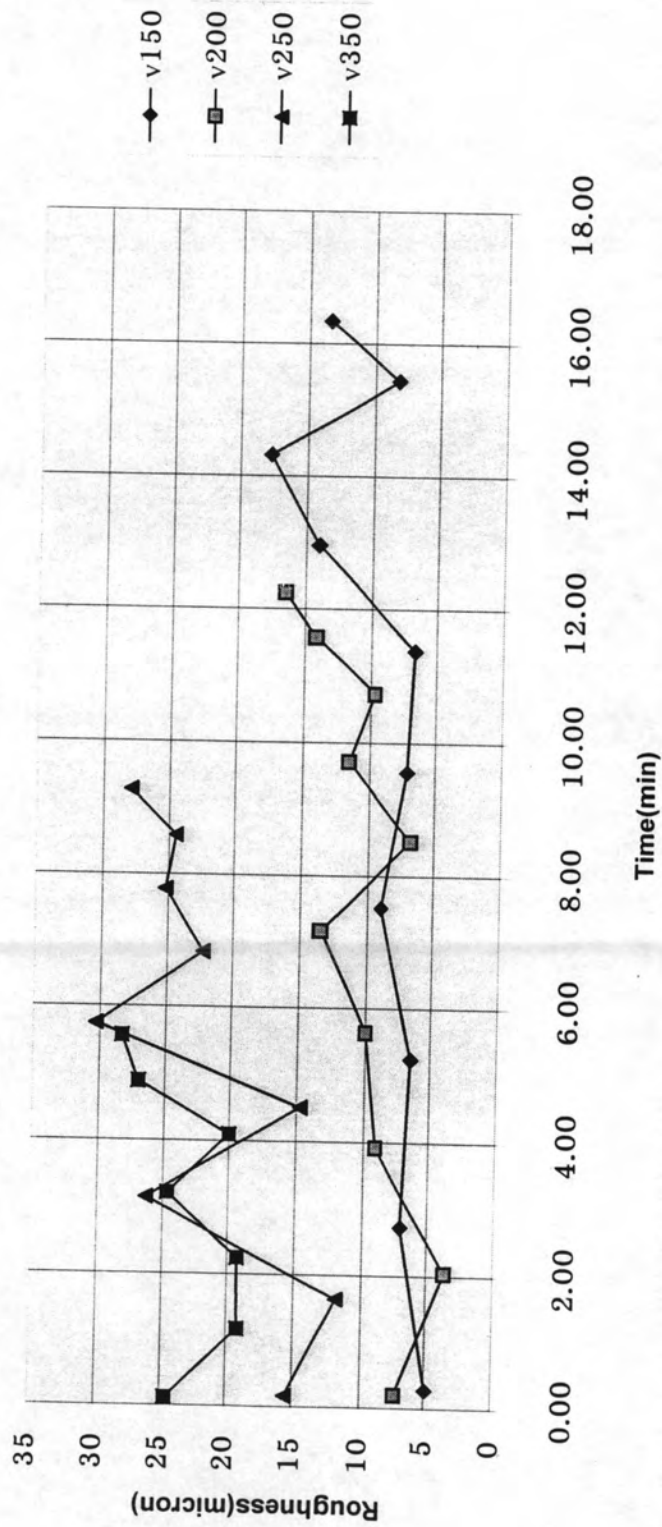
รูปที่ 4.26 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ flank wear เมื่อ $f=0.4$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดสังเขรามิก



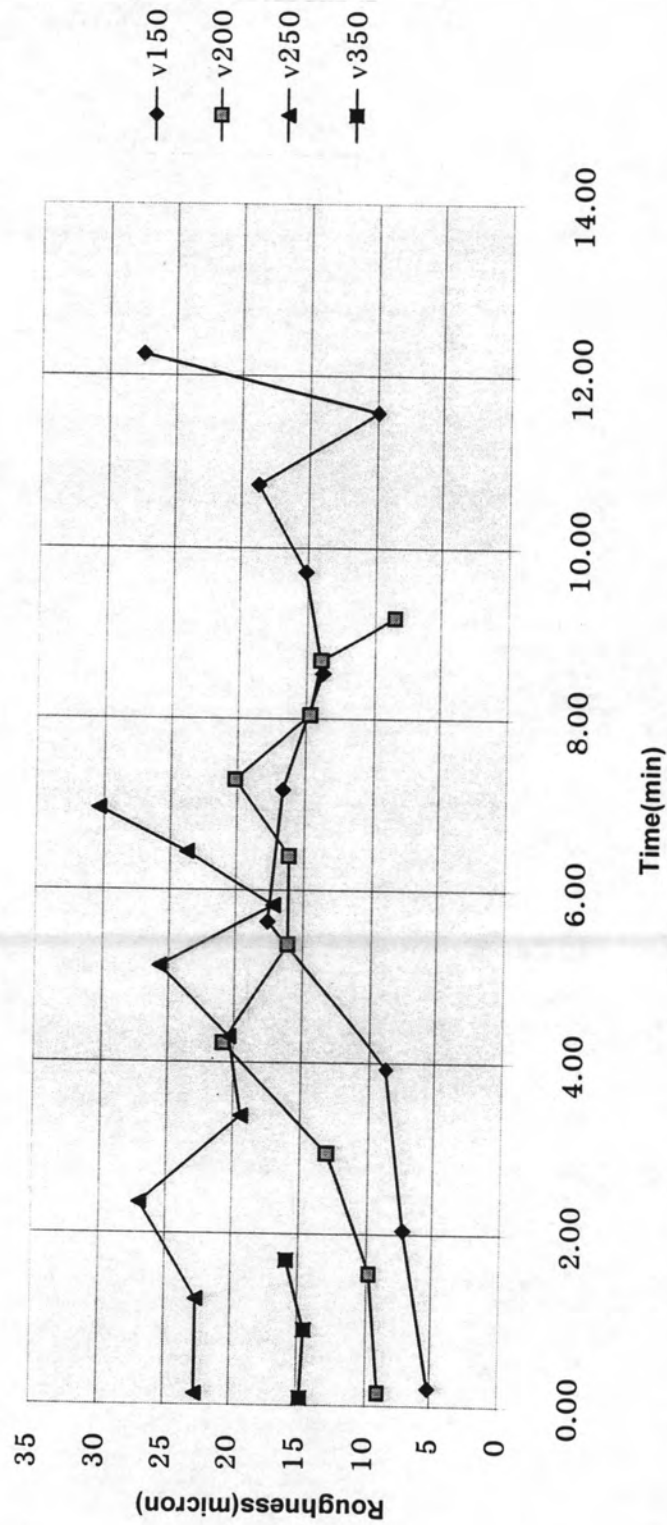
รูปที่ 4.27 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.1\text{mm/rev}$ และ $v=150,200,250,350\text{ m/min}$: มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



