



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ก.

คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง ก.1 คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำ
(บ.สยามโพลีเอททิลีน, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

คุณสมบัติทางกายภาพ	วิธีวิเคราะห์		หน่วย
จุดหลอมเหลว	ASTM D2117	110	°C
อัตราการหลอมไหล (Melt flow rate)	ASTM D1238	0.3	g/10 min
ความหนาแน่น	ASTM D1505	0.921	kg/cm ³
ความทนต่อการขาด (Tensile strength at break)	ASTM D638	MD210 TD 120	kg/cm ²
ระยะการขาดตามแนวยาว (Elongation at break)	ASTM D638	MD320 TD 680	%

ตาราง ก.2 คุณสมบัติทางกายภาพของพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นสูง
(บ.สยามโพลีเอททิลีน, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

คุณสมบัติทางกายภาพ	วิธีวิเคราะห์		หน่วย
จุดหลอมเหลว	ASTM D2117	131	°C
อัตราการหลอมไหล (Melt flow rate)	ASTM D1238	0.04	g/10 min
ความหนาแน่น	ASTM D1505	0.956	g/cm ³
ความทนต่อแรงดึง (Tensile strength at yield)	ASTM D638	233	kg/cm ²
ความทนต่อการแตก (Tensile strength at break)	ASTM D638	360	kg/cm ²
ระยะการขาดตามแนวยาว (Elongation at break)	ASTM D638	>500	%
ความแข็งแรงแบบไอซอด	ASTM D256	30	kg-cm/cm ²



ภาคผนวก ข.

คุณสมบัติการไหลของพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง ข.1 ผลของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเลื่อน
ของพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำที่อุณหภูมิต่างๆ

อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 160°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	287.4	285.3	286.4
1994.5	177.7	178.1	177.9
3003.3	134.3	134.2	134.3
4000.5	110.0	110.5	110.3
4997.8	93.8	94.5	94.2
อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 170°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	261.8	260.4	261.1
1994.5	163.3	164.5	163.9
3003.3	124.7	124.6	124.7
4000.5	102.1	103.1	102.6
4997.8	87.5	88.5	88.0
อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 180°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	238.4	236.1	237.3
1994.5	149.0	141.8	145.4
3003.3	112.7	112.9	112.8
4000.5	94.0	93.7	93.9
4997.8	80.9	80.4	80.7

ตาราง ข.1 ผลของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเฉือน
ของพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่อุณหภูมิต่างๆ (ต่อ)

อัตราการเฉือน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 190°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	212.1	210.9	211.5
1994.5	138.7	132.4	135.6
3003.3	105.6	105.2	105.4
4000.5	87.3	87.2	87.3
4997.8	75.5	73.2	74.4
อัตราการเฉือน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 200°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	189.1	185.7	187.4
1994.5	121.7	115.3	118.5
3003.3	91.1	90.3	90.7
4000.5	74.7	75.3	75.0
4997.8	66.0	63.4	64.7

ตาราง ข.2 ผลของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเลื่อน
ของพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นสูงที่อุณหภูมิต่างๆ

อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 190°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	498.3	499.3	498.8
1994.5	307.3	306.5	306.9
3003.3	230.2	229.8	230.0
4000.5	184.9	185.1	185.0
4997.8	155.1	154.9	155.0
อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 200°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	391.1	391.3	391.2
1994.5	234.7	235.1	234.9
3003.3	180.5	180.3	180.4
4000.5	141.3	141.7	141.5
4997.8	118.0	117.6	117.8
อัตราการเลื่อน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 210°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	385.3	385.1	385.3
1994.5	230.3	230.6	230.3
3003.3	172.9	173.5	172.9
4000.5	137.6	137.2	137.6
4997.8	113.4	113.8	113.4

ตาราง ข.2 ผลของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเฉือน
ของพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำที่อุณหภูมิต่างๆ (ต่อ)

อัตราการเฉือน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 220°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	378.1	379.3	378.1
1994.5	224.0	224.2	224.0
3003.3	168.4	168.6	168.4
4000.5	131.9	131.5	131.9
4997.8	109.8	110.0	109.8
อัตราการเฉือน (1/s)	ความหนืด ณ อุณหภูมิ 230°C (Pa.s)		ความหนืดเฉลี่ย (Pa.s)
997.2	368.7	368.5	368.7
1994.5	217.7	218.1	217.7
3003.3	166.4	166.7	166.4
4000.5	131.5	130.9	131.5
4997.8	107.8	107.6	107.8



ภาคผนวก ค.

