

### บทที่ 3

#### การดำเนินการทดลองจำลองข้อมูลการรีด

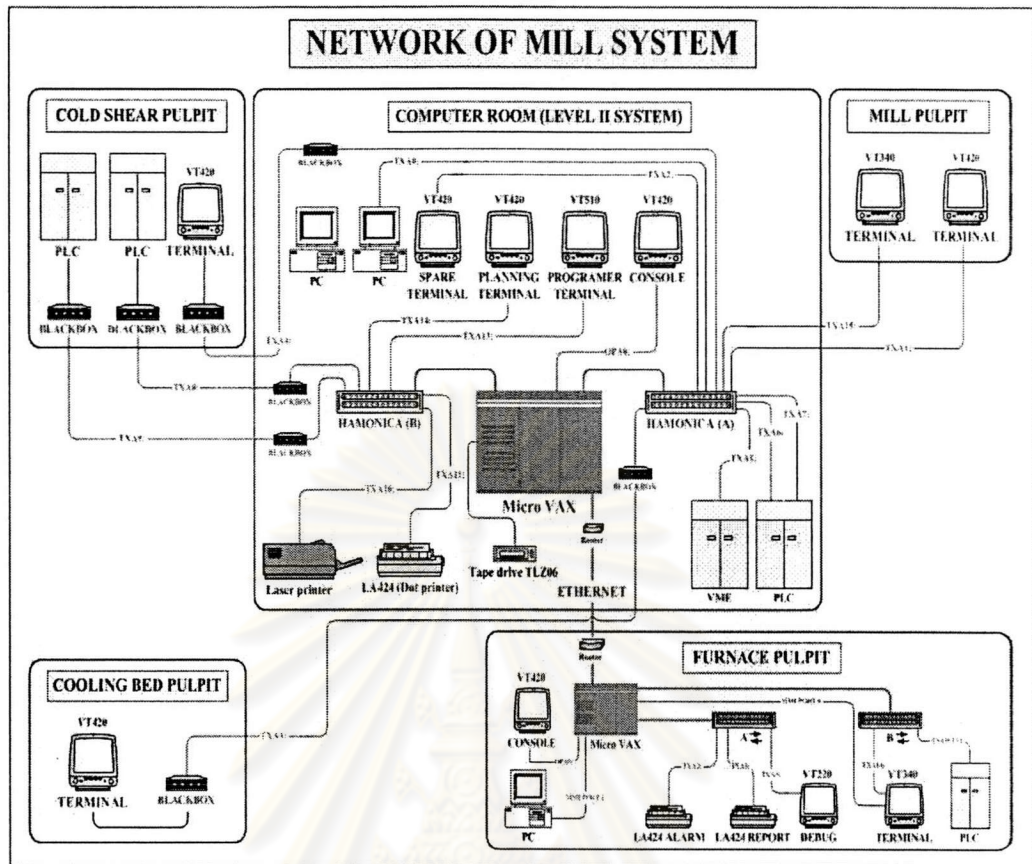
ในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงกดกับอัตราการลดขนาดในการรีดรอบสุดท้ายกับความหนาที่ได้ออกมาจะอาศัยการป้อนค่าในโปรแกรมจำลองการรีด ซึ่งมีการนำเอาพารามิเตอร์ต่างๆ มาประมวลค่าเหมือนการรีดจริงเพื่อความสะดวกในการทดลองค่าได้ครอบคลุมทุกช่วงของการใช้งานจริง ซึ่งการทดลองได้กำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การเตรียมการทดลองและอุปกรณ์ในการจำลองการรีด
2. ทำการจำลองการรีดและการบันทึกผล
3. วิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์

#### 3.1 การเตรียมการทดลองและอุปกรณ์ในการจำลองการรีด

ระบบการควบคุมการผลิตสำหรับการรีด (Plate mill Control System) ที่ทำงานประสานร่วมกันโดยแบ่งออกเป็นระดับ (level) ดังนี้

- Level 1.0 เป็นระบบคอมพิวเตอร์ PLC ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ
- Level 1.5 ใช้ VME (Versatile Modular European) Automatic Gauge Control หรือเรียกโดยทั่วไปว่า AGCVME ทำหน้าที่ประมวลผลควบคุมการปรับแต่งช่องว่างระหว่างลูกรีดซึ่งเชื่อมโยงการทำงานกับอุปกรณ์ของแท่นรีด
- Level 2.0 ใช้สำหรับดูแลและกำกับกระบวนการผลิตเพื่อจัดเตรียมแบบจำลองสมมุติฐานและการคำนวณต่างๆ ที่จะนำไปเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดปรับแต่งอุปกรณ์ของแท่นรีด จะใช้ Digital Micro VAX 3100 Model 90 เป็นแม่ข่าย มีการเชื่อมต่อด้วย Ethernet part โดยมี DEC Message Queues (DMQ) ซึ่งเป็น Utility ช่วยเชื่อมโยงข่าวสารระหว่างระบบที่แท่นรีด และเตาอบวัตถุดิบ



รูปที่ 3.1 แสดงเครือข่ายการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม

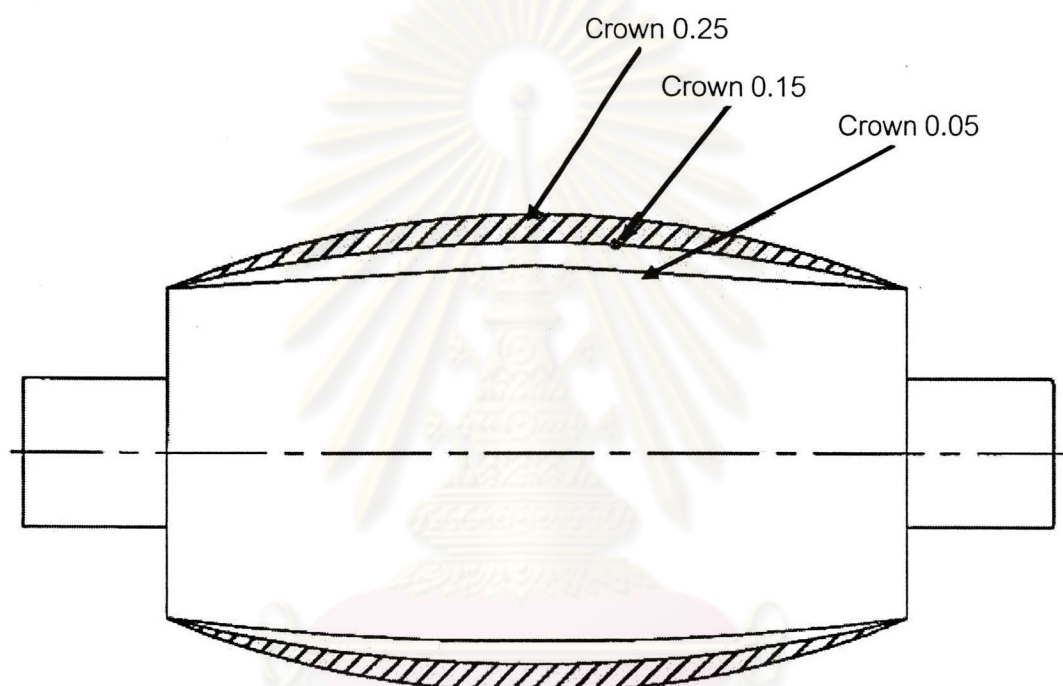
การทดลองจำลองข้อมูลการรีดจะดำเนินการที่ระบบคอมพิวเตอร์ระดับ 2 ซึ่งมีในส่วนของ เรียกว่า "Mill Math Model" ซึ่งเป็นแบบจำลองและสูตรคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ มีหน้าที่คำนวณค่าที่ควรเป็นไปได้ เพื่อนำไปใช้กำหนดค่าสำหรับปรับแต่งอุปกรณ์เครื่องจักรการรีด โดยคำนวณจาก Slab ที่นำเข้ามาผลิตเทียบกับค่าเกรด กำหนดมิติ ปริมาตร (กว้าง x ยาว x หนา) และอุณหภูมิเพื่อจะสามารถรีดเหล็กแผ่นให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ทั้งขนาดเป้าหมาย อุณหภูมิตามกำหนด และความเร็วในการรีด

เพื่อการทดลองหาค่า Gauge ที่เปลี่ยนแปลงไปจากความสัมพันธ์ระหว่าง Drag Pass และ Force ในการรีดซึ่งจะมีผลต่อความหนาเฉพาะการรีดในรอบสุดท้าย (Last Pass) เท่านั้น ซึ่งค่า Draft Last Pass และ Force Last Pass จะเปลี่ยนแปลงไปในการรีดจริงโดยอาศัยการปรับแต่งค่าเปอร์เซ็นต์ Draft Bias และ Shape Bias โดยพนักงานรีดในระหว่างปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดรูปแบบการเก็บข้อมูลการจำลองการรีดในทุก ๆ ช่วง 5% ของค่าปรับตั้งที่ใช้งานจริง โดยค่า Draft Bias จะอยู่ที่ 50 ถึง 120% และ Shape Bias จะอยู่ที่ 50 ถึง 150%



การทดลองจะแยกออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระยะการสึกของลูกรีดที่ใช้งานไปโดยตั้งสมมติฐานเบื้องต้นว่าค่าการสึกแปรผันโดยตรงตามระยะทางการรีด (Roll Length) ที่ใช้งานในการทดลองนี้จะกำหนดค่าการสึกของ Crown ดังนี้

Roll Length (Km.)	$\leq 10$	$> 10-20$	$> 20$
Wear Crown (m.m.)	0.25	0.15	0.05



รูปที่ 3.2 แสดงการแบ่งประเภทของ Crown ชนิดต่างๆ

ระยะแรกนั้นเป็นระยะตั้งแต่เริ่มใช้ Work Roll ซึ่งผ่านการเจียรผิวโค้งให้มีค่า Crown 0.3 m.m. ( $D_0 - D_1$ ) ทำการรีดวัสดุแต่ละรอบที่กดรีด Slab ระบบการนับรอบโดยอุปกรณ์ไฟฟ้าจะทำการวัดค่าและส่งผลมายังคอมพิวเตอร์ทำการนับระยะทางสะสมไปเรื่อยๆ จนถึงระยะ 10,000 เมตร ค่าเฉลี่ยของการสึกของค่า Crown จะอยู่ประมาณ 0.25 m.m.