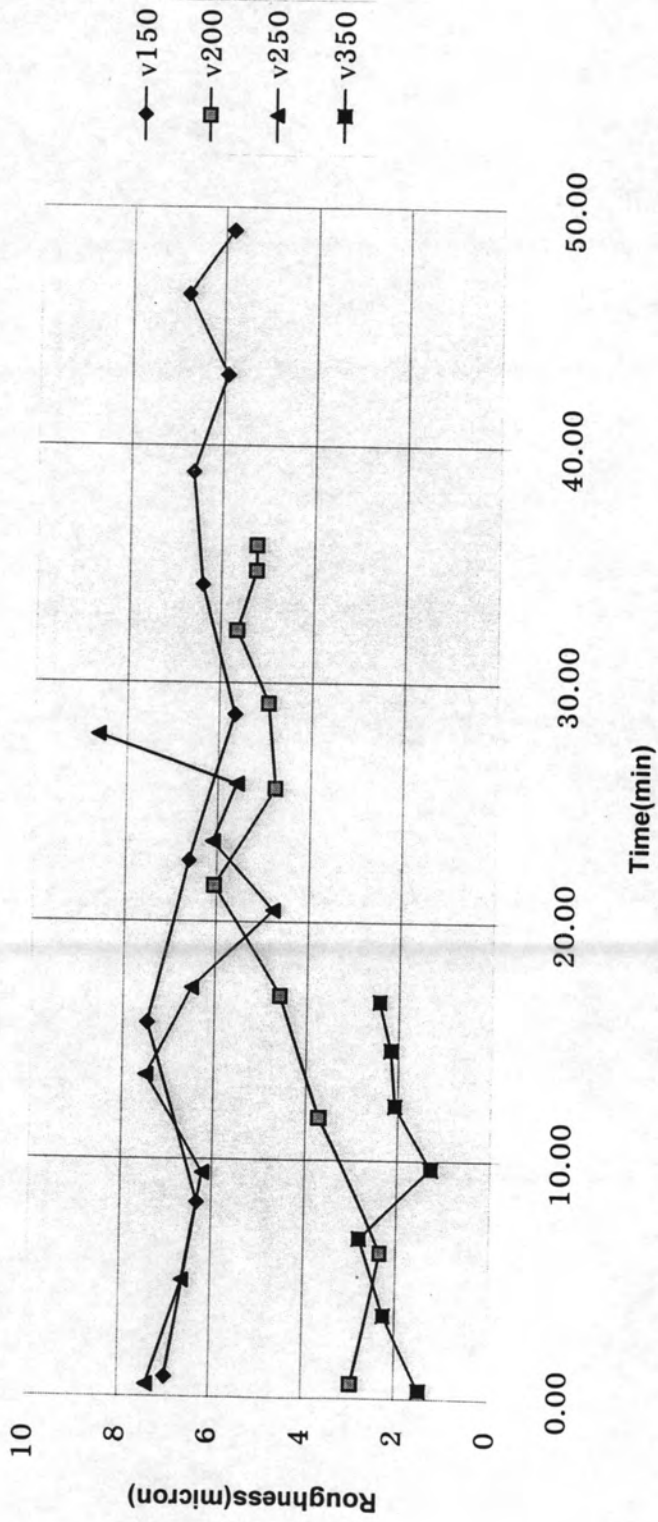
รูปที่ 4.28 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.2$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



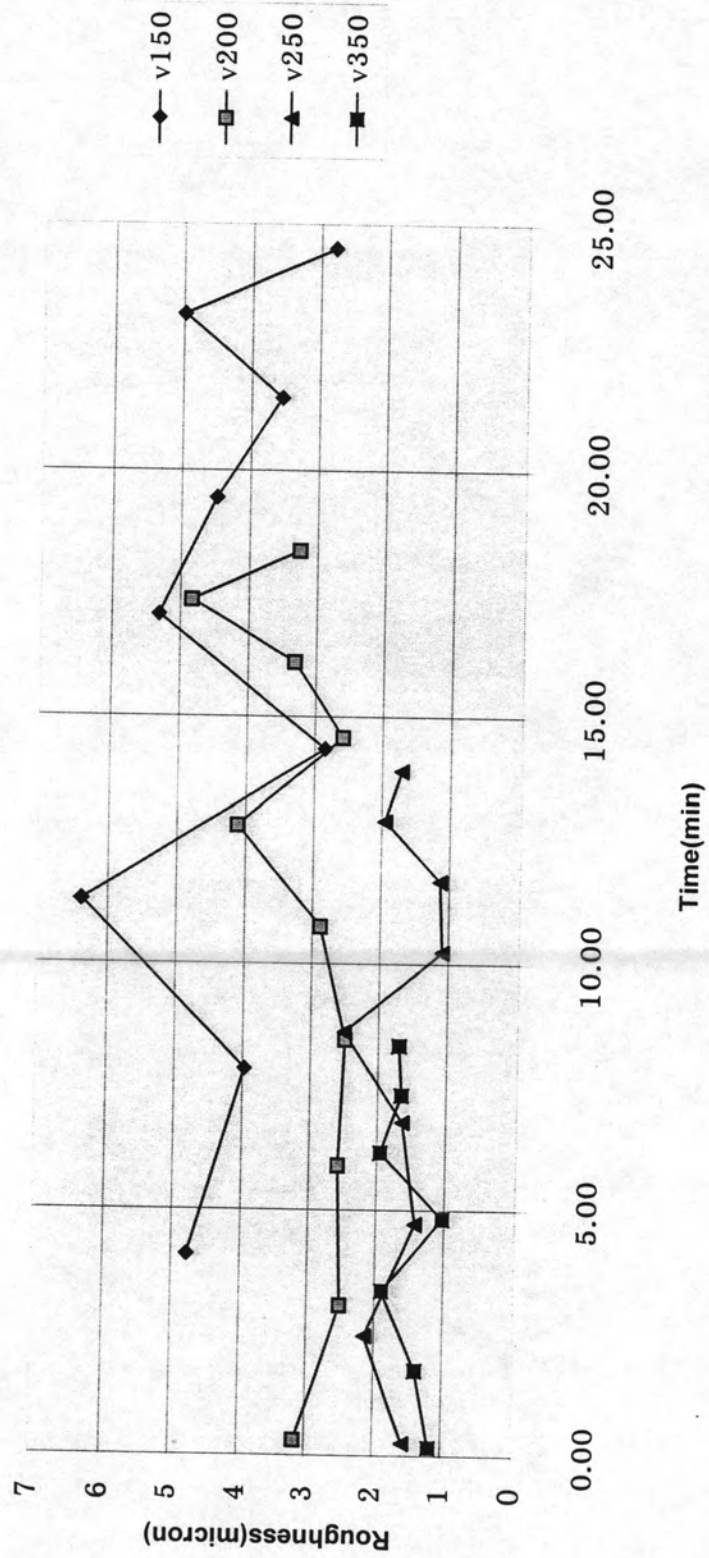
รูปที่ 4.29 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.3$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



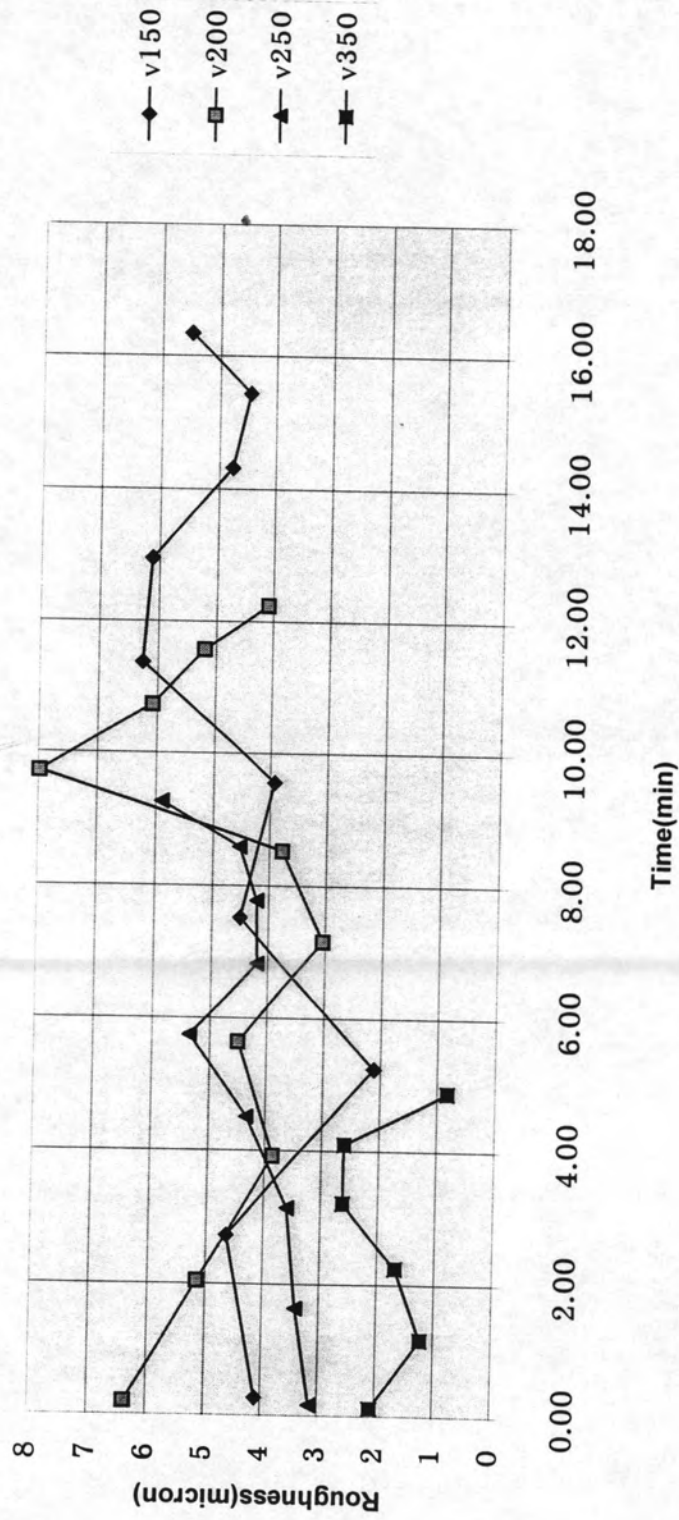
รูปที่ 4.30 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.4$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



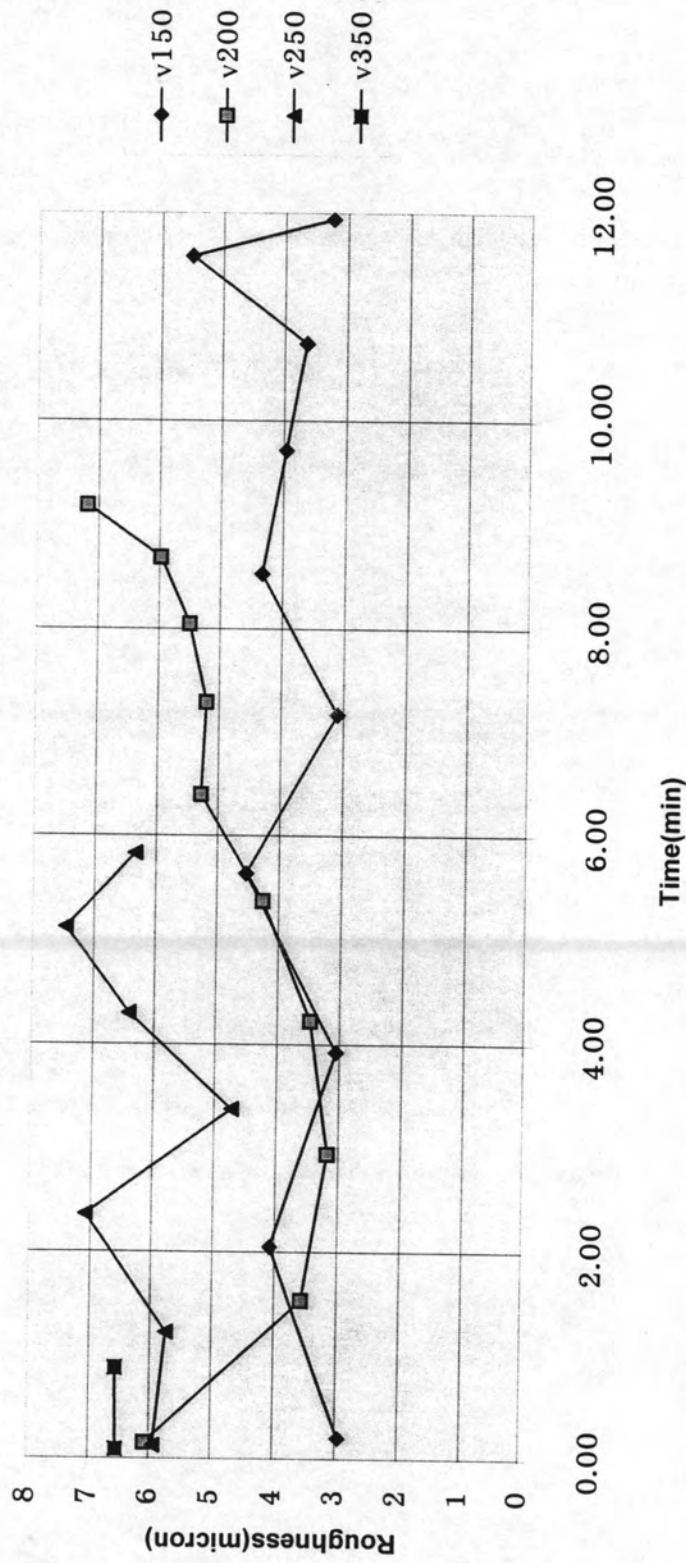
รูปที่ 4.31 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.1$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดถึงเซรามิก



รูปที่ 4.3.2 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.2$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงเซรามิก



รูปที่ 4.33 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.3$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงเซรามิก

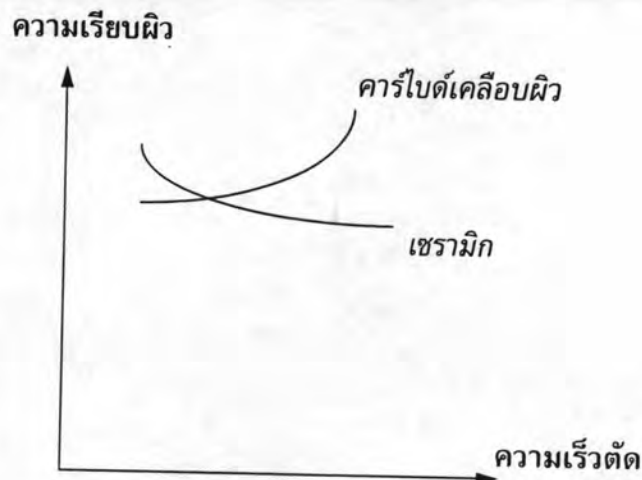


รูปที่ 4.34 แสดงผลของความเร็วตัดที่มีต่อ roughness เมื่อ $f=0.4$ mm/rev และ $v=150, 200, 250, 350$ m/min : มีดกลึงเซรามิก

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 การวิเคราะห์ผลจากสภาวะเงื่อนไขจากการทดลอง

ผลของความเร็วดัดที่มีต่อการสึกหรอ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกล่าวคือ เมื่อความเร็วดัดเพิ่มขึ้น การสึกหรอก็จะมีอัตราเพิ่มขึ้น อธิบายได้จากการที่ชิ้นงานกับมีดกึ่งมีการขัดสีกันมากขึ้นและอุณหภูมิที่เกิดจากการขัดสีก็สูงมากขึ้นด้วยส่วนอัตราป้อนเพิ่มขึ้น การสึกหรอก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่มีผลน้อยกว่าความเร็วดัดซึ่งอธิบายได้ว่า การเพิ่มอัตราป้อนเป็นการทำให้เกิดแรงกดมากขึ้นซึ่งทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ผลของอัตราป้อนที่มีต่อความเรียบผิวพบว่า เมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้น ความเรียบผิวก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี Ideal Surface Roughness โดยผลของความเรียบผิวขึ้นอยู่กับขนาดรูปทรงทางเรขาคณิตของมีดกึ่งและอัตราป้อน อย่างไรก็ตามจากการทดลอง ผลของความเรียบผิวไม่เป็นไปตามสูตรที่มีไว้ใช้งานทั่วไปจากผลของกราฟ เมื่อเวลาผ่านไปชิ้นงานที่ถูกกลึงตัดด้วยมีดกึ่งเซรามิกหรือคาร์ไบด์เคลือบจะมีแนวโน้มค่าความเรียบผิวเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะผลของการเกิดการสึกหรอของมีดกึ่งและพบว่าในสภาวะที่ใช้ความเร็วดัดสูง ชิ้นงานที่ถูกกลึงด้วยมีดกึ่งเซรามิกจะมีแนวโน้มค่าความเรียบผิวน้อยกว่าสภาวะความเร็วดัดที่ต่ำกว่า แต่สำหรับชิ้นงานที่ถูกกลึงตัดด้วยมีดกึ่งคาร์ไบด์เคลือบผิวจะให้ค่าความเรียบผิวที่สูงกว่าค่าความเรียบผิวที่สภาวะความเร็วดัดที่ต่ำกว่าดังรูปที่ 4.35 ส่วนเมื่อให้ความเร็วดัดคงที่และเพิ่มอัตราป้อน พบว่าค่าความเรียบผิวของสภาวะที่ใช้ทั้งมีดกึ่งเซรามิกและมีดกึ่งคาร์ไบด์เคลือบมีแนวโน้มมากขึ้นด้วย



รูปที่ 4.35 แสดงลักษณะเงื่อนไขใช้งานที่แตกต่างกันระหว่างมีดกึ่งคาร์ไบด์เคลือบผิวและเซรามิก

4.2.2 การวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของมีดกลึงที่สภาวะอัตราป้อนต่าง ๆ

อายุการใช้งานของมีดกลึงสามารถคำนวณได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองระหว่างระยะการสึกหรอและเวลาที่ดำเนินไปมาพล็อตระยะสึกหรอเป็นแกน Y และเวลาที่ดำเนินไปเป็นแกน X และทำการประมาณเส้นตรง โดยกำหนดระยะสึกหรอวิกฤต (critical flank) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร

จากสมการเส้นตรง $W = A + B T$
 โดยที่ W คือ ระยะสึกหรอวิกฤต หน่วยเป็นมิลลิเมตร
 A คือ ค่าคงที่
 B คือ ค่า slope ของสมการเส้นตรง
 T คือ อายุการใช้งานของมีดกลึง

ดังนั้นสามารถหาอายุการใช้งานของมีดกลึง (T) ที่เงื่อนไขต่าง ๆ ของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบดังตารางที่ 4.67 ถึง 4.70 และ มีดกลึงเซรามิกดังตารางที่ 4.71 ถึง 4.74

4.2.3 การวิเคราะห์สภาวะเงื่อนไขการกลึงทางเศรษฐศาสตร์

จากผลการทดลองสามารถประมาณอายุการใช้งานของมีดกลึงซึ่งนำผลดังกล่าวไปประยุกต์ในการวิเคราะห์สภาวะเงื่อนไขการกลึงที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดของงานผลิตชิ้นส่วนหนึ่งในสายการผลิต (machining line) ซึ่งเป็นชิ้นงาน DRUM BRAKE รถบรรทุกของบริษัทหนึ่ง ซึ่งวัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กหล่อสีเทา เกรด FC25 ตามมาตรฐาน JIS มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร ความลึกของแนวกลึงงาน 190 มิลลิเมตร เป็นการพิจารณาเงื่อนไขการกลึงของชิ้นงาน DRUM BRAKE ในกระบวนการสุดท้ายคือ การกลึงแบบละเอียด

จากข้อกำหนดของชิ้นงาน ความเรียบผิวต้องมีค่าไม่เกิน Ra 5.2 ซึ่งเป็นข้อกำหนดของชิ้นงานซึ่งจากสายการผลิตได้จำกัดอัตราป้อนที่ใช้ไม่ควรเกิน 0.3 มิลลิเมตร/รอบ ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลอายุการใช้งานที่ อัตราป้อน 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบโดยนำค่าความเร็วตัดและอายุใช้งานในตารางที่ 4.69 และ 4.73 นำมา Plot กราฟ Logarithmic scale ที่เป็นของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบดังรูปที่ 4.36 และมีดกลึงเซรามิกดังรูปที่ 4.37

การคำนวณค่า n จากการกลึงงานด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} &= \frac{\log T_1 - \log T_2}{\log V_2 - \log V_1} \\ &= \frac{\log 200 - \log 40}{\log 9 - \log 6} \end{aligned}$$

$$= \frac{2.301 - 1.602}{0.954 - 0.778}$$

$$n = 0.251$$

และจากกราฟจะได้ค่าความเร็วตัด (V_r) เท่ากับ 8.5 เมตรต่อวินาทีที่อายุใช้งานที่ 60 วินาที
การคำนวณค่า n จากการกลึงงานด้วยมีดกลึงเซรามิก

$$\frac{1}{n} = \frac{\log T1 - \log T2}{\log V2 - \log V1}$$

$$= \frac{\log 1000 - \log 100}{\log 8 - \log 4}$$

$$= \frac{3 - 2}{0.903 - 0.602}$$

$$n = 0.301$$

และจากกราฟจะได้ค่าความเร็วตัด (V_r) เท่ากับ 9.0 เมตรต่อวินาทีที่อายุใช้งานที่ 60 วินาที
จากรูปที่ 4.36 และ 4.37 จะได้ค่า slope หรือ n ซึ่งเป็นค่าคงที่จากสมการของ Taylor คือ 0.251 สำหรับมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ และ 0.301 สำหรับมีดกลึงเซรามิกซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปแทนค่าคำนวณหาจุดเหมาะสมที่สุด

การหาจุด optimum point ของมีดกลึงจะใช้โปรแกรม EXCEL ช่วยในการจัดสูตรสำหรับคำนวณโดยใส่ข้อมูลในบริเวณช่องที่เป็นพื้นที่แรเงาจากตารางที่ 4.45 และ 4.46 ซึ่งเป็นการคำนวณหา V_c และ V_p สำหรับมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบและเซรามิกตามลำดับ

ตัวอย่างสำหรับกรณีของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ

ข้อมูลจากสายการผลิต

1. ราคาเครื่องจักรที่ใช้ในการกลึง (initial cost of machine) ซึ่งเท่ากับ 1,500,000 บาทและกำหนดเวลาในการคิดค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรเท่ากับ 4 ปี
2. ค่าแรงงาน (L) เท่ากับ 25 บาทต่อชั่วโมงหรือ 0.007 บาทต่อวินาที
3. ค่าเสียหายของการดำเนินงานจะกำหนดจาก 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าแรงงานซึ่งเท่ากับ 0.003 บาทต่อวินาที
4. ค่าเสียหายของเครื่องจักรกำหนดจาก 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราค่าเสื่อมราคาซึ่งเท่ากับ 0.026 บาทต่อวินาที
5. เวลาในการเปลี่ยนเครื่องมือ (T_{ct}) เท่ากับ 300 วินาที

6. ค่าเม็ดมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบเท่ากับ 152 บาทต่อเม็ด
7. จำนวนมุมมีดกลึงต่อ 1 เม็ดเท่ากับ 4 มุม
8. ค่าใช้จ่ายของเม็ดมีดโดยคิดต่อมุมมีด (Ct) เท่ากับ 38 บาทต่อมุม
9. เวลาที่ไม่ได้เกี่ยวกับการผลิต (Tl) เท่ากับ 120 วินาที
10. อัตราการเสื่อมของเครื่องจักร (Mt) เท่ากับ 0.052 บาทต่อวินาที
11. อัตราค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องจักรและการดำเนินงาน (M)

$$M = Mt + (\text{percent machine overheads}) Mt + L + (\text{percent operation overheads}) L$$

$$M = 0.052 + 0.026 + 0.007 + 0.003$$

$$= 0.089 \text{ บาทต่อวินาที}$$
12. ความยาวของแนวการกลึง (workpiece length) เท่ากับ 190 มิลลิเมตร
13. เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (workpiece diameter) เท่ากับ 250 มิลลิเมตร

ข้อมูลจากการทดลอง

14. ค่าคงที่ n ซึ่งได้จากการทดลองเท่ากับ 0.251
15. ความเร็วตัด (Vr) ที่อายุใช้งาน (Tr) 60 วินาทีเท่ากับ 8.5 เมตรต่อวินาที
16. ความเร็วตัดที่ต้นทุนรวมต่ำสุด (Vc) คำนวนจากสมการ (2.19) จะเท่ากับ 3.451 เมตรต่อวินาที
17. อายุใช้งานของเม็ดมีดที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Tc) คำนวนจากสมการ (2.22) จะเท่ากับ 2175.909 วินาที
18. เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานกรณีค่าใช้จ่ายต่ำสุด (machining time: Tm,c) คำนวนจากสมการ (2.15) จะเท่ากับ 144.096 วินาที
19. อัตราส่วนของ Nt/Nb จะเท่ากับ 0.066 โดยที่ Nt คือจำนวนมุมมีดกลึงที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน 1 batch ซึ่งเท่ากับจำนวน Nb ชิ้น
สำหรับการพิจารณาใช้ความสัมพันธ์จากสมการ (2.14)

$$\frac{Nt}{Nb} = \frac{Tm}{T}$$
 โดยแทนค่า Tm ด้วย Tm,c
และ T ด้วย Tc
20. ต้นทุนที่ไม่เกิดผลผลิต (non productive cost, Mtl) จะเท่ากับ 10.625 บาทต่อชิ้น
21. ต้นทุนที่ใช้ในการผลิต (machining cost, MTm,c/Nb) จะเท่ากับ 12.759 บาทต่อชิ้น
22. ต้นทุนของเม็ดมีดซึ่งคิดจาก เวลาที่เสียไปในการเปลี่ยนเม็ดมีดและต้นทุนของเม็ดมีดกลึง (tool cost) หรือสูตร

$$(M)(Nt)(Tc) + (Nt)(Ct)$$

$$(Nb)$$

จะเท่ากับ 4.276 บาทต่อชิ้น

23. ต้นทุนรวมของการผลิตเฉลี่ยต่อชิ้นงานในกรณีของการพิจารณาต้นทุนต่ำสุด (total cost: $C_{pr,c}$) จำนวนจากสมการ (2.10) จะเท่ากับ 27.659 บาทต่อชิ้น

24. เวลาที่ใช้ในการผลิตรวมต่อชิ้น (total production time: $T_{pr,c}$) จำนวนจากสมการ (2.20) จะเท่ากับ 283.963 วินาที

สำหรับในการพิจารณาในกรณีของการเลือกความเร็วตัดที่การใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุดเป็นลักษณะเช่นเดียวกับหัวข้อ 16 ถึง 24

จากข้อมูลที่คำนวณได้คือ เวลาที่ใช้ในการผลิตรวมต่อชิ้น (total production time) ต้นทุนของการผลิตรวมเฉลี่ยต่อชิ้น (total cost) ของกรณีการพิจารณาต้นทุนต่ำสุดและอัตราการผลิตสูงสุด สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อการตัดสินใจเลือกเงื่อนไขการกลึงตั้งตารางการเปรียบเทียบระหว่าง V_c และ V_p โดยมีเงื่อนไขการซื้อขายชิ้นงานดังนี้ เวลาในการขายคงที่ในเวลา 1 ปีหรือเท่ากับ 7.2×10^6 วินาทีและเสนอการจ้างผลิตชิ้นงานที่ราคา 37.5 บาทต่อชิ้น

ดังนั้นสามารถหาจุดที่ให้อัตรากำไรสูงสุดได้จากข้อมูลข้างต้นและกำหนดความเร็วตัดในช่วง V_c และ V_p โดยอัตรากำไรคำนวณได้จากสมการที่ (2.25)

จากตารางนำมาพล็อตกราฟระหว่างความเร็วตัดและอัตรากำไร ดังรูปที่ 4.38 และรูปที่ 4.39 จะได้ว่า การกลึงชิ้นงานด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบที่เงื่อนไขการกลึงความเร็วตัดเท่ากับ 3.9 เมตรต่อวินาทีหรือ 234 เมตรต่อนาทีจะให้อัตรากำไรสูงสุดคือ 0.037 บาทต่อวินาที และการกลึงชิ้นงานด้วยมีดกลึงเซรามิกที่เงื่อนไขการกลึงความเร็วตัดเท่ากับ 3.1 เมตรต่อวินาทีหรือ 186 เมตรต่อนาทีจะให้อัตรากำไรสูงสุดคือ 0.019 บาทต่อวินาที

ตารางที่ 4.35 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่ , A	ค่าslope , B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.1	0.3	0.011651	0.001004	287.21
200	0.1	0.3	0.07239	0.002246	101.34
250	0.1	0.3	0.122611	0.003061	57.95
350	0.1	0.3	0.149578	0.006052	24.85

ตารางที่ 4.36 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่ , A	ค่าslope , B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.2	0.3	0.092495	0.000978	212.12
200	0.2	0.3	0.11662	0.003853	47.59
250	0.2	0.3	0.126039	0.008411	20.68
350	0.2	0.3	0.148011	0.019948	7.62

ตารางที่ 4.37 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่ , A	ค่าslope , B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.3	0.3	0.10193	0.001855	106.75
200	0.3	0.3	0.1048	0.008027	24.32
250	0.3	0.3	0.157115	0.014406	9.92
350	0.3	0.3	0.179902	0.02645	4.54

ตารางที่ 4.38 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่, A	ค่าslope, B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.4	0.3	0.145897	0.004709	32.72
200	0.4	0.3	0.122034	0.017818	9.98
250	0.4	0.3	0.193296	0.027931	3.82
350	0.4	0.3	0.124485	0.120882	1.45

ตารางที่ 4.39 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงเซรามิกโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่, A	ค่าslope, B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.1	0.3	0.0794	0.0014	159.6
200	0.1	0.3	0.0686	0.0025	91.1
250	0.1	0.3	0.0663	0.003	77.8
350	0.1	0.3	0.0120	0.0082	35.1

ตารางที่ 4.40 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงเซรามิกโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่, A	ค่าslope, B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.2	0.3	0.0656	0.0018	124.5
200	0.2	0.3	0.0564	0.0027	88.8
250	0.2	0.3	0.0338	0.0079	33.4
350	0.2	0.3	0.097	0.0189	10.7

ตารางที่ 4.41 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงเซรามิกโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่, A	ค่า slope, B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.3	0.3	0.0544	0.0037	65.8
200	0.3	0.3	0.0623	0.0066	35.8
250	0.3	0.3	0.0605	0.0214	11.2
350	0.3	0.3	0.0879	0.0419	5.05

ตารางที่ 4.42 แสดงอายุใช้งานของมีดกลึงเซรามิกโดยที่ความเร็วตัดเปลี่ยนและอัตราป้อนเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ

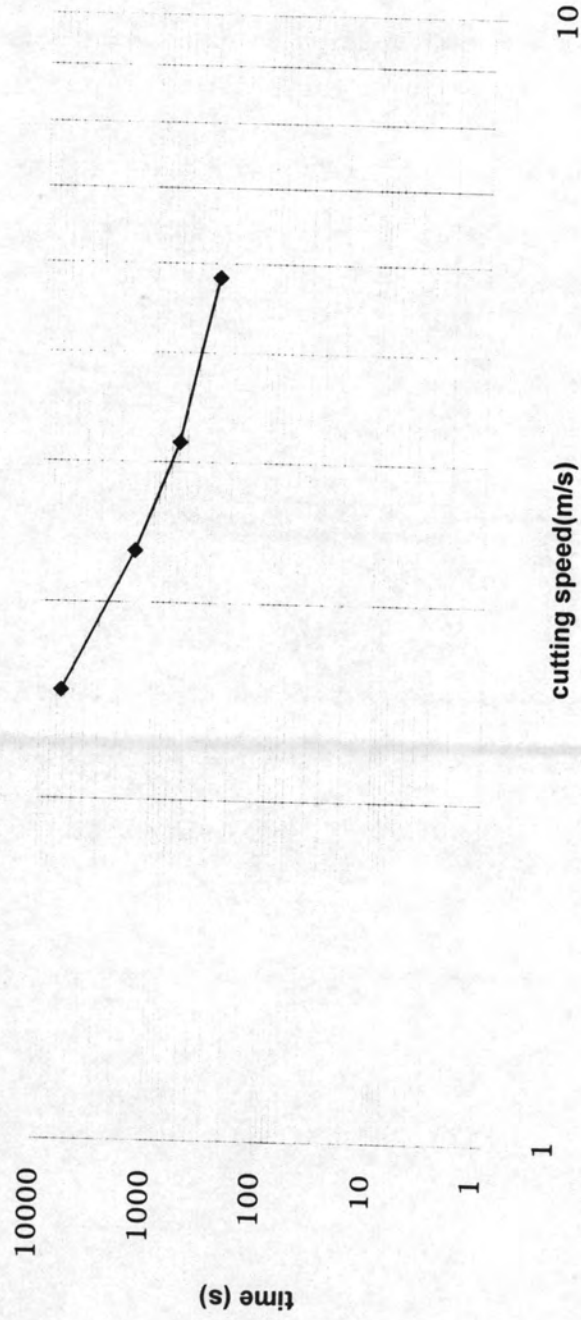
ความเร็วตัด, V (m/min)	อัตราป้อน, f (mm/rev)	ระยะสึกหรอวิกฤต, W (mm)	ค่าคงที่, A	ค่า slope, B	อายุใช้งานมีดกลึง (min)
150	0.4	0.3	0.0706	0.0104	22.14
200	0.4	0.3	0.0464	0.0131	19.35
250	0.4	0.3	0.0889	0.0372	5.6
350	0.4	0.3	0.1155	0.0846	2.2

ตารางที่ 4.43 แสดงความเร็วตัด (V) ในช่วง V_c ถึง V_p และอัตรากำไร (profit rate) ของมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ

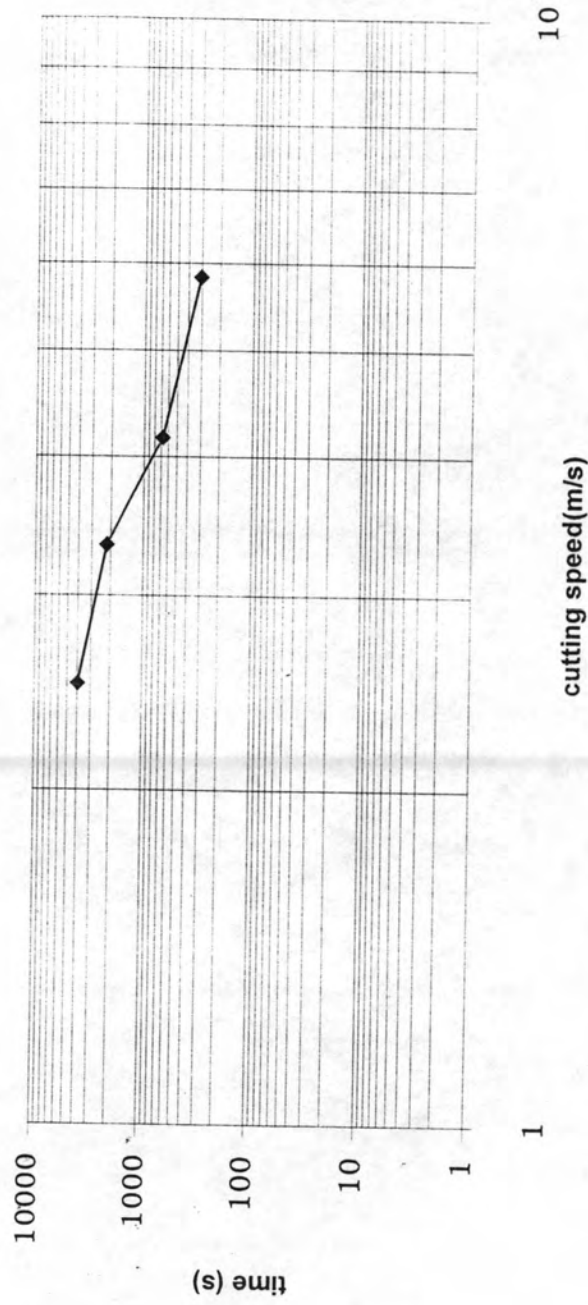
อัตรากำไร (profit rate, baht/s)	ความเร็วตัด (V, m/s)
-0.0278633	1
0.01082606	2
0.03235204	3
0.03695131	4
0.02279665	5
-0.012936	6

ตารางที่ 4.44 แสดงความเร็วตัด(V)ในช่วง V_c ถึง V_p และอัตรากำไร(profit rate)ของมีดกลึงเซรามิก

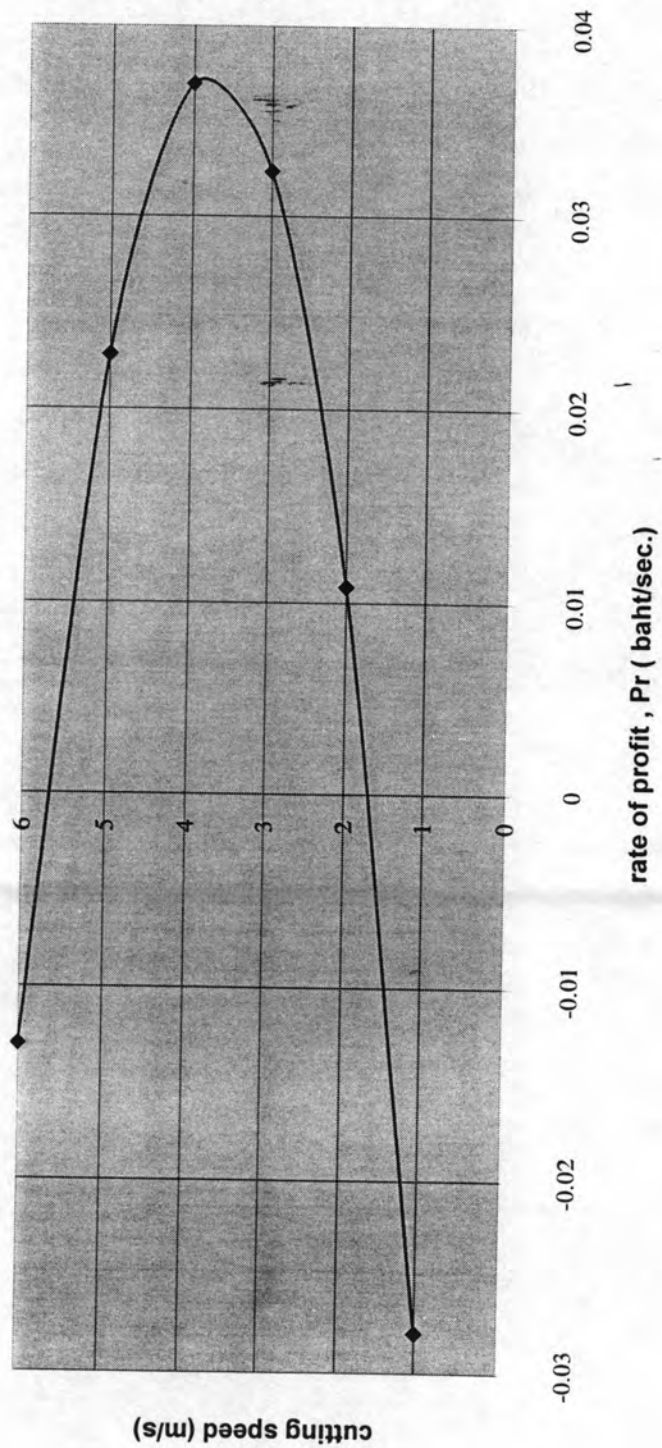
อัตรากำไร (profit rate, baht/s)	ความเร็วตัด (V , m/s)
-0.0283499	1
0.00613051	2
0.01902143	3
0.01203755	4
-0.0141157	5
-0.0591738	6



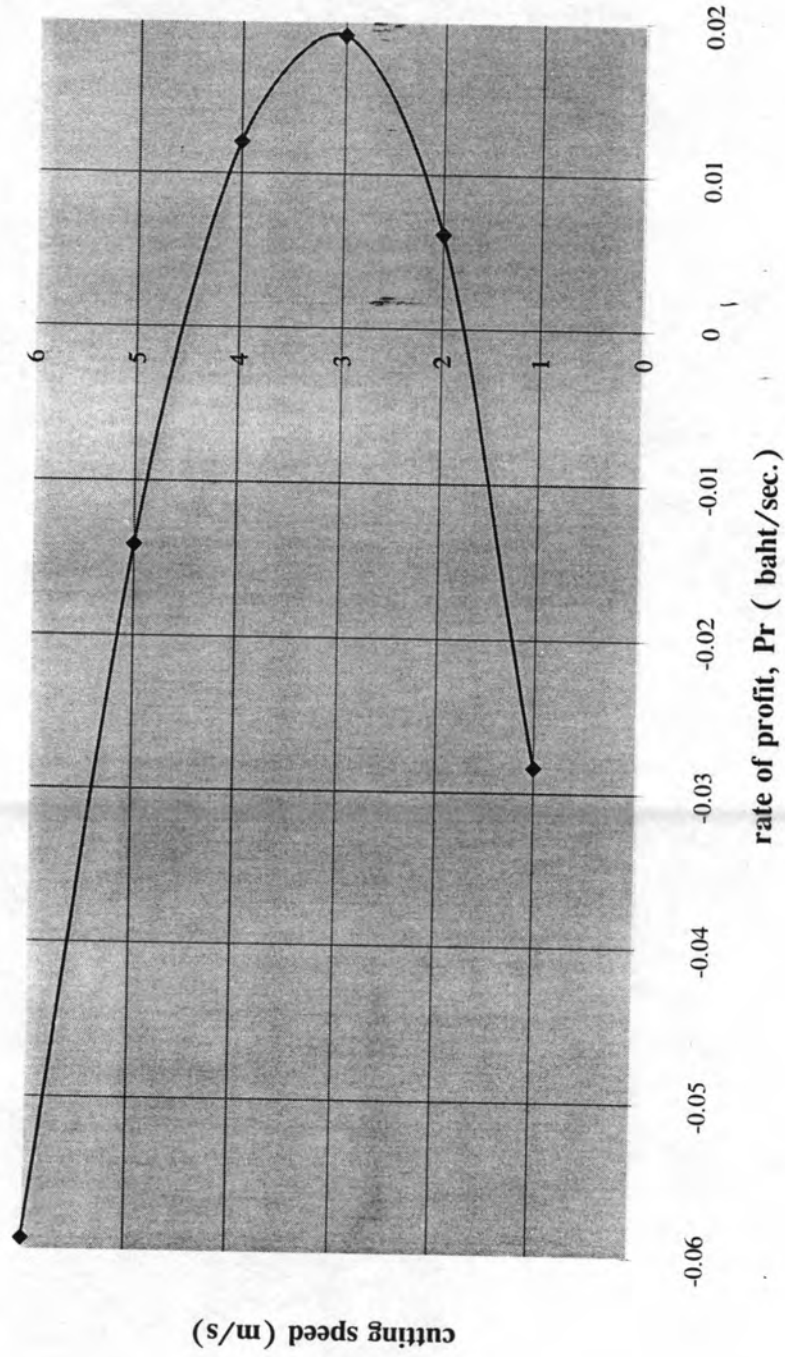
รูปที่ 4.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของมีดกลึงเชิงคาร์ไบด์เคลือบและความเร็วตัดที่ใช้



รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุใช้งานของมีดกลึงเซรามิกและความเร็วตัดที่ใช้



รูปที่ 4.38 แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอัตรากำไร ณ.ราคาขาย 37.5 บาท: มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ



รูปที่ 4.39 แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอัตรากำไร ณ. ราคาขาย 37.5 บาท : มีคถึงเซรามิก

ตารางที่ 4.45 การคำนวณความเร็วตัดที่ต้นทุนการผลิตต่ำสุด (Vc) และอัตราการผลิตสูงสุด (Vp) สำหรับคาร์ไบด์เคลือบผิว

Tool material used : CARBIDE COATED

Workpiece material used : GREY CAST IRON ,FC25

Cutting Condition Feed = 0.3 mm/rev Depth of cut 0.3 mm

INPUT ข้อมูลจากโรงงาน

1 Initial Cost of M/C	1500000	B, Machine is to be amortized over	4.000	year
2 Operator's wage	25	B/hr. or	0.007	B/s
3 Operating overhead	50	% of operator's wage	0.003	B/s
4 Machine overhead	50	% of M/C	0.026	B/s
5 Tool change and resetting time, Tct			300.000	s
6 Cost of cutting tool			152.000	B/insert
7 Average number of cutting edge used			4	corner/insert
8 Cost of insert corner, Ct			38.000	B/corner
9 non-productive time for each component, Tl			120.000	s
10 Machine depreciation rate, Mt			0.052	B/s
11 Machine and operator rate, M			0.089	B/s
ข้อมูลของชิ้นงาน				
12 workpiece length			190.000	mm
13 Workpiece diameter			250.000	mm
ค่าคงที่จากการทดลองมีดกลึง				
14 ค่าคงที่ n	0.251			
15 ค่า Vr	8.500	m/s เมื่อ Tr = 60 s		

OUT PUT IN CASE : MINIMUM COST

16	Vc	3.451	m/s	17 Tc	2175.909	s
18	Tm,c	144.096	s			
19	ratio Ni/Nb	0.066				
20	nonproductive cost	10.625	B/pcs.			
21	machining cost	12.759	B/pcs.			
22	Tool cost	4.276	B/pcs.			
23	Total cost: Cpr,c	27.659	B/pcs.			
24	Total production time: Tpr,c	283.963	s			

OUT PUT IN CASE : MINIMUM PRODUCTION TIME

25	Vp	4.313	m/s	26 Tp	895.2191	s
27	Tm,p	115.266	s			
28	ratio Ni/Nb	0.129				
29	nonproductive cost	10.625	B/pcs.			
30	machining cost	10.206	B/pcs.			
31	Tool cost	8.313	B/pcs.			
32	Total cost: Cpr,p	29.144	B/pcs.			
33	Total production time: Tpr,p	273.893	s			

COMPARISION BETWEEN CASE Vc and Vp

รายการ	กรณี Vc	กรณี Vp	เวลาการผลิต ที่ลดลง(min)	เปรียบเทียบ เป็น %	ค่าใช้จ่ายที่ เพิ่มขึ้น	เปรียบเทียบ เป็น %
เวลาที่ใช้ในการผลิตรวมต่อชิ้น, s	283.96	273.89	10.07	3.55		
ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อชิ้น, B	27.66	29.14			1.485	5.37
ราคาขายคงที่ในเวลา 1 ปี, s	7200000.00	7200000.00				
ราคาขาย, S	37.50	37.50				
กำไรต่อชิ้น, B	9.84	8.36				
กำไรรวมทั้งหมด, B	249519.76	219666.04				

ตารางที่ 4.46 การคำนวณความเร็วตัดที่ต้นทุนการผลิตต่ำสุด (Vc) และอัตราการผลิตสูงสุด (Vp) สำหรับเซรามิก

Tool material used : CERAMIC

Workpiece material used : GREY CAST IRON ,FC25

Cutting Condition Feed = 0.3 mm/rev Depth of cut 0.3 mm

INPUT ข้อมูลจากโรงงาน

1	Initial Cost of M/C	1500000	B, Machine is to be amortized over	4.000	year
2	Operator's wage	25	B/hr. or	0.007	B/s
3	Operating overhead	50	% of operator's wage	0.003	B/s
4	Machine overhead	50	% of M/C	0.026	B/s
5	Tool change and resetting time, Tct			300.000	s
6	Cost of cutting tool			258.000	B/insert
7	Average number of cutting edge used			4	corner/insert
8	Cost of insert corner, Ct			64.500	B/corner
9	non-productive time for each component, Tl			120.000	s
10	Machine depreciation rate, Mt			0.052	B/s
11	Machine and operator rate, M			0.089	B/s
ข้อมูลของชิ้นงาน					
12	workpiece length			190.000	mm
13	Workpiece diameter			250.000	mm
ค่าคงที่จากการทดลองมีดกลึง					
14	ค่าคงที่ n =	0.301			
15	ค่า Vr =	9.000	m/s เมื่อ Tr = 60 s		

OUT PUT IN CASE : MINIMUM COST

16	Vc =	2.969	m/s	17	Tc =	2388.375	s
18	Tm,c =	167.488	s				
19	ratio Nt/Nb =	0.070					
20	nonproductive cost =	10.625	B/pcs.				
21	machining cost =	14.830	B/pcs.				
22	Tool cost =	6.386	B/pcs.				
23	Total cost: Cpr,c =	31.841	B/pcs.				
24	Total production time: Tpr,c =	308.526	s				

OUT PUT IN CASE : MINIMUM PRODUCTION TIME

25	Vp =	4.302	m/s	26	Tp =	696.6777	s
27	Tm,p =	115.555	s				
28	ratio Nt/Nb =	0.166					
29	nonproductive cost =	10.625	B/pcs.				
30	machining cost =	10.231	B/pcs.				
31	Tool cost =	15.104	B/pcs.				
32	Total cost: Cpr,p =	35.961	B/pcs.				
33	Total production time: Tpr,p =	285.315	s				

COMPARISION BETWEEN CASE Vc and Vp

รายการ	กรณี Vc	กรณี Vp	เวลาการผลิตที่ลดลง(min)	เปรียบเทียบเป็น %	ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	เปรียบเทียบเป็น %
เวลาที่ใช้ในการผลิตรวมต่อชิ้น, s	308.53	285.31	23.21	7.52		
ต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อชิ้น, B	31.84	35.96			4.120	12.94
ราคาขายคงที่ในเวลา 1 ปี, s	7200000.00	7200000.00				
ราคาขาย, S	37.50	37.50				
กำไรต่อชิ้น, B	5.66	1.54				
กำไรรวมทั้งหมด, B	132074.17	38847.82				