ผลการทดลองวัดค่าปริมาณในการอัดรีดพลาสติก
ที่อุณหภูมิ และความเร็วรอบต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง ค.1 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณในการอัดรีด (g/s) พลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิและความเร็วรอบต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบของการหมุนสกรู (รอบต่อนาที)	วัดค่าครั้งที่ (g/s)			เฉลี่ย (g/s)
		1	2	3	
150	120	1.870	1.885	1.884	1.879
	140	2.192	2.194	2.170	2.185
	160	2.501	2.496	2.494	2.497
	180	2.746	2.757	2.753	2.752
	200	3.055	3.066	3.070	3.064
160	120	1.883	1.857	1.880	1.873
	140	2.200	2.202	2.194	2.198
	160	2.512	2.489	2.474	2.492
	180	2.778	2.776	2.773	2.776
	200	3.055	3.061	3.072	3.063
170	120	1.865	1.900	1.881	1.882
	140	2.230	2.217	2.196	2.214
	160	2.473	2.489	2.459	2.474
	180	2.781	2.780	2.782	2.781
	200	3.044	3.056	3.070	3.057
180	120	1.911	1.903	1.902	1.905
	140	2.208	2.206	2.209	2.208
	160	2.487	2.481	2.473	2.480
	180	2.768	2.817	2.836	2.807
	200	3.075	3.075	3.054	3.068

ตาราง ค.1 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณในการอัดรีด (g/s) พลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ และความเร็วรอบต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบของการหมุนสกรู (รอบต่อนาที)	วัดค่าครั้งที่ (g/s)			เฉลี่ย (g/s)
		1	2	3	
190	120	1.905	1.920	1.910	1.912
	140	2.219	2.229	2.220	2.223
	160	2.510	2.542	2.488	2.513
	180	2.833	2.820	2.836	2.830
	200	3.108	3.133	3.112	3.118

ตาราง ค.2 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณในการอัดรีด (g/s) พลาสติกชนิดโพลีเอทที่สั้น
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ และความเร็วยรอบต่างๆ

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วยรอบของการหมุนสกรู (รอบต่อนาที)	วัดค่าครั้งที่ (g/s)			เฉลี่ย (g/s)
		1	2	3	
190	120	1.338	1.238	1.228	1.268
	140	1.536	1.366	1.441	1.448
	160	1.587	1.747	1.630	1.655
	180	1.651	1.923	1.787	1.787
	200	1.982	1.999	1.974	1.985
200	120	1.608	1.619	1.604	1.610
	140	1.856	1.854	1.846	1.852
	160	1.977	1.985	2.015	1.993
	180	2.133	2.154	2.152	2.146
	200	2.497	2.278	2.330	2.368
210	120	1.612	1.605	1.604	1.607
	140	1.851	1.867	1.894	1.871
	160	1.996	1.966	2.000	1.987
	180	2.195	2.201	2.208	2.201
	200	2.382	2.333	2.426	2.380
220	120	1.629	1.611	1.605	1.615
	140	1.751	1.734	1.736	1.740
	160	1.916	1.996	1.886	1.933
	180	2.070	2.149	2.070	2.096
	200	2.499	2.396	2.315	2.240

ตาราง ค.2 ผลการทดลองวัดค่าปริมาณในการอัดรีด (g/s) พลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูงที่อุณหภูมิและความเร็วรอบต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบของการหมุนสกรู (รอบต่อนาที)	วัดค่าครั้งที่ (g/s)			เฉลี่ย (g/s)
		1	2	3	
230	120	1.617	1.589	1.580	1.595
	140	1.883	1.865	1.808	1.852
	160	2.061	1.860	2.148	2.023
	180	2.212	2.065	2.170	2.149
	200	2.350	2.341	2.330	2.340



ภาคผนวก ง.

ข้อมูลการทดลองวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในการอัดรีดพลาสติก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

ตาราง ง.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่า

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	0.643	0.557	0.381	0.342	0.330
2	0.629	0.574	0.380	0.337	0.324
3	0.641	0.574	0.374	0.345	0.324
4	0.625	0.572	0.400	0.341	0.319
5	0.651	0.572	0.388	0.338	0.320
6	0.615	0.579	0.396	0.345	0.328
7	0.648	0.556	0.387	0.353	0.319
8	0.648	0.578	0.394	0.341	0.324
9	0.641	0.580	0.386	0.353	0.322
10	0.631	0.570	0.391	0.343	0.326
11	0.613	0.568	0.398	0.352	0.325
12	0.617	0.563	0.391	0.342	0.324
13	0.613	0.566	0.385	0.352	0.321
14	0.605	0.568	0.389	0.344	0.318
15	0.619	0.568	0.370	0.333	0.325
16	0.626	0.574	0.394	0.336	0.311
17	0.624	0.556	0.378	0.352	0.329
18	0.609	0.568	0.391	0.343	0.317
19	0.616	0.576	0.382	0.346	0.321
20	0.614	0.569	0.368	0.340	0.314

ตาราง ง.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่า (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	0.615	0.576	0.392	0.346	0.332
22	0.618	0.565	0.395	0.345	0.323
23	0.606	0.574	0.394	0.342	0.326
24	0.622	0.570	0.388	0.334	0.325
25	0.627	0.564	0.394	0.347	0.331
26	0.617	0.554	0.394	0.344	0.323
27	0.604	0.550	0.380	0.343	0.323
28	0.605	0.556	0.383	0.346	0.320
29	0.619	0.573	0.371	0.325	0.325
30	0.603	0.567	0.382	0.346	0.327
เฉลี่ย	0.626	0.569	0.386	0.344	0.322

