

สารบัญ

คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 ประวัติความเป็นมาของการเป่าแก้ว	1
1.1 ประวัติของแก้ว	1
1.2 วิวัฒนาการของแก้ว	4
บทที่ 2 สมบัติและชนิดของแก้ว	7
2.1 สมบัติของแก้ว	7
2.2 ชนิดของแก้ว	10
2.2.1 แก้วทางการค้า (Commercial glass)	10
2.2.2 แก้วพิเศษ (Special glasses)	14
บทที่ 3 การผลิตแก้ว	21
3.1 วัตถุดิบในการผลิตแก้ว	22
3.1.1 ทราย (Sand)	22
3.1.2 โซดา (Soda, Na ₂ O)	22
3.1.3 ไลม์ (Lime, CaO)	24
3.1.4 เฟลด์สปาร์ (Feldspar)	24

	หน้า
3.1.5 บอริกออกไซด์ (Boric oxide, B ₂ O ₃)	25
3.1.6 เศษแก้ว (Cullet)	26
3.2 ปฏิบัติการเคมีในการผลิตแก้ว	26
3.3 ขั้นตอนการผลิตแก้ว	28
3.3.1 การหลอม (Melting)	28
3.3.2 การขึ้นรูป (Shaping or forming)	33
3.3.3 การอบ (Annealing)	43
3.3.4 การตกแต่ง (Finishing)	43
บทที่ 4 ห้องเป่าแก้ว, การจัดซื้อ และเก็บรักษาแก้ว	45
4.1 ห้องเป่าแก้ว	46
4.1.1 ลักษณะทั่วไปของห้องเป่าแก้ว	46
4.1.2 ขนาดห้องเป่าแก้ว	47
4.1.3 การถ่ายเทอากาศ	47
4.1.4 แสงสว่าง	48
4.1.5 โต้ะเป่าแก้ว	49
4.1.6 ที่นั่งเป่าแก้ว	50
4.1.7 อุปกรณ์อื่น ๆ	51
4.2 การจัดซื้อแก้ว	51
4.3 การเก็บรักษาแก้ว	53

	หน้า
บทที่ 5 ชนิด และอุปกรณ์-เครื่องมือในการเป่าแก้ว	55
5.1 ชนิดต่าง ๆ ของการเป่าแก้ว	55
5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเป่าแก้ว	59
5.2.1 ตะเกียงเป่าแก้ว	59
5.2.2 ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel gases)	62
5.2.3 แวนตาเป่าแก้ว	64
5.2.4 อุปกรณ์อื่น ๆ	65
5.3 เครื่องมือพิเศษที่ใช้ในการเป่าแก้ว	70
บทที่ 6 อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเป่าแก้ว	73
6.1 อันตรายจากแก้ว	73
6.2 อันตรายจากเปลวไฟ	74
6.3 อันตรายที่อาจเกิดขึ้นที่ตา	75
6.4 อันตรายที่เกิดขึ้นที่ปอด	75
6.5 อันตรายจากปรอท	76
6.6 อันตรายจากการซ่อมเครื่องแก้ว	76
6.7 อันตรายจากก๊าซ	77
6.8 อันตรายจากถังก๊าซ	78
6.9 อันตรายอื่น ๆ จากห้องเป่าแก้ว	79
บทที่ 7 ความรู้พื้นฐานสำหรับการเป่าแก้ว	81
7.1 การใช้ตะเกียงเป่าแก้ว	81
7.2 การทำความสะอาดแก้ว	84
7.3 การตัดแก้ว	86

	หน้า
7.3.1 การทำรอยกรีดบนแก้วและหักด้วยมือ	86
7.3.2 การตัดด้วยแก้วตันร้อน	87
7.3.3 การตัดด้วยการเผาที่รอยกรีด	88
7.3.4 การตัดด้วยเครื่องตัดแก้ว	88
7.4 การลบคมแก้ว	88
7.5 การแอนนิล (Annealing)	89
7.6 การตรวจสอบแก้วโบโรซิลิเกต	92
7.6.1 วิธีของเหลว (Liquid method)	93
7.6.2 การทดสอบด้วยเปลวไฟของอากาศ-ก๊าซ (Gas-air flame test)	93
7.6.3 การทดสอบแบบแก้วทรงกลม (Glass sphere test)	93
7.6.4 วิธีดึงเป็นเส้น (Thread method)	94
7.7 การเข้าไฟ	94
7.8 การถือแก้ว	95
บทที่ 8 ปฏิบัติการเป่าแก้วเบื้องต้น	99
8.1 การยึดแก้ว	100
8.2 การทำหลอดหยด	103
8.3 การทำหลอดทดลอง	105
8.4 การทำแท่งแก้วคนสาร	107
8.5 การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน	109
8.6 การต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน	112
8.6.1 การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มาก	112
8.6.2 การต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันมาก	113
8.7 การเป่าแก้วให้เป็นกระเปาะ	117

	หน้า
8.7.1 การเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 1	117
8.7.2 การเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 2	119
8.8 การเป่ากระเปาะแก้วสองแขน	121
8.9 การงอแก้ว	123
8.10 การทำข้อเพื่อยึดสายยาง	126
8.11 การต่อแก้วสามทาง	129
8.12 การทำข้อต่อแก้ว (Joint)	132
8.12.1 การทำ Socket	134
8.12.2 การทำ Cone	137
8.13 การเป่าแก้วศิลป์	139
8.13.1 การทำรูปปลา	140
8.12.2 การทำหงส์	144
บรรณานุกรม	149

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.1	แสดงการขึ้นรูปแก้วโดยใช้วิธีการเป่าด้วยหลอดโลหะ (Blowing pipe)	3
2.1	แสดงโครงสร้างของซิลิกา (SiO_2) ในลักษณะผลึก และเมื่อเป็นแก้ว	9
3.1	เตาหลอมแบบหม้อ (Pot furnace)	29
3.2	การหลอมแก้วแบบแท็งก์ (Tank furnace)	31
3.3	การทำแก้วหน้าต่าง และแก้วแผ่น	35
3.4	ขั้นตอนการทำขวดแก้วโดยการเป่าในแบบ	38
3.5	การทำท่อแก้วกลวงและแท่งแก้วตันโดยกระบวนการแดนเนอร์	41
3.6	การทำท่อแก้วกลวงหรือแท่งแก้วตันโดยกระบวนการเวลโว	42
4.1	ระบบดูดก๊าซ (Hood) อยู่เหนือตะเกียงเป่าแก้ว	48
4.2	ตัวอย่างโตะสำหรับเป่าแก้ว	49
4.3	โตะสำหรับเป่าแก้วพร้อมที่พาดแก้ว	50
4.4	โตะสำหรับเป่าแก้วพร้อมที่นั่งที่ออกแบบเป็นพิเศษ	50
5.1	ผลงานเป่าแก้วทางวิทยาศาสตร์	56
5.2	ผลงานการเป่าแก้วทางศิลปะ	56
5.3	แสดงการเป่าแก้วโดยใช้ท่อเหล็ก (Iron blowpipe)	57
5.4	แสดงการเป่าแก้วโดยใช้ตะเกียงเป่าแก้ว	58
5.5	ตะเกียงเป่าแก้วแบบต่าง ๆ	60
5.6	แว่นตาเป่าแก้วแบบต่าง ๆ	65
5.7	เครื่องโพลาริสโคป	70
5.8	แท่นกลิ้งแก้วหรือเครื่องจับแก้ว	70
5.9	เครื่องเจียรแก้วหรือเครื่องขัดแก้ว	71

รูป	หน้า
5.10 เครื่องเจาะแก้ว	71
5.11 เครื่องตัดแก้วแบบต่าง ๆ	72
5.12 ตู้อบแก้ว	72
6.1 ระบบการจัดวางถังแก๊ส และวาล์วควบคุม	78
7.1 ตะเกียงเป่าแก้วแบบตั้งโต๊ะ (Herbert Arnold GmbH & Co. รุ่น Zenit 114/1 PSL)	83
7.2 โชนต่าง ๆ ของเปลวไฟ	84
7.3 การตัดแก้วโดยการทำรอยกรีดบนบนแก้ว แล้วหักแก้วด้วยมือ	86
7.4 อุณหภูมิและช่วงเวลาในการแอนนิล	91
7.5 การจับแก้วและการหมุนแก้ว	96
8.1 แสดงขั้นตอนการยัดแก้ว	102
8.2 แสดงขั้นตอนการทำหลอดหยด	104
8.3 แสดงขั้นตอนการทำหลอดทดลอง	106
8.4 แสดงขั้นตอนการทำแท่งแก้วคนสาร	108
8.5 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน	111
8.6 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มาก	114
8.7 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันมาก	116
8.8 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 1	118
8.9 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 2	120
8.10 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเปาะแก้วสองแขน	122
8.11 แสดงขั้นตอนการรองแก้วแบบตัว L และตัว U	125
8.12 แผ่นทำขอบสำหรับทำข้อต่อสายยาง	127
8.13 แสดงขั้นตอนการทำส่วนปลายหลอดแก้วให้เป็นข้ออ้อย	128
8.14 แสดงขั้นตอนการต่อแก้วสามทางรูปตัว T	130
8.15 Cone และ Socket	134
8.16 แสดงขั้นตอนการทำ Socket	136

รูป		หน้า
8.17	แสดงขั้นตอนการทำ Cone	138
8.18	การทำรูปปลา	142
8.19	การทำหงส์	146

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	สมบัติทางกายภาพบางประการของแก้วทางการค้าบางชนิด	14
2.2	สารที่ทำให้แก้วมีสีต่าง ๆ กัน	15
3.1	ส่วนประกอบของแก้วทางการค้าบางชนิด	27
5.1	ก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ในตะเกียงเป่าแก้ว	64
7.1	อุณหภูมิแอนนีลของแก้วบางชนิด	90