ระยะที่สอง จะเริ่มตั้งแต่วะยะ 10,001 เมตรสะสมไปเรื่อยๆ จนถึงระยะ 20,000 เมตร โดยค่าเฉลี่ยการสึกของ Crown จะอยู่ที่ 0.15 m.m.

ระยะที่สาม จะเริ่มนับตั้งแต่วระยะทางการรีด 20,001 เมตรจนถึงสิ้นสุดการรีดของ Slab ก่อนสุดท้ายที่ระบุในแผนการผลิตที่กำหนดแต่ละชุดซึ่งปกติจะอยู่ที่ระยะทาง 30,000 เมตร ถึง 32,000 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ค่า Wear Crown มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด บ่งบอกถึงการสิ้นสุดการใช้งานและต้องเปลี่ยนออกเพื่อนำไปเจียรขึ้นรูปใหม่ต่อไป โดยค่าเฉลี่ยในระยะที่สามนี้จะอยู่ที่ 0.05 m.m.

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยการสึกของค่า Crown ที่ 0.25, 0.15 และ 0.05 ไปทำการทดลองจำลองข้อมูลการรีดที่สภาวะการสึกของ Wear Crown แต่ละตัวต่อไป

### 3.2 การจำลองการรีดและบันทึกผล

การทำ Rolling Simulation จะดำเนินการใน Mode Off Line เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการผลิต การทำสามารถทำได้ที่เครื่อง VT 420 ที่ต่อเชื่อมกับ Server ตัวแม่ข่ายหลัก

#### 3.2.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ป้อนเข้า Program

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมจำลองข้อมูลการรีดเฉพาะที่ใช้การทดลองได้แก่

- SLAB GRADE = 03600005 (SS-400)
- SLAB DIMENSION = 250 x 1,550 x 2,300
- SLAB TEMPERATURE = 1,180 °C
- TARGET THICK = 7.7 m.m.
- TARGET TEMPERATURE = 850 °C
- ROLLING CODE = 0

ค่าต่าง ๆ ข้างต้นจะเป็นค่าคงที่สำหรับการ Simulate แต่จะทำการทดลองโดยพารามิเตอร์ที่จะเปลี่ยนไปได้แก่ค่า Shape Bias และ Draft Bias ในสภาวะเงื่อนไขของ Wear Crown ตามรูปแบบของผังการทดลองที่กำหนด

- WORK ROLL CROWN = 0.25, 0.15 และ 0.05 m.m.
- SHAPE BIAS = เริ่มตั้งแต่ 5% จนถึง 150% โดยเพิ่มขึ้นทีละ 5%

- DRAFT BIAS = เริ่มตั้งแต่ 5% จนถึง 120% โดยเพิ่มขึ้นทีละ 5%

### 3.2.2 การบันทึกผล

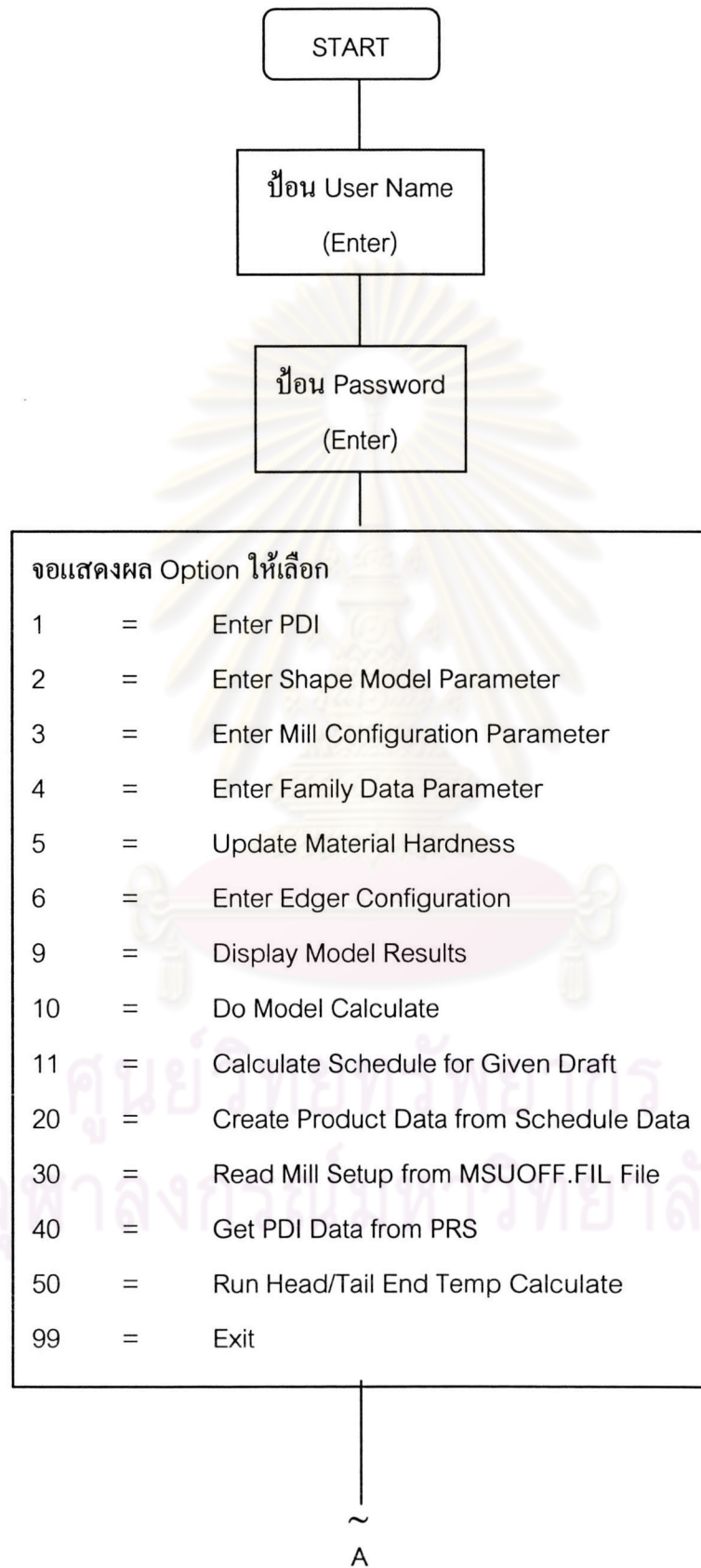
จะบันทึกผลลงในแบบฟอร์มที่ออกแบบตามผังการทดลอง โดยการบันทึกค่าของผลที่ได้จากการจำลองข้อมูลการรีด 3 ค่า ได้แก่

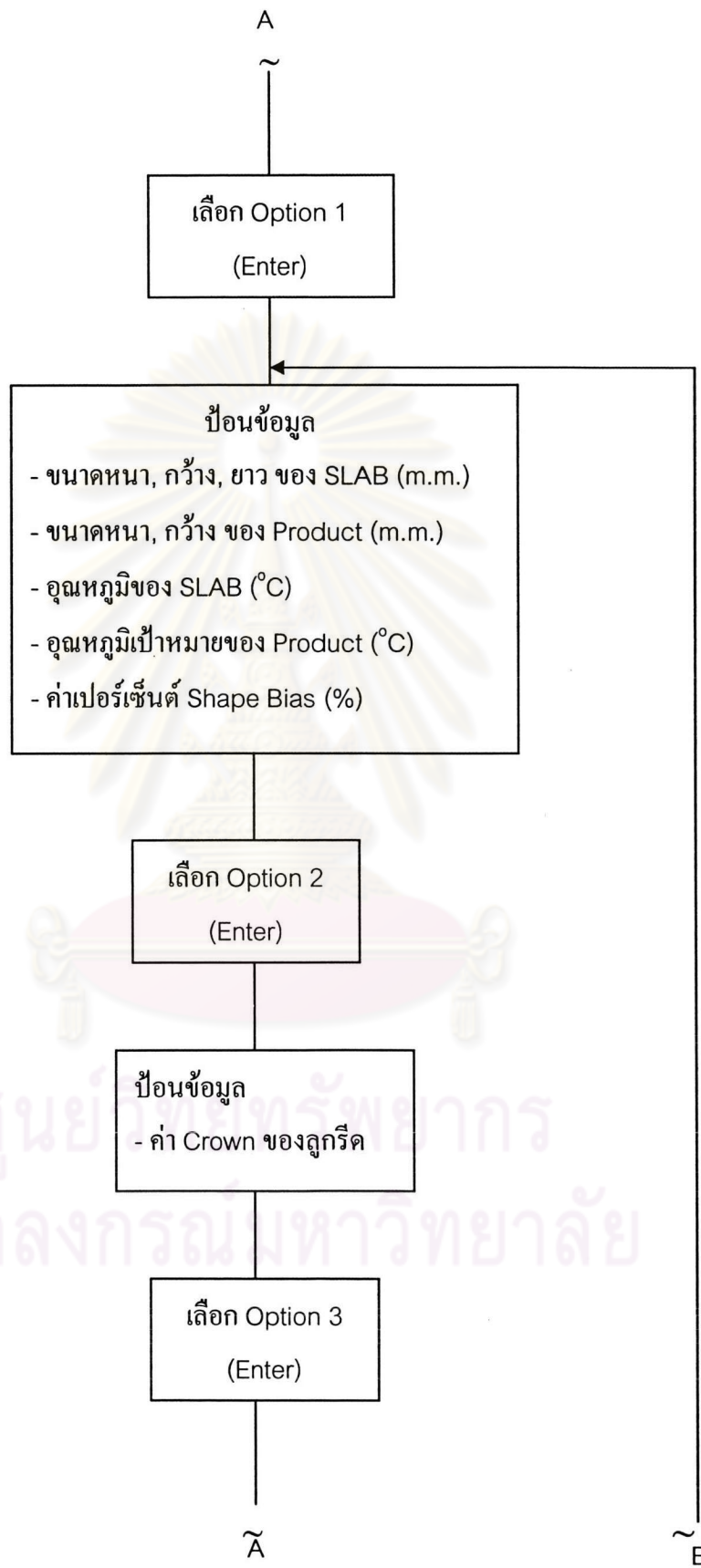
- แรงกดที่ใช้ใน Pass สุดท้ายของการรีด (Force Last Pass)
- อัตราลดขนาดที่ใช้ใน Pass สุดท้ายของการรีด (Draft Last Pass)
- ความหนาสุดท้ายที่ได้จากการรีด (Gauge Last Pass)



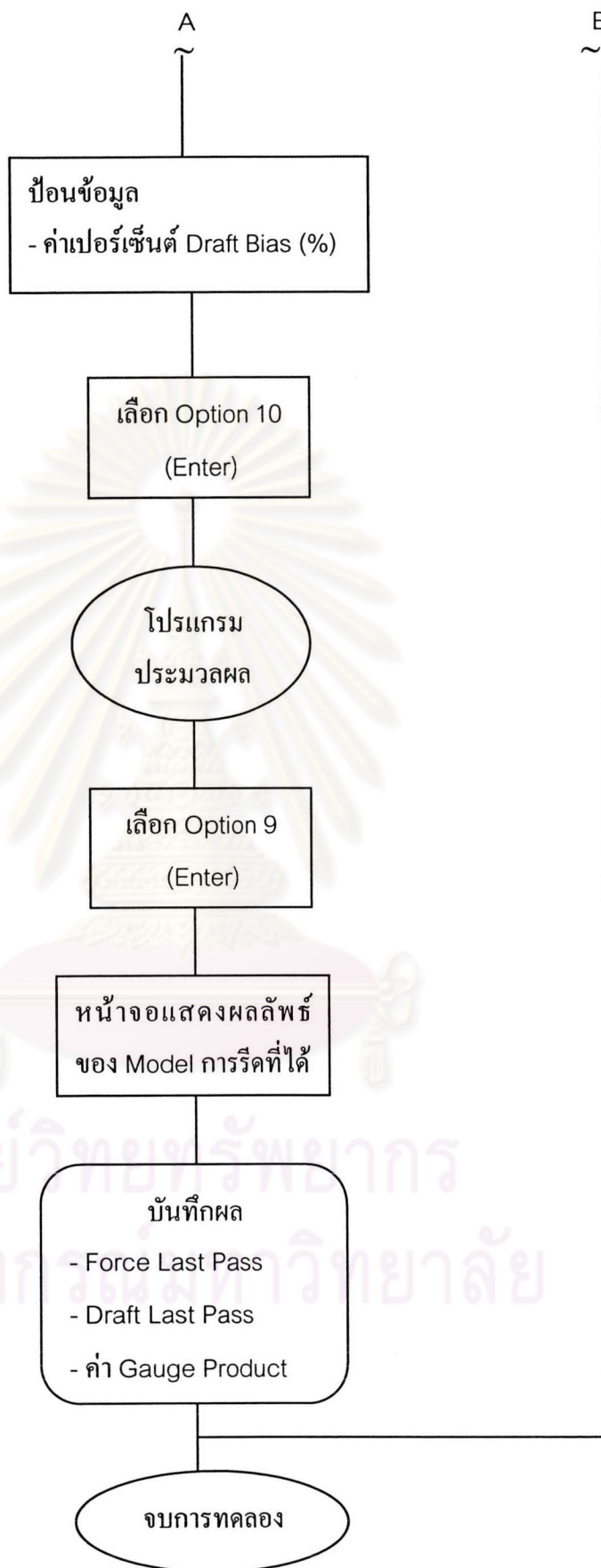
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.2.3 ขั้นตอนการทำ Rolling Simulation









รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทำ Rolling Simulation

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
1	1.1	50	50	519	0.403	7.71
2	1.2	50	55	519	0.403	7.71
3	1.3	50	60	550	0.439	7.71
4	1.4	50	65	590	0.489	7.71
5	1.5	50	70	631	0.542	7.71
6	1.6	50	75	674	0.598	7.71
7	1.7	50	80	719	0.657	7.70
8	1.8	50	85	751	0.702	7.71
9	1.9	50	90	799	0.770	7.71
10	1.10	50	95	858	0.854	7.70
11	1.11	50	100	887	0.897	7.71
12	1.12	50	105	933	0.966	7.71
13	1.13	50	110	981	1.037	7.71
14	1.14	50	115	1027	1.109	7.71
15	1.15	50	120	1075	1.184	7.70
16	1.16	50	125	1123	1.261	7.70
17	1.17	50	130	1177	1.352	7.70
18	1.18	50	135	1024	1.097	7.70
19	1.19	50	140	812	0.779	7.71
20	1.20	50	145	1639	1.277	7.69
21	1.21	50	150	893	0.906	7.70
22	1.1	55	50	518	0.246	7.82
23	1.2	55	55	518	0.246	7.82
24	1.3	55	60	552	0.275	7.82
25	1.4	55	65	571	0.296	7.82
26	1.5	55	70	653	0.347	7.81
27	1.6	55	75	691	0.395	7.81

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
28	1.7	55	80	737	0.446	7.80
29	1.8	55	85	783	0.500	7.80
30	1.9	55	90	829	0.557	7.79
31	1.10	55	95	875	0.618	7.79
32	1.11	55	100	921	0.683	7.79
33	1.12	55	105	968	0.754	7.78
34	1.13	55	110	1015	0.829	7.77
35	1.14	55	115	1061	0.907	7.77
36	1.15	55	120	1107	0.989	7.76
37	1.16	55	125	1153	1.074	7.76
38	1.17	55	130	1185	1.131	7.76
39	1.18	55	135	1222	1.209	7.75
40	1.19	55	140	1254	1.292	7.75
41	1.20	55	145	1286	1.380	7.75
42	1.21	55	150	1357	1.470	7.74
43	1.1	60	50	515	0.335	7.75
44	1.2	60	55	515	0.335	7.75
45	1.3	60	60	533	0.358	7.75
46	1.4	60	65	581	0.406	7.75
47	1.5	60	70	617	0.448	7.76
48	1.6	60	75	667	0.503	7.76
49	1.7	60	80	718	0.565	7.75
50	1.8	60	85	752	0.607	7.75
51	1.9	60	90	797	0.664	7.75
52	1.10	60	95	842	0.723	7.74
53	1.11	60	100	881	0.782	7.74
54	1.12	60	105	932	0.867	7.74

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
55	1.13	60	110	981	0.951	7.73
56	1.14	60	115	1019	1.019	7.73
57	1.15	60	120	1059	1.091	7.73
58	1.16	60	125	1127	1.110	7.74
59	1.17	60	130	1172	1.196	7.74
60	1.18	60	135	1217	1.285	7.74
61	1.19	60	140	1262	1.377	7.73
62	1.20	60	145	1309	1.478	7.73
63	1.21	60	150	1359	1.598	7.72
64	1.1	65	50	514	0.241	7.83
65	1.2	65	55	514	0.241	7.83
66	1.3	65	60	551	0.273	7.82
67	1.4	65	65	572	0.294	7.82
68	1.5	65	70	655	0.345	7.81
69	1.6	65	75	694	0.393	7.81
70	1.7	65	80	741	0.445	7.80
71	1.8	65	85	787	0.500	7.80
72	1.9	65	90	836	0.560	7.79
73	1.10	65	95	887	0.627	7.79
74	1.11	65	100	935	0.698	7.78
75	1.12	65	105	983	0.773	7.77
76	1.13	65	110	1030	0.853	7.77
77	1.14	65	115	1066	0.914	7.76
78	1.15	65	120	1111	0.998	7.76
79	1.16	65	125	1155	1.085	7.75
80	1.17	65	130	1197	1.172	7.75
81	1.18	65	135	1231	1.258	7.74

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
82	1.19	65	140	1263	1.348	7.74
83	1.20	65	145	1312	1.420	7.73
84	1.21	65	150	1347	1.508	7.73
85	1.1	70	50	503	0.353	7.74
86	1.2	70	55	503	0.353	7.74
87	1.3	70	60	539	0.390	7.74
88	1.4	70	65	585	0.441	7.74
89	1.5	70	70	629	0.493	7.74
90	1.6	70	75	672	0.548	7.74
91	1.7	70	80	717	0.607	7.74
92	1.8	70	85	762	0.668	7.73
93	1.9	70	90	807	0.730	7.73
94	1.10	70	95	852	0.795	7.73
95	1.11	70	100	890	0.852	7.73
96	1.12	70	105	934	0.919	7.72
97	1.13	70	110	977	0.987	7.72
98	1.14	70	115	1020	1.057	7.72
99	1.15	70	120	1064	1.128	7.71
100	1.16	70	125	1106	1.204	7.71
101	1.17	70	130	1146	1.284	7.71
102	1.18	70	135	1191	1.380	7.70
103	1.19	70	140	1095	1.232	7.70
104	1.20	70	145	1100	1.232	7.70
105	1.21	70	150	1142	1.320	7.70
106	1.1	75	50	507	0.271	7.79
107	1.2	75	55	507	0.271	7.79
108	1.3	75	60	546	0.303	7.79

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
109	1.4	75	65	593	0.346	7.79
110	1.5	75	70	639	0.392	7.78
111	1.6	75	75	686	0.440	7.78
112	1.7	75	80	733	0.491	7.77
113	1.8	75	85	780	0.544	7.77
114	1.9	75	90	827	0.600	7.77
115	1.10	75	95	878	0.663	7.76
116	1.11	75	100	926	0.725	7.76
117	1.12	75	105	975	0.801	7.75
118	1.13	75	110	1022	0.882	7.75
119	1.14	75	115	1067	0.966	7.74
120	1.15	75	120	1112	1.055	7.74
121	1.16	75	125	1167	1.154	7.73
122	1.17	75	130	1203	1.246	7.73
123	1.18	75	135	1246	1.337	7.72
124	1.19	75	140	9.177	1.424	7.72
125	1.20	75	145	1319	1.517	7.71
126	1.21	75	150	1353	1.613	7.69
127	1.1	80	50	508	0.271	7.79
128	1.2	80	55	508	0.271	7.79
129	1.3	80	60	546	0.303	7.79
130	1.4	80	65	593	0.346	7.79
131	1.5	80	70	640	0.392	7.78
132	1.6	80	75	686	0.440	7.78
133	1.7	80	80	733	0.491	7.77
134	1.8	80	85	780	0.544	7.77
135	1.9	80	90	827	0.600	7.77

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
136	1.10	80	95	878	0.662	7.76
137	1.11	80	100	926	7.725	7.76
138	1.12	80	105	976	0.801	7.75
139	1.13	80	110	1022	0.882	7.75
140	1.14	80	115	1067	0.966	7.74
141	1.15	80	120	1112	1.055	7.74
142	1.16	80	125	1167	1.154	7.73
143	1.17	80	130	1203	1.246	7.73
144	1.18	80	135	1246	1.337	7.72
145	1.19	80	140	1285	1.424	7.72
146	1.20	80	145	1319	1.517	7.71
147	1.21	80	150	1353	1.613	7.71
148	1.1	85	50	503	0.228	7.83
149	1.2	85	55	503	0.228	7.83
150	1.3	85	60	537	0.254	7.83
151	1.4	85	65	588	0.295	7.83
152	1.5	85	70	642	0.340	7.82
153	1.6	85	75	668	0.368	7.82
154	1.7	85	80	743	0.418	7.81
155	1.8	85	85	790	0.470	7.81
156	1.9	85	90	839	0.528	7.80
157	1.10	85	95	890	0.594	7.79
158	1.11	85	100	919	0.630	7.80
159	1.12	85	105	968	0.700	7.79
160	1.13	85	110	1015	0.776	7.78
161	1.14	85	115	1073	0.877	7.77
162	1.15	85	120	1117	0.960	7.76

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
163	1.16	85	125	1162	1.048	7.76
164	1.17	85	130	1201	1.129	7.75
165	1.18	85	135	1231	1.209	7.75
166	1.19	85	140	1260	1.293	7.75
167	1.20	85	145	1289	1.378	7.74
168	1.21	85	150	1355	1.465	7.74
169	1.1	90	50	520	0.244	7.88
170	1.2	90	55	520	0.244	7.88
171	1.3	90	60	547	0.265	7.88
172	1.4	90	65	597	0.313	7.88
173	1.5	90	70	645	0.363	7.87
174	1.6	90	75	687	0.460	7.86
175	1.7	90	80	730	0.465	7.86
176	1.8	90	85	636	0.483	7.75
177	1.9	90	90	730	0.595	7.74
178	1.10	90	95	829	0.720	7.74
179	1.11	90	100	948	0.882	7.73
180	1.12	90	105	943	0.895	7.72
181	1.13	90	110	987	0.950	7.73
182	1.14	90	115	1074	1.081	7.72
183	1.15	90	120	1105	1.130	7.72
184	1.16	90	125	1154	1.215	7.72
185	1.17	90	130	1198	1.287	7.72
186	1.18	90	135	1235	1.350	7.71
187	1.19	90	140	1242	1.367	7.71
188	1.20	90	145	1375	1.673	7.70
189	1.21	90	150	1301	1.542	7.69



ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
190	1.1	95	50	509	0.275	7.79
191	1.2	95	55	509	0.275	7.79
192	1.3	95	60	542	0.305	7.79
193	1.4	95	65	584	0.344	7.79
194	1.5	95	70	626	0.385	7.78
195	1.6	95	75	673	0.430	7.78
196	1.7	95	80	726	0.481	7.78
197	1.8	95	85	780	0.535	7.77
198	1.9	95	90	832	0.591	7.77
199	1.10	95	95	875	0.645	7.77
200	1.11	95	100	923	0.708	7.76
201	1.12	95	105	977	0.780	7.76
202	1.13	95	110	1025	0.859	7.75
203	1.14	95	115	1073	0.943	7.75
204	1.15	95	120	1098	0.982	7.75
205	1.16	95	125	1143	1.073	7.74
206	1.17	95	130	1214	1.212	7.73
207	1.18	95	135	1257	1.300	7.72
208	1.19	95	140	1296	1.386	7.72
209	1.20	95	145	1330	1.477	7.71
210	1.21	95	150	1365	1.573	7.71
211	1.1	100	50	515	0.235	7.82
212	1.2	100	55	515	0.235	7.82
213	1.3	100	60	550	0.263	7.82
214	1.4	100	65	597	0.303	7.82
215	1.5	100	70	624	0.329	7.81
216	1.6	100	75	659	0.373	7.81

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
217	1.7	100	80	742	0.421	7.80
218	1.8	100	85	795	0.475	7.80
219	1.9	100	90	843	0.533	7.79
220	1.10	100	95	890	0.595	7.79
221	1.11	100	100	938	0.664	7.78
222	1.12	100	105	986	0.739	7.77
223	1.13	100	110	1015	0.780	7.77
224	1.14	100	115	1066	0.870	7.76
225	1.15	100	120	1111	0.953	7.76
226	1.16	100	125	1155	1.039	7.75
227	1.17	100	130	1197	1.125	7.75
228	1.18	100	135	1234	1.205	7.75
229	1.19	100	140	1267	1.288	7.74
230	1.20	100	145	1333	1.380	7.74
231	1.21	100	150	1352	1.439	7.73
232	1.1	105	50	543	0.229	7.85
233	1.2	105	55	543	0.229	7.85
234	1.3	105	60	557	0.240	7.84
235	1.4	105	65	603	0.277	7.83
236	1.5	105	70	652	0.320	7.83
237	1.6	105	75	700	0.367	7.82
238	1.7	105	80	734	0.402	7.83
239	1.8	105	85	753	0.450	7.81
240	1.9	105	90	837	0.505	7.81
241	1.10	105	95	554	0.564	7.80
242	1.11	105	100	931	0.629	7.80
243	1.12	105	105	979	0.699	7.79

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
244	1.13	105	110	1026	0.774	7.78
245	1.14	105	115	1073	0.852	7.78
246	1.15	105	120	1587	1.562	7.63
247	1.16	105	125	1593	1.569	7.63
248	1.17	105	130	1599	1.577	7.63
249	1.18	105	135	1605	1.585	7.63
250	1.19	105	140	1667	1.680	7.63
251	1.20	105	145	1682	1.703	7.64
252	1.21	105	150	1690	1.711	7.63
253	1.1	110	50	522	0.206	7.84
254	1.2	110	55	522	0.206	7.84
255	1.3	110	60	542	0.231	7.84
256	1.4	110	65	594	0.270	7.84
257	1.5	110	70	648	0.313	7.83
258	1.6	110	75	700	0.360	7.83
259	1.7	110	80	735	0.394	7.83
260	1.8	110	85	759	0.443	7.82
261	1.9	110	90	789	0.475	7.82
262	1.10	110	95	875	0.532	7.81
263	1.11	110	100	923	0.594	7.81
264	1.12	110	105	972	0.661	7.80
265	1.13	110	110	1021	0.734	7.79
266	1.14	110	115	1078	0.833	7.78
267	1.15	110	120	1123	0.915	7.77
268	1.16	110	125	1165	0.996	7.77
269	1.17	110	130	1202	1.072	7.76
270	1.18	110	135	1235	1.155	7.76

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
271	1.19	110	140	1265	1.241	7.75
272	1.20	110	145	1294	1.330	7.75
273	1.21	110	150	1374	1.421	7.74
274	1.1	115	50	520	0.213	7.84
275	1.2	115	55	520	0.213	7.84
276	1.3	115	60	544	0.231	7.84
277	1.4	115	65	595	0.270	7.84
278	1.5	115	70	649	0.312	7.84
279	1.6	115	75	701	0.359	7.83
280	1.7	115	80	735	0.393	7.83
281	1.8	115	85	758	0.442	7.82
282	1.9	115	90	845	0.499	7.81
283	1.10	115	95	875	0.531	7.81
284	1.11	115	100	923	0.592	7.81
285	1.12	115	105	972	0.959	7.80
286	1.13	115	110	1020	0.733	7.79
287	1.14	115	115	1078	0.831	7.78
288	1.15	115	120	1123	0.913	7.77
289	1.16	115	125	1165	0.994	7.77
290	1.17	115	130	1202	1.070	7.76
291	1.18	115	135	1235	1.152	7.76
292	1.19	115	140	1265	1.238	7.75
293	1.20	115	145	1293	1.327	7.75
294	1.21	115	150	1374	1.418	7.74
295	1.1	120	50	506	0.210	7.84
296	1.2	120	55	506	0.210	7.84
297	1.3	120	60	543	0.235	7.84

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.25 ม.ม.(ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
298	1.4	120	65	592	0.273	7.84
299	1.5	120	70	645	0.316	7.83
300	1.6	120	75	699	0.363	7.83
301	1.7	120	80	736	0.398	7.83
302	1.8	120	85	759	0.447	7.81
303	1.9	120	90	789	0.479	7.82
304	1.10	120	95	875	0.537	7.81
305	1.11	120	100	923	0.599	7.80
306	1.12	120	105	971	0.666	7.80
307	1.13	120	110	1021	0.740	7.79
308	1.14	120	115	1078	0.839	7.78
309	1.15	120	120	1123	0.922	7.77
310	1.16	120	125	1165	1.004	7.76
311	1.17	120	130	1203	1.081	7.76
312	1.18	120	135	1236	1.164	7.76
313	1.19	120	140	1265	1.251	7.75
314	1.20	120	145	1294	1.341	7.75
315	1.21	120	150	1374	1.433	7.74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม.

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
1	1.1	50	50	519	0.403	7.74
2	1.2	50	55	519	0.403	7.74
3	1.3	50	60	549	0.439	7.74
4	1.4	50	65	590	0.489	7.74
5	1.5	50	70	631	0.542	7.74
6	1.6	50	75	674	0.598	7.74
7	1.7	50	80	720	0.657	7.74
8	1.8	50	85	751	0.703	7.74
9	1.9	50	90	799	0.770	7.73
10	1.10	50	95	858	0.832	7.73
11	1.11	50	100	887	0.897	7.73
12	1.12	50	105	933	0.951	7.73
13	1.13	50	110	981	1.011	7.73
14	1.14	50	115	1028	1.075	7.73
15	1.15	50	120	1075	1.104	7.73
16	1.16	50	125	1124	1.156	7.73
17	1.17	50	130	1182	1.213	7.73
18	1.18	50	135	1215	1.256	7.73
19	1.19	50	140	1260	1.312	7.73
20	1.20	50	145	1305	1.37	7.73
21	1.21	50	150	1345	1.403	7.73
22	1.1	55	50	518	0.245	7.80
23	1.2	55	55	519	0.246	7.80
24	1.3	55	60	552	0.275	7.80
25	1.4	55	65	572	0.296	7.79
26	1.5	55	70	653	0.347	7.79
27	1.6	55	75	691	0.395	7.79

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
28	1.7	55	80	737	0.446	7.79
29	1.8	55	85	783	0.500	7.78
30	1.9	55	90	829	0.557	7.78
31	1.10	55	95	875	0.618	7.78
32	1.11	55	100	922	0.685	7.78
33	1.12	55	105	969	0.756	7.77
34	1.13	55	110	1016	0.830	7.77
35	1.14	55	115	1062	0.909	7.77
36	1.15	55	120	1108	0.991	7.76
37	1.16	55	125	1142	1.051	7.76
38	1.17	55	130	1184	1.130	7.76
39	1.18	55	135	1220	1.208	7.76
40	1.19	55	140	1252	1.290	7.76
41	1.20	55	145	1284	1.379	7.76
42	1.21	55	150	1353	1.464	7.75
43	1.1	60	50	515	0.335	7.76
44	1.2	60	55	515	0.335	7.76
45	1.3	60	60	533	0.358	7.76
46	1.4	60	65	581	0.406	7.76
47	1.5	60	70	617	0.448	7.76
48	1.6	60	75	667	0.503	7.76
49	1.7	60	80	718	0.565	7.76
50	1.8	60	85	752	0.607	7.76
51	1.9	60	90	797	0.664	7.75
52	1.10	60	95	842	0.723	7.75
53	1.11	60	100	880	0.781	7.75
54	1.12	60	105	932	0.866	7.75

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
55	1.13	60	110	963	0.917	7.75
56	1.14	60	115	1019	1.019	7.75
57	1.15	60	120	1059	1.091	7.74
58	1.16	60	125	1127	1.110	7.75
59	1.17	60	130	1172	1.195	7.75
60	1.18	60	135	1217	1.284	7.75
61	1.19	60	140	1261	1.376	7.75
62	1.20	60	145	1309	1.478	7.74
63	1.21	60	150	1359	1.605	7.74
64	1.1	65	50	514	0.241	7.80
65	1.2	65	55	514	0.241	7.80
66	1.3	65	60	550	0.273	7.80
67	1.4	65	65	572	0.294	7.80
68	1.5	65	70	655	0.345	7.79
69	1.6	65	75	694	0.393	7.79
70	1.7	65	80	741	0.445	7.79
71	1.8	65	85	788	0.500	7.78
72	1.9	65	90	838	0.562	7.78
73	1.10	65	95	888	0.629	7.78
74	1.11	65	100	937	0.700	7.77
75	1.12	65	105	984	0.776	7.77
76	1.13	65	110	1031	0.855	7.77
77	1.14	65	115	1067	0.916	7.76
78	1.15	65	120	1111	0.999	7.76
79	1.16	65	125	1156	1.089	7.76
80	1.17	65	130	1197	1.171	7.76
81	1.18	65	135	1228	1.253	7.75



ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
82	1.19	65	140	1258	1.337	7.75
83	1.20	65	145	1317	1.424	7.75
84	1.21	65	150	1341	1.493	7.75
85	1.1	70	50	503	0.352	7.75
86	1.2	70	55	503	0.352	7.75
87	1.3	70	60	538	0.390	7.75
88	1.4	70	65	584	0.441	7.75
89	1.5	70	70	629	0.493	7.75
90	1.6	70	75	672	0.548	7.75
91	1.7	70	80	717	0.606	7.75
92	1.8	70	85	762	0.668	7.75
93	1.9	70	90	807	0.731	7.75
94	1.10	70	95	851	0.795	7.75
95	1.11	70	100	890	0.852	7.74
96	1.12	70	105	933	0.919	7.74
97	1.13	70	110	977	0.971	7.74
98	1.14	70	115	1020	1.03	7.74
99	1.15	70	120	1064	1.087	7.74
100	1.16	70	125	1106	1.152	7.73
101	1.17	70	130	1146	1.202	7.73
102	1.18	70	135	1191	1.259	7.73
103	1.19	70	140	1223	1.305	7.73
104	1.20	70	145	1251	1.356	7.73
105	1.21	70	150	1297	1.395	7.73
106	1.1	75	50	507	0.271	7.78
107	1.2	75	55	508	0.271	7.78
108	1.3	75	60	546	0.303	7.78

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
109	1.4	75	65	593	0.346	7.78
110	1.5	75	70	640	0.392	7.77
111	1.6	75	75	686	0.440	7.77
112	1.7	75	80	733	0.491	7.77
113	1.8	75	85	780	0.544	7.77
114	1.9	75	90	827	0.600	7.77
115	1.10	75	95	878	0.663	7.76
116	1.11	75	100	927	0.727	7.76
117	1.12	75	105	976	0.803	7.76
118	1.13	75	110	1022	0.884	7.76
119	1.14	75	115	1068	0.968	7.75
120	1.15	75	120	1124	1.067	7.75
121	1.16	75	125	1168	1.156	7.75
122	1.17	75	130	1203	1.248	7.74
123	1.18	75	135	1246	1.336	7.74
124	1.19	75	140	1283	1.423	7.74
125	1.20	75	145	1317	1.517	7.74
126	1.21	75	150	1351	1.612	7.73
127	1.1	80	50	503	0.228	7.80
128	1.2	80	55	503	0.228	7.80
129	1.3	80	60	537	0.254	7.80
130	1.4	80	65	588	0.295	7.80
131	1.5	80	70	642	0.340	7.80
132	1.6	80	75	668	0.368	7.79
133	1.7	80	80	743	0.418	7.79
134	1.8	80	85	791	0.471	7.79
135	1.9	80	90	840	0.530	7.78

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 มม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
136	1.10	80	95	892	0.596	7.78
137	1.11	80	100	920	0.631	7.78
138	1.12	80	105	969	0.701	7.78
139	1.13	80	110	1016	0.777	7.78
140	1.14	80	115	1074	0.879	7.77
141	1.15	80	120	1119	0.962	7.76
142	1.16	80	125	1162	1.049	7.76
143	1.17	80	130	1199	1.127	7.76
144	1.18	80	135	1229	1.208	7.76
145	1.19	80	140	1258	1.291	7.75
146	1.20	80	145	1286	1.376	7.75
147	1.21	80	150	1353	1.463	7.75
148	1.1	85	50	342	0.200	7.74
149	1.2	85	55	342	0.200	7.74
150	1.3	85	60	342	0.200	7.74
151	1.4	85	65	343	0.201	7.74
152	1.5	85	70	358	0.227	7.74
153	1.6	85	75	453	0.328	7.74
154	1.7	85	80	572	0.466	7.74
155	1.8	85	85	691	0.619	7.73
156	1.9	85	90	768	0.724	7.73
157	1.10	85	95	870	0.872	7.73
158	1.11	85	100	892	0.910	7.73
159	1.12	85	105	942	0.987	7.73
160	1.13	85	110	990	1.061	7.73
161	1.14	85	115	1039	1.105	7.73
162	1.15	85	120	1090	1.154	7.73

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 มม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
163	1.16	85	125	1135	1.181	7.72
164	1.17	85	130	1161	1.242	7.72
165	1.18	85	135	1210	1.287	7.72
166	1.19	85	140	1264	1.325	7.72
167	1.20	85	145	1311	1.367	7.72
168	1.21	85	150	1375	1.398	7.72
169	1.1	90	50	521	0.244	7.83
170	1.2	90	55	521	0.244	7.83
171	1.3	90	60	547	0.265	7.83
172	1.4	90	65	597	0.313	7.83
173	1.5	90	70	620	0.363	7.82
174	1.6	90	75	670	0.411	7.82
175	1.7	90	80	710	0.467	7.82
176	1.8	90	85	752	0.505	7.81
177	1.9	90	90	789	0.545	7.81
178	1.10	90	95	829	0.602	7.80
179	1.11	90	100	889	0.657	7.80
180	1.12	90	105	938	0.705	7.79
181	1.13	90	110	989	0.771	7.78
182	1.14	90	115	1070	0.807	7.78
183	1.15	90	120	1103	0.856	7.77
184	1.16	90	125	1153	0.912	7.76
185	1.17	90	130	1198	0.982	7.76
186	1.18	90	135	1235	1.050	7.75
187	1.19	90	140	1284	1.134	7.74
188	1.20	90	145	1320	1.214	7.73
189	1.21	90	150	1375	1.286	7.72

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
190	1.1	95	50	509	0.276	7.78
191	1.2	95	55	509	0.276	7.78
192	1.3	95	60	542	0.305	7.78
193	1.4	95	65	584	0.344	7.78
194	1.5	95	70	626	0.385	7.78
195	1.6	95	75	673	0.430	7.77
196	1.7	95	80	726	0.481	7.77
197	1.8	95	85	780	0.535	7.77
198	1.9	95	90	832	0.592	7.77
199	1.10	95	95	876	0.646	7.76
200	1.11	95	100	925	0.709	7.76
201	1.12	95	105	978	0.782	7.76
202	1.13	95	110	1026	0.861	7.76
203	1.14	95	115	1075	0.946	7.75
204	1.15	95	120	1098	0.983	7.76
205	1.16	95	125	1144	1.074	7.75
206	1.17	95	130	1215	1.214	7.74
207	1.18	95	135	1256	1.299	7.74
208	1.19	95	140	1296	1.384	7.74
209	1.20	95	145	1328	1.476	7.74
210	1.21	95	150	1362	1.572	7.73
211	1.1	100	50	515	0.235	7.80
212	1.2	100	55	515	0.235	7.80
213	1.3	100	60	550	0.263	7.80
214	1.4	100	65	598	0.303	7.80
215	1.5	100	70	624	0.329	7.79
216	1.6	100	75	659	0.373	7.79

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
217	1.7	100	80	742	0.421	7.79
218	1.8	100	85	795	0.475	7.78
219	1.9	100	90	843	0.533	7.78
220	1.10	100	95	891	0.597	7.78
221	1.11	100	100	921	0.635	7.78
222	1.12	100	105	968	0.706	7.77
223	1.13	100	110	1022	0.793	7.77
224	1.14	100	115	1067	0.872	7.76
225	1.15	100	120	1112	0.955	7.76
226	1.16	100	125	1156	1.042	7.76
227	1.17	100	130	1196	1.123	7.76
228	1.18	100	135	1234	1.203	7.75
229	1.19	100	140	1265	1.287	7.75
230	1.20	100	145	1331	1.379	7.75
231	1.21	100	150	1350	1.438	7.75
232	1.1	105	50	543	0.229	7.81
233	1.2	105	55	543	0.229	7.81
234	1.3	105	60	557	0.240	7.81
235	1.4	105	65	603	0.277	7.80
236	1.5	105	70	653	0.320	7.80
237	1.6	105	75	700	0.367	7.80
238	1.7	105	80	735	0.402	7.80
239	1.8	105	85	773	0.450	7.79
240	1.9	105	90	838	0.505	7.79
241	1.10	105	95	885	0.566	7.78
242	1.11	105	100	933	0.632	7.78
243	1.12	105	105	980	0.702	7.78

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
244	1.13	105	110	1028	0.776	7.77
245	1.14	105	115	1074	0.825	7.77
246	1.15	105	120	1142	0.905	7.76
247	1.16	105	125	1182	0.963	7.76
248	1.17	105	130	1224	1.054	7.75
249	1.18	105	135	1275	1.139	7.75
250	1.19	105	140	1299	1.194	7.74
251	1.20	105	145	1342	1.264	7.73
252	1.21	105	150	1381	1.32	7.73
253	1.1	110	50	522	0.206	7.81
254	1.2	110	55	522	0.207	7.81
255	1.3	110	60	542	0.231	7.81
256	1.4	110	65	594	0.271	7.81
257	1.5	110	70	648	0.313	7.80
258	1.6	110	75	700	0.360	7.80
259	1.7	110	80	735	0.394	7.80
260	1.8	110	85	760	0.444	7.79
261	1.9	110	90	789	0.476	7.79
262	1.10	110	95	875	0.533	7.79
263	1.11	110	100	924	0.595	7.79
264	1.12	110	105	972	0.662	7.78
265	1.13	110	110	1021	0.736	7.78
266	1.14	110	115	1060	0.798	7.78
267	1.15	110	120	1124	0.917	7.77
268	1.16	110	125	1164	0.995	7.77
269	1.17	110	130	1202	1.071	7.76
270	1.18	110	135	1233	1.154	7.76

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
271	1.19	110	140	1263	1.241	7.76
272	1.20	110	145	1291	1.329	7.76
273	1.21	110	150	1372	1.420	7.75
274	1.1	115	50	520	0.213	7.81
275	1.2	115	55	520	0.214	7.81
276	1.3	115	60	543	0.231	7.81
277	1.4	115	65	596	0.270	7.81
278	1.5	115	70	650	0.312	7.80
279	1.6	115	75	700	0.359	7.80
280	1.7	115	80	735	0.393	7.80
281	1.8	115	85	759	0.443	7.79
282	1.9	115	90	789	0.475	7.79
283	1.10	115	95	876	0.532	7.79
284	1.11	115	100	924	0.593	7.79
285	1.12	115	105	973	0.660	7.78
286	1.13	115	110	1021	0.734	7.78
287	1.14	115	115	1060	0.796	7.78
288	1.15	115	120	1124	0.915	7.77
289	1.16	115	125	1164	0.995	7.77
290	1.17	115	130	1202	1.071	7.76
291	1.18	115	135	1233	1.154	7.76
292	1.19	115	140	1263	1.241	7.76
293	1.20	115	145	1291	1.329	7.76
294	1.21	115	150	1372	1.420	7.75
295	1.1	120	50	506	0.210	7.81
296	1.2	120	55	506	0.210	7.81
297	1.3	120	60	543	0.235	7.81



ตารางที่ 3.3 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.15 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
298	1.4	120	65	592	0.273	7.81
299	1.5	120	70	646	0.316	7.80
300	1.6	120	75	699	0.363	7.80
301	1.7	120	80	736	0.398	7.80
302	1.8	120	85	760	0.448	7.79
303	1.9	120	90	789	0.480	7.79
304	1.10	120	95	876	0.538	7.79
305	1.11	120	100	924	0.600	7.79
306	1.12	120	105	972	0.667	7.78
307	1.13	120	110	1022	0.741	7.78
308	1.14	120	115	1060	0.804	7.78
309	1.15	120	120	1124	0.924	7.77
310	1.16	120	125	1165	1.003	7.76
311	1.17	120	130	1202	1.079	7.76
312	1.18	120	135	1234	1.164	7.76
313	1.19	120	140	1264	1.251	7.76
314	1.20	120	145	1292	1.340	7.75
315	1.21	120	150	1372	1.432	7.75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม.

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
1	1.1	50	50	509	0.33	6.78
2	1.2	50	55	510	0.329	6.78
3	1.3	50	60	554	0.364	6.78
4	1.4	50	65	590	0.413	6.78
5	1.5	50	70	636	0.464	6.77
6	1.6	50	75	681	0.517	6.77
7	1.7	50	80	727	0.572	6.77
8	1.8	50	85	772	0.628	6.82
9	1.9	50	90	818	0.687	6.82
10	1.10	50	95	840	0.717	6.82
11	1.11	50	100	883	0.777	6.82
12	1.12	50	105	926	0.839	6.82
13	1.13	50	110	1350	0.911	6.81
14	1.14	50	115	1169	0.76	6.82
15	1.15	50	120	1092	0.704	6.82
16	1.16	50	125	1138	0.749	6.82
17	1.17	50	130	1185	0.796	6.77
18	1.18	50	135	1231	0.844	6.77
19	1.19	50	140	1276	0.892	6.77
20	1.20	50	145	1314	0.929	6.77
21	1.21	50	150	1371	0.953	6.77
22	1.1	55	50	543	0.314	6.82
23	1.2	55	55	543	0.314	6.81
24	1.3	55	60	534	0.3079	6.81
25	1.4	55	65	578	0.34	6.81
26	1.5	55	70	618	0.371	6.81
27	1.6	55	75	666	0.407	6.81

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
28	1.7	55	80	716	0.446	6.81
29	1.8	55	85	763	0.486	6.81
30	1.9	55	90	810	0.527	6.81
31	1.10	55	95	857	0.569	6.80
32	1.11	55	100	904	0.612	6.80
33	1.12	55	105	951	0.656	6.80
34	1.13	55	110	997	0.702	6.80
35	1.14	55	115	1043	0.748	6.80
36	1.15	55	120	1090	0.795	6.80
37	1.16	55	125	1136	0.844	6.80
38	1.17	55	130	1182	0.894	6.80
39	1.18	55	135	1229	0.945	6.79
40	1.19	55	140	1276	0.998	6.79
41	1.20	55	145	1323	1.053	6.79
42	1.21	55	150	1368	1.106	6.79
43	1.1	60	50	513	0.288	6.84
44	1.2	60	55	513	0.288	6.84
45	1.3	60	60	547	0.319	6.84
46	1.4	60	65	591	0.361	6.84
47	1.5	60	70	637	0.408	6.84
48	1.6	60	75	683	0.456	6.84
49	1.7	60	80	729	0.505	6.84
50	1.8	60	85	776	0.558	6.84
51	1.9	60	90	825	0.615	6.83
52	1.10	60	95	871	0.674	6.83
53	1.11	60	100	917	0.736	6.83
54	1.12	60	105	963	0.799	6.83

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
55	1.13	60	110	1008	0.866	6.82
56	1.14	60	115	1020	0.885	6.83
57	1.15	60	120	1063	0.949	6.82
58	1.16	60	125	1139	1.066	6.82
59	1.17	60	130	1181	1.137	6.82
60	1.18	60	135	1222	1.207	6.82
61	1.19	60	140	1874	1.409	6.80
62	1.20	60	145	1169	1.123	6.82
63	1.21	60	150	853	0.684	6.81
64	1.1	65	50	508	0.361	6.81
65	1.2	65	55	508	0.361	6.81
66	1.3	65	60	493	0.344	6.81
67	1.4	65	65	626	0.372	6.81
68	1.5	65	70	620	0.369	6.81
69	1.6	65	75	665	0.402	6.81
70	1.7	65	80	709	0.436	6.81
71	1.8	65	85	750	0.468	6.81
72	1.9	65	90	797	0.505	6.81
73	1.10	65	95	848	0.545	6.81
74	1.11	65	100	900	0.585	6.81
75	1.12	65	105	949	0.628	6.80
76	1.13	65	110	995	0.671	6.80
77	1.14	65	115	1041	0.715	6.79
78	1.15	65	120	1088	0.762	6.80
79	1.16	65	125	1139	0.813	6.80
80	1.17	65	130	1192	0.867	6.80
81	1.18	65	135	1245	0.923	6.79

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
82	1.19	65	140	1294	0.981	6.79
83	1.20	65	145	1340	1.037	6.79
84	1.21	65	150	1384	1.093	6.79
85	1.1	70	50	513	0.307	6.84
86	1.2	70	55	513	0.307	6.84
87	1.3	70	60	547	0.340	6.84
88	1.4	70	65	591	0.385	6.84
89	1.5	70	70	635	0.432	6.83
90	1.6	70	75	947	0.884	6.77
91	1.7	70	80	947	0.884	6.77
92	1.8	70	85	947	0.884	6.77
93	1.9	70	90	947	0.884	6.77
94	1.10	70	95	947	0.884	6.77
95	1.11	70	100	947	0.884	6.77
96	1.12	70	105	947	0.884	6.77
97	1.13	70	110	947	0.884	6.77
98	1.14	70	115	947	0.884	6.77
99	1.15	70	120	947	0.884	6.77
100	1.16	70	125	960	0.900	6.77
101	1.17	70	130	975	0.918	6.77
102	1.18	70	135	992	0.938	6.77
103	1.19	70	140	1146	1.129	6.76
104	1.20	70	145	1276	1.298	6.76
105	1.21	70	150	1319	1.358	6.76
106	1.1	75	50	502	0.301	6.80
107	1.2	75	55	503	0.301	6.80
108	1.3	75	60	536	0.327	6.80

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
109	1.4	75	65	580	0.362	6.80
110	1.5	75	70	625	0.398	6.80
111	1.6	75	75	665	0.432	6.80
112	1.7	75	80	712	0.471	6.80
113	1.8	75	85	759	0.511	6.80
114	1.9	75	90	806	0.552	6.80
115	1.10	75	95	852	0.593	6.80
116	1.11	75	100	898	0.635	6.80
117	1.12	75	105	944	0.678	6.79
118	1.13	75	110	990	0.722	6.79
119	1.14	75	115	1036	0.767	6.79
120	1.15	75	120	1085	0.816	6.79
121	1.16	75	125	1139	0.869	6.79
122	1.17	75	130	1188	0.925	6.79
123	1.18	75	135	1235	0.982	6.78
124	1.19	75	140	1283	10.42	6.78
125	1.20	75	145	1331	1.103	6.78
126	1.21	75	150	1379	1.165	6.78
127	1.1	80	50	511	0.343	6.82
128	1.2	80	55	511	0.343	6.82
129	1.3	80	60	545	0.38	6.82
130	1.4	80	65	589	0.431	6.82
131	1.5	80	70	635	0.486	6.82
132	1.6	80	75	673	0.533	6.82
133	1.7	80	80	724	0.598	6.82
134	1.8	80	85	769	0.658	6.82
135	1.9	80	90	1081	0.703	6.81

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
136	1.10	80	95	730	0.606	6.81
137	1.11	80	100	977	0.624	6.81
138	1.12	80	105	955	0.612	6.81
139	1.13	80	110	1004	0.659	6.81
140	1.14	80	115	1004	0.696	6.81
141	1.15	80	120	1089	0.744	6.81
142	1.16	80	125	1160	0.808	6.80
143	1.17	80	130	1191	0.785	6.80
144	1.18	80	135	1237	0.836	6.80
145	1.19	80	140	1300	0.915	6.80
146	1.20	80	145	1344	0.967	6.79
147	1.21	80	150	1368	1.021	6.79
148	1.1	85	50	515	0.285	6.84
149	1.2	85	55	515	0.285	6.84
150	1.3	85	60	549	0.317	6.84
151	1.4	85	65	593	0.360	6.84
152	1.5	85	70	639	0.407	6.83
153	1.6	85	75	685	0.456	6.83
154	1.7	85	80	731	0.507	6.83
155	1.8	85	85	776	0.56	6.83
156	1.9	85	90	821	0.615	6.83
157	1.10	85	95	867	0.673	6.83
158	1.11	85	100	913	0.733	6.82
159	1.12	85	105	958	0.795	6.82
160	1.13	85	110	1004	0.859	6.82
161	1.14	85	115	1048	0.925	6.82
162	1.15	85	120	1094	0.994	6.82

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการวัดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
163	1.16	85	125	1132	1.052	6.82
164	1.17	85	130	1176	1.122	6.81
165	1.18	85	135	1217	1.192	6.81
166	1.19	85	140	1258	1.261	6.81
167	1.20	85	145	2052	1.479	6.79
168	1.21	85	150	1886	1.344	6.79
169	1.1	90	50	508	0.364	6.79
170	1.2	90	55	508	0.364	6.79
171	1.3	90	60	560	0.409	6.79
172	1.4	90	65	607	0.451	6.79
173	1.5	90	70	654	0.494	6.79
174	1.6	90	75	702	0.537	6.79
175	1.7	90	80	748	0.577	6.79
176	1.8	90	85	792	0.619	6.79
177	1.9	90	90	846	0.67	6.79
178	1.10	90	95	896	0.719	6.79
179	1.11	90	100	945	0.766	6.79
180	1.12	90	105	982	0.802	6.79
181	1.13	90	110	999	0.818	6.79
182	1.14	90	115	1035	0.855	6.79
183	1.15	90	120	1078	0.898	6.79
184	1.16	90	125	1172	0.991	6.79
185	1.17	90	130	1212	1.036	6.79
186	1.18	90	135	1258	1.084	6.79
187	1.19	90	140	1304	1.133	6.78
188	1.20	90	145	1351	1.183	6.78
189	1.21	90	150	1389	1.236	6.78



ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการวัดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
190	1.1	95	50	510	0.289	6.81
191	1.2	95	55	510	0.289	6.81
192	1.3	95	60	544	0.322	6.81
193	1.4	95	65	589	0.366	6.81
194	1.5	95	70	634	0.412	6.81
195	1.6	95	75	678	0.459	6.81
196	1.7	95	80	723	0.510	6.81
197	1.8	95	85	766	0.561	6.81
198	1.9	95	90	812	0.618	6.81
199	1.10	95	95	859	0.678	6.81
200	1.11	95	100	905	0.737	6.81
201	1.12	95	105	950	0.795	6.81
202	1.13	95	110	996	0.855	6.81
203	1.14	95	115	1019	0.888	6.81
204	1.15	95	120	1062	0.946	6.81
205	1.16	95	125	1105	1.007	6.81
206	1.17	95	130	1537	1.089	6.80
207	1.18	95	135	1607	1.154	6.80
208	1.19	95	140	1098	0.988	6.80
209	1.20	95	145	1084	0.968	6.80
210	1.21	95	150	1145	1.013	6.80
211	1.1	100	50	511	0.267	6.83
212	1.2	100	55	511	0.267	6.83
213	1.3	100	60	546	0.269	6.83
214	1.4	100	65	591	0.334	6.83
215	1.5	100	70	636	0.376	6.83
216	1.6	100	75	682	0.42	6.83

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการวัดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
217	1.7	100	80	728	0.464	6.82
218	1.8	100	85	774	0.510	6.82
219	1.9	100	90	820	0.557	6.82
220	1.10	100	95	866	0.606	6.82
221	1.11	100	100	913	0.657	6.82
222	1.12	100	105	962	0.712	6.82
223	1.13	100	110	1009	0.768	6.82
224	1.14	100	115	1053	0.826	6.81
225	1.15	100	120	1098	0.886	6.81
226	1.16	100	125	1163	0.851	6.76
227	1.17	100	130	1210	0.899	6.76
228	1.18	100	135	1257	0.949	6.76
229	1.19	100	140	1304	1.000	6.76
230	1.20	100	145	1351	1.051	6.76
231	1.21	100	150	1398	1.103	6.76
232	1.1	105	50	510	0.252	6.76
233	1.2	105	55	511	0.253	6.76
234	1.3	105	60	558	0.290	6.76
235	1.4	105	65	604	0.329	6.76
236	1.5	105	70	651	0.363	6.76
237	1.6	105	75	697	0.403	6.76
238	1.7	105	80	743	0.444	6.76
239	1.8	105	85	790	0.485	6.76
240	1.9	105	90	837	0.528	6.76
241	1.10	105	95	883	0.572	6.76
242	1.11	105	100	930	0.616	6.76
243	1.12	105	105	976	0.662	6.76

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
244	1.13	105	110	1023	0.708	6.76
245	1.14	105	115	1070	0.755	6.76
246	1.15	105	120	1116	0.803	6.76
247	1.16	105	125	1163	0.851	6.76
248	1.17	105	130	1210	0.899	6.76
249	1.18	105	135	1257	0.949	6.76
250	1.19	105	140	1304	1.000	6.76
251	1.20	105	145	1351	1.051	6.76
252	1.21	105	150	1398	1.103	6.76
253	1.1	110	50	509	0.252	6.76
254	1.2	110	55	511	0.253	6.76
255	1.3	110	60	558	0.290	6.76
256	1.4	110	65	604	0.328	6.76
257	1.5	110	70	651	0.363	6.76
258	1.6	110	75	697	0.402	6.76
259	1.7	110	80	743	0.443	6.76
260	1.8	110	85	790	0.485	6.76
261	1.9	110	90	837	0.528	6.76
262	1.10	110	95	883	0.572	6.76
263	1.11	110	100	930	0.616	6.76
264	1.12	110	105	976	0.662	6.76
265	1.13	110	110	1023	0.708	6.76
266	1.14	110	115	1070	0.755	6.76
267	1.15	110	120	1116	0.802	6.76
268	1.16	110	125	1163	0.851	6.76
269	1.17	110	130	1210	0.899	6.76
270	1.18	110	135	1257	0.949	6.76

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
271	1.19	110	140	1304	1.000	6.76
272	1.20	110	145	1351	1.051	6.76
273	1.21	110	150	1398	1.103	6.76
274	1.1	115	50	541	0.200	6.85
275	1.2	115	55	520	0.213	6.84
276	1.3	115	60	544	0.231	6.84
277	1.4	115	65	595	0.270	6.84
278	1.5	115	70	650	0.313	6.83
279	1.6	115	75	701	0.359	6.83
280	1.7	115	80	736	0.393	6.83
281	1.8	115	85	777	0.454	6.83
282	1.9	115	90	789	0.476	6.83
283	1.10	115	95	876	0.532	6.82
284	1.11	115	100	924	0.594	6.82
285	1.12	115	105	973	0.662	6.82
286	1.13	115	110	1022	0.736	6.81
287	1.14	115	115	1060	0.797	6.81
288	1.15	115	120	1125	0.918	6.80
289	1.16	115	125	1164	0.991	6.80
290	1.17	115	130	1200	1.068	6.80
291	1.18	115	135	1231	1.151	6.80
292	1.19	115	140	1289	1.325	6.79
293	1.20	115	145	1289	1.325	6.79
294	1.21	115	150	1370	1.416	6.79
295	1.1	120	50	506	0.210	6.84
296	1.2	120	55	506	0.210	6.84
297	1.3	120	60	543	0.235	6.84

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำลองการรีดที่ค่า Wear Crown = 0.05 ม.ม. (ต่อ)

ลำดับ	การทดลองที่	Draft Bias %	Shape Bias %	Force Last Pass	Draft Last Pass	Gauge
298	1.4	120	65	592	0.273	6.83
299	1.5	120	70	645	0.316	6.83
300	1.6	120	75	699	0.363	6.83
301	1.7	120	80	734	0.396	6.83
302	1.8	120	85	776	0.458	6.83
303	1.9	120	90	790	0.480	6.82
304	1.10	120	95	877	0.539	6.82
305	1.11	120	100	924	0.601	6.82
306	1.12	120	105	972	0.668	6.82
307	1.13	120	110	1022	0.742	6.81
308	1.14	120	115	1061	0.804	6.81
309	1.15	120	120	1106	0.886	6.81
310	1.16	120	125	1164	1.002	6.80
311	1.17	120	130	1201	1.079	6.80
312	1.18	120	135	1232	1.163	6.80
313	1.19	120	140	1261	1.250	6.79
314	1.20	120	145	1290	1.339	6.79
315	1.21	120	150	1370	1.431	6.79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลหาสมการความสัมพันธ์ของตัวแปร

จากข้อมูลค่าแตกต่างความหนาที่ได้จากการจำลองข้อมูลการรีดและค่า Draft Last Pass และ Force Last Pass ที่ได้แต่ละการทดลองของที่สภาวะ Wear Crown แต่ละค่าจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Anova) และสหสัมพันธ์ (Correlation)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการทดสอบค่า F (F-Test) กำหนด  $\alpha = 0.05$

ที่ Wear Crown 0.25 ม.ม. ค่า  $F = 137.297$  ค่า Significance = 0.000

ที่ Wear Crown 0.15 ม.ม. ค่า  $F = 383.310$  ค่า Significance = 0.000

ที่ Wear Crown 0.05 ม.ม. ค่า  $F = 38.459$  ค่า Significance = 0.000

สรุปค่า Significance = 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$  นั่นคือการเปลี่ยนแปลงของค่า Force และ Draft Last Pass มีอิทธิพลต่อค่าขาดเขยความหนา (Gap Trim)

ผลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ด้วยสถิติทดสอบค่า T (T-Test) กำหนด  $\alpha = 0.05$

ที่ Wear Crown 0.25 ม.ม.

ค่า t ของ Force Last Pass = 9.142 ค่า Significance = 0.000

ค่า t ของ Draft Last Pass = 4.049 ค่า Significance = 0.000

ที่ Wear Crown 0.15 ม.ม.

ค่า t ของ Force Last Pass = -14.820 ค่า Significance = 0.000

ค่า t ของ Draft Last Pass = 20.747 ค่า Significance = 0.000

ที่ Wear Crown 0.05 ม.ม.

ค่า t ของ Force Last Pass = 2.814 ค่า Significance = 0.005

ค่า t ของ Draft Last Pass = -0.264 ค่า Significance = 0.792

สรุปก็คือที่สภาวะ Wear Crown 0.25 และ 0.15 ม.ม. ทั้งค่า Force และ Draft Last Pass มีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นกับค่าชดเชยความหนา (Gap Trim) ส่วนที่ Wear Crown 0.05 ม.ม. มีเฉพาะค่า Force Last Pass เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้น ส่วนค่า Draft Last Pass เนื่องจากมีค่า Significance >  $\alpha$  จึงยอมรับ  $H_0$

จากการวิเคราะห์จะได้สมการความสัมพันธ์ของทั้ง 3 สภาวะ Wear Crown ในช่วงย่านของการใช้งานปกติ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาค่าชดเชยความหนา (Gap Trim) ต่อไปได้ดังนี้ ที่ Wear Crown 0.25 ม.ม.

ช่วงการปรับใช้งาน (%)	ค่า $R^2$	สมการความสัมพันธ์
Draft Bias = 80-110 Shape Bias = 75-110	0.662	Gap Trim = 0.1007+(1.46 <sup>-3</sup> × F)+[(-0.237) × D]

ที่ Wear Crown 0.15 ม.ม.

ช่วงการปรับใช้งาน (%)	ค่า $R^2$	สมการความสัมพันธ์
Draft Bias = 80-105 Shape Bias = 80-115	0.724	Gap Trim = 0.0326+(1.71 <sup>-3</sup> × F)+[(-0.1695) × D]

ที่ Wear Crown 0.05 ม.ม.

ช่วงการปรับใช้งาน (%)	ค่า $R^2$	สมการความสัมพันธ์
Draft Bias = 75-105 Shape Bias = 75-110	0.783	Gap Trim = -1.6898+(2.447 <sup>-2</sup> × F)+[(-1.9249) × D]

เมื่อ F = Force Last Pass

D = Draft Last Pass