ตาราง ง.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 150°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	1.605	1.558	1.713	1.924	2.152
2	1.564	1.573	1.720	1.923	2.153
3	1.577	1.561	1.719	1.915	2.152
4	1.537	1.553	1.726	1.920	2.149
5	1.696	1.561	1.727	1.926	2.160
6	1.575	1.572	1.722	1.935	2.158
7	1.625	1.566	1.718	1.938	2.162
8	1.626	1.562	1.719	1.936	2.167
9	1.631	1.573	1.732	1.930	2.157
10	1.646	1.558	1.708	1.924	2.152
11	1.617	1.564	1.729	1.927	2.148
12	1.596	1.571	1.717	1.932	2.167
13	1.531	1.556	1.727	1.913	2.156
14	1.671	1.564	1.722	1.926	2.155
15	1.587	1.555	1.716	1.917	2.156
16	1.640	1.566	1.727	1.925	2.144
17	1.586	1.579	1.719	1.918	2.145
18	1.610	1.583	1.724	1.912	2.146
19	1.663	1.587	1.713	1.905	2.149
20	1.553	1.567	1.719	1.926	2.132

ตาราง ง.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 150°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	1.562	1.560	1.724	1.922	2.141
22	1.552	1.581	1.721	1.921	2.157
23	1.674	1.580	1.712	1.917	2.148
24	1.529	1.564	1.730	1.927	2.153
25	1.668	1.551	1.725	1.923	2.152
26	1.641	1.554	1.722	1.922	2.146
27	1.616	1.574	1.725	1.924	2.162
28	1.605	1.571	1.723	1.911	2.144
29	1.535	1.563	1.727	1.924	2.161
30	1.642	1.575	1.715	1.914	2.153
เฉลี่ย	1.605	1.567	1.721	1.923	2.153

ตาราง ง.3 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 160°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	1.624	1.494	1.648	1.845	2.142
2	1.621	1.502	1.654	1.857	2.130
3	1.635	1.507	1.648	1.843	2.146
4	1.585	1.500	1.637	1.835	2.135
5	1.621	1.492	1.639	1.840	2.130
6	1.615	1.509	1.655	1.837	2.127
7	1.592	1.497	1.648	1.842	2.130
8	1.577	1.502	1.656	1.843	2.129
9	1.612	1.495	1.648	1.841	2.131
10	1.588	1.508	1.647	1.844	2.128
11	1.639	1.501	1.638	1.852	2.134
12	1.627	1.494	1.651	1.847	2.127
13	1.642	1.508	1.650	1.849	2.131
14	1.629	1.499	1.654	1.838	2.139
15	1.584	1.487	1.644	1.845	2.142
16	1.587	1.499	1.654	1.839	2.136
17	1.630	1.496	1.632	1.843	2.132
18	1.576	1.504	1.642	1.839	2.141
19	1.636	1.500	1.650	1.852	2.141
20	1.580	1.495	1.656	1.846	2.135

ตาราง ง.3 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 160°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	1.605	1.507	1.646	1.842	2.143
22	1.641	1.506	1.630	1.858	2.136
23	1.608	1.488	1.647	1.835	2.129
24	1.638	1.496	1.641	1.841	2.144
25	1.614	1.484	1.650	1.844	2.129
26	1.580	1.505	1.648	1.842	2.124
27	1.615	1.516	1.654	1.840	2.137
28	1.640	1.502	1.636	1.833	2.133
29	1.575	1.493	1.646	1.836	2.145
30	1.613	1.497	1.652	1.841	2.152
เฉลี่ย	1.611	1.499	1.647	1.843	2.135

ตาราง ง.4 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 170°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	1.520	1.472	1.579	1.759	2.053
2	1.534	1.440	1.559	1.762	2.037
3	1.546	1.496	1.560	1.746	2.047
4	1.542	1.473	1.570	1.757	2.043
5	1.536	1.474	1.563	1.756	2.041
6	1.518	1.493	1.550	1.739	2.046
7	1.545	1.482	1.561	1.740	2.047
8	1.522	1.457	1.571	1.744	2.050
9	1.539	1.484	1.569	1.746	2.047
10	1.516	1.457	1.564	1.740	2.041
11	1.538	1.461	1.561	1.741	2.048
12	1.540	1.446	1.564	1.748	2.046
13	1.534	1.440	1.567	1.742	2.044
14	1.524	1.481	1.559	1.766	2.044
15	1.509	1.440	1.562	1.740	2.050
16	1.513	1.492	1.563	1.758	2.052
17	1.538	1.491	1.562	1.766	2.044
18	1.521	1.472	1.582	1.752	2.047
19	1.524	1.461	1.567	1.748	2.042
20	1.541	1.477	1.563	1.737	2.036

ตาราง ง.4 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 170°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	1.531	1.452	1.565	1.744	2.043
22	1.537	1.480	1.545	1.750	2.042
23	1.516	1.467	1.550	1.752	2.050
24	1.519	1.459	1.567	1.754	2.038
25	1.517	1.472	1.561	1.755	2.038
26	1.532	1.464	1.579	1.756	2.050
27	1.530	1.455	1.555	1.754	2.043
28	1.525	1.482	1.551	1.738	2.046
29	1.526	1.482	1.536	1.740	2.038
30	1.519	1.467	1.558	1.753	2.048
เฉลี่ย	1.528	1.469	1.562	1.749	2.045

ตาราง ง.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 180°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	1.500	1.379	1.518	1.695	1.931
2	1.479	1.391	1.498	1.694	1.935
3	1.464	1.396	1.501	1.690	1.933
4	1.481	1.394	1.512	1.701	1.921
5	1.445	1.388	1.513	1.696	1.922
6	1.461	1.384	1.509	1.686	1.928
7	1.457	1.376	1.509	1.690	1.929
8	1.485	1.389	1.512	1.684	1.940
9	1.473	1.384	1.513	1.686	1.924
10	1.491	1.400	1.514	1.691	1.922
11	1.445	1.399	1.509	1.697	1.927
12	1.489	1.385	1.504	1.696	1.937
13	1.494	1.377	1.505	1.693	1.920
14	1.455	1.390	1.511	1.686	1.924
15	1.498	1.377	1.510	1.685	1.926
16	1.470	1.390	1.505	1.697	1.924
17	1.489	1.378	1.514	1.682	1.921
18	1.458	1.380	1.507	1.680	1.918
19	1.448	1.397	1.517	1.689	1.925
20	1.474	1.381	1.512	1.673	1.922

ตาราง ง.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 180°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	1.445	1.380	1.506	1.703	1.921
22	1.462	1.371	1.512	1.690	1.924
23	1.483	1.392	1.505	1.680	1.910
24	1.489	1.379	1.506	1.692	1.912
25	1.494	1.384	1.498	1.689	1.924
26	1.490	1.396	1.500	1.690	1.922
27	1.454	1.382	1.503	1.687	1.914
28	1.463	1.387	1.501	1.704	1.916
29	1.471	1.380	1.503	1.688	1.925
30	1.446	1.379	1.500	1.694	1.929
เฉลี่ย	1.472	1.386	1.508	1.690	1.924

ตาราง ง.6 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 190°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	1.382	1.323	1.427	1.586	1.757
2	1.406	1.322	1.420	1.587	1.768
3	1.410	1.317	1.423	1.597	1.765
4	1.454	1.324	1.429	1.595	1.756
5	1.451	1.318	1.432	1.605	1.762
6	1.379	1.316	1.430	1.601	1.769
7	1.400	1.316	1.437	1.595	1.762
8	1.399	1.324	1.439	1.590	1.767
9	1.380	1.335	1.447	1.587	1.764
10	1.412	1.320	1.442	1.592	1.770
11	1.436	1.315	1.419	1.590	1.768
12	1.396	1.305	1.418	1.604	1.772
13	1.431	1.320	1.424	1.599	1.763
14	1.417	1.316	1.445	1.604	1.758
15	1.440	1.311	1.433	1.590	1.770
16	1.382	1.308	1.436	1.596	1.754
17	1.389	1.324	1.445	1.605	1.755
18	1.430	1.323	1.440	1.597	1.769
19	1.406	1.313	1.434	1.586	1.757
20	1.407	1.323	1.425	1.591	1.763

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง.6 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นต่ำ ที่อุณหภูมิ 190°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	1.393	1.318	1.419	1.594	1.758
22	1.422	1.317	1.432	1.588	1.771
23	1.390	1.318	1.432	1.595	1.762
24	1.425	1.321	1.446	1.603	1.772
25	1.420	1.315	1.450	1.603	1.766
26	1.398	1.325	1.443	1.593	1.756
27	1.384	1.321	1.432	1.605	1.767
28	1.432	1.315	1.436	1.600	1.772
29	1.439	1.314	1.450	1.594	1.758
30	1.435	1.309	1.424	1.598	1.767
เฉลี่ย	1.412	1.318	1.434	1.596	1.764

ตาราง ง.7 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 190°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	2.211	2.043	2.300	2.602	2.812
2	2.176	2.033	2.289	2.612	2.818
3	2.212	2.036	2.279	2.621	2.820
4	2.176	2.037	2.294	2.604	2.804
5	2.205	2.039	2.288	2.618	2.815
6	2.212	2.026	2.303	2.624	2.814
7	2.178	2.052	2.298	2.608	2.809
8	2.208	2.048	2.300	2.620	2.816
9	2.198	2.045	2.271	2.623	2.817
10	2.177	2.033	2.267	2.620	2.812
11	2.187	2.036	2.271	2.622	2.815
12	2.186	2.037	2.259	2.605	2.807
13	2.164	2.034	2.279	2.613	2.806
14	2.187	2.031	2.284	2.606	2.807
15	2.173	2.027	2.262	2.604	2.813
16	2.168	2.042	2.286	2.613	2.817
17	2.174	2.045	2.283	2.622	2.814
18	2.188	2.044	2.266	2.604	2.815
19	2.176	2.068	2.273	2.610	2.819
20	2.191	2.054	2.263	2.614	2.811

ตาราง ง.7 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 190°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	2.198	2.050	2.258	2.613	2.819
22	2.194	2.047	2.255	2.624	2.813
23	2.176	2.039	2.271	2.608	2.816
24	2.179	2.043	2.313	2.616	2.803
25	2.182	2.051	2.320	2.609	2.812
26	2.191	2.040	2.305	2.618	2.809
27	2.198	2.030	2.287	2.618	2.822
28	2.185	2.041	2.272	2.622	2.803
29	2.185	2.039	2.262	2.616	2.813
30	2.189	2.049	2.254	2.625	2.818
เฉลี่ย	2.187	2.041	2.280	2.614	2.813

ตาราง ง.8 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 200°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	2.186	2.086	2.420	2.658	2.704
2	2.150	2.076	2.415	2.652	2.707
3	2.190	2.051	2.411	2.664	2.714
4	2.115	2.047	2.404	2.652	2.702
5	2.159	2.061	2.405	2.652	2.698
6	2.131	2.086	2.410	2.645	2.714
7	2.140	2.100	2.409	2.654	2.718
8	2.102	2.106	2.42	2.657	2.716
9	2.133	2.083	2.412	2.641	2.719
10	2.118	2.061	2.411	2.652	2.708
11	2.200	2.078	2.403	2.648	2.719
12	2.085	2.074	2.414	2.647	2.712
13	2.139	2.091	2.414	2.653	2.698
14	2.101	2.093	2.420	2.657	2.713
15	2.138	2.075	2.414	2.650	2.703
16	2.101	2.064	2.407	2.662	2.701
17	2.117	2.065	2.411	2.661	2.714
18	2.188	2.075	2.418	2.657	2.720
19	2.157	2.070	2.402	2.644	2.696
20	2.179	2.081	2.411	2.658	2.692

ตาราง ง.8 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 200°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	2.191	2.078	2.401	2.650	2.693
22	2.132	2.076	2.408	2.658	2.692
23	2.144	2.088	2.417	2.651	2.719
24	2.114	2.099	2.417	2.654	2.693
25	2.134	2.087	2.418	2.654	2.707
26	2.108	2.079	2.420	2.645	2.705
27	2.182	2.070	2.409	2.650	2.704
28	2.176	2.084	2.402	2.652	2.703
29	2.198	2.087	2.403	2.648	2.699
30	2.140	2.102	2.406	2.642	2.721
เฉลี่ย	2.145	2.079	2.411	2.652	2.707

ตาราง ง.9 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 210°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	2.112	2.095	2.393	2.355	2.859
2	2.078	2.102	2.389	2.340	2.842
3	2.087	2.060	2.409	2.344	2.854
4	2.116	2.116	2.392	2.340	2.855
5	2.099	2.093	2.379	2.337	2.848
6	2.034	2.082	2.371	2.341	2.859
7	2.006	2.119	2.378	2.337	2.848
8	2.065	2.069	2.361	2.35	2.854
9	2.100	2.083	2.367	2.357	2.844
10	2.093	2.071	2.385	2.335	2.855
11	2.080	2.095	2.380	2.348	2.852
12	2.094	2.078	2.381	2.343	2.851
13	2.108	2.111	2.307	2.339	2.841
14	2.082	2.083	2.384	2.342	2.858
15	2.072	2.099	2.382	2.353	2.841
16	2.074	2.086	2.401	2.359	2.842
17	2.110	2.091	2.396	2.356	2.859
18	2.052	2.097	2.381	2.359	2.855
19	2.081	2.071	2.388	2.356	2.858
20	2.081	2.071	2.379	2.337	2.843

ตาราง ง.9 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 210°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	2.071	2.085	2.381	2.335	2.860
22	2.065	2.084	2.382	2.352	2.851
23	2.077	2.095	2.370	2.350	2.843
24	2.081	2.116	2.383	2.335	2.851
25	2.112	2.097	2.389	2.349	2.856
26	2.107	2.112	2.375	2.356	2.853
27	2.098	2.105	2.386	2.355	2.843
28	2.106	2.101	2.401	2.360	2.847
29	2.066	2.074	2.389	2.343	2.855
30	2.096	2.108	2.379	2.347	2.852
เฉลี่ย	2.083	2.092	2.381	2.347	2.851

ตาราง ง.10 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 220°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	2.159	2.029	2.367	2.615	2.818
2	2.118	2.032	2.351	2.605	2.817
3	2.158	2.036	2.320	2.613	2.824
4	2.076	2.027	2.320	2.596	2.813
5	2.109	2.038	2.357	2.604	2.824
6	2.078	2.019	2.343	2.603	2.815
7	2.054	2.047	2.345	2.613	2.825
8	2.047	2.026	2.353	2.604	2.829
9	2.030	2.024	2.360	2.611	2.821
10	2.126	2.026	2.354	2.617	2.816
11	2.083	2.011	2.342	2.616	2.826
12	2.108	2.024	2.346	2.617	2.832
13	2.049	2.027	2.351	2.618	2.817
14	2.033	2.011	2.356	2.605	2.807
15	2.077	2.016	2.355	2.606	2.818
16	2.078	2.008	2.358	2.582	2.828
17	2.098	2.013	2.356	2.601	2.819
18	2.030	2.028	2.358	2.609	2.825
19	2.072	2.025	2.339	2.596	2.820
20	2.147	2.020	2.341	2.605	2.821

ตาราง ง.10 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 220°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	2.143	2.039	2.346	2.598	2.836
22	2.135	2.031	2.339	2.607	2.812
23	2.023	2.023	2.340	2.610	2.803
24	2.134	2.031	2.332	2.604	2.824
25	2.057	2.013	2.335	2.620	2.835
26	2.127	2.037	2.320	2.611	2.817
27	2.127	2.034	2.317	2.608	2.828
28	2.087	2.021	2.339	2.606	2.819
29	2.157	2.030	2.344	2.597	2.817
30	2.073	2.034	2.352	2.594	2.809
เฉลี่ย	2.093	2.026	2.345	2.606	2.821

ตาราง ง.11 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 230°C

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
1	2.129	2.090	2.393	2.608	2.925
2	2.057	2.129	2.389	2.592	2.927
3	2.076	2.131	2.370	2.608	2.929
4	2.043	2.092	2.372	2.596	2.937
5	2.135	2.099	2.382	2.612	2.939
6	2.097	2.107	2.378	2.587	2.936
7	2.094	2.098	2.379	2.609	2.940
8	2.066	2.095	2.385	2.590	2.914
9	2.074	2.091	2.395	2.595	2.939
10	2.116	2.073	2.387	2.603	2.935
11	2.110	2.115	2.387	2.603	2.935
12	2.136	2.101	2.372	2.585	2.934
13	2.129	2.074	2.390	2.592	2.931
14	2.073	2.069	2.393	2.610	2.936
15	2.067	2.077	2.399	2.591	2.917
16	2.071	2.097	2.368	2.607	2.937
17	2.085	2.127	2.393	2.595	2.917
18	2.097	2.088	2.397	2.603	2.932
19	2.095	2.079	2.378	2.589	2.912
20	2.078	2.075	2.377	2.586	2.940

ตาราง ง.11 ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) ที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีน
ความหนาแน่นสูง ที่อุณหภูมิ 230°C (ต่อ)

ครั้งที่	ความเร็วรอบของสกรู (รอบต่อนาที)				
	120	140	160	180	200
21	2.076	2.128	2.383	2.589	2.913
22	2.091	2.099	2.399	2.602	2.920
23	2.078	2.121	2.398	2.587	2.916
24	2.112	2.076	2.397	2.606	2.919
25	2.096	2.109	2.384	2.613	2.915
26	2.062	2.100	2.376	2.605	2.919
27	2.128	2.133	2.372	2.603	2.922
28	2.121	2.130	2.382	2.596	2.926
29	2.058	2.105	2.374	2.605	2.923
30	2.115	2.090	2.370	2.601	2.926
เฉลี่ย	2.092	2.100	2.384	2.599	2.927



ภาคผนวก จ.

วิธีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการหาค่าพลังงานกล

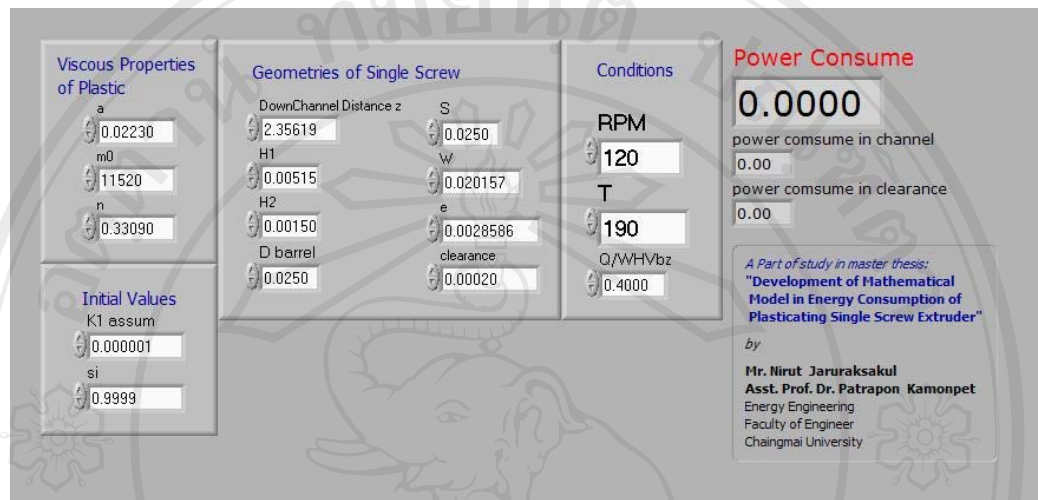
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

วิธีการใช้โปรแกรมสำหรับการหาค่าพลังงานกล

โปรแกรมที่สร้างมีลักษณะดังต่อไปนี้ รูป จ.1



รูป จ.1 แสดงลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

วิธีการใช้โปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้

1. ป้อนค่าคุณสมบัติพลาสติกที่ต้องการลงใน Viscous Properties of Plastic
2. ป้อนค่าขนาดของสกรู ลงใน Geometry of Single Screw
3. ป้อนค่าสถานะในการผลิตลงใน Conditions
4. กดปุ่มทางซ้ายบนซึ่งเป็นรูปลูกศร 1 ครั้ง
5. หากไม่สามารถคำนวณค่าพลังงานได้ ให้เปลี่ยนค่า Initial Value แล้วทำข้อ 4 ซ้ำ
6. ค่าพลังงานที่คำนวณได้ (Power Consume) นี้ประกอบด้วยค่าพลังงานที่ถูกใช้ในร่องสกรู (Power consume in channel) และค่าพลังงานที่ถูกใช้ในช่องว่างระหว่างกระบอกกับสันเกลียว (Power consume in clearance)



ภาคผนวก จ.

เอกสารตีพิมพ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



บทคัดย่อ
ABSTRACTS

การประชุมวิชาการ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31

18-20 ตุลาคม 2548
ณ เทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

31th Congress on Science and technology of Thailand
18-20 October 2005
at Technopolis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima



สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
THE SCIENCE SOCIETY OF THAILAND
UNDER THE PATRONAGE OF HIS MAJESTY THE KING



เทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
TECHNOPOLIS, SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการอัดรีดโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำ

Mathematical Model of for Optimum Condition in Extrusion of Low-Density Polyethylene

นิรุติ จารุรักษ์สกุล และ ภัทราพร กมลเพชร

Nirut Jaruraksakul and Patrapon Kamonpet

Field of Energy Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50300, Thailand.

บทคัดย่อ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ถูกสร้างเพื่อศึกษาหาสภาวะการผลิตที่คุ้มค่าที่สุดโดยพิจารณาจากค่าพลังงานจำเพาะที่น้อยที่สุดในการอัดรีดพลาสติกโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) โดยใช้เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว ผลที่ได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลจากการทดลองพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายแนวโน้มของผลลัพท์ได้ค่อนข้างดี มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.10% สำหรับการผลิตที่ใช้อุณหภูมิหลอมเหลวต่ำความเร็วรอบของสกรูสูง และ 50% สำหรับการกรณีตรงกันข้าม

Abstract: The finite different mathematical model was constructed to find the optimum operating condition by considering the least specific energy consumption used for extruding Low-density polyethylene (LDPE) using single-screw extruder. The results were compared to the experimental results. It was found that the results from the model show the same trend as those from the experiment, with the error of around 0.1% for the case of the process with low melt temperature and high screw speed and 50% for the opposite case.

Introduction: Extrusion process is one of the most common methods of processing plastics. Basically, as shown in Fig. 1, the extruder composes of a screw which rotates inside a heated barrel. When the screw is drove by the motor, the plastic pellets in the hopper fall on to the area between the screw flights and then are melted by the conduction from the heater and shear due to the movement of the screw flight along the barrel inner wall. At the end of the extruder, the plastic melt passes through a die and form the shape of the die opening which can be of any forms such as rod, film, pipe, or profile. In addition, by using appropriate die with the compressed air, the blown film process which is used to produce plastic bag or the blow molding process which is used to make plastic bottles can be arranged. In general, the plastic pellets used are in the polyolefin family such as low density polyethylene and high density polyethylene. Normally, to run the process, the operator often set the condition according to that written down by the previous operator or by using their own experience, which sometimes is not the optimum set of operating condition whether in the term of output rate or energy usage. Consequently, if the specific set of conditions which use the least energy to produce the acceptable required parts without any trial and error in the shop floor were known, an enormous amount of energy can be saved which can greatly reduce the operating cost for the factory. Thus the objective of this report is to construct a mathematical model that can predict such a condition.

Methodology: The methodology can be divided into two parts as the finite differential modeling and the experiment. For the finite differential modeling, the following equations were used:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\eta \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) \quad (1) \quad \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad (2) \quad \frac{\partial P}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\eta \frac{\partial v_z}{\partial y} \right) \quad (3) \quad \rho_m c_p v_z(y) \frac{\partial T}{\partial y^2} = k_m \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \eta \dot{\gamma} \quad (4)$$

$$\eta = k_0 \exp[-a(T - T_0)] \dot{\gamma}^{n-1} \quad \dot{\gamma} = \left[\left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_z}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

The boundary conditions that were used are as followed:

$$v_x(y=0) = 0, \quad v_x(y=H) = -v_{bx}, \quad v_z(y=0) = v_{bz}, \quad v_z(y=H) = v_{bz}, \quad T(y=0) = T_m, \quad T(y=H) = T_b$$

The detail of the finite differential model is as shown in Fig. 2. The equations (1) and (3) can be rewritten as shown in equations (7) and (8)

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{1}{2} \left[\frac{\eta_{i+1/2} v_{z,i+1} - (\eta_{i+1/2} + \eta_{i-1/2}) v_{z,i} + \eta_{i-1/2} v_{z,i-1}}{\Delta y^2} + \frac{\eta_{i+1/2} v_{x,i+1} - (\eta_{i+1/2} + \eta_{i-1/2}) v_{x,i} + \eta_{i-1/2} v_{x,i-1}}{\Delta y^2} \right] \quad (7)$$

$$\frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta z} = \frac{1}{2} \left[\frac{\eta_{i+1/2} v_{z,i+1} - (\eta_{i+1/2} + \eta_{i-1/2}) v_{z,i} + \eta_{i-1/2} v_{z,i-1}}{\Delta z^2} + \frac{\eta_{i+1/2} v_{x,i+1} - (\eta_{i+1/2} + \eta_{i-1/2}) v_{x,i} + \eta_{i-1/2} v_{x,i-1}}{\Delta z^2} \right] \quad (8)$$

Then the output rate and mechanical energy consumption at each operation can be calculated by equations (9) and (10)

$$Q = \rho_m w \int_0^H v_z dy \quad (9) \quad E = \frac{\int_0^H W \Delta z (V_x \tau_{yx} + V_z \tau_{yz}) dy}{\int_0^H dy} \quad (10)$$

For the experimental part, the extrusion data were recorded at the die temperature of 150-190°C, changing 10°C at each trial, and the extrusion speed of 100-180 rpm, changing 20 rpm at a time.

Result, Discussion, and Conclusion: First, the viscosity curves as shown in Fig.3 were fitted to find all of the constants used in eq. (4). Then it was put into the finite different model to calculate the velocity and then output rate of the plastics. From Table 1, it can be seen that the results of the output rate from the model agree very well with those from the experiment, with the error of less than 1%. This ensures that the velocity profile obtained from the model is very close to the real profile. Then the specific mechanical energy (SME) used in the system obtained from the model and from the results were compared next. Fig.4 shows the specific mechanical energy consumption (SME) obtained from the model, solid legends, and from the experiments, clear legends. It was found that the SME values from the model and the experiment for low melt temperature and high screw speed conditions are in very good agreement, with the error around 0.1 %. However, for high melt temperature and high screw speed conditions, the error was as high as 50%. This shows that at high melt temperatures, there are other factors affecting the SME of the extrusion process. These factors are needed further investigation to make the correction for the model used.

References:

1. Liang, M. and Hsieh, F.-H., "Evaluating Energy Consumption and Efficiency of Twin-Screw Extruder", *J. Food. Sci.*, 2002, 67: 1803-1807.
2. Syrjälä, S., "A New Approach for the Simulation of Melting in Extruders", *Int. Comm. Heat Mass Transfer.*, 2000, vol. 27, No. 5: 623-634.
3. Tadmor, Z. and Klein, I. "Engineering Principles of Plasticating Extrusion", Van Nostrand Reinhold, New York, 1970.
4. Vermeulen, J. R.; Scargo P. G. and W. J. Beek., "The Melting of Crystalline polymer in a Screw Extruder", *Chem. Eng. Sci.*, 1971, 26: 1457-1465.
5. Wilczynski, K., "SSEM: a Computer Model for a Polymer Single-Screw Extrusion", *J. Mat. Pro. Tech.*, 2001, 109: 308-313.

Nomenclature:

τ	Shear Stress	$\dot{\gamma}$	Shear rate
ρ_m	Melt density	η	melt viscosity
C_p	Melt specific heat	k_m	Melt heat conduction
a, k_0	constant for eq. 4	H	Screw channel depth
E	Energy consumption	SME	Specific mechanical energy consumption
T_0	Reference temperature	T_b	Barrel temperature
T_m	Melt temperature	V_b	Barrel velocity
V_{sz}	Plastic bed velocity	W	Screw width

Keyword: Extrusion specific energy consumption, Finite different method

Table 1. Percent Error of the Output Rate Obtained from the Model and the Experiment at Different Screw Speed and Melt Temperature

Melt Temp	Percent Error at Different Screw Speed				
	100 rpm	120 rpm	140 rpm	160 rpm	180 rpm
150	0.149	0.343	0.476	0.108	0.155
160	8.580	7.011	6.184	0.549	0.068
170	0.551	0.650	0.557	0.412	0.015
180	1.126	0.204	0.053	0.181	0.917
190	0.061	0.279	0.201	0.769	0.232

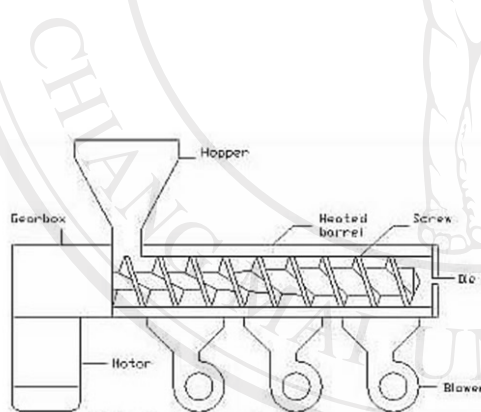


Fig 1. Extrusion Process

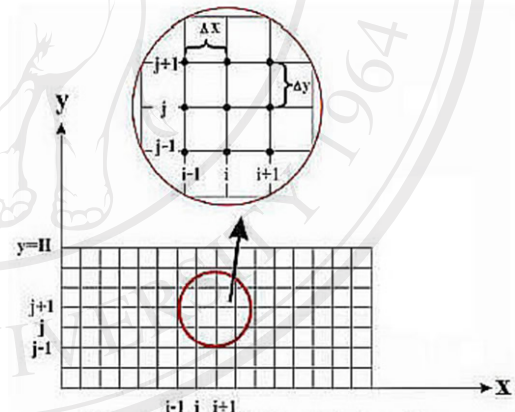


Fig. 2 Finite differential node

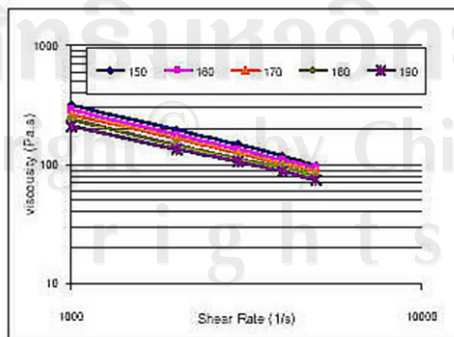


Fig. 3 Viscosity curve of LDPE

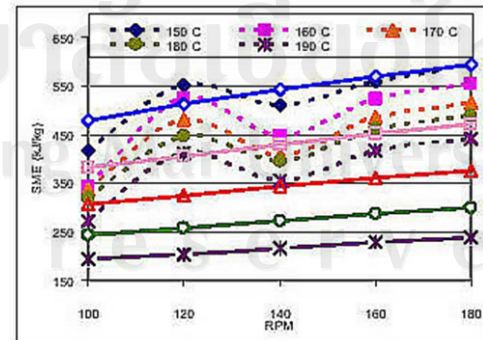


Fig.4 SME from the model and experiment

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล

นายนิรุต จารุรักษ์สกุล

วัน เดือน ปีเกิด

17 กุมภาพันธ์ 2521

ประวัติการศึกษา

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัด
เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2538

ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2542

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved