

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้ถูกกำหนดให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในบทที่ 3 จนแล้วเสร็จ กล่าวคือ ได้ทำการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น วัสดุที่เป็นชิ้นงาน วัสดุที่เป็นหินเจียร เครื่องจักรที่ใช้ในการทำการวิจัย แล้วจึงนำชิ้นงานที่จะทำการวิจัยมาทำการทดสอบก่อนการทดลอง ต่อจากนั้นจึงทำการทดสอบหาอายุการใช้งานของหินเจียร การวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย และการวิเคราะห์อัตราการผลิตตามลำดับ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือ การทดลองหินเจียรที่เป็นหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์(SiC) และส่วนที่ 2 คือ การทดลองหินเจียรที่เป็นหิน(CBN) ดังนั้นจึงสามารถแบ่งผลการทดลอง และการวิเคราะห์ออกเป็นหัวข้อต่างๆได้ ดังนี้

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุก่อนการทดลอง

1.1) ผลการทดสอบวัสดุที่เป็นชิ้นงาน

-ความแข็งของชิ้นงาน

-ขนาดของชิ้นงาน

1.2) ผลการทดสอบวัสดุที่เป็นหินเจียร

-ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

2. ผลการทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียร

2.1) ผลการทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์

2.2) ผลการทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิกโบรอนไนไตรท์

3. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของการเจียรในเชิงเศรษฐศาสตร์

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุก่อนการทดลอง

4.1.1 ผลการทดสอบวัสดุชิ้นงาน

4.1.1.1 ความแข็งของผิวชิ้นงาน

การทดสอบคุณสมบัติทางกลที่ทำการทดสอบคือ ความแข็งของชิ้นงาน จำนวน 50 ชิ้น จะพบว่าค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 200-220 HB ซึ่งเป็นค่าความแข็งที่อยู่ในข้อกำหนดของชิ้นงานที่ต้องการ ดังตารางที่ 4.1

4.1.1.2 ขนาดของชิ้นงาน

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ผลทดสอบจำนวน 50 ชิ้น คือขนาดของรูในที่จะต้องทำการเจียรจะอยู่ในช่วง 53.00 ± 0.02 มม. ดังตารางที่ 4.2

4.1.2 ผลการทดสอบวัสดุที่เป็นหินเจียร

การทดสอบขนาดของหินทั้ง 2 ชนิด คือเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 46.00 ± 0.20 มม. และความสูงของหิน 50.00 ± 0.10 มม.สามารถแสดงได้ด้วยตารางที่ 4.3 ดังต่อไปนี้

4.2 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานหินเจียร

4.2.1 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานหินซิลิกอนคาร์ไบด์(SiC)

เมื่อใช้หินเจียรซิลิกอนคาร์ไบด์เป็นเครื่องมือในการเจียรชิ้นงาน ก่อนที่จะทำการเจียรชิ้นงานจริงจะต้องทำการปรับแต่งผิวของหินเจียรให้มีความคม และเส้นรอบวงของหินเจียรให้มีความกลมพร้อมที่จะทำการเจียร โดยทำการตัดออกทั้งหมด 30 ไมครอน และทำการตัดออกครั้งละ 5 ไมครอน ซึ่งผลของปรับแต่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.1 รูปแสดงผิวของหินเจียรซิลิกอนคาร์ไบด์ ก่อนการปรับแต่งผิวและหลังการปรับแต่งผิว เมื่อทำการปรับแต่งผิวของหินเจียรให้พร้อมที่จะใช้งานแล้ว จึงนำมาทดลองตามเงื่อนไขต่างๆที่ได้กำหนดไว้แล้วในขั้นตอนของการทดสอบอายุการใช้งานของหินเจียร ซึ่งผลของการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 ความแข็งของผิวชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

ชิ้นงานที่	ความแข็งของผิวชิ้นงาน (Specification 200-220 HB)	ชิ้นงานที่	ความแข็งของผิวชิ้นงาน (Specification 200-220 HB)
1	218	16	207
2	214	17	208
3	213	18	201
4	218	19	210
5	211	20	213
6	215	21	216
7	205	22	218
8	208	23	215
9	211	24	205
10	218	25	210
11	201	26	205
12	201	27	213
13	209	28	216
14	210	29	218
15	204	30	215
ค่าสูงสุด	218	HB	
ค่าต่ำสุด	201	HB	
ค่าเฉลี่ย	210.86	HB	
STD	5.45	HB	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

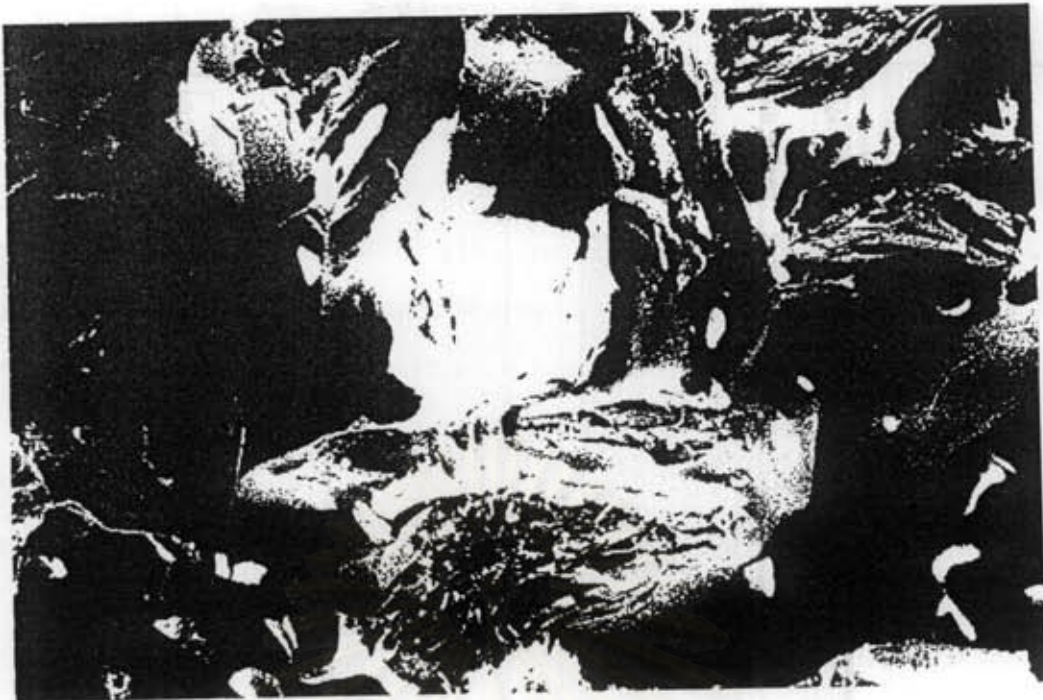
ตารางที่ 4.2 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

ชิ้นงานที่	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Specification 53 ± 0.02 มม.)	ชิ้นงานที่	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Specification 53 ± 0.02 มม.)	ชิ้นงานที่	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Specification 53 ± 0.02 มม.)	ชิ้นงานที่	ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Specification 53 ± 0.02 มม.)
1	53.01	16	52.984	31	52.983	46	52.986
2	53.015	17	52.986	32	53.012	47	53.004
3	53.005	18	53.016	33	53.01	48	53.014
4	53.02	19	53.012	34	52.985	49	53.008
5	53.01	20	53.02	35	52.996	50	53.004
6	53.015	21	53.008	36	52.981	51	53.015
7	53.02	22	53.014	37	52.989	52	53.008
8	53.002	23	53.01	38	52.993	53	52.984
9	53.006	24	53.04	39	53.019	54	52.991
10	53.012	25	53.012	40	53.012	55	52.986
11	53.011	26	53.02	41	53.014	56	52.994
12	53.014	27	53.014	42	52.991	57	53.014
13	53.015	28	52.987	43	52.987	58	53.01
14	53.012	29	52.994	44	53.013	59	53.012
15	53.002	30	52.998	45	53.004	60	53.014

ตารางที่ 4.3 แสดงขนาดของหินเจียรทั้ง 2 ชนิด

ชนิดหิน	ชั้นที่	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Specification 46 ± 0.20 มม.)	ความสูงของหิน (Specification 50 ± 0.10 มม.)
SiC	1	46.15	50.1
	2	46.2	50.05
	3	46.1	49.95
	4	45.9	50
	5	46.15	49.9
CBN	1	46.2	50
	2	45.9	50.1
	3	46.1	49.9
	4	46.15	49.95
	5	46.15	50.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

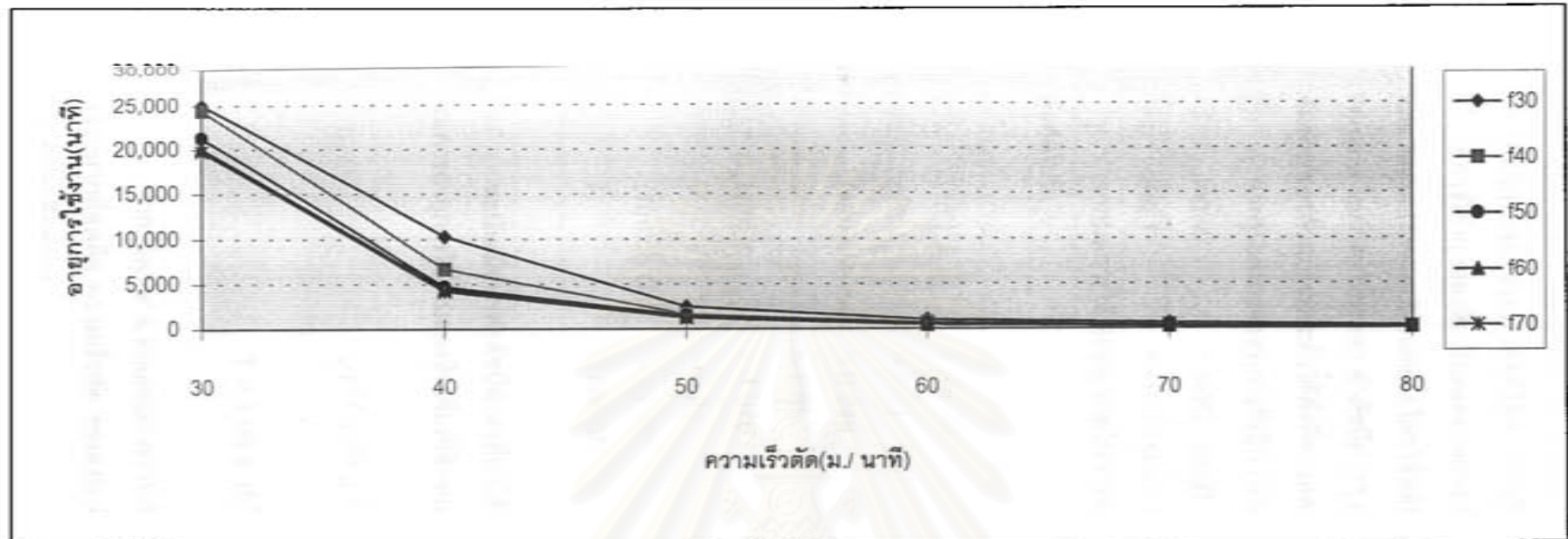


ก.) ก่อนการปรับแต่งผิว

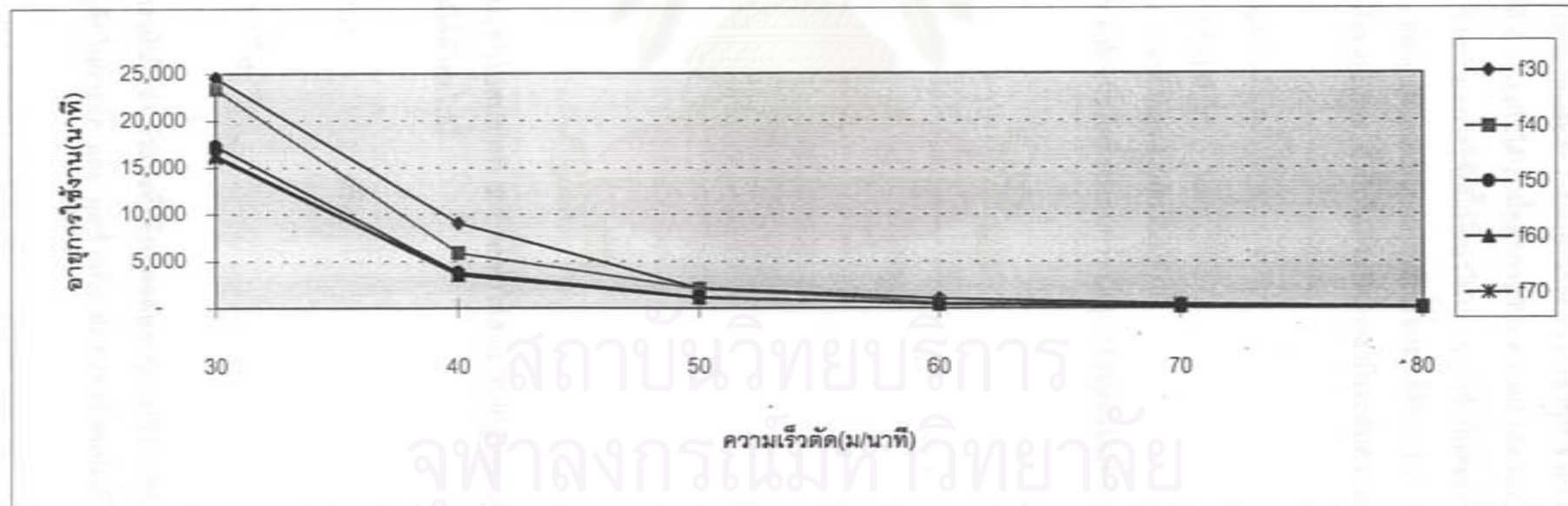


ข.) หลังการปรับแต่งผิว

รูปที่ 4.1 ผิวของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์ก่อนและหลังการปรับแต่งผิว



a) ความลึกในการตัด 38 ไมครอน



b) ความลึกในการตัด 42 ไมครอน

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหิน SiC ที่ได้จากการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถนำมาแสดงได้ด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดที่ได้จากการวิจัย ดังรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่ม ความเร็วตัดจะทำให้อายุการใช้งานของหินเจียรลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากผลการวิจัยนี้เมื่อนำไปประยุกต์เข้ากับสมการของ Taylor (Taylor' Equation) โดยใช้หลักการของ Linear Regression และใช้โปรแกรม SPSS for Window ในการคำนวณหา ค่าดัชนีต่างๆ และค่าคงที่ของสมการ ทั้งนี้เพื่อที่จะพิจารณาถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวได้ดังที่จะแสดงต่อไปนี้

จากรูปแบบของสมการที่เป็น Linear Regression

$$\log V = \log C - n \log T - X \log f - Y \log d$$

$$\log T = (1/n) \log C - (1/n) \log V - (x/n) \log f - (y/n) \log d$$

จากผลการใช้ SPSS ช่วยในการหาค่าคงที่ของสัมประสิทธิ์ของสมการ Linear Regression จะได้ดังต่อไปนี้

$$(1/n) = 4.705$$

$$n = 0.21$$

$$(x/n) = 0.246$$

$$x = 0.05$$

$$(y/n) = 1.076$$

$$y = 0.23$$

$$(1/n) \log C = 13.328$$

$$C = 680.35$$

ฉะนั้นเมื่อนำค่าดัชนีต่างๆที่หาได้นำกลับไปแทนในสมการที่ 2.1 จะทำให้สามารถหารูปแบบของสมการอายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์ได้ดังต่อไปนี้

$$VT^{0.21} f^{0.05} d^{0.23} = 680.35 \quad \text{หรือ}$$

$$T = 3.08 \times 10^{13} / V^{4.76} f^{0.28} d^{1.09}$$

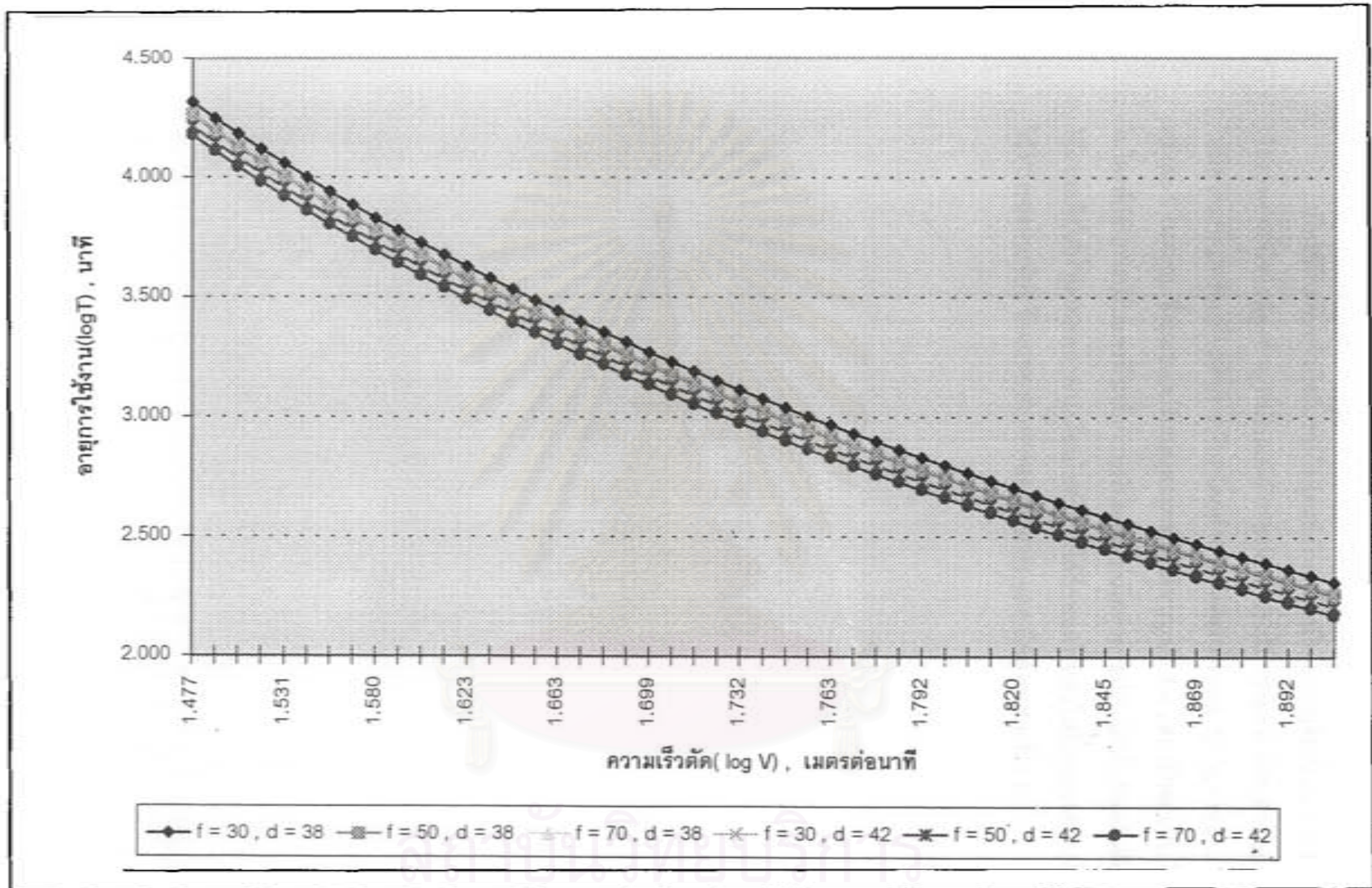
จาก Taylor' s Equation ความสัมพันธ์นี้จะเห็นได้ว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของหินเจียรมากที่สุดคือ ความเร็วตัด รองลงมาคือ ความลึกในการตัด และ สุดท้ายคือ อัตราการป้อนหินเจียรที่จะเข้าไปเจียรงาน

ตารางที่ 4.5 อายุการใช้งานหินเจียรซิลิกอนด์ควาร์เอนด์(SiC)โดยใช้ Taylor's Equation

ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อายุการใช้งานหินเจียร (นาที)					
	f = 30 , d = 38	f = 50 , d = 38	f = 70 , d = 38	f = 30 , d = 42	f = 50 , d = 42	f = 70 , d = 42
30	20,653	18,214	16,788	18,544	16,355	15,056
31	17,700	15,610	14,370	15,893	14,017	12,903
32	15,244	13,444	12,376	13,888	12,072	11,113
33	13,190	11,632	10,708	11,843	10,445	9,815
34	11,461	10,108	9,305	10,291	9,076	8,355
35	10,000	8,819	8,119	8,979	7,919	7,290
36	8,759	7,724	7,111	7,864	6,936	6,385
37	7,699	6,790	6,251	6,913	6,097	5,613
38	6,791	5,989	5,514	6,098	5,378	4,951
39	6,010	5,300	4,879	5,396	4,759	4,381
40	5,335	4,705	4,331	4,790	4,225	3,889
41	4,750	4,189	3,856	4,265	3,761	3,463
42	4,241	3,740	3,443	3,808	3,358	3,091
43	3,796	3,348	3,082	3,409	3,006	2,768
44	3,407	3,005	2,768	3,059	2,698	2,484
45	3,065	2,703	2,489	2,752	2,427	2,235
46	2,764	2,438	2,244	2,482	2,189	2,015
47	2,498	2,203	2,028	2,243	1,978	1,821
48	2,263	1,995	1,837	2,032	1,792	1,649
49	2,053	1,811	1,667	1,844	1,626	1,497
50	1,867	1,647	1,516	1,677	1,479	1,361
51	1,701	1,500	1,381	1,527	1,347	1,240
52	1,553	1,369	1,260	1,394	1,229	1,132
53	1,419	1,252	1,152	1,275	1,124	1,035
54	1,300	1,146	1,055	1,167	1,029	948
55	1,192	1,052	968	1,071	944	869
56	1,096	966	889	984	868	799
57	1,008	889	818	905	798	735
58	929	819	754	834	735	677
59	857	756	696	770	679	625
60	792	698	643	711	627	577

ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อายุการใช้งานหินเจียร (นาที)					
	f = 30 , d = 38	f = 50 , d = 38	f = 70 , d = 38	f = 30 , d = 42	f = 50 , d = 42	f = 70 , d = 42
61	733	646	595	658	580	534
62	679	599	551	609	537	495
63	629	555	511	565	498	459
64	584	515	475	525	463	426
65	543	479	441	486	430	396
66	506	446	411	454	400	369
67	471	416	383	423	373	343
68	439	388	357	395	348	320
69	410	362	333	368	325	299
70	383	338	311	344	304	279
71	359	316	291	322	284	261
72	336	296	273	302	266	245
73	315	278	258	283	249	229
74	295	260	240	265	234	215
75	277	244	225	249	219	202
76	260	230	211	234	206	190
77	245	216	199	220	194	178
78	230	203	187	207	182	168
79	217	191	176	195	172	158
80	205	180	166	184	162	149

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



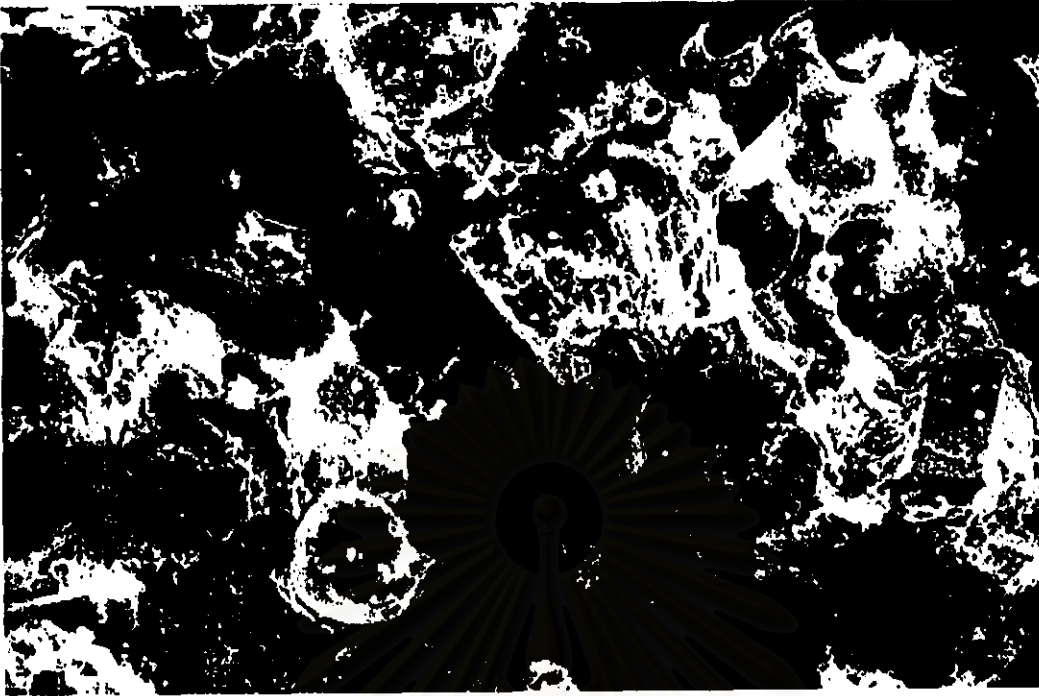
ตารางที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหิน SiC ที่ได้จาก Taylor's Equation

4.2.2 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานหินควมิกโบรอนไนไตรท์(CBN)

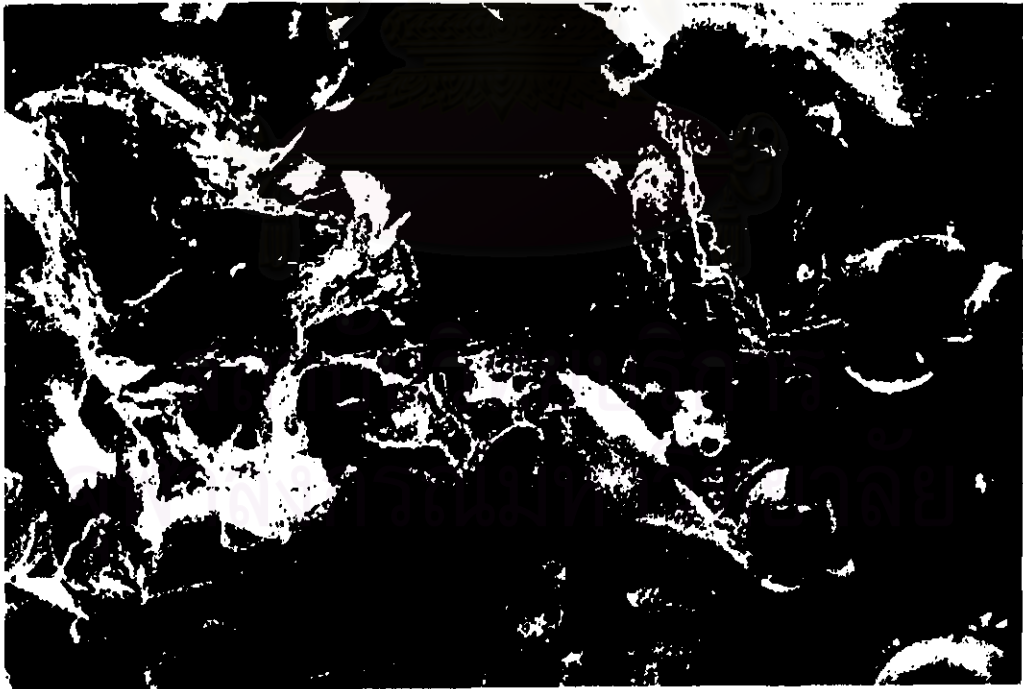
เมื่อใช้หินเจียรควมิกโบรอนไนไตรท์เป็นเครื่องมือในการเจียรชิ้นงาน ก่อนที่จะทำการเจียรชิ้นงานจริงจะต้องทำการปรับแต่งผิวของหินเจียรให้มีความคม และเส้นรอบวงของหินเจียรให้มีความกลมพร้อมที่จะทำการเจียร โดยทำการตัดออกทั้งหมด 30 ไมครอน และทำการตัดออกครั้งละ 5 ไมครอน ซึ่งผลของปรับแต่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.4 แสดงผิวของหินเจียรควมิกโบรอนไนไตรท์ก่อนการปรับแต่งผิวหลังการปรับแต่งผิว เมื่อทำการปรับแต่งผิวของหินเจียรให้พร้อมที่จะใช้งานแล้วได้นำมาทดลองตามเงื่อนไขต่างๆที่ได้กำหนดไว้แล้วในขั้นตอนของการทดสอบอายุการใช้งานของหินเจียร ซึ่งผลของการทดลองสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.6



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

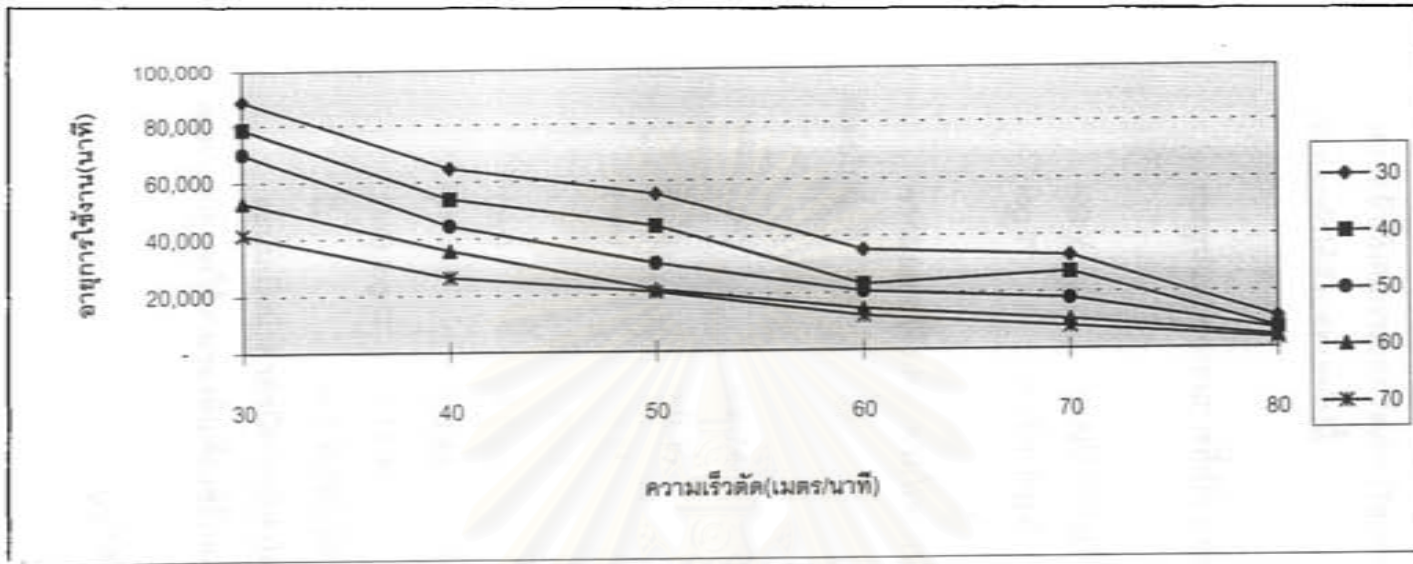


ก) ก่อนการปรับแต่งผิว

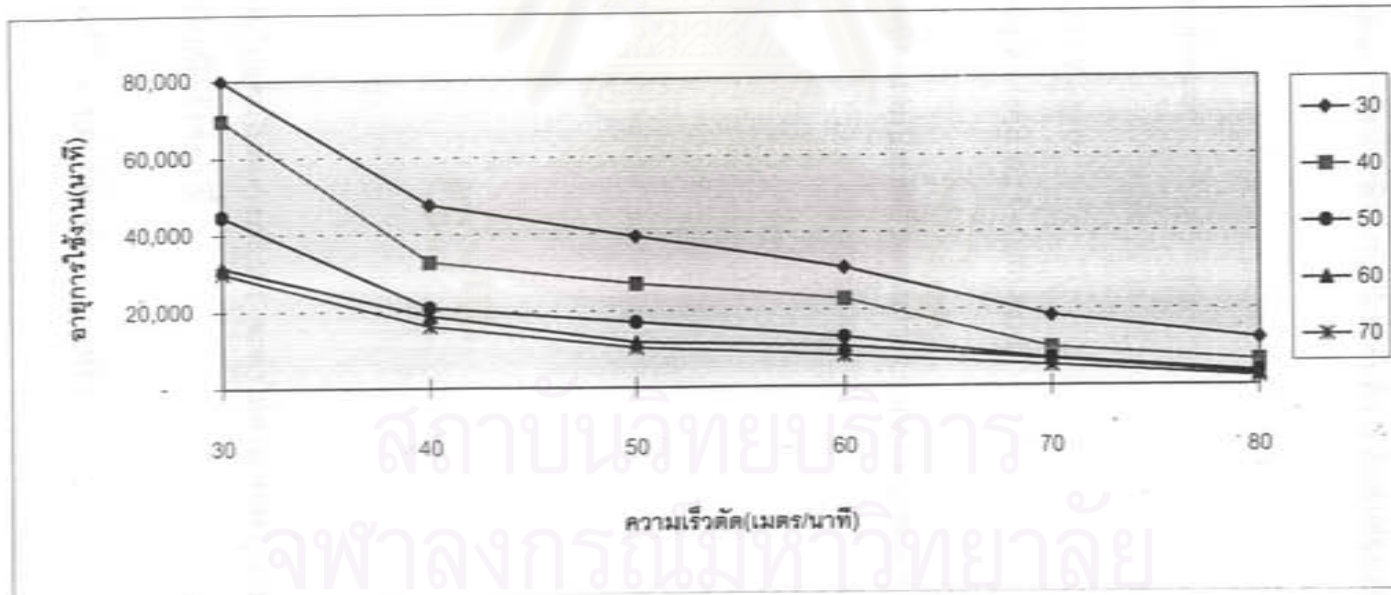


ข) หลังการปรับแต่งผิว

รูปที่ 4.4 ผิวของหินเจียรคิกบิคโบรอนไนไตรท์ก่อนและหลังการปรับแต่ง



a) ความลึกในการตัด 16 ไมครอน



b) ความลึกในการตัด 20 ไมครอน

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหิน CBN ที่ได้จากการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถนำมาแสดงได้ด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดที่ได้จากการทดลอง ดังกราฟรูปที่ 4.5 จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มความเร็วดัดจะทำให้อายุการใช้งานของหินเจียรลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากผลการวิจัยนี้เมื่อนำไปประยุกต์เข้ากับสมการของ Taylor (Taylor' Equation) เพื่อที่จะพิจารณาถึงระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวได้ดังแสดงต่อไปนี้

จากรูปแบบของสมการที่เป็น Linear Regression

$$\log V = \log C - n \log T - X \log f - Y \log d$$

$$\log T = (1/n) \log C - (1/n) \log V - (x/n) \log f - (y/n) \log d$$

จากผลการใช้ SPSS ช่วยในการหาค่าคงที่ของสัมประสิทธิ์ของสมการ Linear Regression จะได้ดังต่อไปนี้

$$(1/n) = 2.78$$

$$n = 0.36$$

$$(x/n) = 2.31$$

$$x = 0.83$$

$$(y/n) = 1.26$$

$$y = 0.45$$

$$(1/n) \log C = 14.30$$

$$C = 136,702.30$$

ฉะนั้นเมื่อนำค่าดัชนีต่างๆที่หาได้นำกลับไปแทนในสมการที่ 2.1 จะทำให้สามารถหารูปแบบของสมการอายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์ได้ดังต่อไปนี้

$$VT^{0.36} f^{0.83} d^{0.45} = 136,702.30 \quad \text{หรือ}$$

$$T = 1.84 \times 10^{14} / V^{2.77} f^{2.3} d^{1.25}$$

จาก Taylor's Equation นี้จะเห็นได้ว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของหินเจียรมากที่สุด คือ ความเร็วตัด รองลงมาคือ อัตราการป้อนหินเจียร และ สุดท้ายคือ ความลึกในการตัดงาน จากความสัมพันธ์นี้ทำให้สามารถหาอายุการใช้งานของหินเจียรที่เงื่อนไขการเจียรต่างๆ โดยใช้ Model นี้ ดังตารางที่ 4.7 ตารางแสดงอายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิกโบรอนไนไตรท์ (CBN) ต่อความเร็วตัด เมื่อใช้ Taylor's Equation ในการหาอายุการใช้งาน และสามารถนำมาแสดง ได้ด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วตัดและอายุการใช้งานของหินเจียร ดังกราฟรูปที่ 4.6

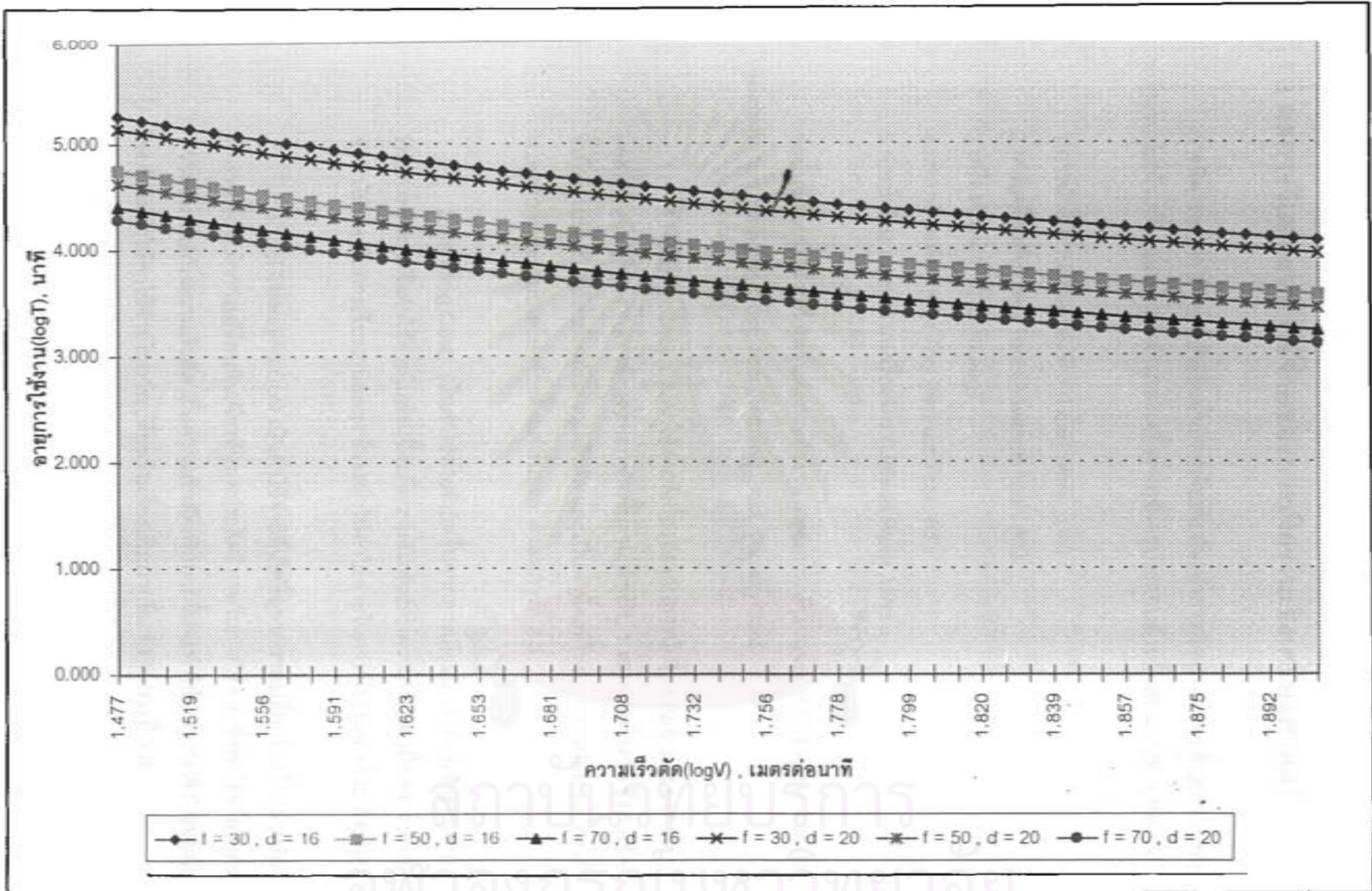


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 อายุการใช้งานหินเจียรควิกวิกโบรอนไนไตรท์(CBN)ตามTaylor's Equation

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อายุการใช้งานหินเจียร(นาที)					
	f = 30 , d = 16	f = 50 , d = 16	f = 70 , d = 16	f = 30 , d = 20	f = 50 , d = 20	f = 70 , d = 20
30	182,807	56,258	25,886	138,033	42,479	19,546
31	166,858	51,350	23,628	125,991	38,773	17,841
32	152,743	47,006	21,629	115,333	35,493	16,332
33	140,203	43,147	19,853	105,864	32,579	14,991
34	129,021	39,706	18,270	97,421	29,981	13,795
35	119,018	36,628	16,853	89,868	27,657	12,726
36	110,041	33,865	15,582	83,089	25,570	11,766
37	101,959	31,378	14,438	76,987	23,692	10,902
38	94,663	29,132	13,405	71,478	21,997	10,122
39	88,059	27,100	12,470	66,491	20,463	9,415
40	82,066	25,256	11,621	61,966	19,070	8,775
41	76,614	23,578	10,849	57,849	17,803	8,192
42	71,643	22,048	10,145	54,096	16,648	7,660
43	67,100	20,650	9,502	50,666	15,592	7,174
44	62,940	19,370	8,913	47,524	14,626	6,730
45	59,123	18,195	8,372	44,642	13,739	6,322
46	55,614	17,115	7,875	41,992	12,923	5,946
47	52,382	16,120	7,417	39,552	12,172	5,601
48	49,400	15,203	6,995	37,300	11,479	5,282
49	46,644	14,354	6,605	35,219	10,839	4,987
50	44,093	13,569	6,244	33,293	10,246	4,714
51	41,728	12,842	5,909	31,507	9,696	4,462
52	39,532	12,166	5,598	29,849	9,186	4,227
53	37,490	11,537	5,309	28,308	8,712	4,008
54	35,589	10,952	5,040	26,872	8,270	3,805
55	33,816	10,407	4,789	25,534	7,858	3,616
56	32,162	9,898	4,554	24,285	7,474	3,439
57	30,616	9,422	4,335	23,117	7,114	3,273

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อายุการใช้งานหินเจียร(นาที)					
	f = 30 , d = 16	f = 50 , d = 16	f = 70 , d = 16	f = 30 , d = 20	f = 50 , d = 20	f = 70 , d = 20
58	29,169	8,977	4,130	22,024	6,778	3,119
59	27,813	8,559	3,938	21,001	6,463	2,974
60	26,541	8,168	3,758	20,041	6,168	2,838
61	25,348	7,801	3,589	19,139	5,890	2,710
62	24,226	7,455	3,430	18,292	5,629	2,590
63	23,170	7,131	3,281	17,495	5,384	2,477
64	22,177	6,825	3,140	16,745	5,153	2,371
65	21,240	6,536	3,008	16,038	4,936	2,271
66	20,356	6,264	2,882	15,370	4,730	2,176
67	19,521	6,008	2,764	14,740	4,536	2,087
68	18,732	5,765	2,653	14,144	4,353	2,003
69	17,986	5,535	2,547	13,581	4,180	1,923
70	17,280	5,318	2,447	13,048	4,015	1,848
71	16,611	5,112	2,352	12,543	3,860	1,776
72	15,977	4,917	2,262	12,064	3,713	1,708
73	15,375	4,732	2,177	11,609	3,573	1,644
74	14,803	4,556	2,096	11,178	3,440	1,583
75	14,260	4,389	2,019	10,768	3,314	1,525
76	13,744	4,230	1,946	10,378	3,194	1,470
77	13,253	4,079	1,877	10,007	3,080	1,417
78	12,785	3,935	1,810	9,654	2,971	1,367
79	12,340	3,798	1,747	9,317	2,867	1,319
80	11,915	3,667	1,687	8,997	2,769	1,274



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียร CBN และความเร็วตัดที่ได้จาก Taylor's Equation

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของการเจียรในเชิงเศรษฐศาสตร์

การพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเจียรจะต้องทำการพิจารณาจาก ขั้นตอนการทำงานของ พนักงานประจำเครื่องและการทำงานของเครื่องจักรซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานต่อไปนี้

- 1.การนำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Load Work , LW)
- 2.การเคลื่อนที่เข้าของ Tool (Advance Tool , AT)
- 3.เครื่องจักรทำงาน (Grinding)
- 4.การเคลื่อนที่ออกของ Tool (Retract Tool , RT)
- 5.การนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร (Unload Work ,UW)

ฉะนั้นแล้วค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อการทำงาน 1 รอบการทำงานจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้
Handing Cost, Grinding Cost, Tool Chaning Cost, Tooling Cost

1.Handing Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการนำชิ้นงานเข้าและออกจากเครื่องจักร และการเคลื่อนที่ของ Tool เข้าและออกจากชิ้นงาน สำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในส่วนนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วตัด และเป็นค่าที่คงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เนื่องมาจากการออกแบบเครื่องจักรตั้งแต่เริ่มแรก ดังสมการที่ 2.5

2.Grinding Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเสียเวลาในการเจียรชิ้นงาน สำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด เมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้น จะทำให้เวลาในการเจียรงานลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรลดลงด้วย ดังสมการที่ 2.6

3.Tool Changing Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนหินเจียรสำหรับ 1 รอบการทำงาน ซึ่งจะทำการเปลี่ยนหินเจียรที่หมดประสิทธิภาพในการใช้งาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด เมื่อความเร็วตัดเพิ่มมากขึ้นจะทำให้อายุการใช้งานของหินเจียรลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหินเจียรเพิ่มมากขึ้น ดังสมการที่ 2.8

4.Tooling Cost เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้หินเจียรสำหรับ 1 รอบการทำงาน เพราะเมื่อเจียรชิ้นงานไปหินเจียรจะต้องสึกและหมดอายุในที่สุด และค่าใช้จ่ายนี้มีความผันแปรกับราคาของหินเจียรและอายุการใช้งานของหินเจียร เนื่องจากว่าเมื่อความเร็วตัดในการเจียรสูงขึ้น อายุการใช้งานลดลง ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายของหินเจียรเพิ่มขึ้น ดังสมการที่ 2.9

จากค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเจียรจะทำให้สามารถหาค่าใช้จ่ายรวมจากสมการที่ 2.10 ที่เกิดขึ้นที่ความเร็วตัดต่างๆ จากนั้น นำค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของแต่ละความเร็วตัดมาทำการ Plot กราฟ เพื่อที่จะใช้ประกอบในการหาเงื่อนไขที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรน้อยที่สุด ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเจียร

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของการเจียร เมื่อใช้หินซิลิกอนด์คาร์ไบด์(SiC)

จากอายุการใช้งานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเจียร ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกมามีได้ 6 เงื่อนไขตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้นในการทดลอง ดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 1 ที่อัตราการป้อน 30 มม./รอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอน. ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.7 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 43 เมตรต่อนาที จะทำให้หินเจียรมีอายุการใช้งาน 3,796 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 867 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 31.37 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 2 ที่อัตราการป้อน 50 มม./รอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอน. ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 42 เมตรต่อนาที จะทำให้หินเจียรมีอายุการใช้งาน 3,740 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 867 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 19.97 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 3 ที่อัตราการป้อน 70 มม./รอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 41 เมตรต่อนาที จะทำให้หินเจียรมีอายุการใช้งาน 3,856 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,786 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 14.97 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 4 ที่อัตราการป้อน 30 มม./รอบ ความลึกในการตัด 42 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.10 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 42 เมตรต่อนาที จะทำให้หิน เจียรมีอายุการใช้งาน 3,808 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 849 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียร เท่ากับ 32.05 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 5 ที่อัตราการป้อน 50 มม./รอบ ความลึกในการตัด 42 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 42 เมตรต่อนาที จะทำให้หิน เจียรมีอายุการใช้งาน 3,761 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,327 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียร เท่ากับ 20.39 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 6 ที่อัตราการป้อน 70 มม./รอบ ความลึกในการตัด 42 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.12 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 42 เมตรต่อนาที จะทำให้หิน เจียรมีอายุการใช้งาน 3,889 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,749 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียร เท่ากับ 15.27 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการเจียร เมื่อใช้หินควิวิกโคโรนไนไตรท์ (CBN)

จากอายุการใช้งานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเจียร ซึ่งผลการ วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกมาได้ 4 เงื่อนไขตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้นในการทดลอง ดังต่อไปนี้

เงื่อนไขที่ 1 ที่อัตราการป้อน 30 มม./รอบ ความลึกในการตัด 16 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.13 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 50 เมตรต่อนาที จะทำให้หิน เจียรมีอายุการใช้งาน 44,086 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,010 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการ เจียรเท่ากับ 33.01 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงื่อนไขที่ 2 ที่อัตราการป้อน 50 มม. / รอบ ความลึกในการตัด 16 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.14 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 33 เมตรต่อนาที จะทำให้นินเจียร์มีอายุการใช้งาน 43,141 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,102 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 30.39 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 3 ที่อัตราการป้อน 70 มม. / รอบ ความลึกในการตัด 16 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.15 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 25 เมตรต่อนาที จะทำให้นินเจียร์มีอายุการใช้งาน 42,998 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,163 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 29.77 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 4 ที่อัตราการป้อน 30 มม. / รอบ ความลึกในการตัด 20 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.16 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 45 เมตรต่อนาที จะทำให้นินเจียร์มีอายุการใช้งาน 44,636 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 916 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 36.34 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 5 ที่อัตราการป้อน 50 มม. / รอบ ความลึกในการตัด 20 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.17 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 30 เมตรต่อนาที จะทำให้นินเจียร์มีอายุการใช้งาน 42,473 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,010 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 33.44 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

เงื่อนไขที่ 6 ที่อัตราการป้อน 70 มม. / รอบ ความลึกในการตัด 20 ไมครอน.ซึ่งผลการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายดังปรากฏในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.18 จะพบว่าความเร็วตัดที่ 22 เมตรต่อนาที จะทำให้นินเจียร์มีอายุการใช้งาน 46,344 นาที และมีอัตราการผลิตที่ 1,035 ชิ้นต่อวันซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรเท่ากับ 31.66 บาทต่อ1000 ชิ้นงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

4.3.3 ทำการคำนวณหาความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายในการเจียรต่ำที่สุด ซึ่งเป็นความเร็วตัดที่เหมาะสมของนิน SiC และนิน CBN โดยใช้สมการที่ 2.11 ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจเช็คความถูกต้องของการทดลองจึงได้นำผลการคำนวณมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.20 สำหรับนิน SiC และ ตารางที่ 4.21 สำหรับนิน CBN

4.3.4 ตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.4.4 ในกรณีที่ต้องการเร่งกำลังการผลิต ความเร็วตัดที่เหมาะสมจะต้องเป็นความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุดซึ่งได้ทำการ Simulate หาอัตราการผลิตที่ความเร็วตัดต่างๆ ของทุกเงื่อนไขของหินทั้ง 2 ชนิด โดยใช้สมการที่ 2.12 และทำการเพิ่มความเร็วดัดครั้งละ 1 เมตรต่อนาที ซึ่งผลการคำนวณปรากฏในตารางที่ 4.8 -4.13 ของหิน SiC และตารางที่ 4.14-4.19 ของหิน CBN และเพื่อเป็นการตรวจเช็คความถูกต้องของการทำการทดลองจึงได้คำนวณเพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบ โดยใช้สมการที่ 2.13 ซึ่งผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.20 สำหรับหิน SiC และตารางที่ 4.21 สำหรับหิน CBN สำหรับตัวอย่างการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

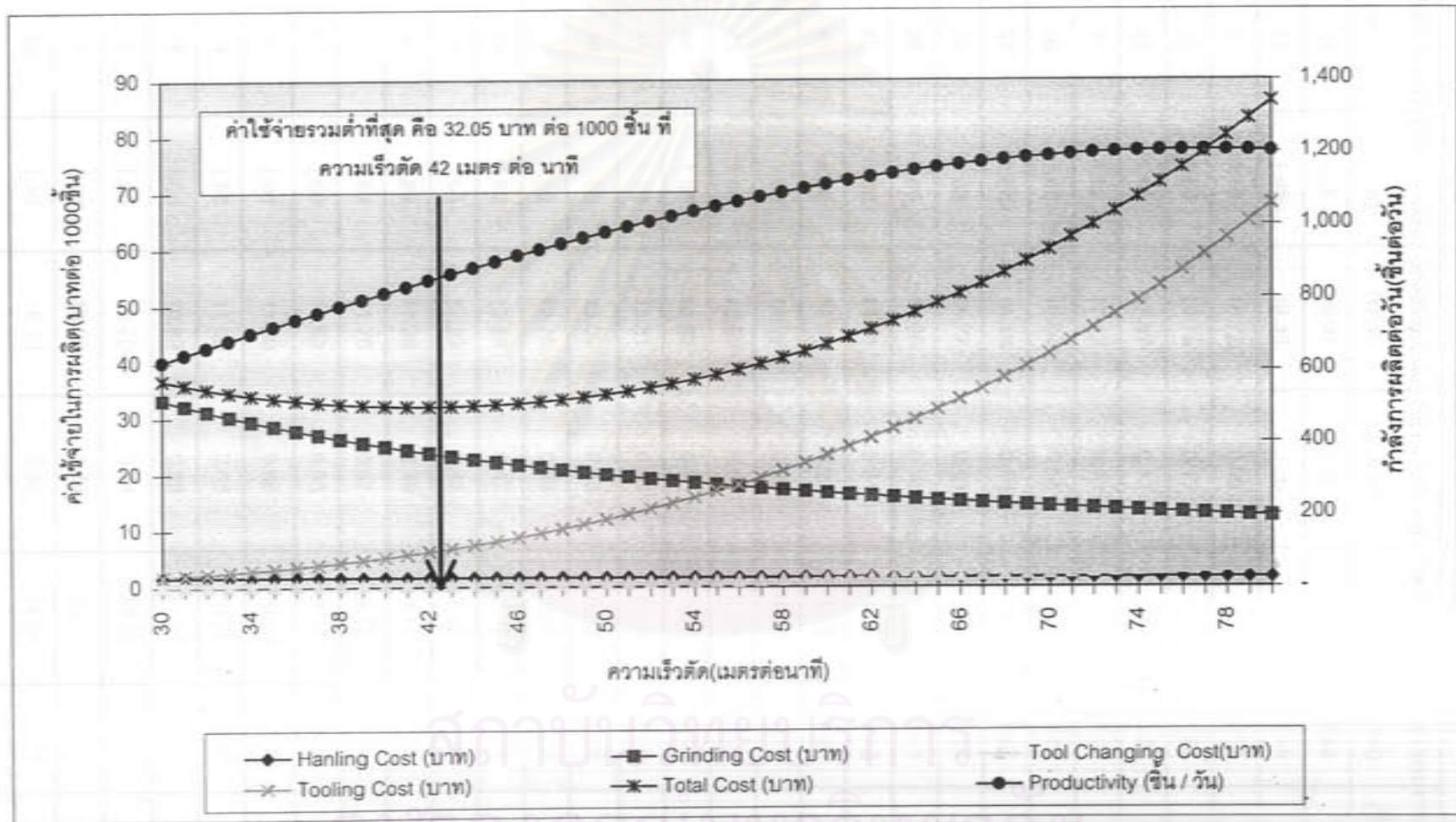
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 30$ $d = 38$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	33.28	0.10	1.61	36.65	825	20,653
31	1.66	32.21	0.11	1.82	35.80	845	17,700
32	1.66	31.20	0.12	2.05	35.03	864	15,244
33	1.66	30.26	0.14	2.29	34.35	883	13,189
34	1.66	29.37	0.15	2.56	33.74	902	11,461
35	1.68	28.53	0.17	2.85	33.21	921	10,000
36	1.66	27.74	0.19	3.17	32.75	940	8,758
37	1.66	26.99	0.21	3.51	32.38	959	7,699
38	1.66	26.28	0.23	3.87	32.04	977	6,791
39	1.66	25.60	0.26	4.26	31.78	996	6,010
40	1.66	24.96	0.28	4.68	31.56	1,014	5,335
41	1.66	24.35	0.31	5.13	31.45	1,032	4,750
42	1.66	23.77	0.34	5.61	31.38	1,050	4,241
43	1.66	23.22	0.37	6.12	31.37	1,067	3,796
44	1.66	22.69	0.40	6.66	31.41	1,085	3,407
45	1.66	22.19	0.43	7.24	31.52	1,102	3,065
46	1.66	21.71	0.47	7.85	31.69	1,119	2,764
47	1.66	21.25	0.51	8.50	31.92	1,135	2,498
48	1.66	20.80	0.55	9.19	32.21	1,152	2,263
49	1.66	20.38	0.60	9.92	32.56	1,168	2,053
50	1.66	19.97	0.64	10.70	32.97	1,183	1,867
51	1.66	19.58	0.69	11.51	33.44	1,199	1,701
52	1.66	19.20	0.74	12.37	33.97	1,214	1,553
53	1.66	18.84	0.80	13.27	34.57	1,228	1,419
54	1.66	18.49	0.85	14.22	35.23	1,243	1,300
55	1.66	18.15	0.91	15.23	35.95	1,257	1,192
56	1.66	17.83	0.98	16.28	36.74	1,270	1,095
57	1.66	17.52	1.04	17.38	37.60	1,283	1,008
58	1.66	17.22	1.11	18.54	38.52	1,296	929
59	1.66	16.92	1.18	19.75	39.52	1,308	857
60	1.66	16.64	1.26	21.02	40.58	1,319	792

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SIC ที่เงื่อนไข $f = 30$ $d = 38$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
61	1.66	16.37	1.34	22.34	41.71	1,131	733
62	1.66	16.11	1.42	23.73	42.92	1,141	679
63	1.66	15.85	1.51	25.18	44.20	1,151	629
64	1.66	15.60	1.60	26.69	45.56	1,161	584
65	1.66	15.36	1.70	28.27	46.99	1,170	543
66	1.66	15.13	1.80	29.92	48.50	1,178	506
67	1.66	14.90	1.90	31.63	50.09	1,186	471
68	1.66	14.68	2.01	33.42	51.77	1,194	439
69	1.66	14.47	2.12	35.27	53.52	1,200	410
70	1.66	14.26	2.23	37.21	55.36	1,206	383
71	1.66	14.06	2.35	39.21	57.29	1,212	359
72	1.66	13.87	2.48	41.30	59.31	1,216	336
73	1.66	13.68	2.61	43.46	61.41	1,220	315
74	1.66	13.49	2.74	45.71	63.61	1,224	295
75	1.66	13.31	2.88	48.04	65.90	1,226	277
76	1.66	13.14	3.03	50.46	68.28	1,229	260
77	1.66	12.97	3.18	52.96	70.77	1,230	245
78	1.66	12.80	3.33	55.56	73.35	1,231	230
79	1.66	12.64	3.49	58.24	76.04	1,231	217
80	1.66	12.48	3.66	61.02	78.82	1,230	205

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 30$ $d = 38$

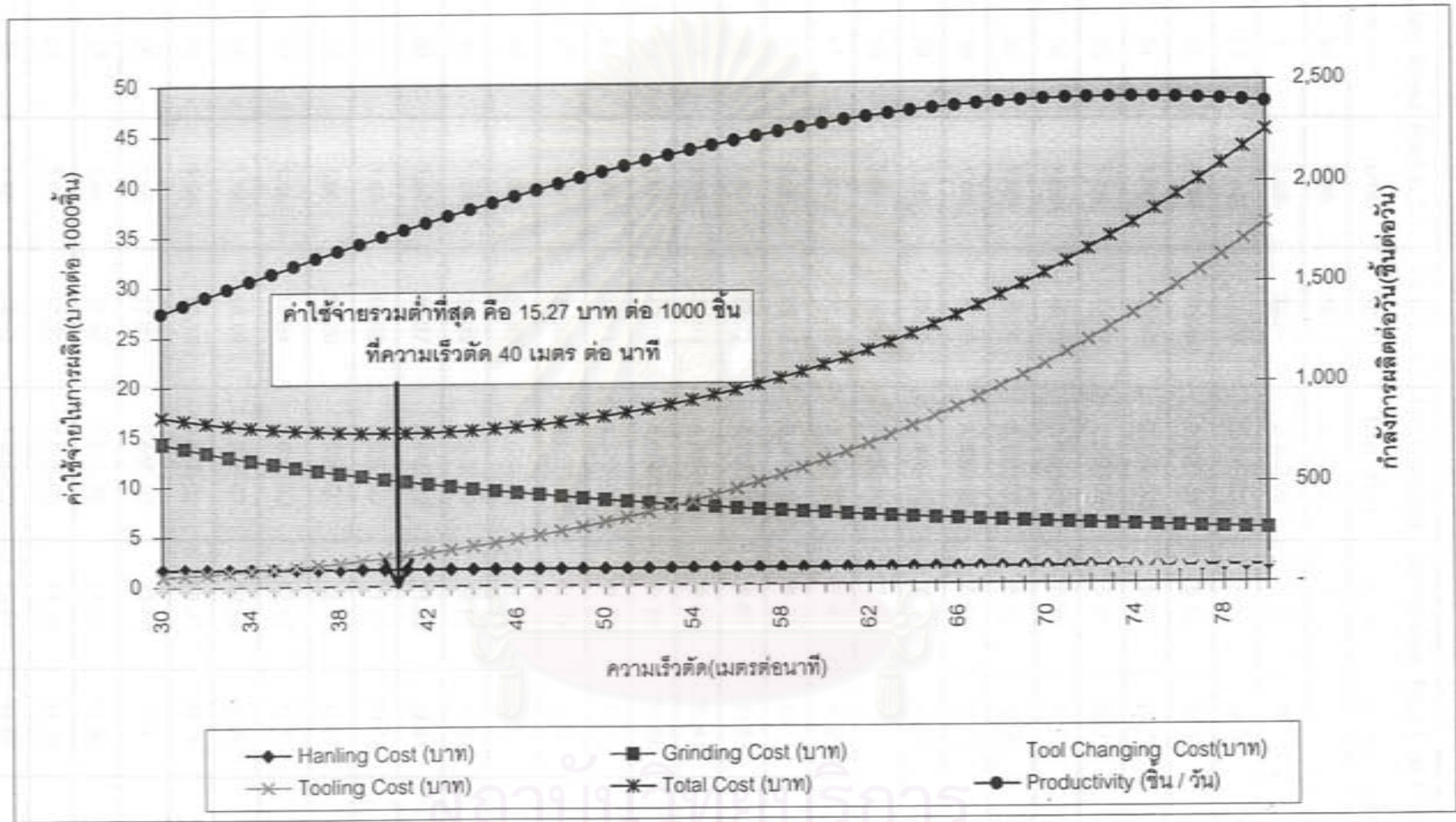
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SIC ที่เงื่อนไข $f = 50$ $d = 38$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	19.97	0.07	1.10	22.79	1,009	18,214
31	1.66	19.33	0.07	1.24	22.30	1,040	15,610
32	1.66	18.72	0.08	1.39	21.86	1,070	13,444
33	1.66	18.15	0.09	1.56	21.47	1,100	11,632
34	1.66	17.62	0.10	1.74	21.13	1,130	10,108
35	1.66	17.12	0.12	1.94	20.83	1,159	8,819
36	1.66	16.64	0.13	2.15	20.59	1,188	7,724
37	1.86	16.19	0.14	2.38	20.38	1,217	6,790
38	1.66	15.77	0.16	2.63	20.22	1,245	5,989
39	1.86	15.36	0.17	2.90	20.09	1,274	5,300
40	1.66	14.98	0.19	3.18	20.01	1,301	4,705
41	1.66	14.61	0.21	3.49	19.970	1,329	4,189
42	1.66	14.26	0.23	3.81	19.967	1,356	3,740
43	1.86	13.93	0.25	4.16	20.00	1,382	3,348
44	1.66	13.62	0.27	4.53	20.08	1,409	3,005
45	1.66	13.31	0.30	4.92	20.19	1,434	2,703
46	1.66	13.02	0.32	5.34	20.35	1,460	2,438
47	1.66	12.75	0.35	5.79	20.54	1,484	2,203
48	1.66	12.48	0.38	6.26	20.77	1,509	1,995
49	1.66	12.23	0.41	6.75	21.04	1,532	1,811
50	1.66	11.98	0.44	7.28	21.36	1,556	1,647
51	1.66	11.75	0.47	7.83	21.71	1,578	1,500
52	1.66	11.52	0.50	8.41	22.10	1,600	1,369
53	1.66	11.30	0.54	9.03	22.54	1,622	1,252
54	1.66	11.09	0.58	9.68	23.01	1,642	1,146
55	1.66	10.89	0.62	10.36	23.53	1,662	1,052
56	1.66	10.70	0.66	11.07	24.10	1,682	966
57	1.66	10.51	0.71	11.82	24.70	1,700	889
58	1.66	10.33	0.76	12.61	25.36	1,718	819
59	1.66	10.15	0.81	13.44	26.06	1,735	756
60	1.66	9.99	0.86	14.30	26.80	1,752	698

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 50$ $d = 38$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
61	1.66	9.82	0.91	15.20	27.80	1,767	646
62	1.66	9.66	0.97	16.15	28.44	1,782	598
63	1.66	9.51	1.03	17.13	29.33	1,795	555
64	1.66	9.36	1.09	18.16	30.27	1,808	515
65	1.66	9.22	1.15	19.23	31.27	1,820	479
66	1.66	9.08	1.22	20.35	32.31	1,831	446
67	1.66	8.94	1.29	21.52	33.41	1,841	416
68	1.66	8.81	1.36	22.73	34.57	1,851	388
69	1.66	8.68	1.44	24.00	35.78	1,859	362
70	1.66	8.56	1.52	25.31	37.05	1,866	338
71	1.86	8.44	1.60	26.68	38.38	1,872	316
72	1.86	8.32	1.69	28.10	39.76	1,877	296
73	1.66	8.21	1.77	29.57	41.21	1,881	278
74	1.66	8.10	1.87	31.10	42.72	1,884	260
75	1.66	7.99	1.96	32.68	44.29	1,886	244
76	1.66	7.88	2.06	34.33	45.93	1,887	230
77	1.66	7.78	2.16	36.03	47.63	1,888	216
78	1.66	7.68	2.27	37.80	49.41	1,887	203
79	1.66	7.58	2.38	39.62	51.24	1,885	191
80	1.66	7.49	2.49	41.51	53.15	1,881	180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



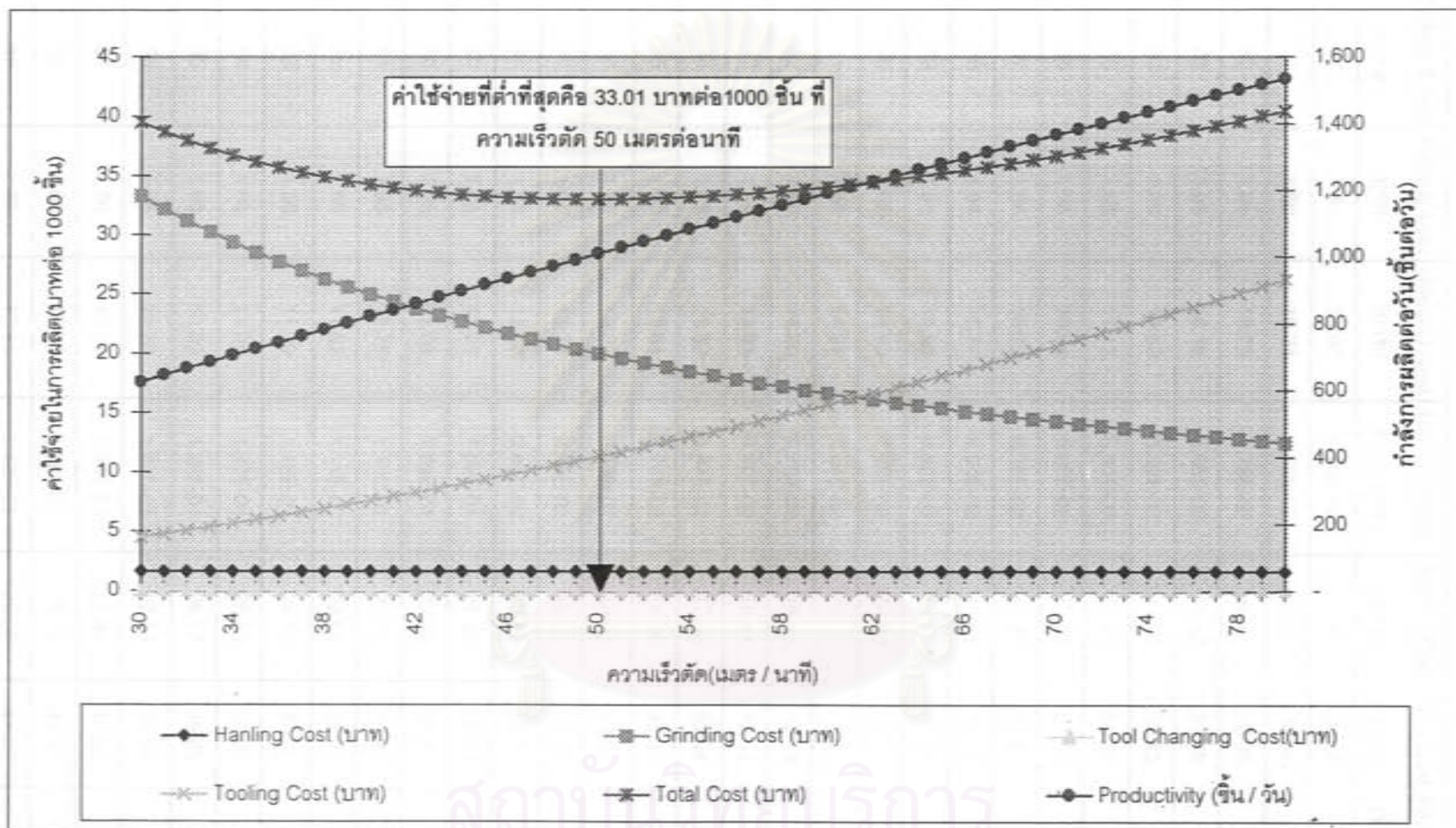
รูปที่ 4.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 70$ $d = 42$

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SIC ที่เงื่อนไข $f = 70$ $d = 38$

Cutting Speed (m/min)	Handling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	14.26	0.05	0.85	16.83	1,371	16,767
31	1.66	13.80	0.06	0.96	16.48	1,411	14,370
32	1.66	13.37	0.06	1.08	16.18	1,451	12,376
33	1.66	12.97	0.07	1.21	15.91	1,490	10,708
34	1.66	12.59	0.08	1.35	15.68	1,529	9,305
35	1.66	12.23	0.09	1.51	15.48	1,567	8,119
36	1.66	11.89	0.10	1.67	15.32	1,605	7,111
37	1.66	11.57	0.11	1.85	15.19	1,642	6,251
38	1.66	11.26	0.12	2.04	15.09	1,679	5,514
39	1.66	10.97	0.13	2.25	15.02	1,715	4,879
40	1.66	10.70	0.15	2.47	14.98	1,751	4,331
41	1.66	10.44	0.16	2.71	14.97	1,786	3,856
42	1.66	10.19	0.18	2.96	14.99	1,821	3,443
43	1.66	9.95	0.19	3.23	15.03	1,855	3,082
44	1.66	9.73	0.21	3.52	15.11	1,888	2,766
45	1.66	9.51	0.23	3.82	15.22	1,921	2,489
46	1.66	9.30	0.25	4.15	15.36	1,953	2,244
47	1.66	9.11	0.27	4.49	15.52	1,985	2,028
48	1.66	8.92	0.29	4.85	15.72	2,015	1,837
49	1.66	8.73	0.31	5.24	15.95	2,045	1,667
50	1.66	8.56	0.34	5.65	16.20	2,074	1,516
51	1.66	8.39	0.36	6.08	16.49	2,103	1,381
52	1.66	8.23	0.39	6.53	16.81	2,130	1,260
53	1.66	8.07	0.42	7.01	17.16	2,157	1,152
54	1.66	7.92	0.45	7.51	17.54	2,182	1,055
55	1.66	7.78	0.48	8.04	17.96	2,207	968
56	1.66	7.64	0.52	8.59	18.41	2,231	889
57	1.66	7.51	0.55	9.17	18.89	2,254	818
58	1.66	7.38	0.59	9.79	19.41	2,275	754
59	1.66	7.25	0.63	10.42	19.96	2,296	696

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 70$ $d = 38$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
60	1.66	7.13	0.67	11.09	20.55	2,316	643
61	1.66	7.02	0.71	11.80	21.18	2,334	595
62	1.66	6.90	0.75	12.53	21.84	2,351	551
63	1.66	6.79	0.80	13.29	22.54	2,368	511
64	1.66	6.69	0.85	14.09	23.28	2,383	475
65	1.66	6.58	0.90	14.92	24.06	2,396	441
66	1.66	6.48	0.95	15.79	24.88	2,409	411
67	1.66	6.39	1.00	16.70	25.75	2,420	383
68	1.66	6.29	1.06	17.64	26.65	2,430	357
69	1.66	6.20	1.12	18.62	27.60	2,439	333
70	1.66	6.11	1.18	19.64	28.59	2,446	311
71	1.66	6.03	1.24	20.70	29.63	2,453	291
72	1.66	5.94	1.31	21.80	30.71	2,457	273
73	1.66	5.86	1.38	22.94	31.84	2,461	255
74	1.66	5.78	1.45	24.13	33.02	2,463	240
75	1.66	5.71	1.52	25.36	34.25	2,464	225
76	1.66	5.63	1.60	26.64	35.53	2,464	211
77	1.66	5.56	1.68	27.96	36.85	2,462	199
78	1.66	5.49	1.76	29.33	38.23	2,459	187
79	1.66	5.42	1.84	30.74	39.67	2,455	176
80	1.66	5.35	1.93	32.21	41.15	2,449	166



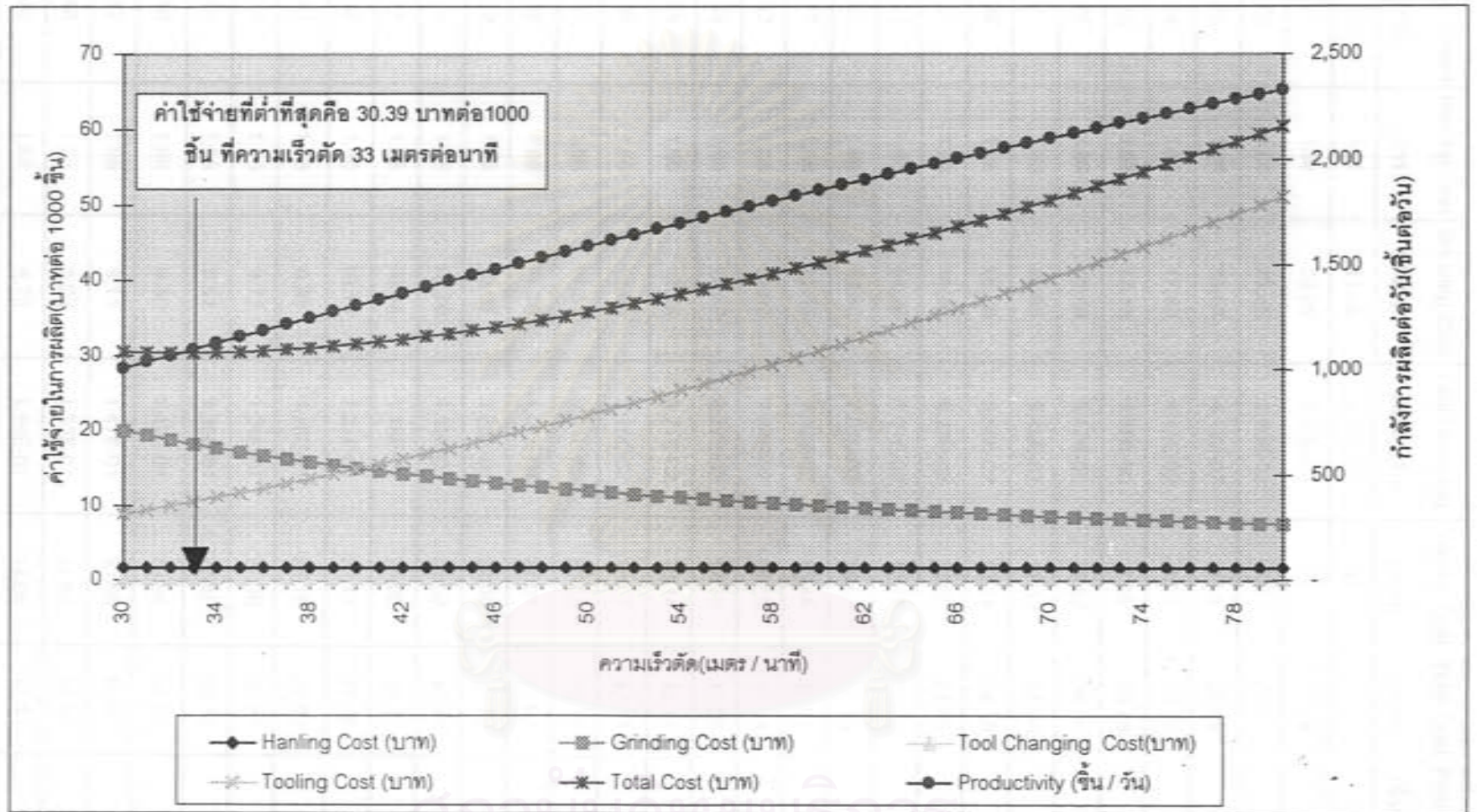
รูปที่ 4.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมิกโบรอนไนไตรต์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 30$ $d = 16$

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 30$ $d = 42$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	33.28	0.11	1.79	36.85	625	18,544
31	1.66	32.21	0.12	2.03	36.02	644	15,893
32	1.66	31.20	0.14	2.28	35.28	664	13,688
33	1.66	30.26	0.15	2.55	34.63	683	11,843
34	1.66	29.37	0.17	2.85	34.05	702	10,291
35	1.66	28.53	0.19	3.18	33.56	721	8,979
36	1.66	27.74	0.21	3.53	33.14	740	7,864
37	1.66	26.99	0.23	3.90	32.78	758	6,913
38	1.66	26.28	0.26	4.31	32.50	777	6,098
39	1.66	25.60	0.28	4.74	32.29	795	5,396
40	1.66	24.96	0.31	5.21	32.15	813	4,790
41	1.66	24.35	0.34	5.71	32.07	831	4,265
42	1.66	23.77	0.37	6.24	32.05	849	3,808
43	1.66	23.22	0.41	6.81	32.10	866	3,409
44	1.66	22.69	0.45	7.42	32.22	883	3,059
45	1.66	22.19	0.48	8.06	32.40	900	2,752
46	1.66	21.71	0.52	8.75	32.64	917	2,482
47	1.66	21.25	0.57	9.47	32.94	933	2,243
48	1.66	20.80	0.61	10.24	33.32	949	2,032
49	1.66	20.38	0.66	11.05	33.75	965	1,844
50	1.66	19.97	0.71	11.91	34.26	980	1,677
51	1.66	19.58	0.77	12.82	34.83	995	1,527
52	1.66	19.20	0.83	13.77	35.46	1,010	1,394
53	1.66	18.84	0.89	14.78	36.17	1,024	1,275
54	1.66	18.49	0.95	15.84	36.94	1,038	1,167
55	1.66	18.15	1.02	16.96	37.79	1,051	1,071
56	1.66	17.83	1.09	18.13	38.71	1,064	984
57	1.66	17.52	1.16	19.36	39.69	1,077	905
58	1.66	17.22	1.24	20.64	40.76	1,089	834
59	1.66	16.92	1.32	21.99	41.90	1,100	769

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SIC ที่เงื่อนไข $f = 30$ $d = 42$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
60	1.66	16.64	1.40	23.41	43.11	1,111	711
61	1.66	16.37	1.49	24.89	44.41	1,122	658
62	1.66	16.11	1.59	26.43	45.78	1,132	609
63	1.66	15.85	1.68	28.04	47.24	1,141	565
64	1.66	15.60	1.78	29.73	48.78	1,150	525
65	1.66	15.36	1.89	31.49	50.40	1,158	488
66	1.66	15.13	2.00	33.32	52.11	1,166	454
67	1.66	14.90	2.11	35.23	53.91	1,173	423
68	1.66	14.68	2.23	37.22	55.79	1,179	395
69	1.66	14.47	2.36	39.29	57.77	1,185	368
70	1.66	14.26	2.49	41.44	59.85	1,190	344
71	1.66	14.06	2.62	43.67	62.02	1,194	322
72	1.66	13.87	2.76	45.99	64.28	1,198	302
73	1.66	13.68	2.90	48.41	66.65	1,200	283
74	1.66	13.49	3.05	50.91	69.12	1,203	265
75	1.66	13.31	3.21	53.50	71.69	1,204	249
76	1.66	13.14	3.37	56.20	74.37	1,205	234
77	1.66	12.97	3.54	58.98	77.15	1,205	220
78	1.66	12.80	3.71	61.87	80.05	1,205	207
79	1.66	12.64	3.89	64.86	83.05	1,204	195
80	1.66	12.48	4.08	67.96	86.18	1,202	184



รูปที่ 4.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรท์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 50$ $d = 16$

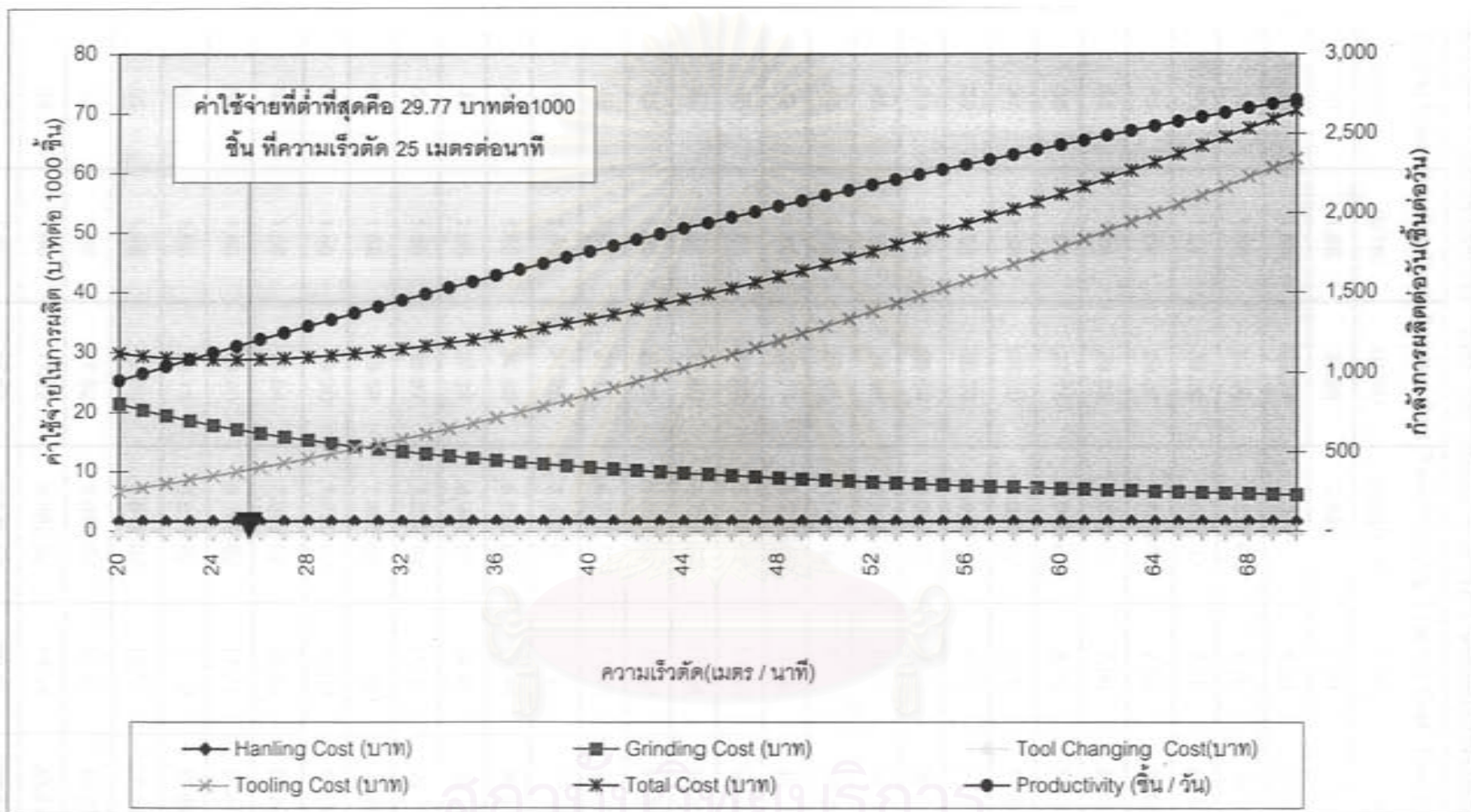
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 50$ $d = 42$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	19.97	0.07	1.22	22.92	1,009	16,355
31	1.66	19.33	0.08	1.38	22.45	1,039	14,016
32	1.66	18.72	0.09	1.55	22.03	1,070	12,072
33	1.66	18.15	0.10	1.74	21.66	1,099	10,444
34	1.66	17.62	0.12	1.94	21.34	1,129	9,076
35	1.66	17.12	0.13	2.16	21.07	1,158	7,919
36	1.66	16.64	0.14	2.40	20.85	1,187	6,936
37	1.66	16.19	0.16	2.66	20.67	1,216	6,097
38	1.66	15.77	0.18	2.93	20.53	1,244	5,378
39	1.66	15.36	0.19	3.23	20.44	1,272	4,759
40	1.66	14.98	0.21	3.55	20.40	1,300	4,225
41	1.66	14.61	0.23	3.88	20.39	1,327	3,761
42	1.66	14.26	0.25	4.25	20.43	1,354	3,358
43	1.66	13.93	0.28	4.63	20.51	1,380	3,006
44	1.66	13.62	0.30	5.05	20.63	1,406	2,698
45	1.66	13.31	0.33	5.48	20.79	1,431	2,427
46	1.66	13.02	0.36	5.95	20.99	1,456	2,189
47	1.66	12.75	0.39	6.44	21.24	1,480	1,978
48	1.66	12.48	0.42	6.97	21.53	1,504	1,792
49	1.66	12.23	0.45	7.52	21.86	1,527	1,626
50	1.66	11.98	0.49	8.10	22.23	1,550	1,479
51	1.66	11.75	0.52	8.72	22.65	1,572	1,347
52	1.66	11.52	0.56	9.37	23.12	1,593	1,229
53	1.66	11.30	0.60	10.06	23.62	1,614	1,124
54	1.66	11.09	0.65	10.78	24.18	1,634	1,029
55	1.66	10.89	0.69	11.54	24.78	1,653	944
56	1.66	10.70	0.74	12.33	25.43	1,672	868
57	1.66	10.51	0.79	13.17	26.13	1,690	798
58	1.66	10.33	0.84	14.04	26.88	1,707	735
59	1.66	10.15	0.90	14.96	27.68	1,723	679

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 50$ $d = 42$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanlring Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
60	1.66	9.99	0.96	15.92	28.53	1,738	627
61	1.66	9.82	1.02	16.93	29.43	1,752	580
62	1.66	9.66	1.08	17.98	30.38	1,766	537
63	1.66	9.51	1.14	19.08	31.39	1,778	498
64	1.66	9.36	1.21	20.23	32.46	1,790	463
65	1.66	9.22	1.29	21.42	33.58	1,801	430
66	1.66	9.08	1.36	22.67	34.77	1,810	400
67	1.66	8.94	1.44	23.97	36.01	1,819	373
68	1.66	8.81	1.52	25.32	37.31	1,827	348
69	1.66	8.68	1.60	26.73	38.67	1,833	325
70	1.66	8.56	1.69	28.19	40.10	1,839	304
71	1.66	8.44	1.78	29.71	41.59	1,843	284
72	1.66	8.32	1.88	31.29	43.15	1,847	266
73	1.66	8.21	1.98	32.93	44.78	1,849	249
74	1.66	8.10	2.08	34.64	46.47	1,851	234
75	1.66	7.99	2.18	36.40	48.23	1,851	219
76	1.66	7.88	2.29	38.23	50.07	1,850	206
77	1.66	7.78	2.41	40.13	51.98	1,848	194
78	1.66	7.68	2.53	42.09	53.96	1,846	182
79	1.66	7.58	2.65	44.13	56.02	1,842	172
80	1.66	7.49	2.77	46.23	58.16	1,837	162



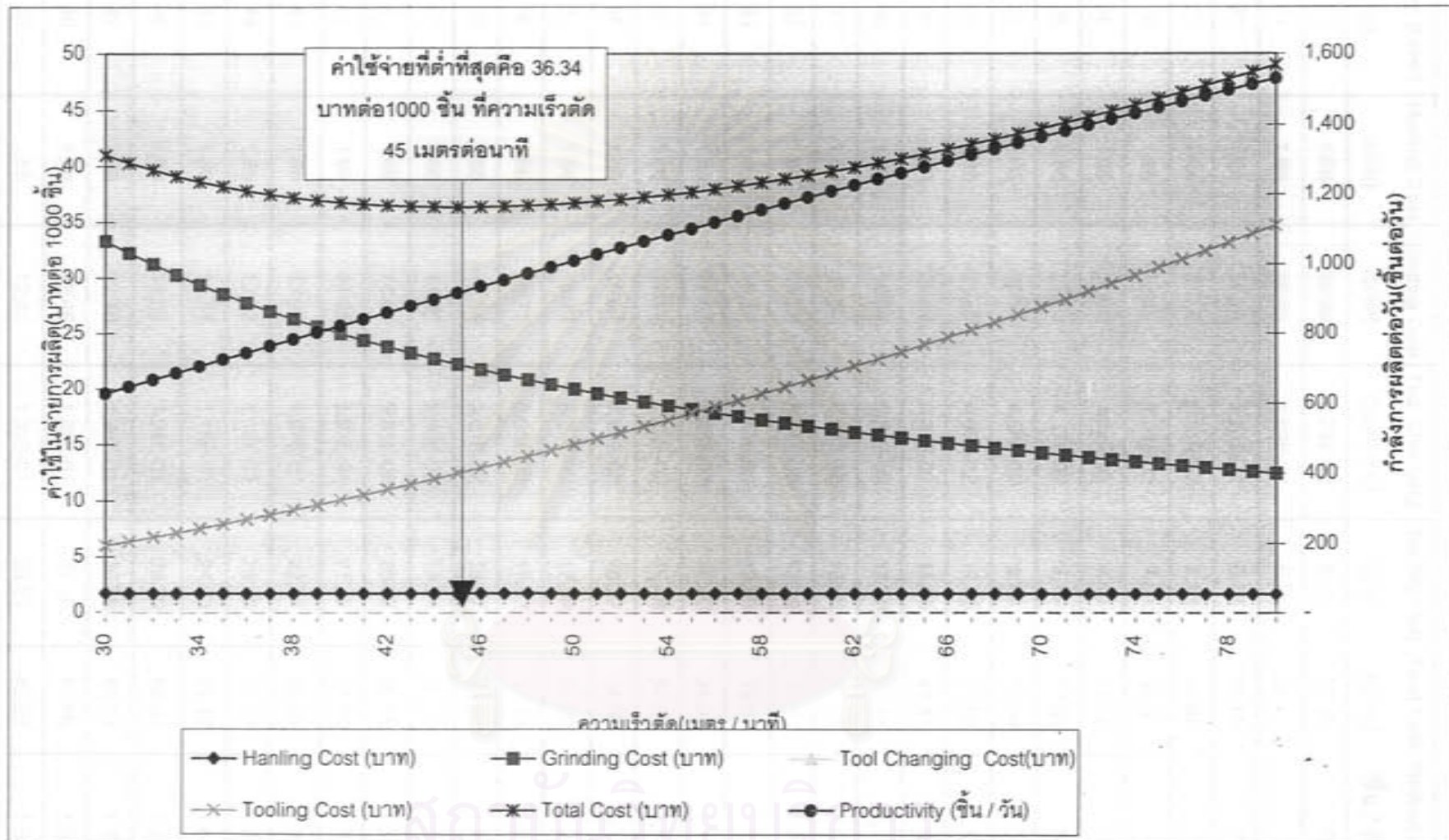
รูปที่ 4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 50$ $d = 42$

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SiC ที่เงื่อนไข $f = 70$ $d = 42$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	14.26	0.06	0.95	16.93	1,370	15,055
31	1.66	13.80	0.06	1.07	16.60	1,410	12,903
32	1.66	13.37	0.07	1.20	16.31	1,450	11,113
33	1.66	12.97	0.08	1.35	16.06	1,489	9,615
34	1.66	12.59	0.09	1.51	15.84	1,528	8,355
35	1.66	12.23	0.10	1.68	15.66	1,566	7,290
36	1.66	11.89	0.11	1.86	15.52	1,603	6,385
37	1.66	11.57	0.12	2.06	15.41	1,641	5,613
38	1.66	11.26	0.14	2.27	15.33	1,677	4,951
39	1.66	10.97	0.15	2.50	15.29	1,713	4,381
40	1.66	10.70	0.17	2.75	15.27	1,749	3,889
41	1.66	10.44	0.18	3.01	15.29	1,784	3,463
42	1.66	10.19	0.20	3.30	15.34	1,818	3,091
43	1.66	9.95	0.22	3.60	15.42	1,852	2,767
44	1.66	9.73	0.23	3.92	15.54	1,885	2,484
45	1.66	9.51	0.26	4.26	15.68	1,917	2,235
46	1.66	9.30	0.28	4.62	15.86	1,948	2,015
47	1.66	9.11	0.30	5.00	16.06	1,979	1,821
48	1.66	8.92	0.32	5.41	16.31	2,009	1,649
49	1.66	8.73	0.35	5.83	16.58	2,038	1,497
50	1.66	8.56	0.38	6.29	16.88	2,067	1,361
51	1.66	8.39	0.41	6.77	17.22	2,094	1,240
52	1.66	8.23	0.44	7.27	17.60	2,121	1,132
53	1.66	8.07	0.47	7.80	18.01	2,147	1,035
54	1.66	7.92	0.50	8.36	18.45	2,171	948
55	1.66	7.78	0.54	8.95	18.93	2,195	869
56	1.66	7.64	0.57	9.57	19.44	2,218	799
57	1.66	7.51	0.61	10.22	20.00	2,239	735
58	1.66	7.38	0.65	10.90	20.59	2,260	677
59	1.66	7.25	0.70	11.61	21.22	2,279	625

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหิน SIC ที่เงื่อนไข $f = 70$ $d = 42$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
60	1.66	7.13	0.74	12.36	21.89	2,297	577
61	1.66	7.02	0.79	13.14	22.60	2,314	534
62	1.66	6.90	0.84	13.95	23.35	2,330	495
63	1.66	6.79	0.89	14.80	24.15	2,345	459
64	1.66	6.69	0.94	15.69	24.98	2,358	426
65	1.66	6.58	1.00	16.62	25.86	2,370	396
66	1.66	6.48	1.06	17.59	26.79	2,381	369
67	1.66	6.39	1.12	18.60	27.76	2,390	343
68	1.66	6.29	1.18	19.65	28.78	2,398	320
69	1.66	6.20	1.24	20.74	29.84	2,405	299
70	1.66	6.11	1.31	21.87	30.96	2,410	279
71	1.66	6.03	1.38	23.05	32.12	2,414	261
72	1.66	5.94	1.46	24.28	33.34	2,417	245
73	1.66	5.86	1.53	25.55	34.61	2,418	229
74	1.66	5.78	1.61	26.87	35.93	2,418	215
75	1.66	5.71	1.69	28.24	37.30	2,417	202
76	1.66	5.63	1.78	29.66	38.74	2,414	190
77	1.66	5.56	1.87	31.14	40.22	2,410	178
78	1.66	5.49	1.96	32.66	41.77	2,405	168
79	1.66	5.42	2.05	34.24	43.37	2,398	158
80	1.66	5.35	2.15	35.87	45.04	2,390	149



รูปที่ 4.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ต่อ 1000 ชั่ง ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 70$ $d = 42$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

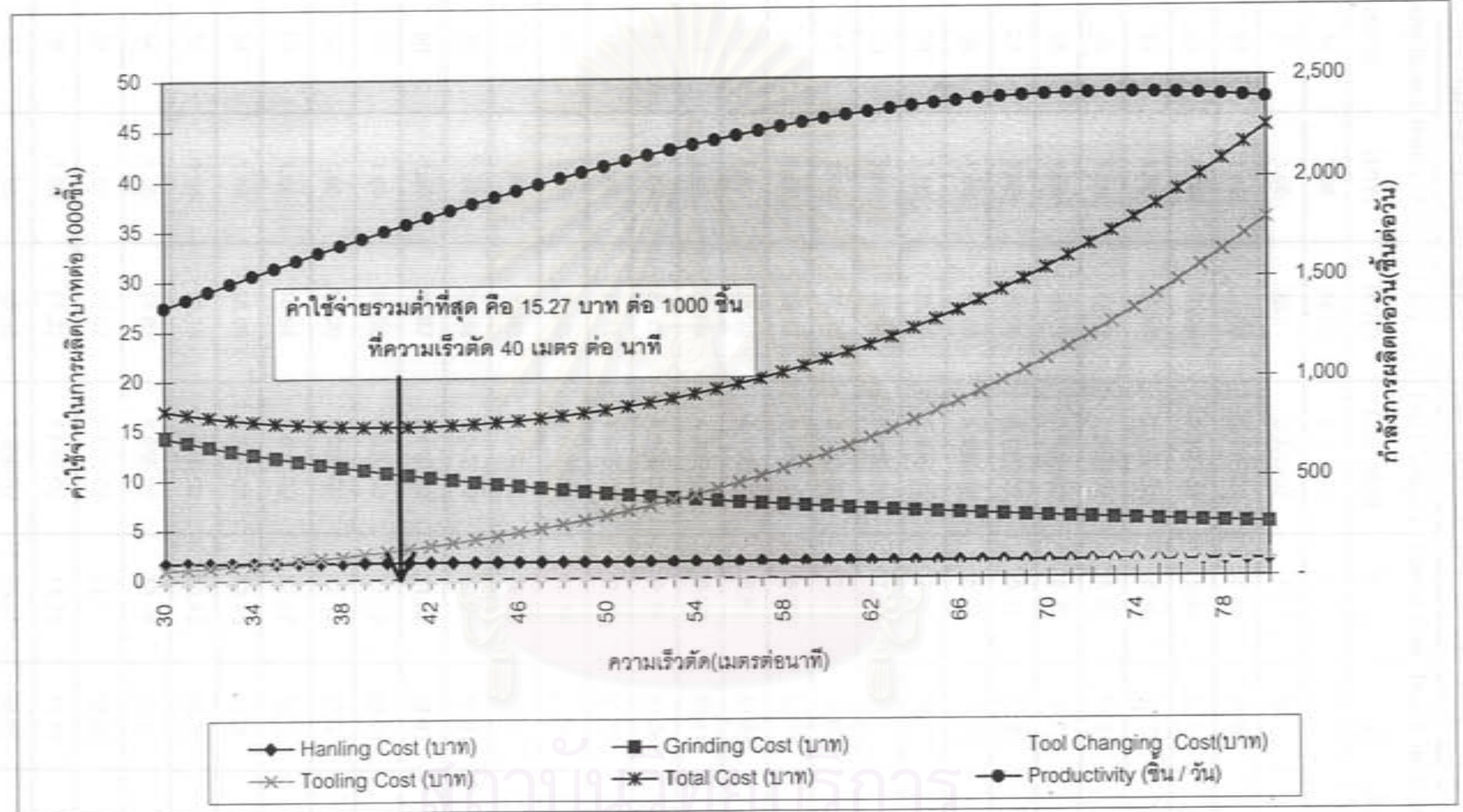
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 30$ $d = 16$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	33.28	2.19E-02	4.55	39.52	626	182,776
31	1.66	32.21	2.32E-02	4.83	38.72	646	166,831
32	1.66	31.20	2.45E-02	5.11	38.00	666	152,718
33	1.66	30.26	2.59E-02	5.40	37.34	686	140,180
34	1.66	29.37	2.73E-02	5.69	36.75	705	129,000
35	1.86	28.53	2.88E-02	5.99	36.21	725	116,999
36	1.66	27.74	3.03E-02	6.30	35.73	744	110,023
37	1.86	26.99	3.18E-02	6.62	35.30	764	101,943
38	1.66	26.28	3.33E-02	6.94	34.91	783	94,848
39	1.66	25.60	3.49E-02	7.27	34.57	802	88,045
40	1.66	24.96	3.65E-02	7.61	34.27	821	82,053
41	1.88	24.35	3.82E-02	7.95	34.00	841	76,602
42	1.66	23.77	3.98E-02	8.30	33.77	880	71,632
43	1.66	23.22	4.15E-02	8.65	33.58	879	67,090
44	1.66	22.69	4.33E-02	9.02	33.41	898	62,930
45	1.66	22.19	4.50E-02	9.38	33.28	917	59,114
46	1.66	21.71	4.68E-02	9.76	33.17	935	55,605
47	1.66	21.25	4.87E-02	10.14	33.09	954	52,374
48	1.66	20.80	5.05E-02	10.53	33.04	973	49,392
49	1.66	20.38	5.24E-02	10.92	33.01	991	46,637
50	1.66	19.97	5.44E-02	11.32	33.01	1,010	44,086
51	1.66	19.58	5.63E-02	11.73	33.03	1,028	41,721
52	1.66	19.20	5.83E-02	12.15	33.07	1,047	39,526
53	1.66	18.84	6.03E-02	12.57	33.13	1,065	37,484
54	1.66	18.49	6.24E-02	12.99	33.20	1,083	35,584
55	1.66	18.15	6.44E-02	13.42	33.30	1,102	33,812
56	1.66	17.83	6.65E-02	13.86	33.42	1,120	32,157
57	1.66	17.52	6.87E-02	14.31	33.55	1,138	30,611
58	1.66	17.22	7.08E-02	14.76	33.70	1,156	29,164
59	1.66	16.92	7.30E-02	15.21	33.87	1,174	27,809
60	1.66	16.64	7.53E-02	15.68	34.05	1,192	26,538

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 30$ $d = 16$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
61	1.66	16.37	7.75E-02	16.15	34.25	1,209	25,344
62	1.66	16.11	7.98E-02	16.62	34.47	1,227	24,222
63	1.66	15.85	8.21E-02	17.10	34.70	1,245	23,167
64	1.66	15.80	8.44E-02	17.59	34.94	1,263	22,173
65	1.66	15.38	8.68E-02	18.08	35.19	1,280	21,237
66	1.66	15.13	8.92E-02	18.56	35.46	1,296	20,353
67	1.66	14.90	9.16E-02	19.09	35.74	1,315	19,518
68	1.66	14.68	9.41E-02	19.60	36.04	1,332	18,730
69	1.66	14.47	9.66E-02	20.12	36.34	1,350	17,984
70	1.66	14.26	9.91E-02	20.64	36.66	1,367	17,278
71	1.66	14.06	1.02E-01	21.17	36.99	1,384	16,609
72	1.66	13.87	1.04E-01	21.70	37.34	1,401	15,974
73	1.66	13.66	1.07E-01	22.24	37.69	1,416	15,373
74	1.66	13.49	1.09E-01	22.79	38.05	1,435	14,801
75	1.66	13.31	1.12E-01	23.34	38.43	1,452	14,258
76	1.66	13.14	1.15E-01	23.90	38.81	1,469	13,742
77	1.66	12.97	1.17E-01	24.47	39.21	1,485	13,251
78	1.66	12.80	1.20E-01	25.04	39.62	1,502	12,783
79	1.66	12.64	1.23E-01	25.61	40.03	1,518	12,338
80	1.66	12.48	1.26E-01	26.19	40.46	1,535	11,913

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรท์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 30$ $d = 16$

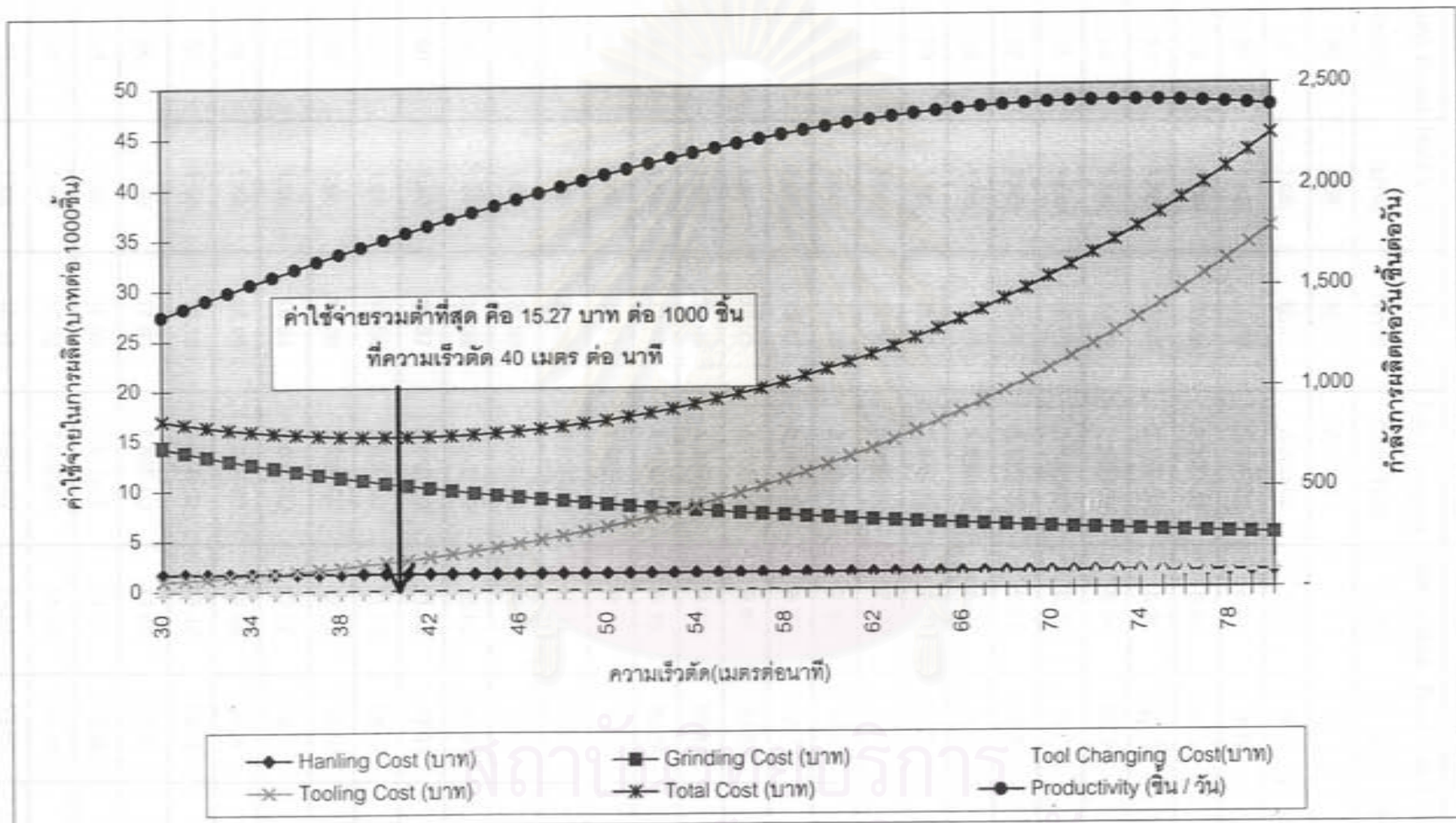
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เส้นใย $f = 50$ $d=18$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.68	19.97	4.26E-02	8.88	30.55	1,010	58,250
31	1.66	19.33	4.52E-02	9.41	30.44	1,041	51,342
32	1.66	18.72	4.78E-02	9.96	30.39	1,072	48,999
33	1.66	18.15	5.05E-02	10.52	30.39	1,102	43,141
34	1.66	17.62	5.33E-02	11.10	30.43	1,133	39,700
35	1.66	17.12	5.61E-02	11.69	30.52	1,163	36,622
36	1.66	18.64	5.90E-02	12.29	30.65	1,193	33,860
37	1.66	16.19	6.19E-02	12.90	30.82	1,222	31,373
38	1.66	15.77	6.50E-02	13.53	31.02	1,252	29,128
39	1.66	15.36	6.80E-02	14.17	31.26	1,281	27,096
40	1.66	14.98	7.12E-02	14.83	31.54	1,311	25,252
41	1.66	14.61	7.44E-02	15.50	31.84	1,340	23,574
42	1.66	14.26	7.76E-02	16.18	32.18	1,369	22,045
43	1.66	13.93	8.10E-02	16.87	32.54	1,397	20,647
44	1.66	13.62	8.44E-02	17.58	32.94	1,426	19,367
45	1.66	13.31	8.78E-02	18.30	33.36	1,454	18,192
46	1.66	13.02	9.13E-02	19.03	33.80	1,482	17,113
47	1.66	12.75	9.49E-02	19.77	34.27	1,510	16,118
48	1.66	12.48	9.85E-02	20.53	34.77	1,538	15,201
49	1.66	12.23	1.02E-01	21.30	35.29	1,566	14,353
50	1.66	11.98	1.06E-01	22.08	35.83	1,593	13,568
51	1.66	11.75	1.10E-01	22.87	36.39	1,620	12,840
52	1.66	11.52	1.14E-01	23.68	36.97	1,647	12,164
53	1.66	11.30	1.18E-01	24.50	37.58	1,674	11,536
54	1.66	11.09	1.22E-01	25.33	38.20	1,701	10,951
55	1.66	10.89	1.26E-01	26.17	38.85	1,727	10,406
56	1.66	10.70	1.30E-01	27.03	39.51	1,754	9,896
57	1.66	10.51	1.34E-01	27.89	40.20	1,780	9,421
58	1.66	10.33	1.38E-01	28.77	40.90	1,806	8,975
59	1.66	10.15	1.42E-01	29.66	41.62	1,832	8,558
60	1.66	9.99	1.47E-01	30.57	42.36	1,857	8,167

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 50$ $d = 16$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
61	1.66	9.82	1.51E-01	31.48	43.11	1,883	7,800
62	1.66	9.66	1.58E-01	32.41	43.89	1,908	7,455
63	1.66	9.51	1.80E-01	33.35	44.67	1,933	7,130
64	1.66	9.36	1.65E-01	34.30	45.48	1,958	6,824
65	1.66	9.22	1.69E-01	35.26	46.30	1,983	6,536
66	1.66	9.08	1.74E-01	36.23	47.14	2,007	6,264
67	1.66	8.94	1.79E-01	37.22	48.00	2,031	6,007
68	1.66	8.81	1.83E-01	38.21	48.87	2,056	5,784
69	1.66	8.68	1.88E-01	39.22	49.75	2,080	5,535
70	1.66	8.56	1.93E-01	40.24	50.65	2,103	5,317
71	1.66	8.44	1.98E-01	41.27	51.57	2,127	5,111
72	1.66	8.32	2.03E-01	42.31	52.50	2,150	4,916
73	1.66	8.21	2.08E-01	43.37	53.44	2,174	4,731
74	1.66	8.10	2.13E-01	44.43	54.40	2,197	4,555
75	1.66	7.99	2.18E-01	45.51	55.38	2,220	4,386
76	1.66	7.88	2.24E-01	46.60	56.37	2,242	4,229
77	1.66	7.78	2.29E-01	47.70	57.37	2,265	4,078
78	1.66	7.68	2.34E-01	48.81	58.38	2,287	3,934
79	1.66	7.58	2.40E-01	49.93	59.41	2,309	3,797
80	1.66	7.49	2.45E-01	51.06	60.46	2,331	3,666

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



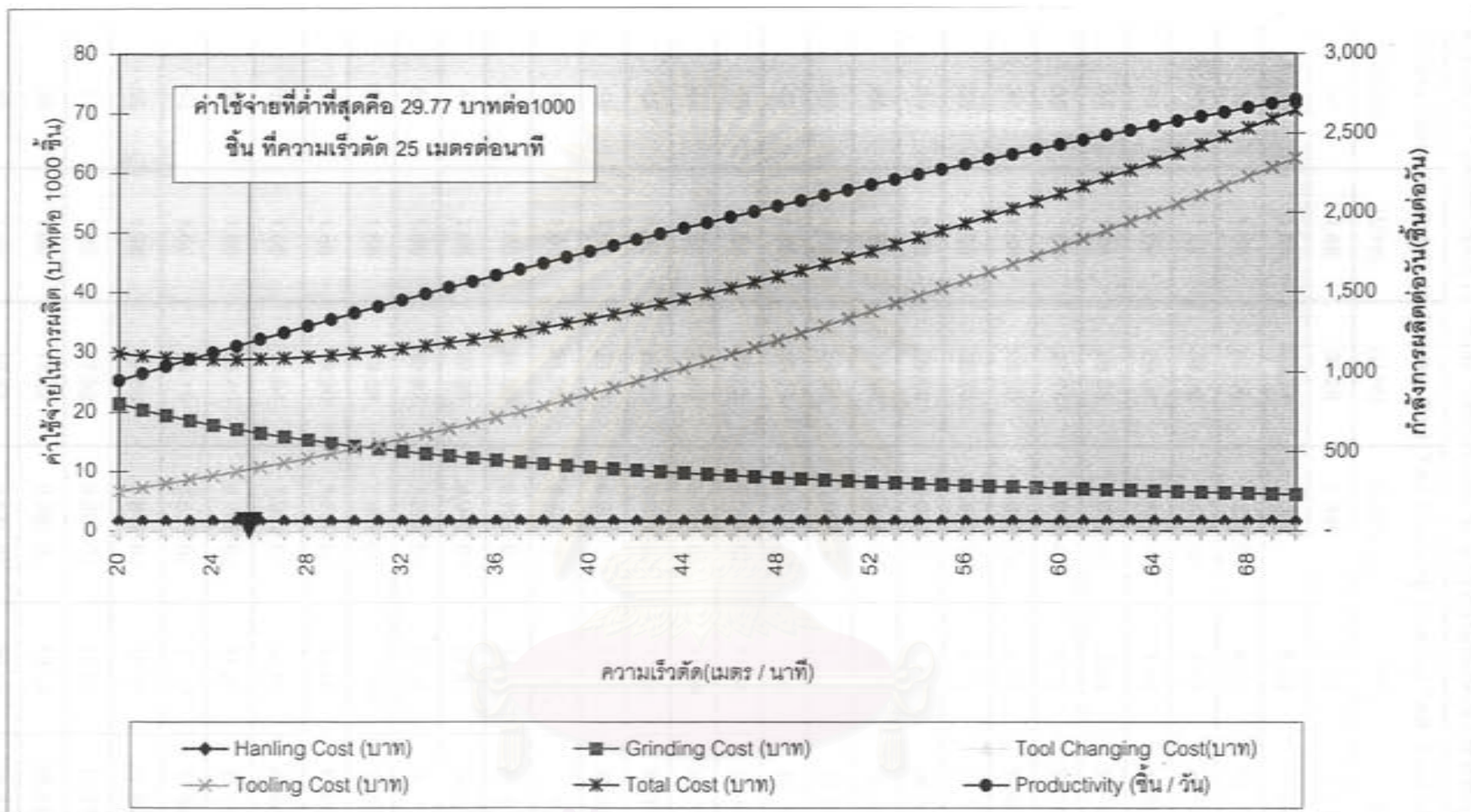
รูปที่ 4.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรด์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 50$ $d = 16$

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เส้นไข $f = 70$ $d = 16$

Cutting Speed (m/min)	Handling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
20	1.66	21.40	3.21E-02	6.68	29.77	949	80,028
21	1.66	20.38	3.50E-02	7.29	29.37	992	69,863
22	1.66	19.45	3.80E-02	7.92	29.07	1,035	61,377
23	1.66	18.61	4.12E-02	8.58	28.88	1,078	54,233
24	1.66	17.83	4.44E-02	9.25	28.79	1,121	48,173
25	1.66	17.12	4.78E-02	9.95	28.78	1,163	42,998
26	1.66	16.46	5.12E-02	10.67	28.84	1,205	38,550
27	1.66	15.85	5.48E-02	11.42	28.98	1,247	34,705
28	1.66	15.28	5.85E-02	12.18	29.18	1,288	31,364
29	1.66	14.76	6.23E-02	12.97	29.45	1,329	28,444
30	1.66	14.26	6.61E-02	13.78	29.77	1,370	25,883
31	1.66	13.80	7.01E-02	14.61	30.14	1,410	23,625
32	1.86	13.37	7.42E-02	15.46	30.57	1,450	21,626
33	1.66	12.97	7.84E-02	16.33	31.04	1,489	19,851
34	1.66	12.59	8.27E-02	17.23	31.55	1,528	18,267
35	1.66	12.23	8.71E-02	18.14	32.11	1,567	16,851
36	1.66	11.89	9.16E-02	19.07	32.71	1,606	15,580
37	1.66	11.57	9.61E-02	20.03	33.35	1,644	14,436
38	1.66	11.26	1.01E-01	21.01	34.03	1,682	13,403
39	1.66	10.97	1.06E-01	22.00	34.74	1,719	12,468
40	1.66	10.70	1.10E-01	23.02	35.49	1,756	11,619
41	1.66	10.44	1.15E-01	24.06	36.27	1,793	10,847
42	1.66	10.19	1.21E-01	25.11	37.08	1,830	10,144
43	1.66	9.95	1.26E-01	26.19	37.93	1,866	9,500
44	1.66	9.73	1.31E-01	27.28	38.80	1,902	8,911
45	1.66	9.51	1.36E-01	28.40	39.71	1,937	8,371
46	1.66	9.30	1.42E-01	29.54	40.64	1,972	7,874
47	1.66	9.11	1.47E-01	30.69	41.60	2,007	7,417
48	1.66	8.92	1.53E-01	31.87	42.59	2,041	6,994
49	1.66	8.73	1.59E-01	33.06	43.61	2,075	6,604

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เส้นรอบวง $f = 70$ $d=16$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
50	1.66	8.56	1.65E-01	34.27	44.66	2,109	6,243
51	1.66	8.39	1.70E-01	35.51	45.73	2,143	5,908
52	1.66	8.23	1.76E-01	36.76	46.82	2,176	5,597
53	1.66	8.07	1.83E-01	38.03	47.94	2,208	5,308
54	1.66	7.92	1.89E-01	39.32	49.09	2,241	5,039
55	1.66	7.78	1.95E-01	40.63	50.26	2,273	4,788
56	1.66	7.64	2.01E-01	41.95	51.46	2,305	4,554
57	1.66	7.51	2.08E-01	43.30	52.67	2,336	4,335
58	1.66	7.38	2.14E-01	44.66	53.92	2,367	4,130
59	1.66	7.25	2.21E-01	46.05	55.18	2,398	3,936
60	1.66	7.13	2.28E-01	47.45	56.47	2,428	3,758
61	1.66	7.02	2.35E-01	48.87	57.78	2,458	3,589
62	1.66	6.90	2.41E-01	50.31	59.11	2,488	3,430
63	1.66	6.79	2.48E-01	51.76	60.46	2,517	3,281
64	1.66	6.69	2.56E-01	53.24	61.84	2,546	3,140
65	1.66	6.58	2.63E-01	54.73	63.24	2,575	3,007
66	1.66	6.48	2.70E-01	56.24	64.66	2,603	2,882
67	1.66	6.39	2.77E-01	57.77	66.10	2,631	2,764
68	1.66	6.29	2.85E-01	59.32	67.56	2,658	2,652
69	1.66	6.20	2.92E-01	60.88	69.04	2,686	2,547
70	1.66	6.11	3.00E-01	62.47	70.54	2,713	2,447
71	1.66	6.03	3.08E-01	64.07	72.06	2,739	2,352
72	1.66	5.94	3.15E-01	65.69	73.60	2,766	2,262
73	1.66	5.86	3.23E-01	67.32	75.17	2,791	2,177
74	1.66	5.78	3.31E-01	68.96	76.75	2,817	2,096
75	1.66	5.71	3.39E-01	70.65	78.35	2,842	2,019
76	1.66	5.63	3.47E-01	72.34	79.98	2,867	1,946
77	1.66	5.56	3.55E-01	74.04	81.62	2,892	1,876
78	1.66	5.49	3.64E-01	75.77	83.28	2,916	1,810
79	1.66	5.42	3.72E-01	77.51	84.96	2,940	1,747
80	1.66	5.35	3.80E-01	79.27	86.66	2,964	1,687



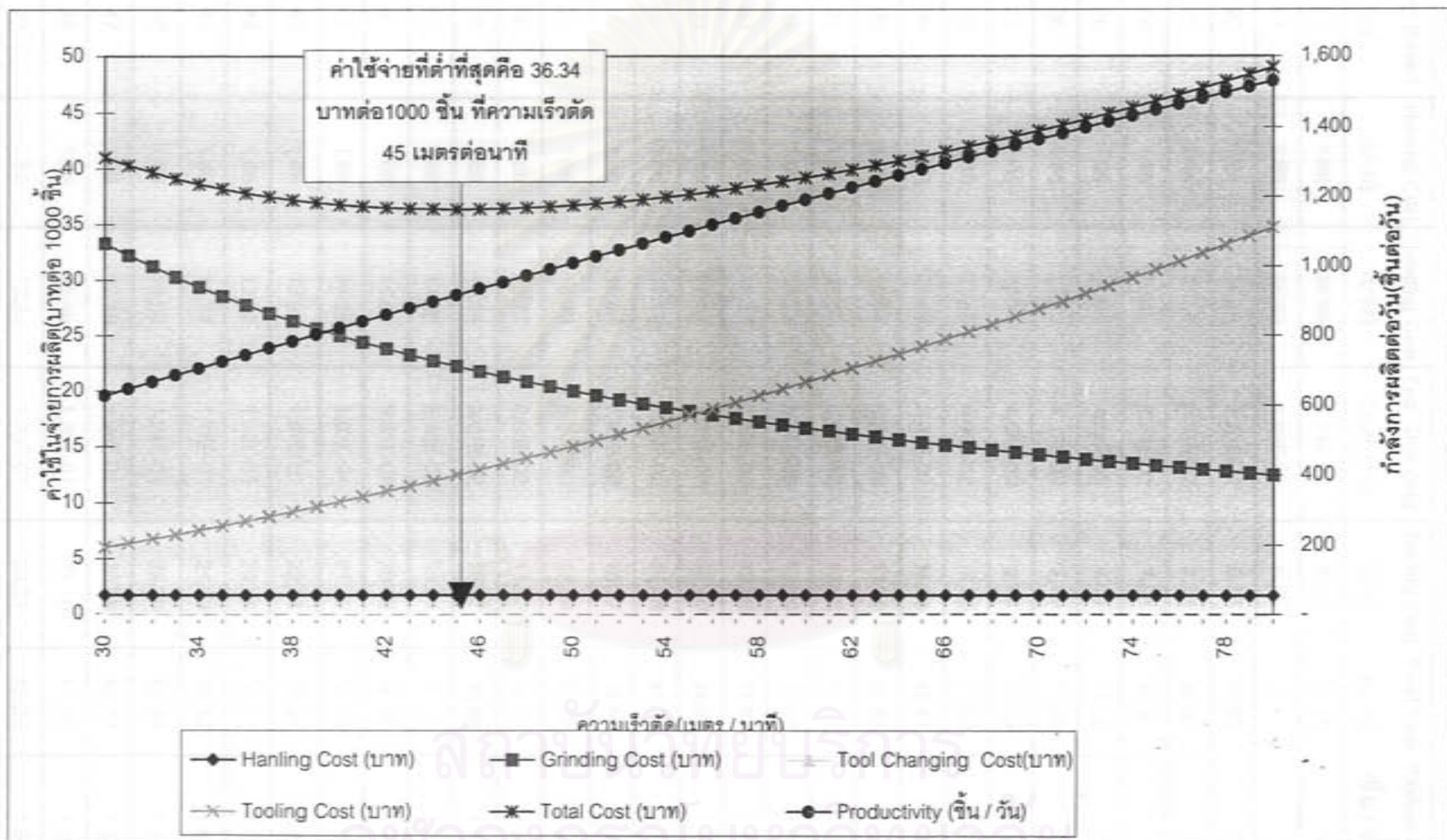
รูปที่ 4.15 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรต์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 70$ $d = 16$

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 30$ $d=20$

Cutting Speed (m/min)	Hanlring Cost (บาท)	Grnding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
30	1.66	33.28	2.89E-02	6.03	41.00	626	138,011
31	1.66	32.21	3.07E-02	6.39	40.29	646	125,970
32	1.66	31.20	3.25E-02	6.76	39.66	666	115,314
33	1.66	30.26	3.43E-02	7.15	39.10	685	105,846
34	1.66	29.37	3.62E-02	7.54	38.80	705	97,405
35	1.66	28.53	3.81E-02	7.94	38.16	725	89,853
36	1.66	27.74	4.01E-02	8.35	37.78	744	83,076
37	1.86	26.99	4.21E-02	8.76	37.45	763	76,975
38	1.66	26.28	4.41E-02	9.19	37.17	783	71,467
39	1.66	25.60	4.62E-02	9.63	36.94	802	66,481
40	1.66	24.96	4.83E-02	10.07	36.74	821	61,957
41	1.66	24.35	5.05E-02	10.53	36.59	840	57,841
42	1.66	23.77	5.27E-02	10.99	36.48	859	54,088
43	1.66	23.22	5.50E-02	11.46	36.40	878	50,658
44	1.86	22.69	5.73E-02	11.94	36.35	897	47,517
45	1.66	22.19	5.97E-02	12.43	36.34	916	44,636
46	1.66	21.71	6.20E-02	12.93	36.35	935	41,986
47	1.66	21.25	6.45E-02	13.43	36.40	953	39,546
48	1.66	20.80	6.69E-02	13.94	36.47	972	37,295
49	1.66	20.38	6.94E-02	14.47	36.57	991	35,214
50	1.66	19.97	7.20E-02	15.00	36.70	1,009	33,288
51	1.66	19.58	7.46E-02	15.54	36.85	1,028	31,503
52	1.66	19.20	7.72E-02	16.08	37.02	1,046	29,845
53	1.66	18.84	7.99E-02	16.64	37.22	1,064	28,304
54	1.66	18.49	8.26E-02	17.21	37.44	1,082	26,868
55	1.66	18.15	8.53E-02	17.78	37.68	1,100	25,530
56	1.66	17.83	8.81E-02	18.36	37.94	1,119	24,281
57	1.66	17.52	9.09E-02	18.95	38.22	1,137	23,114
58	1.66	17.22	9.38E-02	19.54	38.51	1,154	22,021
59	1.66	16.92	9.67E-02	20.15	38.83	1,172	20,998

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เส้นไข $f = 30$ $d = 20$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
60	1.66	16.64	9.97E-02	20.76	39.16	1,190	20,038
61	1.66	16.37	1.03E-01	21.36	39.52	1,206	19,137
62	1.66	16.11	1.06E-01	22.01	39.66	1,225	18,290
63	1.66	15.85	1.09E-01	22.65	40.27	1,243	17,493
64	1.66	15.60	1.12E-01	23.30	40.67	1,261	16,743
65	1.66	15.36	1.15E-01	23.95	41.09	1,278	16,035
66	1.66	15.13	1.18E-01	24.61	41.52	1,295	15,368
67	1.66	14.90	1.21E-01	25.28	41.97	1,313	14,738
68	1.66	14.88	1.25E-01	25.96	42.43	1,330	14,142
69	1.66	14.47	1.28E-01	26.64	42.90	1,347	13,579
70	1.66	14.26	1.31E-01	27.34	43.39	1,364	13,046
71	1.66	14.06	1.35E-01	28.04	43.89	1,381	12,541
72	1.66	13.87	1.38E-01	28.74	44.41	1,398	12,062
73	1.66	13.68	1.41E-01	29.46	44.94	1,415	11,608
74	1.66	13.49	1.45E-01	30.18	45.48	1,432	11,176
75	1.66	13.31	1.48E-01	30.92	46.04	1,448	10,766
76	1.66	13.14	1.52E-01	31.65	46.60	1,465	10,376
77	1.66	12.97	1.56E-01	32.40	47.18	1,481	10,006
78	1.66	12.80	1.59E-01	33.16	47.78	1,498	9,653
79	1.66	12.64	1.63E-01	33.92	48.38	1,514	9,316
80	1.66	12.48	1.67E-01	34.69	49.00	1,531	8,996



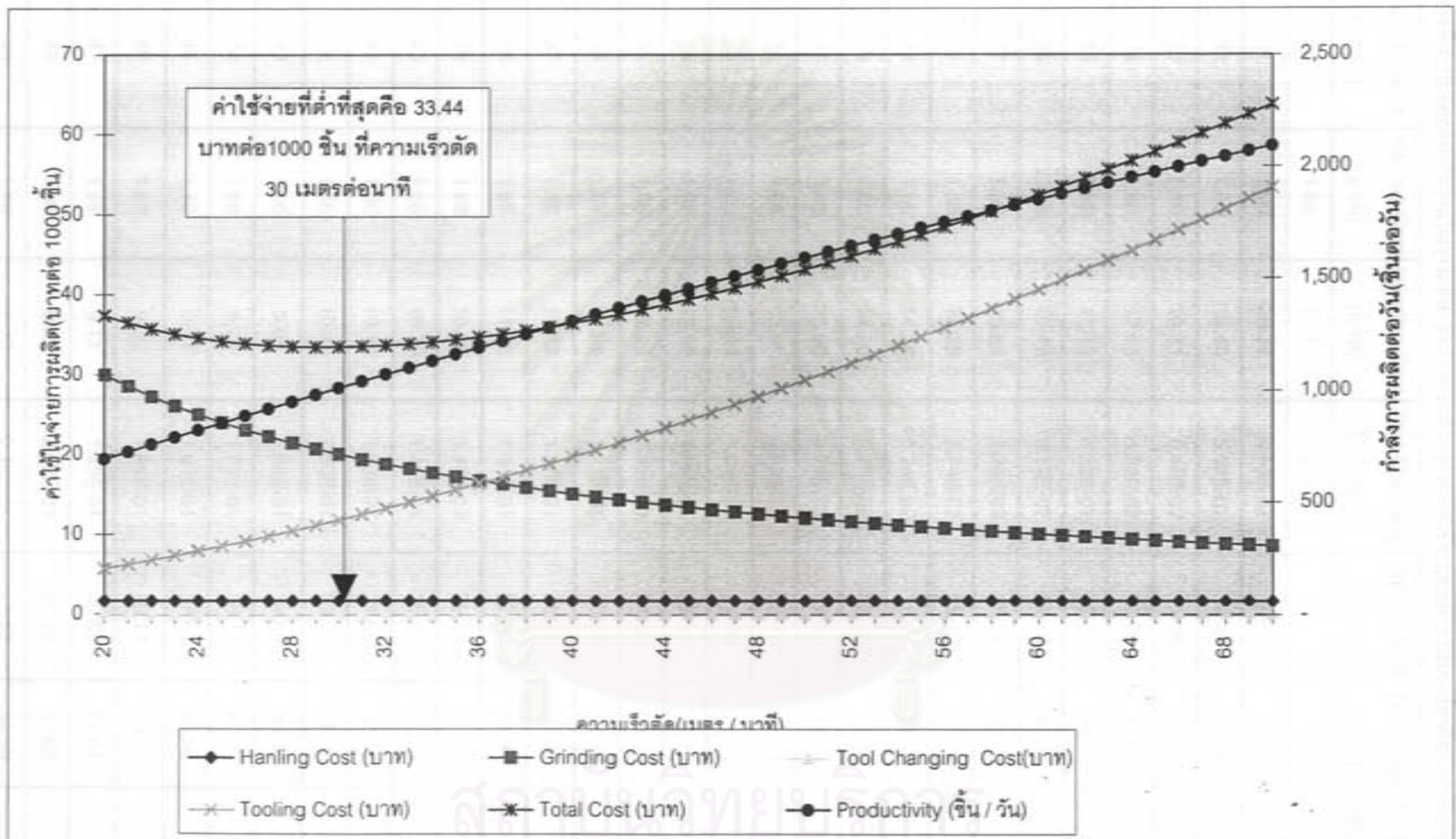
รูปที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรด์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 30$ $d = 20$

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหินCBN เงื่อนไข $f = 50$ $d=20$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
20	1.66	29.96	2.74E-02	5.70	37.35	692	131,324
21	1.66	28.53	2.99E-02	6.22	36.44	725	114,645
22	1.66	27.23	3.24E-02	6.76	35.68	757	100,719
23	1.66	26.05	3.51E-02	7.32	35.06	789	88,995
24	1.66	24.96	3.79E-02	7.89	34.56	821	79,051
25	1.66	23.96	4.08E-02	8.49	34.16	853	70,559
26	1.66	23.04	4.37E-02	9.11	33.85	885	63,260
27	1.66	22.19	4.68E-02	9.74	33.64	916	56,951
28	1.66	21.40	4.99E-02	10.39	33.50	948	51,467
29	1.66	20.66	5.31E-02	11.06	33.44	979	46,677
30	1.66	19.97	5.64E-02	11.75	33.44	1,010	42,473
31	1.66	19.33	5.98E-02	12.46	33.51	1,041	36,768
32	1.66	18.72	6.33E-02	13.19	33.63	1,071	35,488
33	1.66	18.15	6.69E-02	13.93	33.82	1,102	32,575
34	1.66	17.62	7.05E-02	14.70	34.05	1,132	29,977
35	1.66	17.12	7.43E-02	15.48	34.33	1,162	27,653
36	1.66	16.64	7.81E-02	16.27	34.65	1,192	25,567
37	1.66	16.19	8.20E-02	17.09	35.02	1,221	23,689
38	1.66	15.77	8.60E-02	17.92	35.43	1,251	21,994
39	1.66	15.36	9.01E-02	18.77	35.88	1,280	20,460
40	1.66	14.98	9.43E-02	19.64	36.37	1,309	19,067
41	1.66	14.61	9.85E-02	20.52	36.89	1,338	17,801
42	1.66	14.26	1.03E-01	21.42	37.45	1,366	16,646
43	1.66	13.93	1.07E-01	22.34	38.04	1,395	15,590
44	1.66	13.62	1.12E-01	23.28	38.67	1,423	14,624
45	1.66	13.31	1.16E-01	24.23	39.32	1,451	13,737
46	1.66	13.02	1.21E-01	25.20	40.00	1,479	12,921
47	1.66	12.75	1.26E-01	26.18	40.72	1,507	12,170
48	1.66	12.48	1.30E-01	27.19	41.46	1,534	11,478
49	1.66	12.23	1.35E-01	28.21	42.23	1,562	10,837

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหินCBN เส้นใย $f = 50$ $d=20$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
50	1.66	11.98	1.40E-01	29.24	43.02	1,589	10,245
51	1.66	11.75	1.45E-01	30.29	43.84	1,616	9,695
52	1.66	11.52	1.51E-01	31.36	44.69	1,643	9,185
53	1.66	11.30	1.56E-01	32.44	45.56	1,669	8,711
54	1.66	11.09	1.61E-01	33.54	46.46	1,696	8,269
55	1.66	10.89	1.66E-01	34.66	47.38	1,722	7,857
56	1.66	10.70	1.72E-01	35.79	48.32	1,748	7,473
57	1.66	10.51	1.77E-01	36.94	49.29	1,774	7,113
58	1.66	10.33	1.83E-01	38.10	50.28	1,799	6,777
59	1.66	10.15	1.89E-01	39.28	51.29	1,825	6,462
60	1.66	9.99	1.94E-01	40.48	52.32	1,850	6,167
61	1.66	9.82	2.00E-01	41.69	53.37	1,875	5,889
62	1.66	9.66	2.06E-01	42.92	54.45	1,900	5,629
63	1.66	9.51	2.12E-01	44.16	55.54	1,924	5,384
64	1.66	9.36	2.18E-01	45.42	56.66	1,949	5,153
65	1.66	9.22	2.24E-01	46.69	57.79	1,973	4,935
66	1.66	9.08	2.30E-01	47.98	58.95	1,997	4,730
67	1.66	8.94	2.37E-01	49.29	60.13	2,021	4,536
68	1.66	8.81	2.43E-01	50.61	61.32	2,044	4,352
69	1.66	8.68	2.49E-01	51.94	62.53	2,068	4,179
70	1.66	8.56	2.56E-01	53.29	63.77	2,091	4,015
71	1.66	8.44	2.62E-01	54.66	65.02	2,114	3,859
72	1.66	8.32	2.69E-01	56.04	66.29	2,137	3,712
73	1.66	8.21	2.76E-01	57.44	67.58	2,159	3,572
74	1.66	8.10	2.82E-01	58.85	68.89	2,182	3,439
75	1.66	7.99	2.89E-01	60.27	70.21	2,204	3,313
76	1.66	7.88	2.96E-01	61.71	71.55	2,226	3,193
77	1.66	7.78	3.03E-01	63.17	72.91	2,248	3,079
78	1.66	7.68	3.10E-01	64.64	74.29	2,269	2,971
79	1.66	7.58	3.17E-01	66.13	75.69	2,291	2,867
80	1.66	7.49	3.25E-01	67.63	77.10	2,312	2,768



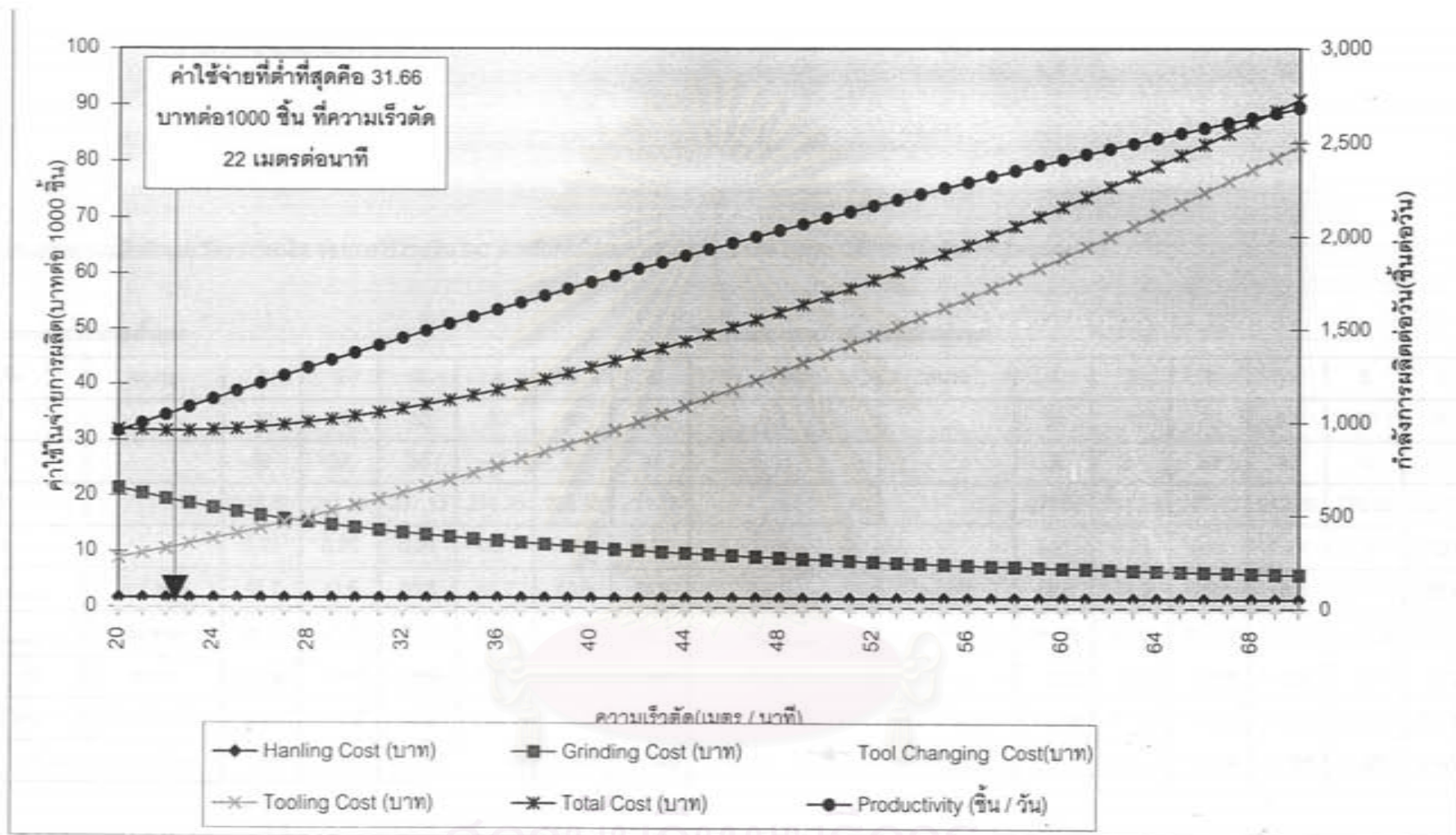
รูปที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควมบิคโบรอนไนไตรท์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 50$ $d = 20$

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 70$ $d=20$

Cutting Speed (m/min)	Hanling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
20	1.66	21.40	4.25E-02	8.85	31.95	948	60,427
21	1.66	20.38	4.64E-02	9.66	31.74	992	52,752
22	1.66	19.45	5.04E-02	10.49	31.66	1,035	46,344
23	1.66	18.61	5.45E-02	11.36	31.68	1,078	40,950
24	1.66	17.83	5.88E-02	12.26	31.80	1,120	36,374
25	1.66	17.12	6.33E-02	13.18	32.02	1,162	32,467
26	1.66	16.46	6.79E-02	14.14	32.32	1,204	29,108
27	1.66	15.85	7.26E-02	15.12	32.70	1,246	26,205
28	1.66	15.28	7.74E-02	16.13	33.16	1,287	23,682
29	1.66	14.76	8.24E-02	17.18	33.68	1,327	21,478
30	1.66	14.26	8.76E-02	18.25	34.26	1,368	19,543
31	1.66	13.80	9.29E-02	19.35	34.90	1,408	17,838
32	1.66	13.37	9.83E-02	20.47	35.61	1,447	16,329
33	1.68	12.97	1.04E-01	21.63	36.36	1,487	14,989
34	1.66	12.59	1.09E-01	22.81	37.17	1,526	13,793
35	1.66	12.23	1.15E-01	24.02	38.03	1,564	12,724
36	1.66	11.89	1.21E-01	25.26	38.93	1,602	11,764
37	1.66	11.57	1.27E-01	26.53	39.88	1,640	10,900
38	1.66	11.26	1.34E-01	27.82	40.87	1,678	10,120
39	1.66	10.97	1.40E-01	29.14	41.91	1,715	9,414
40	1.66	10.70	1.46E-01	30.48	42.99	1,751	8,774
41	1.66	10.44	1.53E-01	31.86	44.11	1,788	8,191
42	1.66	10.19	1.60E-01	33.26	45.27	1,824	7,659
43	1.66	9.95	1.66E-01	34.68	46.46	1,859	7,174
44	1.66	9.73	1.73E-01	36.13	47.69	1,895	6,729
45	1.66	9.51	1.81E-01	37.61	48.96	1,929	6,321
46	1.66	9.30	1.88E-01	39.12	50.27	1,964	5,946
47	1.66	9.11	1.95E-01	40.65	51.61	1,998	5,600
48	1.66	8.92	2.03E-01	42.20	52.98	2,032	5,281
49	1.66	8.73	2.10E-01	43.78	54.39	2,065	4,987

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานของหิน CBN เงื่อนไข $f = 70$ $d=20$ (ต่อ)

Cutting Speed (m/min)	Handling Cost (บาท)	Grinding Cost (บาท)	Tool Changing Cost(บาท)	Tooling Cost (บาท)	Total Cost (บาท)	Productivity (ชิ้น / วัน)	Tool Life (mins)
50	1.66	8.56	2.18E-01	45.39	55.83	2,098	4,714
51	1.66	8.39	2.26E-01	47.02	57.30	2,131	4,461
52	1.66	8.23	2.34E-01	48.68	58.80	2,163	4,226
53	1.66	8.07	2.42E-01	50.36	60.34	2,195	4,008
54	1.66	7.92	2.50E-01	52.07	61.91	2,227	3,805
55	1.66	7.78	2.58E-01	53.80	63.50	2,258	3,615
56	1.66	7.64	2.67E-01	55.56	65.13	2,289	3,438
57	1.66	7.51	2.75E-01	57.34	66.79	2,319	3,273
58	1.66	7.38	2.84E-01	59.15	68.47	2,349	3,118
59	1.66	7.25	2.93E-01	60.98	70.19	2,379	2,973
60	1.66	7.13	3.02E-01	62.84	71.93	2,408	2,838
61	1.66	7.02	3.11E-01	64.72	73.70	2,437	2,710
62	1.66	6.90	3.20E-01	66.62	75.51	2,466	2,590
63	1.66	6.79	3.29E-01	68.55	77.33	2,494	2,477
64	1.66	6.69	3.38E-01	70.51	79.19	2,522	2,371
65	1.66	6.58	3.48E-01	72.48	81.08	2,549	2,271
66	1.66	6.48	3.58E-01	74.48	82.99	2,576	2,176
67	1.66	6.39	3.67E-01	76.51	84.92	2,603	2,087
68	1.66	6.29	3.77E-01	78.56	86.89	2,629	2,003
69	1.66	6.20	3.87E-01	80.63	88.88	2,655	1,923
70	1.66	6.11	3.97E-01	82.73	90.90	2,680	1,847
71	1.66	6.03	4.07E-01	84.85	92.94	2,706	1,776
72	1.66	5.94	4.18E-01	86.99	95.01	2,730	1,708
73	1.66	5.86	4.28E-01	89.16	97.11	2,755	1,644
74	1.66	5.78	4.38E-01	91.35	99.23	2,779	1,583
75	1.66	5.71	4.49E-01	93.56	101.38	2,802	1,525
76	1.66	5.63	4.60E-01	95.60	103.55	2,826	1,469
77	1.66	5.56	4.71E-01	98.06	105.75	2,848	1,417
78	1.66	5.49	4.82E-01	100.35	107.97	2,871	1,367
79	1.66	5.42	4.93E-01	102.65	110.22	2,893	1,319
80	1.66	5.35	5.04E-01	104.98	112.49	2,915	1,274



รูปที่ 4.18 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตของหินควิบคโบรอนไนไตรท์ ต่อ 1000 ชิ้น ที่เงื่อนไขการเจียร $f = 70$ $d = 20$

สถาบันวิจัยและพัฒนา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 แสดงความเร็วตัดและอัตราการผลิต ของการใช้งานหิน SiC สำหรับกรณีต้องการค่าใช้จ่ายต่ำสุด และกรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด

1.กรณีต้องการค่าใช้จ่ายต่ำสุด

2.กรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด

ปัจจัย	หน่วย	1	2	3	4	5	6	ปัจจัย	หน่วย	1	2	3	4	5	6
f		30	50	70	30	50	70	f		30	50	70	30	50	70
d		38	38	38	42	42	42	d		38	38	38	42	42	42
k		247.87	241.34	237.13	242.26	235.88	231.77	k		247.87	241.34	237.13	242.26	235.88	231.77
n		0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	n		0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
$V_{min, \text{คำนวณ}}$	m / min.	42.7	41.6	40.8	41.7	40.6	39.9	$V_{min, \text{คำนวณ}}$	m / min.	78.6	76.5	75.2	76.8	74.8	73.5
$V_{min, \text{ทดลอง}}$	m / min.	43.0	42.0	41.0	42.0	41.0	40.0	$V_{min, \text{ทดลอง}}$	m / min.	78~79	77.0	75~76	76~78	74~75	73~74
Tool Life	mins.	3,796	3,740	3,856	3,808	3,761	3,889	Tool Life	mins.	230	216	225	220	219	202
Unit Cost	BV/1,000 pcs.	31.37	19.97	14.97	32.05	20.39	15.27	Unit Cost	BV/1,000 pcs.	73.35	47.63	34.25	77.15	48.23	37.30
Production Rate	pcs./day	867	1,356	1,786	849	1,327	1,749	Production Rate	pcs./day	1,231	1,888	2,464	1,205	1,851	2,417

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงความเร็วตัดและอัตราการผลิต ของการใช้งานหิน CBN สำหรับกรณีต้องการค่าใช้จ่ายต่ำสุด และกรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด

1.กรณีต้องการค่าใช้จ่ายต่ำสุด

2.กรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด

ปัจจัย	หน่วย	1	2	3	4	5	6	ปัจจัย	หน่วย	1	2	3	4	5	6
f		30	50	70	30	50	70	f		30	50	70	30	50	70
d		16	16	16	20	20	20	d		16	16	16	20	20	20
k		2320.08	1518.34	1148.37	2097.49	1372.67	1038.19	k		2320.08	1518.34	1148.37	2097.49	1372.67	1038.19
n		0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	n		0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
$V_{min, \text{คำนวณ}}$	m / min.	49.2	32.2	24.3	44.4	29.1	22.0	$V_{min, \text{คำนวณ}}$	m / min.	336.5	220.2	166.6	304.3	199.1	150.6
$V_{min, \text{ทดลอง}}$	m / min.	50.0	33.0	25.0	45.0	30.0	22.0	$V_{min, \text{ทดลอง}}$	m / min.	เครื่องจักรไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะทำการทดลอง					
Tool Life	mins.	44,086	43,141	42,998	44,636	42,473	40,344	Tool Life	mins.	214	219	221	219	220	221
Unit Cost	Bt/1,000 pcs.	33.01	30.39	29.77	36.34	33.44	31.66	Unit Cost	Bt/1,000 pcs.	350.54	316.24	297.15	382.14	350	328.27
Production Rate	pcs./day	1,010	1,102	1,163	916	1,010	1,035	Production Rate	pcs./day	3,500	3,729	3,885	3,246	3,465	3,614

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย